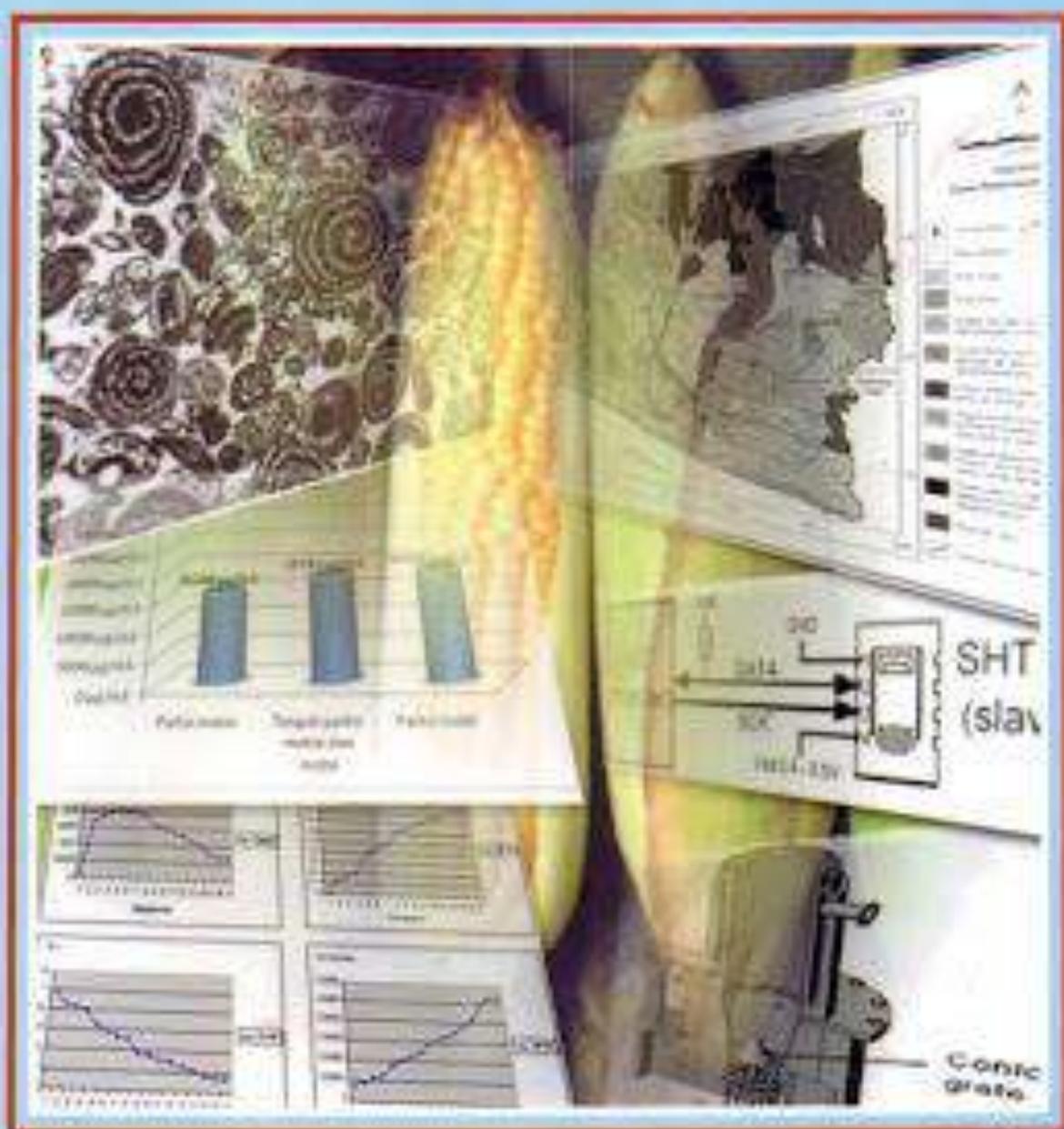


ISSN : 1979-8415

Jurnal Teknologi

TECHNOSCIENTIA

Vol. 3 No.1 Agustus 2010



DAFTAR ISI

Gasification of Waste of Oil Seed Collections in a 20 kwe Downdraft Gasifier <i>A. Putu Susastriawan</i>	001 - 007
The Breeding of Local Corn By Multigamma Radiation Method (Nuclear) in West Timor Nusa Tenggara Timur <i>Bartholomeus Pasangka</i>	008 - 021
Mikrofasies dan Diagenesa Batugamping Formasi Zaag di Pulau Misool dan Sekitarnya <i>Dedi Mulyadi</i>	022 - 027
Aplikasi <i>Streaming Multimedia</i> pada <i>M-Doctor</i> dengan <i>Selular WCDMA</i> <i>Gatot Santoso, Edhy Sutanta, Samekto Wibowo</i>	028 - 035
Penentuan Jumlah Persediaan Suku Cadang Rantai Garu Mesin Penggiling Tebu Berdasarkan Tingkat Kekritisn Komponen Model ABC Menggunakan <i>Spare Part Requirement Nomograph</i> <i>Imam Sodikin</i>	036 - 045
Peta Kendali-P untuk Cacat Produksi Kain di PT.Ranjang Gajah Tekstil Menggunakan Pendekatan Control Charts <i>Noeryanti</i>	046 - 055
Analisis Reaksi Berantai pada Tahap Proses Pengelasan di PT. Multifab <i>P. Wisnubroto, Endang Widuri Asih, Indra Gunawan</i>	056 - 061
Cadangan Sumberdaya Air untuk Menunjang Pengembangan Wilayah Kabupaten Tasikmalaya <i>Priyo Hartanto, Ade Suriadarma, Saifudin</i>	062 - 069
Optimalisasi Metode Pendiskripsian Batugamping untuk Karakterisasi Reservoir Hidrokarbon dalam Pemodelan Geologi <i>Premonowati</i>	070 - 077
Analisis Beban Kerja Mental dengan Metoda <i>Nasa-Task Load Index</i> <i>Risma Adelina Simanjuntak</i>	078 - 086
Penerapan Sensor SHT 11 Terkendali Mikrokontroler Sebagai Pengkondisi Suhu dan Humiditas Rumah Walet <i>Samuel Kristiyana</i>	087 - 096
Perancangan Prosedur Pemeliharaan Ayam Broiler Sesuai Konsep 5S Untuk Meningkatkan Produktivitas <i>Sri Indriani</i>	097 - 104
Mengendalikan Laju Korosi Pada Chassis Mitsubishi Fe 114 dengan Variasi Quenching <i>Sudarsono</i>	105 - 111

Sistem Informasi Dugaan Sementara Penentuan Jenis Penyakit Dengan Gejala Demam Menggunakan Sistem Pakar Berbasis Short Message Service (SMS) <i>Uminingsih</i>	112 - 119
Sistem Trafik Navigasi Web Menggunakan Metode Sequential Pattern <i>Uning Lestari</i>	120 - 125
Kadar Co (Karbon Monoksida) pada Ruangan Parkir Bawah Tanah di Mall Galeria Yogyakarta <i>Warniningsih</i>	126 - 135

GASIFICATION OF WASTE OF OIL SEED COLLECTIONS IN A 20 KWe DOWNDRAFT GASIFIER

A.A. Putu Susastriawan¹

¹Department of Mechanical Engineering, Institute of Science & Technology AKPRIND
Yogyakarta

Masuk: 23 April 2010, revisi masuk : 19 Juni 2010, diterima: 21 Juli 2010

ABSTRACT

Waste of oil seed collections, shells and deoiled cakes from current practice of bio-diesel production from *Pongamia pinnata* seeds, is utilized as a biomass feedstock in a 20 kWe downdraft gasifier. This gasifier is originally conventional wood gasifier. Direct use of this conventional wood gasifier for *Pongamia* shells leads the blocking of remaining gasified shells in grate region of gasifier reactor. This blocking is noticed as the main problem during the gasification of *Pongamia* shells. Gap available between the conical grate (16 cm in diameter) and inner wall of gasifier reactor at grate section is found to be too small for free flow of gasified shells. This conventional wood gasifier is modified by replacing the original conical grate with a new fabricated conical grate (15 cm in diameter). Feasibility of waste of oil seed collections for biomass feedstock of a 20 kWe downdraft gasifier is studied in present work. Performances of gasifier are compared for waste of oil seed collections and wood chips in term of calorific value of producer gas and coefficient of thermal conversion. Calorific value of producer gas from wood, *Pongamia* shells, and *Pongamia* deoiled cakes is 4.48 MJ/kg, 4.28 MJ/kg, and 2.82 MJ/kg respectively. Coefficient of thermal conversion is 0.84, 0.68, and 0.60 for gasification of wood, *Pongamia* shells, and *Pongamia* deoiled cakes respectively. An integrated system involving gasifier, spark ignition engine, oil expeller, and decorticator is tested successfully within 3 hours continuous operation of gasifier on waste of oil seeds collections.

Keywords: gasification, waste of oil seed collections, downdraft gasifier.

INTISARI

Limbah dari pengolahan buah Pongamia pinnata menjadi bio-diesel dimanfaatkan sebagai bahan bakar biomassa untuk tungku gasifikasi. Limbah ini terutama berasal dari kulit Pongamia dan ampas dari biji yang telah diperas minyak mentahnya. Tungku gasifikasi yang digunakan aslinya adalah tungku gasifikasi untuk biomassa kayu dengan daya keluaran 20 kWe dan bertipe downdraft. Penggunaan langsung tungku ini untuk gasifikasi kulit Pongamia menyebabkan terjadinya penyumbatan laju aliran kulit pongamia di dalam tungku, terutama pada bagian grate. Penyumbatan ini karena jarak antara conical grate dengan dinding sebelah dalam dari tungku terlalu kecil. Selanjutnya modifikasi dilakukan pada tungku gasifikasi dengan menggantikan conical grate aslinya yang berdiameter 16 cm dengan conical grate baru berdiameter 15 cm. Unjuk kerja dari tungku gasifikasi dibandingkan antara gasifikasi biomassa kayu dengan gasifikasi limbah pengolahan Pongamia pinnata dalam hal nilai kalor producer gas dan koefisien konversi kalor. Nilai kalor dari producer gas yang dihasilkan dari gasifikasi biomassa kayu, kulit Pongamia, dan ampas kering Pongamia berturut-turut adalah 4.48 MJ/kg, 4.28 MJ/kg, and 2.82 MJ/kg. Sedangkan koefisien konversi kalor untuk gasifikasi biomassa kayu, kulit Pongamia, serta ampas kering Pongamia berturut-turut adalah 0.84, 0.68, and 0.60. Kesatuan sistem yang terdiri dari tungku gasifikasi yang telah dimodifikasi, motor bensin, oil expeller, dan decorticator berhasil diujikan selama 3 jam secara terus menerus untuk masing-masing biomassa kulit Pongamia, dan ampas kering Pongamia.

Kata Kunci: gasifikasi, limbah pengolahan Pongamia, tungku gasifikasi type downdraft.

¹a_agungs@yahoo.com

INTRODUCTION

Pongamia pinnata, one of many sources for Bio-diesel, is a deciduous legume tree that grows to about 15-25 meters in height with a large canopy which spreads equally wide. The leaves are soft, shiny burgundy in early summer and mature to a glossy, deep green as the season progresses. It is a tree that is well-adapted to arid zones and has many traditional uses. It is often used for landscaping purposes as a windbreak or for shade due to the large canopy and showy fragrant flowers. Figure 1 shows the tree and dry seeds of *Pongamia pinnata*.



Figure 1. *Pongamia pinnata* tree and dry seeds

Dry seeds of *Pongamia pinnata* have been utilized for bio-diesel production in small scale to medium scale production capacity. Figure 2 shows the process of converting *Pongamia pinnata* seeds into bio-diesel. There are two major drawbacks in current practice of bio-diesel production, which may lead to high cost of bio-diesel. There are wastage of oil seed collections (shells and deoiled cakes) and also extra energy to drive various machines required for bio-diesel production.

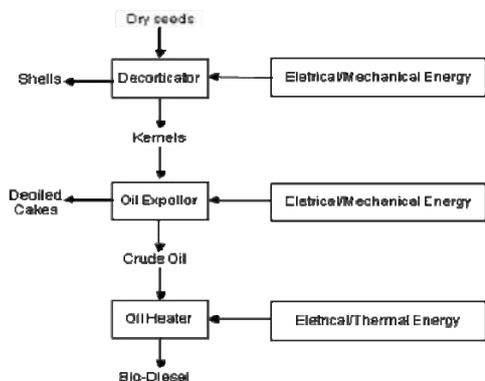


Figure 2. Current practice of Bio-diesel production from *Pongamia* seeds

Considering energy sustainability, a method to utilize shells and deoiled cakes to generate the energy requirement is suggested as shown in Figure 3. Shells and deoiled cakes are utilized for feedstock of gasifier to produce gas called producer gas by means of gasification. The gasifier used is a 20 kWe downdraft gasifier which originally wood gasifier. The producer gas is used to drive a spark ignition engine which supply the extra energy required for decorticator and oil expeller in bio-diesel production. Feasibility of waste of oil seeds collections as biomass feedstock for a 20 kWe downdraft gasifier is studied in the present work. Performances of gasifier are compared for oil seed collections and wood chips in term of calorific value of producer gas and coefficient of thermal conversion.

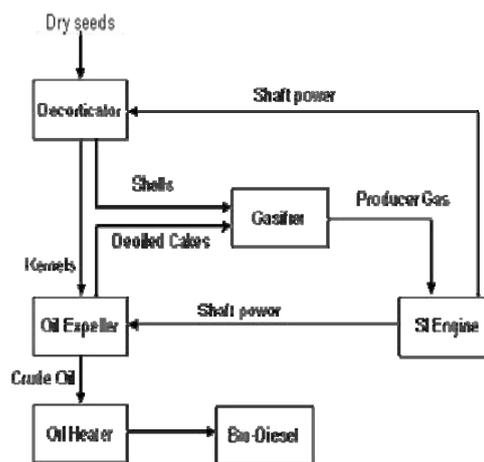


Figure 3. Schematic diagram of utilization of waste of oil seed collections

Mass distribution of *Pongamia pinnata* seeds has been investigated by Subbaro, 2007. Approximately 17.5% only of *Pongamia* seeds are converted into crude oil, the rest shells and deoiled cakes are thrown as a waste. Figure 4 shows a mass distribution of *Pongamia* collections. 50% of kernel is obtained from total mass of *Pongamia* seeds, and remain 50% are shells. From total mass of kernel, only 35% is crude oil and remaining 65% is deoiled cakes. This 82.5% of waste of *Pongamia* collections (50% shells and 32.5 % deoiled cakes) is

a potential source of biomass feedstock for gasifier.

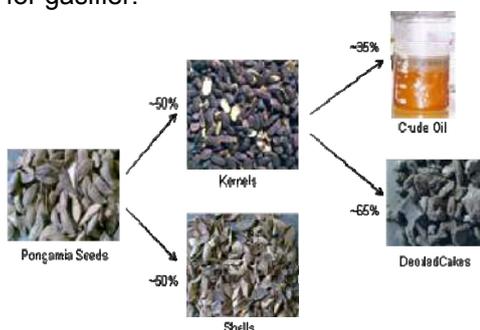


Figure 4. Mass distributions of *Pongamia* collections (Subbarao, 2007)

Energy analysis of shells, deoiled cakes, and bio-diesel from *Pongamia* was also carried out on 1 ton bio-diesel plant of *Pongamia pinnata* (Subbarao, 2007). A bio-diesel plant with 1 ton capacity of bio-diesel requires 1.1 tons crude oil from 6.3 tons *Pongamia* seeds. As shown in Figure 4, related mass distributions of *Pongamia* collections are: 3.15 tons kernels, 2.05 tons cakes, 3.15 tons shells. Energy value of shells, deoiled cakes and bio-diesel is calculated from mass distribution and its calorific value. Total calorific value of shells, deoiled cakes, and bio-diesel is 14.4 MJ/kg, 14.2, MJ/kg, and 38 MJ/kg respectively, total energy distribution of *Pongamia* collections is shown in Table 1. *Pongamia* shells and deoiled cakes have much higher total energy compared than *Pongamia* bio-diesel. Total energy of shells and deoiled cakes is approximately twice of *Pongamia* Bio-diesel. This higher total energy of oil seed collections is potential source for alternative energy by means biomass gasification.

Table 1. Total energy distribution of *Pongamia* collections (Subbarao, 2007)

Pongamia Collections	Total Energy Value
Shells	45.36 GJ
Deoiled Cakes	29.11 GJ
Bio-Diesel	38 GJ

Biomass gasification is a thermo-chemical process of converting solid biomass into combustible gas called pro-

ducer gas by means of partial oxidation carried out in reactor called gasifier (Khisore, 2008). Compared than solid biomass, producer gas has advantages: gases are easy to clean, to transport and to combust efficiently with a low excess of air and little resulting pollution. Further, gases can be burned in an internal combustion engine and can be easily applied in combined cycles (Van Swaaij, 1981).

Typically, in downdraft gasifier sequence process from top to bottom of reactor are drying, pyrolysis, oxidation and reduction. In drying zone, the biomass loses its moisture and is then subjected to pyrolysis resulting in its decomposition into char and volatile. A heterogeneous reaction takes place in the oxidation zone between solid carbonized fuel and oxygen in the air producing carbon dioxide and releasing a substantial amount of heat. In the reduction zone, a number of high-temperature chemical reactions take place yields producer gas.

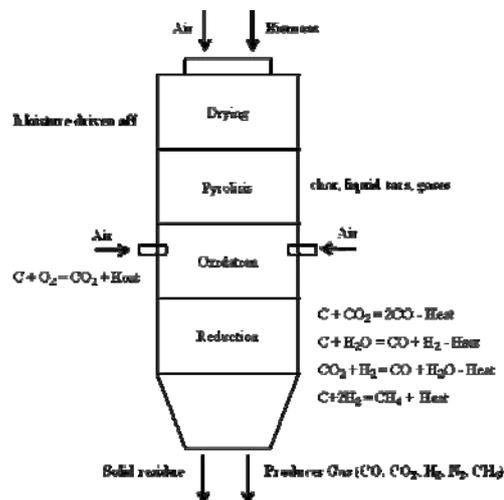


Figure 5. Typically sequence of reaction in downdraft gasifier (Khisore, 2008)

Effect of operating parameter on product gas has been investigated by many researchers. An effect of biomass sources and particles size on producer gas has been reported by Kumar, 2006. The hard wood typically gives a higher calorific value of gas than softwood. Hardwood and ordinary wood shows marginally better gasifier power output as compared to softwood. The percentages of

carbon monoxide, hydrogen, and calorific value of the gas decrease with initial increasing in particle size. Dogru *et al.*, investigated hazelnut shells gasification in downdraft gasifier. The quality of product gas is to be dependent on smooth flow of the biomass in the reactor. Flow characteristics of biomass in the gasifier reactor play an important rule for optimum operation of gasifier.

Experimental Work, A 20 kWe downdraft gasifier used for experimental work in this research is originally wood gasifier. Direct use of this conventional downdraft gasifier for *Pongamia* shells gasification leads the blocking of gasified shells in grate region of gasifier reactor. This blocking is found the main problem of *Pongamia* shells gasification in a 20 kWe conventional downdraft gasifier. It is found that a gap between conical grate and inner wall of gasifier reactor is too small for free flow of gasified shells. Encounter this problem, a new conical grate which diameter of 15 cm is fabricated for replacing an original conical grate (diameter of 16 cm).

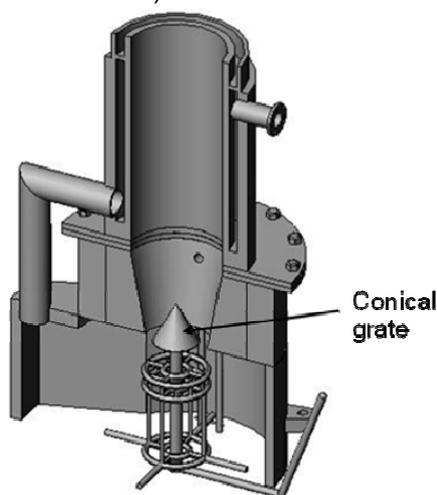


Figure 6. Gasifier reactor and conical grate

Typically in downdraft gasifier, biomass is fed from top of the reactor. Air enters the gasifier in the oxidation zone through air nozzles (tuyer) by means of suction blower. Remains gasified biomass flow through the grate region at the bottom of gasifier. Producer gas flows in the recirculation duct from the bottom of reactor and exits at the top of reactor.

Producer gas is cooled by spray water in two stage cooling unit. Further, gas is cleaned in the coarse sand and fine sand filter from dust and fine particle present in producer gas. Gasifier system consist of reactor, cooling system, cleaning unit, suction blower, water bubbler, burner. U tube water manometers are provided for measurement of pressure at four strategic locations: at the exit of gasifier (P_1), at the exit of cooling unit (P_2), at the exit of coarse filter (P_3), and at the exit of fine filter (P_4).



Figure 7. Experimental set-up

Integrated system (gasifier-engine-oil expeller-decorticator) is tested on oil seed collections within 3 hours continuous operation of modified gasifier. Gasifier is run on blower mode before it is switched to the engine. Biomass feedstock is loaded into the reactor. After partially opening a gas valve, suction blower and electric water pump are switched ON. To generate the flame inside a reactor, biomass feedstock is initiated by holding the flame in a form of a blowtorch or wick near to each an air nozzle. After 10-15 minutes the generated producer gas in the burner is lighted. Reading of U tube water manometer at four strategic locations and venturi meter are done during the operation of gasifier. Sample of producer gas is taken after 30 minutes of continuous operation of gasifier. Composition of producer gas is measured using NUCON Gas Chromatograph with Argon

as gas carrier. Gas Chromatograph is calibrated using calibration gas which composition of 10.07% CO₂, 24.43% CO, 24.98% H₂, 35.55 N₂, and 4.97% CH₄. Composition of producer gas is determined using existing computer software by comparing the peaks area of calibration gas and gas sample.

Using the composition of combustible gas in the producer gas, calorific value of producer gas is then calculated as:

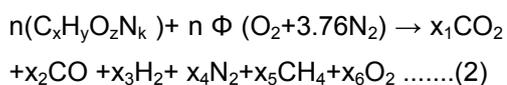
$$CV_g = \frac{(x_2 \cdot CV)_{CO} + (x_3 \cdot CV)_{H_2} + (x_5 \cdot CV)_{CH_4}}{100} \dots(1)$$

Value of x₂, x₃, and x₅ are percentage of composition CO, H₂, and CH₄ respectively, since calorific value of CO, H₂, and CH₄ are taken from Iyer *et.al*, 2002 in Table 2.

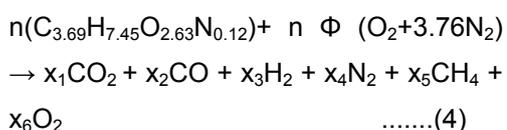
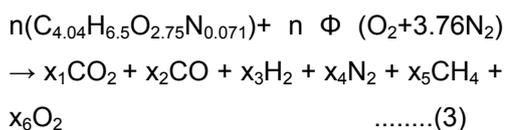
Table 2. Calorific Value of Compound (Iyer, *et al.* 2002)

Compound	CV (MJ/m ³)
CO	12.71
H ₂	12.78
CH ₄	39.76

Assuming chemical properties of biomass are Carbon, Hydrogen, Oxygen, and Nitrogen, equation of chemical reaction of biomass fuel can be written as (Sonkar *et al.*, 2007):



Chemical reaction for wood chip and oil seed collections are:



The value of n and Φ are determined from Carbon and Nitrogen balance equations. Value of x₁, x₂, x₃, x₄, and x₅ is taken from composition of CO₂, CO, H₂, N₂, and CH₄ of producer gas respectively.

$$\text{Carbon balance; } n = \frac{x_1 + x_2 + x_5}{x} \dots(5)$$

$$\text{Nitrogen balance; } \phi = \frac{x_4 - \frac{1}{2}n \cdot k}{3.76n} \dots(6)$$

Sequence calculations are used to calculate a coefficient of thermal conversion of gasification. Assuming 100 moles of fuel produce total mass of producer gas, mass of producer gas is:

$$m_g = \frac{\sum x_i MW_i}{100 \cdot n} \dots(7)$$

Where;

$$\sum x_i MW_i = (x_1 \cdot MW)_{CO_2} + (x_2 \cdot MW)_{CO} + (x_3 \cdot MW)_{H_2} + (x_4 \cdot MW)_{N_2} + (x_5 \cdot MW)_{CH_4} \dots(8)$$

Density of producer gas

$$\rho_g = \frac{P_{atm}}{R_g \cdot T} \dots(9)$$

Where:

$$P_{atm} = \text{atmospheric pressure} = 101325 \text{ N/m}^2$$

$$R_g = \text{producer gas constant} = \frac{8315 \text{ J/kmol} \cdot \text{K}}{MW_g}$$

$$T = \text{ambient temperature}$$

$$MW_g = \text{molecular weight of producer gas}$$

$$= \frac{\sum x_i MW_i}{100}$$

Energy released per kilogram of fuel:

$$E_g = \frac{m_g \cdot CV_g}{\rho_g} \dots(10)$$

Coefficient of thermal conversion is defined as the ratio of energy release per kg fuel to the calorific value of biomass feedstock at STP.

$$C_{th} = \frac{E_g \times \left(\frac{273}{298}\right)}{CV_{fuel}} \dots(11)$$

Calorific value of fuel is determined using Bomb Calorimeter. The calorific value of wood chip, *Pongamia* shells, and deoiled cakes was 16.38 MJ/kg, 14.415 MJ/kg, and 14.168 MJ/kg respectively.

DISCUSSIONS

Calorific Value of Producer Gas, Figure 8 shows the calorific value of producer gas from gasification of different biomass. *Pongamia* shells produce a producer gas with slightly lower calorific value compared to wood. While *Pongamia* deoiled cakes produce a producer gas with moderate lower calorific value compared to wood. Producer gas from wood, shells and deoiled cakes has calorific value of 4.48 MJ/kg, 4.28 MJ/m³ and 3.85 MJ/m³ respectively. Although waste of oil seed collections produces the producer gas with lower calorific value, but biomass of waste of oil seed collections is by product of bio-diesel production from *Pongamia pinnata*.

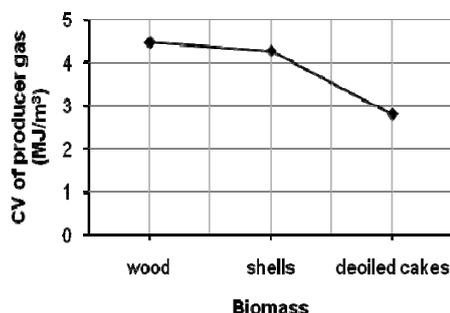


Figure 8. Calorific value of producer gas from different biomass.

Coefficient of Thermal Conversion of Gasification, look at Figure 9 shows the coefficient of thermal conversion of wood, *Pongamia* shells, and *Pongamia* deoiled cakes. Coefficient of thermal conversion is defined as the ratio of energy release per kg of biomass to the energy contain in biomass. Coefficient of thermal conversion of wood, *Pongamia* shells, and *Pongamia* deoiled cakes is 0.84, 0.68, and 0.6 respectively. As energy released per kg of shells and deoiled cakes is lower than energy released per kg of wood, hence lower coefficient of thermal conversion of shells and deoiled cakes.

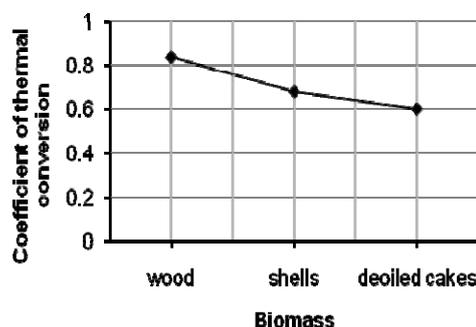


Figure 9. Coefficient of thermal conversion of different biomass gasification.

Coefficient of thermal conversion of *Pongamia* shells increases for gasification using modified gasifier. No blocking is found in the grate region of gasifier reactor. Shells in the reactor move smoothly. This smooth flow of shells in the gasifier reactor during gasification increases the quality of producer gas, hence improves the coefficient of thermal conversion of shells gasification using modified 20 kWe downdraft gasifier.

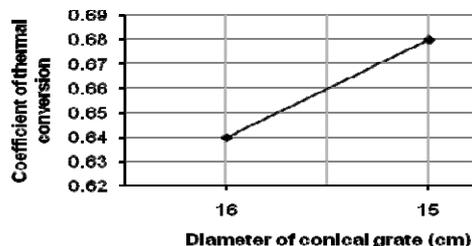


Figure 10. Coefficient of thermal conversion *Pongamia* shells gasification for different diameter of conical grate

Flow Characteristics in the Gasifier System, Static pressure at four strategic locations across the gasifier system at any interval times is shown in Figure 11. The integrated system is tested on oil seed collections within 3 hours. Static pressure at the reactor exit and fine filter exit is almost constant during 3 hours continuous operation of gasifier. Pressure at cooling exit and coarse filter exit is constant within 2 hours, then increases after 1 hour continuous operation of gasifier. The increasing in static pressure at cooling exit and coarse filter exit is still within the limit of maximum operating static pressure of the gasifier.

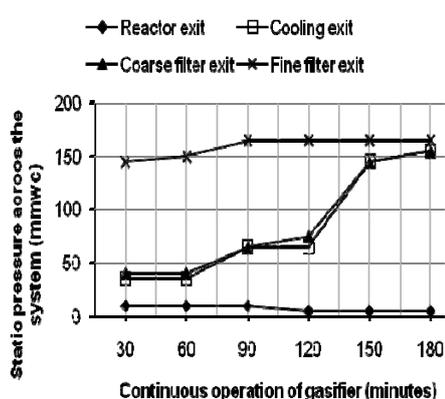


Figure 11. Static pressure at four strategic locations during testing of integrated system on oil seed collections.

CONCLUSION

Waste of oil seed collections of *Pongamia pinnata* (shells and deoiled cakes) is feasible for biomass feedstock of a 20 kW downdraft gasifier which is originally wood gasifier. This downdraft gasifier is modified with a new conical grate which diameter of 15 cm for encounter the blocking of gasified shells in the grate region. Although calorific value of producer gas from gasification of waste of oil seed collections is slightly lower than calorific value of producer gas from wood gasification, as well as coefficient of thermal conversion for oil seeds collections, but an integrated system is tested successfully within 3 hours continuous operation of modified gasifier on oil seeds collections without any problems in the systems.

REFERENCES

- Dogru, M., Howarth, C.R., Akay, G., Keskinler, B., Malik, A.A., 2002, Gasification of hazelnut shells in a downdraft gasifier, *Energy*, Vol. 27, pp. 415-427.
- Iyer P.V.R., Rao T.R., Grover P.D., 2002, Biomass-Thermo Chemical Characteristic, Department of Chemical Engineering, IIT Delhi, 3rd Edition, New Delhi.
- Khisor V.N.N., 2008, Renewable Energy Engineering and Technology, Knowledge Compendium, TERI Press, New Delhi.
- Kumar, A., 2006, Simulation of A Biomass Gasifier-Engine System, PhD thesis, Mechanical Engineering Department IIT Delhi, New Delhi
- Subbarao, P.M.V.S., 2007, Sustainable Fuel Technologies using Non-edible oil Seed Collections, Seminar Presentation, Department of Mechanical Engineering, IIT Delhi, New Delhi
- Sonkar, A., Garg, A. and Gupta, P., 2007, Generation of Producer Gas From Pongamia Shells and Integration of Downdraft Gasifier, Producer Gas Engine and Oil Expeller, B.Tech Thesis, Department of Mechanical Engineering, IIT Delhi, New Delhi.
- Van Swaaij, W.P.M., 1981, Gasification-The Process and Technology, Resources and Conservation, Vol. 7, pp. 337-349.

THE BREEDING OF LOCAL CORN BY MULTIGAMMA RADIATION METHOD (NUCLEAR) IN WEST TIMOR NUSA TENGGARA TIMUR

Bartholomeus Pasangka¹

¹ Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana, Kupang

Masuk: 17 Maret 2010, revisi masuk : 4 Juli 2010, diterima: 27 Juli 2010

ABSTRACT

Corn is one of Nusa Tenggara Timur main commodities. This plant has prospect to be increased in NTT, because it is adapted to the soil which has calcium deposits with relative low rainfall (dry soil) and high salinity. This research aimed to develop local corn variety through breeding by multi-gamma radiation method, selection, and crossing to obtain the prime seed of the local corn with different characteristics to its source plant. The method of research is breeding of local corn using gamma and multi-gamma radiation methods to produce several varieties of prime seed, so is very easy to select and obtain the prime seed of local corn. The other methods are comprised of observation, sampling, analysis, comparative, and interpretation. The result obtained on the first step (first year) is the selected mutation variety (the prime seed of local corn) with production 11 tons per ha (local yellow corn) and 9 tons per ha (local white corn). The production increase 36.4% (local yellow corn) and 33.3% (local white corn). On the second step (first year), obtained addition variety of selected mutation and more superior variety is resulted of crossing with production 13 tons per ha (local yellow corn) and 10 tons per ha (local white corn). The production increases 46.2% (local yellow corn) and 40.0% (local white corn). These results show that the breeding of local corn by multi-gamma radiation method and crossing can produce primer seed and has a certain quality to increase production significantly of the farmer on the sector of corn commodity.

Keyword: Breeding, local corn, radiation, multigamma

INTISARI

Tanaman jagung merupakan salah satu komoditi utama Nusa Tenggara Timur (NTT). Tanaman tersebut memiliki prospek untuk dikembangkan di NTT, karena dapat beradaptasi lahan berkapur dengan curah hujan yang relatif rendah (lahan kurang air) dan salinitas tinggi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan varietas bibit jagung lokal melalui pemuliaan dengan metode radiasi multigamma, seleksi, dan persilangan agar diperoleh varietas bibit jagung lokal yang lebih unggul dengan sifat-sifat yang berbeda dengan tanaman induk. Metode utama riset adalah pemuliaan tanaman jagung lokal dengan metode radiasi multigamma, sehingga memberi kemudahan melakukan seleksi, untuk memperoleh varietas bibit jagung lokal yang unggul. Metode pendukung lainnya meliputi: observasi, sampling, analisis, komparatif, dan interpretasi. Hasil tahap pertama tahun ke-1, diperoleh varietas mutan terseleksi (jagung lokal unggul) dengan produksi 11 ton/ha (jagung kuning lokal) dan 9 ton/ha (jagung putih lokal). Produksi meningkat 36,4% (jagung kuning lokal) dan 33,3% (jagung putih lokal). Pada tahap kedua tahun ke-1, diperoleh varietas mutan terseleksi tambahan dan varietas lebih unggul hasil persilangan dengan produksi 13 ton/ha (jagung kuning lokal) dan 10 ton/ha (jagung putih lokal). Produksi meningkat 46,2% (jagung kuning lokal) dan 40,0% (jagung putih lokal). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemuliaan tanaman jagung lokal dengan metode radiasi multigamma dan persilangan dapat menghasilkan bibit lebih unggul dan berkualitas untuk meningkatkan produksi petani secara signifikan pada sektor komoditi jagung.

Kata kunci: Pemuliaan, jagung lokal, radiasi, multigamma

¹pasangka_bartholomeus@yahoo.com

PENDAHULUAN

Salah satu bahan pangan pokok masyarakat Pulau Timor Barat khususnya dan Nusa Tenggara Timur pada umumnya adalah jagung. Upaya pemerintah untuk meningkatkan produksi tanaman jagung lokal tersebut masih relatif terbatas, sehingga para petani jagung masih mengandalkan pengadaan bibit yang berasal dari luar NTT, namun kurang cocok. Hal itu disebabkan kondisi alamnya sangat berbeda dengan kondisi alam di luar NTT. Pada umumnya, daerah pertanian didominasi oleh batu gamping koral atau batu kapur dengan curah hujan yang relatif sangat rendah setiap tahun. Oleh karena itu, tidak semua tanaman jagung, dapat tumbuh dengan baik di NTT, terutama yang berasal dari luar. Hal itu mendorong para petani jagung untuk tetap menanam jagung lokal, yang dapat tumbuh dengan baik walaupun hasilnya masih kurang memuaskan. Tanaman jagung merupakan tanaman padi-padian urutan ke-3 setelah gandum dan padi, yang dapat tumbuh dengan subur di daerah tropika dengan temperatur antara 40° C sampai dengan 58° C di ketinggian sampai 4000 meter di atas permukaan laut (Wisnubroto *et al*, 1993).

Salah satu upaya membantu para petani jagung lokal di Timor dan NTT pada umumnya untuk meningkatkan hasil produksi adalah pengadaan bibit jagung lokal yang lebih unggul dengan sifat-sifat: hasil produksi lebih tinggi, tahan hama, umur tanaman lebih singkat, tinggi tanaman lebih pendek sehingga tahan rebah, serta tahan panas dan dapat tumbuh dengan baik di daerah berkapur dengan curah hujan yang relatif rendah, buah lebih besar, dan rasanya lebih enak. Upaya tersebut dapat ditempuh melalui pemuliaan tanaman jagung lokal dengan metode radiasi multigamma (teknik nuklir).

Beberapa hasil penelitian dengan radiasi di level dunia, tanaman jagung telah dikembangkan di beberapa negara seperti varietas jagung India (*Zea mays*), jagung Kanada, jagung Transkaukasia, jagung Peru, jagung Yukatan, jagung Kolumbia Selatan, dsb (Pimentel *et al*, 1982).

Pemuliaan tanaman pangan di Indonesia untuk mendapatkan varietas bibit unggul dengan metode/ teknik radiasi sinar gamma telah berhasil dilakukan pada beberapa jenis tanaman padi-padian antara lain: tanaman padi, gandum, dan sorgum.

Bibit padi pelita dan bibit padi lainnya telah berhasil dikembangkan dengan metode/ teknik radiasi sinar gamma (fasilitas radiasi gammacell-220) yang dilakukan di BATAN dengan kerja sama Departemen Pertanian dan dihasilkan bibit Atomita yang lebih unggul (BATAN, 1978, 2008). Padi Atomita memiliki sifat unggul antara lain: produksi lebih tinggi, umur lebih singkat, tanaman lebih pendek sehingga tahan rebah, dan rasa nasi lebih enak.

Tanaman pangan lain yang berhasil dikembangkan oleh BATAN dengan radiasi sinar gamma (fasilitas radiasi gammacell-220) adalah Kedele Muria yang berasal dari Kedele Orba (BATAN, 1978). Sifat-sifat unggul yang dimiliki Kedele Muria antara lain: produksi lebih tinggi, umur lebih singkat, batang lebih pendek sehingga tahan rebah, dan tahan terhadap penyakit karat daun.

Aplikasi teknik nuklir pada pemuliaan tanaman yang telah dilakukan oleh BATAN (Badan Tenaga Atom Nasional) pada tanaman padi-padian antara lain pada tanaman padi, gandum, dan sorgum.

Padi varietas Mira-1 (Mugiono, dkk, 2000) yang berasal dari benih varietas Cisantana diradiasi sinar gamma C-60 dengan dosis 0,2 kGy. Keunggulan varietas Mira-1 adalah: rata-rata produksi gabah kering giling 6,29 ton/ ha dan berpotensi mencapai produksi 9,2 ton/ ha, umur tanaman 115-120 hari, massa 1000 butir = 26 gram – 27 gram, tahan hama wereng coklat biotipe-2, dan agak tahan biotipe-3, tahan bakteri hawar daun strain III, dan agak tahan strain IV, kadar amilosa rendah (19%) dan kadar protein tinggi (9,02%), prosentase beras kepala tinggi = 87,67 %, sedang Cisantara (varietas asal) = 77,97 %. 8) randemen giling tinggi = 73,75 %, Cisantara = 65,19 % dan mutu dan kualitas beras bagus,

beras panjang dan tanpa butir mengapur, tekstur nasi pulen.

Hasil yang dicapai terdapat peningkatan produksi beras nasional tahun 2006/2007 dari 500.000 ton menjadi 10,50 juta ton.

Gandum (Human, dkk, 2002) varietas CPN-01, CPN-02, dan M4 (CBD-16 s/d CBD 23) yang berasal dari varietas: Punjab-81, WL-2265, SA-75 (asal CIMMYT Meksiko, sumber: PT Bogasari Flour Mills), DWR-162, DWR-195 (asal: India, sumber: PT. Bogasari Flour Mills), Nias, Dewata (asal varietas unggul Nasional, sumber: PT. Bogasari Flour Mills), F-44, Yuan-39, Yuan 1045 (asal Cina), Pawon-76, Soghat-90, Kiran-95, WL-711 (asal Pakistan).

Sorgum (Human, dkk, 1996) varietas Durra yang berasal dari ICRISAT India. Hasil yang dicapai berupa galur-galur Sorgum dengan bermacam variasi sifat agronomi dan tingkat kualitas seperti: ukuran dan warna biji, semi-dwarf, kegenjangan, bentuk dan ukuran malai, dan tahan pada lahan kering.

Efek Radiasi, Teknik radiasi sinar gamma menimbulkan efek genetika berupa terjadinya perubahan struktur dan komposisi pada kromosom dan molekul asam deoksiribonukleat AND (DNA) pada berbagai jenis tanaman pangan. Proses tersebut dapat menimbulkan berbagai macam bentuk "mutasi" pada keturunan tanaman dengan sifat-sifat yang berbeda dengan sifat induknya. Hal itu memungkinkan para ahli genetika dan ahli pemuliaan tanaman untuk mendapatkan berbagai varietas bibit yang lebih unggul.

Mutasi pada tanaman merupakan perubahan spontan materi-materi genetik dalam sel yang disebabkan oleh (Darussalam, 1989). Terjadinya pengaturan kembali susunan kromosom. Timbulnya perubahan-perubahan dalam gen. Menghilangnya duplikasi segmen kromosom. Mutasi induksi yang disebut mutagen disebabkan oleh bahan-bahan pereaksi dari luar yang dapat dibedakan atas dua yaitu Mutagen Kimia dan Mutagen Fisika. Mutagen Kimia yaitu mutagen dengan menggunakan zat-zat peraksi kimia, misalnya senyawa NaN_3 , E.M.S,

Thorium nitrat ($\text{ThCNO}_3\text{O}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Mutagen Fisika yaitu mutagen yang menggunakan sinar (radiasi) mengion, misalnya sinar alpha, sinar beta, sinar gamma, sinar X, sinar neutron, sinar proton, multigamma dsb.

Pemuliaan tanaman untuk mendapatkan varietas bibit yang lebih unggul, perlu dipilih mutagen efektif yaitu jenis mutagen yang hanya menimbulkan perubahan atau kerusakan fisiologis kecil, tetapi efek genetik besar pada tanaman. Pada teknik radiasi, dikenal *Relative Biological Effectiveness (RBE)* yaitu perbandingan efektivitas dua macam radiasi untuk mendapatkan efek biologi yang sama pada tanaman atau organisme lain.

$$RBE = \frac{D_x \text{ rads}}{D_y \text{ rads}} \dots\dots\dots (1)$$

dengan: $D_x \text{ rads}$ adalah dosis radiasi dari sumber x, $D_y \text{ rads}$ adalah sumber radiasi dari sumber y yang menimbulkan efek yang sama pada tanaman atau organisme lain. Contoh: Untuk mendapatkan efek biologi yang sama pada suatu tanaman yaitu reduksi (pengurang-an) tinggi tanaman kecambah biji padi sebesar 50%, diperlukan dosis radiasi dari sumber sinar gamma sebesar 2000 rads dan sinar neutron cepat (*fast neutron*) sebesar 200 rads.

$$\text{Jadi } RBE = \frac{2000}{200} = 10.$$

Standar dosis radiasi gamma yang digunakan pada pemuliaan tanaman adalah sebagai berikut (IAEA, 1991, 1992, 1998) mutasi pada tanaman : 100rads sampai 3000rads, mutasi dalam tanaman biji-bijian: 1000 rads sampai 4000 rads, dan stimulasi pertumbuhan (tanaman biji-bijian): 250 rads sampai 1000rads.

Berdasarkan uraian di atas, dapat dikemukakan bahwa efek radiasi pada tanaman dan organisme lainnya, dapat diarahkan dan dimanfaatkan untuk peningkatan produksi pangan dalam pertanian, karena selain pemuliaan tanaman untuk mendapatkan bibit yang lebih unggul, efek radiasi dapat pula dimanfaatkan untuk

pemberantasan hama, penghambatan pertunasan umbi, dan pengawetan pangan (tidak dikaji dalam riset ini).

Penelitian ini difokuskan pada pemuliaan tanaman jagung lokal di Timor Barat dan sekitarnya dengan metode/teknik radiasi multigamma. Perbedaannya dengan teknik radiasi pada pemuliaan tanaman padi-padian yang telah dilakukan beberapa ahli adalah mereka menggunakan sumber radiasi sinar gamma dan neutron sebagai mutagen. Penelitian ini menggunakan sumber radiasi multigamma sebagai mutagen. Dengan demikian, diharapkan akan diperoleh lebih banyak macam variasi varietas bibit unggul sebagai hasil mutasi genetik, sehingga lebih mudah untuk melakukan seleksi pada varietas bibit yang lebih unggul.

Hasil observasi dan survei pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti di beberapa lokasi pusat perkebunan jagung para petani di Timor Barat (Soe, Camplong, Oesao, Tabenu, Baun, dan Rote), menunjukkan bahwa jagung lokal yang dikembangkan para petani yang umumnya terdiri dari jagung putih dan jagung kuning, belum memberikan hasil yang memuaskan.

Foto pada Gambar 1-3, memperlihatkan jagung lokal yang dibudidayakan oleh para petani di Kecamatan Baun, Tabenu, dan Baumata Kupang Timor Barat. Ukuran tongkol rata-rata: panjang 14,20 cm dan diameter 4,35 cm. panjang 17,10 cm dan diameter 5,40 cm sehingga sangat mungkin untuk dikembangkan.



Gambar 1. Jagung kuning lokal di Baun



Gambar 2. Jagung putih lokal di Tabenu

Pada Gambar 1a, Gambar 1b, Gambar 2, Gambar 3a, dan Gambar 3b terlihat dengan jelas bahwa jagung putih lokal dan jagung kuning lokal yang ditanam para petani di beberapa kecamatan, dapat tumbuh dengan baik namun buahnya kecil-kecil.



Gambar 3 Jagung putih lokal di Baumata

Ciri-ciri fisis teramati dan terukur pada Gambar 1-3 yaitu tinggi maksimum tanaman 244,10 cm (125,00 cm s/d 244,10cm), umur tanaman 3,5 bulan, jumlah daun rata-rata 10 helai (7 helai s/d 13 helai), ukuran buah (tongkol) maksimum yaitu panjang 19,60 cm, diameter 5,86 cm, rasa jagung enak, dan sedikit lembek (jagung putih), kulit keras (jagung kuning) dan warna biji: putih pucat (jagung putih), kuning pudar (jagung kuning).



Gambar 4. Hasil penelitian pendahuluan dengan radiasi multigamma pada jagung kuning lokal



Gambar 5. Hasil penelitian pendahuluan dengan radiasi multigamma pada jagung putih lokal

Ciri-ciri fisis teramati dan terukur pada gambar 4 yaitu tinggi maksimum tanaman 174,10 cm (78,00 cm s/d 174,10 cm), umur tanaman 2,6 bulan, jumlah daun rata-rata 9 helai (7 helai s/d 10 helai), ukuran buah (tongkol) maksimum: panjang 27,62 cm, diameter 7,10 cm, rasa jagung enak, agak harum dan kulit sedikit keras, warna biji: kuning terang, dan biji padat dan berisi penuh sampai ke ujung tongkol.

Ciri-ciri fisis teramati dan terukur pada gambar 5 yaitu tinggi maksimum tanaman 179,24 cm (75,00 cm s/d 179,24cm), umur tanaman 2,5 bulan, jumlah daun rata-rata 8 helai (8 helai s/d 12 helai), ukuran buah (tongkol) maksimum: panjang 25,78 cm, diameter

6,55 cm, rasa jagung enak, harum, dan lembek, warna biji: putih terang dan biji padat dan berisi hampir sampai ke ujung tongkol.

Tujuan penelitian adalah melakukan pemuliaan tanaman jagung lokal (jagung putih dan jagung kuning) dengan metode radiasi multigamma (teknik nuklir) dan seleksi, serta persilangan untuk memperoleh bibit lebih unggul, dengan sifat-sifat varietas baru meliputi: hasil produksi lebih tinggi, adaptif dengan kondisi kekeringan, tumbuh subur di lahan berkapur, salinitas tinggi, dan lahan kurang air, umur tanaman lebih singkat, tinggi tanaman lebih pendek sehingga tahan rebah, tahan terhadap hama, rasanya lebih enak, buahnya lebih besar, dan biji lebih padat dan sampai ke ujung tongkol. Dengan demikian, dapat memberikan manfaat yang besar kepada para petani jagung dalam meningkatkan produksi pangan di bidang komoditi jagung.

Metode atau teknik yang digunakan dalam riset adalah teknik radiasi atau teknik nuklir dengan sumber radiasi multigamma untuk pemuliaan tanaman jagung lokal di Timor Barat NTT, yang didukung oleh metode lain yang meliputi observasi, survei, sampling, persilangan, seleksi, komparatif, dan interpretasi.

Prosedur penelitian dimulai dengan memilih sampel jagung lokal, melakukan radiasi, mengolah lahan, menanam, mengamati dan mengukur variabel fisis selama pertumbuhan sampai bibit, menganalisis protein, menginterpretasi, dan menyimpulkan.

PEMBAHASAN

Berdasarkan pengamatan dan pengukuran selama penelitian berlangsung, diperoleh hasil yaitu pada tahap pertama tahun ke-1 (satu), hasil-hasil pengamatan dan pengukuran pada sampel jagung putih lokal dan jagung kuning lokal yang diradiasi dengan sumber multigama tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengamatan dan pengukuran pada varietas induk dan mutan harapan jagung putih dan kuning lokal

No	Deskripsi	Varietas Induk	Mutan Harapan	Ket
1	Jenis varietas tanaman jagung	Jagung Putih dan Kuning lokal	Rajapulok dan Rajakulok	
2	Dosis radiasi	1500 rads sampai 3500 rads	-	
3	Pertumbuhan bibit	Agak lambat (rata-rata 8 hari baru muncul di permukaan tanah)	Pertumbuhan cepat (hanya 2 hari sudah muncul 3 cm sampai 5 cm di permukaan tanah)	
4	Daya tumbuh	85%	91,6%	
5	Lahan berkapur, salinitas tinggi, lahan kurang air	Dapat tumbuh tetapi buah kecil-kecil	Tumbuh dengan subur	
6	Sifat adaptif dengan kondisi kekeringan	Adaptif	Lebih adaptif	
7	Ketahanan hama	Tahan	Tahan, kecuali ulat buah	l
8	Jumlah helai daun	6 sampai 16	8 sampai 12	
9	Bentuk daun	panjang kecil dan mudah patah	pendek bertulang tengah agak keras, sulit patah	
10	Tipe bunga serbuk sari	kurang sehingga penyerbukan tidak sempurna (isi jarang)	menyebar panjang : penyerbukan mudah dan biji terisi sampai ke ujung tongkol	
11	Bentuk tanaman	berakar kuat tetapi batang ada yang kecil, tinggi, dan mudah patah	berakar kuat, batang besar, agak lebih pendek, tegak kokoh.	
12	Tipe rambut tongkol	Jagung kuning: coklat tua Jagung putih:	Jagung kuning: coklat pekat panjang Jagung	 induk (putih)

		merah kecoklatan	putih: putih kekuningan	
13	Tinggi tanaman rata-rata	Jagung kuning: 276 cm Jagung putih: 255 cm	Jagung kuning: 235 cm Jagung putih: 176 cm	
14	Umur rata-rata panen muda	Jagung kuning: 96 hari Jagung putih: 85 hari	Jagung kuning: 68 hari Jagung putih: 64 hari	
14	Ukuran buah: Kisaran panjang tongkol: Kisaran diameter tongkol	15,72 cm s/d 23,10 cm 3,20 cm s/d 8,10 cm	22,50 cm s/d 32,05 cm 5,00 cm s/d 9,50 cm	
15	Kisaran massa tongkol Jagung Kuning: Jagung putih:	(175 s/d 295) gram (145 s/d 290) gram	(255 s/d 375) gram (220 s/d 350) gram	
16	Warna biji: Jagung kuning muda: Jagung kuning tua: Jagung putih:	kuning pudar kuning tua bercampur putih pudar bercampur kekuningan	Kuning terang kuning terang putih jernih	
17	Massa rata-rata per 1000 biji: Jagung kuning Jagung putih	305 gram 295 gram	353 gram 342 gram	
18	Rasa jagung: Jagung kuning: Jagung putih:	agak manis, kulit keras, agak manis, rasa ketan, agak lembek	manis, enak, kulit agak keras, agak rasa ketan, harum manis, rasa ketan, harum, lembek	
19	Peningkatan produksi Jagung kuning: Jagung putih:	7 ton/ha 6 ton/ha	11 ton/ha 9 ton/ha	Produksi : 36,4 % 33,3 %
20	Kulit tongkol	Lapisan kulit semuanya	Lapisan kulit mulai dari luar	

		menutupi tongkol (kulit semuanya sampai ke ujung tongkol	ke dalam bersusun ke arah ujung tongkol	
21	Bentuk buah	agak rungging ke arah ujung tongkol	Jagung putih: agak rata sampai ke ujung tongkol Jagung kuning: rata sampai ke ujung tongkol	
22	Kandungan protein	Jagung Putih : 9,05% Jagung kuning: 10,02 %	Jagung putih 9,05% Jagung kuning: 10,02 %	



Gambar 7. Contoh buah jagung kuning lokal hasil radiasi gamma dan mutigamma pada tahap pertama yang masih di pohon (siap panen muda)

Jagung siap panen muda pada tahap pertama tahun ke-1 yakni jagung kuning dan jagung putih lokal hasil radiasi multigamma diperlihatkan seperti pada Gambar 6 dan 7. Umur tanaman jagung putih lokal hasil radiasi multigamma terseleksi pada Gambar 8 adalah 64 hari, sedangkan umur tanaman jagung kuning lokal hasil radiasi multigamma terseleksi pada Gambar 9 adalah 68 hari.



Gambar 6. Contoh buah jagung putih lokal hasil radiasi gamma dan mutigamma pada tahap pertama yang masih di pohon (siap panen muda)



Gambar 8. Contoh buah jagung putih lokal hasil radiasi gamma dan mutigamma pada tahap pertama yang sudah panen muda (umur 64 hari)



Gambar 9. Contoh buah jagung kuning lokal hasil radiasi gamma dan mutigamma pada tahap pertama yang sudah panen muda (umur 68 hari)

Pada Gambar 8 dan 9 terlihat dengan jelas bahwa kulit berlapis dan bersusun ke arah ujung tongkol dengan ukuran buah relatif sama besar baik jagung putih maupun jagung kuning.

Biji jagung padat dan tidak mengkerut seperti jagung lainnya. Karena rasa jagung manis, maka disukai ulat buah tetapi kebanyakan hanya menyerang ujung tongkol. Karakteristik lain yang nampak di pohon ialah pada saat buah jagung sudah mengering, sebagian besar daun pada batang masih kelihatan segar. Jika varietas induk dibandingkan dengan mutan terseleksi hasil radiasi multigamma, terlihat bahwa varietas mutan terseleksi jauh lebih adaptif terhadap kondisi kekeringan. Pada saat cuaca sangat panas, sifat adaptif varietas mutan terseleksi nampak jelas pada penutupan daun ke arah vertikal dan setelah matahari terbenam, daun kembali segar, sedangkan varietas induknya, menjadi layu jika terlalu panas dan mati.

Gambar 10 memperlihatkan contoh jagung putih lokal hasil mutan terseleksi yang sudah kering dan siap untuk disimpan dalam plastik. Proses pengering-an dilakukan di tempat yang tidak langsung kena matahari untuk menghindari radiasi ultra violet yang tinggi, yang dapat menyebabkan mutasi lain.

Bibit jagung lokal dan jagung kuning lokal hasil radiasi multigamma dan gamma yang telah kering, dilepas dari tongkolnya seperti pada Gambar 10 dan gambar 11 (diambil bagian tengah tongkol yaitu 1,5 cm dari kedua ujung tongkol) kemudian diberi obat hama secukupnya dan disimpan dalam kantong plastik.

Untuk mendapatkan varietas bibit jagung lokal yang jauh lebih unggul lagi, maka pada tahap kedua, dilakukan dua tipe persilangan pada mutan terseleksi tahap pertama, yaitu antara varietas bibit unggul dengan varietas bibit unggul (mutan terseleksi) yang keduanya merupakan hasil pemuliaan dengan metode radiasi multigamma. Selain itu juga dengan cara varietas bibit unggul hasil pemuliaan dengan metode radiasi multigamma dengan bibit unggul lain yang telah ditetapkan departemen pertanian (Bonazna F-1 jagung kuning dan Kumala F-1 untuk jagung putih).



Gambar 10. Contoh buah jagung putih lokal kering hasil radiasi gamma dan multigamma pada tahap pertama tahun ke-1 (satu) untuk pengembangan selanjutnya



Gambar 11. Contoh biji jagung kuning lokal mutan harapan terseleksi yang telah dilepas dari tongkolnya untuk pengembangan selanjutnya (persilangan)



Gambar 11. Contoh biji jagung putih lokal mutan harapan terseleksi yang telah dilepas dari tongkolnya untuk pengembangan selanjutnya (persilangan)

Pada hasil perkawinan silang, dilakukan seleksi lagi untuk mendapatkan bibit tanaman jagung lokal dengan varietas lebih unggul. Seleksi dilakukan berdasarkan hasil pengamatan selama pertumbuhan dan hasil pengukuran komponen lain seperti yang telah dikemukakan terdahulu.

Hasil pengamatan dan pengukuran pada tahap kedua untuk varietas persilangan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengamatan pada tahap kedua di 9 (sembilan) lokasi penanaman

No	Parameter teramati dan terukur	Hasil pengamatan dan pengukuran
1	Pertumbuhan bibit	Cepat
2	Daya tumbuh rata-rata	92%
3	Pertumbuhan di lahan berkapur, salinitas tinggi, dan lahan kurang air	Tumbuh subur dalam keadaan tanah lembab
4	Sifat adaptif	Adaptif terhadap kondisi kekeringan, ditandai oleh daun yang melipat ke arah tulang daun (vertikal) pada saat panas terik dan kembali segar setelah matahari terbenam
5	Ketahanan terhadap hama	Tahan, kecuali ulat buah muda karena jagung manis madu
6	Jumlah helai daun	8 sampai dengan 12 lembar
7	Bentuk daun	Lebar pendek bertulang tengah keras, tidak mudah patah
8	Tipe bunga serbuk sari	Menyebarkan panjang sehingga penyerbukan berlangsung baik, buah berisi padat dan penuh sampai ke ujung tongkol
9	Bentuk tanaman	Tegak berakar kuat (kokoh) sehingga tidak mudah rebah
10	Tipe rambut tongkol	Coklat pekat untuk jagung kuning, dan putih kekuningan untuk jagung putih
11	Rata-rata tinggi tanaman	Jagung kuning: 235 cm, dan jagung putih: 176 cm.
12	Umur rata-rata panen muda	Jagung putih: 64 hari, jagung kuning: 68 hari
13	Ukuran buah	Jagung kuning: Panjang tongkol: (22,50 s/d 32,05) cm Diameter: (4,60 s/d 8,05) cm Jagung putih: Panjang tongkol: (17,50 s/d 29,20) cm Diameter: (4,10 s/d 6,50) cm
14	Massa tongkol	Jagung kuning: 257 gram s/d 392 gram

		Jagung putih: 227 gram s/d 358 gram
15	Warna biji	Jagung kuning muda: kekuning-kuningan terang. Jagung kuning kering: kuning jernih. Jagung putih: putih jernih
16	Massa rata-rata per 1000 biji	Jagung kuning: 375 gram. Jagung putih: 357 gram.
17	Rasa jagung	Jagung kuning: sangat manis (manis madu), rasa ketan, harum, enak, dan kulit agak keras. Jagung putih: manis, rasa ketan, harum, enak, kulit lembek.
18	Hama penyerang	Ulat buah muda menyerang ujung tongkol
19	Tipe perkembangan tanaman	Sebagian tanaman bercabang sampai 7 (tujuh) seperti padi dan dapat bertongkol (35%) Sebagian (kurang lebih 25%) bertongkol 2 (dua).
20	Kulit buah	Tipis dan bersusun dari arah luar lebih pendek ke arah bagian dalam.
21	Tipe tongkol	Hampir sama rata besarnya sampai ke ujung tongkol
22	Keadaan biji	sangat padat dan sampai ke ujung tongkol
23	Peningkatan produksi	Jagung putih: sampai 10 ton per ha, Jagung kuning sampai 13 ton per ha.
24	Penghasilan kotor dalam bentuk uang untuk 2 (dua) contoh lokasi dengan luas area masing-masing 15 are	Jagung putih: 7360 bulir Rp 14 juta (ukuran besar Rp 2000 per bulir, ukuran sedang Rp 1500 per bulir) Jagung kuning: 7500 bulir Rp 10,5 juta (ukuran besar Rp 1500 per bulir, ukuran sedang Rp 1000 per bulir)
25	Kandungan protein	Jagung putih: 9,05 % Jagung kuning: 10,02%

Gambar 12a dan Gambar 12b, memperlihatkan jagung putih lokal hasil radiasi multigamma (mutan) terseleksi yang disilangkan dengan varietasnya sendiri.

Buah jagung yang dijadikan bibit, dibiarkan kering di pohonnya dan diusahakan daun batang dan kulit tongkol tetap utuh untuk menghindari radiasi dari sinar ultra violet, yang memungkinkan terjadinya mutasi lain yang tidak dikehendaki.

Pengeringan bibit di pohonnya, diperlihatkan seperti pada Gambar 13. Selain persilangan dengan varietasnya sendiri, dilakukan pula persilangan jagung putih lokal hasil mutan terseleksi

(hasil radiasi multigamma terseleksi)
dengan jagung unggul lain (Kumala F-1).



Gambar 12a



Gambar 12b

Gambar 12a,b. Contoh buah jagung putih lokal yang masih di pohon hasil mutan terseleksi disilangkan dengan varietasnya sendiri (siap panen muda)

Hasil persilangan antara jagung putih lokal varietas mutan terseleksi (hasil radiasi multigamma terseleksi) dengan varietas unggul Kumala F-1, diperlihatkan seperti pada Gambar 14a,b. Sedangkan Gambar 15 dan Gambar 16, memperlihatkan buah jagung putih lokal

jagung putih lokal kering yang dijadikan bibit dan yang dipanen muda.



Gambar 13. Contoh buah jagung putih lokal hasil mutan terseleksi yang disilangkan dengan varietasnya sendiri untuk dijadikan bibit



Gambar 14a

Gambar 14a,b. Contoh beberapa tipe buah jagung putih lokal yang masih di pohon hasil mutan terseleksi disilangkan dengan varietas unggul lain (Kumala F-1) (siap panen muda).

Pada umumnya para petani yang menanam bibit yang dikembangkan ini, melakukan panen muda karena jauh lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan jagung kering,

dan lebih disukai oleh konsumen jika panen muda Tipe jagung ini memiliki perbedaan dengan jagung putih unggul lain yakni dalam hal penyesuaian dengan lingkungan kurang air.



Gambar 14b



Gambar 15. Contoh jagung putih lokal kering yang dijadikan bibit

Gambar 15 (jagung putih) dan Gambar 20 (jagung kuning) menunjukkan tipe fisik jagung yang dipilih untuk dijadikan bibit, bentuk tongkolnya besar dan relatif sama besar sampai ke ujung tongkol dengan komposisi biji rapat/ padat serta berisi.



Gambar 16. Contoh buah jagung putih lokal yang dipanen muda



Gambar 17a



Gambar 17b

Gambar 17a,b. Contoh dua tipe buah jagung kuning lokal yang masih di pohon hasil mutan terseleksi disilangkan dengan varietasnya sendiri (siap panen muda)



Gambar 18a



Gambar 18b

Gambar 18a,b. Contoh dua tipe buah jagung kuning lokal yang masih di pohon hasil mutan terseleksi disilangkan dengan varietas unggul lain (Bonanza F-1) (siap panen muda)

Radiasi multigamma pada varietas jagung putih dan jagung kuning lokal, memberikan hasil mutan yang bervariasi, baik bentuk fisiknya maupun rasa dan berbagai sifat-sifat lainnya. Hal itu memberikan kemudahan memilih varietas yang dikehendaki untuk pengembangan lebih lanjut.

Hasil yang diperoleh dari dua tipe persilangan (persilangan antara varietas mutan terseleksi dengan varietasnya sendiri dan antara varietas mutan terseleksi dengan varietas jagung unggul lain, yaitu Bonanza F-1 untuk, serta Kumala F-1) juga sangat bervariasi.



Gambar 19. Contoh buah jagung kuning lokal yang dipanen muda



Gambar 20a



Gambar 20b

Gambar 20a,b. Contoh jagung kuning lokal kering hasil mutan terseleksi dan persilangan yang dijadikan bibit

Hal tersebut sehingga memberi kemudahan untuk melakukan seleksi terhadap bibit berkualitas. Salah satu sifat khas yang diperoleh pada jenis jagung kuning adalah sangat manis dengan rasa manis madu, yang relatif sangat berbeda dengan jenis jagung manis yang lain seperti jagung kuning manis pioner yang manisnya rasa gula aren.

Tipe pertumbuhan pada kedua jenis jagung lokal yang dikembangkan, sebagian bercabang seperti tanaman padi yakni kurang lebih 35% dan dapat bertongkol baik pada mutan terseleksi, maupun pada persilangan. Oleh karena itu, tipe penanamannya adalah 1 (satu) biji per lubang tanam. Selain itu, sebagian juga bertongkol 2 (dua), yaitu kurang lebih 25%.

Produksi maksimum yang diperoleh dari 9 (sembilan) lokasi penanaman baik pada mutan terseleksi hasil radiasi multigamma maupun pada persilangan tercantum dalam tabel 3.

Tabel 3. Produksi maksimum yang dicapai pada pengembangan jagung putih dan jagung kuning lokal dengan radiasi multigamma dan persilangan

No	Jenis Jagung lokal	Varietas Induk (ton/ha)	Mutan Terseleksi (ton/ha)	Mutan dan Persilangan (ton/ha)
1	Jagung putih	6	9	10
2	Jagung kuning	7	11	13

Hasil yang dicapai oleh para petani pelaksana di 8 (delapan) lokasi setelah panen muda pada buah jagung putih dan jagung kuning lokal hasil pengembangan dengan radiasi multigamma dan persilangan, dikemukakan satu contoh perhitungan secara kasar di 2 (dua) lokasi yang luasnya masing-masing 15 are. Dua lokasi dapat dipilih sebagai contoh perhitungan kasar karena hasil produksi atau penghasilan petani di 8 (delapan) lokasi penanaman relatif sama semua. Perhitungan secara kasar adalah jika jagung putih sebanyak 7360 bulir di luas lahan 15 are, total harga setelah terjual Rp 14.000.000,- dengan rincian sebagai berikut: Jagung putih ukuran besar Rp 2.000,- per bulir,

ukuran sedang Rp 1.500,- per bulir dan ukuran kecil Rp 750,- sampai Rp 1.000,-. Total biaya pupuk, sewa lahan, obat semprot, sewa lahan, ganti harga bibit, dan pengeluaran tak terduga yang dikeluarkan adalah Rp 3.390.000,-. Jadi keuntungan kasar yang diperoleh petani di satu lokasi seluas 15 are untuk jenis jagung putih adalah Rp 10.610.000,-. Jika petani menggunakan jenis bibit unggul lain yang terbaik seperti Kumala F-1 di lokasi yang sama, keuntungan kasar rata-rata yang diperoleh adalah Rp 7.000.000,-. Jadi dengan menggunakan bibit jagung putih lokal yang telah dikembangkan, para petani dapat meningkatkan penghasilan kasar sebesar Rp 3.610.000,- per 15 are atau kurang lebih Rp 24.000.000,- per ha.

Selain itu jika jagung kuning sebanyak 7500 bulir di luas lahan 15 are, total harga setelah terjual Rp 10,5 juta dengan rincian sebagai berikut: Jagung kuning ukuran besar Rp 1.500,- per bulir, ukuran sedang Rp 1.250,- per bulir, dan ukuran kecil Rp 750 sampai Rp 1.000,-. Total pengeluaran relatif sama dengan pengeluaran pada jenis jagung putih, sehingga keuntungan kasar yang diperoleh petani untuk jagung kuning lokal yang telah dikembangkan dengan radiasi multigamma dan persilangan di luas lahan 15 are adalah Rp 7.110.000,-. Jika petani menanam bibit jagung kuning lain yang unggul seperti Bonanza F-1 di lokasi yang sama, keuntungan kasar rata-rata yang diperoleh adalah Rp 5.000.000,-. Peningkatan penghasilan petani dengan menanam jagung kuning lokal yang telah dikembangkan dengan radiasi multigamma dan persilangan adalah Rp 2.110.000,- per 15 are atau kurang lebih Rp 14.000.000,- per ha.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, dapat dikemukakan bahwa pengembangan jagung kuning lokal dan jagung putih lokal dengan metode radiasi multi-gamma dan persilangan, dapat meningkatkan produksi petani atau penghasilan yang signifikan. Selain itu, juga memberi kemudahan untuk melakukan seleksi bibit lebih unggul berkualitas karena mutan yang

dihasilkan sangat bervariasi dan dapat pula membantu para petani dalam penyediaan bibit lebih unggul dan berkualitas (daya tumbuh mencapai rata-rata 92%).

Peningkatan produksi pada jenis jagung putih lokal adalah 40,0% per ha atau peningkatan penghasilan dalam bentuk uang sebesar 34,0% per 0,15 ha dan pada jagung kuning lokal sebesar 46,2% per ha atau dalam bentuk uang sebesar 29,7% per 0,15 ha.

KESIMPULAN

Berdasarkan bahasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa pengembangan bibit jagung lokal (jagung kuning lokal dan jagung putih lokal) melalui pemuliaan dengan metode radiasi multigamma, seleksi, dan persilangan dapat lebih meningkatkan hasil produksi petani di bidang komoditi jagung (46,2 jagung kuning lokal dan 40,0% jagung putih lokal), atau lebih meningkatkan penghasilan petani.

Pengembangan bibit jagung lokal melalui pemuliaan dengan metode radiasi multigamma, seleksi, dan persilangan, menghasilkan bibit jagung lokal yang lebih unggul dan berkualitas dengan karakteristik yang lebih lengkap dari target semula.

Pengembangan bibit melalui metode radiasi multigamma, seleksi, dan persilangan sangat membantu para petani dalam penyediaan bibit lebih unggul dan berkualitas. Hanya saja perlu bantuan pemerintah, mengingat harga bibit cukup mahal karena biaya pengembangannya memerlukan biaya besar.

Penggunaan metode radiasi multigamma memberi kemudahan dalam seleksi bibit lebih unggul dan berkualitas sesuai yang dikehendaki, karena varietas yang dihasilkan sangat bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

BATAN. 1978. Laporan Visual Kegiatan Badan Tenaga Atom Nasional di Bina Graha.

- BATAN. 1978. Pemuliaan Tanaman Padi dengan Teknik Nuklir, No. 1 Publ./Pen.78.
- BATAN. 2008. Pemuliaan Tanaman Padi dan Gandum dengan Teknik Radiasi Gamma di Jawa Tengah, Serpong.
- Human Soeranto, Eko Madi Purwanto, dan Erawan Effendi, 2002. Aplikasi Teknik Nuklir pada Pemuliaan Tanaman Gandum, BATAN Jakarta.
- Human Soeranto, Eko Madi Purwanto, dan Erawan Effendi, 2002. Aplikasi Teknik Nuklir pada Pemuliaan Tanaman Sorgum, BATAN Jakarta.
- IAEA. 1991. Rice Breeding with Induced Mutation, Tech. Reports Series, Vienna.
- IAEA. 1992. Radiation Safety of Gamma and Electron Irradiation Facilities, Safety Series, No. 107 Vienna.
- IAEA, 1998. Preservation of Fruit and Vegetables by Radiation, Safety Standards Series, Vienna.
- Darussalam, M. 1989. Radiasi dan Radioisotop, Prinsip Penggunaan-nya dalam Biologi, Kedokteran, dan Pertanian, Tarsito Bandung.
- Mugiono, Hambali, Sutisna, Lilik Harsanti, dan Yulidar, 1996. Pemuliaan Tanaman Padi Cisantana dengan Teknik Nuklir, BATAN Jakarta.
- Pimentel, D., Hurd, L. E., Belloti, A. C., Foster, M. J., Oka, I. N., Sholes, O. D., and Whitman, R. I. 1982. Food Production and the Energy Crisis, Science 182.
- Wisnubroto, S., Amina, S. S. L., dan Nitisapto, M. 1983. Asas-Asas Meteorologi Pertanian, Ghalia Indonesia.

MIKROFASIES DAN DIAGENESA BATUGAMPING FORMASI ZAAG DI PULAU MISOOL DAN SEKITARNYA

Dedi Mulyadi¹

¹ Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI Bandung

Masuk: 11 Maret 2010, revisi masuk : 15 Juni 2010, diterima: 13 Juli 2010

ABSTRACT

The study of carbonate rocks of Zaag Formation shows that the carbonate rock of Paleocene-Eocene occurred in Misool Island and outcropped among the rock of Paleozoik-Tertiary. The field survey shows that the Zaag Formation is outcropped at the mid part of the Misool Island from the west to east and also at several the surrounding small islands. The petrography analysis indicated that there are two facies forming the Zaag Formation, indicated found it was form at shoal environment of Packstone Facies and Grainstone Facies. The diagenesis process observed at the thin section is micritisation, cementation, dissolution and tectonic activity.

Keywords : *Zaag Formation, Packstone Facies and Grainstone Facies, Diagenesis*

INTISARI

Formasi Zaag merupakan batuan karbonat berumur Paleosen-Oligosen yang terdapat di Pulau Misool dan sekitarnya. Formasi ini tersingkap diantara batuan-batuan yang berumur Paleozoik-Kuarter. Hasil penelitian lapangan menunjukkan bahwa Formasi Zaag tersingkap dibagian tengah Pulau Misool mulai dari Barat sampai ke Timur. Formasi ini dicirikan oleh batugamping berwarna putih-abu abu terang, berlapis baik dengan tebal antara 10cm-1meter. Analisis petrografi menunjukkan bahwa terdapat dua fasies pembentuk Formasi Zaag yaitu Fasies *Packstone* dan Fasies *Grainstone*. Butiran utama pembentuk batuan adalah foraminifera besar (Miliolid dan Alveolinid) dan Moluska. Berdasarkan tekstur batuan karbonat penyusunnya dan kadungan fosil yang dominan, formasi ini ditafsirkan terbentuk dalam lingkungan *shoal*. Proses diagenesa yang teramati pada sayatan tipis antara lain mikritisasi, sementasi, pelarutan dan kompaksi. Diagenesa ditafsirkan terjadi pada lingkungan pemakaman, marine dan dipengaruhi oleh aktivitas tektonik.

Kata Kunci : *Formasi Zaag, Fasies Packstone dan Grainstone, Diagenesa*

PENDAHULUAN

Pulau Misool terletak sekitar 200 km di sebelah barat Kepala Burung Papua Geologi daerah ini disusun oleh batuan sedimen berumur Paleozoik-Kuarter oleh (Simbolon et al, 1984). Di bagian pantai terbentang singkapan batuan sedimen yang mengandung fosil berumur Mesozoik, yang mulai diteliti sejak tahun 1899 (Piagram et al, 1982). Penelitian geologi secara detil telah dikerjakan perusahaan minyak Philips tahun 1974. Pertamina pada tahun 1984 melakukan *traves* memotong. Pulau Misool sebagai tempat untuk merekonstruksi stratigrafi ini dalam rangka evaluasi proyek *hidrocarbon*. Batuan sedimen di Pulau Misool terdapat dalam beberapa formasi yang

banyak mengandung fosil Mesozoik Tersier yang digunakan sebagai petunjuk biostratigrafi di Indonesia. Salah satu batuan karbonat di Pulau Misool yang akan dibahas dalam makalah adalah Formasi Zaag yang berumur Paleosen-Oligosen. Kajian terhadap Formasi Zaag ditujukan untuk membahas fasies, diagenesa dan lingkungan pengendapan formasi ini. *Zaag limestone* ini adalah nama satuan yang diberikan oleh Piagram et.al. (1982) pada batugamping yang tersingkap di pegunungan Zaag di daratan Pulau Misool dan pulau-pulau yang terletak di Selat Pana-pana (sebelah timur pulau Misool). Satuan ini dinamakan Formasi Zaag oleh Simbolon et. al. (1984). Sebaran Formasi Zaag di Pulau Misool sangat luas ter-

¹ dedi19@yahoo.com

utama terdapat di bagian tengah, pulau (mulai dari bagian tengah sampai ujung timur) dan pulau-pulau disebelah timur Pulau Wacoke, Pulau Waliy dan Pulau Karawop.

Penelitian di lapangan terhadap Formasi Zaag di sekitar Pulau Misool ini dilakukan oleh Siregar dkk,(1984) dalam rangka eksplorasi endapan fosforit di Indonesia Timur. Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan lapangan dan pengambilan contoh batuan daerah sebaran Formasi Zaag di pantai Timur P. Misool (Selat Pana-pana) dan pulau-pulau kecil di sekitarnya sebagaimana ditunjukkan pada Gambar. 1.

Metodologi dari analisis yang dilakukan berupa pengamatan mikrofases pada tekstur sayatan tipis batuan karbonat Formasi Zaag, untuk mengetahui jenis-jenis mikrofases dan proses diagenesa yang telah terjadi pada batuan Formasi Zaag. Stratigrafi Pulau Misool, Pulau Misool sangat menarik untuk penelitian terutama dari sejarah geologi, karena di pulau ini tersingkap batuan-batuan sedimen berumur Paleozoik sampai Kuartar yang sebagian besar kaya akan fosil. Peta Geologi Pulau Misool secara menyeluruh telah dibuat Rusmana dkk (1989) dalam Geologi Lembar Misool, Papua, skala 1:250.000. lihat Gambar. 1. Susunan stratigrafi daerah Misool ini diperlihatkan pada Gambar 2. Terdapat beberapa formasi batuan karbonat di pulau ini yaitu Formasi Bogal berumur Trias, merupakan batuan karbonat tertua yang tersingkap di bagian selatan Pulau Misool. Diatas Formasi Bogal diendapkan Kelompok Fageo Group berumur Jura. Tiga formasi pembentuk kelompok batuan ini adalah Formasi Yefbi, Formasi Demu dan Serpih Lelinta. Dua formasi batuan karbonat lainnya yang menutupi Kelompok Fageo disatukan menjadi Kelompok Batugamping Facet (Facet Limestone Group) berumur Kapur adalah formasi Gamta dan Formasi Waaf. Kedua formasi batuan karbonat diendapkan dalam lingkungan laut dalam (Siregar 1985 &1986). Diatas kelompok Batu-gamping Facet diendapkan batuan-batuan klastik Formasi Fafanlap dan Formasi Daram berumur Kapur Atas sampai Paleosen. Batuan Tersier di Pulau Misool umumnya

didominasi oleh endapan karbonat yakni Formasi Zaag, Formasi Kasim dan Formasi Openta, sedangkan kelompok batuan Kuartar terdiri Formasi Atakari yang merupakan endapan karbonat berumur Plio-Pleistosen.

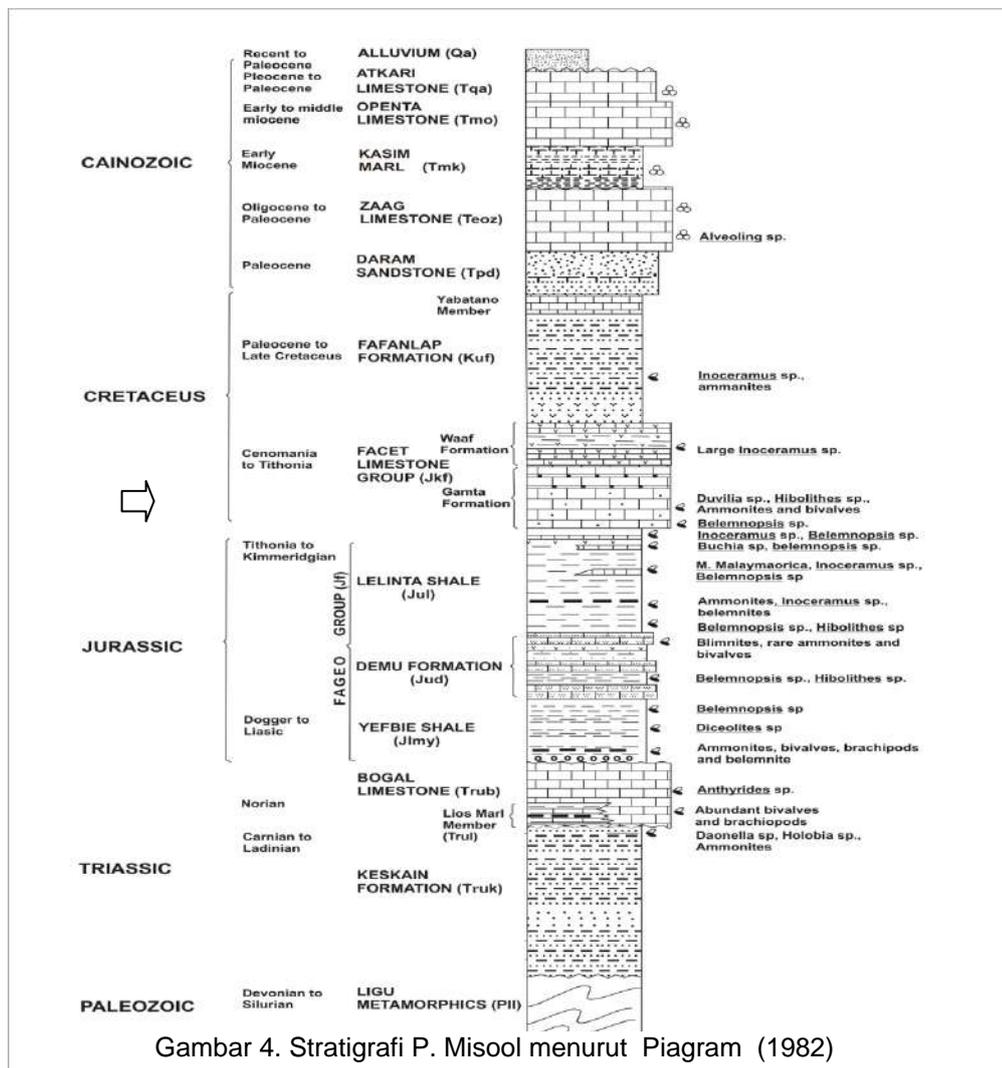
Dalam stratigrafi regional Papua Pulau Misool merupakan bagian dari mikro kontinen kepala burung pada Paleosen-Eosen, mempunyai sedimen dan lingkungan pengendapan relatif sama.



Gambar 2. Peta Geologi P. Misool dengan lokasi pengamatan Formasi Zaag, daerah Selat Pana-Pana (Rusmana dkk, 1989)

Litologi, dalam pengamatan lapangan, Formasi Zaag umumnya terdiri dari batugamping berwarna abu-abu dan putih, bentuk perlapisan baik dengan ketebalan mulai dari beberapa sentimeter sampai satu meter (Gambar 3). Tekstur batuan umumnya kasar sampai sangat kasar. Singkapan yang paling baik didapatkan di pulau-pulau kecil dibagian timur Pulau Misool (selat Pana-Pana). Di beberapa tempat terlihat adanya bentuk totol berwarna putih ini yang merupakan refleksi kandungan foraminifera. Fosil gastropoda ataupun pelecypoda sering ditemukan dalam bentuk utuh maupun pecahan. Di Pulau Lenmakana dan Lell Tobus bagian dari Pulau Waaf, terdapat batu gamping Formasi Zaag dalam lapisan tebal (0,5-1 meter) yang sangat kaya dengan butiran foraminifera.

Petrografi, klasifikasi karbonat digunakan dalam pengamatan sayatan tipis adalah klasifikasi Dunham(1962). Hasil analisis petrografi dan pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa terdapat dua fasies karbonat penyusun Formasi Zaag merupakan fasies *packstone* dan fasies *grainstone*.



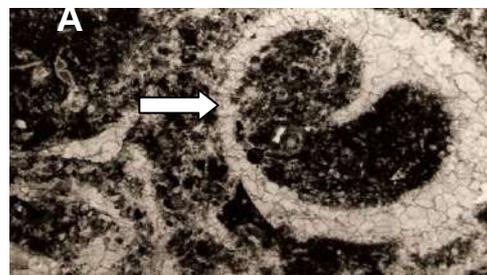
Gambar 4. Stratigrafi P. Misool menurut Piagram (1982)



Gambar 3. Foto singkapan Formasi Zaag disekitar selat Pana-Pana.

Fasies Packstone, hasil pengamatan di lapangan yang dilakukan oleh Safei dkk (1986), Batugamping Formasi

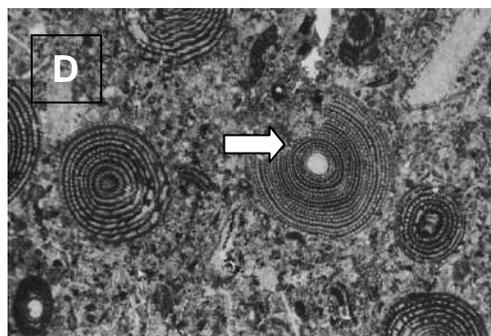
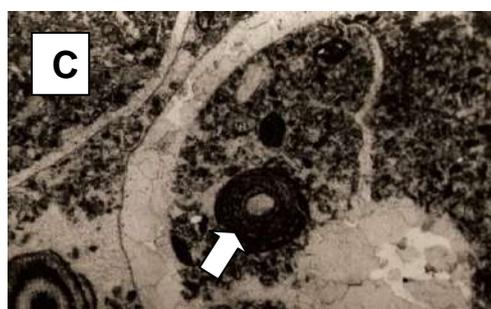
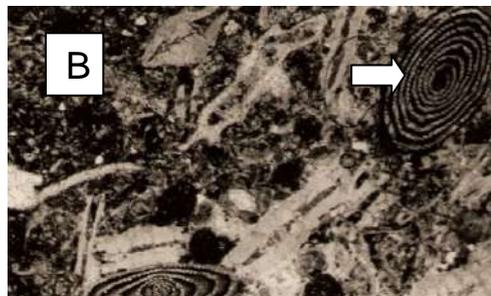
Zaag yang bertekstur *packstone* dicirikan oleh lapisan batugamping berwarna putih abu-abu terang, tebal perlapisan 10-50 cm dan bersifat kompak.



Gambar 4A. Foto sayatan batugamping Formasi Zaag, memperlihatkan tekstur *packstone*.

Sebagian besar cangkang telah tergantikan oleh kalsit dan pada umumnya bagian dalam cangkang telah meng-

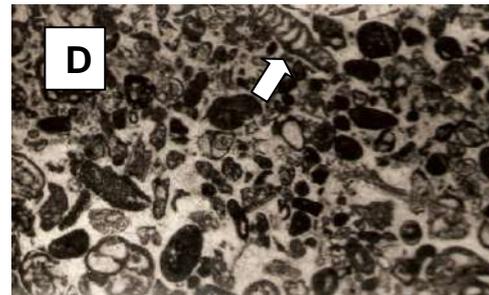
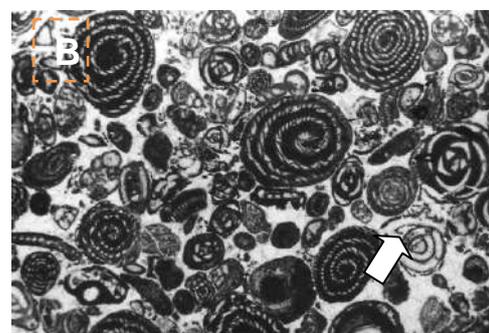
alami mikritisasi. A fosil gastropoda yang masih baik. B *Fasciolites* Sp., C cangkang Pelecypoda dan D *Lacazinella* Sp.



Gambar 4B-D. Foto sayatan batugamping Forma-si Zaag, memperlihatkan tekstur *packstone*.

Fasies *packstone* ini Gambar 4 dengan komposisi *li-memud* (kalsit), matrik serta butir ini terdiri dari foraminifera besar dan foraminifera bentos dengan ukuran yang bervariasi. Jenis-jenis yang bisa dikenali adalah butiran foraminifera besar yakni *Fasciolites* Sp. (Alveolinid) dan *Lacazinella* Sp. (Mili-olid). Cangkang pelecypoda dan gastropoda umumnya berukuran besar dan (ukuran 300-500 μm) bentuknya banyak yang utuh, namun sebagian pecah-pecah. Semen 10% berupa *spary kasil*, warna putih kecoklatan. Matrik 10% berupa kalsit mempunyai kenampakan hitam yang hadir di antara

butir. porositas >5 % berupa porositas intrakristalin.



Gambar 5. Foto sayatan batugamping Formasi Zaag memperlihatkan fasies *grainstone* hampir 80 % butir yang terdiri dari foram besar yang di dominasi oleh *Fasciolites* sp.(A) Miliolid(B), Miliolid dan red algae(C), bentos dan plangton (D). Semen kalsit hadir diantara cangkang, sebagian mengisi dalam cangkang fosil (panah putih).

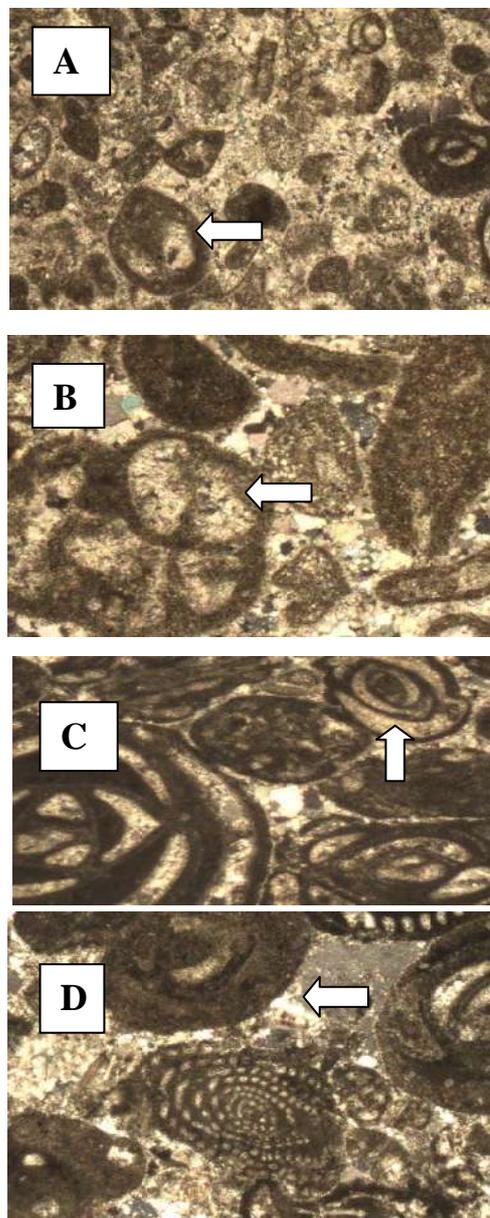
Fasies Grainstone, pada pengamatan lapangan, fasies ini dicirikan oleh lapisan batugamping yang mempunyai ketebalan antara 10-60 mm, berwarna putih abu-abu. Butiran pembentuk utama fasies ini terdiri dari foraminifera jenis miliolidae, alveolinid ditambah kehadiran sedikit *red algae*, plangton dan bentos. Pada sayatan tipis dominasi butiran hingga 80%, sedangkan *lime mud* hanya ditemukan dalam jumlah sedikit. Bentuk cangkang-cangkang umumnya masih utuh sedangkan sebagian kecil telah pecah-pecah. Semen berupa *sparry kalsit* berwarna putih. (Gambar 5). Matrik 15 % berupa kalsit dengan ukuran $>10 \mu\text{m}$, mempunyai kenampakan coklat, hadir diantara butir, Porositas lebih kurang 3 % berupa porositas intrakristalin.

PEMBAHASAN

Analisis petrografi menunjukkan bahwa proses diagenesa telah terjadi antara lain : proses sementasi (Gambar 6A) teramati pada bagian dalam maupun luar cangkang terisi oleh semen kalsit berwarna putih. Mikritisasi dengan ciri yang teramati pada bagian pinggir cangkang foram besar dengan kenampakan berwarna coklat kehitaman. Mikritisasi menunjukkan lingkungan diagenesa *marine*. *Micro fracture* pada sayatan terisi oleh semen kalsit berwarna putih (lihat Gambar 6B) berupa proses kompaksi dan berupa fosil foraminifera yang saling bertubrukan (lihat Gambar 6C). Hal ini menunjukkan bahwa batuan karbonat Formasi Zaag telah mengalami aktivitas tektonik. Pelarutan teramat berupa porositas intrakristalin yaitu pada batugamping yang sebesar 5%. (lihat Gambar 6D)

Lingkungan Pengendapan, dari dua fasies pembentuk Formasi Zaag yakni *fasies packstone* dan *fasies grainstone* menunjukkan bahwa lingkungan pembentukan terjadi pada kondisi berenergi menengah-tinggi, yang dapat diamati dari kehadiran lumpur karbonat dalam jumlah yang kecil. Kandungan biota yang terdapat dalam kedua fasies ini didominasi oleh foraminifera besar yakni miliolid dan alveolinid yang menunjukkan diendapkan lingkungan dalam laut dangkal. Fosil lainnya yang banyak ditemukan adalah cangkang moluska yakni gastropoda dan

pelecypoda yang relatif masih utuh. Kombinasi dari data tersebut menunjukkan bahwa pengendapan terjadi pada lingkungan *shoal*.



Gambar 6 (A) Memperlihatkan bagian antara cangkang dan beberapa cangkang fosil telah mengalami proses sementasi oleh kalsit (panah putih),(B) bagian cangkang telah mengalami proses mikritisasi pada bagian sisi cangkang foraminifera, (C) proses kompaksi terlihat pada bagian cangkang yang saling bertemu dan (D) proses pelarutan intrakristalin (tanda panah).

KESIMPULAN

Formasi Zaag yang terdapat di Pulau Misool merupakan endapan dari batuan karbonat yang kaya akan fosil terutama foramifera besar, mempunyai ketebalan yang sangat bervariasi mulai dari 10 cm hingga 1 meter dan tersingkap di bagian tengah pulau, memanjang dari barat ke timur dan tersingkap pula di beberapa pulau-pulau kecil disebelah timur Pulau Misool. Adapun umur batuan berdasarkan fosil yang terkandung dalam batugamping *Lacazinella* sp dan *Fasciolites* Sp. khas untuk Eosen–Oligosen.

Analisis petrografi menunjukkan bahwa terdapat dua jenis fasies *packstone* dan fasies *grainstone*. (Dunham, 1962). Berdasarkan fasies dan dominasi butiran dari fosil pembentuknya ditafsirkan bahwa pengendapan Formasi Zaag terbentuk pada lingkungan shoal.

Hasil analisis diagenesa menunjukkan bahwa batugamping Formasi Zaag telah mengalami berbagai macam proses diagenesa, antara lain pelarutan, sementasi, kompaksi yang menunjukkan diagenesa burial. Proses dari diagenesa lainnya adalah mikritisasi yang menunjukkan lingkungan diagenesa *marine*, dan *micro fracture* menunjukkan telah terjadi aktivitas tektonik

DAFTAR PUSTAKA

Dunham, 1962, Clasification of Carnbonate Rocks According to Depositional Teksture, and Depositioanal Environment in Carbonate Rocks, Am. Ass. Petro Geology 1.p108-121.

Siregar M. Safei, 1985, Karbonat Formasi Waaf Berumur Kapur, di Pulau Misool, Majalah Riset Geologi dan Pertambangan , Jilid 6 No 2, 1985, Bandung

Siregar M. Safei, 1986, Endapan Karbonat Laut Dalam di pulau Misool, Proseding PIT XV IAGI, Yogyakarta.

Siregar M. Safei, Fred Hehuwat, Yono S. Atot, 1986, Geologi Batuan Fosfat di Pulau Misool Irian Jaya, Proseding PIT XV IAGI, Yogyakarta.

Simbolon R., Martodjoyo S., Gunawan R., 1984, Geologi And Hydrocarbon Prospects of The Pre-Tertiary System Of Misool Area, Proceedings Indonesian Petroleum Association, Trirteenth Annual convention, May 1984.

Rusmana dkk, 1989, Peta Geologi Lemabr Misool, Pusat Survei Geologi, Bandung

Piagram C. J. et al, 1982, Lithostragraphy Of The Misool Archipelago, Iran Jaya, Indonesia, Geologie en Mijnbouw.p 265-279.

APLIKASI STREAMING MULTIMEDIA PADA M-DOCTOR DENGAN SELULAR WCDMA

Gatot Santoso¹, Edhy Sutanta², Samekto Wibowo³

¹Jurusan Teknik Elektro, ²Jurusan Teknik Informatika IST AKPRIND Yogyakarta

³Laboratorium/Bagian I, Penyakit Saraf Fakultas Kedokteran, UGM

Masuk: 26 Mei 2010, revisi masuk : 2 Juli 2010, diterima: 15 Juli 2010

ABSTRACT

Information technology and telecommunications to the Internet becomes the main priority in the development of world progress. These developments provide new breakthrough in health care services mobile using mobile IT devices or so-called mobile doctor (m-doctor). M-doctor has some excess capacity for health care services that can be accessed anytime, anywhere, by anyone. The problems that still exist on still on m-doctor is that the lack of hardware and platforms that required by the system design and ease of access. One also needs a special study of each section dealing with the existing m-doctor in order to get comfortable for the user. The aim of this study is to address the issue by using streaming multimedia as content that can offer a more clear and specific information. Streaming multimedia services m-doctor require internet connection and good access, and also requires capable hardware to enjoy the overall bias with good services by using phones that support streaming multimedia mobile facilities. Expected results of this study is a software-based content cellular WCDMA, and the main target is to design m-doctor with streaming multimedia services.

Keywords: *cellular WCDMA, internet, m-doctor, streaming multimedia.*

INTISARI

Teknologi Informasi (TI) dan telekomunikasi dengan *internet* menjadi prioritas utama dalam perkembangan kemajuan dunia. Perkembangan ini memberikan terobosan baru dalam aplikasi layanan kesehatan *mobile* dengan memanfaatkan perangkat TI genggam atau yang biasa disebut dengan *mobile doctor (m-doctor)*. *M-doctor* memiliki beberapa kelebihan kemampuan untuk layanan kesehatan yang bisa diakses kapan saja, di mana saja, oleh siapa saja. Masalah yang masih ada pada aplikasi *m-doctor* adanya keterbatasan *hardware* dan *platform*, sehingga diperlukan rancangan pada sistem dan kemudahan dalam mengakses. Di samping itu juga diperlukan penelitian untuk menangani setiap bagian pada *m-doctor* agar memberikan kenyamanan pada *user*. Penelitian ini bertujuan untuk menangani masalah pada aplikasi *m-doctor* dengan memanfaatkan *streaming multimedia* sebagai konten yang bisa memberikan informasi yang lebih jelas dan spesifik. Layanan *streaming multimedia m-doctor* ini memerlukan koneksi dan akses *internet* yang bagus dan juga memerlukan *hardware* yang handal agar bisa menikmati keseluruhan layanan dengan baik, untuk itu digunakan ponsel yang mendukung fasilitas *mobile streaming multimedia*. Hasil penelitian ini adalah sebuah *software* dan konten berbasis *selular WCDMA*, sedang target utamanya adalah rancangan *m-doctor* dengan layanan *streaming multimedia*.

Kata kunci: *internet, m-doctor, selular WCDMA, streaming multimedia.*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telah menciptakan terobosan-terobosan baru dalam bidang kesehatan. Di tengah perkembangan ini pasien (*user*) dan dokter bersinggungan dengan perangkat teknologi komunikasi bergerak dan teknologi

internet. Hal ini telah menjadi gelombang kecenderungan baru yang meungkinkan dari pelayanan medis oleh dokter secara *mobile* atau lebih dikenal sebagai *m-doctor*. Kombinasi dari teknologi telekomunikasi dan *internet* memungkinkan pengembangan sistem *m-doctor*

¹gatsan@ akprind.ac.id

yang pada sisi klien memanfaatkan divais bergerak dan berinteraksi dengan sisi *server*, yaitu *web server*.

Meskipun saat ini *m-doctor* masih berada pada taraf awal pengembangan dan para peneliti masih mengeksplorasi setiap aspeknya, *m-doctor* diperkirakan akan menjadi cukup pesat dan viabel dalam waktu dekat. Hal ini didukung oleh perkembangan teknologi *wireless* atau *selular* dari 2G, 2,5G, 3G.

Streaming multimedia ini adalah hal yang terus menjadi perhatian dan dikembangkan oleh industri *internet*. Sebab, *streaming multimedia* tersebut dapat meningkatkan keterlibatan dari *user internet* dalam berkomunikasi dengan *user internet* lainnya. Dari sisi *user internet*, tidak mudah mendapatkan kepuasan menikmati *streaming multimedia* yang berkualitas apabila *bandwidth* dan kecepatan akses *internetnya* masih kecil. Sistem komunikasi *selular* WCDMA telah banyak digunakan sebagai salah satu teknologi komunikasi 3G (*triG*) yang berkecepatan tinggi dan memiliki *bandwidth* yang besar untuk mengakses *internet* (Robso, 2003).

Generasi yang paling populer dan mutakhir saat ini adalah generasi 3G (*third generation*). Dengan 3G ini, sistem layanan medis dapat dibuat lebih menarik dengan mengaplikasikan teknologi *streaming multimedia* karena punya kecepatan dalam mengakses data bisa mencapai 2Mbps dalam keadaan diam. Sedangkan pada perangkat *mobile phone* yang belum mendukung 3G, adalah dapat dipergunakan sebagai perangkat *m-doctor* asal perangkat tersebut telah menyediakan fasilitas WAP (*Wireless Application Protocol*) oleh Rytkenen, (2005). WAP juga mendukung beberapa sistem *wireless* contohnya: GSM, IS136 CDMA, PDC, dan lainnya (Evdemon, 2001). WAP adalah suatu arsitektur komunikasi yang dirancang untuk jaringan *wireless* (Passani, 2000). Pada generasi ini fasilitas yang tersedia pada generasi sebelumnya dapat dimanfaatkan, ditambah dengan keunggulan-keunggulan tertentu dari sistem generasi ke-3 ini, antara lain *streaming multimedia*. Dengan fasilitas 3G tersebut, komponen *multimedia* yaitu teks, gambar, suara serta animasi *video*

dapat dioptimalkan dalam satu kesatuan sebagai sarana layanan medis.

Dari prespektif *user* teknologi WCDMA ini adalah mengkombinasikan *internet*, telepon, dan media siaran (TV, radio) pada suatu divais. ITU (*International Telecommunication Union*) mendefinisikan 3G sebagai teknologi yang dapat memberikan kinerja 144kbps pada kecepatan *user* 100km/jam, 384kbps pada kecepatan berjalan kaki, 2Mbps untuk *user* diam (*stationer*).

Aplikasi WCDMA, terbagi dalam jenis *voice*, *messaging*, *switched data*, *medium multimedia*, *data rate downstreamnya* ideal untuk *surfing* di *web*, *high multimedia*, dapat digunakan untuk akses *internet* kecepatan sangat tinggi seperti *video highdefinition* dan *audio* kualitas CD *on-demand*, serta *interacti-ve high multimedia*, serta dapat digunakan untuk jenis *video conferencing* atau *videophone*.

Java adalah kode bahasa pemrograman yang umumnya ditujukan untuk lingkungan *open source*. Diciptakan tahun 1991 oleh James Gosling dari *Sun Microsystem* dan mulai diluncurkan pertama sekali pada tahun 1995 sebagai bahasa pemrograman umum (*general purpose programming language*). Dengan visi "*write once run anywhere*", para perancang *Java* memulai dengan menanamkan visi mereka ke dalam *Java* untuk membuat piranti-piranti yang ada di rumah (*small embedded customer device*) seperti TV, telepon, radio, dan sebagainya supaya dapat berkomunikasi satu sama lain.

Program J2ME (*Java2 Micro Edition*), seperti pada semua program *Java* adalah diterjemahkan oleh VM (*Virtual Machine*). Program-program tersebut dikompil ke dalam *bytecode* dan diterjemahkan dengan JVM (*Java Virtual Machine*). Ini berarti bahwa program-program tersebut tidak berhubungan langsung dengan perangkat. Inti dari J2ME terletak pada *configuration* dan *profile-profile*. Pada *configuration* menggambarkan lingkungan *runtime* dasar dari suatu sistem J2ME. Hal tersebut menggambarkan *core library*, *virtual machine*, fitur keamanan dan jaringan. Saat ini penelitian mengenai layanan *streaming multimedia*

ming multimedia dan penelitian ini dibidang *m-doctor* yang masih baik efektif menggunakan *selular WCDMA* sangat sedikit. Untuk itu penelitian ini mengenai layanan *streaming* multimedia untuk *selular WCDMA* merupakan penelitian yang penting mengingat kebermanfaatan penelitian yang ada adalah hal mengenai suatu layanan dari *streaming* secara umum.

Berdasarkan latar belakang dari telah diuraikan, rumusan masalah yang akan diteliti adalah bagaimana merancang sistem aplikasi *m-doctor* secara *on-line*. Aplikasi *m-doctor* ini nantinya dapat digunakan untuk mengakses data-data kesehatan yang ada pada *server*, dapat juga digunakan untuk percakapan interaktif *real-time* berbasis teks (*chatting*). Aplikasi ini diharapkan dapat diunduh oleh masyarakat luas dan dijalankan di *mobile device* (*handphone*, PDA) mereka. Dengan aplikasi tersebut nantinya seorang pasien dapat berinteraksi/berkonsultasi tentang hal masalah kesehatannya dengan dokter yang berada di tempat yang jauh dengannya. Dalam aplikasi tersebut juga berisi materi tentang kesehatan yang menjelaskan berbagai macam penyakit, baik pengertian, sebab, pencegahan, dan penanganannya yang dapat dialami dalam kehidupan sehari-hari secara singkat, lengkap, dan jelas berdasarkan klasifikasinya.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang model *m-doctor* yang mampu menjamin kompatibilitas dan interoperabilitas, mengkaji teknik *streaming* multimedia yang terbaik untuk *m-doctor*, dan mengkaji teknologi *selular WCDMA* untuk mengakses *internet* dengan kecepatan dan *bandwidth* yang tinggi pada *m-doctor*

Aplikasi dari *m-doctor* ini dikembangkan dari beberapa hasil penelitian yaitu *online doctor* (*e-doctor*) berbasis *web* yang berkembang di *internet*, dan penelitian *telemedicine system* yaitu sebuah pendekatan penelitian pada *m-doctor*. *Telemedicine* menurut definisi WHO (*World Health Organization*) adalah praktek pelayanan kesehatan yang menggunakan audio interaktif, komunikasi data dan visual, termasuk beberapa

layanan medis, diagnosa, konsultasi dan terapi serta pengetahuan dan transfer data medis (Sven, 2000).

Penelitian lain yang terkait dalam pada rancangan *m-doctor* ini adalah pengembangan dari studi informatika sistem informasi rekam medis tentang rekam medis pasien. Definisi rekam medis adalah keterangan baik yang tertulis maupun terekam tentang identitas, dari anamnesa, penentuan fisik, laboratorium, diagnosa segala pelayanan dan tindakan medis yang diberikan kepada pasien dan pengobatan baik yang rawat inap, rawat jalan maupun pelayanan gawat darurat (WHO, 2006).

Rekam medis elektronik (rekam medis berbasis-komputer) adalah merupakan gudang penyimpanan informasi secara elektronik mengenai status kesehatan dan layanan kesehatan yang diperoleh pasien sepanjang hidupnya, tersimpan sedemikian rupa hingga dapat melayani berbagai pengguna rekam yang sah (AbouZahl, 2005).

Pada proses layanan medis, catatan rekam medis selalu berpindah-pindah menurut kebutuhan dalam layanan medis. Saat ini sistem rekam medis terus dikembangkan guna mencapai layanan medis yang efektif dan efisien. Dengan pengembangan *m-doctor* dapat dibentuk suatu sistem komunikasi yang efektif dan efisien antar praktisi medis menyangkut data layanan medis.

Istilah *m-doctor* mengacu kepada penggunaan perangkat TI genggam dan bergerak, seperti pada PDA, telepon genggam, *laptop* dan tablet PC, dalam layanan medis. Pada konsep layanan medis tersebut, *m-doctor* membawa manfaat ketersediaan informasi medis yang dapat diakses setiap saat dan visualisasi informasi yang menarik (Tayab, 2007).

Hal penting yang perlu diperhatikan bahwa tidak setiap layanan medis cocok memanfaatkan *m-doctor*. Layanan medis yang tidak cocok mengadopsi konsep *m-doctor* antara lain layanan medis yang membutuhkan spesialisasi keahlian yang bersifat "*hands on*", contohnya sebagaimana keahlian dokter gigi. Mempertimbangkan hal-hal tersebut di atas maka penerapan *m-doctor* lebih

sesuai untuk diagnosa jenis penyakit tertentu.

Meski memiliki beberapa kelebihan, *m-doctor* tidak akan sepenuhnya menggantikan layanan medis konvensional. Dengan keterbatasan *computing resources*, *m-doctor* tidak mungkin menyediakan seluruh layanan medis yang sama dengan layanan medis konvensional. *M-doctor* akan sangat mungkin untuk digunakan sebagai suplemen bagi *online doctor (e-doctor)* maupun bagi para lingkungan layanan medis konvensional di mana *computer aided medical* tidak tersedia. Sistem yang paling optimal adalah menggabungkan *m-doctor* dengan *online doctor (e-doctor)*, di mana ada alternatif proses pelayanan medis dilakukan dengan menggunakan perangkat dari komputer dan/atau divais bergerak atau dikombinasikan dengan sistem layanan medis konvensional.

Dewasa ini, konsumen lebih suka memanfaatkan kemudahan fasilitas kehidupan dengan kecanggihan dari teknologi. Dalam *streaming* multimedia bidang pendidikan, bisnis, perbankan, informasi dan hiburan konsumen lebih suka memanfaatkan komputer pribadi, perangkat telepon genggam, PDA, *net-book*, dan *notebook*.

Media *streaming* merupakan sebuah teknologi yang memungkinkan distribusi data audio, video, dan multimedia secara *real-time* melalui *internet* (Dally, 2001). Media *streaming* ini merupakan pengiriman media digital (berupa video, suara, dan data) agar bisa diterima secara terus-menerus (*stream*), data tersebut dikirim dari sebuah *server* aplikasi dan diterima serta ditampilkan secara *real-time* oleh aplikasi pada komputer klien.

Untuk melakukan penggunaan media *streaming* ini, dibutuhkan sebuah *server* yang sedang "*live*" dan program pemutar di sisi *user* untuk menayangkannya. Ada dua metode utama dalam pengantaran *video* dengan teknologi ini, yaitu *real time streaming (RTSP)* dan *HTTP streaming*. Teknologi ini menjadi sangat penting akibat pesatnya pertumbuhan *internet*, mengingat sebagian besar *user* tidak memiliki akses yang cu-

kup memadai dalam mengunduh *file multimedia* yang besar dengan cepat.

Multimedia terdiri atas *voice*, *video* dan data dalam aplikasi yang sama. Untuk mengurangi kebutuhan daripada *bandwidth*, maka *video* harus dikompresi sebelum ditransmisikan. Kompresi *video* ini untuk penghilangan redundansi waktu dan ruang dari informasi *video* (Zheng, 1998). Sistem komunikasi *selular WCDMA* tidak hanya untuk *voice* tetapi juga data, gambar, *video* atau biasa disebut sebagai *multimedia*, dan biasanya memiliki kecepatan tinggi dan *bandwidth* yang besar.

PHP (*PHP Hypertext Preprocessor*) adalah sebuah bahasa *scripting* yang dibundel dengan HTML, yang dijalankan di sisi *server*. Konsep pemrograman dengan PHP ini sedikit berbeda dengan pemrograman dengan menggunakan *script CGI* yang memaksa untuk selalu menulis kode yang menghasilkan keluaran dalam format HTML. Pada PHP diberikan kebebasan untuk menyisipkan kode PHP dimanapun pada halaman HTML biasa dan menjalankan kode PHP tersebut setiap ada permintaan terhadap halaman tersebut.

WAP (*Wireless Application Protocol*) ini adalah sebuah *protocol* yang berfungsi untuk suatu teknologi yang menghubungkan *internet* dengan telepon *selular*. Teknologi WAP ini adalah seperangkat spesifikasi berdasarkan HTML yang memungkinkan data *internet* untuk bekerja di peralatan *wireless*. WAP *programming* bekerja seperti halnya aplikasi situs *web* yang diformat khusus untuk peralatan *wireless* seperti telepon *selular*.

WML (*Wireless Markup Language*) adalah bahasa komputasi yang digunakan oleh WAP untuk mengubah informasi berupa teks dari halaman situs dan menampilkannya di layar telepon *selular*. WML merupakan subset dari XML (*Extensible Markup Language*) dan dikhususkan untuk penggunaan *content* dan perangkat *user interface* yang bekerja pada pita sempit, layar *display* yang kecil dan keterbatasan fasilitas *in-put* dari *user*, keterbatasan memori dan perhitungan seperti telepon *selular*.

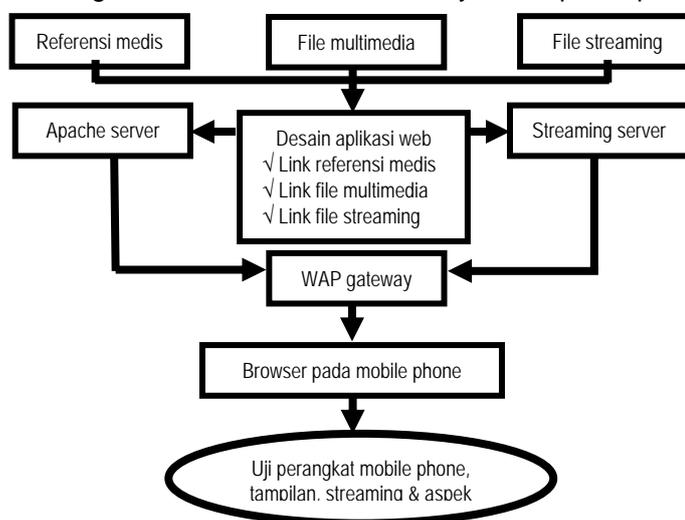
PEMBAHASAN

Langkah awal dalam mengimplementasikan di penelitian ini adalah pemilihan beberapa komponen pendukung penelitian, yaitu antara lain: *media source*, dan *media server*. Dalam pemilihan *media source* untuk *streaming* akan dipilih dua buah metode *streaming*, yakni: *webcast stream* (bersumber dari kamera atau *microphone*) dan *on-demand stream* (bersumber dari *file multimedia*).

Dalam penelitian ini digunakan dua buah *media server*, yakni: *web server* dan *streaming server*. Dalam

perancangan *streaming* pada *selular* memerlukan *input* yang harus diperhatikan agar *output selular* bisa terlihat dengan jelas. Pemilihan *input* yang harus diperhatikan, yakni:

Pertama, *resolution* standar dan kapasitas data yang bisa diterima dari *selular* yang akan digunakan sebagai *media streaming*. Kedua, pemilihan *server di-internet* sangatlah penting karena tidak semua *server* dapat mendukung *streaming multimedia* dan WAP, pada penelitian ini akan digunakan *server apache*. Adapun alur proses pembuatannya ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram alir perancangan *m-doctor*

Untuk membuat *streaming* multimedia lebih interaktif maka digunakan sebuah MMAPI (*Mobile Media API*) yang memberikan dukungan lebih pada MIDlet dalam penggunaan media seperti *audio* dan *video*. Aplikasi *streaming* multimedia ini akan digunakan untuk membantu tugas seorang dokter yang dapat diimplementasikan terutama dikegiatan layanan kesehatan baik di rumah sakit maupun instansi-instansi yang bergerak di bidang kesehatan. Aplikasi ini dapat diinstall secara *online* maupun *offline*. Aplikasi ini mempunyai *virtual clinic* seperti halnya ruang dokter dalam dunia nyata. Di dalam *virtual clinic* tersebut antara pasien dengan pasien maupun pasien dengan dokter dapat bertatap muka, berbicara seperti halnya di rumah sakit. Bagi pasien ataupun dokter yang

tidak bisa bertatap muka dalam *virtual clinic* tersebut (*offline system*), maka dapat menulis melalui SMS maupun *clinic browser*.

Selain itu *virtual clinic* ini juga menyediakan informasi layanan medis secara *online* 24 jam setiap hari yang dapat diunduh/diakses kapan saja dan dari mana saja. Aktifitas *virtual clinic* yang sudah lewat pun dapat diunduh untuk dipelajari kembali apabila pasien kurang mengerti pada informasi yang disampaikan pada saat tatap muka di *virtual clinic*. Untuk aplikasi ini sangat membantu pekerjaan dokter terutama pada saat tidak bisa melayani pasien secara langsung saat itu juga. Dokter tidak perlu datang ke rumah sakit dan dapat mengobati atau melakukan konsultasi dengan pasien kapan pun dan

dimana saja dokter berada. Sehingga dokter dapat menghemat waktunya dengan efisien, dan pasien pun menjadi lebih aktif dalam mendapatkan layanan medis.

Layanan *m-doctor* juga menyediakan fasilitas komunikasi antar praktisi medis yang efisien, misalnya untuk keperluan rujukan pasien dari laboratorium ke dokter. Aplikasi *mobile doctor* hampir sama dengan *mobile learning*, maka dapat dimanfaatkan untuk mendukung proses pembelajaran dalam ilmu kesehatan.

Layanan *m-doctor* menyediakan fasilitas komunikasi antar praktisi medis yang efisien, misalnya untuk keperluan rujukan pasien dari laboratorium ke dokter. Karena aplikasi *mobile doctor* hampir sama dengan *mobile learning*, maka dapat dimanfaatkan untuk mendukung proses pembelajaran dalam ilmu kesehatan.

Hasil dari sistem *m-doctor* ini adalah sebuah *web-site*, *WAP-site*, dan aplikasi *m-doctor* yang cukup interaktif. Dengan adanya fasilitas yang memuat tentang layanan medis diharapkan terjadi umpan balik layanan kesehatan yang baik.

Dalam tahap ini akan dijelaskan tentang pengujian program aplikasi yang digunakan dalam sistem layanan medis elektronik berupa *mobile* melalui *WAP-site m-doctor* dan *website m-doctor* sebagai pendukung aplikasinya. Pengujian dimaksudkan untuk mengurangi tingkat kesalahan baik dalam pengolahan data maupun prosedur dalam sistem itu sendiri. Pengujiannya yaitu dengan melakukan analisa dari sejumlah *user* langsung yang mengakses *web-site* dan *WAP-site* ini dengan cara memberikan data pada lembar data pada kuisioner. Hasil dari pengujian yaitu, halaman *WAP-site* tidak bisa menjalankan berkas *multimedia* ini secara langsung, untuk mengatasinya berkas *multimedia* tersebut di-download dahulu kemudian baru dijalankan di *mobile phone*. Sebagai alternatif untuk menjalankan seluruh berkas *multimedia* digunakan aplikasi *web-site m-doctor* yang bisa diakses dengan *mobile phone* yang sudah mendukung *full browser HTTP*.

Konsep pokok *web 2.0* yang digunakan, adalah untuk melihat tampilan dan desain sistem secara utuh tanpa ada pengurangan atau kompresi halaman. Dari menu *web* di atas *user* dapat mengakses dan menggunakan konten *multimedia* yang sesuai dengan layanan medis. Untuk halaman *web*, konten bisa dinikmati dengan layanan *video streaming*.

Pada dasarnya sistem kerja dari *WAP-site* ini sama dengan *web-site m-doctor* hanya saja *WAP* ini adalah sebuah media yang berfungsi sebagai teknologi untuk menghubungkan *internet* dengan telepon *selular*. Telepon *selular* yang dimaksud adalah *mobile phone* yang mempunyai fasilitas *GPRS* dan *GSM*, tetapi untuk *mobile phone* yang telah mendukung *3G* atau *XHTML Parsing* maka *website* dalam hal ini *www* akan bisa langsung di tampilkan oleh *browser*. Untuk memulai aplikasi ini alamat *WAP site* dituliskan alamat URL (*Uniform Resource Locator*) *WAP-site*.



Gambar 2. Tampilan WAP *m-doctor*

Untuk *WAP* menu *m-doctor* ditampilkan pada Gambar 2. Dari tampilan menu *WAP*, *user* dapat mengakses konten dengan melakukan *register* terlebih dahulu. Halaman ini khusus disediakan untuk *mobile phone* yang memiliki keterbatasan kemampuan *hardware*. Halaman ini hanya menampilkan *point* utama yang ada di halaman *web*. Konten yang disediakan bisa langsung diakses dan diaplikasikan ke dalam *mobile phone*.

Dari rancangan tampilan Gambar 3, pada awal tampilan adalah pilihan pertama yaitu masuk. Pada menu ini (a), *user* dapat melakukan proses memasuki konten aplikasi dengan *login* data diri terlebih dahulu, jika *user* tidak melakukan *login* data diri, atau tidak mengisi salah satu entri data, maka *user* tidak dapat mengakses konten aplikasi *mobile doctor*. Setelah *user* melakukan *login* data diri, barulah *user* dapat mengakses seluruh konten tentang materi kesehatan dalam aplikasi ini (b). Pada menu hal.admin (c), hanya *admin* yang dapat melakukan akses pada *form* ini, seperti proses tambah, *update*, dan hapus data, dengan *link admin* dan *password* yang hanya dimilikinya.

Form login (Daftar user)

Nama anda

Umur anda

Alamat anda (kota)

Kembali Lanjut

(a)

Pada *form* tambah data (d), *admin* dapat memasukkan data-data kesehatan tentang suatu jenis penyakit secara lengkap, baik pengertian, sifat, jenis penyakit, sampai dengan pengobatannya. Jika salah satu *textfield* ada yang tidak diisi oleh *admin*, maka tambah data tidak akan dapat dilakukan (terjadi *error confirmation*). Sedangkan jika semua *textfield* data diisi dengan lengkap, maka akan muncul *form* status tambah data yang menyatakan bahwa *admin* telah memasukkan data baru. Pada menu pilihan *About* (e), akan menampilkan *form* yang berisi informasi mengenai aplikasi. Pada menu pilihan *Exit*, maka *user* akan keluar dari aplikasi.

Pada bagian spesifikasi kebutuhan sistem, diulas tentang kebutuhan sistem perangkat lunak maupun perang-

kat keras (*client* maupun *server*) yang dapat mendukung dalam pembuatan maupun dalam pengoperasian sistem. Spesifikasi yang harus dimiliki *client* dalam implementasi program aplikasi ini adalah sebagai berikut:

<p>Form Tampil Data (Penyakit)</p> <p>No.urut penyakit: x</p> <p>Nama penyakit: xxxxxxxxxxxxxxxx</p> <p>Sifat penyakit: xxxxxxxxxxxxxxxx</p> <p>Jenis penyakit: xxxxxxxxxxxxxxxx</p> <p style="text-align: right;">Done</p>	<p>Form Admin</p> <p>Admin <input type="text"/></p> <p>Password <input type="text"/></p> <p style="text-align: right;">Done</p>
--	--

(b)

(c)

<p>Form Tambah baru</p> <p><input type="text"/></p> <p><input type="text"/></p> <p><input type="text"/></p> <p><input type="text"/></p> <p><input type="text"/></p>	<p>Form About</p> <p>xxxxxxxxxxxxxxxx</p> <p>xxxxxxxxxxxxxxxx</p> <p>xxxxxxxxxxxxxxxx</p> <p>xxxxxxxxxxxxxxxx</p> <p>xxxxx</p>
--	---

(d)

(e)

Gambar 3. Rancangan screen shot aplikasi *mobile doctor*

Kebutuhan *hardware*, di *mobile phone* minimal WCDMA dengan fasilitas WAP browser (minimal wap 1.2), tetapi untuk idealnya sistem *m-doctor* digunakan *smart phone* atau minimal *mobile phone* yang sudah ada mendukung 3G dengan fasilitas *Flash Player* dan *Quick Office*, untuk PC (*Personal Computer*) Intel Pentium atau AMD dengan *clock*

speed 233 Mhz dan RAM minimal 512 MB atau spesifikasi yang lebih baik.

Kebutuhan akan *software*, WAP browser yaitu suatu aplikasi *emulator* HP untuk mengakses dari WAP site dan yang digunakan dalam pengujian penelitian ini adalah Nokia WAP browser dari Nokia N79. Browser tersebut dapat digunakan didalam implementasi WAP 1.2.1-WAP 2.0 XHTML. Dalam gambar media WAP digunakan *Microemulator* dari *MicroEmu*. Kemudian, *ponsel* yang memiliki fasilitas WAP browser (*minimal versi 1.2*) atau yang sudah memiliki fasilitas 3G sudah mendukung XHTML maka *web site browser internet* otomatis dapat dapat digunakan. Gambar 4 adalah merupakan hardware dari *mobile phone* yang digunakan.



Gambar 4. Hardware Nokia N79

KESIMPULAN

Dari perancangan konten *multimedia m-doctor* bisa diambil kesimpulan bahwa dengan teknologi PHP, WML, dan J2ME dapat menghasilkan aplikasi *m-doctor* yang bisa memuat konten *streaming multimedia*. Konten *streaming multimedia* sudah dapat berjalan di media protokol HTTP dan WAP, hasil tampilan tergantung dengan kemampuan setiap *mobile phone*. Dalam *m-doctor*, yang sangat mempengaruhi adalah nilai dari isi konten yang disampaikan dan kemudahan sistem aplikasi yang diakses.

DAFTAR PUSTAKA

- AbouZahl, C., and Boermal, 2005, *Health information system: the foundations of public health in Bulletin of the World Health Organization*.
- Dally, W.J., Hanrahan, P., and Fedkiw, R., 2001, *A Streaming Super-computer, white paper, Computer System Laboratory, Stanford Univ., Stanford*.
- Evdemon, J., 2001., *XML dan WAP, Chief Architect, XML Solutions*. <http://www.eccnet.eccnet.com/pub/dc-xmlug/Evdemon-WAP.pdf> Diakses tanggal 19 Nopember 2005.
- Passani, L., 2000, *Creating WAP Services*, Volume 25, Issue 7. <http://www.ddj.com/articles/2000/0007/0007toc.htm> Diakses tanggal 19 Nopember 2005.
- Robso, 2003, *Mobile Learning vices And Handheld Device In The Classroom*, Eduworks Corporation, Corvallis, Oregon, USA, IMS Australia.
- Rytkonen, K., 2005, *Mobile Commerce and WML*. , <http://www.gca.org/papers/xmleurope2000/pdf/s13-01.pdf> Diakses tanggal 19 Nopember 2005.
- Sven,O.K., 2003, *A Report from the Project on Telemedicine-Regional and National Collaboration Subproject: Incentives and Implementation by Stockholm*.
- Tayab, D.M., Chowdhry, B.S., Mohammad S.M., 2007, *The Potential of Telemedicine System: An Approach Toward a M-doctor*, MUET, Research Journal.
- Word Health Organization, 2006, *Medical Records Manual, A Guide for Developing Countries*.

**PENENTUAN JUMLAH PERSEDIAAN SUKU CADANG RANTAI GARU MESIN
PENGGILING TEBU BERDASARKAN TINGKAT KEKRITISAN KOMPONEN
MODEL ABC MENGGUNAKAN SPARE PART REQUIREMENT
NOMOGRAPH**

Imam Sodikin¹

¹Jurusan Teknik Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 11 Maret 2010, revisi masuk : 6 Juli 2010, diterima: 12 Juli 2010

ABSTRACT

PG. Madukismo is one of the companies operating in the area of agroindustry with sugar as the main product. In order to exist, the company needs to increase the work effectiveness and efficiency in using the production machines through the planning of maintenance scheduling in order that the machines or units that are going to be used can be operated well, and work properly. The aim of this research is to analyze level requirement of amount of spare-part optimal with Sparepart requirement nomograph approach. This effort is able to increase high production quality, availability and reliability by maximizing equipments age, and also exploiting of effective maintenance. Based on the research result shows that the maintenance of chain eye component, it should be differentiated, basically, on the maintenance time. Determination of feed amounts at "t" periods with level of protection equal to 95% depict amount of requirement of accesses for chain component that availed counted 30 units.

Keywords: *Reliability, maintainability, availability, spare-part requirement nomograph*

INTISARI

PG. Madukismo merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri pertanian dengan hasil utamanya berupa gula. Salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi adalah kesiapan mesin-mesin produksi dalam melaksanakan tugasnya, maka diperlukan suatu sistem perawatan yang baik. Perusahaan perlu meningkatkan efektivitas dan efisiensi kerja di dalam penggunaan mesin produksi tersebut melalui perencanaan penjadwalan perawatan agar mesin atau unit yang akan digunakan dapat beroperasi dengan baik, dan tidak mengalami gangguan kerusakan pada saat digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis tingkat kebutuhan jumlah *spare-part* yang optimal dengan pendekatan *Spare-part requirement nomograph*. Adanya upaya tersebut dimaksudkan agar dapat meningkatkan ketersediaan dan keandalan yang tinggi dengan memaksimalkan umur peralatan, serta pemeliharaan yang efektif. Hasil yang diperoleh meliputi performansi komponen rantai garu, yang tercermin dari probabilitas keandalan dan ketidakeandalannya. Secara keseluruhan tingkat keandalan mengalami penurunan selama periode waktu operasi, sehingga laju kerusakan selama penggunaan masing-masing komponen mengalami peningkatan. Jumlah suku cadang komponen rantai garu yang harus disediakan pada unit mesin garu minimal 30 unit.

Kata kunci: *Reliability, maintainability, availability, spare-part requirement nomograph*

PENDAHULUAN

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi dalam segala bidang, baik bidang industri maupun jasa, menimbulkan persaingan di antara industri-

haan adalah organisasi atau lembaga yang mengubah keahlian dan material menjadi barang atau jasa untuk memenuhi kebutuhan para pembeli serta memperoleh laba bagi perusahaan. Seiring dengan perekonomian yang belum stabil

¹ sodikin@akprind.ac.id

dan semakin tajamnya persaingan, maka keadaan tersebut memaksa suatu perusahaan untuk lebih meningkatkan kelancaran, efektivitas dan efisiensi kegiatan proses operasi. Salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi pada suatu perusahaan adalah kesiapan mesin-mesin produksi dalam melaksanakan tugasnya. Mesin merupakan alat produksi yang terbentuk dari rangkaian sistem yang kompleks, sehingga memerlukan perencanaan dan penanganan perawatan yang unik dan memadai. Untuk menjaga tingkat kesiapan mesin agar mesin dapat selalu digunakan terus sehingga kontinuitas produksi dapat terus terjamin, maka dibutuhkan perawatan mesin atau *maintenance* yang baik (Mustafa, 1998).

Menurut Vincent Gasperz (1992), perawatan merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi sehingga dari sistem produksi itu dapat diharapkan menghasilkan output sesuai dengan yang dikehendaki. Perawatan dan pemeliharaan merupakan salah satu kegiatan yang penting dalam perusahaan. Kegiatan ini bertujuan agar sistem selalu dalam kondisi baik guna mendukung berjalannya kegiatan proses produksi sesuai jadwal yang ditentukan.

PG. Madukismo adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri pertanian dengan hasil utamanya berupa gula. Pada perusahaan tersebut, Unit Mesin Penggiling Tebu merupakan unit tempat dilakukannya proses awal penggilingan. Salah satu alat penting yang digunakan adalah rantai garu, yang sangat penting fungsinya. Fungsi yang vital pada alat tersebut menyebabkan kelancaran proses produksi terhambat, jika terjadi kegagalan sistem atau kerusakan.

Terjadinya kerusakan mesin akibat rusaknya komponen tidak dapat diketahui dengan pasti. Kondisi tersebut menyebabkan diperlukan tersedianya suku cadang masing-masing komponen yang memadai pada saat dibutuhkan. Penyediaan suku cadang yang sedikit terkadang menyerap dana perawatan yang sangat besar, terutama pada suku cadang yang sering rusak karena mesin akan sering mengalami "*break down*",

yang akhirnya menimbulkan kerugian yang tidak sedikit. Penyediaan suku cadang harus didasarkan atas beberapa hal salah satunya berdasarkan tingkat kekritisan-nya yaitu pada komponen yang sering mengalami kerusakan yang berarti berhubungan dengan biaya penyediaan suku cadang.

Persediaan (*inventory*) komponen ini tidak bisa dihindari karena untuk memperolehnya tidak bisa seketika sedangkan untuk kebutuhan akan barang tersebut bisa sewaktu-waktu. Karena itu perlu dilakukan perencanaan penyediaan suku cadang dengan memilah-milah mana yang paling kritis dalam penggunaan dan biaya yang diperlukannya. Saat menentukan jumlah *spare-parts* seyogyanya mempertimbangkan kebutuhan operasi sistem mengembangkan tingkat-tingkat yang mencukupi pada tiap lokasi perawatan koreksi dikerjakan.

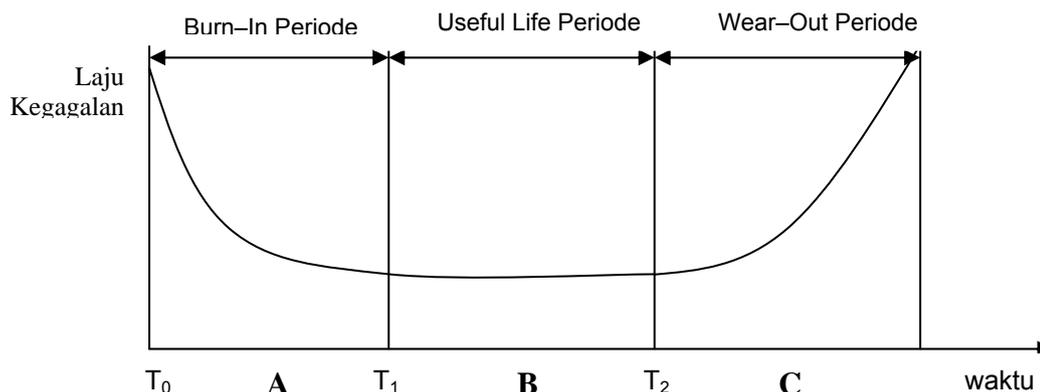
Salah satu pendekatan dalam penentuan jumlah persediaan adalah dengan menggunakan nomograph. Nomograph memberikan informasi yang dapat membantu dalam evaluasi terhadap alternatif pendekatan desain dalam pengertian *spare-part* dan dalam penentuan siklus terhadap pengadaan (*provisioning*). Input yang diharapkan adalah jumlah kebutuhan suku cadang pada setiap penggantian sehingga jumlah persediaan selalu ada tanpa terjadi waktu tunda logistik/material. Melalui penelitian ini diharapkan diperoleh kebijaksanaan perawatan yang baik dan tersedianya jumlah suku cadang rantai garu di Unit Mesin Penggiling Tebu yang optimal. Penelitian ini memiliki tujuan menganalisis kebutuhan jumlah *spare-part* rantai garu yang optimal dengan pendekatan *Spare-part requirement nomograph*.

Pengertian Perawatan Sistem atau pemeliharaan mempunyai definisi dan pengertian yang berbeda-beda. Perawatan merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi, sehingga dari sistem diharapkan menghasilkan output sesuai yang dikehendaki (Gasperz, 1992). Salah satu maksud utama kegiatan pemeliharaan adalah untuk memelihara reliabilitas sistem pengoperasian pada tingkat yang

dapat diterima dan tetap memak-simumkan laba atau meminimumkan biaya.

Keandalan/*Reliabilitas*, adalah kemampuan suatu produk berlaku sesuai dengan fungsi tertentu dalam desain lingkungan atau kondisi operasi yang spesifik. *Reliabilitas* dapat diekspresikan melalui beberapa cara yaitu melalui laju

kerusakan (*failure rate*), fungsi keandalan, fungsi kepadatan probabilitas kerusakan. Laju kerusakan suatu produk tidak tetap/konstan. Ia selalu berubah seiring dengan meningkatnya usia produk, sesuai dengan lingkungannya, hal ini dapat dilihat dengan kurva *Bath Tub*.



Gambar 1. Kurva Laju Kegagalan (Gasperz, 1992)

Pada kurva laju kegagalan terdapat tiga periode yang memperlihatkan karakteristik mesin selama umur gunanya (*life cycle*). Fase A disebut "*periode infant mortality*" merupakan interval waktu saat awal yang menjelaskan bahwa alat-alat yang baru diproduksi oleh pabrik apabila digunakan pada mulanya memiliki tingkat kerusakan tertentu (*tidak nol*). Fase B disebut sebagai "*Useful life periode*" yang merupakan suatu periode masa pakai alat dengan laju kegagalan komponen yang bersifat konstan. Fase C disebut "*Wear Out Periode*" dimana laju kegagalan komponen pada periode ini cenderung meningkat.

Analisis keandalan, *Reliabilitas* didefinisikan sebagai probabilitas atau kemungkinan suatu sistem (komponen) akan berfungsi selama periode t. Untuk menyatakan hubungan secara logikal, digunakan variabel kontinu random T sebagai waktu sistem (komponen) akan rusak $T \geq 0$.

Fungsi *reliabilitas* dapat ditunjukkan sebagai:

$$R(t) = \Pr \{ T \geq t \} \dots\dots\dots(1)$$

dengan $R(t) \geq 0$, $R(0) = 1$, untuk nilai yang diperoleh dari t, R(t) adalah waktu probabilitas sistem akan gagal lebih besar

atau sama dengan t. lebih jelasnya ditunjukkan sebagai:

$$F(t) = 1 - R(t) = \Pr \{ T < t \} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan $F(0) = 0$, F(t) merupakan probabilitas suatu kerusakan terjadi sebelum waktu t. Dengan menetapkan R(t) sebagai fungsi *reliabilitas* dan F(t) fungsi distribusi kumulatif/*Cumulative distribution function* (CDF) dari distribusi kerusakan maka:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{dR(t)}{dt} \dots\dots\dots(3)$$

Fungsi di atas dinamakan fungsi probabilitas kepadatan / *probability density function* (PDF). Fungsi PDF di atas menunjukkan bentuk dari distribusi kerusakan. *Mean Time To Failure* (MTTF) dirumuskan,

$$MTTF = E(T) = \int_0^{\infty} t f(t) dt \dots\dots\dots(4)$$

dengan rata-rata atau nilai pengharapan dari distribusi probabilitas ditentukan oleh f(t), fungsi ini dapat ditulis dengan,

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \dots\dots\dots(5)$$

Penentuan Komponen Kritis pada setiap mesin terdiri dari berbagai jenis

komponen penyusunnya. Masing-masing komponen memiliki kemungkinan mengalami kerusakan sehingga untuk mendapatkan kembali ke kondisi yang baik, komponen tersebut harus diperbaiki atau diganti. Namun tidak semua komponen mesin yang mengalami kerusakan berdampak signifikan terhadap beban non produksi perusahaan dari biaya perawatan yang harus dikeluarkan. Komponen-komponen menjadi kelompok komponen kritis. Jumlah komponen ini biasanya lebih sedikit dari komponen yang non kritis, namun biaya untuk pergantian komponennya lebih besar dari kelompok lainnya. Pengelompokan suatu item berdasarkan tingkat kekritisannya komponen yang dihubungkan dengan biaya inilah disebut dengan pendekatan model ABC.

Penentuan Distribusi Umur Komponen Kritis, pada umumnya model yang sering digunakan untuk menganalisis distribusi waktu kejadian kerusakan atau kegagalan komponen berbentuk distribusi kontinyu seperti distribusi *normal*, *Log-normal*, *exponential*, dan *Weibull*.

Uji Kecocokan Distribusi Kerusakan, pengujian distribusi bertujuan untuk mengetahui apakah sampel yang diambil mengikuti pola distribusi tertentu sesuai yang diasumsikan. Metode yang dipergunakan untuk uji kecocokan distribusi adalah dengan *Goodness Of Fit Test*.

Konsep Pemeliharaan bagi perawatan sistem. *Maintainability* adalah kemampuan suatu sistem untuk dipelihara dimana perawatan merupakan serangkaian tindakan yang harus diambil untuk memperbaiki atau mempertahankan suatu sistem dalam keadaan siap operasi. Perhitungan-perhitungan dalam *maintainability* oleh (Charles, 1997) adalah *Mean Time Between Maintenance* (MTBM) atau waktu rata-rata di antara perawatan dan *fpt* (Laju Perawatan Terjadwal).

$$fpt = \frac{(1 - \lambda x MTBM)}{MTBM} \dots\dots\dots (6)$$

Waktu Rata-rata Perawatan Aktif (\bar{M})
Rata-rata Down Time (MDT) adalah total waktu manakala mesin tidak dapat dioperasikan untuk repair dan memulihkan sistem tersebut ke status siap beroperasi penuh, dan mempertahankan sistem da-

lam kondisi tersebut. MDT termasuk *Mean Active Maintenance Time* (\bar{M}), *Logistic Delay Time* (LDT), dan *Administrative Delay Time* (ADT). Nilai rata-rata dihitung dari lintas waktu tiap fungsi dan frekuensi yang terkait (sama dengan pendekatan yang digunakan dalam penentuan \bar{M}). *Mean Maintenance Time* (\bar{M}_{ct}) atau Median Waktu Perawatan Koreksi

Konsep ketersediaan bagi perawatan sistem, ketersediaan (*availability*) suatu sistem atau peralatan adalah kemampuan sistem atau peralatan tersebut dapat beroperasi secara memuaskan pada saat tepat pada waktunya dan pada keadaan yang telah ditentukan. Secara definisi ada 3 macam ketersediaan, yaitu:

Inherent Availability (A_i):

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + Mct} \dots\dots\dots (7)$$

Achived Availability (A_a):

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + M} \dots\dots\dots (8)$$

Operasi Availability (A_o):

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \dots\dots\dots (9)$$

Persediaan adalah sejumlah bahan-bahan, bagian-bagian yang disediakan dan bahan-bahan proses yang terdapat dalam perusahaan untuk proses produksi, serta barang-barang jadi yang disediakan untuk memenuhi permintaan konsumen setiap waktu (Yamit, 1999).

Peranan Model Persediaan pada Perawatan. Model dari ABC adalah model yang digunakan untuk mengelompokkan suatu item berdasarkan tingkat kekritisannya dalam hal ini adalah biaya. Beberapa item dalam sebuah kelompok persediaan akan mewakili secara sebanding dan jelas seluruh kelompok item itu yang biasanya mempunyai data lengkap tentang besar nilai dari inventory yang dihitung dalam besar nilai penggunaan yaitu jumlah permintaan kali biaya. Jadi dengan mengawasi beberapa item saja maka inventory akan dapat dikelola secara keseluruhan. Pendekatan ABC pada dasarnya bersifat memilah-milah suku

cadang itu berdasarkan “penting-tidaknya” setiap suku cadang. Di antara ukuran penting tidaknya adalah nilai rupiah yang terlibat dalam pengadaan (investasi) suku cadang yang bersangkutan. Semakin tinggi dana yang diserap untuk suatu jenis suku cadang, semakin penting untuk diperhatikan.

Terlihat pada Tabel 1 bagaimana menangani dengan baik kelas A saja, berarti menangani dengan baik sebagian besar (70-80%) dari seluruh dana pengadaan. Pada item-item inilah perhatian harus dipusatkan terlebih dahulu, pada persediaan untuk Perawatan. Faktor perbekalan (*supply*) termasuk suku cadang sangat diperlukan dalam persediaan untuk menyelesaikan tindakan perawatan terjadwal dan tak terjadwal. Pada tiap tingkat perawatan, yang harus ditentukan adalah jenis suku cadangnya, jumlah item yang harus dibeli atau disediakan, serta kapan dilangsungkan transaksinya sehingga tidak terjadi kekosongan stock persediaan. Dalam menentukan jumlah suku cadang yang harus dipertimbangkan adalah tingkat proteksi (*safety stock*) yang harus diinginkan.

Tabel 1. Klasifikasi model ABC

Kelas	Klasifikasi
A	Persediaan yang memiliki nilai volume rupiah yang tinggi. Kelompok tersebut mewakili 70-80% dari total volume rupiah, meskipun jumlahnya hanya sedikit, biasanya hanya merupakan 20% dari seluruh jumlah (volume) persediaan.
B	Persediaan dengan nilai volume rupiah yang menengah, kelompok ini mewakili sekitar 15-25% dari total volume rupiah tahunan, dan sekitar 30% dari jumlah (volume) persediaan.
C	Barang yang volume rupiahnya rendah yang hanya mewakili sekitar 5-15% dari volume rupiah tahunan, tetapi terdiri dari sekitar 50% dari jumlah (volume) persediaan.

Penentuan Jumlah Spare-Parts seyogyanya mempertimbangkan kebutuhan operasi sistem, dan mengembangkan tingkat-tingkat yang mencukupi pada

tiap lokasi dimana perawatan koreksi dikerjakan. Sebagai contoh, dari kebutuhan spare-part guna mendukung komponen-komponen peralatan utama yang sangat kritis terhadap kesuksesan suatu misi, mungkin berdasarkan pada suatu faktor; item bernilai tinggi atau berharga tinggi; mungkin ditangani secara berbeda dari pada item-item berharga rendah. Dalam penelitian ini digunakan alat hitung yang disebut *Spare-part requirement nomograph*, akan dicari beberapa jumlah minimum persediaan suku cadang yang optimal. Input yang diharapkan adalah jumlah kebutuhan suku cadang pada setiap penggantian sehingga jumlah persediaan selalu ada tanpa terjadi waktu tunda logistik/material dan dapat meminimumkan biaya-biaya persediaan pada biaya khususnya dan biaya perawatan pada umumnya. Selanjutnya dengan menggunakan bantuan *Nomograph* diharapkan dapat ditentukan jumlah minimum persediaan suku cadang yang optimal.

Perangkat Komponen Mesin Garu, Stasiun kerja gilingan merupakan stasiun kerja pertama dalam proses penggilingan tebu. Pada stasiun kerja gilingan terdapat mesin crusher, roll gilingan (CC), dan mesin garu (mesin IMC). Mesin garu merupakan mesin yang mengerjakan proses penarikan tebu yang telah melalui proses penggilingan, yang kemudian diteruskan ke gilingan berikutnya. Mesin garu berkapasitas 1500 kg per jam dan berkerja secara kontinu selama 24 jam per hari. Kerusakan pada mesin garu dapat menyebabkan terhentinya proses penggilingan, dan proses secara keseluruhan. Komponen utama mesin garu terdiri dari: roda rantai, mata rantai, roll rantai, boss (*ring*), rantai ganda (*driver chain*), mata garu (cakar), motor listrik, rantai garu, gir box, motor listrik 3 phase, dan tile sproked. Kerusakan mesin garu selama ini banyak diakibatkan adanya kerusakan pada rantai garu. Komponen utama pada mesin garu dapat dilihat pada Gambar 2 Pengelompokan komponen mesin garu dengan metode ABC

Proteksi merupakan nilai dari kemungkinan tersedianya spares jika dibutuhkan. Makin tinggi proteksinya, makin besar jumlah spares yang dibutuhkan

sehingga tingkat kesiapan semangkin tinggi pula, namun berakibatkan pada biaya yang lebih tinggi untuk pengadaan item dan perawatan persediaan.

Item-item penting ini disebut juga item-item kritis. Artinya, kelemahan dalam pengelolaannya akan menyebabkan kerugian besar bagi perusahaan.

Klasifikasi ABC dalam persediaan, merupakan aplikasi persediaan yang menggunakan prinsip pareto. Idenya adalah untuk memfokuskan pada persediaan yang bernilai tinggi (*critical*) dari pada yang bernilai rendah (*trivial*). Pendekatan klasifikasi ABC membagi perse-

diaan dalam tiga kelompok (tiga kelas) yaitu A, B, dan C berdasarkan atas volume rupiah tahunan. Volume rupiah tahunan dihitung dengan mengalikan kebutuhan tahunan setiap jenis persediaan dengan nilai rupiahnya. Dalam klasifikasi ABC, kelas A adalah kelompok item-item yang bersifat kritis, kelas B untuk yang menengah, dan kelas C untuk yang tidak kritis. Dengan demikian perusahaan dapat mendahulukan serta mengkonsentrasikan upaya-upaya pengendalian persediaan pada item-item dari jenis-jenis yang kritis terlebih dahulu, yaitu dari kelas A. Klasifikasi ABC dalam Tabel 2.

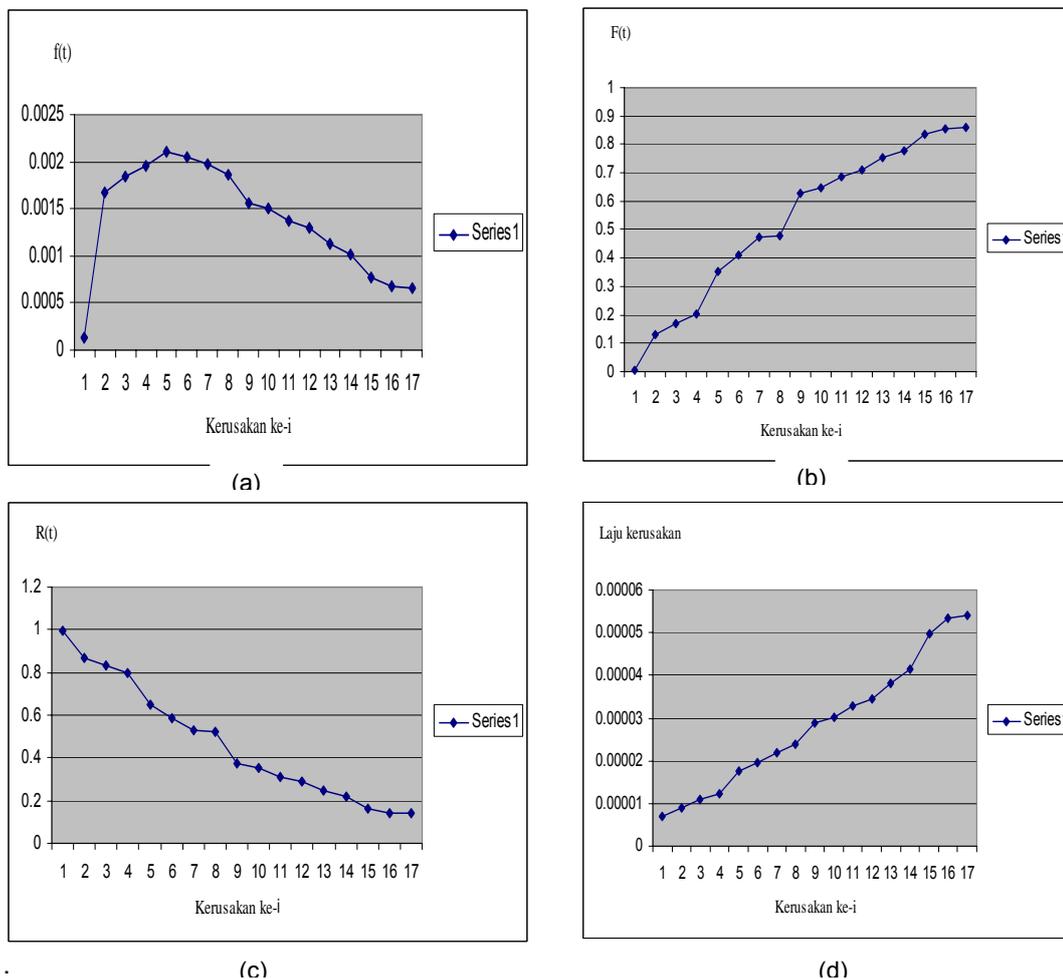
Tabel 2. Hasil pengelompokan komponen mesin garu dengan metode ABC

Item	Dana Yang Terserap (Rupiah)	Kumulatif (Rupiah)	Kelas
Rantai ganda (<i>driver chain</i>)	1.180.000	1.180.000	Kelas C Rp. 6.080.000= 6% dana
Garu ampas	1.400.000	2.580.000	
Driver sproked	3.500.000	6.080.000	
Mata garu	4.200.000	10.280.000	Kelas B Rp. 21.100.000= 20% dana
Sliding bearing head sproked	5.000.000	15.280.000	
Ass head sproked (<i>shaft</i>)	5.900.000	21.180.000	
Gir box	6.000.000	27.180.000	
Ass pen (pasak)	6.510.000	33.690.000	Kelas A Rp. 77.746.000= 74 % dana
Boss (<i>ring</i>)	6.636.000	40.326.000	
Head sproked	7.000.000	47.326.000	
Mata rantai	7.500.000	54.826.000	
Ass tile sproked (<i>excel</i>)	9.000.000	63.826.000	
Tile sproked	10.500.000	74.326.000	
Sliding bering tile sproked	12.600.000	86.926.000	
Motor listrik 3 phase	18.000.000	104.926.000	

Penentuan skala prioritas perawatan, komponen pada mesin garu yang mengalami kerusakan dengan frekuensi terbanyak selama periode pengamatan adalah rantai garu (mata rantai) serta komponen ini juga termasuk pada kelompok yang menyerap dana cukup besar (kelompok A pada Tabel 2), sehingga mata rantai dipilih sebagai komponen kritis. Berdasarkan hasil uji kecocokan distribusi, laju kerusakan komponen rantai garu berdistribusi log normal. Faktor-faktor reliabilitas pada Rantai Garu dapat dilihat pada Tabel 3



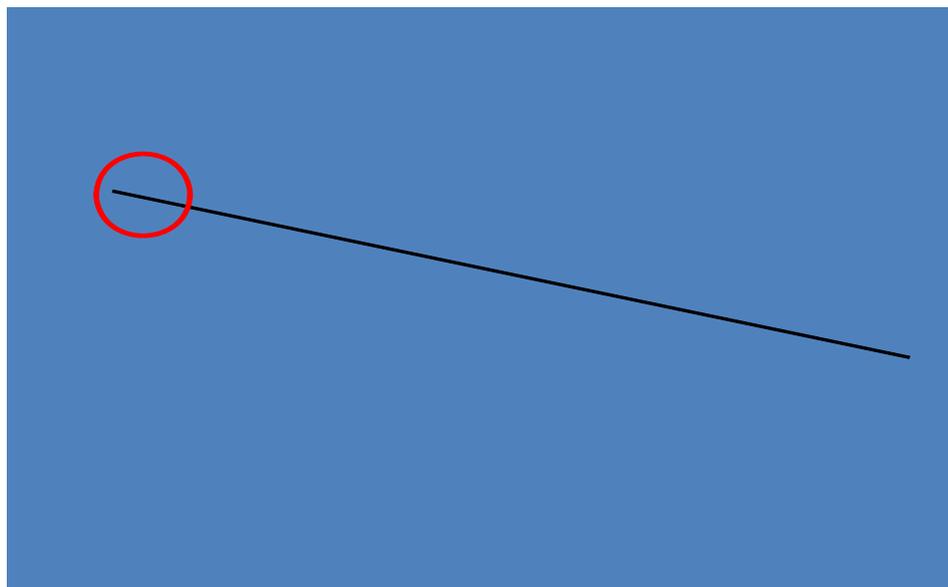
Gambar 2. Mesin IMC(Mesin garu)



Gambar 3. (a) Grafik pdf, (b) Grafik tingkat kerusakan (c) Grafik tingkat keandalan (d) Grafik laju kerusakan

Tabel 3. Hasil Perhitungan Faktor-faktor Reliabilitas

T	Z	ϕ	f(t)	F(t)	R(t)	λ
4200	-2,80	0,0026	0,000131	0,0026	0,9974	0,00000705
18480	-1,12	0,1314	0,00167	0,1314	0,8686	0,00000903
21180	-0,96	0,1685	0,00185	0,1685	0,8315	0,0000109
23940	-0,83	0,2033	0,00195	0,2033	0,7967	0,0000121
35280	-0,38	0,3520	0,00210	0,3520	0,6480	0,0000175
40920	-0,22	0,4129	0,00205	0,4129	0,5871	0,0000195
46500	-0,07	0,4721	0,00197	0,4721	0,5279	0,0000218
52080	0,06	0,4761	0,00186	0,4761	0,5239	0,0000240
66360	0,33	0,6293	0,00156	0,6293	0,3707	0,0000290
68940	0,38	0,6480	0,00150	0,6480	0,3520	0,0000303
76020	0,49	0,6879	0,00137	0,6879	0,3121	0,0000329
80220	0,55	0,7088	0,00129	0,7088	0,2912	0,0000345
90000	0,68	0,7517	0,00113	0,7517	0,2483	0,0000382
97080	0,77	0,7794	0,00101	0,7794	0,2206	0,0000414
117120	0,98	0,8365	0,000769	0,8365	0,1635	0,0000496
125640	1,06	0,8554	0,000685	0,8554	0,1446	0,0000535
128400	1,08	0,8599	0,000663	0,8599	0,1401	0,0000543



Gambar 4. Nomograph yang menunjukkan dibutuhkan 30 spare-part mata rantai

Tabel 4. Hasil Perhitungan Faktor-faktor Maintainability

Waktu Operasi (menit)	N Prev.	N Kork.	MTBF	λ	MTBM
128400	18	17	7552,941	0,000132	3668,571

\overline{M}_{ct}	\overline{M}_{pt}	fpt	ADT	LDT	\overline{M}	MDT
823,803	103,333	0,000141	15	30	450,55	495,55

Faktor-faktor *maintainability* dan nilai *availability* pada Rantai Garu dapat dilihat pada Tabel 4. Kemudian berdasarkan hasil perhitungan diperoleh suatu parameter nilai *availability*, tertera sebesar 0,9010 dan nilai $A_a = 0,8906$, sedangkan $A_o = 0,8810$. Untuk faktor-faktor *reliability* periode "t" persediaan dari hasil perhitungan faktor-faktor *Reliability* ini adalah sebesar $f(t) = 0,0000892$; $F(t) = 0,0047$; $R(t) = 0,9953$; $\lambda(t) = 0,000132$.

Pentuan persediaan jumlah suku cadang rantai garudengan jumlah part = 40, $\lambda(t) = 0,000132$, jam operasi perhari 24 jam, $T = 6$ bulan, $K \lambda T = 22,8$, dan tingkat proteksi 95 %, dapat dilihat pada Gambar 4.

PEMBAHASAN

Waktu dipergunakan sebagai dasar dalam analisis *maintainability*, *availability*, *reliability*, kesuksesan sistem, dan penentuan persediaan. Penentuan batas

waktu dilakukannya perawatan ditujukan agar tidak terjadi gangguan selama unit beroperasi di lapangan atau dapat mengurangi kerusakan yang terjadi secara tiba-tiba. Berdasarkan hasil pengujian distribusi terhadap data-data kerusakan komponen, menunjukkan pola fungsi kepadatan kemungkinan kerusakan (*the failure probabilitas density function*) yang terjadi mengikuti pola laju kerusakan distribusi lognormal. Secara teori laju kerusakan setiap komponen/sistem akan mengalami kenaikan yang tinggi di awal penggunaannya dan mulai menurun seiring dengan lamanya operasinya. Kondisi ini bisa terjadi karena pemilihan bahan untuk komponen/sistem serta pelaksanaan tindakan perawatan terjadwal maupun perbaikan tak terjadwal tidak begitu diperhatikan selama proses produksi.

Fungsi-fungsi dalam *maintainability* merupakan faktor-faktor yang menunjukkan sifat-sifat rekayasa dan

bertujuan untuk memudahkan dalam hal pemeliharaan, ketepatan, keselamatan, dan akan mendukung mengoptimalkan fungsi-fungsi ekonomis pada pelaksanaan pemeliharaan suatu sistem. Hasil analisis *maintainability* tersebut dapat digunakan untuk mengetahui waktu rata-rata dari masing-masing faktor *maintainability*, sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk melaksanakan perencanaan pemeliharaan *preventif*, estimasi waktu perawatan yang diperkenankan dan dapat diketahui faktor-faktor yang dapat menyebabkan lamanya waktu perawatan serta usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk meminimalkan kerusakan yang dapat terjadi (Sodikin, 2008).

Availability merupakan penggambaran tingkat probabilitas kesiapan suatu mesin/komponen untuk digunakan. Fungsi *availability* merupakan fungsi probabilitas yang nilainya tergantung dari fungsi *reliability* dan *maintainability*, untuk meningkatkan probabilitas kesiapan faktor-faktor *availability* tergantung pada penerapan perencanaan berdasarkan analisis *maintainability* sehingga dapat meminimalkan tingkat kerusakan dan meningkatkan *reliability* sistem/komponen. Tingkat kesiapan operasional sebagai tingkat kesiapan nyata sistem dapat meningkat dengan memperkecil waktu tunda akibat kegiatan administrasi maupun kegiatan penyediaan fasilitas pendukung perawatan, sehingga dengan nilai hasil analisis *availability* dapat digunakan untuk menilai meningkatkan kinerja sumber daya perawatan yang ada (Sodikin, 2008).

Nilai keandalan (*reliability*) dalam suatu sistem/komponen semakin kecil seiring dengan waktu pengoperasiannya, berarti ketidakandalan sistem/komponen semakin meningkat. Dari hasil analisis *reliability* terlihat bahwa nilai ketidakandalan tersebut cenderung meningkat. Nilai ketidakandalan masing-masing menunjukkan tingkat penurunan fungsi komponen pada suatu periode waktu tertentu (Sukmono, 2005, Maolana, 2007, dan Sodikin, 2008).

persediaan jumlah suku cadang dapat ditentukan berdasarkan gambar *Spare-part requirement nomograph* dengan mempertimbangkan jumlah spare

part pada unit/mesin, pengadaan spare part tiap 6 bulan, dan jumlah spare part yang harus disediakan guna menjamin ketersediaan 95 % (Sodikin, 2008). Hasil analisis yang diperoleh adalah:

Distribusi kerusakan komponen Laju kerusakan mesin garu, berdasarkan pengolahan data kerusakan dengan program Arena 7.0 mengikuti distribusi Log-normal, demikian juga rantai garu.

Nilai *maintainability*, tolok ukur batas waktu perawatan yang dipergunakan adalah MTBM dan MTBF. Nilai MTBM = 3668,571 menit dan nilai MTBF = 7552,941 menit.

Nilai *availability*, nilai Probabilitas suatu sistem atau peralatan dalam keadaan ideal yang beroperasi secara memuaskan pada tiap waktu yang telah ditentukan 90,10 %. Nilai probabilitas bahwa sistem jika digunakan di bawah kondisi yang telah ditetapkan di dalam lingkungan dukungan ideal akan beroperasi dengan memuaskan pada sembarang waktu adalah 89,06 %. Nilai probabilitas suatu sistem atau peralatan jika digunakan di bawah kondisi yang telah ditetapkan dalam operasi lingkungan yang nyata akan beroperasi memuaskan jika dioperasikan adalah 88,10 %.

Nilai *reliability*, nilai keandalan komponen dalam suatu sistem selama waktu pengoperasiannya yaitu 99,53 %, cenderung menurun dengan laju kerusakan 0,000132 per menit atau 0,00792 kerusakan per jam.

Penentuan jumlah suku cadang Jumlah persediaan suku cadang dapat ditentukan dengan bantuan gambar *Spare-part requirement nomograph* dengan jumlah spare part pada rantai garu (mata rantai) sebanyak 40 buah, pengadaan spare-part tiap 6 bulan, dan jumlah spare part yang harus disediakan guna menjamin ketersediaan 95 %, maka jumlah suku cadang yang harus disediakan adalah 30 unit.

KESIMPULAN

Komponen daripada mesin garu tersebut jika mengalami kerusakan dengan frekuensi terbanyak dan menyerap dana yang besar adalah rantai garu (mata rantai), sehingga termasuk pada kelompok A (berdasarkan pengelompokan

model ABC), dan merupakan komponen kritis.

Performansi atau kinerja komponen rantai garu tercermin dari probabilitas keandalan dan ketidakandalannya. Jumlah suku cadang rantai garu yang harus disediakan minimal sebanyak 30 unit.

DAFTAR PUSTAKA

- Charles, E, E, 1997, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Mc Graw-Hill, Singapore.
- Gasperz, V, 1992, *Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*, edisi pertama, Tarsito, Bandung.
- Harjanto, E, 1996, *Manajemen Produksi dan Operasi*, Jakarta.
- Maolana, D, 2007, *Analisis Biaya Perawatan Komponen Mesin dengan Penyediaan Suku Cadang pada Departemen Finishing CV. Banjar Jaya*, Skripsi, Teknik Industri, IST. AKPRIND, Yogyakarta.
- Sodikin, I, 2008, *Penentuan Interval Perawatan Preventif Komponen Elektrik dan Komponen Mekanik yang Optimal pada Mesin Excavator Seri PC 200-6 dengan Pendekatan Model Jardine*, Jurnal Teknologi, Vol 1 No. 2, Desember 2008, ISSN: 1979-3405, IST AKPRIND, Yogyakarta.
- Sukmono, W, 2005, *Pengujian Distribusi dan Menentukan Jumlah Persediaan Maksimum & Minimum dari Komponen yang Mengalami Kerusakan dan Batas Pemesanan Kembali*, Skripsi, Teknik Industri, IST. AKPRIND, Yogyakarta.
- Yamit, Z, 1999, *Manajemen Persediaan*, Ekonosia UII, Yogyakarta.

PETA KENDALI-P UNTUK CACAT PRODUKSI KAIN DI PT RANJANG GAJAH TEKSTIL MENGGUNAKAN PENDEKATAN CONTROL CHARTS

Noeryanti¹

¹Jurusan matematika, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 16 April 2010, revisi masuk : 6 Juni 2010, diterima: 14 Juli 2010

ABSTRACT

The aim of this study was to know the a mount of production prosses ability at PT Ranjang Gajah Tekstil, by data of defect production. The observation based on secondary data, whereas the analysis approach used was p-control graphic with control chart. By using p-control graphic, it seemed that there was observation out of control caused by uncontrol production. Through some improvements, the result which was obtained showed that production process ability caused by lusi movement decreasing 0,163%, pakan movement decreasing 0,259%, ngapuk decreasing 0,054% , and sobek decreasing 0,041%. It was found that the special cause of defect data of lusi movement were, one the 21st observation cause of rusty sisir the 33rd, 34th adn 37th ones cause of broken fork gird. For pakan movement defects found that on the 1st, 2nd, 3rd, 16th, 17th, and 52nd ones caused by loose shuttle, on the 4th and 5th ones cause of less good shuttle replacement, and on the 6th one cause of sisir kecak. Therefore the result of this study used by the company in order to do improvements and be able to observe process ability continually in order to be stable.

Keywords: Cacat Produksi, Control Chart-p

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kemampuan proses produksi di perusahaan PT Ranjang Gajah Tekstil, dengan data cacat produksi. Observasi didasarkan pada data sekundair. Sedangkan pendekatan analisis yang digunakan adalah peta kendali-p dengan *control chart*. Menggunakan peta kendali-p, tampak adanya observasi yang berada diluar batas kendali yang menyebabkan produksi tidak terkendali. Dengan melalui beberapa perbaikan, hasil yang diperoleh menunjukkan kemampuan proses produksi cacat karena arah lusi berkurang sebesar 0,163%, cacat karena arah pakan berkurang sebesar 0,259%, cacat karena ngapuk berkurang sebesar 0,054% dan cacat karena sobek berkurang sebesar 0,041%. Hal ini disebabkan karena pada data cacat arah lusi ditemukan penyebab khusus yaitu observasi ke 21 karena sisir berkarat, observasi ke 33, 34, dan 37 karena fork grid macet. Untuk cacat arah pakan ditemukan observasi ke-1, 2, 3, 16, 17, 52 disebabkan karena shuttle kendor, observasi ke- 4, dan 5 disebabkan karena pergantian shuttle kurang baik, dan observasi ke-6 disebabkan karena sisir kecak. Sehingga hasil ini yang digunakan perusahaan agar dapat melakukan tindakan perbaikan dan dapat memantau kemampuan proses yang terus-menerus sepanjang waktu agar tetap stabil.

Kata kunci: Cacat Produksi, Peta Kendali-p

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia usaha saat ini sangat cepat di segala bidang terutama dilingkungan kerja pada perusahaan yang menginginkan perubahan dalam aktivitas ekonomi global. Setiap perusa-

haan selain mengutamakan kesejahteraan karyawannya juga mengutamakan kualitas hasil produksi agar mampu bersaing antar perusahaan untuk mempertahankan posisinya di pasar dunia. Harapan tersebut sering muncul banyak kendala, yang disebabkan oleh hasil produksi tidak sesuai dengan kualitas yang diinginkan oleh konsumen. Banyak faktor

¹snoeryanti@yahoo.com

yang berkaitan dengan hasil produksi yaitu tenaga kerja, bahan baku, peralatan, dan mesin yang digunakan. Jika ada salah satu faktor tersebut tidak bekerja dengan baik maka akibatnya adalah pemborosan waktu dan biaya. Bahkan hilangnya konsumen karena beralih ke produk lain.

Perusahaan PT Ranjang Gajah Tekstil (RAGATEX) merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi kain tenun, menginginkan seperti tersebut diatas, agar mampu bertahan dan bersaing dengan perusahaan lain, dan dapat memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat besarnya kemampuan proses produksi di perusahaan tersebut, apakah masih da lam kendali proses ataukah perlu melaku kan tindakan perbaikan agar tetap stabil. Data yang diambil sebagai obyek penelitian merupakan data sekundair dari hasil pro duksi yang cacat. Sedangkan pendekatan analisis yang digunakan adalah peta kendali-p dengan *control chart*.

Tahap-tahap proses produksi kain sarung tenun di PT RAGATEX meliputi: Proses reeling (*hank reeling*) yaitu mengubah bentuk benang dari bentuk paal menjadi hank, tujuannya untuk memper mudah dalam pemberian warna. Proses pencelupan (*hank dyeng*) yaitu pemberian warna benang dengan bahan pewarna yang telah diatur temperatur dan tekanannya, tujuannya memperoleh warna yang tidak mudah luntur sesuai dengan corak atau warna yang dikehendaki. Proses palet (*pim winding*) yaitu membuat atau memproduksi palet dari benang, tujuannya menyediakan benang atau pakan sesuai kebutuhan. Proses *narping* atau harni (*sectional narping*) yaitu membuat jajaran benang lusi atau gulungan dari hasil kelosan, tujuannya menyediakan barang harian untuk kebutuhan lusi. Proses cucuk (*rencing in*) yaitu memisahkan helaian benang menjadi dua lapis benang guna membentuk mulut lusi, tujuannya untuk jalannya pakan. Proses tenun (*weaving looms*) yaitu menyilangkan benang pakan kedalam benang lusi, tujuannya untuk memperoleh hasil anyaman sesuai dengan standar.

Proses inspeksi (*inspecting*) yaitu memisahkan atau mengklasifikasikan produk sarung yang baik maupun yang cacat, tujuannya untuk menghindari tercampurnya produk yang baik dengan yang BS. Proses jahit sarung (*sewing*) yaitu menghubungkan ujung dan pangkal kain sehingga terbentuk sarung. Proses pengepakan atau pengemasan (*packing*) yaitu memberikan logo/cap perusahaan dan membungkusnya secara rapi agar produk yang digunakan lebih menarik konsumen.

Rahim dan Hermawan (2004), menyarankan dalam menganalisa kecacatan produk, dianalisa kapabilitas prosesnya, dan kemudian menemukan faktor-faktor penyebabnya dan membuat prioritas untuk pengembangan selanjutnya. Akibat dari kecacatan, diplotkan pada peta kendali atribut P. Untuk mendapatkan penyebab dominan digunakan diagram pareto, dan faktor penyebab kerusakan digunakan fishbone diagram.

Kontrol kualitas statistik (*statistical quality control*) merupakan teknik/cara yang dapat digunakan untuk memonitor, mengendalikan, menganalisis, dan mengelola, memperbaiki produk. Serta proses menggu nakan metode-metode statistik disebut sebagai kontrol proses statistik ini (*statistical process control*). Keduanya dengan ber sama-sama dapat digunakan sebagai gambaran kinerja proses masa kini dan masa mendatang. Sedangkan menurut jenis datanya dibedakan menjadi dua golongan yaitu data variabel dan data atribut.

Beberapa langkah penyusunan peta kendali proses dengan control chart: (1) Memilih karakteristik yang direncanakan meliputi; pemberian prioritas pada karakteristik yang dijalankan saat ini dengan tingkat kesalahan yang paling tinggi, dan digunakan analisis Pareto. Penentuan titik paling awal dalam proses produksi dilakukan untuk mendapat kan informasi tentang penyebab khusus bahwa peta pengendali sebagai peringatan awal untuk mencegah kesalahan. (2) Memilih jenis peta pengendali yang sesuai. (3) Menentukan garis pusat (*center line*) yang merupakan rata-rata data masa lalu atau rata-rata yang dikehendaki. Garis batas tersebut biasanya berada

pada $\pm 3\sigma$, tetapi garis batas lain juga dapat dipilih berdasarkan resiko statistik yang berbeda. (4) Pemilihan sub kelompok. (5) Penyediaan an sistem pengumpulan data. Jika peta pengendali untuk alat pengendali diwajibkan, maka harus dibuat sederhana dan memenuhi pemakaian. (6) Perhitungan batas pengendali dan penyediaan instruksi khusus dalam interpretasi terhadap hasil dan tindakan para karyawan produksi tersebut. (7) Penempatan data dan membuat interpretasi terhadap hasilnya.

Untuk menentukan apakah proses berada dalam kontrol/pengendalian proses statistik menggunakan alat yang disebut peta pengendali (*control chart*) yang merupakan grafik sederhana dengan tiga garis, dimana garis tengah (*center line*) merupakan target nilai pada beberapa kasus, dan kedua garis lainnya merupakan batas pengendali atas (BPA) dan batas pengendali bawah (BPB). Peta pengendali ini memisahkan penyebab penyimpangan menjadi penyebab umum dan penyebab khusus melalui batas pengendalian. Bila penyimpangan atau kesalahan melebihi batas pengendalian, menunjukkan bahwa penyebab khusus telah masuk ke dalam proses dan proses harus diperiksa untuk mengidentifikasi penyebab dari penyimpangan yang berlebihan. Pengendalian kualitas proses untuk data variabel seringkali disebut sebagai metode peta pengendali. Metode ini digunakan untuk menggambarkan variasi atau penyimpangan yang terjadi pada kecenderungan memusat dan penyebaran observasi. Metode ini juga dapat menunjukkan apakah proses dalam kondisi stabil atau tidak. Karena data penelitian disini menggunakan data atribut, maka kontrol kualitas proses untuk data variabel tidak dijabarkan secara lengkap.

Keuntungan pengambilan data atribut pada pengendalian kualitas proses statistik adalah jika ada pengukuran yang tidak dapat dilakukan, misalnya goresan, kesalahan, warna, atau ada bagian yang hilang, dapat meminimalkan keterbatasan dalam data variabel dengan menyediakan semua informasi kualitas untuk dapat mengurangi biaya produksi, dapat digunakan disegala

bidang organisasi, perusahaan, departemen, pusat-pusat kerja, dan mesin-mesin serta dapat membantu mengidentifikasi akar permasalahan baik pada tingkat umum maupun pada tingkat yang lebih mendetail.

Jenis peta pengendali kualitas proses statistik untuk data atribut adalah *p-chart*, *np-chart*, *c-chart*, *u-chart*. *P-chart* di gunakan untuk mengukur proporsi ketidak sesuaian atau cacat dari item-item dalam kelompok yang sedang diinspeksi. *np-chart* dasarnya sama dengan peta kendali p, kecuali dalam peta control np terjadi perubahan skala pengukuran. Peta control np menggunakan banyaknya item yang cacat dalam suatu pemeriksaan. *C-chart* menunjukkan bagian ketidaksesuaian dalam unit yang diinspeksi seperti mobil, pakaian, atau satu gulung kain/kertas. *U-chart* digunakan pada situasi dimana ukuran sampel bervariasi. Kategori lain peta pengendali kualitas proses untuk data atribut ini berkaitan dengan kombinasi ketidaksesuaian berdasarkan bobot. Bobot ini dipengaruhi banyaknya ketidaksesuaian. Jenis peta ini disebut *U-chart* atau *demerit control chart*. (Prajogo, 2009)

Untuk menyusun peta pengendalian proses statistik pada data atribut diperlukan beberapa langkah yaitu: Menentukan sasaran yang akan dicapai, Menentukan banyaknya jumlah sampel, Mengumpulkan data, Menentukan garis pusat dan batas-batas pengendali, Merevisi garis pusat dan batas-batas pengendali. (Dorothea, 2003)

Proporsi kesalahan (*p-chart*) dan banyaknya kesalahan (*np-chart*) digunakan untuk mengetahui apakah cacat produk yang dihasilkan masih dalam batas kendali, bila sampel yang diambil dalam setiap kali melakukan observasi jumlahnya sama. Namun bila sampel yang diambil bervariasi untuk setiap kali melakukan 100% inspeksi maka menggunakan peta pengendali proporsi kesalahan (*p-chart*). Formulasi yang digunakan: Jika banyaknya sampel konstan, maka proporsi cacat sampel $p = x/n$; p =proporsi cacat, x = banyak produk yang cacat dan n = banyaknya sampel

Garis pusat (*center line*), nilai BPA dan BPB adalah:

$$GP p = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{n.g} \dots\dots\dots (1)$$

$$BPA p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (2)$$

$$BPB p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:
 \bar{p} =garis pusat peta pengendali
 p_i =proporsi kesalahan setiap sampel,
 n =banyaknya sampel
 g =banyaknya observasi

Jika banyaknya sampel tidak sama, maka digunakan peta pengendali proporsi kesalahan (p-chart). Ada tiga pilihan model yaitu:

Model harian / Individu, garis pusat, BPA dan BPB adalah:

$$GP p = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{\sum_{i=1}^g n_i} \dots\dots\dots (4)$$

$$BPA p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \dots\dots\dots (5)$$

$$BPB p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \dots\dots\dots (6)$$

dimana:
 \bar{p} =garis pusat peta pengendali
 x_i =banyaknya kesalahan sampel-i,
 n_i =banyaknya sampel ke-i
 g =banyaknya observasi

Model rata-rata, garis pusat, BPA dan BPB adalah:

$$GP p = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{\sum_{i=1}^g n_i} \dots\dots\dots (7)$$

$$BPA p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \dots\dots\dots (8)$$

$$BPB p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \dots\dots\dots (9)$$

dengan: $\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^g n_i}{g}$; p_i, x_i, n_i dan g seperti diatas.

Berdasarkan pertimbangan perusahaan. Yang dimaksud adalah dengan me ngambil sampel yang jumlahnya dite tapkan oleh perusahaan. Bila ternyata sampel mendekati jumlah yang ditetap kan perusahaan, maka digunakan peta pengendali yang terdekat. Rumus yang digunakan untuk menghitung garis pusat dan batas pengendalinya sama dengan kedua model sebelumnya.

Peta pengendali ini digunakan un- tuk mengadakan pengujian terhadap kualitas proses produksi. Adapun cara menentukan garis tengah dan batas-ba- tas pada masing-masing peta pengendali adalah:

Jika banyaknya sampel konstan, di gunakan peta pengendali c (c-chart) atau peta pengendali u (u-chart) Formula Peta pengendali c (c-chart)

$$GPC = \bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^g c_i}{g}; BPAc = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\text{dan } BPBc = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \dots\dots\dots (10)$$

dimana: \bar{c} = garis pusat, c_i = banyaknya kesalahan setiap unit produk sebagai sampel dalam setiap observasi, g = banyak nya observasi yang dilakukan

Formula Peta pengendali u (u-chart)

$$GPU = \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^g c_i}{ng}; BPAu = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{N}}$$

$$\text{dan } BPBu = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{N}} \dots\dots\dots (11)$$

dimana: \bar{c} = garis pusat, c_i = banyak nya kesalahan setiap unit produk sebagai sampel dalam setiap observa si, g = banyaknya observasi yang di lakukan, n = ukuran sampel.

Jika banyaknya sampel tidak sama, digunakan model harian/Individu atau model rata-rata.

Model Harian/Individu, formulanya:

$$GPU = \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^g c_i}{n}; BPAu = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

dan $BPBu = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$ (12)

Model rata-rata, digunakan formula:

$$GPU = \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^g c_i}{\bar{n}}, \text{ dengan } \bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^g n_i}{g};$$

$$BPAu = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}; BPBu = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}} \dots (13)$$

dimana: c_i =banyaknya kesalahan setiap observasi, \bar{n} = rata-rata ukuran sampel. (Douglas, 1998), Dorothea, 2003 <http://www.google.co.id/>

Dalam menganalisis kemampuan proses dikenal ada tiga teknik utama yang digunakan, histogram (grafik probabilitas), grafik pengendali, dan rancangan percobaan. Penyelesaian dalam penelitian ini, penulis memilih menggunakan peta kendali-p dalam menentukan kemampuan proses.

Langkah-langkah dalam melakukan analisis kemampuan proses menggunakan peta kendali-p adalah: (1). Tentukan ukuran sampel yang cukup besar ($n > 30$). (2). Kumpulkan 20-25 sub sampel. (3). Membuat peta kendali-p. (4). Apabila data pengamatan menunjukkan bahwa proses berada dalam pengendalian, maka tentukan kapabilitas proses menghasilkan produk yang sesuai (tidak cacat) sebesar $(1 - \bar{p})$ atau $(100\% - \bar{p}, \%)$, hal ini serupa dengan proses menghasilkan produk cacat sebesar \bar{p} . (5). Apabila data pengamatan menunjukkan bahwa proses berada dalam pengendalian, gunakan peta kontrol p untuk memantau proses terus-menerus. Tetapi apabila data pengamatan menunjukkan bahwa proses tidak berada dalam pengendalian, proses itu harus diperbaiki terlebih dahulu sebelum menggunakan peta kontrol itu untuk pengendalian proses selanjutnya. (Prayogo, 2009), <http://www.bibsonomy.org/author/Prajogo>.

Six-sigma merupakan sebuah metodologi terstruktur untuk memperbaiki proses yang difokuskan pada usaha

mengurangi variasi proses (*process variances*) sekaligus mengurangi cacat (produk/jasa yang diluar spesifikasi) dengan menggunakan statistik dan *problem solving tools* secara intensif. Secara harfiah, six sigma (6σ) adalah suatu besaran yang bisa kita terjemahkan secara gampang sebagai sebuah proses yang memiliki kemungkinan cacat (*defects opportunity*) sebanyak 3.4 buah dalam satu juta produk/jasa. Ada banyak kontroversi di sekitar penurunan angka six sigma menjadi 3.4 dpmo (*defects per million opportunities*). Namun bagi kita, yang penting intinya adalah six-sigma sebagai *metric* merupakan sebuah referensi untuk mencapai suatu keadaan yang nyaris bebas cacat. Dalam perkembangannya, 6σ bukan hanya sebuah *metric*, namun telah berkembang menjadi sebuah metodologi dan bahkan strategi bisnis. (Gaspersz, 2006), (Trihendradi, 2006)

PEMBAHASAN

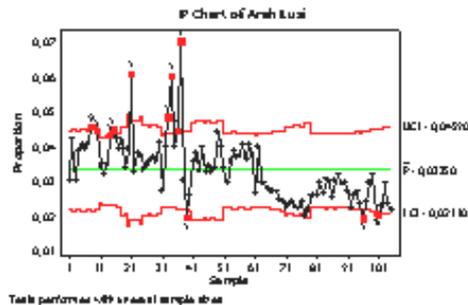
Data yang diperoleh merupakan data sekundair dari PT Ranjang Gajah Tekstil sebagai hasil produksi kain yang cacat/gagal dalam proses produksinya, selama 105 hari kerja, mulai bulan April sampai dengan Juli tahun 2009 melalui salah satu alumni PS Statistika IST Akprind yang bernama Yusnita (2009).

Ada 4 kerusakan yang diidentifikasi sebagai cacat produksi yang disebabkan karena adanya; (1) Cacat arah lusi meru pakan cacat yang terjadi pada proses pertununan yang disebabkan karena arah dari benang lusi mengalami salah arah, sehingga hasil anyaman atau tenunan sarung tidak sempurna. Cacat arah lusi juga bisa terjadi karena adanya benang lusi yang putus. (2) Cacat arah pakan meru pakan cacat yang terjadi pada proses pertununan yang disebabkan karena arah dari benang pakan mengalami salah arah, sehingga hasil anyaman atau tenunan sarung tidak sempurna. Cacat arah pakan juga bisa terjadi karena adanya benang pakan yang putus. (3) Cacat Ngapuk merupakan cacat berupa permukaan kain terdapat gumpalan-gumpalan anyaman yang tidak sempurna, sehingga kain tak rata (tampak bergelombang). (4) Cacat

sobek merupakan cacat yang terjadi karena adanya kain tenun yang sobek.

Hasil perhitungan-perhitungan peta kendali-p melalui control chart, dengan bantuan Minitab dan Excel diperoleh:

Cacat arah lusi, berdasarkan data cacat produksi karena cacat arah lusi diperoleh : Banyak data 105 observasi, Garis pusat sebesar $\bar{p}_{AL} = 0,03350$, Nilai BPA dan BPB sebesar 0,04590 dan 0,02110, dan apat dibuat peta kendali-p seperti Gambar 1.

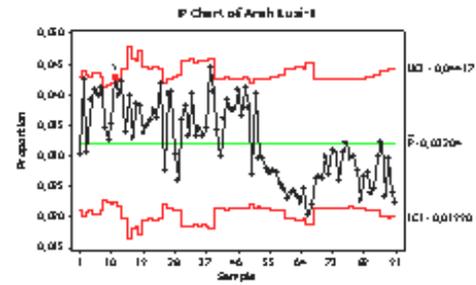


Gambar 1. Peta kendali-p cacat arah lusi

Dari peta kendali-p Gambar 1, terdapat 14-observasi telah berada diluar batas kendali-p yaitu observasi ke: 8; 9; 10; 14; 15; 21; 33; 34; 36; 37; 39; 96; 100; dan 101, yang menyebabkan produksi dikatakan tidak terkendali. Hal ini disebabkan oleh se bab khusus. Dimana observasi ke-21 di sebabkan karena sisir berkarat, sedang kan observasi ke-33, 34 dan 37 disebab kan karena fork grid macet. Sedangkan pada observasi ke-39, 96, 100, dan 101 berada di luar batas pengendali bawah, yang menunjukkan adanya perbaikan kualitas. Oleh karena itu perlu adanya perbaikan (revisi).

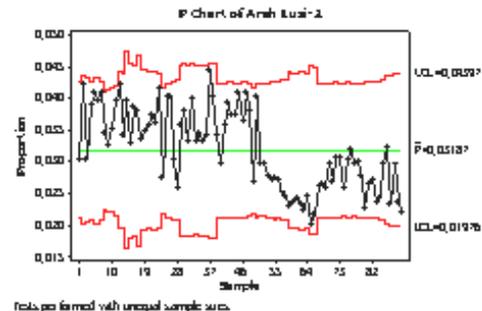
Setelah dilakukan perbaikan dengan cara menghapus 14 observasi yang berada diluar batas kendali-p tersebut diperoleh : banyaknya data 91-observasi, garis pusat setelah perbaikan ke-1 adalah: $\bar{p}_{AL} = 0,03204$, nilai BPA dan BPB setelah revisi ke-1 adalah 0,04417 dan 0,01990 dan dapat dibuat peta kendali-p seperti Gambar 2.

Dari peta kendali-p Gambar 2, tampak bahwa ada satu data yaitu observasi ke-11 masih berada diluar batas kendali yang menyebabkan produksi dikatakan tidak terkendali. Sehingga perlu adanya perbaikan



Gambar 2. Peta kendali-p cacat arah lusi setelah revisi ke-1

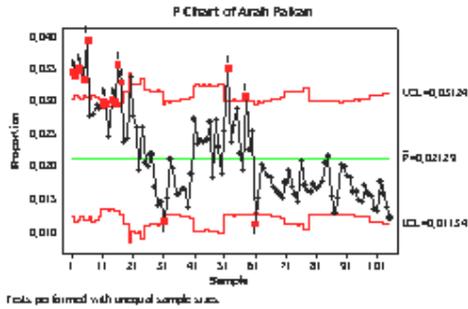
Setelah dilakukan perbaikan ke-2 dengan cara menghapus observasi ke-11 diperoleh hasil: banyaknya data 90 observasi, garis pusat setelah perbaikan ke-2 adalah $\bar{p}_{AL} = 0,03187$, nilai BPA dan BPB setelah perbaikan ke-2 adalah 0,04397 dan 0,01976 dan dapat dibuat peta kendali-p seperti Gambar 3 b.



Gambar 3. Peta kendali-p cacat arah lusi setelah revisi ke-2

Dari peta tersebut tampak bahwa semua data telah berada dalam batas kendali-p artinya kemampuan proses menghasilkan produk yang cacat karena arah lusi sebesar 3,187% , atau kemampuan proses menghasilkan produk kain sarung tenun yang tidak cacat sebesar 96,813%. Hasil ini yang digunakan sebagai perencanaan perusahaan dalam memperbaiki produknya untuk periode berikutnya.

Berdasarkan data cacat produksi kain sarung tenun yang disebabkan karena arah pakan diperoleh hasil: Banyaknya data 105 observasi, garis pusat adalah $\bar{p}_{AP} = 0,02129$, nilai BPA dan BPB adalah 0,03124 dan 0,01134, dan dari hasil perhitungan dapat dibuat peta kendali-p seperti Gambar 4.



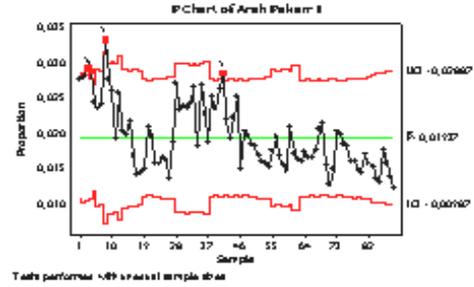
Gambar 4 Peta kendali-p cacat arah pakan

Dari Gambar 4 tampak ada 16 observasi yang berada diluar batas kendali-p yaitu observasi ke: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 31, 52, 58 dan 61 yang menyebabkan produksi dikatakan tidak terkendali. Hal ini disebabkan oleh sebab khusus. Dimana pada observasi ke-1, 2, 3, 16, 17, 52 disebabkan karena shuttle kendor, observasi ke 4 dan 5 disebabkan karena pergantian shuttle kurang baik, dan observasi ke-6 disebabkan karena sisir kecak. Sedangkan pada observasi ke-31 dan 61 berada di batas pengendali bawah, yang menunjukkan adanya perbaikan kualitas. Sementara data yang lainnya, meskipun terjadi cacat, tetapi masih dalam batas kendali.

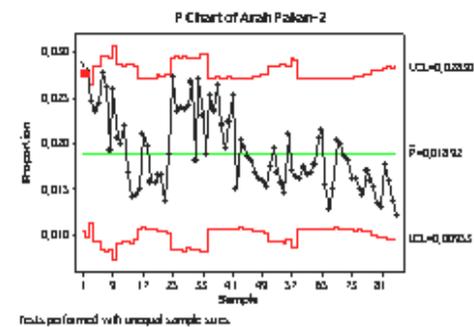
Setelah dilakukan perbaikan dengan cara menghapus data-data yang berada diluar batas kendali-p, diperoleh: banyaknya tinggal 89-observasi, garis pusat setelah revisi ke-1 adalah $\bar{p}_{AP} = 0,01937$, nilai BPA dan BPB setelah revisi ke-1 adalah 0,02887 dan 0,00987, dan dapat dibuat peta kendali-p seperti Gambar 5.

Dari gambar 5 tampak bahwa ada 4 observasi yaitu pada data ke 3; 4; 8; 41 yang berada diluar batas kendali-p yang menyebabkan produksi tidak terkendali.

Sehingga perlu adanya perbaikan ke-2. Setelah dilakukan perbaikan dengan cara menghapus ke-4 observasi diperoleh: banyaknya data 85-observasi, garis pusat setelah revisi ke-2 adalah $\bar{p}_{AP} = 0,01892$, nilai BPA dan BPB setelah perbaikan ke-2 adalah 0,02830 dan 0,00953, dan berdasarkan hasil diatas dapat dibuat peta kendali-p seperti gambar 6.

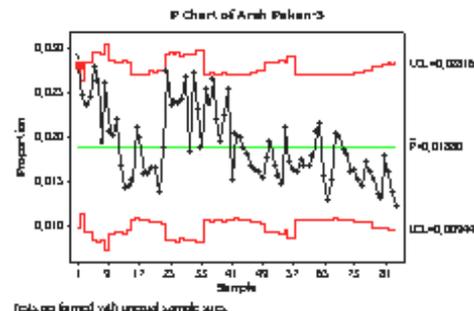


Gambar 5 Peta kendali-p cacat arah pakan setelah revisi ke-1



Gambar 6 Peta kendali-p cacat arah pakan setelah revisi ke-2

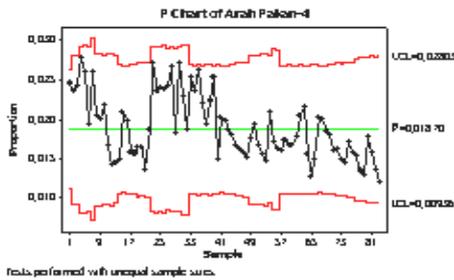
Dari gambar 6, ada 1-observasi yang masih berada diluar batas kendali-p yang menyebabkan produksi dikatakan tidak terkendali. Sehingga perlu adanya revisi ke-3. Setelah menghapus observasi ke-1, diperoleh: Banyaknya data 84-observasi, Garis pusat setelah revisi ke-3, adalah: $\bar{p}_{AP} = 0,01880$, Nilai BPA dan BPB setelah revisi ke-3 adalah 0,02816 dan 0,00944, dan dari perhitungan diatas dibuat peta kendali-p seperti Gambar 7.



Gambar 7 Peta kendali-p cacat arah pakan setelah perbaikan ke-3

Dari gambar 7 tampak ada 1ob-
servasi yaitu pada observasi ke-1 masih

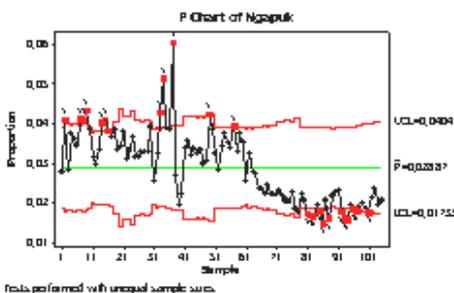
berada diluar batas kendali yang menyebabkan produksi dikatakan tidak terkendali, sehingga perlu adanya perbaikan ke-4. Setelah dilakukan revisi dengan menghapus observasi ke-1, diperoleh: Banyaknya data 83-observasi, Garis pusat setelah revisi ke-4 adalah $\bar{p}_{AP} = 0,01870$, Nilai BPA dan BPB setelah revisi ke-4 adalah 0,02803 dan 0,00936, dan dapat dibuat peta kendali-p seperti Gambar 8.



Gambar 8 Peta kendali-p cacat arah pakan setelah revisi ke-4

Setelah dilakukan revisi ke-4, semua observasi berada didalam peta kendali-p artinya kemampuan proses menghasilkan produk yang cacat karena arah pakan sebesar 1,870%, atau menghasilkan produk tidak cacat sebesar 98,13%, masih dalam batas kendali produk.

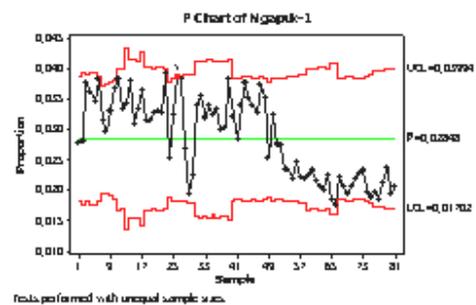
Cacat Ngapuk, berdasarkan data cacat produksi yang disebabkan karena arah ngapuk diperoleh: banyaknya data 105 observasi, garis pusat adalah: $\bar{p}_{NG} = 0,02887$, Nilai BPA dan BPB adalah 0,04041 dan 0,01733 dan dari hasil diatas dapat dibuat peta kendali-p seperti Gambar 9.



Gambar 9 Peta kendali-p cacat Ngapuk

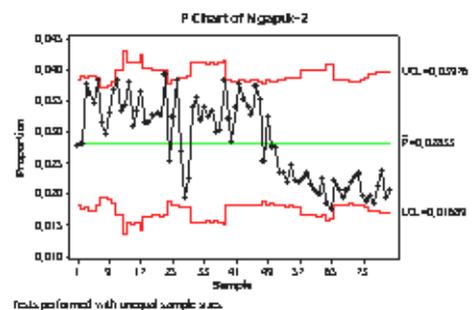
Dari Gambar 9 tampak ada 24-observasi berada diluar batas kendali-p

yaitu observasi ke: 2; 7; 8; 9; 14; 15; 16; 33; 34; 37; 49; 57; 81; 82; 83; 85; 86; 88; 92; 93; 94; 96; 97; dan 101 yang menyebabkan produksi tidak terkendali. Setelah dilakukan perbaikan dengan cara menghapus ke 24-observasi diperoleh hasil:banyaknya data 81-observasi, garis pusat setelah revisi ke-1 adalah $\bar{p}_{NG} = 0,02848$,Nilai BPA dan BPB setelah revisi ke-1 adalah 0,03994 dan 0,01702, dan dari hasil diatas dapat dibuat peta kendali-p seperti Gambar 10.



Gambar 10 Peta kendali-p cacat Ngapuk setelah revisi ke-1

Dari Gambar 10 tampak bahwa ada satu observasi yang masih berada diluar batas kendali-p yang menyebabkan produksi tidak terkendali. Sehingga perlu adanya perbaikan ke-2. Setelah dilakukan perbaikan dengan cara menghapus observasi ke-26, diperoleh: banyaknya data 80-observasi, garis pusat setelah revisi ke-2 adalah $\bar{p}_{NG} = 0,02833$, nilai BPA dan BPB setelah revisi ke-2 adalah 0,03976 dan 0,01689, dan dari hasil diatas dapat dibuat peta kendali-p seperti Gambar 11.

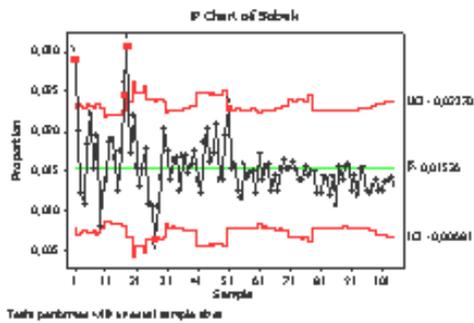


Gambar 11 Peta kendali-p cacat Ngapuk setelah revisi ke-2

Dari Gambar 11, tampak bahwa semua data telah berada dalam batas

kendali-p yang artinya bahwa kemampuan proses menghasilkan produk yang cacat karena ngapuk sebesar 2,833% dan tidak cacat sebesar 97,167%. Sehingga peta kendali ini digunakan sebagai perencanaan pengendalian mendatang

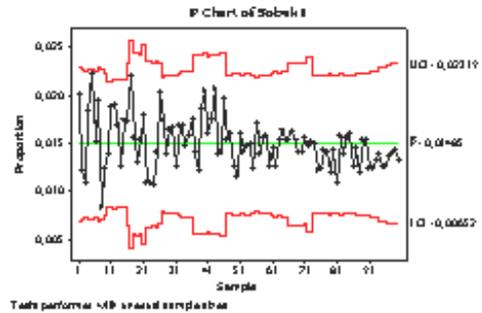
Cacat sobek, berdasarkan data cacat produksi yang disebabkan karena cacat sobek, diperoleh: banyaknya data 105 observasi, garis pusat adalah $\bar{p}_{SO} = 0,01526$, nilai BPA dan BPB adalah 0,02370 dan 0,00681. Berdasarkan perhitungan diatas dapat dibuat peta kendali-p seperti Gambar 12.



Gambar 12. Peta kendali-p cacat Sobek

Dari Gambar 12 tampak bahwa terdapat 5-observasi telah berada diluar batas kendali-p yaitu observasi ke: 1; 17; 18; 27; dan 51, yang menyebabkan produksi dikatakan tidak terkendali, hal ini disebabkan oleh sebab khusus. Oleh karena itu perlu adanya perbaikan. Setelah dilakukan revisi ke-1 yaitu dengan cara menghapus data-data yang berada diluar batas kendali, diperoleh: banyaknya data 100-observasi, garis pusat setelah perbaikan ke-1 adalah: $\bar{p}_{SO} = 0,01485$, Nilai BPA dan BPB setelah revisi ke-1 adalah 0,02319 dan 0,00652, dan berdasarkan perhitungan diatas dapat dibuat peta kendali-p Gambar 13.

Dari Gambar 13 tampak bahwa semua data telah berada dalam batas peta kendali-p. Artinya kemampuan proses menghasilkan produk yang cacat karena sobek sebesar 1,485% atau menghasilkan produk yang tidak cacat sobek sebesar 98,515%. Hal ini berarti bahwa kemampuan proses pengendalian kualitas ini dapat digunakan sebagai perencanaan pengendalian mendatang.



Gambar13. Peta kendali-p cacat sobek setelah revisi ke-1

KESIMPULAN

Hasil analisis Peta Kendali P ini untuk cacat produksi pada kain di PT Ranjang Gajah Tekstil ini menggunakan pendekatan control chart, selama 105 hari kerja dimulai bulan April sampai dengan Juli tahun 2009, sebagai berikut:

Berdasarkan data cacat produksi yang disebabkan karena cacat arah lusi, diperoleh informasi bahwa rata-rata cacat produksi sebelum adanya perbaikan sebesar $\bar{p}_{AL} = 0,03350$. Setelah dilakukan 2 kali revisi diperoleh rata-rata cacat produksi sebesar $\bar{p}_{AL} = 0,03187$. Hal tersebut menunjukkan kemampuan proses menghasilkan produk cacat karena arah lusi berkurang 0,163%. Hasil ini yang digunakan perusahaan dalam memperbaiki proses produknya untuk periode berikutnya.

Berdasarkan data cacat produksi yang disebabkan karena arah pakan, diperoleh rata-rata cacat produksi sebelum adanya perbaikan sebesar $\bar{p}_{AP} = 0,02129$. Setelah dilakukan perbaikan sebanyak 4-kali diperoleh rata-rata cacat produksi sebesar $\bar{p}_{AP} = 0,01870$. Hasil ini menunjukkan kemampuan proses menghasilkan produk cacat karena arah pakan berkurang 0,259%. Sehingga hasil ini yang digunakan perusahaan dalam memperbaiki proses produknya untuk periode berikutnya.

Berdasarkan data cacat produksi kain sarung tenun yang disebabkan karena arah ngapuk, sebelum dilakukan perbaikan diperoleh rata-rata sebesar $\bar{p}_{NG} = 0,02887$. Setelah dilakukan perbaikan sebanyak 2-kali diperoleh rata-rata

sebesar $\bar{p}_{NG} = 0,02833$. Hasil ini menunjukkan adanya kemampuan proses menghasilkan produk cacat karena ngapuk berkurang 0,054%. Sehingga hasil yang digunakan perusahaan dalam memperbaiki proses produksinya untuk periode berikutnya.

Berdasarkan data cacat produksi kain sarung tenun disebabkan karena cacat sobek diperoleh rata-rata produksi sebelum adanya perbaikan sebesar $\bar{p}_{SO} = 0,01526$. Setelah dilakukan perbaikan 1-kali diperoleh rata-rata produksi karena cacat sobek sebesar $\bar{p}_{SO} = 0,01485$. Hasil ini menunjukkan adanya kemampuan proses menghasilkan produk cacat karena sobek berkurang 0,041%. Sehingga hasil yang digunakan perusahaan dalam memperbaiki proses produksinya untuk periode berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Dorothea, W.A., 2003, *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas)*, Andi, Yogyakarta
- Douglas, C.M., 1998, *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Gaspersz, V., 2006, *Continuous Cost Reduction Through Lean Sigma Approach*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Prajogo, D., 2009, Studi Tentang Peta Kendali-p Yang Distandarisasi Untuk Proses Pendek Kualitas, *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 2, No. 1, Mei, Petra Christian University Surabaya, Indonesia.
- Rahim, M.A dan Hermawan, 2004, Aplikasi Statistic Process Control Pada Pengendalian Kualitas Plywood, *Jurnal Heuristic* Vol 1 no 2, Oktober, ISSN 1693-8232, Untag 45 Surabaya
- Trihendradi, 2006, *Statistik Six Sigma dengan Minitab Panduan Cerdas Inisiatif Kualitas 6 σ* , Andi, Yogyakarta
- Yusnita, 2009, Analisis kemampuan Proses untuk Peningkatan Kualitas Sarung Tenun di PT Ragatex Tahun 2008, IST Akprind, Yogyakarta.
- <http://www.bibsonomy.org/author/Prajogo>
<http://www.google.co.id/>

ANALISIS REAKSI BERANTAI PADA TAHAP PROSES PENGELASAN DI PT MULTIFAB

P. Wisnubroto¹, Endang Widuri Asih², Indra Gunawan³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 16 Mei 2010, revisi masuk : 14 Juni 2010, diterima: 19 Juli 2010

ABSTRACT

PT. MULTIFAB is a company engaged in the field of technical companies highly specialist themselves in the field of production, fabrication equipment and specialized structures used in the chemical industry, petrochemical and oil and gas. In the normal process of production, especially in the welding process, its output is still a lot of experience of disability. Efforts to increase product quality and prevent and minimize product failure, this requires an analysis of quality control that is with a chain reaction analysis. From the data processing, as an early stage concept identifiers use problem FMEA, failure indicates that the effects of the highest-rated Slag Inclusion Risk Priority Number (RPN) at 256. Stage of quality improvement can be made using the method of Kaizen Kaizen is the Five-Step Plan and the 5W 1H. Chain reaction from the results of quality improvement. This is done by measuring the productivity of labor performed before and after improvement of quality. From the measurement of productivity, an increase of 0.01 and calculating the cost of reworks the calculation result of Rp 880 956. Based on the results of processing data on improved quality, causing a chain reaction that is after improved quality, productivity will increase and production costs will decrease because the repair of products will be reduced.

Keywords: Quality Improvement Kaizen, Chain Reaction, FMEA, rework costs

INTISARI

PT. MULTIFAB merupakan perusahaan yang bergerak di bidang perusahaan teknis yang sangat spesialis diri dalam bidang produksi, fabrikasi peralatan dan struktur khusus yang digunakan dalam industri kimia, petrokimia serta minyak dan gas. Dalam kegiatan proses produksi khususnya pada proses pengelasan, *output* nya masih banyak mengalami kecacatan. Upaya untuk meningkatkan kualitas produk serta mencegah dan meminimasi kegagalan produk, hal ini memerlukan suatu analisis pengendalian kualitas yaitu dengan analisis reaksi berantai. Dari hasil pengolahan data, sebagai tahap awal pengidentifikasi masalah menggunakan konsep FMEA, menunjukkan bahwa efek kegagalan tertinggi yaitu *Slag Inclusion* dengan rating *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 256. Tahap perbaikan kualitas dapat dilakukan menggunakan metode kaizen yaitu Kaizen Five-Step Plan dan 5W 1H. Reaksi berantai dari hasil perbaikan kualitas. Dengan ini dilakukan pengukuran produktivitas tenaga kerja dilakukan sebelum dan sesudah perbaikan kualitas. Dari hasil pengukuran produktivitas, terjadi peningkatan sebesar 0,01 dan perhitungan biaya *rework* diperoleh hasil perhitungan sebesar Rp 880.956. Berdasarkan hasil pengolahan data mengenai perbaikan kualitas, menyebabkan reaksi berantai yaitu setelah perbaikan kualitas, produktivitas kerja akan meningkat dan biaya produksi akan berkurang karena *repair* produk akan berkurang.

Kata kunci: Perbaikan Kualitas Kaizen, Reaksi Berantai, FMEA, Produktivitas, Biaya Rework.

PENDAHULUAN

Kualitas menjadi faktor dasar keputusan konsumen dalam pemilihan produk atau jasa yang digunakan (Ari-

ani, D.W., 2005). Gejala ini meluas dan tanpa membedakan status konsumen apakah perorangan, kelompok industri, ataupun toko pengecer. Sebab itulah,

¹ wisnu_rini@yahoo.com

kualitas menjadi faktor kunci keberhasilan bisnis, pertumbuhan dan peningkatan posisi bersaing perusahaan.

PT. MULTIFAB ini merupakan perusahaan yang bergerak di bidang perusahaan teknis yang menspesialiskan diri dalam bidang produksi, fabrikasi peralatan dan struktur khusus yang digunakan dalam industri kimia, petrokimia serta minyak dan gas, berusaha terus melakukan perbaikan yang berhubungan dengan kualitas dan peningkatan efisiensi proses produksinya guna memenuhi kepuasan pelanggan.

Terkait dengan masalah tersebut dengan ini penelitian dilakukan untuk mengetahui bagaimanakah cara mencegah dan mengendalikan variasi cacat yang timbul pada proses pengelasan, dengan menggunakan analisis reaksi berantai yang merupakan salah satu upaya pengendalian kualitas yang berkesinambungan (*kaizen*), dimana dengan perbaikan kualitas akan meningkatkan produktivitas kerja dan menurunkan biaya produksi. Namun dalam hal ini diperlukan suatu metode untuk mengidentifikasi potensi, penyebab serta efek kegagalan yang akan terjadi. Untuk tindakan ini, analisis kegagalan dapat dilakukan dengan menggunakan suatu konsep yaitu *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dengan tujuan untuk mengetahui penyebab dan pengaruh kecacatan dari produk. Kemudian Upaya peningkatan kualitas tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan alat-alat implementasi *Kaizen* yang meliputi *Kaizen Five-Step Plan*, 5W dan 1H, sehingga terjadi peningkatan kualitas dan kapabilitas proses pengelasan yang dikerjakan oleh departemen pengelasan PT. MULTIFAB. Adapun data yang digunakan dalam pengolahan data adalah data cacat bulan Mei s/d Desember 2008.

Peta Kendali (*Control Chart*) pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Waller Andrew Shewhart dari Amerika Serikat, pada tahun 1921 dengan maksud untuk menghilangkan variasi tidak normal melalui pemisahan variasi yang disebabkan oleh penyebab khusus (*special cause variation*) dari variasi yang

di sebabkan oleh penyebab umum (*common cause variation*)

Peta kendali C digunakan untuk mengendalikan proporsi dari item-item yang tidak memenuhi syarat spesifikasi yang ditetapkan yang berani dikategorikan cacat. Langkah-langkah pembuatan peta kendali C menurut Montgomery D.C. (1990) berikut: 1. Hitung jumlah cacat setiap subgrup. 2. Hitung rata-rata, dengan rumus:

$$\bar{c} = \frac{\text{Jumlah Ketidaksesuaian}}{n} \dots\dots(1)$$

Hitung batas kendali C

$$UCL = \bar{c} + 3 \sqrt{\bar{c}} \dots\dots\dots(2)$$

$$LCL = \bar{c} - 3 \sqrt{\bar{c}} \dots\dots\dots(3)$$

Plot data proporsi (persentase) unit cacat dan amati apakah data itu berada dalam pengendalian atau berada diluar pengendalian. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, adalah suatu penaksiran elemen per elemen secara sistematis untuk menyoroti akibat-akibat dari kegagalan komponen, produk, proses atau sistem yang dalam memenuhi keinginan dan spesifikasi konsumen, termasuk dalam keamanan. Hal itu ditandai dengan nilai yang tinggi diatas elemen dari komponen, produk, proses atau sistem, memerlukan prioritas, penanganan untuk mengurangi kegagalan (melalui desain ulang, perbaikan secara terus-menerus, pendukung keamanan, tinjauan perancangan, dll).

Pendekatan *Kaizen* dalam usaha perbaikan, Tahap awal dalam perbaikan ialah dengan mengenali keperluan yang akan diperbaiki (Gaspersz, V., 2002). Ini didapat melalui mengenali masalah, walaupun dalam keadaan tertentu tidak dianggap sebagai masalah. *Kaizen* menekankan kepada kesadaran terhadap masalah dan melibatkan proses penyelesaian masalah melalui kaedah-kaedah penyelesaian masalah tertentu. Usaha perbaikan di anggap telah tercapai apabila suatu masalah dapat diselesaikan. Alat Implementasi *Kaizen* (Gaspersz, V., 1997)

Konsep 5W+1H, adalah salah satu alat pola pikir untuk menjalankan roda PDCA dalam kegiatan *Kaizen*

adalah dengan teknik bertanya dengan pertanyaan-an dasar 5W+1H (*what, Who, Why, Where, When, dan How*). Untuk mendapatkan solusi 5W+1H dapat dilakukan dengan cara teknik diskusi atau *brainstorming*. Pada kasus perbaikan proses, dapat digunakan alat untuk mempermudah berupa diagram alir. Gunakan diagram alir dengan proses yang sekarang sebagai dokumen dasar. Identifikasi bagaimana proses itu seharusnya diperbaiki dan dimodifikasi untuk merefleksikan perubahan-perubahan yang diajukan guna perbaikan terus-menerus (Hartanto, C., 2008).

Kaizen Five Step Plan, rencana lima langkah ini merupakan pendekatan dalam implementasi *Kaizen* yang digunakan perusahaan-perusahaan Jepang. Langkah ini sering disebut gerakan 5-S yang merupakan inisial kata Jepang yang dimulai dengan huruf S yaitu : *Se-iri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*.

Reaksi Berantai Dalam Perbaikan Kualitas, Premis tersebut menyatakan: "Apabila kualitas diperbaiki, biaya akan turun dan produktivitas naik". Implikasi premis tersebut adalah dengan rendahnya biaya dan kualitas yang tinggi, maka terciptalah potensi untuk peningkatan "*Market Share*". (Hadjosuedarmo, S., 1999). Ini adalah yang diajarkan Deming kepada Jepang. Deming telah memberi tahu Jepang bahwa mereka harus menghasilkan barang yang berkualitas untuk eksportnya demi peningkatan taraf hidupnya.

Reaksi berantai ini merupakan suatu efek sekaligus alat untuk memperbaiki kualitas oleh karena itu reaksi berantai dalam perbaikan kualitas dan untuk menganalisisnya perlu dilakukan perbaikan kualitas secara tepat dan berkelanjutan dan diperlukan pengukuran produktivitas di khusus kan pada tenaga kerja, sesuai yang akan dilakukan diteliti.

Kemudian dilakukan perhitungan biaya *rework* akibat adanya suatu produk cacat karena proses pengelasan yang dilakukan dengan menjumlahkan biaya-biaya yaitu biaya tenaga kerja, biaya material, biaya listrik dan biaya alat bantu tambahan.

PEMBAHASAN

Tahap analisis masalah Peta kontrol C data yang akan diteliti adalah data variabel dan untuk mengetahui terkendalinya proses dengan menggunakan grafik C, karena merupakan data ketidaksesuaian, selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Ketidakesuaian hasil dari pengelasan

Produk- si ke	Jumlah pengelasan (dalam 1 vesse)	Jumlah ketidakesuaian pengelasan (dalam 1 vesse)
1.	89	7
2.	76	5
3.	89	8
4.	100	26
5.	115	31
6.	78	9
7.	87	25
8.	85	12
9.	80	7
10.	80	9
11.	88	9
12.	78	7
Jumlah	1045	155

Berdasarkan data pada Tabel 1, maka dapat menghitung dan menentukan garis tengah, simpangan baku, batas kontrol atas dan batas kontrol bawah untuk peta kendali c adalah sebagai berikut:

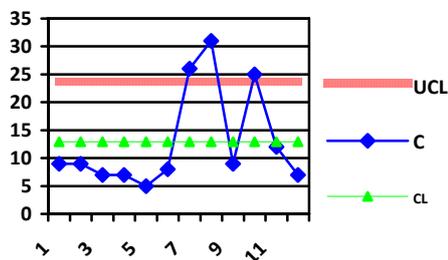
$$\bar{c} = CL = \frac{155}{12} = 12,9$$

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 12,9 + (3)(\sqrt{12,9}) = 23,7$$

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 12,9 - (3)(\sqrt{12,9}) = - 2,125$$

Nilai LCL penunjukan hasil yang negatif dengan ini LCL tidak dicantumkan pada tampilan gambar pada grafik pengendali. Sedangkan grafik kontrol hasil dari perhitungan peta pengendali c diatas ditunjukkan pada Gambar 1. Dari plotting data yang tampak dalam peta kontrol p di atas, menunjukkan bahwa sampel no 7, 8 dan 10 berada di luar batas pengendalian, sedangkan data yang lain masih dalam batas kontrol yang ada. Dengan hal ini tahap perbaikan kualitas perlu dilakukan dan proses

selanjutnya perlu dilakukan tahap pengidentifikasian masalah.



Gambar 1. Grafik Pengendali Peta C

Tahap identifikasi masalah *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) berfungsi untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya cacat secara mendetail dan spesifik, menyeluruh, disertai dengan pembobotan angka untuk mengetahui efek yang perlu diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan. Data yang digunakan dalam membuat FMEA sebagian besar berasal dari pengamatan langsung ditempat produksi. Angka Prioritas Risiko ($RPN = Risk Priority Number$) di dapatkan dengan rumus oleh Prasta-wa, dkk, (2005)

Dari hasil untuk pengidentifikasian dengan menggunakan konsep *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), nilai RPN tertinggi yaitu *slag inclusion* sebesar 256. Dengan ini perbaikan dilakukan untuk mengurangi efek kegagalan *slag inclusion*.

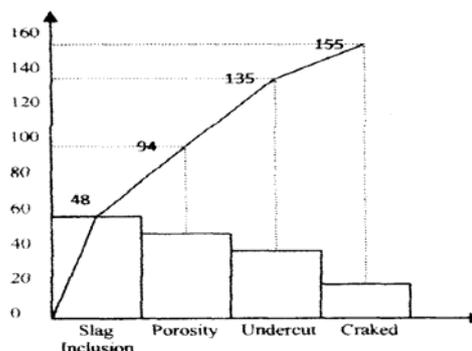
Tabel 2. Prosentase Ketidaksesuaian hasil pengelasan

Jenis Cacat	Ketidaksesuaian		Prosentase Kumulatif
	Jumlah Las	Prosentase	
<i>Slag inclusion</i>	48	31%	31%
<i>Porosity</i>	46	30%	61%
<i>Undercut</i>	41	26%	87%
<i>Cracked</i>	20	13%	100%
Jumlah	155	100%	

Dari Tabel 2. dapat diketahui jenis cacat yang tertinggi pada *slag*

inclusion dengan prosentase ketidaksesuaian sebesar 31%

Diagram pareto untuk tipe kecacatan dalam pengelasan



Gambar 2. Diagram Pareto Untuk Cacat Las Vessel

Setelah melakukan perbaikan kualitas menggunakan alat kaizen 5W 1H dan *five step plan*. Dilakukan analisis identifikasi kecacatan pengelasan untuk mengetahui apakah perbaikan kaizen dapat di implementasikan secara tepat. Data ketidaksesuaian pengelasan setelah perbaikan berkesinambungan dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Prosentase Ketidaksesuaian sesudah perbaikan

Jenis Cacat	Ketidaksesuaian		Prosentase Kumulatif
	Jumlah Las	Prosentase	
<i>Slag inclusion</i>	1	9%	9%
<i>Porosity</i>	6	55%	64%
<i>Undercut</i>	3	27%	91%
<i>Cracked</i>	1	9%	100%
Jumlah	11	100%	

Perbandingan dari hasil perbaikan kualitas, dan setelah dan sebelum perbaikan kualitas, data ketidaksesuaian sebelum perbaikan data yang diambil yaitu tiga bulan data terakhir pada data sampling ketidaksesuaian pengelasan, untuk jelasnya dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Berdasarkan hasil perbandingan prosentase perbaikan kualitas (*kaizen*) dapat dilihat jenis ketidaksesuaian yang

turun prosentasenya yaitu: *slag inclusion* turun dari 16% menjadi 9% dan *Porosity* turun dari 60% menjadi 55%.

Tabel 4. Prosentase Ketidaksesuaian sebelum perbaikan.

Jenis Cacat	Ketidaksesuaian		Prosen-tase Kumulatif
	Jumlah Las	Prosen-tase	
<i>Slag inclusion</i>	4	16%	16%
<i>Porosity</i>	15	60%	76%
<i>Undercut</i>	5	20%	96%
<i>Craked</i>	1	4%	100%
Jumlah	25	100%	

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 5. Perbandingan Prosentase Ketidaksesuaian Pengelasan

Jenis ketidak sesuaian	Evaluasi Ketidaksesuaian		
	Sebelum (%)	Setelah (%)	Hasil (%)
<i>Slag inclusion</i>	16%	9%	<9%
<i>Porosity</i>	60%	55%	<55%
<i>Undercut</i>	20%	27%	> 27%
<i>Craked</i>	4%	9%	> 9%
Jumlah	100%	100%	



Gambar 3. Diagram Histogram Jumlah Ketidaksesuaian Pengelasan

Untuk *undercut* dan *craked* masih terdapat peningkatan ketidaksesuaian dalam melakukan pengelasan karena beberapa faktor yaitu kurangnya keseriusan pada pihak karyawan, menyepelkan metode perbaikan, kurang pemahannya karyawan untuk pentingnya perbaikan kualitas. Pada Gambar 3 memperlihatkan dari diagram histogram perbandingan ketidaksesuaian

pengelasan sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan kualitas.

Sebelum perbaikan kualitas kerja yaitu :

Lama pengelasan vessel:

236 jam + 24 jam (*Repair*) = 260 jam

Jumlah tenaga kerja = 6 Orang

Jumlah sambungan las = 80

$$\frac{80}{260 \text{ jam} \times 6 \text{ orang}} = 0,05$$

Setelah perbaikan kualitas kerja:

Lama pengelasan vessel = 236 jam

Jumlah tenaga kerja = 6 Orang

Jumlah sambungan las = 88

$$\frac{88}{236 \text{ jam} \times 6 \text{ orang}} = 0,06$$

Terjadi peningkatan produktivitas sebesar 0,01 dari 0,05 menjadi 0,06 pada proses pengelasan setelah dilakukan pengendalian kualitas karena tidak adanya tambahan waktu untuk pengerjaan ulang untuk proses pengelasan.

Perhitungan Biaya Rework, dapat diklasifikasikan meliputi: Biaya welder= Rp 7000/jam; Biaya untuk helper =Rp 5600/jam; kemudian, biaya kawat las= Rp 21.500/kg; Biaya Energi Listrik= Rp251.856; dan juga termasuk biaya Goughing=Rp500.000/pak (isi 50 btg).

Sehingga total pengerjaan berdasarkan dari analisis sebesarnya, biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan jika terjadi kecacatan untuk proses pengelasan dan perlu dilakukan pengerjaan ulang /m yaitu sebesar Rp 880.956.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dari penelitian yang dilakukan di PT. MULTIFAB, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Pada Analisis dari maka *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA), Pada tahap pengidentifikasian masalah pada proses pengelasan. Dari hasil analisa FMEA diketahui bahwa rating *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi terdapat pada Efek kegagalan yaitu *Slag Inclusion* dengan rating *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 256.

Dalam upaya pengendalian dan perbaikan kualitas berdasarkan alat-alat implementasi dari kaizen yaitu diadakannya pengawasan dan kontrol yang lebih ketat lagi dalam hal kebersihan tempat kerja, perawatan mesin yang

lebih *intensif* dan bahan baku (kawat las), memberikan arahan dan nasehat kepada karyawan pada saat *briffing* agar mempunyai sikap memiliki dan menjaga perusahaan supaya pekerjaan lebih teliti serta bertanggung jawab pada setiap pekerjaannya. Mengatur tata letak barang sesuai dengan jenis/fungsi dan tingkat kepentingannya, menyiapkan tempat beserta fasilitasnya, memberikan label pada barang yang telah disusun, serta mewajibkan karyawan dalam meletakkan alat-alat perusahaan pada tempat yang telah disediakan.

Reaksi berantai untuk perbaikan kualitas, pada tahap ini merupakan upaya perbaikan kualitas yaitu pada pengukuran tingkat produktivitas tenaga kerja dan perhitungan biaya *rework* (biaya pengerjaan ulang pada produk yang cacat). 1. Pengukuran produktivitas tenaga kerja Terjadi peningkatan produktivitas pada proses pengelasan setelah dilakukan pengendalian kualitas sebesar 0,01 karena tidak adanya tambahan waktu untuk pengerjaan ulang untuk proses pengelasan. 2. Perhitungan biaya *rework* Biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan jika terjadi kecacatan untuk proses pengelasan dan perlu dilakukan pengerjaan ulang /meter yaitu sebesar Rp 880.956.

DAFTAR PUSTAKA

Ariani, D.W., 2005, *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif Dalam Manajemen Kualitas)*, Andi Offset, Jogjakarta.

Gaspersz, V., 1997, *Statistical Process Control: Penerapan Teknik-Teknik Statistikal Dalam Manajemen Bisnis Total*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Gaspersz, V., 2002, *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi ISO9001 : 2000, MBN-QA Dan HACCP*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Hardjosoedarmo, S., 1999, *Total Quality Management*, edisi revisi, Andi, Jogjakarta.

Hartanto, C., 2008, *Analisis pengendalian dan usulan perbaikan kualitas dengan pendekatan Six Sigma dan Kaizen di PT. MONDRIAN KLATEN*, Skripsi, ISTA, Jogjakarta.

Montgomery, D.C., (Alih Bahasa: Zanzawi Soeyoeti), 1990, *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*, Gajah Mada University Press, Jogjakarta

Prastawa, H., Khoiriyah N., dan Sutarso, D., 2005, *Penerapan Metode Peningkatan kualitas Six Sigma Guna Meningkatkan Kapabilitas Proses Dan Meminimasi Cacat Pada Produk Kain Denim Short No 9881 Di PT. Apac Inti Corpora*, Prosiding Seminar Nasional II, Forum Komunikasi Teknik Industri, Jogjakarta.

CADANGAN SUMBERDAYA AIR UNTUK MENUNJANG PENGEMBANGAN WILAYAH KABUPATEN TASIKMALAYA

Priyo Hartanto¹, Ade Suriadarma²; Saifudin³

^{1,2}Puslit Geoteknologi-LIPI, Bandung; ³BIKK Karangsembung-LIPI, Kebumen

Masuk: 8 Maret 2010, revisi masuk : 19 Juni 2010, diterima: 24 Juli 2010

ABSTRACT

Tasikmalaya District occupied the area of 2.680,47 km² and located on the elevation between 0 to 3,000 m above sea level with hilly, highland, and slopy morphology. Dry month occurred on August, while wet months occurred on the period of September to July. The average monthly precipitation is ranged between 92 – 320 mm with total of yearly precipitation 2,532 mm. The monthly precipitation is ranged between 96 – 116 mm, with total of yearly evapotranspiration about 1,307 mm. Water reserves in Tasikmalaya District is ranged between 23 to 207 mm, covering in the area of 2,680.5 km², then total of reserved water is 1,306,515 m³ to 11,758,655 m³. Water for domestic needs is 222.150 m³/day. 169.805 m³/day excess water can be used for approximately 117.920 hectares agriculture or approximately 393.067 hectares of land crops.

Keywords: river basin, precipitation, evapotranspiration, water balance, water reserved.

INTISARI

Kabupaten Tasikmalaya memiliki luas wilayah 2.680,47 km², terletak pada elevasi antara 0 - 3.000 meter di atas permukaan laut dengan morfologi perbukitan, dataran dan daerah yang agak landai sampai landai. Bulan kering berlangsung pada Bulan Agustus dan bulan basah antara bulan September sampai Juli. Curah hujan rata-rata bulanan berkisar antara 92 - 320 mm, dengan curah hujan tahunan 2532 mm. Evapotranspirasi bulanan berkisar antara 96 dan 116 mm, sedangkan jumlah setahun 1307 mm. Cadangan air yang ada di Kabupaten Tasikmalaya berkisar antara 23 mm sampai 207 mm, dengan luas wilayah 2680,5 km², sehingga cadangan air bulanan berkisar antara 1.306.515 m³ hingga 11.758.655 m³. Kebutuhan air untuk domestik adalah 222.150 m³/hari. Kelebihan air 169.805 m³/hr dapat digunakan untuk pertanian sekitar 117.920 Ha atau sekitar 393.067 Ha lahan palawija.

Kata kunci: Daerah Aliran Sungai (DAS), curah hujan, evapotranspirasi, , cadangan air.

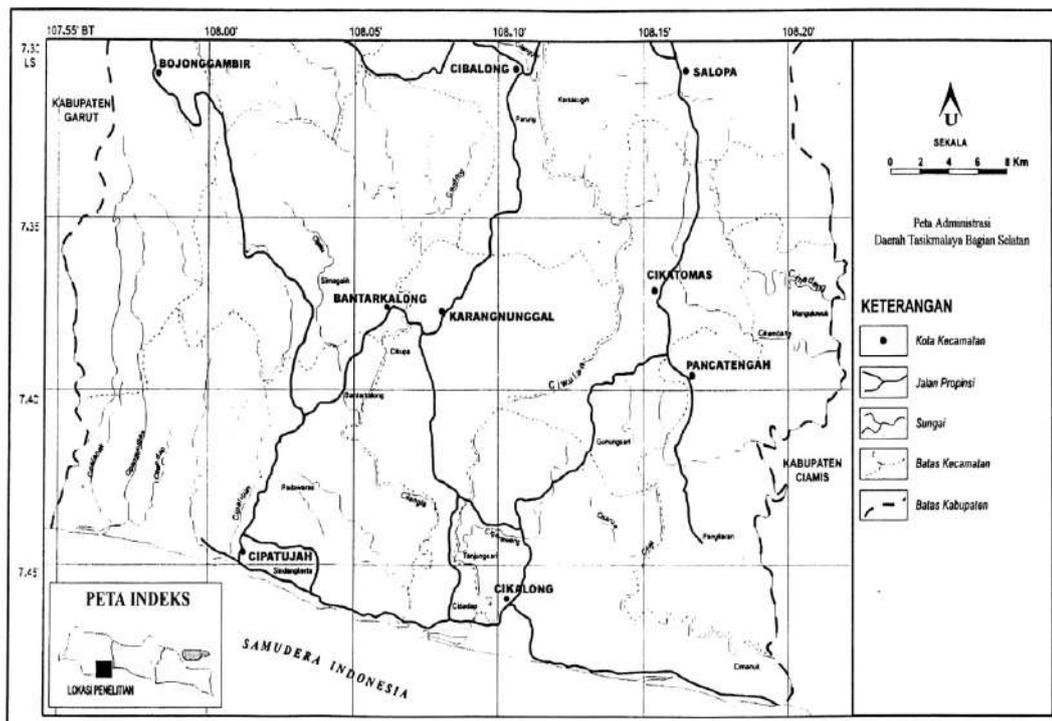
PENDAHULUAN

Daerah Kabupaten Tasikmalaya ini dengan luas wilayah 2.680,47km², terletak pada elevasi antara 0-3.000 meter di atas permukaan laut. Daerah ini secara geografi terletak pada koordinat 07° 10` 00" - 07° 49` 00" LS dan 107° 08` 00"-108° 22` 00" BT. Daerah ini secara Administrasi berbatasan dengan Kabupaten Majalengka dan Ciamis di sebelah utara, Samudra Indonesia di selatan, Kabupaten Ciamis di sebelah timur dan Kabupaten Garut di sebelah barat (Gambar 1).Keadaan topografi Kabupaten Tasikmalaya merupakan daerah perbukitan, dataran dan daerah yang agak landai

sampai landai. Morfologi daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi 4 (empat), yaitu; (i) satuan perbukitan vulkanik, (ii) satuan perbukitan sedimen, (iii) satuan karst dan (iv) satuan dataran.

Batuan yang menyusun Kabupaten Tasikmalaya meliputi endapan gunungapi sebanyak 30% dan endapan sedimenter sebanyak 70%. Endapan gunungapi terdiri atas endapan Gunung Api Tua dan Gunung Api muda yang tersebar di wilayah Kecamatan Pageragoeng, Ciawi, Rajapolah, Cisayong, Cigarontong, Salawu, Taraju, Sodonghilir dan Bojong Gambir (Alzwar, drr, 1992), (Supriatna, drr, 1992).

¹progoid@yahoo.com



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

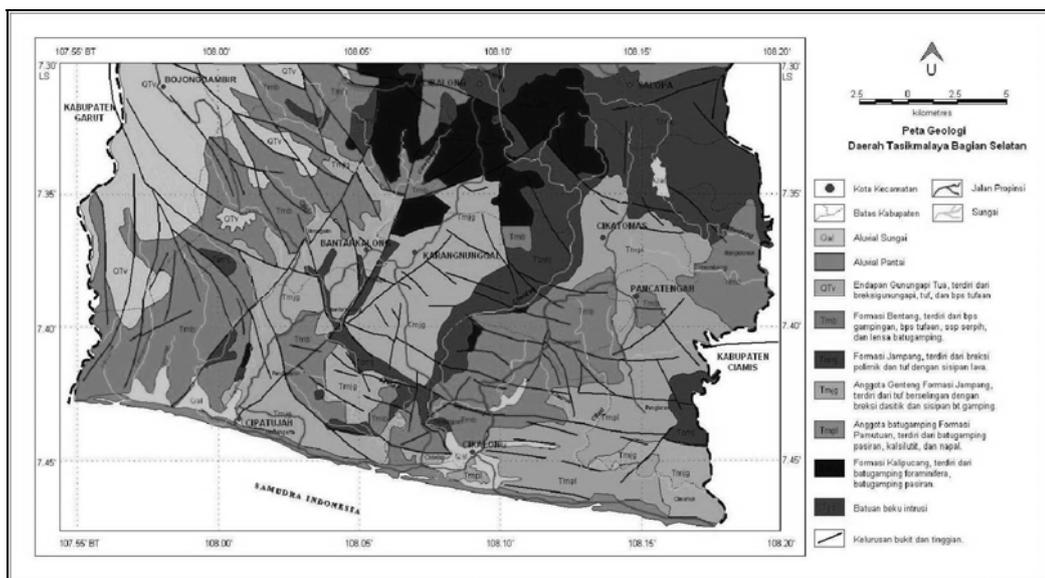
Batuan gunungapi tersebut dalam kerangka geohidrologi setempat bertindak sebagai akifer tunggal dan akifer majemuk (Anonim, 1996). Endapan sedimenter daerah penelitian meliputi Formasi Bentang, Formasi Jampang, Formasi Halang dan intrusi Granodiorit (Gambar 2). Formasi Bentang tersusun atas batupasir gampingan, batupasir tuffaan, serpih dan lensa batugamping. Formasi Jampang tersusun atas batupasir polimik, batupasir tuffaan, tufa dan lava. Formasi Halang tersusun atas breksi, batulempung tuffaan, breksi vulkanik, sisipan batugamping, napal. Menurut Hadi, (19-97), kelompok batuan sedimenter tersebut berfungsi sebagai akifer tertekan dan akifer karstik.

Analisis hidrologi umumnya menggunakan data dasar di Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai satu kesatuan daerah penelitian. DAS merupakan satu sistem hidrologi dimana terdapat hubungan yang sangat erat antara masukan berupa hujan, proses hidrologi DAS, keluaran yang berupa debit sungai dan sedimen yang terangkut. (Garng, 1977). Memperhatikan proses-proses hidrologi dalam suatu DAS, curah hujan

yang menjadi aliran langsung selain dipengaruhi oleh sifat fisik permukaan DAS juga dipengaruhi oleh sifat-sifat hujannya. Dengan memahami perilaku hidrologi suatu DAS selama hujan, dapat diketahui pengaruh langsung dari hujan, vegetasi, geologi, topografi, tanah dan kerapatan aliran terhadap keluaran DAS yang berupa debit aliran langsung dan muatan suspensi yang terangkut.

Potensi sumberdaya air di suatu DAS sangat dipengaruhi oleh faktor iklim, faktor fisiografi (karakteristik DAS dan karakteristik sungai) dan faktor fisik (tataguna lahan, infiltrasi, jenis tanah dan keadaan geologi) (Chow, et.al, 1988). Data iklim meliputi curah hujan, waktu hujan dan intensitas curah hujan dan rata-rata curah hujan wilayah, temperatur, kelembaban, penyinaran matahari, kecepatan angin, evaporasi dan evapotranspirasi. Data iklim inilah yang akan memberikan kontribusi dalam perhitungan neraca air (Anonim, 1976).

Penggunaan lahan merupakan bentuk campur tangan manusia terhadap perubahan fisik DAS. Penggunaan lahan di Kabupaten Tasikmalaya yang paling banyak ialah kebun campuran (35,42%),



Gambar 2. Peta geologi Tasikmalaya Bagian Selatan

sawah teknis (15,6%), hutan belukar (11,9%) dan tegalan (11,6 %).

Permukiman, perkebunan dan sawah non teknis sekitar 5-7%, dan penggunaan lain termasuk semak, industri, danau/rawa/kolam kurang dari 4 %. Penggunaan lahan untuk kebun campuran merupakan luasan yang paling besar. Lahan kering sebagian dimanfaatkan untuk pertanian musiman dan tanaman keras. Kebun campuran lain tersebar di Kecamatan Karangnunggal, Cibalong dan Sukaraja. Lahan pertanian ini teknis tersebar di Kecamatan Singaparna, Leuwisari, Indiang, Rajapolah dan Cibereum. Hutan tersebar secara setempat-setempat di seluruh kecamatan. Perubahan penggunaan lahan juga terjadi di daerah penelitian yang diakibatkan oleh adanya pertumbuhan kawasan permukiman, industri, perkebunan dan pertanian. (Ano-nim, 1997). Hasil sensus penduduk 2010, jumlah penduduk di Kota dan Kabupaten Tasikmalaya adalah 2.221.502 jiwa dengan laju pertumbuhan sebesar 1,86 %. (Anonim, 2010).

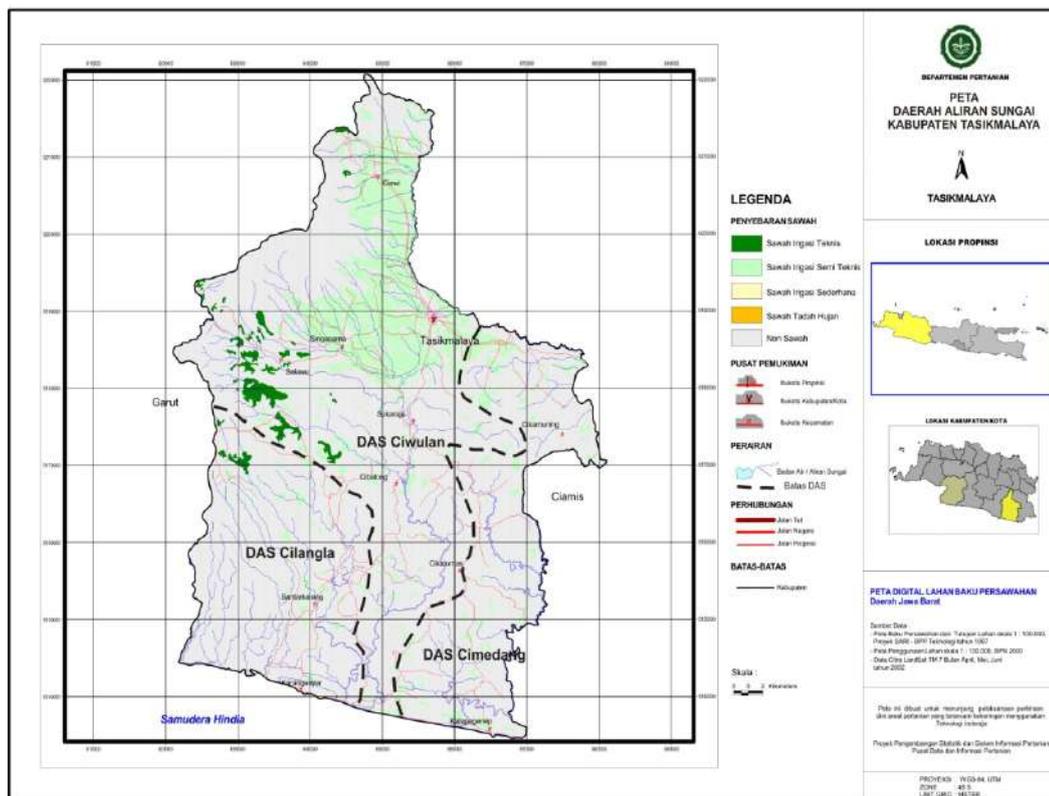
Daerah penelitian meliputi 3 DAS utama (Gambar 3) yang mempunyai bentuk dan ukuran yang berbeda. Ketiga DAS tersebut adalah DAS Ciwulan dengan luas 236.6km², DAS Cimedang (200,0km²) dan DAS Cilangla (176,7 km²) (anonim, 1997).

DAS Ciwulan merupakan sungai terbesar yang membelah Kabupaten Tasikmalaya di bagian tengah. DAS Ciwulan berhulu sungai dari Gunung Kracak, Galunggung, Bungbulang dan Balitiganar. Rata-rata debit harian berkisar 2,37 sampai 26,5m³/detik. Aliran air sungai maksimum yang pernah terjadi sebesar 136,67m³/detik dan minimum 0,8 m³/detik. DAS Ciwulan menempati 38,6% dari luas daerah penelitian.

DAS Cimedang merupakan sungai batas antara Kabupaten Tasikmalaya dan Kabupaten Ciamis. Rata-rata aliran harian berkisar antara 1,9 sampai 10,2 m³/detik. Debit maksimum DAS Cimedang sebesar 89,44 m³/detik dan debit minimum 0,82 m³/detik. DAS Cimedang ini menempati 32,6% dari luas daerah penelitian.

DAS Cilangla yang berhulu di Sukahurip memiliki rata-rata debit harian 1,77 sampai 23,6m³/detik. Fluktuasi tinggi muka maksimum dan minimum air sungai dapat sangat mencolok, aliran terkecil 0.46m dengan debit 1.05 m³/detik. Aliran air sungai terbesar yang pernah terjadi dengan tinggi muka air 4,31m dan debit 754m³/detik. DAS Cilangla menempati 28,8% dari penelitian.

Faktor iklim yang perlu diperhatikan dalam kajian hidrologi ini adalah curah hujan dan penguapan. Curah hujan dan penguapan tersebut digunakan



Gambar 3. Peta Daerah Aliran Sungai Tasikmalaya

untuk menghitung neraca air yang didasarkan pada hubungan antara aliran ke dalam (*input*) dan aliran ke luar (*output*) untuk periode tertentu. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah curah hujan yang jatuh di permukaan bumi, kemudian menjadi aliran permukaan (*runoff*), penguap-peluhan (*Evapotranspirasi*) air tanah dan penambahan kelembaban tanah. Keseimbangan tersebut dapat diasumsikan dengan persamaan (Suyono and Take-da, 1987):

$$P = RO + Ep + G + M \quad (1)$$

dimana:

- P = hujan (mm)
- RO = debit aliran permukaan (mm)
- Ep = evapotranspirasi (mm)
- G = penambahan air tanah (mm)
- M = penambahan kadar kelembaban (mm)

Evapotranspirasi potensial (PE) adalah potensi untuk terjadinya evaporasi dan transpirasi dalam kondisi iklim tertentu. Menurut Thornthwaite and Mather (1957), evapotranspirasi bulanan da-

pat dihitung dengan berdasarkan nilai pendekatan indeks panas. PE dihitung berdasarkan pendekatan empiris, yaitu (Thornthwaite and Mather, 1957):

$$PE = f \times PEc \quad (1)$$

$$I = (T/5)^{1.154} \quad (2)$$

$$Pec = 16(10T/I)^a \quad (3)$$

$$I = 12 i \quad (4)$$

$$a = 675 \times 10^{-9} \times I^3 - 77 \times 10^{-6} \times I^2 + 0.1792 \times I + 0.4939 \quad (5)$$

dimana :

- PE = evapotranspirasi potensial (mm)
- PEc = evapotranspirasi potensial mutlak
- f = faktor letak lintang
- i = indeks panas bulanan
- I = total indeks panas selama setahun
- a = nilai tetapan berdasarkan nilai I
- T = temperatur bulanan rata-rata (°C)

PEMBAHASAN

Kondisi iklim di suatu daerah sangat dipengaruhi oleh curah hujan, temperatur, kelembaban udara, kecepatan angin, penyinaran matahari, dan penguapan. Iklim yang berpengaruh di

Kabupaten Tasikmalaya, adalah tropis dengan rata-rata curah hujan 2532 mm/tahun, dengan hujan efektif selama satu tahun 128 hari. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan November yaitu 320 mm dan terendah bulan Agustus yaitu 92 mm. Tipe curah hujan di Kabupaten Tasikmalaya dengan jumlah bulan kering yang berlangsung pada Bulan Agustus (1 Bulan) dan bulan basah yaitu dari Bulan September hingga Juli (11 Bulan) atau $Q = 91.67\%$, maka tipe curah hujan termasuk dalam klasifikasi *A atau sangat basah*. (Dam, et.al, 1972). Musim peng-

hujan terjadi pada bulan September hingga bulan Juli, sedangkan musim kemarau berlangsung pada bulan Juli saja.

Temperatur maksimum di daerah penelitian berkisar antara 29.80 - 31.1°C dan minimum berkisar antara 17.28 - 21.28°C, sedangkan rata-rata berkisar antara 23.42 - 24.80°C. (Tabel 1) Kabupaten Tasikmalaya berdasarkan terletak pada ketinggian elevasi berkisar antara 0 - 3.000 meter dpal. Koreksi temperatur dan temperatur rata-rata berdasarkan tinggi tempat dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan data klimatologi selengkapnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Rata-Rata Temperatur Berdasarkan Tinggi Tempat di Kab.Tasikmalaya

BULAN	TEMP RATA ² (°C)	Elevasi (meter) dan Koreksi Temperatur (°C)						
		0	100	200	500	700	1000	3000
		1.935	1.335	0.735	-1.065	-1.665	-4.665	-16.665
Jan	24.56	26.495	25.895	25.295	23.495	22.895	19.895	7.895
Feb	24.66	26.595	25.995	25.395	23.595	22.995	19.995	7.995
Mar	24.8	26.735	26.135	25.535	23.735	23.135	20.135	8.135
Apr	24.78	26.715	26.115	25.515	23.715	23.115	20.115	8.115
Mei	24.7	26.635	26.035	25.435	23.635	23.035	20.035	8.035
Juni	24.22	26.155	25.555	24.955	23.155	22.555	19.555	7.555
Juli	23.42	25.355	24.755	24.155	22.355	21.755	18.755	6.755
Ags	23.54	25.475	24.875	24.275	22.475	21.875	18.875	6.875
Sep	23.82	25.755	25.155	24.555	22.755	22.155	19.155	7.155
Okt	24.38	26.315	25.715	25.115	23.315	22.715	19.715	7.715
Nov	24.62	26.555	25.955	25.355	23.555	22.955	19.955	7.955
Des	24.48	26.415	25.815	25.215	23.415	22.815	19.815	7.815

Kelembaban udara merupakan komponen yang penting pada unsur iklim sebagai indikator kapasitas potensial atmosfer, pengatur temperatur dan sumber asal hujan. Kelembaban di wilayah kerja disajikan sebagai kelembaban relatif, yang dihitung dari perbandingan hasil pembacaan bola basah dan bola kering. Hasil perhitungan kelembaban udara rata-rata dapat dilihat pada Tabel 2. Kelembaban udara maksimum di daerah penelitian berkisar antara 94.6-97.4% yang umumnya terjadi pada pagi hari. Kelembaban minimum berkisar antara 68.4-73.8 % yang biasanya terjadi pada siang hari, sedangkan rata-rata kelembaban berkisar antara 87.8- 89.6%.

Data kecepatan angin di daerah penelitian meliputi kecepatan angin dan

arah angin. Kecepatan angin rata-rata di daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 2. Kecepatan angin rata-rata berkisar antara 3.13 - 5.73 km/jam dan kecepatan angin maksimum pada bulan Maret sebesar 35 km/jam dari arah tenggara (SE). Pada umumnya arah angin berasal dari arah timur laut (NE) yaitu kurang dari 10 km/jam. Arah angin dengan kecepatan terbesar dari arah tenggara (SE) dengan kecepatan lebih dari 15km/jam Evapotranspirasi.

Peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah ke udara dan peristiwa penguapan dari tanaman disebut evapotranspirasi. Evapotranspirasi ini merupakan faktor yang penting untuk menentukan kebutuhan air tanaman dalam perencanaan irigasi dan

merupakan proses yang penting dalam siklus hidrologi. Hal ini sangat dipengaruhi oleh unsur-unsur iklim yaitu suhu udara, kelembaban, kecepatan angin dan lain-lain. Data evaporasi sangat penting dalam perhitungan evapotranspirasi. Karena di daerah penelitian tidak didapatkan data evaporasi yang sesuai, maka cara penentuan evapotranspirasi menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Thornthwaite and Mather (1957). Perhitungannya didasarkan pada suhu udara rata-rata bulanan, standar bulan 30 hari dan jam penyinaran 12 jam. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh harga seperti

pada Tabel 3. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa evapotranspirasi harian rata-rata adalah sebesar 3.59mm. Evapotranspirasi bulanan berkisar antara 96 sampai 116mm/bulan. Total evapotranspirasi setahun sebesar 1307.22mm. Evapotranspirasi tertinggi terjadi pada bulan Maret sebesar 115.47mm, yang terjadi pada saat musim penghujan. Dapat disimpulkan bahwa evapotranspirasi pada dasarnya mengikuti pola curah hujan. Evapotranspirasi minimum terjadi pada bulan Agustus sebesar 98.14mm di musim kemarau.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Rata-rata Di Kabupaten Tasikmalaya

BULAN	T (° C)	i	a	Ep* (cm/bl)	f	Ep		
						(cm/bl)	(mm/bl)	(mm/hr)
JAN	24.56	11.16	3.12	10.72	1.045	11.20	112.02	3.61
FEB	24.66	11.23	3.12	10.86	1.045	11.34	113.45	4.05
MAR	24.80	11.30	3.12	11.05	1.045	11.55	115.47	3.72
APR	24.78	11.30	3.12	11.02	1.045	11.52	115.18	3.84
MEI	24.70	11.23	3.12	10.91	1.045	11.40	114.02	3.68
JUNI	24.22	10.82	3.12	10.26	1.045	10.73	107.26	3.58
JULI	23.42	10.95	3.12	9.24	1.045	9.66	96.59	3.12
AGT	23.54	11.02	3.12	9.39	1.045	9.81	98.14	3.17
SEPT	23.82	11.30	3.12	9.74	1.045	10.18	101.83	3.39
OKT	24.38	10.95	3.12	10.48	1.045	10.95	109.48	3.53
NOV	24.62	11.16	3.12	10.80	1.045	11.29	112.88	3.76
DES	24.48	11.02	3.12	10.61	1.045	11.09	110.89	3.58
I = 133.44							1307.22	3.59

dimana :

- Ep = evapotranspirasi potensial (cm/bulan)
- Ep* = evapotranspirasi potensial mutlak (cm/bulan)
- f = faktor letak lintang
- i = indek panas bulanan
- I = total indek panas selama setahun
- a = nilai tetapan berdasarkan nilai I
- T = temperatur bulanan rata-rata (° C)

Analisis neraca air dimaksudkan untuk mengetahui jumlah besaran komponen-komponen hidroklimatologi, terutama meliputi besaran curah hujan, evapotranspirasi, limpasan air permukaan (*surface run off*), dan perkolasi (pengimbunan air tanah). Hasil selengkapnya perhitungan evapotranspirasi bulanan dapat dilihat pada Tabel 4. Gambaran hubungan antara curah hujan dan evapotranspirasi dapat dilihat Gambar 4

Curah hujan rata-rata bulanan daerah penelitian berkisar antara 92

sampai 320mm, dengan jumlah hujan tahunan 2532mm. Temperatur bulanan berkisar antara 23 sampai 25°C. Evapotranspirasi bulanan berkisar antara 96 sampai 116mm, sedangkan jumlah setahun 1307mm.

Selisih antara jumlah curah hujan dan evapotranspirasi menunjukkan bulan yang mempunyai kelebihan air (*surplus*) maupun bulan-bulan yang kekurangan air (*deficit*), (Gambar 4). Banyaknya simpanan air dalam tanah sangat tergantung pada tekstur tanah dan jangkauan pera-

karan dari vegetasi maupun penutup lahan yang ada. Dengan memperhitungkan luas jenis tanah dan luas penutup lahan, yaitu sawah, tegalan, hutan, perkebunan dan permukiman timbunan air yang terdapat di bawah permukaan tanah sebesar 250 mm.

Tabel 4. Rata-rata Curah hujan dan Evapotranspirasi di Kab. Tasikmalaya

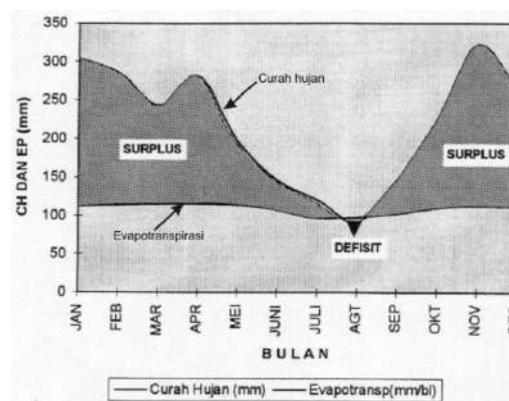
BULAN	Curah Hujan (mm)	Evapotransp (mm/bl)
Januari	303	112.02
Februari	286	113.45
Maret	243	115.47
April	281	115.18
Mei	197	114.02
Juni	146	107.26
Juli	120	96.59
Agustus	92	98.14
September	143	101.83
Oktober	221	109.48
November	320	112.88
Desember	266	110.89
Jumlah	2532	1307.22

Timbunan air pada daerah aliran sungai terwakili yaitu; DAS Ciwulan antara 6-31,3m³/detik, DAS Cimedang berkisar antara 4-26,5 m³/detik dan DAS Cilangla adalah 4-23,4m³/detik. Pada bulan-bulan hujan mulai berkurang maka timbunan air yang ada di dalam tanah akan mengalami kekurangan air. Hal ini disebabkan evapotranspirasi melebihi jumlah curah hujan, sehingga cadangan air di dalam tanah akan digunakan untuk kebutuhan evapotranspirasi.

Surplus air hujan adalah selisih antara curah hujan dengan evapotranspirasi. Pada bulan-bulan jumlah curah hujan lebih kecil dari evapotranspirasi, maka terjadi defisit air. Hal ini akan terjadi sampai curah hujan melebihi evapotranspirasi. Surplus air yang ada di permukaan tanah sebagian akan meresap ke dalam tanah. Jumlah yang mampu meresap ke dalam tanah dalam perhitungan ini sebesar 50%. Sisa surplus air tersebut meresap pada bulan berikutnya. Dapat dikatakan bahwa surplus air masih

ada tambahan air pada bulan sebelumnya.

Berdasar hasil perhitungan, surplus air antara 23mm sampai 207mm. Dengan luas wilayah 2680,5km², maka cadangan air bulanan berkisar antara 1.306.515m³ hingga 11.758.655m³. Cadangan air pada DAS terpilih yaitu DAS Cilangla dengan luas sekitar 176,7km² cadangan air berkisar antara 1.354,7 m³/hari-12.192,3m³/hari. Cadangan DAS Ciwulan dengan luas sekitar 236,6 km² antara 1.813,9m³/hari-16.325,4m³/hari. DAS Cimedang dengan luas wilayah sekitar 200km² cadangan air berkisar antara 1.533,3m³/hari-13.800,0 m³/hari. (lihat Tabel 5).



Gambar 4. Perbandingan antara Curah Hujan dan Eapotranspirasi di Kabupaten Tasikmalaya.

KESIMPULAN

Simpanan air pada daerah aliran sungai terwakil yaitu; DAS Cilangla dengan luas DAS 176,7km², debit aliran sungai adalah 423,4m³/detik. Untuk DAS Ciwulan dengan luas 236,6km², debit aliran sungai adalah 6-31,3m³/detik. Sedangkan DAS Cimedang dengan luas 200km² debit aliran sungai adalah 4-26,5 m³/detik.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa evapotranspirasi harian rata-rata adalah 3.59mm, sedangkan evapotranspirasi bulanan adalah 96 sampai 116 mm/bulan, total evapotranspirasi setahun sebesar 1307.22mm. Evapotranspirasi tertinggi terjadi pada bulan Februari sebesar 115.47mm.

Dengan curah hujan rata-rata bulanan antara 92-320mm dan temperatur bulanan 23 sampai 25 °C, hasil perhitungan surplus air adalah 23mm sampai 207mm. Dengan luas wilayah ini 2680,5km², maka cadangan air bulanan adalah 1.306.515m³ hingga 11.758.655 m³. Kebutuhan air diestimasi 100 liter/hari/orang, maka untuk memenuhi kebutuhan 2.221.502 jiwa/hari diperlukan 222.150.200liter/hari atau 222.150 m³/hari. Cadangan air yang terdapat di Kabupaten Tasikmalaya adalah 43.550,5 m³/hr–391.955,17m³/hr. Hasil perhitungan, pada bulan sangat kering kekurangan air sekitar 178.600 m³/hr. Sedangkan pada musim basah kelebihan air 169.805 m³/hr. Dengan kebutuhan pertanian sebesar 1 liter/detik/Ha, kelebihan air pada musim basah ini dapat digunakan untuk pertanian sekitar 117.920Ha. Sedangkan untuk tanaman palawija akan lebih luas karena kebutuhan airnya sekitar 0,3 liter/detik/Ha atau sekitar 393.067Ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzwar, M., Akbar N dan Bachri S, 1992, *Peta Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk, skala 1: 100.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, ESDM, Bandung.
- Anonim, 1997, *Laporan Tahunan Dinas Pertanian Tasikmalaya*.
- Anonim, 1996, *Penelitian Sumber Air Bawah Tanah di Tasikmalaya Selatan*, Kerjasama Bapeda Kabupaten Tasikmalaya–Direktorat Geologi Tata Lingkungan, ESDM, Bandung, (lap. Tak dipublikasikan)
- Anonim, 2010, http://www.radartasikmalaya.com/index.php?option=com_content&view=article&id=5558:prima-dominasi-penduduk-kota-&catid=29:the-cms&Itemid=181,18 Agustus2010,
- Anonim, 2010, <http://www.tasikmalaya-kota.go.id/home.php?show=penduduk>, diakses 18 Agustus 2010.
- Anonim, 1976. *Hydrology for soil and water conservation in coastal regions of north Africa*. In: *Hydrological Techniques for Upstream Conservation*, USDA-SCS North Africa project. In: Conservation Guide 2. S.H. Kunkle and J.L. Thames (eds). Rome
- Chow, V.T. et.al, 1988. “*Applied Hydrology*”. Mc. Graw Hill Book Co., New York, Toronto, London, p. 326
- Garng, S.K. 1977, *Water resources Hydrology*, Publisher New Delhi.
- Hadi, S.I, 1997, *Potensi Sumberdaya Airtanah Daerah Tasikmalaya Selatan*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geoteknologi, LIPI, Bandung, (lap. Tak dipublikasikan)
- Supriatna S., Sarmili S., Sudana D., dan Koswara, 1992, *Peta Geologi Lembar Karangnunggal, skala 1: 100.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, ESDM, Bandung.
- Suyono S. dan Takeda, K., 1987, “*Hidrologi Untuk Pengairan*”, Jakarta, PT Pradnya Paramita.
- Thorntwaite, C.W., and J. R. Mather, 1957, Instruction and Table For Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance, *Publication in Climatology*, Volume X, New Jersey.
- Van Dam, J.C., W. R. Raaff and A Volker, 1972, “*Clymatology*”, ILRI Wagenegen Netherlands

OPTIMALISASI METODE PENDISKRIPSIAN BATUGAMPING UNTUK KARAKTERISASI RESERVOAR HIDROKARBON DALAM PEMODELAN GEOLOGI

Premonowati¹

¹Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta

Masuk: 11 Maret 2010, revisi masuk : 4 Juni 2010, diterima: 12 Juli 2010

ABSTRACT

Core/SWC and/or cuttings data from carbonate reservoir have to optimized in their descriptions, actually for understanding their carbonate characterization. The characterization includes lithofacies and visible porosity. The method consists of: core recovery, texture, organic abundance, specific features, type and porosity percentage that have resulted a visible porosity. The precise calculation of visible porosity and factors of pore forming are best way to get a cementation factor which easily changes both vertical and horizontally. The carbonate depositional facies and diagenetic process are useful to get a diagenetic unit that confirmed by cementation process.

Keywords: Core/SWC/cuttings descriptions, limestone, depositional facies, diagenetic

INTISARI

Data core/SWC dan cuttings pada reservoir batugamping sangat perlu dioptimalkan pendiskripsinya dalam pemahaman karakteristik reservoir meliputi lithofacies dan visible porosity. Metode pendeterminasiannya meliputi: core recovery, tekstur, organic abundance, specific features, type dan persentase porositas yang menghasilkan visible porosity. Perhitungan visible porosity yang presisi dan pemahaman faktor-faktor penyebab utama pembentukan pori termasuk sementasi digunakan untuk menentukan nilai indeks sementasi yang bisa berubah secara cepat baik penyebaran secara vertikal maupun horizontal. Facies pengendapan karbonat dan proses diagenesa sangat membantu untuk menentukan satuan diagenesa yang dikonfirmasi dengan proses sementasi.

Kata kunci: Core/SWC/cuttings descriptions, limestone, depositional facies, diageneti

PENDAHULUAN

Kompleksitas dan heterogenitas reservoir batugamping sering kali menjadi alasan tidak terduga dalam kegiatan eksplorasi dan eksploitasi hidrokarbon di banyak blok/field produktif di Indonesia. Alasan tersebut misalnya: penyebaran facies dan diagenetic unit ini tidak selalu sama, saat tested dengan produksi ini berbeda jauh; di arprediksi keliru antara sementasi dengan gas/oil charging; waktu penutupan dari rongga pori dengan sementasi, atau memperbesarnya pori-pori dengan pembentukan pada dolomit (semen) atau dedolimitisasi, porositas pada batuan karbonat yang tidak merata (uniform). Masalahnya, semen karbonat menjadi salah satu faktor yang cukup dominan dalam perusakan dari kualitas reservoir

selain kompaksi. Juga, perlunya mengenali indikasi pengaruh struktur selama migrasi hidrokarbon di dalam batugamping, peran sistem rekahan juga menjadi sangat penting karena dapat keliru dalam menentukan satuan diagenesa (diagenetic unit).

Disamping itu, geometri dari tumbuhan utamanya pada algae melembar dan koral pipih ini seperti tumpukan daun teratai disusun secara rapih memperkecil adanya kemungkinan berkembangnya porositas primer, dan masih banyak kasus lain.

Banyak blok dan field reservoir produktif dan hasilnya (formasi reservoir, test dan produksi) di Indonesia misalnya di Cekungan Sumatra Utara yakni Natuna Timur (Tertiary Terumbu Reservoir) dan Blok Aceh, antara lain: Tampur, For-

¹ Premonowati [@yahoo.com](mailto:premonowati@yahoo.com)

masi Peutu (Limestone), dan Meureudo Group; Formasi Sembuang (Limestone); Pada Formasi Kaloi (Limestone) dalam Peusangan Group; Fm. Baong. Produksi gas sejak tahun 1971 mencapai lebih dari 40 ribu MMBOE. Dalam Cekungan Sumatra Selatan, Formasi Baturaja sebagai reservoir dari batugamping yang produktif. Reservoir formasi ini dengan Formasi Talang Akar diproduksi hingga 3.5 BBOE. Dalam Cekungan Jawa Barat Utara, kita kenal Formasi Parigi. Formasi penyusun di dalam Cekungan Jawa Timur Utara sebagai adalah berikut: Fm. Kujung, Fm. Prupuh, Fm. Tuban, Formasi Bulu dan Formasi Paciran dicirikan oleh litologi yang bersifat gampingan yang berfungsi sebagai reservoir yang baik, selain Fm. Ngrayong yang bersifat silisiklastik. Kedua kelompok batuan tersebut sering hadir bersama dan sebagai sedimen karbonatsilisiklastik, dengan diproduksi hingga 1.3 BBOE pada lebih dari 60 lapangan. Di Kalimantan, Formasi Kerendan (Limestone) di Barito Utara, Blok Bangkanai dan (Sebelumnya Tewed Block) telah diproduksi 20 MMSCFD (Dwi Cahyo, et al, 2007); Fm. Berai dan Fm. Sellor di Cekungan Tarakan dan Sulawesi: Fm. Tonasa dan Fm. Tacipi; Pulau Buton dijumpai Formasi Tondo; Pulau Seram, Banggai dan Tomori/Banggai/Sula terdapat Formasi Pancoran atau Salodik, sedangkan di Cekungan Salawati sampai Papua, reservoir batugamping dari Fm. Waripi, Faumai Lst., Kais dan Bintuni yang memproduksi hingga 0.5 BBOE. Banyu urip-1 (ExxonMobil Cepu) tested 3985 BOPD, Sukowati-1 (JOB Pertamina Petrochina Tuban, tested 7697 BOPD. Bukit Tua-1 (ConocoPhillips Ketapang, tested 7361 BO-PD), dan Jenggolo-1 (Gulf), tested 3602 BO-PD (Disarikan dari berbagai sumber Tahun 2009).

Tujuan penulisan ini adalah untuk memahami perubahan fasies dan diagenesa yang cepat (bisa sangat cepat) pada penyebaran secara lateral dan vertikal, merupakan faktor kompleksitas dan heterogenitas reservoir batugamping. Pemahaman mengenai pada fasies pengendapan batuan karbonat, proses diagenesa, dan satuan diagenesa dengan akurat menjadi penting sekali melalui

data-data yang dapat dioptimalkan, khususnya pada data *core/SWC* dan atau *ditch cuttings*. Hasilnya, untuk dapat menilai harga *visible porosity*, permeabilitas dan saturasi air dalam reservoir serta *diagenetic unit* dan *flow unit boundary*. Kedua terakhir ini untuk lapangan produksi minyak/gas yang telah berproduksi atau untuk pengembangan produksi. Hal ini diupayakan untuk mengurangi ketidakpastian dalam pengembangan eksploitasi dan pengeboran. Adapun Gambar pada contoh dalam paper ini merupakan hasil pengalaman penulis dalam pengamatan reservoir batugamping dari wilayah Indonesia.

Batugamping adalah sedimen kimaawi yang terbentuk umumnya di laut dengan kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) yang dihasilkan oleh organisme laut. Beberapa batugamping juga bisa terbentuk di danau atau air tawar/pinggiran sungai-sungai (disebut: travertin) karena proses penguapan atas sedimen hasil pelarutan batuan-batuan karbonat berasal dari elevasi yang lebih tinggi (Disarikan dari berbagai sumber).

Pembentukan sedimentasi karbonat di Indonesia sangat intensif karena terletak di zona equator bahkan sejak transgresi global pada Kala Miosen Awal. Hal ini disebabkan faktor tektonik dan lingkungan (Premonowati et al, 2005). Hal ini menjadi penyebab dari pembentukan kompleks terumbu (*reef*) di Indonesia yang umumnya menjadi reservoir hidrokarbon sebagaimana yang disebut di depan.

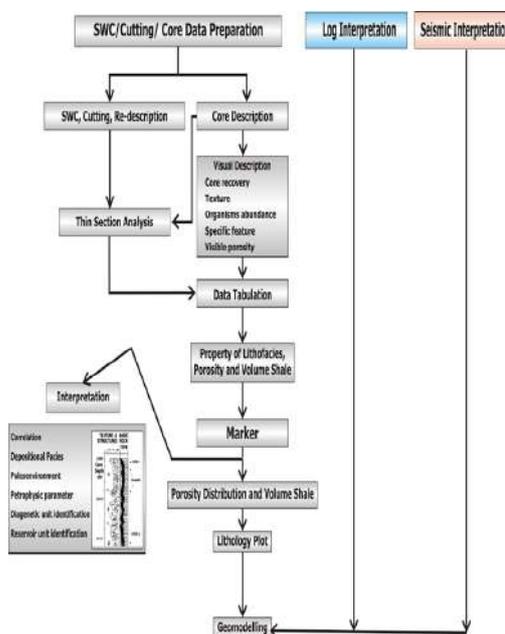
Secara fasies pengendapan dari batuan karbonat (*carbonate depositional facies*), bentuk geometri dari organisme pembentuknya merepresentasikan kedalaman. Untuk koral pipih (*platy coral*) sekitar 12 s/d 15 meter, sedangkan koral bercabang sekitar 10 meter, dan koral kepala masif (*massive head coral*) tumbuh sekitar 0-3 meter. Setelah mengalami penimbunan kemungkinan kualitas reservoir menurun drastis. Bila organisme penyusun pada terumbu (*reef*) koral tertimbun hingga ribuan meter maka semua porositas primer menjadi hancur. Sebagaimana contoh-conto: di Cekungan Sumatra Selatan, umumnya didominasi oleh *stromatolite*, koral dan ganggang

(algae) membentuk terumbu (*reef build up*) setempat-setempat didalam *patch reef*, di Cekungan Jawa Barat Utara dan Jawa Timur Utara didominasi oleh koral masif, sedikit koral bercabang dan koral pipih serta ganggang merah membentuk *fringing reef* dan *pinnacle* setempat-setempat; di Pegunungan Selatan Jawa (DIY-Jatim) didominasi oleh ganggang merah maupun moluska yang membentuk paparan; di Kutei Basin didominasi oleh koral pipih dan sedikit koral bercabang yang membentuk terumbu masif setempat-setempat dilindungi *shelf-edge barrier reef*.

Perbedaan geometri koloni koral dan ganggang serta morfologi struktur dalamnya akan mempengaruhi kecepatan sementasi yang bisa menutup atau membuka pori-pori karena pengaruh penimbunan, rekristalisasi, pelarutan dan kompresi selama diagenesa. Fasa ini sering dijumpai porositi primer yang tersisa maupun sekunder (berupa retakan) maka porositas yang ada akan terisi oleh semen kalsit (pada umumnya) hasil dari diagenesa dan bawaan dari meteorik water. Tersingkapnya sedimen batugamping ke permukaan (*surface exposed*) selama sejarah pengendapan biasanya juga jarang ditemui sehingga kualitas reservoir dari batugamping yang ada pada umumnya jelek. Demikian sebaliknya, akan beruntung bila mendapatkan batuan karbonat yang pernah tersingkap membentuk porositas sekunder kemudian masuklah minyak (sesuai hukum hidrodinamika) sebelum sementasi.

Metodologi penelitian yang dilakukan, Reservoir batugamping memiliki heterogenitas dan kompleksitas tinggi sehingga perlu adanya suatu pemahaman mengenai karakter utama dan asesories yang mengikutinya. Adapun tahap-tahap untuk memahami karakter litologi reservoir dari batugamping/sedimen karbonat terutama (satuan genesa (*genetic unit*) yakni melakukan identifikasi mengombinasikan semua data, baik *core/side wall core (SWC)*, *cuttings* dengan log sumur (well log) dan seismic diperlihatkan pada Gambar 1. Pemahaman karakter dari batugamping sebagai reservoir secara keseluruhan dapat mampu digunakan untuk penentuan khronostratigrafi,

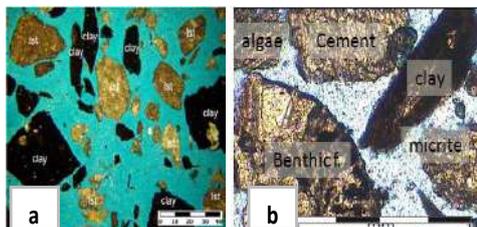
sedimentologi dan diagenesis.



Gambar 1. Diagram alir determinasi dan interpretasi *core/SWC* dan *cuttings* untuk pemodelan geologi.

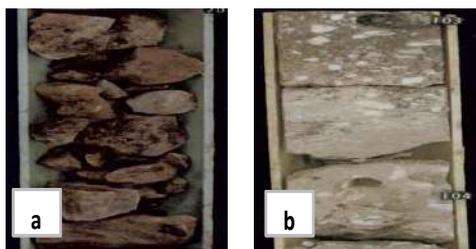
Komponen-komponen yang harus dideterminasi (secara megaskopis dan mikroskopis), teknik dan peruntukannya meliputi: 1. Jenis batugamping dan penyerta serta persentase masing-masing-masing gambar 2). Adapun sedimen yang sering berasosiasi dengan batugamping antara lain: batupasir, batulempung, dan dari batulanau (*siltstone*). Persentase batuan di atas terhadap batugamping tetapi akan menunjukkan nama batuan yang harus dianalisa baik di lapangan (*fieldwork*) maupun sayatan tipis batuan (*thin sections*) bahkan pengujian dengan pelarut seperti peroksida (H_2O_2) dan asam klorida (HCl). Misalnya, batugamping lempungan, batugamping kerikilan, batugamping konglomeratan, batugamping masif, kalsirudit, dan kalkarenit.

Tingkat kepadatan batuan, bisa dikategorikan masif bila singkapan/*core* dalam keadaan utuh tidak hancur; bisa pula bersifat setengah hancur atau sangat hancur (*rubble*) (Gambar 3). Hal ini untuk menginformasikan kemungkinan tingkat kepadatan terhadap struktur-struktur yang terjadi di daerah studi. Keseragaman bentuk hancuran perlu pula diinformasikan.



Gambar 2a. Persentase dalam sayatan tipis *cutting*, batugamping dolomitan, terdiri partikel (foraminifera bentos dan algae), mikrit, semen (kalsit; Bawah: dolomit) dan anomali (batulempung) total berjumlah 100%. Gambar 2b. Persentase dalam sayatan tipis *core* dan *cutting*, batugamping lempungan, terdiri partikel, mikrit, semen, pori, dan anomaly (batulempung dan mineral allogenic seperti bijih, batubara, pirit) total berjumlah 100% kalsilit, batugamping kristalin, batugamping dolomitan, batugamping dengan vein kalsit, dll.

Semakin seragam bentuk hancurnya, maka gaya tekan batuan yang mengenainya cenderung pelan, namun berlangsung cukup aktif dalam waktu yang lama, dan bisa diindikasikan terkena sesar. Terpisahnya *core* tersebut, ada kemungkinan karena terdapat perselingan batulempung yang juga mudah hancur saat transportasi dan penyimpanan (storage) tersebut.



Gambar 3a. *Rubble core* menunjukkan adanya retakan atau tekanan intensif. Gambar 3b. *Massive core* dengan retakan bisa terjadi pada saat *coring*.

Penentuan jenis batugamping umumnya dibedakan ke dalam klastik dan non klastik pada Gambar 4. Klastik sebagai produk transportasi bila dijumpai indikasi semacam debris, dinamai bioklastik, sedangkan non klastik umumnya bentuk masif yakni berupa terumbu dan

sedimen kimiawi seperti gipsum. Proses pengendapan karbonat bisa dari komponen kerangka (skeletal) disebut *secretion*; bila non kerangka (skeletal): *accretion*; bila kerangka (skeletal) dan non kerangka dinamai *aggregation*.

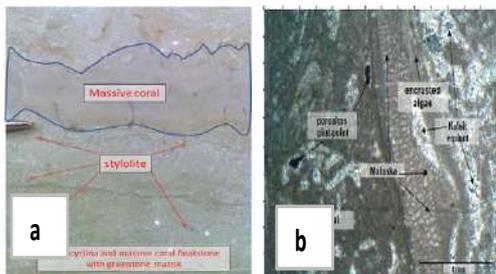


Gambar 4a. Litofacies *grainstone* (klastik) dengan *oil trace* (kiri: warna putih kecoklatan), *no oil trace* (kanan). Gambar 4b. Atas: Singkapan batugamping non klastik, facies *bafflestone* (branching corals) dan *bindstone* (*platy corals*). Bawah: klastik: facies *algae grainstone* berlapis buruk. Contoh singkapan Formasi Wonosari

Komponen penyusunnya dan jenis berupa *organic framework* atau *skeletal frame-work*, *biolith* oleh (Klasifikasi Folk, 1962); *boundstone* (Klasifikasi Dunham, 1962) atau sebagai *frame builders*, *frame binders* dan *frame bafflers*; *grains*/butiran (skeletal grain dan non skeletal grains) (Klasifikasi Embry and Klovan, 1971) pada Gambar 5. *Frame builders* dibangun oleh koral atau moluska atau *algae* yang berukuran beberapa centimeter hingga meter. *Frame binders* dibangun oleh *platy corals* atau *branching algae* dan foraminifera bentos kecil & besar, sedangkan *frame bafflers*, dibangun oleh koral bercabang. Selain itu terdapat jenis *rudstone* and *floatstone* yang keduanya terbentuk tidak jauh dari *organic framework*. Sebagaimana pada klasifikasi di atas, oleh karena itu Koesoemadinata (1996) pada menyertakan perkiraan persentase komponen berkaitan dengan penamaan litofacies dan kristalinitas/*crystalline carbonate* atau dolomite (+an).

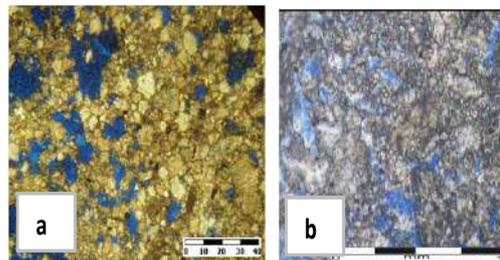
Mengetahui jenis *reef complexes* dan tipe *carbonate platform*, *mound*, *bank* serta geometrinya berdasarkan

Triangular Classification (Read, 1985; Longman, 1981). Keduanya terjadi bersamaan dalam spasial dan hubungan temporal. Pemahaman hal ini akan dapat digunakan untuk mengevaluasi secara regional.



Gambar 5a. *Massive coral colony* tumbuh melebar dalam litofacies *Lepidocyclusina and massive coral floatstone* dengan matriks *grainstone* dijumpai *hairy* dan *saw stylolite* yang membatasi koloni tersebut dengan lumpur (mud), Contoh Formasi Rajamandala, Jawa Barat Penamaan litofacies digunakan untuk menentukan energi pengendapan karbonat, semisal: *Coral bioclastic with matrix mudstone* ini mengindikasikan *low energy carbonate environment*. Gambar 5b. Koloni koral dijumpai simbiosis *encrusting algae* menunjukkan pada posisi struktur tumbuh, dengan moluska dan lumpur (mud) diantaranya dari terubah menjadi *equant calcite*. Contoh Formasi Paciran.

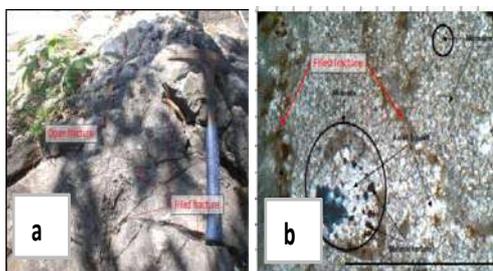
Reef complex ini harus melibatkan sejarah facies pada *platform* karena sifat reservoir, baik di dalam *reef* maupun pada *platform* terkait erat dengan evolusi geologi yang dialami oleh keduanya. Istilah *mud-mounds* penyusun utamanya *lime mud* dan *frame builder*-nya (koral dan ganggang merah kalau Miosen) harus kurang dari 25 atau 30 %. Ini berkembang di lingkungan energi rendah (*low energy*). Saat awal, memang porositasnya kecil kalau dibandingkan dengan *banks* atau terumbu (*reef*) yang dibangun oleh kerangka (*skeletal*). Kaitan antara diagenesa dengan porositas/permeabilitas dalam batugamping, bisa dilihat pentingnya faktor ubahan diagenetik. Karena penyusun *limemud* umumnya CaCO_3 aragonitik, maka mudah terlarut saat berada pada *meteoric zone*. Pelarutan yang terjadi sehingga akan memperbaiki porositasnya.



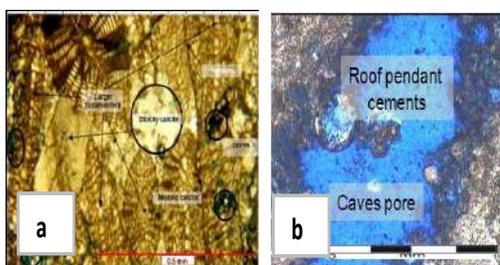
Gambar 6a. Rongga pori (biru) berupa intra-partikel atau *intercrystal porosity type*. Persentase pori yang besar juga memungkinkan permeabilitas besar. Gambar 6b. Rongga pori (biru) berupa intrapartikel atau *intercrystal porosity type*. Persentase pori yang besar juga memungkinkan permeabilitas besar.

Pengelompokkan urutan fasies karbonat berdasarkan dominasinya untuk menentukan satuan pengendapan fasies. Hal ini digunakan untuk menentukan tipe kompleks terumbu (*reef complex*), jenis *fringing reef*, *patch*, *barrier* atau *atoll reef* serta lingkungan lagoonal (*lagoon*), *back reef sand* pada terumbu belakang (*back reef*), inti terumbu (*reef core*) atau terumbu muka (*fore reef* atau *reef front*) atau laut terbuka (*open marine*). Penentuan jenis terumbu (*reef*) dapat pula digunakan klasifikasi kompleks terumbu (*reef complex*) menurut Longman (1981) ini yang lebih sesuai berlaku di kompleks terumbu koral atau ganggang. Kenozoikum di Indonesia atau tatanan paparan terumbu (*platform setting*) (Klasifikasi Wilson, 1975) dan didasarkan pada penelitian di Eropa dan Amerika yaitu berbedanya komponen kerangka (*skeletal framework*) yakni moluska *Rudistidae* (telah punah akhir Kapur). Klasifikasi pada kompleks terumbu koral disebut sebagai tipe Miosen (Miocene type, contoh di Arun), sedangkan kompleks terumbu *rudistidae* (*rudist reef complex*) disebut sebagai tipe Kapur.

Perhitungan dari persentase partikel (*fragmen*), mikrit, semen, porositas dan anomali (bila ada) lihat pada Gambar 6. Keempat komponen ini dinilai seobyektif mungkin untuk menentukan *visible porosity* serta kemungkinan permeabilitas yang rendah atau tinggi karena porositas saling berhubungan atau terpisah.



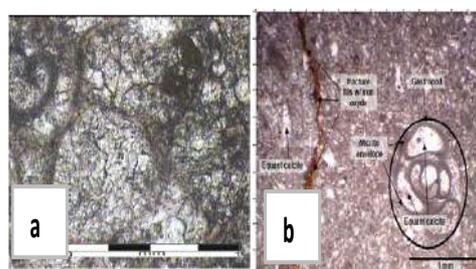
Gambar 7a. *Open fracture* dan *vein* terisi kalsit pada singkapan Formasi Wonosari. Gambar 7b. *Fracture* mikro terisi karbon (warna coklat) sayatan tipis conto Formasi Paciran.



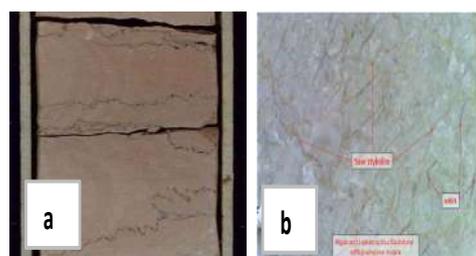
Gambar 8a. *Blocky calcite cements* (warna terang) serta tipe pori interpartikel dan *fracture* dalam litofacies *larger foraminifera grainstone*. Gambar 8b. *Pendant cement* dalam *caves pore* menunjukkan diagenesa di lingkungan zona vadose

Menentukan type pori (fabrik dan non fabrik), diperlihatkan pada Gambar 7 yang bisa didapatkan lebih dari satu jenis dari pori-pori dan masing-masing dipersentasikan, termasuk di dalamnya *fracture porosity* (vein inlets dan open fracture). Hal ini untuk mengetahui lingkungan diagenesa karbonat, bisa terjadi perubahan lingkungan dari shallow ke *deep burial*, atau sebaliknya; dari *deep burial* kemudian tersingkap/*exposed*. Presentase pori(%) ini digunakan untuk mengklasifikasikan *porosity quality* (poor, medium, good, very good atau excellent). Untuk *diagenetic process*, kadang juga dikenali adanya pori yang terisi kalsit *blocky (calcite cement overprint)* yang menunjukkan lingkungan *vadose zone*. Type semen (blocky, equant, fibrous, mozaic, syntaxial overgrowth), jenis semen (kalsit atau dolomit) dan neomorfisme (coalesive dan displasive). Hal tersebut dapat dilihat pada

Gambar 8. Hal ini menentukan *diagenetic process* dan nilai *cementation factor* dalam Archi formula yang merupakan satu dari enam parameter yang penting pengaruhnya dalam hasil ana-lisa log sumur. Adapun keenam dari faktor tersebut antara lain: RW (water resistivity), m (cementing factor), n (saturation exponent), a (turtuosity factor), *shale density* dan *shale neutron porosity*. Dalam pengamatan jenis dan proses sementasi, semisal hadirnya *meniscus cement* atau *pendant cement* hal ini mengindikasikan pernah berada di *aerial surface* (telogenesis).



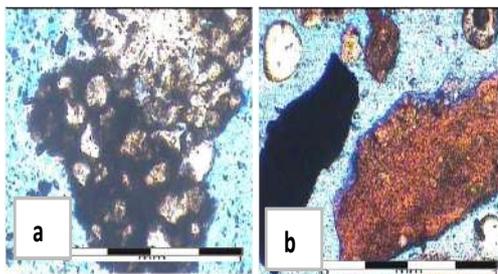
Gambar 9a. *Envelope micrite* membentuk dinding cangkang/*grains/fragment* sehingga lebih tebal, terbentuk sejak awal diagenesa. Gambar 9b. *Envelope micrite* mengindikasikan *early diagenesis*.



Gambar 10a. *Hairy stylolite* membawa mineral karbon, *fracture* terisi kalsit pada *core* litofacies *massive coral bindstone matrix packstone*. Gambar 10b. Atas: Sayatan selep. *Saw stylolite* yang membatasi fragment *algae*, koloni koral dengan *mud*. Contoh batuan *tight porosity*, Formasi Rajamandala, Padalarang, Jawa Barat. Bawah: Sayatan tipis. *Saw stylolite* pada batugamping yang membuka dan terisi mineral karbon.

Jumlah dan type matriks/*micrite* lihat Gambar 9. *Micrite* (singkatan dari: *microcrystalline*) merupakan indikasi dari

energi yang berperan didalam lingkungan pengendapan(depositional environment).



Gambar 11a. Dolomit batulempung gam-ping. Gambar 11b. *Skeletal packstone*, Cam-puran batulempung dan batubara.

Unsur-unsur lain seperti adanya *stylolite* (tipe hair/fine atau saw) lihat Gambar 10. *Saw stylolite* sering dijumpai sebagai batas fragmen/*particle* dengan matriks. Hal ini karena terjadi perbedaan densitas batuan, sebagaimana yang dijumpai di Formasi Rajamandala, Pada-larang Jawa Barat. Adapun penyebabnya diindikasikan sebagai pengaruh struktur yang membentuk zona sesar mendatar/*strike slip*, normal dan *upthrust* (Crevello et al, 2005). *Hairy stylolite* sering dijumpai sebagai produk kompaksi, baik pada batugamping yang memotong fragmen/partikel, maupun sering pula terkandung batulempung ini yang mengindikasikan produk diagenesa.

Jenis dan persentase mineral penyerta lihat Gambar 11, bersifat *authigenic*: seperti hematit, pirit, glaukonit atau hasil pelapukan (allogenic) seperti kaolin, feldspar dan atau kuarsa. Hal ini mengindikasikan lingkungan (restricted atau wide distributed), kedekatan dengan asal mineral dari batuan asalnya. Adanya paleosoil akan mengindikasikan *subaerial exposure* ini yang digunakan sebagai batas *cycle of sea level fall* (bila bersifat lokal), bahkan bila mungkin sebagai *sequence boundary* (bila bersifat regional).

PEMBAHASAN

Dari hasil determinasi ini, kita telah dapat menentukan penamaan litofasies dan satuan dari diagenesa dengan menggunakan hasil analisa sayatan tipis. Selanjutnya, penentuan satuan diagenesa didasarkan pada sekuen *diagenetic events*. *Diagenetic event* dapat dikenali

berdasarkan analisa dari urutan perubahan lingkungan diagenesa (Premono-wati, 2009). Semisal dari fasa diagenesa dari awal pada koral di lingkungan laut dangkal dan ditandai oleh proses mikritisasi. Dilanjutkan oleh fasa diagenesa dangkal lalu makin mendalam karena proses penimbunan, sehingga dijumpai indikasi kompaksi dan pelarutan (dissolution) pembentukan *cement equant* pada zona *fresh waterphreatic*. Semakin ke dalam lingkungan yang *meteoric*, semen neomorfisme terbentuk disertai kompaksi yang memungkinkan pembentukan retakan/rekahan/*fracture*. Sementasi selama pengisian retakan/*fracture* menjadi *vein* bisa diikuti pengisian oleh karbon atau kuarsa, dan seterusnya.

Metode ini dirancang lengkap dan telah dicobakan pada beberapa cekungan Tersier di Indonesia. Pemahaman disemua urutan di atas, memungkinkan kita mengenali karakter reservoir, selanjutnya di dalam petrofisik untuk menentukan nilai dari properti seperti porositas, dan indeks sementasi yang sangat penting dan pemodelan geologi. Hal ini bisa dikompilasikan dengan data seismik dan log sumuran. Adapun kekurangannya, apabila tidak didapatkannya salah satu dari percontonya tersebut dalam bentuk megaskopis (core) atau mikroskopis (SWC dan cuttings), maka secara holistik akan sulit menentukan satuan diagenesa dan dari diagenesa (diagenetic event), hingga sulit pula untuk menentukan parameter petrofisik.

KESIMPULAN

Metode pendiskripsian batugamping yang melalui singkapan, *core/SWC* dan/atau *cuttings* juga yang meliputi penamaan litofasies dan satuan diagenesa, selanjutnya penentuan fasa diagenesa dan lingkungan diagenesanya.

Perhitungan persentase yang presisi untuk jumlah partikel, mikrit, semen, pori (dan type pori) serta anomalia menentukan nilai properti pada reservoir untuk pemodelan geologi lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Crevello, P., Park, R., Tabri, K., Premo-nowati (2005). Equatorial carbo-

- nate depositional systems and reservoir development: modern to MioceneOligocene analogs of SE Asia: High resolution exploration and development applications from outcrop to subsurface. AAPG Equatorial Carbonate Field Seminar. 58p.
- Dwi Cahyo M., Yaman, F., Hasani, N., and Hidayat, D.S., 2007, Incentives required to develop stranded gas field: A case study Kerendan Gas Field. Proc. IPA 31st. Ann Conv.
- Read, J.F. (1985): Carbonate Platform Facies Models AAPG Bull v. 69, no. 1, p. 1-21.
- Longman, M.W., (1981) : "A Process Approach to Recognizing Facies of Reef Complexes" SEPM Special Publication no. 30, p. 9-40.
- Premonowati (2005), Fasies dan Stratigrafi Terumbu Formasi Paciran Daerah Tuban, Jawa Timur, Disertasi Program Doktor, Departemen Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung, hal. 1 – 291.
- Embry, A.F., and Klovan, E. J., 1971. Absolute Water Depth Limits of Late Devonian Paleoeological Zones. Geology Rdsch. 61/2, Stuttgart. in Reijers, T.J. A., and Hsu, K. J.1986.
- Manual of Carbonate Sedimentology: A Lexicographical Approach. Academic Press London. 301 p.
- Esteban, M., and Klappa, C. F., 1983. Subaerial Exposure Environment. in Scholle, P. A., Bebout, D.G., and Moore, C. H., (eds.). Carbonate Depositional Environments. AAPG Memoir 33. Tulsa, Oklahoma.p. 1-92.
- Handford, C. R., and Loucks, R. G., 1993. Carbonate Depositional Sequences and Systems Tracts-Responses of Carbonate Platforms to Relative Sea Level Changes, in Loucks, R. G., and Sarg, J. F.,(eds.). Carbonate Sequence Stratigraphy Recent developments and Application: AAPG Memoir 57.p. 3-41.
- James, N. P., 1983. Reefs. in Scholle, P. A., Bebout,D. G., and Moore, C. H., (eds.). Carbonate Depositional Environments. AAPG Memoir 33.Tulsa, Oklahoma. p 345-462.
- James, N. P., and Bourque, P. A., 1992. Reefs and Mounds. in Walker, R. G., and James, N. P., (eds.). Facies Models. Ontario. p. 323-347.
- Longman, M. W., 1981. Carbonate Diagenesis as a Control on Stratigraphic Traps. AAPG Education Course Note Series # 21.

ANALISIS BEBAN KERJA MENTAL DENGAN METODA NASA-TASK LOAD INDEX

Risma Adelina Simanjuntak¹

¹Jurusan Teknik Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 3 April 2010, revisi masuk : 14 Juni 2010, diterima: 25 Juli 2010

ABSTRACT

C.V Pinus Bag's Specialist runs for manufacture, especially in making many kinds of bags. By keeping quality of the products, it is the key to reach the goal of the company. This company applies production system of make to order which the orders have different model, numbers, and uncertain time cause mental workload was often felt by the workers. Therefore, it is studied by analyzing mental workload. In the study of mental workload, it was used the measurement of workload subjectively by using NASA-Task Load Index (TLX) method. This method is very effective for content 6 indicators (mental demand, physical demand, temporal demand, performance, efforts, and frustration demand) with 16 employees of the company as respondents. The result that is obtained in this study shows that the mental workload NASA-TLX which is accepted by the employees have been in high condition of workload. This can be seen based on the average of Weight Workload (WWL) with scale category; low category (0-9) is no employee, average category (10-29) is no employee, pretty high category (30-49) is no employee, high category (50-79) is 13 (thirteen) employees, very high category is 3 (three) employees. Therefore, the company needs to care optimal rest schedule to decrease work risk and re design of tasks and workplace in ergonomic

Keywords : *Mental workload, NASA-Task Load Index, ergonomic*

INTISARI

CV. Pinus Bag's Specialist, bergerak di bidang manufaktur khususnya pembuatan berbagai tas. Dalam kegiatan usahanya menjaga kualitas produk, menjadi kata kunci keberhasilan tercapainya tujuan perusahaan. Perusahaan ini menerapkan sistem produksi *make to order*, dimana pesanan berbeda-beda model setiap saat, dalam jumlah dan bahan serta waktu sesuai dengan permintaan sehingga menyebabkan timbulnya beban kerja sering dirasakan. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan menganalisis beban kerja mental. Pada penelitian ini digunakan pengukuran beban kerja secara subyektif dengan menggunakan metode *NASA-Task Load Index (TLX)*, metode ini sangat efektif karena memuat enam indikator yaitu Kebutuhan mental, Kebutuhan fisik, Kebutuhan waktu, Performansi, Usaha, Tingkat frustrasi dengan responden adalah karyawan sejumlah 16 orang. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu dari beban kerja mental (*Nasa-TLX*) menunjukkan bahwa beban kerja mental yang diterima oleh pekerja sudah dalam kondisi beban kerja yang tinggi, hal ini dapat dilihat berdasarkan nilai rata-rata *Weighted Workload (WWL)* atau bobot beban kerja dengan kategori skala beban kerja, rendah (0-9) tidak ada karyawan, sedang (10-29) tidak ada karyawan, agak tinggi (30-49) tidak ada karyawan. kategori tinggi (50-79) ada 13 karyawan, (80-100) tinggi sekali ada 3 karyawan Untuk itu bagi perusahaan perlu memperhatikan jadwal waktu istirahat yang optimal guna mengurangi resiko kerja dengan konsekuensi perlunya perancangan kerja dan penataan tempat kerja yang ergonomis.

Kata Kunci : *Beban kerja mental, NASA-Task Load Index, ergonomis*

PENDAHULUAN

Semua pekerja akan senang, jika lingkungan tempat kerjanya aman,

sehat dan nyaman. Tidak ada satupun pekerja yang menginginkan tempat kerjanya penuh dengan bahaya atau resiko.

¹rismastak@yahoo.com

Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah penerapan ergonomi ditempat kerja, artinya ergonomi dapat berperan dalam memberikan kenyamanan kepada pekerja saat melaksanakan kegiatan sehingga dapat mengurangi potensi dari cedera/kesakitan dan dapat meningkatkan produktivitas. Ergonomi dapat mempertimbangkan beberapa aspek seperti aspek fisik dan aspek psikologis.

Beban kerja merupakan konsekuensi dari pelaksanaan aktivitas yang diberikan kepada seseorang/pekerja. Aktivitas seseorang pada dasarnya ini dapat dibedakan antara aktivitas fisik dan aktivitas mental. Dalam prakteknya beban kerja yang dijumpai merupakan kombinasi antara beban kerja fisik dan beban kerja mental. Hal ini mudah dipahami karena pada dasarnya semua aktivitas merupakan kombinasi dari aktivitas fisik dan dengan aktivitas mental, dengan salah satu aktivitas yang lebih dominan dibandingkan dengan aktivitas yang lainnya

Pengukuran beban kerja mental dapat diklasifikasikan atas dasar metode obyektif dan metode subjektif. Dalam metode objektif, beban kerja mental ini dapat diukur dengan berbagai kriteria fisiologis pekerja, misalnya pengukuran denyut jantung yang secara umum peningkatan denyut jantung berkaitan dengan meningkatnya level pembebanan kerja. Sedangkan dalam pengukuran beban mental secara subjektif, pengukuran beban kerja mental didasarkan pada persepsi pada pekerja dengan justifikasi pengukuran. Beberapa metode pengukuran beban kerja mental subjektif diantaranya metode NASA TLX.

Pengukuran beban secara subjektif dilakukan dengan metode NASA-TLX dengan menggunakan kuesioner untuk mengetahui faktor-faktor psikologi mental yang mempengaruhi *performance* kerja. Adapun beban kerja yang harus diperhatikan dengan metode NASA-TLX meliputi enam indikator yaitu: kebutuhan mental, kebutuhan fisik, kebutuhan waktu, performansi, usaha, tingkat frustrasi.

Penelitian dilakukan terhadap pekerja karyawan pembuatan tas di CV Pi-nus *Bag's Specialist*, Jogjakarta.

Berdasarkan uraian diatas dapat dirumuskan permasalahan dari penelitian yang dilakukan, adalah untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi *performance* kerja dengan indikator kebutuhan mental, kebutuhan fisik, kebutuhan mental, kebutuhan fisik. Tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah (1) menilai beban kerja karyawan, (2) mendapatkan gambaran tentang kondisi kegiatan karyawan.

Ergonomi berasal dari bahasa Latin yaitu *Ergo* dan *Nomos*. *Ergo* artinya kerja dan *Nomos* artinya hukum alam. Ergonomi merupakan ilmu interdisipliner yang melibatkan beberapa keilmuan antara lain anatomi, fisiologi, psikologi, biomakanika, desain, manajemen. Menurut (Wignjosobroto, 2003) ergonomi merupakan satu upaya dalam bentuk ilmu, teknologi dan seni untuk menyesuaikan peralatan, mesin pekerjaan, sistem, organisasi dan lingkungan dengan kemampuan, kebolehan dan batasan manusia sehingga tercapai suatu kondisi dan lingkungan yang sehat, aman, nyaman, efisien dan produktif, melalui pemanfaatan tubuh manusia secara maksimal dan optimal. Agar tercapai kondisi seperti ini, seharusnya peralatan dan lingkungan dikondisikan sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan manusia, bukan sebaliknya manusia disesuaikan dengan alat.

Sesuai dengan pengertian ergonomi prinsip penting ergonomi yang selalu digunakan adalah prinsip *fitting the task/job to the man*, ini berarti harus disesuaikan dengan kemampuan dan keterbatasan manusia (Pulat B.M., 1991). Berdasarkan prinsip tersebut maka sistem kerja dirancang dengan memperhatikan faktor-faktor yang menjadi kelebihan dan keterbatasan manusia sebagai pengguna maka diperoleh suatu rancangan sistem kerja yang berada di dalam daerah kemampuan manusia. Di dalam ergonomi dibutuhkan studi tentang sistem dimana manusia, fasilitas kerja dan lingkungannya saling berinteraksi dengan tujuan utama yaitu menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya. Ergonomi disebut juga sebagai *human factor*. Ergonomi memberikan peranan penting dalam meningkatkan faktor keselamatan dan kesehatan kerja misalnya desain sistem kerja untuk

mengurangi rasa ngeri dan ngilu pada sistem kerangka dan otot manusia. Serta upaya didapat optimasi, efisiensi dan hilangnya resiko kesehatan akibat metode yang kurang tepat.

Beban Kerja Mental (*Mental Workload*), yaitu pengukuran beban kerja mental dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pengukuran secara obyektif dapat dilakukan dengan beberapa anggota tubuh antara lain denyut jantung, kedipan mata dan ketegangan otot. Pengukuran beban kerja mental secara subyektif merupakan teknik pengukuran yang paling banyak digunakan karena mempunyai tingkat validitas yang tinggi dan bersifat langsung dibandingkan dengan pengukuran lain. Pengukuran beban kerja mental secara subyektif memiliki tujuan yaitu untuk menentukan skala pengukuran terbaik berdasarkan perhitungan *eksperimental*, menentukan perbedaan skala untuk jenis pekerjaan dan mengidentifikasi faktor beban kerja yang berhubungan secara langsung dengan beban kerja mental (Pheasant S.,1991)

Faktor lain yang mempengaruhi beban kerja mental seseorang dalam suatu pekerjaan antara lain jenis pekerjaan, situasi kerja waktu respon, waktu penyelesaian yang tersedia dan faktor individu (tingkat motivasi, keahlian, kelelahan, kejenuhan dan toleransi performansi yang diijinkan)

Dalam psikologi kerja dibahas masalah-masalah yang berkaitan dengan kejiwaan yang dijumpai pada tempat kerja yaitu yang menyangkut dengan faktor-faktor diri, sedangkan yang termasuk dalam faktor diri antara lain *attitude*, jenis kelamin, usia, sifat atau kepribadian, sistem nilai, karakteristik fisik, motivasi, minat, pendidikan dan pengalaman. Masalah faktor diri ini dikaji didalam ergonomi karena pada setiap orang adanya faktor diri yang khas oleh karenanya mempunyai "bawaan" yang khas pula untuk dipergunakan dalam bekerja. Ketidak cocokan dalam suatu pekerjaan akan dapat menyebabkan timbulnya *stress* atau frustrasi, pada akhirnya akan menyebabkan rendahnya produktifitas, dan rendahnya mutu hasil kerja, serta tinggi tingkat kecelakaan ker-

ja. Kerja dari manusia bersifat fisik dan mental, masing-masing mempunyai intensitas yang berbeda-beda. Tingkat intensitas beban kerja fisik yang terlampau tinggi memungkinkan pemakaian energi yang berlebihan.

Sebaliknya tingkat dari intensitas beban psikis yang terlampau tinggi akan menimbulkan kebosanan dan kejenuhan yang disebut dengan kelelahan psikis (*boredom*), yaitu suatu keadaan yang kompleks yang ditandai oleh menurunnya penggiatan pusat syaraf, yang disertai dengan munculnya perasaan-perasaan kelelahan, keletihan, kelesuan dan berkurangnya kewaspadaan. Jika yang diamati tingkah laku emosional, maka jelas ada perbedaan dalam intensitas emosi, tidak sulit untuk memahami kenyataan bahwa pada saat beristirahat atau tidur maka emosi yang dirasakan relatif sedikit atau tidak ada, lain halnya bila baru mengetahui tentang promosi jabatan tertentu, tentu akan ada perasaan yang lebih intensif. Apapun sumber dari *Arousal*, baik yang berasal dari ketakutan, kecemasan, lapar maka mempunyai pengaruh yang umum. (Pheasant dalam Suhanto, 1999)

Metode NASA-*Task Load Index* (TLX), dikembangkan oleh Sandra G. dari NASA-Ames Research Center dan Lowell E. Staveland dari San Jose State University pada tahun 1981. Metode ini dikembangkan berdasarkan munculnya kebutuhan pengukuran subjektif yang terdiri dari skala sembilan faktor (kesulitan tugas, tekanan waktu, jenis aktivitas, usaha fisik, usaha mental, performansi, frustrasi, stres dan kelelahan). Dari sembilan faktor ini disederhanakan lagi menjadi 6 yaitu: Kebutuhan Fisik(KF), Kebutuhan Waktu (KW), Kebutuhan Mental(KM), Performansi (P), Usaha (U), dan Tingkat Stres (TF), penyederhanaan ini berdasarkan pertimbangan praktis (Nasa Task Load Index (TLX) Pembuatan Skala *Rating* Beban Kerja.

Hart dan Staveland dalam Pheasant,(1991) merumuskan masalah pembuatan skala peringkat beban kerja sebagai berikut : memilih kumpulan sub skala masalah yang paling tepat; Menentukan bagaimana menggabungkan sub skala tersebut untuk memperoleh nilai beban kerja yang sensitife terhadap sumber dan

defenisi beban kerja yang berbeda, baik diantara tugas maupun diantara pemberi peringkat; Menentukan prosedur terbaik untuk memperoleh nilai terbaik untuk memperoleh nilai numerick untuk sub skala tersebut.

Ada 3 (tiga) kategori pemilihan sub skala dalam eksperimen, yaitu skala yang berhubungan dengan tugas (kesulitan tugas, tekanan waktu dan jenis aktivitas), skala ini yang berhubungan dengan tingkah laku (usaha fisik usaha mental dan performansi) dan skala yang berhubungan dengan subjek (frustasi, stress dan kelelahan) yaitu:

Skala yang berhubungan dengan tugas: Peringkat yang diberikan pada kesulitan tugas memberikan informasi langsung terhadap persepsi kebutuhan subjek yang dibebankan oleh tugas. Tekanan waktu dinyatakan sebagai faktor utama dalam defenisi dan model beban kerja yang paling operasional dikuantifikasi dengan membandingkan waktu yang diperlukan dari serangkaian tugas dalam eksperimen. Peringkat yang diberikan pada jenis aktivitas ternyata tidak pernah berkorelasi secara signifikan untuk beban kerja keseluruhan. Dengan demikian, pada skala yang berhubungan dengan tugas hanya faktor kesulitan tugas dan tekanan waktu yang memberikan informasi yang signifikan mengenai beban kerja.

Skala yang berhubungan dengan tingkah laku yaitu: Faktor usaha fisik mencerminkan manipulasi eksperimen dengan faktor kebutuhan fisik sebagai komponen beban kerja utama. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa faktor usaha fisik tidak memiliki korelasi yang tinggi dan tidak memberi kontribusi yang signifikan terhadap beban kerja keseluruhan. Namun faktor ini ternyata berhubungan kuat dengan faktor tekanan waktu (tugas dengan tekanan waktu yang tinggi memerlukan tingkat respon yang tinggi pula) dan faktor stres (untuk tugas yang lebih kompleks). Faktor usaha mental merupakan kontributor penting pada beban kerja pada saat jumlah tugas operasional ini meningkat karena tanggung jawab operator berpindah dari pengendalian fisik ini langsung menjadi pengawasan. Peringkat usaha mental

berkorelasi dengan peringkat beban keseluruhan dalam setiap katagori eksperimen dan merupakan faktor kedua yang paling tinggi korelasinya dengan beban kerja keseluruhan. Peringkat ini yang diberikan faktor performansi memberikan informasi yang berguna dan signifikan tentang bagaimana subjek merasakan performansi mereka. Peringkat performansi berkorelasi secara signifikan dengan peringkat beban kerja keseluruhan.

Skala yang berhubungan dengan subjek: Frustrasi merupakan faktor beban kerja ketiga yang paling sesuai. Peringkat frustrasi korelasi dengan peringkat beban kerja keseluruhan secara signifikan pada semua kategori eksperimen. Peringkat stres mewakili manipulasi yang mempengaruhi peringkat kerja beban keseluruhan merupakan skala yang independent. Sementara faktor kelelahan tidak berhubungan dengan beban kerja, baik dalam pendapat apriori maupun secara empiris.

Dari masing-masing sub skala yang terpilih memberikan informasi yang berguna dan relevan tentang aspek-aspek pengalaman yang berbeda. Dari penggabungan peringkat yang diberi bobot (*weighted rating*) pada sub skala merupakan alternatif dari sub kerja.

Aplikasi NASA-TLX telah digunakan dalam eksperimen baik yang menggunakan simulator (dalam penerbangan), simulasi pengendalian supervisi atau untuk tugas-tugas dalam eksperimen (*memory task, chiceoperation time, critical instability tracking, conpesator tracking, mental arithmetic, mental rotation, target ocquisition, dan grammatical reasoning*). Adapun tahapan dalam metode NASA-TLX terdiri dari dua tahap, yaitu tahap pemberian bobot (*weights*) dan tahap pemberian peringkat (*ratings*), menurut (Sandra, 2006) yaitu: 1. Tahap pemberian bobot (*weights*), pada tahap ini, dipilih satu deskriptor untuk masing-masing pasangan deskriptor (ada 15 pasangan deskriptor) yang menurut subjek lebih dominan dalam pekerjaannya. Data berupa pilihan-pilihan deskriptor tersebut kemudian diolah untuk menghasilkan bobot untuk masing-masing deskriptor yang akan digunakan pada tahap kedua (*rating*); 2. Tahap pemberian peringkat (*rating*), pada tahap ini, peringkat (*rating*)

pada skala 1-100 diberikan untuk masing-masing deskriptor sesuai dengan beban kerja yang telah dialami subjek

dalam melakukan pekerjaannya. Adapun pengertian dari masing-masing deskriptor seperti pada Tabel 2

Tabel 1 Tahap Pemberian Peringkat (*Rating*)

PERTANYAAN	SKALA (Rendah hingga Tinggi)	
Menurut anda seberapa besar usaha mental yang dibutuhkan untuk pekerjaan ini ?	0 - 100	KM
Menurut anda seberapa besar usaha fisik yang dibutuhkan untuk pekerjaan ini ?	0 - 100	KF
Menurut anda seberapa besar tekanan yang anda rasakan berkaitan dengan waktu untuk melakukan pekerjaan ini?	0 - 100	KW
Menurut anda seberapa besar tingkat keberhasilan anda dalam melakukan pekerjaan ini ?	0 - 100	P
Menurut anda seberapa besar kecemasan, perasaan tertekan, dan stress yang anda rasakan dalam melakukan pekerjaan ini ?	0 - 100	TF
Menurut anda seberapa besar kerja mental dan fisik yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan ini?	0 - 100	E

Sumber : NASA TASK LOAD INDEX (TLX)

Tabel 2 Deskriptor-deskriptor NASA-TLX

Deskriptor	Penilaian	Keterangan
<i>Mental Demand /</i> Kebutuhan Mental (KM)	Rendah / Tinggi	Seberapa besar aktivitas mental dan perseptual yang dibutuhkan untuk melihat, mengingat, dan mencari. Apakah pekerjaan tersebut mudah atau sulit untuk dikerjakan, sederhana atau kompleks, memerlukan ketelitian atau tidak?
<i>Physical Demand /</i> Kebutuhan Fisik (KF)	Rendah / Tinggi	Seberapa banyak aktivitas fisik yang dibutuhkan (mendorong, menarik, mengontrol putaran, dsb). Apakah tugas tersebut mudah atau sulit untuk dikerjakan, gerakannya cepat atau lambat, melelahkan atau tidak?
<i>Temporal Demand /</i> Kebutuhan Waktu (KW)	Rendah / Tinggi	Seberapa besar tekanan waktu yang diberikan untuk menyelesaikan tugas?, apakah kecepatan kerja anda lambat dan santai?
<i>Performance /</i> Performansi (P)	Buruk / Bagus	Seberapa besar keberhasilan seseorang didalam pekerjaannya dan seberapa puas dengan hasil kerjanya?
<i>Effort / Usaha</i> (U)	Rendah / Tinggi	Seberapa keras anda harus bekerja (secara mental dan fisik) untuk mencapai tingkat performansi saat ini?
<i>Frustration Demand /</i> Tingkat frustasi (TF)	Rendah / Tinggi	Seberapa tingkat aman, tidak bersemangat, terganggu, stres, dan kedongkolan bila dibandingkan dengan perasaan aman dan santai selama bekerja?

Pengolahan data dari tahap pemberian peringkat (*rating*) ini, untuk memperoleh beban kerja (*mean weighted workload*) adalah sebagai berikut : Menghitung banyaknya perbandingan antara faktor yang berpasangan, kemudian menjumlahkan dari masing-masing deskriptor, sehingga diperoleh banyak nya jumlah dari tiap-tiap faktor. Dengan demikian, dihasilkan 6 nilai dari 6 des-

kriptor (KM, KF, KW, PF, U, dan TF); Menghitung nilai untuk tiap-tiap faktor dengan cara mengalikan *rating* dengan bobot faktor untuk masing-masing deskriptor. *Weighted workload* (WWL). WWL diperoleh dengan cara menjumlahkan keenam nilai faktor; $WWL = rating \times bobot\ faktor$; Menghitung rata-rata WWL. Rata-rata WWL diperoleh dengan cara membagi WWL dengan jumlah bobot

total, yaitu 15; Menghitung rata-rata WWL. Rata-rata WWL diperoleh dengan cara membagi WWL dengan jumlah bobot total, yaitu 15.

$$\text{Rata-rata WWL} = \frac{\text{WWL}}{15} \dots\dots (1)$$

Kebutuhan mental (*Mental Demand*), merupakan kemampuan tiap-tiap orang dalam memproses informasi terbatas, hal ini dapat mempengaruhi tingkat kinerja perorang yang dapat dicapai. Hubungan antara beban kerja dan kinerja dapat dilihat pada kurva U yang terbalik. Kinerja manusia pada tingkat rendah tidak juga baik, jika tidak banyak hal yang bisa dikerjakan, orang akan mudah bosan dan cenderung kehilangan ketertarikan terhadap pekerjaan yang dilaksanakannya. Dalam kondisi dapat dikatakan *underload*, peningkatan beban kerja setelah titik ini akan menyebabkan degradasi dalam kinerja. Pada tingkat beban kerja yang sangat tinggi atau *Overload*, pada kondisi ini informasi penting akan hilang akibat dari pendangkalan atau pemfokusan perhatian hanya satu aspek dari pekerjaan.

Kebutuhan fisik (*Physical Demand*), merupakan dimensi mengenai kebutuhan fisik (*physical demand*) pada NASA-TLX memiliki deskripsi yaitu tentang seberapa banyak aktivitas fisik yang dibutuhkan seperti mendorong, menarik, memutar, mengontrol, mengoperasikan, dan sebagainya. Selanjutnya mengenai tugas fisik yang dilakukan tersebut apakah termasuk dalam kategori mudah atau sulit untuk dikerjakan, gerakan yang dilakukan selama aktivitas cepat atau lambat, serta melelahkan atau tidak.

Kebutuhan waktu (*Temporal Demand*), merupakan dimensi kebutuhan waktu ini tergantung dari ketersediaan waktu dan kemampuan melengkapi (*over-lop*) dalam menjalankan suatu aktivitas. Hal ini berkaitan erat dengan analisis batas waktu (*time line analysis*) yang merupakan metode primer untuk mengetahui apakah subjek dapat menyelesaikan tugas dalam batas waktu yang diberikan.

Performansi (*Performance*), merupakan dimensi ini memiliki penger-

tian tentang seberapa berhasil atau sukseskah pekerja dalam menyelesaikan pekerjaannya yang telah ditetapkan oleh atasannya. Serta apakah pekerja puas dengan performansi dirinya sendiri dalam menyelesaikan pekerjaannya.

Usaha (*Effort*), merupakan dimensi usaha menjabarkan bahwa seberapa besar usaha yang dilakukan oleh anda sebagai pekerja untuk menyelesaikan pekerjaan anda sendiri. Dalam hal ini usaha yang dilakukan meliputi usaha mental dan fisik.

Kebutuhan frustrasi (*Frustration Demand*), merupakan dimensi ini berkaitan dengan kondisi yang dapat menyebabkan terjadinya kebingungan, frustrasi, dan ketakutan selama melaksanakan suatu pekerjaan, dengan demikian dalam penyelesaian pekerjaan menyebabkan lebih sulit dilakukan dari pada sebenarnya. Pada keadaan stres rendah, orang cenderung santai. Sejalan dengan meningkatnya stres, maka terjadi pengacauan konsentrasi terhadap aspek yang relevan dari suatu pekerjaan yang lebih, hal ini disebabkan adanya faktor individual subjek. Faktor-faktor ini antara lain sebagai berikut: motivasi, kelelahan, ketakutan, tingkat keahlian, suhu, kebisingan, getaran, kenyamanan

PEMBAHASAN

Kuesioner disebar ke karyawan sebanyak 16 responden. Data mentah yang dikumpulkan merupakan cikal bakal informasi, perlu diperiksa terlebih dahulu untuk memastikan data tersebut layak untuk diolah lebih lanjut.

Data Beban Kerja Mental dengan Metode NASA-TLX, menggunakan 6 deskriptor yang diukur untuk mengetahui seberapa besar beban kerja mental yang dialami oleh pekerja. Sedangkan pembobotan (*Weighted*) merupakan tahap pemberian bobot, yang menyajikan 15 pasangan deskriptor kemudian akan diisi oleh responden dengan cara melingkari pasangan deskriptor dan menurut responden mana yang lebih dominan mereka alami. Pada tahap ini ada 16 responden untuk mengisi atau memberikan bobot atas 15 pasangan deskriptor. Hasil pembobotan untuk ke 16 karyawan dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Pasangan Deskriptor

Pasangan Deskriptor		
KF/KM	KW/KF	KW/TF
KW/KM	P /KF	KW/U
P /KM	TF /KF	P /TF
TF/KM	U /KF	P /U
U /KM	KW/P	U/TF

Peringkat (*Rating*), merupakan tahap lanjutan setelah dilakukannya tahap pembobotan. Pada tahap ini, peringkat atau *rating* pada skala 1-100 diberikan untuk masing-masing deskriptor sesuai dengan beban kerja yang telah dialami responden dalam melakukan pekerjaannya dengan cara memberikan pertanyaan sesuai dengan kuisi-ner dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6.

Tabel 4. Perhitungan WWL

Bobot	Rating	WWL
1	50	50
0	40	0
4	57	228
5	90	450
2	52	104
3	53	159
Jumlah WWL		991
Rata-rata : WWL/15		66

Perhitungan dan kombinasi data keseluruhan ini, selanjutnya dilakukan pengolahan data yaitu dengan cara melakukan pengkombinasian data

antara data dari peringkat (*rating*) dengan data pembobotan (*weighted*).

Tabel 5. Hasil Pembobotan Pada Masing-masing Deskriptor

Karya- wan	Bobot Faktor Nasa-TLX						Total
	KM	KF	KW	P	TF	U	
1	1	0	4	5	2	3	15
2	3	0	5	4	1	2	15
3	0	4	3	5	1	2	15
4	2	4	1	5	3	0	15
5	0	1	3	5	2	4	15
6	2	4	5	3	1	0	15
7	2	0	5	1	4	3	15
8	2	4	3	5	0	1	15
9	2	3	5	4	0	1	15
10	0	4	5	3	1	2	15
11	1	3	4	5	2	0	15
12	4	5	0	3	2	1	15
13	0	5	3	3	3	1	15
14	1	5	2	4	1	2	15
15	5	3	0	1	4	2	15
16	1	0	2	5	4	3	15

Sedang Kombinasi pembobotan (*weighted*) dan peringkat (*rating*) berdasarkan data Tabel 5 dan Tabel 6. perhitungan *weighted* dan *rating* untuk keseluruhan karyawan dapat dilihat pada Tabel 4 dan hasil pengkombinasian *weighted* dan *rating* pada Tabel 7

Penentuan kategori beban kerja, berdasarkan hasil pengamatan dapat dilihat bahwa pengerjaan pembuatan tas,

Tabel 6. Hasil Pemberian Peringkat Pada Masing-masing Deskriptor

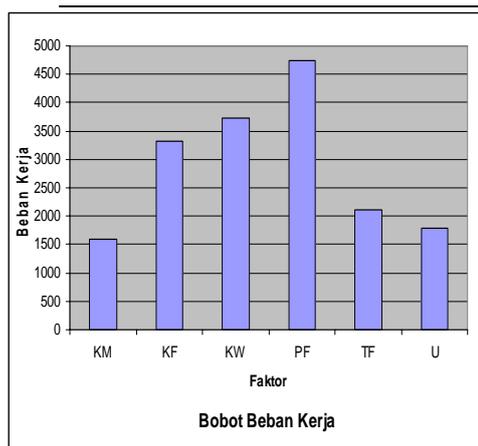
Des- kriptor	SKALA									
	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100
KM					50					
KF				40						
KW						57				
PF									90	
TF						52				
U						53				

melibatkan aktivitas-aktivitas yang berhubungan dengan ketelitian. Mulai dengan pembuatan pola, menggunting, menjahit dan membordir dengan model serta warna warni benang. Oleh karena itu urutan beban kerja secara keseluruhan karyawan untuk deskriptor-deskriptor

adalah performansi (P), Kebutuhan Waktu (KW), Kebutuhan Fisik (KF), Tingkat Frustrasi (TF), Usaha (U) dan masalah Kebutuhan Mental (KM), memiliki nilai beban kerja yang tinggi. dan berdasarkan hasil rata-rata pengkombinasian *weighted* dan *rating* didapat kategori beban kerja seperti pada Tabel 8.

Tabel 7. Hasil Pengkombinasian *Weighted* dan *Rating*

<i>Weighted Workload</i>	Deskriptor						Jumlah	Rata-rata
	KM	KF	KW	P	TF	U		
1	50	0	228	450	104	159	991	66
2	201	0	415	320	64	132	1132	74
3	0	280	180	400	54	112	1026	68
4	100	240	40	400	174	0	954	64
5	0	80	255	455	162	360	1312	87
6	140	304	450	216	65	0	1175	78
7	146	0	350	71	336	240	1143	76
8	136	276	216	400	0	70	1098	73
9	140	240	420	332	0	68	1200	80
10	0	316	400	231	70	150	1167	78
11	0	210	312	400	134	0	1056	70
12	180	350	0	150	80	30	790	53
13	0	450	264	216	240	70	1240	83
14	50	325	84	240	30	80	809	54
15	400	210	0	54	316	120	1100	73
16	50	47	120	400	280	198	1095	73
Total	1593	3328	3734	4735	2109	1789		



Gambar 1. Rata-Rata Beban Kerja

Tabel 8. Kategori Beban kerja

No	Range	Jumlah Karyawan	Beban Kerja
1	0 – 9	0	Rendah
2	10 – 29	0	Sedang
3	30 – 49	0	Agak tinggi
4	50 – 79	13	Tinggi
5	80 - 100	3	Tinggi Sekali

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan beban kerja mental dengan menggunakan metode *NASA-Task load index (TLX)*, bahwa beban

kerja dengan deskriptor-deskriptor adalah Performansi (P) sebesar 4735, Kebutuhan Waktu(KW) sebesar 3734, Kebutuhan Fisik (KF) sebesar 3328, Tingkat Frustrasi (TF) sebesar 2109, Usaha (U) sebesar 1789 dan Kebutuhan Mental (KM) sebesar 1593

Pekerjaan pembuatan tas termasuk pekerjaan yang mempunyai beban kerja yang tinggi dengan range 50 – 79 dengan jumlah karyawan 13 karyawan (81,25%) dan 3 karyawan termasuk beban kerja tinggi sekali sebesar 18,75%.

Diharapkan perusahaan perlunya perancangan kerja, penataan tempat kerja yang ergonomis dan memberikan waktu istirahat yang cukup bagi pekerja

DAFTAR PUSTAKA

- Hart G. Sandra, 2006, *Development of Nasa Tlx: Result of Empirical and Theoretical Research*, San Jose State University, California
- Nasa Task Load Index (TLX)
- Pheasant S, 1991, *Ergonomics Work and Health*, London Macmillan Press
- Pulat B.M., David C.Alexanders, 1991, *Industrial Ergonomics, Case Study*, McGraw-Hill, Inc.
- Suhanto., 1999, *Analisis Beban Kerja Psikis Dengan Metode SWAT dan Usulan Perbaikann Program Kegiatan Taruna Akademi TNI*

Angkatan Udara, Thesis, ITB :
Bandung
Wignjosoebroto Sritomo, 2003, *Ergo-
nomi Studi Gerak dan Waktu*,
Guna Widya, Surabaya.

PENERAPAN SENSOR SHT 11 TERKENDALI MIKROKONTROLER SEBAGAI PENGKONDISI SUHU DAN HUMIDITAS RUMAH WALET

Samuel Kristiyana¹

¹Jurusan Teknik Elektro Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 27 Feb 2010, revisi masuk: 18 Juni 2010, diterima: 21 Juli 2010

ABSTRACT

The Walet bird's nests are believed to have some healing power for a number of diseases. Therefore, they are highly valued commercially, so that the drive to collect them are very strong from hazardous places such as caves, cliffs, steep shoves, dense forests, etc. Efforts to give artificial homes for the Walet birds are promising for business, especially for the much lower workers safety risks and more stable best's quantity produced. Some challenges have to be able to overcome resorting to the regulating power of a microcontroller. First of all, to attract the birds, the design of would be home should be studied thoroughly, including its location away from the disturbing human activities. Second, the right indoor atmosphere condition should be guaranteed. A set of hardware can be developed to provide a monitoring system on the temperature, humidity as well as the illumination level of the room dedicated for the Walet. To maintain the right temperature and humidity, an automatic water sprayer unit is added during the dry days of the year. A programmable Walet sound reproducing equipment is vital to safe the farmer's time to operate it manually.

Key words: *Walet birds, temperature, humidity, microcontroller.*

INTISARI

Manfaat sarang burung walet yang diyakini berkhasiat menyembuhkan beberapa jenis penyakit. Hal ini yang menjadikan sarang walet tersebut di pasaran dijual dengan harga yang sangat tinggi, sehingga banyak orang tertarik untuk memperoleh sarang-sarang Walet yang ada di gua-gua, tebing yang tinggi, atau di daerah pantai, hutan-hutan, dan lain sebagainya. Akan tetapi pengambilan sarang burung walet di gua-gua, tebing, daerah pantai atau di hutan sangatlah beresiko bagi keselamatan peternak/pemetik sarang walet. Ber-dasarkan penelitian yang dilakukan, maka diciptakan suatu rekayasa teknologi pemberdayaan mikrokontroler. Untuk menarik walet mampir bersarang di rumah walet yang jauh dari pemukiman. Alat ini secara otomatis akan mengoperasikan rekaman suara burung walet yang untuk menciptakan dan menjaga kondisi rumah walet agar menyerupai kondisi gua alami, pengaturan alat ini secara otomatis akan mengoperasikan penyemprot air agar suhu dan kelembaban ruangan yang disukai burung walet tetap terjaga serta tersedianya air bersih seperti di gua-gua. Untuk mengendalikan suhu dan kelembaban, ditambahkan penyemprot air otomatis saat hari-hari panas. Pembangkit suara walet dan alat pengendali terprogram sangat menghemat waktu peternak/petani untuk mengoperasikan secara manual.

Kata kunci: Burung Walet, suhu, kelembaban, mikrokontroler.

PENDAHULUAN

Burung walet adalah burung terkenal bukan karena warna dari bulunya yang indah atau suaranya yang merdu, melainkan khasiat pada sarangnya yang terbuat dari air liurnya. Harga sarangnya sangat tinggi sehingga tak heran hanya kalangan tertentu ini saja yang sanggup

membelinya. Namun demikian pembeliannya tetap banyak karena mereka menganggap ada khasiat tertentu di dalamnya.

Hal inilah yang mendorong para pemetik sarang walet rela mempertaruhkan nyawanya untuk mencapai gua walet yang letaknya sulit dijangkau, yaitu di tebing-tebing tepi pantai. Alternatif lain

¹yana_ista@akprind.ac.id

dari perbuatan nekat untuk memperoleh sarang ini bisa dengan merumahkan walet di rumah yang sengaja disiapkan. Dari cara ini diperoleh beberapa keuntungan, di antaranya keseragaman mutu dan kebersihan sarangwalet yang ada. Mutu sarang walet ditentukan oleh bentuk, ketebalan, kebersihan, kadar air, dan warnanya. Sarang walet buku merah ini adalah yang terbaik dan paling disukai konsumen, sedang sarang walet putih (*Collocalia fuciphagus*) paling tinggi harganya. (Budiman, A, 2005)

Budidaya walet suatu unit kegiatan usaha yang bisa dijalankan oleh pelaku ekonomi atau pengusaha kecil dan menengah. Untuk memikat walet agar datang dan tinggal di rumah banyak caranya, misalnya dengan cara pasif yaitu menunggu saja sampai ada walet yang mau mampir. Cara lain, yaitu semiaktif, dengan cara ini menyediakan serangga pemikatnya dan juga dengan menggunakan suara burung walet dalam *kaset/tape recorder*. Akan tetapi hal ini dilakukan secara manual oleh peternak. *Operator manual* ini memiliki beberapa kekurangan dalam beberapa hal, misalnya kejenuhan atau merasa lelah dan bisa saja akan mengganggu keberadaan burung walet tersebut. Pemasaran sarang walet juga tergantung pada kualitas sarang yang dihasilkan. Kualitas sarang walet ditentukan oleh suhu, kelembaban dalam gedung/ rumah walet.

Burung walet merupakan burung pemakan serangga yang bersifat aerial dan suka meluncur. Burung ini berwarna gelap, dan terbangnya cepat, ukurannya kecil/ sedang, memiliki sayap yang berbentuk sabit yang sempit dan runcing. Kakinya sangat kecil begitu juga paruhnya dan burung ini tidak pernah hinggap di pohon. Burung walet mempunyai kebiasaan berdiam di gua-gua, rumah-rumah yang cukup lembab, remang-remang sampai gelap dan menggunakan langit-langit ini untuk menempelkan sarang sebagai tempat istirahat dan berkembangbiak. Burung ini berwarna coklat tua kelabu. Walet tumbuh dengan ukuran panjang dari 3,5 sampai 6 inci (seukuran dengan seekor burung pipit), dan memiliki berat sekitar 0,5ons.(www.whitenest.com)

Burung yang bertempat tinggal di dalam gua adalah satu-satunya jenis burung yang menggunakan sonar dalam *bermanuver* di ruang yang gelap (*echolocation*). Sonarnya terdiri dari bunyi/ suara harmonis pada frekuensi 1,500 sampai 5,500Hz, dapat didengar oleh telinga manusia. Bunyi harmonis dipancarkan sebanyak enam kali per detik. Walet adalah satu-satunya burung *trogodytes* (penduduk gua.) Walet tidak hanya dapat menyusuri kegelapan, tetapi mereka dapat menemukan individu/ koloni mereka sendiri yang bersarang diantara berratus-ratus koloni burung lainnya. (www.whitenest.com)

Klasifikasi burung walet adalah sebagai berikut: *Superorder: Apomorphae; Order: Apodiformes; Family: Apo didae; sub Family: Apodenaee; Tribes: Collacalliini; Genera: Collacalia; Species: Collacaliafuciphaga*. Menurut persyaratan lingkungan lokasi kandang: Dataran rendah dengan ketinggian maksimum 1000m di atas permukaan laut. Daerah yang jauh dari jangkauan pengaruh kemajuan teknologi dan perkembangan masyarakat. Daerah yang jauh dari gangguan burung-burung buas pemakan daging. Persawahan, hutan-hutan terbuka, pantai, danau, sungai, rawa merupakan daerah paling tepat.

Satu hal lagi yang tidak bisa lepas dari budidaya walet adalah menyiapkan sarana dan prasarana rumah walet itu sendiri. Sarana dan prasarana yang mempengaruhi diantaranya Suhu, kelembaban, penerangan dan gedung. Gedung untuk kandang walet harus memiliki suhu, kelembaban dan penerangan yang mirip dengan gua-gua alami. Suhu gua alami berkisar antara suhu 24-26°C, kelembaban 80-95%. Pengaturan kondisi suhu dan kelembaban ini dilakukan dengan: Melapisi plafon dengan sekam setebal 20cm; membuat saluran-saluran air atau kolam di dalam rumah walet ini; menggunakan ventilasi dari pipa bentuk "L" dengan jarak 5 m satu lubang, diameter 4 cm; Menutup rapat pintu, atau lubang yang tidak terpakai; pada lubang keluar masuk diberi penangkal sinar yang berbentuk corong dari goni atau kain berwarna hitam sehingga keadaan dalam rumah

walet akan lebih gelap. Suasana gelap akan lebih disenangi walet.

Bentuk dan konstruksi rumah walet pada umumnya, pada rumah walet seperti bangunan gedung besar atau rumah hunian, luasnya bervariasi dari 10x15 m persegi sampai 10x20 m persegi. Makin tinggi wuwungan (bubungan) dan semakin besar jarak antara wuwungan dan plafon, makin baik rumah walet dan lebih disukai walet. Rumah walet tidak boleh ditutupi oleh pepohonan besar. Tembok rumah walet dibuat dari dinding berplester, sedangkan bagian luar dari campuran semen. Bagian dalam tembok ini sebaiknya terbuat dari campuran pasir, kapur dan semen dengan perbandingan 3:2:1 yang sangat baik untuk mengendalikan suhu dan kelembaban udara. Kerangka atap dan sekat tempat melekatnya sarang dari kayu kayu yang kuat, tua dan tahan lama, awet dan tidak mudah lapuk.

Atapnya terbuat dari genting. Rumah walet perlu dilengkapi dengan ruang berkeliling (*roving room*) ini, sebagai tempat berputar-putar dan ruang istirahat (*resting room*) sebagai tempat beristirahat dan bersarang. Lubang tempat keluar-masuk burung berukuran 20x20 atau 20x35cm persegi dibuat di bagian atas. Jumlah lubang tergantung kebutuhan dan kondisi rumah walet. Letak lubang ini jangan menghadap ke timur dan dinding dengan cat hitam.

Menurut Budiman, (2005) walet membutuhkan ruang yang lembab. Kelembaban ruang yang ideal sekitar 75 – 95%. Kelembaban yang terlalu tinggi (100% bahkan lebih) akan berpengaruh terhadap kualitas sarang, yaitu sarang berkadar air tinggi dan berwarna kekuning-kuningan. Kelembaban rendah sekitar 50-75% mengakibatkan sarang mudah retak, bentuknya kurang sempurna, dan daging sarang tipis. Suhu ideal dalam gedung walet antara 27-29°C. Untuk memenuhi suhu ideal tersebut, faktor fisik bangunan, seperti ketebalan dinding, jumlah ventilasi, ketebalan atap dan lebar ruang harus diperhitungkan. (Budiman, 2005)

Menurut Kenny, Sim, (2005) setiap makhluk hidup ini pada dasarnya memilih tempat berkembangbiak yang a-

man dan nyaman. Begitu pula walet, walet memilih tempat yang memenuhi syarat: Aman, dari gangguan, dan terlindung dari terpaan angin, terik matahari, hujan dan cahaya yang terang. Nyaman, yaitu tempat sesuai habitatnya. Tempat yang sesuai dengan habitat walet adalah bersuhu 26-29°C, berkelembaban 80-90 %, dan dekat dengan tempat ia mencari makan.

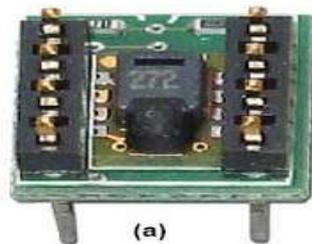
Oleh sebab itu diperlukan suatu perlakuan khusus untuk memancing walet atau menjaga dan mengembangkan populasi walet pada bangunan yang sudah dimasuki walet. Perlakuan khusus itu pada dasarnya adalah membuat bangunan yang sesuai dengan habitat walet. Secara teori, perlakuan khusus itu seperti: ukuran bangunan, bak tampung air, lubang ventilasi, dan ukuran lubang, pemberian tanah merah, bau-bauan, hujan buatan, pemberian serangga dari makanan yang dibusukkan, suara walet dan lainnya. Semua teori itu adalah benar untuk memancing atau menjaga dan mengembangkan populasi walet karena memang bertujuan untuk membuat bangunan agar sesuai habitat walet. Metode Penelitian, penelitian ini dilakukan secara berurutan yaitu melakukan studi baik secara literatur maupun elektronis untuk mendapatkan teori pendukung, merancang dan merakit suatu sistem elektronis berbasis mikrokontroler, enguji alat dan melakukan perbaikan dan penyempurnaan

Sensor SHT11, pada aplikasi pengendalian suhu dan kelembaban di rumah walet, merupakan sensor digital untuk pengukuran parameter temperatur dan kelembaban dengan fitur-fitur sebagai berikut ini: memiliki waktu respons yang pendek, komunikasi 2 kabel secara digital; memiliki ukuran yang relatif kecil (7,5x2,5mm), ketepatan pengukuran yang tinggi (presisi), menggabungkan pengukuran kelembaban relatif (*relative humidity*; RH) data temperature, melakukan pengukuran pada titik yang tepat (*dew point*), terkalibrasi penuh, dapat melakukan penyesuaian tanpa; selalu dalam kondisi stabil dalam jangka waktu yang lama; membutuhkan daya yang relative lebih kecil, dapat melakukan

pengecekan sendiri (*self test*) terhadap elemen sensor, dan elemen sensor yang dapat menyesuaikan kondisi untuk pengukuran dan stabilitas yang presisi.

PEMBAHASAN

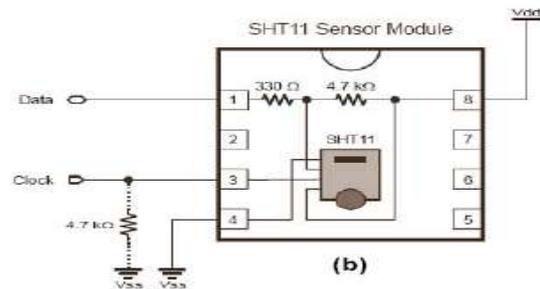
Kemajuan pada teknologi pembuatan IC berhasil membuat suatu sistem mikrokontroler. Mikrokontroler merupakan mikroprosesor dengan rangkaian



Gambar 1. (a) Modul sensor SHT11;

dan komponen internal seperti memori, I/O paralel maupun serial, sistem *clock* yang terintegrasi dalam satu *chip*.

Pengendalian perangkat elektronik dapat dilakukan dengan mudah dan otomatis. Mikrokontroler AT89S52 merupakan salah satu mikrokontroler ini yang mampu menjawab segala kebutuhan pengoperasian dan pengendalian dengan mudah dan otomatis.

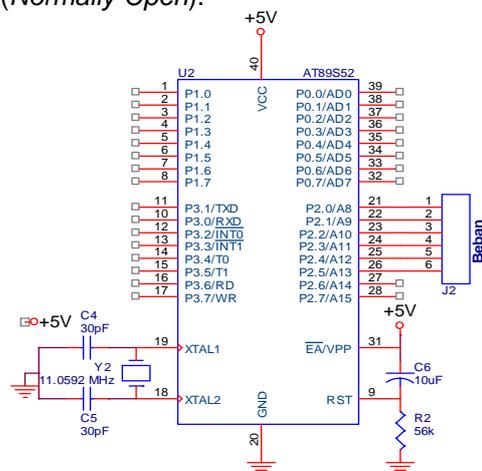


(b) Diagram pengkabelan sensor SHT11

Pengkondisian suhu dan kelembaban serta pembuatan koloni semu ini pada rumah walet merupakan salah satu aplikasi pengoperasian dan pengontrolan secara otomatis dengan memanfaatkan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) mikrokontroler. Dari contoh aplikasi diharapkan dapat lebih memahami prinsip kerja dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak. Pengkondisian suhu dan kelembaban serta pembuatan koloni semu pada rumah walet terdiri dari beberapa bagian, yaitu: bagian catu daya, bagian mikrokontroler, bagian keypad, bagian sensor, bagian jam digital, bagian penampil *liquid crystal display* (LCD), bagian driver beban, bagian rangkaian suara dan pengendali beban. Pada Gambar 2 dapat dilihat rangkaian pengendali (*load driver*). Untuk menghidupkan beban-beban yang terhubung pada port 2. Port 2 harus diberikan logika 0 sehingga arus dari sumber dapat mengalir ke kaki basis transistor. Dengan demikian, transistor akan dipicu dan transistor akan berfungsi sebagai saklar arus ke relai, sehingga beban-beban yang ada dapat difungsikan. Piranti ini menggunakan IC ISD2-590 sebagai piranti dasar pengolahan suara. Dalam hal perancangan fungsi perekaman dan pemutaran

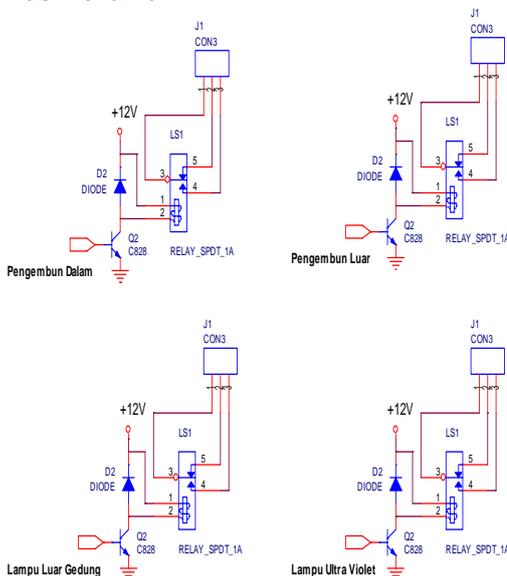
hasil rekaman, IC ISD2590 biasanya dihubungkan dengan mikrokontroler seperti yang tampak pada Gambar 4 berikut ini: (Budiharto, Widodo, 2004).

Arus yang mengalir dari kolektor transistor akan disearahkan oleh dioda. Selanjutnya arus akan mengalir pada kaki 1 dan 2, sehingga inti besi lunak akan menjadi magnet. Kemudian inti besi ini akan menarik kontak yang ada pada kaki 3, sehingga kaki 3 yang pada mulanya terhubung ke kaki 5, berubah kedudukan yaitu terhubung ke kaki 4. Hal tersebut dapat terjadi jika kaki 5 *relay* bersifat NC (*Normally Close*) dan kaki 4 bersifat NO (*Normally Open*).



Gambar 2. Rangkaian Pengendali Beban

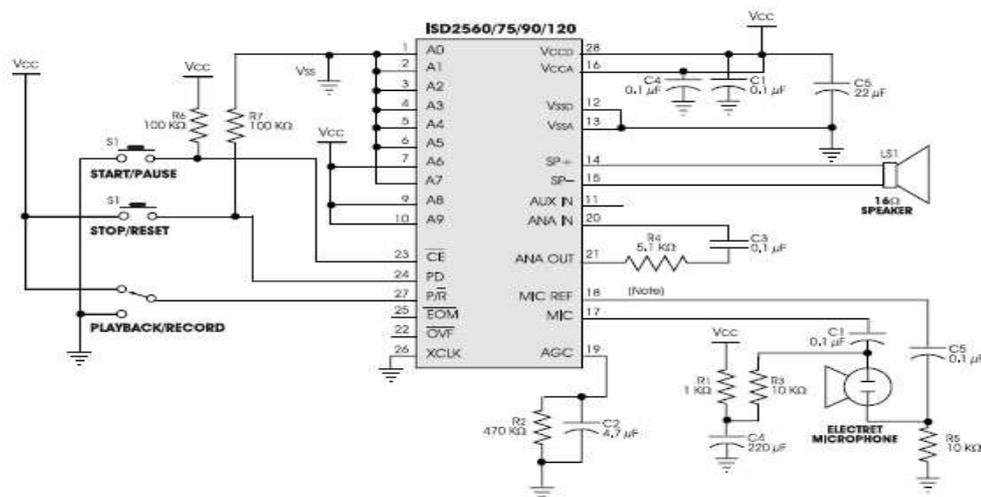
Bagian Rangkaian Suara ini, berfungsi untuk melakukan proses perekaman suara dan proses pemutar ulangan hasil rekaman.



Gambar 3. Rangkaian Beban

Model untuk menjalankan fungsi ISD2590 dipilih pada mode push button, yaitu pengoperasian yang didasari pada penggunaan tombol-tombol push on untuk menjalankan baik proses perekaman maupun pemutaran ulang. Mode ini bisa disesuaikan dengan penggunaan IC mikrokontroler sebagai pengganti saklar push on untuk melakukan intruksi kerja. Berikut ini adalah konfigurasi *mode push button* dengan metode manual (tanpa antar muka mikrokontroler). Adapun urutan kerja pada proses *record* dan proses putar ulang (Agfianto, A., 2003).

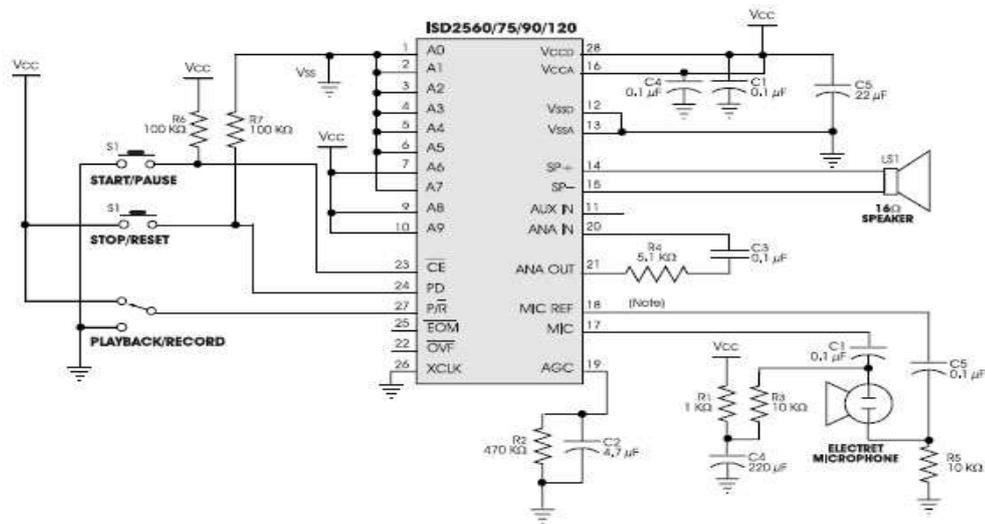
Proses record meliputi Pin PD (*Power Down*) diberikan kondisi *LOW*, Pin P / ~ R (*Playback /Record*) diberikan kondisi *LOW*. Pin CE (*Chip Enabled*) diberikan pul-sa *low* (H _ L _ H) sesaat setelah setelan pemberian pulsa, pada pin ~OEM akan bernilai *HIGH* yang menandakan proses record sedang berlangsung.



Gambar 4. Interfacing ISD2590 dengan mikrokontroler

Untuk mengakhiri proses rekam ini dengan memberikan kembali pulsa *LOW* pada pin CE atau menunggu hingga durasi perekaman sesuai dengan tipe IC yang dipakai pada pin-EOM bernilai *LOW* kembali menandakan proses re-kam telah usai. Proses Putar Ulang meliputi pin PD (*Power Down*) diberikan kondisi *LOW*, Pin P/R (*playback/record*) diberikan ko-

ndisi *HIGH*. Pin CE (*Chip Enabled*) diberikan pulsa *LOW* (H-L-H), sesaat setelah pemberian pulsa, pada pin-OEM akan bernilai *HIGH* yang menandakan proses playback sedang berlangsung. Setelah playback telah usai, pin OEM akan bernilai *LOW* kembali yang menandakan prosed *play-back* telah usai.

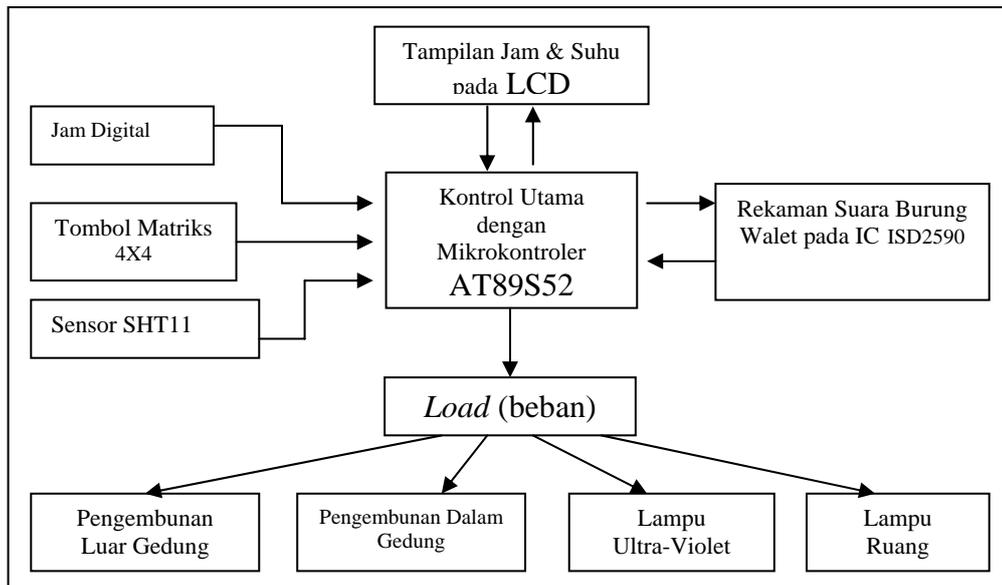


Gambar 5. Aplikasi IC ISD2590 dengan *push button*

Dengan menggunakan IC mikrokontroler AT89S52, akan dapat diatur alat pemanggil burung Walet/koloni semu tersebut yang bekerja pada jam-jam tertentu dan dalam interval waktu yang ditentukan. Maka operator manual, dalam hal ini adalah peternak, tidak perlu lagi melakukan pengoperasian dan mematikan alat pemanggil/pemancing burung Walet tersebut secara rutin setiap hari pada jam-jam tertentu. Sensor SHT akan mendeteksi suhu dan kelembaban rumah Walet untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembaban yang baik guna meningkatkan kualitas sarang Walet yang dihasilkan.

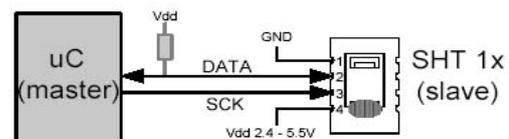
Prinsip kerja bagian-bagian sistem alat ini meliputi Catu daya berfungsi sebagai asupan tegangan dan arus searah dengan nilai tegangan untuk level piranti digital sebesar 5 volt dan 12 volt. Pengendali utama alat berbasis mikrokontroler AT89S52 yang berfungsi untuk mengatur semua akses komunikasi baik dengan piranti *input/output*. Di dalam keping AT89S52 terdapat memori EEPROM yang berisikan pemikiran pengendalian melalui suatu pemrograman yang akan diterjemahkan sebagai perintah untuk mikroprosesor dalam mendayagunakan fitur-fitur yang tersedia baik untuk pembacaan masukan maupun keluaran. (Petruzella, Frank D, 2001). *ISP Flash Programming*, merupakan metode pengisian memory EEPROM

piranti mikrokontroler dengan kode-kode biner hasil kompilasi dari pemrograman oleh programmer (bahasa C). Untuk jenis IC mikrokontroler tipe AT-89Sxxxx ini mendukung terhadap ISP yang terdiri atas: (Paulus, A, 2003). MOSI (*Master Out Slave In*), yaitu transmisi dan data dari computer menuju target (IC mikrokontroler) pada proses pengisian MISO (*Master In Slave Out*), yaitu transmisi data dari target (IC-mikrokontroler) menuju komputer pada proses verifikasi SCK (*Synchronous Clock*), yaitu sinkronisasi untuk tiap-tiap 1 bit transmisi data antara komputer dengan piranti target karena komunikasi serial antara komputer dan target secara sinkron. (Malik, Ibnu, 2003). Penampil dari *Liquid Crystal Display* (LCD) berfungsi untuk menampilkan nilai, parameter atau informasi masukan, baik dari sensor SHT11 maupun jam digital. Komunikasi dengan pengendali utama dengan menggunakan 8 bit bus data dan 3 bit bus kontrol (RS, RW, dan E). Sensor SHT11, pada prinsipnya melakukan pengukuran terhadap besaran parameter suhu, kelembaban dan titik embun. Sensor SHT11 dikomunikasikan pengendali utama serial secara sinkron dengan metode ini IIC (*inter integrated circuit*) menggunakan 2 bit bus komunikasi yaitu, yaitu, DTA (*transmisi serial Half Duplex*) dan SCL (*synchronous clock*).



Gambar 6. Diagram blok sistem kendali

Sebagai detak komunikasi data antara sensor dengan pengendali utama). Data pengukuran parameter akan dikirim ke pengendali utama dan selanjutnya akan ditampilkan pada LCD. Pada Gambar 7 ditunjukkan komunikasi data antara sensor (*slave*) dengan mikrokontroler sebagai pengendali utama (*master*).



Gambar 7. Komunikasi data antara sensor SHT11 dengan Mikrokontroler

Rangkaian Suara Burung Walet, merupakan rangkaian pengolahan dari suara berfungsi untuk melakukan proses perekaman suara dan proses pemutar ulangan hasil rekaman. Pi-ranti ini Menggunakan IC ISD 2590 sebagai piranti dasar pengolahan suara.

Model untuk menjalankan fungsi ISD2-590 dipilih pada *mode push button*, pengoperasian yang didasari pada penggunaan tombol-tombol *push on* untuk menjalankan baik proses perekaman maupun pemutaran ulang. *Mode* ini bisa disesuaikan dengan penggunaan IC mikrokontroler sebagai pengganti saklar *push on* untuk melakukan intruksi kerja.

Analisis Kerja Alat, Akurasi suatu instrumen menunjukkan deviasi atau penyimpangan terhadap masukan yang diketahui. Prosentase akurasi ditentukan oleh persamaan berikut :

$$\% \text{ akurasi} = 100\% - \% \text{ kesalahan} \dots (1)$$

Ketepatan atau presisi suatu instrumen ini menunjukkan kemampuan instrumen untuk menghasilkan kembali bacaan tertentu dengan ketelitian yang diketahui. Pengukuran dikatakan presisi jika sebaran nilai hasil pengukuran kecil. Nilai presisi adalah antara 0 hingga 1. Semakin nilai presisi mendekati 1, berarti semakin presisi suatu alat ukur. Nilai presisi ditentukan oleh persamaan (2) :

$$\text{Presisi} = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \dots \dots \dots (2)$$

dimana: X_n = nilai pengukuran ke-n dan

\bar{X}_n = nilai rata-rata dari n pengukuran.

Deviasi dari masing-masing pengukuran ditentukan oleh persamaan :

$$d_i = X_n - \bar{X}_n \dots \dots \dots (3)$$

Standar deviasi menunjukkan sebaran data. Semakin besar nilai standar deviasi menunjukkan bahwa data semakin tersebar. Nilai standar deviasi yang kecil menunjukkan bahwa tidak tersebar dan berkumpul pada satu titik. Standar deviasi dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_n - \bar{X}_n)^2}{n-1}} \quad \dots\dots(4)$$

Pengujian alat menggunakan *Hygro-Thermometer* produk dari *Extech Instruments* dan Catu daya variabel. Variabel dalam pengujian alat ini adalah parameter suhu dan kelembaban pada ruangan dan waktu yang berbeda, nilai kristal yang adalah 11,0592 MHz. Dalam pengujian dan kalibrasi, diasumsikan bahwa data hasil pengukuran ini dengan menggunakan *Hygro-Thermometer* adalah yang paling mendekati nilai sebenarnya.

Tabel 1. Hasil pengukuran suhu dan kesalahan pengukuran di ruang tidak ber-AC

Pengujian ke	Alat (°C)	HygroThermometer(°C)	Kesalahan (°C)	% Kesalahan	% Akurasi	Presisi (°C)
1	28	27,9	0,1	0,35	99,65	0,98
2	29	27,9	1,1	3,94	96,06	0,99
3	29	27,9	1,1	3,94	96,06	0,99
4	29	27,9	1,1	3,94	96,06	0,99
5	28	27,9	0,1	0,35	99,65	0,98
6	28	27,9	0,1	0,35	99,65	0,98
7	28	27,9	0,1	0,35	99,65	0,98
8	29	27,9	1,1	3,94	96,06	0,99
9	29	27,9	1,1	3,94	96,06	0,99
% kesalahan terkecil=0,35; % kesalahan terbesar=3,94 ; Standar deviasi=0,56						

Tabel 2. Hasil pengukuran kelembaban relatif dan kesalahan pengukuran di ruang tidak ber-AC

Pengujian ke	Alat (°C)	HygroThermometer(°C)	Kesalahan (°C)	% Kesalahan	% Akurasi	Presisi (°C)
1	66	61	5	8,19	91,81	0,994
2	67	61	6	9,83	90,17	0,999
3	68	61	7	11,47	88,52	0,997
4	66	62	4	6,45	93,55	0,994
5	67	62	5	8,06	91,94	0,999
6	68	62	6	9,67	90,33	0,997
7	67	62	5	8,06	91,94	0,999
8	67	62	5	8,06	91,94	0,999
9	68	62	6	9,67	90,33	0,997
% kesalahan terkecil=6,45; % kesalahan terbesar=11,47 ; Standar deviasi=0,73						

Tabel 3. Hasil pengukuran suhu dan kesalahan pada pengukuran di ruang ber-AC

Pengujian ke	Alat (°C)	HygroTher mometer(°C)	Kesalahan (°C)	% Kesalahan	% Akurasi	Presisi (°C)
1	26	28,3	2,3	8,12	91,88	0,94
2	25	28,3	3,3	11,66	88,34	0,98
3	24	27,9	3,9	13,97	86,03	0,09
4	24	27,9	3,9	13,97	86,03	0,09
5	24	27,9	3,9	13,97	86,03	0,09
6	24	27,4	3,4	12,40	87,60	0,09
7	24	27,5	3,5	12,72	87,28	0,09
8	24	27	3	11,11	88,89	0,09
9	24	26,5	2,5	9,43	90,57	0,09

% kesalahan terkecil=8,12; % kesalahan terbesar=13,97 ; Standar deviasi=2,02

Tabel 4. Hasil pengukuran kelembaban relatif dan kesalahan pada pengukuran di ruang ber-AC

Pengujian ke	Alat (°C)	HygroTher mometer(°C)	Kesalahan (°C)	% Kesalahan	% Akurasi	Presisi (°C)
1	58	56	2	3,75	96,43	0,85
2	62	57	5	8,77	91,23	0,03
3	66	55	9	15,78	84,22	0,97
4	68	49	7	14,28	85,72	0,99
5	70	51	19	37,25	62,75	0,98
6	71	51	20	39,21	60,79	0,97
7	71	51	20	39,21	60,79	0,97
8	72	52	20	38,46	61,54	0,95
9	72	53	19	35,84	64,16	0,95

% kesalahan terkecil=3,75; % kesalahan terbesar=39,21 ; Standar deviasi=4,92

Tabel 5. Hasil pengukuran suhu dan kesalahan pada pengukuran di ruang terbuka

Pengujian ke	Alat (°C)	HygroTher mometer(°C)	Kesalahan (°C)	% Kesalahan	% Akurasi	Presisi (°C)
1	26	24,5	1,5	6,12	93,88	0,74
2	25	24,5	0,5	2,04	97,96	0,72
3	25	24,5	0,5	2,04	97,96	0,72
4	26	24,5	1,5	6,12	93,88	0,74
5	25	24,5	0,5	2,04	97,96	0,72
6	25	24,5	0,5	2,04	97,96	0,72
7	25	24,5	0,5	2,04	97,96	0,72
8	25	24,5	0,5	2,04	97,96	0,72
9	25	24,5	0,5	2,04	97,96	0,72

% kesalahan terkecil=2,04; % kesalahan terbesar=6,12 ; Standar deviasi=9,7

Tabel 6. Hasil pengukuran kelembaban relatif dan kesalahan pada pengukuran terbuka

Pengujian ke	Alat (°C)	HygroThermometer(°C)	Kesalahan (°C)	% Kesalahan	% Akurasi	Presisi (°C)
1	92	81	11	13,58	86,42	0,96
2	93	81	12	14,81	85,19	0,97
3	94	81	13	16,05	83,95	0,98
4	94	81	13	16,05	83,95	0,98
5	95	81	14	17,28	82,72	0,99
6	96	81	15	18,52	81,48	0,99
7	97	82	15	18,29	81,71	0,98
8	98	82	16	19,51	80,49	0,97
9	99	83	16	19,28	80,72	0,96

% kesalahan terkecil=13,58; % kesalahan terbesar=19,51 ; Standar deviasi=2,37

Hasil pengujian dengan menggunakan kristal 11,0592 MHz, kesalahan terkecil pada pengukuran suhu adalah 0,35 % yaitu pengukuran pada siang hari di ruang tidak ber-AC. Kesalahan terbesar pada pengukuran suhu adalah 13,97% yaitu pengukuran pada siang hari di ruang ber-AC. Kesalahan terkecil pada lokasi pengukuran kelembaban ini adalah 3,75% yaitu pengukuran disiang hari di ruang ber-AC. Kesalahan terbesar pada pengukuran kelembaban adalah 39,21% yaitu pengukuran pada siang hari di ruang ber-AC.

KESIMPULAN

Dari pembuatan alat dan pengujian yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa sensor SHT11 tersebut dapat digunakan dalam rancangan dan pembuatan pengkondisi dari suhu kelembaban pada rumah Walet, karena memiliki keakuratan pengukuran yang presisi dan keluaran digital.

Nilai standar deviasi yang kecil pada pengujian alat ini menunjukkan kecilnya penyimpangan nilai pengukuran terhadap kalibrator sehingga memiliki keakuratan yang tinggi. Mikrokontroler tersebut dapat diprogram dengan mudah agar berfungsi sebagai jam digital dengan merubah frekuensi kristal yang digunakan.

Untuk membuat suatu koloni semu, IC ISD 2590 ini dapat digunakan dengan memanfaatkan dari memori IC dan kemampuan *play* dan *record* yang dimiliki serta kemudahan komunikasi dengan mikrokontroler.

DAFTAR PUSTAKA

- Agfianto, A., 2003, Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55, Edisi 2, Gava Media, Yogyakarta.
- Budiharto, Widodo, 2004, Interfacing ke Komputer dan Mikrokontroler, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Budiman, A, 2005, Budidaya dan Bisnis Sarang Walet Panduan Menghasilkan Sarang Berkualitas dan Strategi Memasarkannya, edisi revisi, Penebar Swadaya, Depok, Jawa Barat.
- Malik, Ibnu, 2003, Belajar Mikrokontroler ATMEL AT89S8252, Gava Media, Yogyakarta.
- Paulus, A, 2003, Teknik Antarmuka dan Pemogram Mikrokontroler AT88-9C51", Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Petruzella, Frank D, 2001, Elektronik Industri, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Sim, Kenny, 2005, Walet dan Rahasiannya, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- www.whitenest.com

PERANCANGAN PROSEDUR PEMELIHARAAN AYAM BROILER SESUAI KONSEP 5S UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS

Sri Indriani¹

¹Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

Masuk: 11 April 2010, revisi masuk : 2 Juli 2010, diterima: 14 Juli 2010

ABSTRACT

Broiler poultry owned by KUD Sedy Mulya interlaces cooperation with PT. Surya Gemilang Pratama. According to standard given, poultryman is expected to be able to produce broilers and the average of their weight must be 1.85 kilograms for 35 days and also their death rate must be under 5%. According to data records, KUD Sedy Mulya could not complete standard given by its partner. One of way to increase effectiveness and improve productivity is applying a method known by 5S program (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, and Shitsuke).

This research uses Analytical Hierarchy Process (AHP) method to define the criterias and sub criterias and also prioritise them. The next step is designing some improvement suggestion alternatives according to selected sub criterias based on 5S concept and then choosing the best improvement suggestion alternative and applying it. The last step is comparing productivity of previous raising procedure and productivity of 5S concept applied.

According to productivity comparison analysis result, after 5S concept applied, we inform that there is a raising of production by 8.32%, there is a raising of labour productivity by 8.32%, there is a raising of time productivity by 2.19%, there is a raising of food consumed productivity by 16.63%, there is a raising of electricity usage productivity by 15.79%.

Keywords : *Productivity, 5S, Hierarchy.*

INTISARI

Peternakan ayam broiler milik KUD Sedy Mulya menjalin kemitraan dengan PT. Surya Gemilang Pratama. Dalam standar yang ditetapkan, peternak diharapkan mampu mencapai hasil panen dengan bobot rata-rata 1,85 kilogram selama 35 hari dengan rata-rata kematian 5%. Berdasarkan data yang diperoleh, KUD Sedy Mulya tidak dapat memenuhi target standar yang ditetapkan perusahaan mitra. Salah satu cara untuk meningkatkan efektivitas dan meningkatkan produktivitas adalah dengan menetapkan suatu metode yang dikenal dengan program 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, dan Shitsuke*).

Dalam penelitian ini digunakan metode Proses Hirarki Analitik (PHA) untuk menentukan kriteria dan sub kriteria serta melakukan pembobotan terhadap kriteria dan sub kriteria tersebut. Tahapan berikutnya adalah membuat alternatif-alternatif usulan perbaikan berdasarkan sub kriteria terpilih sesuai konsep 5S kemudian memilih dan menerapkan alternatif usulan terbaik. Tahapan terakhir adalah membandingkan produktivitas antara pemeliharaan sebelum dan sesudah perbaikan.

Berdasarkan hasil analisa perbandingan produktivitas, sesudah dilakukan perbaikan prosedur dapat diketahui bahwa ada peningkatan hasil produksi sebesar 8,32%, ada peningkatan produktivitas tenaga kerja sebesar 8,32%, ada peningkatan produktivitas jam kerja sebesar 2,19%, ada peningkatan produktivitas pakan sebesar 16,63% , ada peningkatan produktivitas penggunaan listrik sebesar 15,79%.

Kata Kunci : Produktivitas, 5S, Hirarki.

¹ indri000@yahoo.com

PENDAHULUAN

Peternakan ayam broiler KUD Sedy Mulya, bertempat di Desa Pomahan, Kecamatan Baureno, Bojonegoro adalah salah satu peternakan ayam broiler dengan sistem kandang tertutup yang menjalin kemitraan dengan PT. Surya Gemilang Pratama, anak perusahaan PT. Charoen Pokphand Indonesia yang bergerak dalam bidang pembinaan dan kemitraan dengan para peternak. Dalam standar yang ditetapkan, peternak diharapkan mampu mencapai hasil panen dengan bobot rata-rata 1,85 kilogram selama 35 hari dengan rata-rata kematian 5%.

Berdasarkan data yang diperoleh, KUD Sedy Mulya tidak dapat memenuhi target standar yang ditetapkan perusahaan mitra, yaitu panen pada usia 35 hari dengan bobot rata-rata 1,85 kilogram / ekor dan rata-rata kematian 5%.

Salah satu cara untuk meningkatkan efektivitas dan meningkatkan produktivitas adalah dengan menetapkan suatu metode yang dikenal dengan program 5S. Program 5S adalah suatu program penerapan sikap kerja yang menekankan pada pengelolaan kondisi fisik tempat kerja yang terorganisir pada tenaga kerja. Program 5S merupakan istilah Jepang yang terdiri dari *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu*, dan *Shitsuke*. Takashi Osada dalam buku Sikap Kerja 5S yang dialih bahasakan oleh Mariani Gandamihardja (2004) menjelaskan definisi 5S (*Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu*, *Shitsuke*).

Seiri (ringkas) istilah ini berarti mengatur segala sesuatu, memilah sesuai dengan aturan atau prinsip tertentu. 5S berarti membedakan antara yang diperlukan dengan yang tidak diperlukan, mengambil keputusan yang tegas, dengan menerapkan manajemen stratifikasi untuk membuang yang tidak diperlukan itu. *Seiton* (rapi) berarti menyimpan barang di tempat yang tepat atau dalam tata letak yang benar sehingga dapat dipergunakan dalam keadaan mendadak. Ini merupakan cara untuk menghilangkan proses pencarian. *Seiso* (bersih) berarti membersihkan barang-barang sehingga menjadi bersih.

Dalam istilah 5S, berarti membuang sampah, kotoran dan benda-benda asing serta membersihkan segala sesuatu. Pembersihan merupakan salah satu bentuk dari pemeriksaan. *Seiketsu* (rawat) berarti terus menerus dan secara berulang-ulang memelihara pemilahan, penataan dan pembersihannya. Dengan demikian, pemantapan mencakup kebersihan pribadi dan kebersihan lingkungan. *Shitsuke* (rajin) berarti pelatihan dan kemampuan untuk melakukan apa yang ingin kita lakukan meskipun itu sulit dilakukan. Dalam istilah 5S, ini berarti menanamkan (atau memiliki) kemampuan untuk melakukan sesuatu dengan cara yang benar.

Dewasa ini kesadaran akan perlunya peningkatan produktivitas semakin meningkat karena adanya suatu keyakinan bahwa perbaikan produktivitas akan memberikan kontribusi positif dalam perbaikan ekonomi. Pandangan bahwa kehidupan hari ini harus lebih baik dari kehidupan hari kemarin dan kehidupan hari esok harus lebih baik dari hari ini, merupakan suatu pandangan yang memberi dorongan pemikiran ke arah produktivitas.

Produktivitas sering diartikan sebagai ukuran sampai sejauh mana sumber-sumber daya yang ada sebagai masukan sistem produksi dikelola sedemikian rupa untuk mencapai hasil atau keluaran pada tingkat kuantitas tertentu atau keluaran pada tingkat kuantitas tertentu.

Konsep produktivitas seperti disebutkan di atas sangat terkait dengan pengertian efisiensi dan efektivitas kerja. Suatu industri dikatakan mempunyai produktivitas tinggi jika dapat memanfaatkan sumber daya secara efektif dan efisien. Efisien dapat diartikan sebagai usaha pengelolaan sumber daya yang maksimal, sedangkan efektif lebih ditekankan pada pencapaian hasil/keluaran. Jadi, pengertian produktivitas dapat dikatakan sebagai perpaduan antara efisiensi dan efektivitas.

Secara garis besar produktivitas kerja banyak dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu faktor teknis dan faktor sumber daya manusia (tenaga kerja) yaitu faktor teknis dan faktor manusia.

Dua faktor tersebut pada dasarnya mempunyai peranan masing-masing yang tidak dapat diabaikan. Penggunaan peralatan dengan teknologi tinggi memang akan banyak membantu dalam usaha perbaikan tingkat produktivitas. Namun untuk bidang-bidang kerja tertentu justru berakibat sebaliknya. Produktivitas yang diharapkan naik justru mengalami penurunan. Hal ini bisa terjadi, karena penggunaan peralatan yang modern namun tidak didukung oleh kemampuan manusia dalam pengoperasiannya, maka hanya akan memberikan tambahan masukan (input) saja, sedang kenaikan keluaran tidak sebanding dengan peningkatan keluaran yang dihasilkan.

Pengukuran produktivitas selama ini cenderung lebih banyak mengacu kepada suatu proses produksi yang bersifat fisik, yaitu dengan melakukan konversi terhadap sumber daya ke dalam bentuk nilai mata uang. Konsep ini sesungguhnya belum memadai sebagai indikator ekonomi yang dapat menjelaskan bagaimana proses ekonomi berjalan dengan baik, terutama dalam hal pemanfaatan sumber daya yang ada. Ada kalanya terdapat masukan dan juga keluaran yang sulit untuk dikonversikan ke dalam nilai mata uang, tetapi mempunyai peranan penting dalam penentuan tingkat produktivitas. Masukan ini dikenal dengan istilah masukan bayangan (*invisible input*). Masukan bayangan mencakup aspek manajemen dan organisasi, tingkat pendidikan/pengetahuan, kemampuan teknis, metodologi kerja, sistem insentif, motivasi kerja, lingkungan kerja, dan sebagainya.

Di samping pengukuran produktivitas seperti tersebut di atas, ada yang membagi pengukuran produktivitas menjadi dua kategori, yaitu rasio produktivitas statis dan indeks produktivitas dinamis. Rasio produktivitas statis adalah perbandingan keluaran dengan masukan pada periode waktu yang sama. Sedangkan indeks produktivitas dinamis merupakan indeks yang menggambarkan perubahan tingkat produktivitas dari satu periode ke periode berikutnya.

Model Proses Hirarki Analitik (PHA) atau *Analytical Hierarchy Process (AHP)* diperkenalkan pertama kali oleh Thomas L. Saaty seorang ahli matematika dari Universitas Pittsburg, Amerika Serikat pada era 1970an. Model yang berada di wilayah probabilistik ini merupakan model pengambilan keputusan dan perencanaan strategis. Ciri khas dari model ini adalah penentuan skala prioritas atas alternatif pilihan berdasarkan suatu proses analitis secara berjenjang terstruktur atas variabel keputusan. Adapun bangun dasar konsep matematis yang dipakai adalah matriks (*matrix*). Karenanya pemahaman yang cukup baik tentang konsep matriks akan membantu anda memahami sejumlah konsep dasar dan penggunaan dari model kuantitatif ini. PHA juga banyak digunakan pada pengambilan keputusan untuk banyak kriteria, perencanaan, alokasi sumber daya dan penentuan prioritas dan strategi-strategi yang dimiliki pemain dalam situasi konflik. Selain itu, PHA merupakan analisis yang digunakan dalam pengambilan keputusan dengan pendekatan sistem, dimana pengambil keputusan berusaha memahami suatu kondisi sistem dan membantu melakukan prediksi dalam mengambil keputusan. Proses Hirarki Analitik (PHA) adalah suatu model yang luwes yang memberikan kesempatan bagi perseorangan atau kelompok untuk membangun gagasan-gagasan dan mendefinisikan persoalan dengan cara membuat asumsi dengan mengkombinasikan pertimbangan dan nilai-nilai pribadi secara logis. (Thomas L. Saaty, 1993 : 28). Proses ini bergantung pada imajinasi, pengalaman dan pengetahuan untuk memberikan pertimbangan. Setelah diterima, PHA menghubungkan elemen-elemen dari bagian lain untuk memperoleh hasil gabungan. Prosesnya adalah mengidentifikasi, memahami dan menilai interaksi-interaksi dari suatu sistem sebagai suatu keseluruhan. Dengan metode ini dimungkinkan untuk mempertimbangkan suatu persoalan sebagai salah satu keseluruhan dan mengkaji interaksi serempak dari berbagai komponen di dalam suatu hierarki.

Proses Hirarki Analitik dapat melacak ketidakkonsistenan dalam pertimbangan dan preferensi semua pihak sehingga para pengambil keputusan mampu menilai kemantapan pemecahan itu. PHA dapat digunakan untuk merangsang timbulnya gagasan untuk melakukan tindakan kreatif dan untuk mengevaluasi keefektifan tindakan tersebut. Selain itu, untuk membantu para pemimpin menetapkan informasi apa yang patut dikumpulkan guna mengevaluasi pengaruh faktor-faktor relevan dalam situasi kompleks.

Sebagai model pengambilan keputusan, PHA mempunyai beberapa keuntungan meliputi kesatuan, kompleksitas, saling ketergantungan, penyusunan hirarki, pengukuran, konsistensi, sintesis, tawar menawar, penilaian dan konsensus, dan pengulangan proses.

Kesatuan, PHA memberi satu model tunggal yang mudah dimengerti, luwes untuk aneka ragam persoalan tidak terstruktur. Kompleksitas, PHA memadukan ancangan deduktif dan ancangan berdasarkan sistem dalam memecahkan persoalan kompleks. Saling ketergantungan, PHA dapat menangani saling ketergantungan elemen-elemen dalam suatu sistem dan tidak memaksakan pemikiran linier. Penyusunan hierarki, PHA mencerminkan kecenderungan alami pikiran untuk memilah-milah elemen-elemen suatu sistem dalam berbagai tingkat berlainan dan mengelompokkan unsur yang serupa dalam setiap tingkat. Pengukuran, PHA memberi suatu skala untuk mengukur hal-hal dan terwujud suatu metode untuk menetapkan prioritas. Konsistensi, PHA melacak konsistensi logis dari pertimbangan yang digunakan dalam menetapkan berbagai prioritas. Sintesis, PHA menuntun ke suatu taksiran menyeluruh tentang kebaikan setiap alternatif. Tawar menawar, PHA mempertimbangkan prioritas-prioritas relatif dari berbagai faktor sistem dan memungkinkan orang memilih alternatif terbaik berdasarkan tujuan mereka. Penilaian dan konsensus, PHA tidak memaksakan konsensus tetapi mensintesis suatu hasil yang representatif dari berbagai penilaian yang berbeda-beda.

Pengulangan proses, PHA memungkinkan orang memperhalus definisi mereka pada suatu persoalan dan memperbaiki pertimbangan dan pengertian mereka melalui pengulangan.

Proses tersebut dapat diringkas menjadi suatu ikhtisar yang singkat yang dimulai dengan mendefinisikan persoalan dan struktur hirarki dari sudut pandang manajerial. Buat suatu matriks banding berpasangan untuk kontribusi atau pengaruh setiap elemen yang relevan untuk setiap kriteria yang berpengaruh dan berada setingkat di atasnya. Dalam matriks ini, pasangan-pasangan elemen dibandingkan berkenaan dengan suatu kriteria di tingkat yang lebih tinggi. Dalam membandingkan dua elemen lebih cenderung memberi suatu pertimbangan yang menunjukkan dominasi sebagai bilangan bulat, matriks ini memiliki suatu tempat untuk memasukkan bilangan itu dan satu tempat lain untuk memasukkan nilai resiprokalnya. Dapatkan semua pertimbangan yang diperlukan untuk mengembangkan perangkat matriks langkah ke-3. Jika terdapat banyak orang yang ikut serta, tugas setiap orang dapat dibuat sederhana dengan mengalokasikan upaya secara tepat. Pertimbangan ganda dapat disintesis dengan memakai rata-rata geometriknya.

Setelah mengumpulkan data banding berpasangan itu dan memasukkan nilai-nilai kebalikannya beserta entri bilangan 1 (satu) sepanjang diagonal utama, prioritas dicari dan konsistensinya diuji. Ulangi langkah ke-3,4,5 untuk semua tingkat dan gugusan dalam hirarki ini. Gunakan komposisi secara hirarki (sintetis) untuk member bobot vektor-vektor prioritas itu dengan bobot kriteria-kriteria dan jumlahkan semua entri-entri prioritas dari tingkat paling bawah sampai tingkat berikutnya dan seterusnya. Hasilnya adalah vektor prioritas menyeluruh untuk tingkat paling bawah, boleh diambil nilai rata-rata aritmatiknya. Evaluasi konsistensi untuk seluruh hirarki dengan mengalikan setiap indeks konsistensi dengan prioritas kriteria bersangkutan dan menjumlahkan hasil kalinya. Hasilnya dibagi dengan pernyataan sejenis yang menggunakan indeks konsistensi acak, yang sesuai

dengan dimensi masing-masing matriks. Dengan cara yang sama setiap indeks konsistensi acak yang diberi bobot berdasarkan prioritas kriteria yang bersangkutan dan hasilnya dijumlahkan. Rasio konsistensi hirarki itu harus 10 persen atau kurang, jika tindakan itu gagal memperbaiki konsistensi, ada kemungkinan persoalan ini tidak terstruktur secara tepat, yaitu elemen-elemen sejenis tidak dikelompokkan di bawah satu kriteria yang bermakna, maka kita perlu ke langkah nomor 2, meskipun hanya bagian-bagian personalan dan hirarki yang perlu diperbaiki.

Penggunaan metode ini merinci suatu keadaan yang kompleks atau yang tidak berkerangka ke dalam bentuk hirarki, memberi bobot dengan cara membandingkan secara berpasangan. Dan pada akhirnya melakukan sintesis untuk menentukan variabel mana yang dimiliki prioritas dan akan keluar sebagai hasil analisis. Jadi metode PHA ini menggunakan pendekatan analisa terhadap problem yang kompleks melalui dekomposisi dan sintesis yang distrukturkan dalam suatu hirarki.

Menurut Thomas L. Saaty dalam buku Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin, hirarki dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu struktural dan fungsional. Pada Struktural sistem kompleks disusun menjadi bagian-bagian dalam urutan dari atas ke bawah menurut *structural properties* seperti ukuran, bentuk, warna, atau usia. Pada fungsional dalam hirarki fungsional, sistem kompleks disusun menjadi bagian-bagian menurut hubungannya yang penting. Level paling atas yang disebut *focus* terdiri dari hanya satu elemen yaitu tujuan keseluruhan yang luas. Level selanjutnya dapat terdiri dari beberapa elemen walaupun jumlahnya biasanya sedikit antara 5 sampai 9. Karena elemen dalam satu level akan dibandingkan satu sama lain terhadap kriteria pada level di atasnya, elemen dalam setiap level harus mempunyai *magnitude* yang sama. Apabila perbedaannya terlalu besar, harus dalam level yang berbeda.

Tingkat berikutnya harus terdiri atas kriteria untuk mempertimbangkan

berbagai alternatif tadi. Dan tingkat puncak haruslah satu elemen saja, yaitu fokus atau tujuan secara menyeluruh. Kontribusi terpenting dari PHA ini adalah bahwa proses ini memungkinkan manusia untuk mengambil keputusan yang praktis, atas dasar pemahaman tentang pengaruh relatif suatu variabel terhadap variabel lainnya.

PEMBAHASAN

Metode dalam pengumpulan data adalah metode studi lapangan (*Field Research*) yaitu metode penelitian secara langsung dan melakukan pengambilan data dari obyek yang diamati. Adapun teknik pengambilan data dapat dilakukan dengan teknik observasi, wawancara (*interview*), kuisisioner, dokumentasi

Metode pengolahan dan analisa data meliputi Uji validitas dan reliabilitas dengan menentukan kriteria dan sub kriteria prosedur pemeliharaan ayam broiler dan melakukan pembobotan terhadap kriteria-kriteria tersebut dengan mendeskripsikannya dalam metode Proses Hirarki Analitik. Kemudian membuat alternatif-alternatif usulan berdasarkan sub kriteria hasil pembobotan kemudian memilih alternatif usulan terbaik dan menganalisa produktivitas usulan perbaikan terpilih dengan kondisi awal.

Berdasarkan hasil pengolahan data, kuisisioner valid dan reliabel. Sub kriteria yang bisa digunakan adalah penataan gudang stok pakan, penataan tempat pakan, pembersihan/membuang kotoran ayam, pembersihan kotoran pada atap, perawatan *fan*, perawatan *cooling pad*, frekuensi pemberian pakan, frekuensi membersihkan tempat minum, mengenakan alat pelindung diri

Hasil pengolahan data tentang pembobotan kriteria dan sub kriteria dapat dilihat pada Tabel 1,2, dan 3 .

Menghitung Eigen Value

$$\lambda_{max} = \sum_{j=1}^n \frac{jumlah\ kolom}{jumlah\ baris} \times bobot\ normal$$

$$\lambda_{max} = (4,33 \times 0,2498) + (7 \times 0,1616) + (4,5 + 0,2258) + (6 \times 0,1704) + (5 \times 0,1926) = 5,214$$

Tabel 1. Penilaian Responden Kriteria Secara Berpasangan

Perbandingan	Rataan Geometrik
Seiton dengan Seiri	3
Seiton dengan Seiso	1
Seiton dengan Seiketsu	1
Seiton dengan Shitsuke	1
Seiri dengan Seiso	1
Seiri dengan Seiketsu	1
Seiri dengan Shitsuke	1
Seiso dengan Seiketsu	2
Seiso dengan Shitsuke	1
Seiketsu dengan Shitsuke	1

Tabel 2. Matriks Perbandingan Berpasangan

Kriteria	Seiton	Seiri	Seiso	Seiketsu	Shitsuke
Seiton	1	3	1	1	1
Seiri	1/3	1	1	1	1
Seiso	1	1	1	2	1
Seiketsu	1	1	1	1	1
Shitsuke	1	1	1/2	1	1
Jumlah	4,33	7	4,5	6	5

Menghitung Consistency Index (CI)

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \dots\dots\dots(1)$$

$$= \frac{(5,2145)}{(5-1)} = 0,0536$$

Menghitung Consistency Ratio (CR)

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots(2)$$

$$= \frac{0,0536}{1,12} = 0,0479$$

RI untuk n=5 adalah 1,12
Karena CR bernilai 0,0479 maka sudah dianggap konsisten, sebab nilai CR tidak lebih dari 10%.

Tabel 3. Prioritas Kriteria

Kriteria	Bobot	Prioritas
Seiton	0,2498	1
Seiri	0,1616	5
Seiso	0,2258	2
Seiketsu	0,1704	4
Shitsuke	0,1926	3

Menghitung Consistency Ratio (CR)

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots(2)$$

$$= \frac{0,0536}{1,12} = 0,0479$$

RI untuk n=5 adalah 1,12
Karena CR bernilai 0,0479 maka sudah dianggap konsisten, sebab nilai CR tidak lebih dari 10%.

Pada analisa ini, produktivitas yang dibandingkan adalah produktivitas parsial.

Sebelum:

Produktivitas dilihat dari jumlah tenaga kerja saja adalah :

$$\text{Produktivitas} = \frac{54.139,25}{12} = 4511,604$$

Produktivitas dilihat dari jumlah jam kerja yang digunakan adalah :

$$\text{Produktivitas} = \frac{54.139,25}{244,75} = 221,2023$$

Produktivitas dilihat dari jumlah pakan yang dipakai adalah :

$$\text{Produktivitas} = \frac{54.139,25}{1572} = 34,4397$$

Sesudah

Produktivitas dilihat dari jumlah tenaga kerja saja adalah :

$$\text{Produktivitas} = \frac{58.643}{12} = 4886,92$$

Produktivitas dilihat dari jumlah jam kerja yang digunakan adalah :

$$\text{Produktivitas} = \frac{58.643}{259,42} = 226,0543$$

Produktivitas dilihat dari jumlah pakan yang dipakai adalah :

$$\text{Produktivitas} = \frac{58.643}{1460} = 40,1664$$

Produktivitas dilihat dari penggunaan listrik adalah :

$$\text{Produktivitas} = \frac{58.643}{13.247.250} = 0,0044$$

Data pengukuran produktivitas parsial di atas dapat ditabulasikan pada Tabel 4 tentang prosedur pemeliharaan ayam broiler sesuai konsep 5S

Tabel 4. Prosedur Pemeliharaan Ayam Broiler Sesuai Konsep 5S

NO.	KEGIATAN	KETERANGAN	HASIL
1	Membersihkan kotoran	14 hari sebelum DOC datang	8 jam
2	Mencuci kandang	12 hari sebelum DOC datang	8 jam
3	Menyemprotkan desinfectan	10 hari sebelum DOC datang	3 jam
4	Memasukkan sekam	6 hari sebelum DOC datang	4 jam
5	Menata Koran	1 hari sebelum DOC datang	1 jam
6	Memasang tempat makanan/minuman	1 hari sebelum DOC datang	5 jam
7	Menyiapkan pemanasan	7 hari	2 jam
8	Merawat fan (blower)	1 hari sebelum DOC datang	2 jam
9	Merawat Cooling pad	1 hari sebelum DOC datang	3 jam
10	Penataan Gudang stock pakan	Karung ditata 10 tumpuk	2,9 jam
11	Memberi makan dan minum	1-7 hari , 4 kali, jenis pakan S10 8-14 hari, 3 kali,jenis pakan S11 15 >, 2 kali, jenis pakan S12	42 jam 31,50 jam 84 jam
12	Membersihkan tempat minum	Setiap hari	28 jam
13	Memberikan vaksin	Pertama ayam berusia 13 hari Kedua ayam berusia 19 hari	0,50 jam
14	Memasang kanopi pakan	Kanopi digantung	0,75 jam
15	Membersihkan kotoran pada atap	Mulai usia 15 hari, dan rutin setiap 5 hari sekali	5 jam
16	Mengeluarkan kotoran yang menggumpal	Mulai usia 17 hari dan rutin setiap 3 hari sekali	14 jam
17	Menambah sekam	Pada usia 26 hari	12,25 jam
18	Penimbangan sample	Setiap 7 hari sekali	2,50 jam
19	Mengenakan alat pelindung diri	Sepatu boot, masker,sarung Tangan	-
20	Panen	-	-
Total			259,42 jam

Produktivitas dilihat dari jumlah pakan yang dipakai adalah :

$$\text{Produktivitas} = \frac{58.643}{1460} = 40,1664$$

Produktivitas dilihat dari penggunaan listrik adalah :

$$\text{Produktivitas} = \frac{58.643}{13.247.250} = 0,0044$$

Data pengukuran produktivitas parsial di atas dapat ditabulasikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Produktivitas

Uraian	Periode Sebelum	Periode Sesudah	Indeks (%)
1 Output (kg)	54.139,25	58.643	108,32
2 Tenaga Kerja (orang)	8	8	100
3 Jam Kerja (jam)	245,25	332,42	135,54
4 Pakan (karung)	1.572	1.460	92,88
5 Listrik (rupiah)	14.343.600	13.247.250	92,36
Rasio Produktivitas Parsial			
6 Output per tenaga kerja	4511,604	4886,92	108,32
7 Output per jam kerja	221,2023	226,0543	102,19
8 Output per karung pakan	34,4397	40,1664	116,63
9 Output per rupiah penggunaan listrik	0,0038	0,0044	115,79

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa perbandingan produktivitas, dapat diketahui bahwa target yang ditetapkan perusahaan adalah panen pada usia 35 hari, dengan bobot rata-rata 1,85 kg/ekor dan rata-rata kematian 5 %.

Secara keseluruhan target yang hendak dicapai dapat terpenuhi setelah menerapkan metode 5 S dalam pemeliharaannya untuk meningkatkan produktivitas.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, Zainal. 2002. *Meningkatkan Produktivitas Ayam Ras Pedaging*. Penerbit AgroMedia Pustaka, Jakarta

Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*, Rineka Cipta, Jakarta

Fadilah, Roni. 2005. *Panduan Mengelola Peternakan Ayam Broiler Komersial*. AgroMedia Pustaka Jakarta

Mulyono, Joko, *Penerapan 5R di Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala*, Proceeding Seminar Nasional Industrial Service, 29 April 2009, hal.1-16.

Saaty, Thomas L. 1993. *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin*. PT Gramedia, Jakarta.

MENGENDALIKAN LAJU KOROSI PADA CHASSIS MITSUBISHI FE 114 DENGAN VARIASI QUENCHING

Sudarsono¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 2 April 2010, revisi masuk : 15 Juni 2010, diterima: 26 Juli 2010

ABSTRACT

Mitsubishi Chassis is steel that contains 0.044% Carbon. The limitation is especially on its corrosion resistance; therefore. The aim of the study was to know the effect of hardening on the process of quenching and tempering toward hardness, micro structure and corrosion resistance of Mitsubishi Chassis FE 114 to increase the age of material usage. This study used material of Mitsubishi chassis FE114 of truck vehicle. It was done heating by using furnace (heater oven) on temperature 850°C for about 30 minutes. After that it was quenched by using viscosity variation of oil media with number of viscosity SAE 50, SAE 90 and SAE 140. To know the material characteristics after quenching and tempering, it was done hardness, micro structure, and corrosion testing. The result of this study shows that the value of hardening of Mitsubishi Chassis FE 114 increases on tempering of the hardness about 160.431 BHN on specimen quenching with oil media SAE 50, SAE 90. On the observing of micro structure, heating on quenching process and continued by tempering 200° C for 30 minutes occurred on perlite and ferrite phases. The corrosion speed before quenching process is 46.39 mm/year. The resistance of corrosion decrease after doing quenching process for all viscosity variation oil media. This shows that corrosion resistance of Mitsubishi Chassis FE 114 can not be increased with quenching process.

Keywords: Chassis, Quenching, BHN.

INTISARI

Chassis Mitsubishi FE 114 adalah baja yang mengandung karbon sekitar 0,044 %. Keterbatasan terutama pada ketahanan korosinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh hardening pada saat proses quenching dan tempering terhadap, kekerasan, struktur mikro dan ketahanan korosi chassis Mitsubishi FE 114, agar dapat meningkatkan umur pemakaian bahan. Penelitian ini menggunakan bahan chassis kendaraan Mitsubishi FE 114 dengan jenis truk. Dilakukan pemanasan menggunakan furnace (oven pemanas) pada temperatur 850⁰ C dengan lama waktu tahan 30 menit. Setelah itu di- quenching menggunakan variasi viskositas media celup oli dengan angka viskositas SAE 50, SAE 90 dan SAE 140. Untuk mengetahui karakteristik bahan setelah dilakukan quenching dan tempering dilakukan pengujian kekerasan, struktur mikro dan korosi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan chassis Mitsubishi FE 114 mengalami kenaikan pada tempering yang kekerasannya rata-rata sebesar 160,431 BHN pada spesimen quenching dengan media oli SAE 50, SAE 90. Pada pengamatan struktur mikro, pemanasan pada proses quenching dan dilanjutkan tempering 200°C selama 30 menit yang terjadi fasa perlit dan fasa ferrit. Laju korosi sebelum proses quenching sebesar 46,39 mm/thn. Ketahanan korosi menurun setelah dilakukan proses quenching untuk semua variasi viskositas media celup oli. Hal ini menunjukkan bahwa ketahanan korosi chassis Mitsubishi FE 114 tidak dapat ditingkatkan dengan proses quenching.

Kata kunci : Chassis, Quenching, BHN.

¹sudarsono@ akprind.ac.id

PENDAHULUAN

Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan ini logam dalam keadaan padat dan untuk mengubah sifat-sifat fisis dan mekanis logam tersebut (Thelning, 1984). Hampir semua logam yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari mengalami serangan korosi tanpa kita ketahui.

Bahan terkaburasi yang diquenching dengan laju pendinginan lambat (oli) mengalami kenaikan harga keliatan dan nilai kekerasan untuk carburising NaCN, sedangkan pada quenching yang cepat (air, garam) mengalami penurunan harga keliatan dan kenaikan harga kekerasannya. Harga keliatan tertinggi sebesar $0,55 \text{ Joule/mm}^2$ dari mula-mula $0,52 \text{ Joule/mm}^2$ terjadi kenaikan 6% dicapai pada bahan terkaburasi liquid carburizing dengan pendinginan kejut di dalam oli dan harga keliatan terendah $0,070 \text{ Joule/mm}^2$ terjadi penurunan 87% dicapai pada bahan terkaburasi arang tempurung kelapa dengan quenching air garam. (Waluyo, 2007).

Struktur paduan Fe-1, 52Al-1, 44C sebagai cast terdiri dari ferit dan perlit terdistribusi merata dan dalam jumlah yang sangat kecil struktur dendrit. Semakin tinggi temperatur temper struktur berubah menjadi lebih ferit. Kekuatan tarik paduan Fe-1, 52Al-1, 44C sebesar $65,3 \text{ kg/mm}^2$ dengan regangan sebesar 13,1%. Kekuatan tarik maksimal terjadi setelah hardening dan akan menurun dengan semakin tinggi temperatur temper. Nilai kekerasan paduan Fe-1, 52Al-1, 44C sebesar 232,4 VHN. Laju korosi tertinggi terjadi pada paduan Fe-1, 52Al-1, 44C yaitu 0,927 mm/th dan semakin menurun dengan semakin tinggi temperatur temper. (Kartikasari, 2009)

Pada penelitian ini dicoba untuk memperluas aplikasi proses perlakuan panas pada pengaruh variasi *quenching* terhadap ketahanan korosi pada media asam sulfat (H_2SO_4), korosi dilakukan pada media asam sulfat (H_2SO_4) untuk mempercepat penelitian sehingga didapat hasil dari pengaruhnya pada skala laboratorium sebagai pengendaliannya, dengan menggunakan bahan chassis pada kendaraan truk Mitsubishi FE 114.

Perlakuan panas ini dilakukan dalam oven pemanas dengan temperatur 850°C dengan waktu tahan (temper) 20 menit. Kemudian dilakukan proses *Quenching* (pencelupan cepat) dengan variasi media celup oli SAE 50, SAE 90, SAE 140 dan *temper* pada suhu 200°C , selama 20 menit, laju korosi dilakukan dengan metode kehilangan berat dalam larutan H_2SO_4 setelah direndam selama 6 jam di laboratorium sebagai pengendalinya dengan tidak menghitung reaksi kimia, pengujian yang dilakukan yaitu uji komposisi, uji kekerasan, uji struktur mikro dan uji korosi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik dan fisisnya untuk digunakan sebagai pedoman oleh pengguna kendaraan jenis ini serta menambah khasanah ilmu pengetahuan di bidang ilmu teknik bahan. Adapun tujuan penelitian adalah: Pertama, mengetahui komposisi bahan uji; Kedua: mengetahui pengaruh dari variasi *quenching* terhadap oli SAE 50, SAE 90, dan SAE 140. Ketiga, mengetahui aplikasi dari proses perlakuan panas terhadap ketahanan laju korosi chassis dalam media H_2SO_4 . (Budinski, K.G., 1989).

PEMBAHASAN

Hasil pengujian komposisi kimia, menunjukkan chassis Mitsubishi FE 114 termasuk golongan baja karbon rendah karena mempunyai kandungan karbon 0,044 % yang dapat dibentuk atau baja strip yang bersifat kenyal. Banyaknya kandungan silisium (Si) 0,120 % mempunyai pengaruh dapat meningkatkan kekuatan, kekerasan, kemampuan diperkeras, tahan aus, ketahanan terhadap panas dan korosi. Sedangkan Si dapat menurunkan regangan, kemampuan ditempa dan dilas.

Kandungan mangan (Mn) sebanyak 0,710% akan meningkatkan kekuatan, kekerasan, tahan aus dan kemampuan ditempa tetapi dapat menurunkan kemampuan pengerjaan dengan mesin-mesin perkakas. Unsur nikel (Ni) sebanyak 0,017% dapat meningkatkan kekuatan, keuletan, ketahanan korosi tetapi dapat menurunkan kecepatan pendinginan dan regangan panas lihat Tabel 1. (Tata Sudira, Saito. S., 2000).

Kandungan vanadium(V) sebesar 0,108% mempunyai pengaruh dan meningkatkan kekuatan, keuletan dan ketahanan lelah. Dapat menurunkan kepekaan terhadap sengatan panas yang melewati batas pada perlakuan panas.

Tabel 1. Komposisi Kimia

UNSUR	CONTOH UJI	
	TEST 09/S-894 (%)	Standart Deviasi
Fe 2	98,67	0,0278
C	0,044	0,0036
Si	0,120	0,0015
Mn	0,710	0,0030
P	0,013	0,0002
S	0,001	0,0000
Cr	0,000	0,0000
Mo	0,000	0,0000
Ni	0,017	0,0006
Al	0,016	0,0005
B	0,0000	0,0000
Co	0,000	0,0000
Cu	0,053	0,0032
Nb	0,006	0,0001
Pb	0,0000	0,0000
Sn	0,013	0,0003
Ti	0,032	0,0002
V	0,108	0,0260
W	0,000	0,0000

Sumber; Hasil Pengujian Komposisi Kimia, Politeknik Ceper, Klaten

Hasil pengujian Kekerasan, dilakukan menggunakan uji kekerasan metode *Brinell*, diameter bola baja yang digunakan (D)=5mm dengan pembebanan sebesar 750kg/mm², lama penekanan 20detik. Pada tiga titik secara acak, yang meliputi tanpa perlakuan panas, proses perlakuan panas pada temperatur 850°C dengan quenching terhadap variasi oli dengan kekentalan SAE 50, SAE 90, SAE 140. Dan tempering pada temperatur 200 °C dengan pendinginan udara bebas. Hasil data yang didapat pada waktu pengujian kekerasan sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2. Merupakan hasil pengujian kekerasan *Brinell*.

Dari hasil pengujian kekerasan *Brinell* tanpa perlakuan panas di peroleh nilai kekerasan dari chassis Mitsubishi FE 114 adalah dengan rerata 142,599 BHN dengan nilai kekerasan standard deviasi 142,599 BHN, sedangkan pro-

ses perlakuan panas yang di *quenching* oli SAE 50 diperoleh nilai rerata 153,388 BHN.

Dengan nilai kekerasan standard deviasi 149,551 s/d 157,225 BHN. Pada *quenching* SAE 90 di peroleh nilai rerata 153,388 BHN. Dengan nilai kekerasan standard deviasi 149,551 s/d 157,225 BHN. Nilai rerata 151,172 BHN di peroleh terhadap *quenching* SAE140 dengan nilai standard pada deviasi 147,335 s/d 155,009 BHN oleh (Djaprie,S 1981).

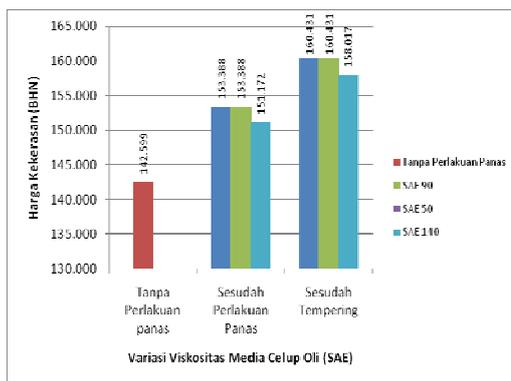
Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan *Brinell*

No.	Tanpa Perla- kuan Panas	Proses Perlakuan Panas Pada Quenching Oli		
		SAE 50	SAE 90	SAE 140
1	142,59	155,60	155,60	155,60
2	142,59	148,95	155,60	148,95
3	142,59	155,60	148,95	148,95
Σ	427,70	460,16	460,16	453,51
Rata2	142,59	153,38	153,38	151,17
No.	Tanpa Perla- kuan Panas	Proses Tempering Panas Pada Temperatur 200°C		
		SAE 50	SAE 90	SAE 140
1	142,59	162,84	162,84	155,60
2	142,59	162,84	155,60	155,60
3	142,59	155,60	162,84	162,84
Σ	427,79	460,16	460,16	474,05
Rata2	142,59	160,43	160,43	158,01

Setelah proses *tempering* pada temperatur 200°C didapatkan nilai kekerasan pada chassis Mitsubishi dari *quenching* dari oli SAE 50 dengan rerata 160.431 BHN dengan nilai kekerasan standard deviasi 156,252 s/d 164,61 BHN. Nilai kekerasan rerata *quenching* oli SAE 90 sebesar 160,431BHN dengan standard deviasi 156,252 s/d 164,61 BHN. Dan nilai kekerasan pada *quenching* dari oli SAE 140 mempunyai nilai rerata sebesar 158,017 BHN dengan nilai kekerasan 153,838 s/d 162,196 BHN.

Dari bahan chassis Mitsubishi FE 114 setelah mengalami proses perlakuan panas dengan temperatur 850°C kemudian di *quenching* dengan variasi viskositas pada oli SAE 50, SAE 90, dan SAE 140 kemudian diproses *tempering* pada temperatur 200°C pada pendinginan udara bebas, mengalami kenaikan

nilai kekerasan. Sebelum *tempering* rerata nilai kekerasan 153.388 BHN pada variasi viskositas oli SAE 50, dan SAE 90. Dan mengalami penurunan nilai kekerasan terhadap oli SAE 140 sebesar 151,172 BHN, tetapi nilai kekerasannya masih lebih tinggi bila dibandingkan dengan proses tanpa perlakuan panas dengan nilai kekerasan sebesar 142,599 BHN.



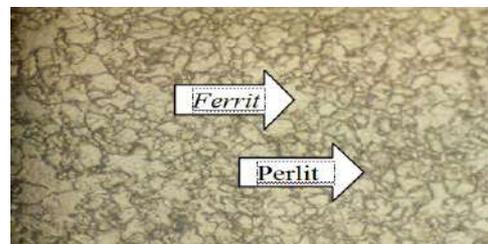
Gambar 2. Grafik perbandingan kekerasan terhadap *quenching* variasi oli (SAE)

Setelah proses *tempering* nilai kekerasan kemudian meningkat sebesar 160,431 BHN pada *quenching* dengan viskositas oli SAE 50, dan SAE 90, dan mengalami penurunan nilai kekerasan sebesar 158,017 BHN pada *quenching* dengan viskositas oli SAE 140. Pada proses sesudah *tempering* mengalami kenaikan yang paling tinggi bila dibandingkan dengan proses sebelum *tempering* sebesar 153.388 BHN pada SAE 50, SAE 90, sedangkan dengan SAE 140 sebesar 151,172 BHN. Dan nilai kekerasan tanpa perlakuan panas sebesar 142,599 BHN.

Hasil pengujian struktur mikro dilakukan dengan pengamatan pada benda uji setelah dan sebelum perlakuan panas, yang kemudian di *quenching* dengan variasi viskositas oli SAE 50, SAE 90, SAE 140, dan pada proses *tempering* dengan pendinginan udara bebas, dimana daerah yang diambil (foto) yaitu daerah permukaan secara acak. Pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik setelah benda uji di etsa dengan larutan nital (HNO_3 + Etanol), lama waktu 20 detik dengan

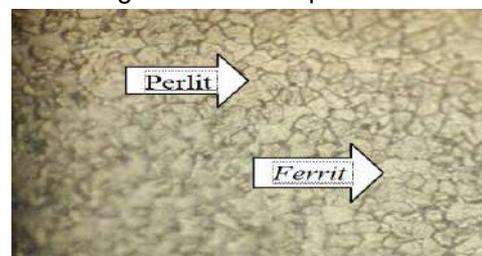
perbesaran 100x, 200x, dan 500x, hal ini diperlihatkan pada Gambar 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 9 hasil pengujian bahan.

Dengan nilai kekerasan standard deviasi 149,551 s/d 157,225 BHN. Pada *quenching* SAE 90 di peroleh nilai rerata 153,388 BHN. Dengan nilai kekerasan standard deviasi 149,551 s/d 157,225 BHN. Nilai rerata 151,172 BHN di peroleh terhadap *quenching* SAE140 dengan nilai standard pada deviasi 147,335 s/d 155,009 BHN oleh (Djaprie,S 1981). Struktur mikro Tanpa Perlakuan Panas dapat dilihat pada Gambar 3.



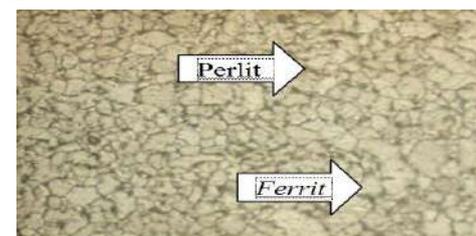
Gambar 3. Struktur Mikro Tanpa Perlakuan Panas (500x).

Struktur Mikro Proses Perlakuan Panas *Quenching* SAE50 dilihat pada Gambar 4



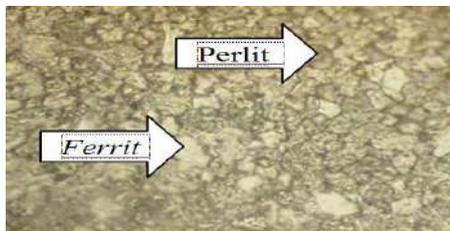
Gambar 4. Struktur Mikro Proses Perlakuan Panas *Quenching* SAE 50 (500x).

Struktur Mikro Proses Perlakuan Panas *Quenching* SAE 90 dilihat pada Gambar 5.



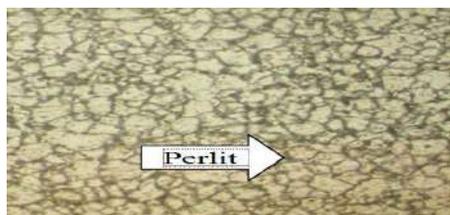
Gambar 5. Struktur Mikro Proses Perlakuan Panas *Quenching* SAE 90 (500x)

Struktur Mikro Proses Perlakuan Panas *Quenching* Pada Oli SAE 140 dapat dilihat pada Gambar 6.



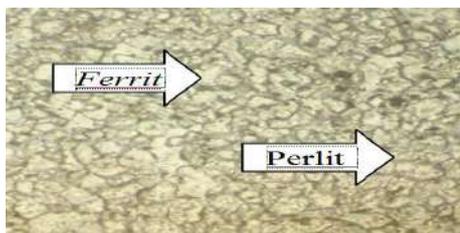
Gambar 6. Struktur Mikro Proses Perlakuan Panas *Quenching* SAE140 (500x)

Struktur Mikro Proses *Tempering* *Quenching* Oli SAE 50 dilihat pada Gambar 7.



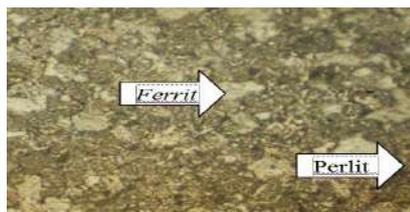
Gambar 7. Struktur Mikro roses *Tempering* Pada *Quenching* SAE 50 (500x).

Struktur Mikro Proses *Tempering* Pada *Quenching* SAE 90 dilihat Gambar 8.



Gambar 8. Struktur Mikro Proses *Tempering* Pada *Quenching* SAE 90 (500x)

Struktur Mikro Proses *Tempering* Pada *Quenching* SAE 140 dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Struktur Mikro Proses *Tempering* Pada *Quenching* SAE 140 (500x)

Pengujian struktur mikro pada chassis Mitsubishi FE 114 sebelum dan setelah proses perlakuan panas dengan *Quenching* pada variasi viskositas oli SAE 50, SAE 90, dan SAE 140 dilanjutkan dengan proses *tempering* dengan lama waktu 20 menit, struktur mikro yang terjadi pada chassis Mitsubishi FE 114 di dominasi oleh fasa *ferrit* (berwarna putih) dan fasa perlit ini (berwarna hitam) dengan batas butir yang kecil-kecil. Pada Gambar 3, tanpa perlakuan panas dengan pembesaran 500x tampak fasa *ferrit* kecil-kecil tidak merata dan fasa perlit sebagian mengumpul di bagian-bagian tertentu dengan jumlah perlit 37.36 %, dan jumlah *ferrit* 62.64 %.

Pada pengujian dengan proses perlakuan panas temperatur 850°C di *Quenching* pada SAE 50 fasa *ferrit* lebih mendominasi dan tampak besar-besar bila dibandingkan dengan proses tanpa perlakuan panas, sehingga fasa dari perlitnya tampak lebih kecil-kecil dengan jumlah perlit 27.96 % dan *ferrit* 72.04 % diperlihatkan pada Gambar 4.

Hasil pengujian berikutnya pada perlakuan panas temperatur 850°C di *quenching* oli SAE 90 menunjukkan fasa *ferrit* lebih merata bila dibandingkan dengan *quenching* SAE 50. Sedangkan jika tanpa perlakuan panas, fasa perlit lebih jelas dan lebih padat dengan jumlah perlit 28,4 %, jumlah *ferrit* 71,6 % seperti Gambar 5.

Hasil yang diperoleh pada perlakuan panas temperatur 850°C di *quenching* oli SAE 140 menunjukkan fasa *ferrit* dan perlitnya menurun bila dibandingkan dengan perlakuan panas di *Quenching* pada SAE 50, dan SAE 90. Pada SAE 140 fasa *ferrit* dan fasa perlit hampir sama dengan jumlah perlit 49,24 %, dan jumlah *ferrit* 50,76 %, Gambar 6.

Pada pengujian dengan pendinginan udara bebas ini menunjukkan hasil struktur mikro dari perlakuan panas yang diproses *tempering* dengan pendinginan udara bebas. Didapatkan bahwa fasa *ferrit* dan perlit menurun, seperti diperlihatkan pada Gambar 7, 8, dan 9.

Pada pengujian perlakuan panas yang di *quenching* dengan media oli SAE 50 lalu diproses *tempering*, fasa *ferrit* nampak besar-besar dan perlit merata

dan padat. Jumlah perlit 40,4%, dan jumlah ferrit 59,6 %, pada Gambar 7.

Sedangkan pada perlakuan panas yang di *quenching* dengan media oli SAE 90 lalu diproses *tempering*, fasa *ferrit* menurun 56,4 % bila di bandingkan dengan *quenching* media oli SAE 50. Dan fasa perlit 43,6% terlihat garis-garis kecil berwarna hitam dan mengumpul dibagian tertentu saja lihat Gambar 8.

Pengujian perlakuan panas yang di *quenching* dengan media oli SAE 140 dan diproses *tempering* menunjukkan struktur mikro yang didapat sangat berbeda dengan pengujian struktur mikro yang lainnya. Fasa *ferrit* menurun dengan jumlah 43,2% dan mengumpul dibagian-bagian tertentu. Sebaliknya fasa perlit 56,44% lebih banyak dan merata seperti pada Gambar 9. Hasil Uji Korosi, Pengujian korosi dilakukan dengan mengamati laju korosi pada chassis Mitsubishi FE 114 sebelum dan sesudah proses perlakuan panas pada temperatur 850°C dengan variasi *quenching* media oli SAE 50, SAE 90 dan SAE 140 dilanjutkan *tempering* pada temperatur 200°C. Perendaman ke dalam gelas uji korosi yang berisi larutan H₂SO₄ (asam sulfat) dengan lama perendaman 6 jam. Sehingga didapatkan data-data sebagai berikut :

Tabel 3. Laju korosi sebelum dan sesudah dilakukan proses perlakuan Panas.

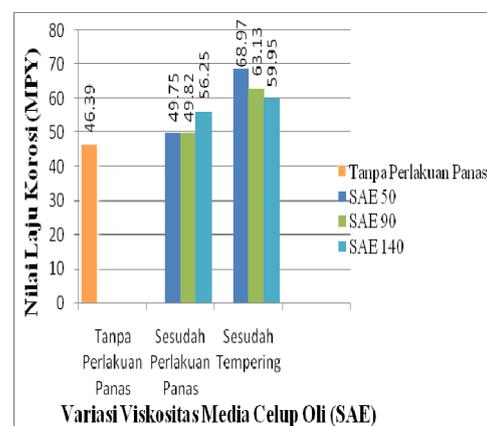
Spe- simen	Berat (gr)		Seli- siah Berat (mg)	Laju Koros i (MPY)
	Awal	Akhir		
A	49,02	48.12	900	46.39
B	49.54	48.54	1000	49.75
C	51.95	50.94	1010	49.82
D	52.40	51.25	1150	56.25
E	49.76	48.76	1000	68.97
F	49.38	48.12	1260	63.13
G	51.81	50.58	1230	59.95

dimana:

- A = Tanpa Perlakuan Panas
- B = Perlakuan Panas *Quenching* SAE 50
- C = Perlakuan Panas *Quenching* SAE 90
- D = Perlakuan Panas *Quenching* SAE 140
- E = *Tempering* pada *Quenching* SAE 50
- F = *Tempering* pada *Quenching* SAE 90
- G = *Tempering* pada *Quenching* SAE 140

Dari data perhitungan laju korosi chassis Mitsubishi FE 114, maka dapat dilihat tingkat ketahanan korosi pada baja ini sebelum dan sesudah perlakuan panas. Laju korosi terjadi pada chassis sebelum dan sesudah proses perlakuan panas, laju korosi yang paling besar terjadi pada proses *tempering*. Pada chassis tanpa proses perlakuan panas laju korosi yaitu 46,39mm/tahun. Pada proses perlakuan panas yang di *quenching* dengan media oli SAE 50 laju korosi ini naik menjadi 49,75mm/thn bila dibandingkan dengan laju korosi tanpa perlakuan panas, dan laju korosi dengan menggunakan media oli SAE 90 terjadi kenaikan sedikit menjadi 49,82mm/thn, bila dibandingkan dengan *quenching* media oli SAE 50. Terjadi kenaikan laju korosi pada *quenching* media oli SAE 140 sebesar 56,25 mm/tahun.

Bila dilihat Gambar 10. Perbandingan laju korosi pada chassis mitsubishi FE 114 yang paling besar terjadi pada proses perlakuan panas yang di lanjutkan proses *tempering* pada temperatur 200°C. Laju korosi ini yang paling besar terjadi pada *tempering* yang di *quenching* pada pencelupan media oli SAE 50 sebesar 68,97mm/thn. chassis yang mengalami *tempering* di *quenching* pada pencelupan oli SAE 90 laju korosi yang terjadi sebesar 63,13mm/thn. Oleh karena itu terjadi penurunan laju korosi pada chassis yang di *tempering* pada waktu *quenching* di celup oli SAE 140 sebesar 59,95 mm/tahun.



Gambar 10. Grafik Perbandingan laju korosi Terhadap *Quenching* Media Celup Oli (SAE)

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa komposisi chassis Mitsubishi FE 114 menunjukkan Fe = 98.67 %, C = 0.044%, Si = 0.120%, dan Mn = 0,710. Setelah dilakukan proses perlakuan panas dan dilanjutkan *tempering* kekerasan chassis Mitsubishi FE 114 mengalami kenaikan kekerasannya. Selain itu uji korosi terhadap chassis Mitsubishi FE 114 menunjukkan sangat buruk ketangguhan korosinya, disebabkan tidak terdapat paduan unsur chrom pada chassis Mitsubishi FE 114.

DAFTAR PUSTAKA

Budinski, K.G., 1989 "*Engineering Materials Properties and selection*", Third Edition, Prentice-Hall, Inc.

Djaprie Sriati, 1981 "*Ilmu dan Teknologi Bahan*", Cetakan Keempat, Erlangga, Jakarta.

Kartikasari, Ratna, 2009, "Pengaruh Temperatur Temper Terhadap Sifat Mekanik dan Ketahanan Korosi Paduan Fe-1, 52Al-1, 44C", Jurnal Teknologi ACADEMIA ISTA, Vol. 2 No.1 Agustus 2009

Tata Sudira, Saito. S., 2000 "*Pengetahuan Bahan Teknik*", Cetakan Kelima, P.T Pradnya Paramita, Jakarta.

Thelning, K.E, 1984, "Steel and Its Heat treatment", 2nd Edition, Butterworths, London.

Waluyo, Joko, 2007, "Pengaruh Proses Carburising Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Baja AISI 1045", Jurnal Teknologi ACADEMIA ISTA, Vol. 11 No. 2 Feb 2007.

**SISTEM INFORMASI DUGAAN SEMENTARA PENENTUAN JENIS PENYAKIT
DENGAN GEJALA DEMAM MENGGUNAKAN SISTEM PAKAR BERBASIS SHORT
MESSAGE SERVICE (SMS)**

Uminingsih¹

¹Jurusan Matematika, Fakultas Sains Terapan IST AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 5 Mei 2010, revisi masuk : 1 Juli 2010, diterima: 26 Juli 2010

ABSTRACT

Information system to diagnose diseases with fever symptom using expert system based on SMS (source message service). Computer is a electronic instrument which is very needed for data processing in order to provide information fast and accurately. One of the computer application is used by health expert to make a system to deliver information of diagnose disease result based on consultation data from a patient. Disease detection done by collection of symptom of every diseases which has a certainty factor (CF). The health information system is made using Delphi 6. Microsoft Access 2000, Mysql and SMS Gateway version 11.4. The investigation result shows that health information system can decide the same diseases different CF. This is because of source diseases having the same symptom with an another diseases . The CF is obtained from the calculation between CF symptom and CF expert system. The access of the information is done by SMS medium with SMS Gateway connecting the computer with terminal hand phone.

Keyword: Health information system, expert system, SMS Gateway, CF,

INTISARI

Komputer merupakan suatu perangkat elektronik yang sangat dibutuhkan untuk proses pengolahan data agar lebih cepat guna memberi informasi yang berkualitas. Salah satu aplikasi komputer adalah digunakan oleh pakar kesehatan untuk membuat suatu sistem untuk menyampaikan informasi hasil diagnosa penyakit berdasarkan data konsultasi gejala penyakit yang disampaikan. Pendeteksian penyakit ini dilakukan dengan cara mengumpulkan atau mendata gejala, tiap penyakit yang memiliki bobot tertentu dicari faktor kepastian/Certainty Factor (CF)nya. Pembahasan sistem ini dibuat dengan menggunakan Delphi 6, .Microsoft Accses 2000, My-sql dan SMS Gateway versi 11.4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penyakit yang sama mempunyai CF yang berbeda, hal ini dikarenakan ada beberapa penyakit mempunyai kesamaan gejala dengan penyakit yang lain. CF ini dihasilkan berdasarkan perhitungan perkalian CF dari gejala dengan CF dari pakar. Akses informasi dilakukan menggunakan media SMS dengan bantuan SMS gateway yang dapat menghubungkan PC dengan mobile phone terminal, yang berperan transfer data komputer dengan hand phone terminal.

Kata kunci: Sistem informasi kesehatan, sistem pakar, CF, SMS gateway.

PENDAHULUAN

Penggunaan komputer saat ini hampir merata di semua bidang, pekerjaan. termasuk bidang kesehatan dan farmasi. Di Rumah Sakit selain untuk mengolah data pasien juga dimanfaatkan untuk diagnose penyakit pasien oleh dokter-dokter yang pasiennya banyak dan sangat sibuk. Selain itu juga dapat digunakan untuk membantu diagnose obat

pada bidang farmasi. Dengan menggunakan sistem pakar. komputer dapat digunakan untuk aplikasi spesifik sebagai alat pendiagnosa awal penyakit sehingga pada waktu tertentu dapat menggantikan peran konsultan dokter, tentunya dapat dibantu dengan pemanfaatan software yang mendukung. (M.Lourdes Jimenez, 2008). Di Indonesia ada beberapa jenis penyakit yang mempunyai beberapa ge-

¹umy-aziz@yahoo.com

jalanya hampir sama sehingga menyebabkan salah analisa ini yang berujung kondisi terlambat untuk pengobatannya. Masalah ini menjadi kompleks bila pasien tinggalnya jauh dari rumah sakit, biaya pengobatan tidak ada atau adanya dari keterbatasan suatu pengetahuan tentang gejala penyakit sangat minim terutama pada masyarakat di pedesaan. Biasanya masyarakat desa mempunyai kebiasaan menggunakan obat tradisional penurun panas. Sehingga asal panasnya sudah turun dianggap sudah aman/sembuh. Hal ini memang benar untuk penyakit jenis influenza, diare, malaria. Namun untuk penyakit demam berdarah tidak demikian karena siklus panasnya seperti pelana kuda, dikira panasnya sudah turun itu berarti sembuh ternyata begitu naik lagi trombositnya sudah drop sehingga pasien tidak dapat ditolong lagi.

Saat ini telah banyak sarana informasi yang dapat diakses masyarakat luas secara mudah, murah, kapan saja dan dimana saja, ialah menggunakan ponsel pada fasilitas SMS.

Dengan pertimbangan kondisi diatas maka masyarakat terutama di pedesaan sangatlah memerlukan informasi tentang kepastian jenis penyakit secepat mungkin dengan adanya gejala demam. Dengan adanya fasilitas komputer dan penggunaan dari sistem pakar akan memungkinkan dibuat suatu Sistem informasi layanan kesehatan(khusus untuk penyakit dengan gejala demam) yang dapat diakses masyarakat luas. melalui SMS. Dengan pertimbangan ini bahwa bentuk layanan informasi ini harus dapat digunakan oleh semua pihak artinya dari masyarakat yang berpendidikan rendah sampai yang berpendidikan tinggi. Sehingga perlu navigasi yang mudah dipahami pengguna dan praktis.

Dari beberapa hasil penelitian sebelumnya yaitu: 1) Xuewei Wang(2004) tentang cara pembuatan sistem pakar untuk bentuk obat tradisional. 2) Setyawati (2005), menerangkan sistem pakar digunakan untuk diagnosa dini penyakit kanker dengan menggunakan program Visual Basic 6.0. dengan metode *forward chaining*. 3) Penelitian Gunawan (2009) yang berjudul "Penentuan jenis penyakit demam berdarah menggunakan sistem

Pakar" hal ini menerangkan penggunaan CF(*Certainty factor*) untuk menentukan kesimpulan jenis penyakit demam berdarah menggunakan program VB Net. 4). penelitian dari Uminingsih (2005) yang berjudul "Sistem Informasi Bursa kerja menggunakan SMS" yang menerangkan cara akses basis data di komputer server melalui SMS dengan bantuan SMS Gateway. Maka dengan landasan tersebut dilakukan penelitian ini.

Tujuan penelitian adalah melakukan pengembangan penelitian yaitu dengan menyediakan suatu layanan informasi yang dapat diakses melalui SMS tentang diagnose kemungkinan besar jenis penyakit dengan gejala demam Metode penentuan hasil akhir melalui Sistem pakar dengan menggunakan CF (*Certainty factor*).

Sistem Pakar, bagian dari sistem pakar terdiri dari 2 komponen utama, : *knowledge base* (basis pengetahuan) dan *inference engine*(motor inferensi) (J. R.Doyle,1988). Basis Pengetahuan berisi pengetahuan-pengetahuan dalam penyelesaian masalah. Ada 2 bentuk pendekatan dalam penyelesaian masalah ialah: Penalaran berbasis Aturan dan Penalaran berbasis Kasus yang mana pengetahuan direpresentasikan dengan menggunakan aturan berbentuk IF-THEN.

Mesin Inferensi mengandung mekanisme pola pikir dan penalaran yang digunakan oleh pakar dalam menyelesaikan suatu masalah. Ada 2 cara: *Forward Chaining*(Penalaran dimulai dari fakta dulu untuk menguji hipotesa) dan *Backward Chaining*(penalaran dimulai dari hipotesa lebih dulu,dan untuk menguji hipotesa tersebut harus dicari fakta-fakta yang ada dalam basis pengetahuan).

Setelah dilakukan pengujian ini muncul ketidakpastian hasil maka untuk menghitung seberapa besar kepastiannya digunakan metode certainty factor (CF). Certainty Factor memperkenalkan konsep *measure of belief (MB)* atau ukuran nilai keyakinan dan *measure of disbelief (MD)* atau ukuran ketidak keyakinan. Hal ini dilukiskan sebagai berikut (Hekerman,1996).

Adalah: $CF[h,e]=MB[h,e] - MD[h,e]....(1)$

dimana,

CF[h,e]= Certainty Factor dari hipotesis H yang dipengaruhi gejala/evidence e.

Besarnya CF berkisar antara-1 sampai dengan 1. Untuk Nilai -1 menunjukkan ketidakpercayaan mutlak, sedangkan nilai 1 menunjukkan kepercayaan mutlak. MB[h,e]=Ukuran kenaikan kepercayaan terhadap hipotesis h, yang dipengaruhi oleh gejala Evidence.MD[h,e] =Ukuran kenaikan ketidakpercayaan terhadap evidence h, jika diberikan evidence e (antara 0 dan 1). (Kusrini, 2008)

Bentuk dasar rumus certainty factor sebuah aturan: JIKA e MAKA h yang dilukiskan pada persamaan:

$$CF(H,e) = CF(E,e)*CF(H,E)..... (2)$$

dimana,

CF(E,e) : *certainty factor evidence* E yang dipengaruhi oleh *evidence* e.

CF(H,E): *certainty factor* hipotesis dengan asumsi *evidence* diketahui dengan pasti , ketika CF(E,e)=1

CF(H,e)::*certainty factor* hipotesis yang dipengaruhi oleh *evidence* e.

Bila semua evidence pada antecedent ini diketahui dengan pasti maka persamaannya dapat dilukiskan;

$$CF(H,e) = CF(H,E)(3)$$

yang mana CF(H,E) merupakan nilai kepastian yang diberikan oleh pakar terhadap suatu aturan, sedang CF(E,e) merupakan nilai kepercayaan yang diberikan oleh pengguna terhadap gejala yang dialaminya.

Untuk obyek dari penyakit maka selain ada variabel gejalanya juga ada kuantitas dan waktu maka selanjutnya muncul variable toleransi waktu dan toleransi kuantitas terhadap nilai acuan waktu dan kuantitas dari hasil penelitian pakar, Oleh karena itu penghitungan CF user ini menggunakan Operator_Aturan yaitu merupakan operator logika yang menghubungkan satu premis dengan premis yang lain dalam sebuah aturan)

Ada tiga macam fungsi operator untuk Kuantitas dan Waktu.

Fungsi Operator ">="

$$CF(x) = \begin{cases} 0, x \leq \text{Nilai-Toleransi} \\ \frac{(x - \text{nilaitoleransi})}{\text{Toleransi}}, \text{Nilai-Toleransi} \leq x < \text{Nilai} \\ 1, x = \text{Nilai} \end{cases} \dots\dots (4)$$

Fungsi Operator "="

$$CF(x) = \begin{cases} 0, x \leq \text{Nilai-Toleransi} \text{ atau } x \geq \text{Nilai toleran} \\ \frac{(x - \text{nilaitoleransi})}{\text{Toleransi}}, \text{Nilai-Toleransi} \leq x < \text{Nilai} \\ \frac{(x - \text{nilaitoleransi})}{\text{Toleransi}}, \text{Nilai} \leq x < \text{Nilai-Toleransi} \\ 1, x = \text{Nilai} \end{cases} \dots\dots (5)$$

Fungsi Operator "<="

$$CF(x) = \begin{cases} 0, x \leq \text{Nilai-Toleransi} \\ \frac{(\text{nilai-toleransi} - x)}{\text{Toleransi}}, \text{Nilai} < x < \text{Nilai-Toleransi} \\ 1, x = \text{Nilai} \end{cases} \dots\dots (6)$$

dimana:

X: kuantitas/waktu yang dialami user

Nilai: nilai kuantitas/Waktu standar

Toleransi: toleransi kuantitas/waktu

Untuk mendapatkan CFuser, dilakukan perhitungan interpretasi standar dari interseksi antara CFKuantitas dan CFWaktu yang ditunjukkan pada persamaan:

$$CFuser(x) = \text{Min}(CFKuantitas(x), CFWaktu(x)) (7)$$

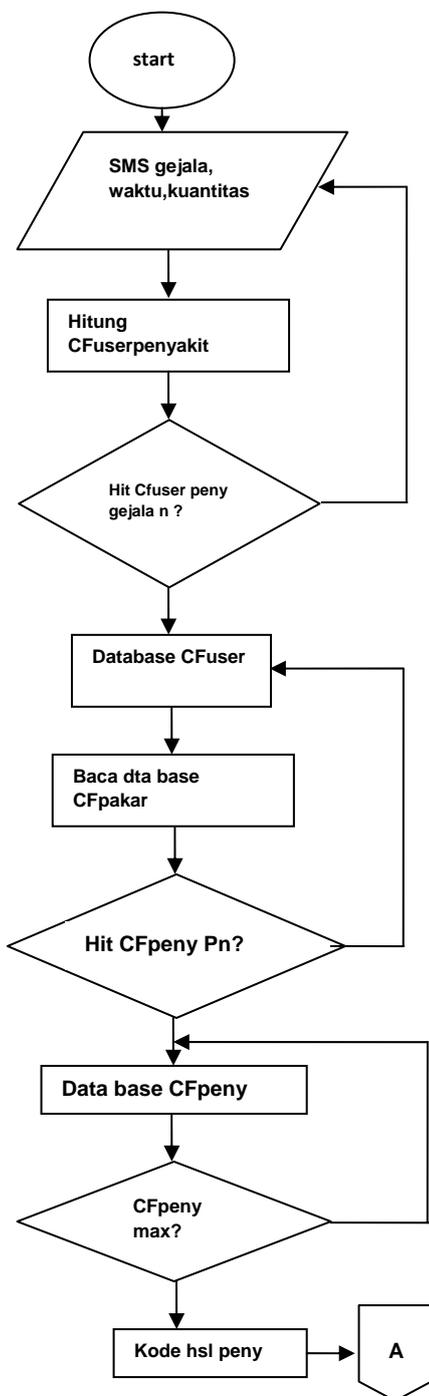
SMS (*Short Message Service*), Suatu teknologi digital yang mempunyai kemampuan untuk mengirim atau menerima teks untuk atau dari telepon yang bergerak (Ponsel). Dengan teknologi SMS orang dapat mengakses informasi darimana saja dan kapan saja.

SMS Gateway, sebuah messaging tool yang memiliki kemampuan mengakses data dari sebuah PC ke *Mobile phone* atau sebaliknya melalui kabel data. (SMS Gateway,GPA 2003)

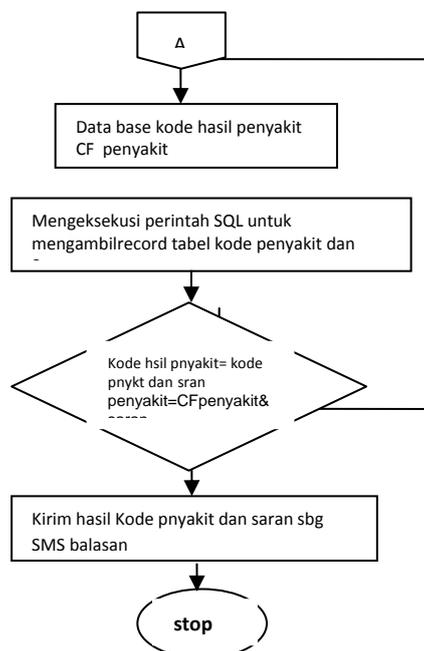
Adapun metode penelitian yang dilakukan antara lain:merancang a-lur kerja sistem dan menentukan perangkat lunak sesuai yang digunakan. Merancang antarmuka input data user dilayar ponsel dan di komputer server. Menentukan bentuk aturan/Rule dari masalah yang digunakan. Menentukan data pakar jenis penyakit dengan membandingkan CF user menurut perhitungan manual dengan CFpakar menurut rule. Mensetting dan mengkoneksikan program SMS Gateway dengan data

base di komputer server dan ponsel terminal. Langkah terakhir menguji system.

Rancangan kerja sistem /flow chart

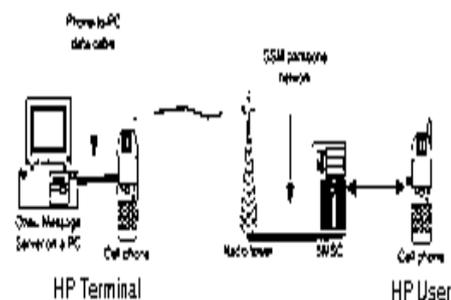


Gambar 1. Flowchart Kerja Sistem



Gambar:2 lanjutan flow chart Sistem

Rancangan *Physics System*, Alur perjalanan data SMS dapat dilukiskan sbb:



Gambar:3 Rancangan Physics System

Keterangan: data konsultasi penyakit user dikirim ke ponsel terminal, melalui kabel data masuk ke basis data komputer. selanjutnya dengan bantuan bantuan sms Gateway maka data dapat diolah dan dibaca oleh komputer. Selanjutnya hasil pengolahan data tersebut dikirimkan ke user lagi

Rancangan Data dan Pengkodean, untuk penyakit dengan gejala demam yang lazim terjadi dalam masyarakat Indonesia adalah lebih dari satu, yaitu; Demam berdarah(P1), Typus(P2), Influenza. (P3), Malaria(P4) dan Diare(P5) Dari hasil. Penelitian dokter/Pakar distri-

busi gejala penyakit yang disertai demam secara spesifik dilukiskan dalam Table1:

Tabel:1. relasi gejala dan jenis penyakit

Tabel relasi gejala dan penyakit											
Kode	Nama penyakit					Kode	Nama penyakit				
	P1	P2	P3	P4	P5		P1	P2	P3	P4	P5
G1	*					G16	*	*			
G2	*		*		*	G17	*	*	*	*	
G3	*	*				G18	*		*		
G4	*					G19	*		*		
G5	*	*	*	*		G20			*		
G6	*		*	*		G21			*		
G7	*					G22			*		
G8		*		*		G23			*		
G9	*					G24			*		
G10	*					G25			*		
G11		*		*	*	G26				*	
G12		*				G27				*	
G13			*								
G14	*		*								
G15	*		*								

Tabel 2. Tabel Informasi gejala penyakit

Kode gejala	Nama Gejala	Kode gejala	Nama gejala
G1	Shu tubuh naik turn	G14	Pilek
G2	Suhu tubuh 37-40C	G15	Bersin-bersin
G3	Sakit perut	G16	Batuk
G4	Bintik merah diseluruh tubuh	G17	Lesu
G5	Sakit tenggorkan	G18	Leukosit naik
G6	Nyeri otot	G19	Gula darah rendah
G7	Nyeri sendi	G20	Lidah pahit
G8	Suhu naik bertahap mulai 38,5 ^o C	G21	Pegal
G9	Sulit BAB	G22	Mual
G10	Bibir kering	G23	Kejang
G11	Tidak nfsu makan	G24	Demam ringan
G12	Rasa malas	G25	Menggigil
G13	Sakit tenggorkan	G26	Muntah ,Berak

Keterangan;penulisan kode dan isi seminim mungkin namun masih dapat dimengerti untuk menghemat karakter pada media SMS.

PEMBAHASAN

Data yang dimiliki Pakar(hasil penelitian) adalah meliputi;jenis penyakit, gejala masing-masing penyakit, kuantitas,dan waktu. Dengan menerapkan persamaan (1),pada data di Tabel 1 maka dari data tersebut digunakan untuk menghitung CFpakar. Contoh: Penerapan *RULE* untuk menentukan *CF pakar untuk penyakit demam berdarah.(semua data dari penelitian pakar).*

IF Suhu tubuh naik turun dengan kuantitas= 2 toleransi kuantitas = 2, waktu =1 toleransi waktu = 2.

AND Suhu tubuh 37-40 C kuantitas = 1 toleransi kuantitas = 2, waktu = 1 Toleransi waktu = 2.

AND Sakit perut kuantitas = 2 toleransi kuantitas=2, waktu=2 toleransi waktu= 2.

AND Bintik merah diseluruh tubuh kuantitas = 2 toleransi kuantitas = 2,waktu = 1 toleransi waktu = 5.

AND Sakit kepala kuantitas = 1 toleransi kuantitas=5, waktu=2 toleransi waktu =5.

AND Nyeri otot kuantitas = 1 toleransi kuantitas= 4, waktu=2 toleransi waktu= 6.

AND Nyeri persendian kuantitas = 2 toleransi kuantitas = 3, waktu = 1 toleransi waktu = 4.

THEN Demam Berdarah = 0.65

Maka dengan cara yang sama untuk data pakar yang sesuai jenis penyakit diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel :3 Hasil Perhitungan CF Pakar

Kd_penyakit	Nm_penyakit	CF_pakar
P1	Demam berdarah	0.65
P2	Typus	0.75
P3	Influenza	0.55
P4	Malaria	0.82
P5	Diare	0.73

Menentukan CFuser, data yang di inputkan user melalui SMS adalah: kode gejala penyakit yang dirasakan,

kuantitas sakit, lamanya waktu merasakan sakit sampai saat itu. Kemudian oleh program masing-masing gejala diuji menggunakan operator aturan yang sesuai (salah satu fungsi dari persamaan 4/5/6) sesuai dengan hasil perbandingan data kuantitas dan waktu user dengan data kuantitas dan data waktu yang diteliti pakar.

Dapat dicontohkan, seorang user melakukan konsultasi, dengan mengirim data lewat SMS. Data terdiri dari 12 gejala lengkap dengan waktu dan kuantitas, maka program akan menghitung besar toleransi yaitu hasil perbandingan dengan data pakar. Selanjutnya diterapkan salah satu persamaan 4/5/6 yang sesuai dengan kondisi data. user yang diberikan. Hasilnya dimasukkan ke basis data. Selanjutnya dicari yang paling besar nilai CFnya. Ini merupakan CF user penyakit. dilukiskan pada Table 4

Tabel 4 Hasil perhitungan CF user penyakit

Kode Gejala	Kode Penyakit				
	P1	P2	P3	P4	P5
G1	0.5	0			
G2	0.33		0.33	0	0
G3	0.5				
G4	0.5				
G5	0.66			0	
G6				0	
G7					
G8			1		
G9			1		
G10			0		
G11			0		
G12			0		

Keterangan: Untuk gejala G2 hasil perhitungan CF user penyakit muncul pada kolom Penyakit P1 dan P3. Hal ini sesuai pernyataan Table 1.

Menghitung CF penyakit, Untuk menghitung CF penyakit digunakan persamaan (7) yang dalam kasus ini dapat dituliskan sebagai berikut: $CF_{penyakit} = \min(CF_{pakar} \times CF_{userpenyakit} N)$

Maka dari data diatas dan data CF pakar dapat dihitung besarnya CF penyakit pada masing-masing jenis penyakit: Untuk Penyakit P1 $CF_{P1} = (CF_{pakar} P1 \times CF_{user} P1) \times 100\%$

$$= (0,65 \times 0,33) \times 100\% = 21,4\%$$

Untuk Penyakit P2

$$CF_{P2} = (CF_{pakar} \times CF_{user} P2) \times 100\% = (0,75 \times 0) \times 100\% = 0\%$$

Selanjutnya dengan cara yang sama dilakukan pengujian ke semua jenis penyakit yang hasil keseluruhannya setelah dihitung tampak seperti pada tabel 5.

Tabel 5 Tabel Hasil perhitungan

Penyakit				
P1	P2	P3	P4	P5
21,4	0	5.5	0	0

Dari Tabel 5 menunjukkan penyakit yang mempunyai persentase paling besar adalah demam Berdarah (P1) yang memiliki nilai 21.4%. Jadi dari gejala-gejala yang di informasikan menunjukkan bahwa user ada indikasi kuat mengidap penyakit demam berdarah saat itu.

Format penulisan keyword

a). Format untuk terhubung ke sistem informasi.

Gejala <spasi>demam kirim ke no hp 081xxxxxxxxx (no Hp yang sudah dapat ijin provider). Hasil jawaban



(a) (b)

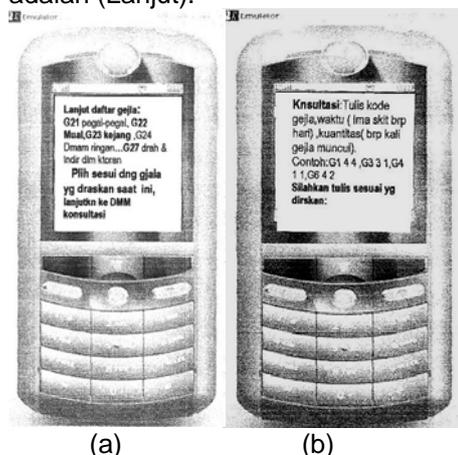
Gambar: 3a Hasil jawaban akses keyword Gejala, <spasi>. Demam, sedangkan Gambar 3b Hasil jawaban Akses Keyword DMM <spasi> gejala.

Antar Muka Akses Sms, penentuan KEYWORD AKSES Untuk menentu kan keyword harus dipilih sandi sesingkat mungkin dan semudah mungkin untuk diingat. Format kode akses di pandu dengan keyword sesuai keperluan user dilihat pada Tabel 6.

Table:6 Daftar Keyword yang digunakan

Keyword	Penjelasan
Gejala demam	Untuk masuk sistem informasi
DMM gejala	Menampilkan informasi kode gejala penyakit sebagai bahan masukan yang dipilih sesuai dengan gejala yang dirasakan user
DMM konsultasi	Tempat user menuliskan semua gejala sakit yang dirasakan, lama waktu, dan kuantitasnya
lanjut	Menampilkan daftar gejala yang nantinya dapat dipilih sesuai gejala sakit yang dialami saat itu sebgai masukan saat konsultasi.

Keterangan: Untuk DMM Gejala : i menampilkan kode dan data gejala dengan format sesuai isi: tabel 2. Karena 1 layer Tampilan SMS hanya memuat maximum 160 karakter maka untuk menampilkan semua gejala ,user harus mengakses 2 kali. Navigasi penghubung untuk layer berikutnya adalah (Lanjut).



Gambar: 5a. Hasil jawaban akses keyword lanjut; Dan Gambar: 5b Hasil akses keyword DMM <spasi>Konsultasi

Untuk DMM konsultasi menam-pilkan perintah untuk memasukkan data gejala yang dikeluhkan dengan kode seperti yang telah ditentukan serta mengisi kuantitas (berapa kali seringnya gejala timbul selama ini). Selain itu waktu terjadinya gejala dari saat timbul sampai waktu konsultasi itu dihitung berapa hari. Bila data konsultasi sudah diisi dan dikirim maka balasannya adalah hasil perhitungan dan penelusuran dengan rumus pakar seperti pada gambar 7.



Gambar: 7 Hasil jawaban akses keyword DMM<spasi>konsultasi

Dari hasil akhir program penelusuran penyakit menghasilkan identitas kode penyakit, selanjutnya program menunjuk ke basis data bentuk jawaban dan melakukan searching kode penyakit dan hasilnya dikirimkan ke ponsel terminal,dan selanjutnya oleh sms gateway dikirimkan ke no ponsel user. Bentuk data jawaban selengkapnya pada Table 7.

Tabel 7 Bentuk jawaban.

Ko de	Penyakit	Saran
(P1)	Demam berdarah	Minum jus jambu merah, segera kerumah sakit
(P2)	Tipes	Minum obat penurun panas,minum banyak, segera kerumah sakit
(P3)	Influenza	Minum obat flu, istirahat,minum vit C
(P4)	Malaria)	Segera ke dokter terdekat.
(P5)	Diare)	Minum obat diare non spesifik dan oralit,bila 1 hari semalam tidak berhenti,segera ke dokter

KESIMPULAN

Dari pembahasan yang diangkat mengenai diagnosa penyakit dapat disimpulkan bahwa penggunaan sistem pakar dalam mendiagnosa penyakit dengan gejala demam ini, memiliki tingkat keakuratan data yang baik. Manfaat penelitian adalah dapat membantu masyarakat untuk cepat mengambil keputusan bentuk tindakan awal yang dilakukan untuk mengatasi gejala demam dengan tepat. Dengan Berbasis SMS Sistem ini sangat praktis untuk konsultasi penyakit demam karena dapat diakses dimana saja dan kapan saja sejauh kondisi jaringan tidak ada masalah.

DAFTAR PUSTAKA

- J.R.Doyle, *Probability problems in knowledge acquisition for expert systems*, *Knowledge-Based Systems, Volume 1, Issue 2, March 1988, Pages 114-120.*
- Gunawan Gede, 2009, *Diagnosa Sakit Demam Berdarah Menggunakan System Pakar*, IST Akprind Yogyakarta.
- Heckerman.D, 1996, *Probabilistic Interpretation for Mycin's Certantay factors*, Elsevier Science Publishers B V, Nort-Holland
- Kusrini, 2008, *Aplikasi sistem pakar menentukan faktor kepastian pengguna dengan metode kuantifikasi pertanyaan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- M. Lourdes Jimenez, José M. Santamaría, Roberto Barchino, Laura Laita, Luis M. Laita, León A. González, Angel Asenjo, *Knowledge representation for diagnosis of care problems through an expert system: Model of the auto-care deficit situations*, *Expert Systems with Applications, Volume 34, Issue 4, May 2008*
- Setyawati, 2005, *Sistem pakar diagnosa dini penyakit kanker*, Institut Sains dan Teknologi AKPRIND, Yogyakarta.
- SMS Gateway by GPA Teknologi Version 11.4, *Installation, User & Developers Manual*, Copyright@1997-2003 GPA Technology Pty.Ltd, Australia
- Uminingsih, 2005, *Sistem Informasi Bursa Kerja menggunakan SMS*, Universitas Gajah Mada
- Xuwei Wang, Haibin Qu, Ping Liu, Yiyu Cheng, *A Self-learning Expert system for diagnosis in traditional Chinese medicine*, *Expert Systems with Applications, Volume 26, Issue 4, May 2004, Pages 57-566, Pages 2847-2857*

SISTEM TRAFIK NAVIGASI WEB MENGGUNAKAN METODE SEQUENTIAL PATTERN

Uning Lestari¹

¹Jurusan Teknik Informatika, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 19 Mei 2010, revisi masuk : 21 Juni 2010, diterima: 11 Juli 2010

ABSTRACT

Analysis performed on web server logs have traditionally been widely used to see the web visitor activities such as determining the amount of access to web pages, anyone accessing the web user and the time to visit the web and visited URLs and more statistical analysis. But it is still very little information about the relationship between existing data on the web, the sequence of requests made by a user or group of users who have access to a web site. To overcome these problems required a web mining techniques. Web mining is a technique to automatically discover and extract information on the web. This study used different techniques to sequential pattern Apriori algorithm to identify patterns of web site navigation. The the applications that have been made will show recapitulation of information about the number of visits per day, a search of browser used, details of visits that include IP addresses, proxy server, the location of the sequence pattern visitor and web traffic. Web navigation patterns using Apriori is able to produce the sequence pattern of answering pages accessed by visitors. This pattern always varies depending on the minimum support are included. The higher MinSup, so little sequence variation pattern of visits and reverse the lower the value of the Minsup more and more variations of the sequence pattern of visits by users.

Keywords: Sequential Pattern, Apriori Algorithm, web navigation

INTISARI

Analisa yang dilakukan pada web server log secara tradisional telah banyak digunakan untuk melihat aktifitas pengunjung web seperti menentukan jumlah akses terhadap halaman web, siapa saja user yang mengakses web dan waktu mengunjungi web dan URL yang dikunjungi dan masih banyak lagi analisa secara statistik. Tetapi hal tersebut masih sangat sedikit memberikan informasi tentang hubungan antara data yang ada dalam web, urutan kunjungan yang dilakukan oleh seorang user atau siapa saja kelompok user yang melakukan akses ke suatu situs web. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan teknik *web mining*. Web mining merupakan teknik untuk secara otomatis menemukan dan mengekstrak informasi dalam *web*. Dalam penelitian ini digunakan teknik *sequential pattern* dengan algoritma Apriori untuk mengetahui pola navigasi dari sebuah web site. Dari aplikasi yang telah dibuat akan menghasilkan informasi tentang rekapitulasi jumlah kunjungan per hari, pencarian browser yang digunakan, detail kunjungan yang meliputi alamat IP, proxy server, lokasi keberadaan pengunjung dan pola urutan kunjungan web. Pola navigasi web dengan metode Apriori mampu menghasilkan pola urutan halaman web yang diakses oleh pengunjung. Pola ini selalu bervariasi tergantung dari *minimum support* yang dimasukkan. Semakin tinggi *Min-Sup*nya maka akan semakin sedikit variasi pola urutan kunjungan dan sebaliknya semakin rendah nilai *Minsup*-nya semakin banyak variasi pola urutan kunjungan user.

Kata kunci: Sequential Pattern, Algoritma Apriori, avigasi web

PENDAHULUAN

Teknologi *web* dalam sepuluh tahun terakhir merupakan teknologi yang paling mempengaruhi kehidupan masya-

rakat dunia. Pertumbuhan yang eksplosif dari *World Wide Web* telah memungkinkan tersedianya sumber informasi *on-line* yang sangat besar. Pada prinsipnya, ad-

¹uning@akprind.ac.id

ministrasi web tidak hanya sebatas pada pengelolaan data dilakukan secara dinamis. Pengelolaan data pengunjung merupakan hal penting yang perlu diperhatikan.

Web Mining didefinisikan sebagai kajian ini tentang teknik-teknik untuk secara otomatis menemukan dan mengekstrak informasi dalam *web*. *Web pada server log* merupakan sebuah data yang sangat berharga bagi sebuah organisasi yang melakukan aktivitasnya di dalam *web*. Karena jumlah data yang sangat besar maka sebuah organisasi perlu melakukan analisa terhadap data tersebut sehingga informasi tersembunyi dapat diperoleh. Analisa ini diharapkan akan memberikan informasi bagaimana melakukan restrukturisasi *web site* agar dapat meningkatkan efektifitas, memberikan layanan komunikasi yang lebih baik, dan juga dapat untuk meningkatkan target tertentu terhadap sesuatu kelompok pemakai tertentu. Pemantauan sebuah *web* menjadi hal penting dan wajib diperhatikan oleh setiap *web developer*. Pekerjaan pemantauan *web* pada kenyataannya sangat kompleks dan tidak bisa dilakukan secara manual, dibutuhkan berbagai *tools* (alat/aplikasi/program) pembantu yang dapat melakukan tugas ini secara otomatis.

Penelitian bidang pemanfaatan informasi dari log data saat ini umumnya menggunakan dua pendekatan, yaitu pertama memetakan data navigasi ke bentuk table-tabel relasi kemudian menggunakan teknik baku dalam data mining seperti *association rule* dan *sequential pattern* (Gunawan, 2000) dan kedua, pendekatan langsung yang dapat diterapkan pada rekaman *log-data* dengan memodelkan rekaman navigasi user sebagai *hypertext probabilistic grammar*, dimana *grammar* dengan nilai probabilitas besar akan membangkitkan string yang mewakili jejak akses yang paling banyak diakses user. Cooley.et.al (1997) telah membuat arsitektur umum dari *Web Usage Mining* yang disebut WEBMINER. WEBMINER mendukung proses-proses pembersihan data (*data cleaning*) yang secara otomatis menemukan pola dan telah memperkenalkan query yang mendukung proses analisa terhadap pola

yang dihasilkan. Algoritma yang digunakan menggunakan data mining yaitu *Association Rule* dan *Sequential Pattern*

Data mentah dapat dikumpulkan secara dinamis dari sebuah halaman *web* dan disimpan dalam sebuah basis data. Dari data ini, dapat digenerate secara *real time*, di-update untuk tiap pengunjung dan tidak hanya dibuat pada akhir bulan atau akhir tahun. Hasil ini dapat digunakan untuk menunjukkan peningkatan trafik/lalu-lintas atau juga rasio kunjungan pengunjung. Perhitungan trafik *web* menyajikan berbagai detail mengenai situs yang dipantau, mulai dari informasi pengunjung terakhir hingga ke ringkasan kunjungan per bulan sejak *web* dipublikasikan. Adapun detail yang dimaksud antara lain alamat IP (*Internet Protocol*), *proxy server*, *browser* yang digunakan, lokasi keberadaan pengunjung yang mengakses halaman *web* serta pola urutan kunjungan *web*.

Dari latar belakang masalah ini yang sudah dijelaskan terlihat bahwa banyak masalah dalam *web* khususnya dalam pencarian pola navigasi yang berhubungan dengan user. Masalah tersebut dikarenakan minat user bermacam-macam dan selalu berubah tiap waktu sehingga menyulitkan pengelola dalam memantau trafik *web* dan mengenali pola pengunjung. Dalam penelitian ini dibuat sistem aplikasi yang dapat menganalisis trafik/lalu lintas kunjungan *web* untuk mencari pola navigasi yang berguna untuk administrator *web* tersebut.

Proses *Sequential Pattern*, Pada proses ini merupakan pencarian pola kunjungan dengan metode *Sequential Pattern* ini, istilah *session* sering disebut dengan *sequence*. Pencarian pola dengan metode Apriori dimulai dengan menentukan minimum supportnya (minsup), kemudian menentukan *large itemset*-nya yaitu *itemset* yang memiliki support diatas minimum supportnya.

Menurut Agrawal., Srikant (1995) sebuah *sequence* didefinisikan sebagai urutan dari *itemset*. Sebuah *itemset* dinotasikan dalam (i_1, i_2, \dots, i_j) dimana i_j adalah sebuah item. Sebuah *sequence* mungkin berada dalam *sequence* yang lainnya. Sebagai contoh misal ter-

dapat *sequence* { (3) (4 5) (8)} berada pada *sequence* { (7) (3 8) ((9) (4 5 6) (8))} karena $(3) \subseteq (3\ 8)$, $(4\ 5) \subseteq (4\ 5\ 6)$, $(8) \subseteq (8)$.

Perlu diperhatikan bahwa { (3) (5)} $\not\subseteq$ { (3 5)} yang pertama berarti bahwa item 3 dibeli setelah item 5 sedang yang kedua berarti item 3 dan item 5 dibeli secara bersama-sama. Dalam sekumpulan *sequence*, sebuah *sequences*, adalah maksimal jika s tidak berada di dalam *sequence* yang lain. *Support* dari *sequence* menurut Agrawal (1995) didefinisikan sebagai fraction dari total pelanggan yang memberikan *Support* terhadap *sequence*.

Permasalahan utama ini dalam melakukan *mining sequential pattern* adalah menemukan maksimal *sequence* diantara seluruh *sequence* yang memiliki *mini-mum support* tertentu. Untuk setiap maksimal *sequence* yang memenuhi akan mewakili sebuah *sequential pattern*. Proses untuk menemukan pola navigasi pengunjung web menggunakan algoritma Apriori All terdiri 5 tahap yaitu: Proses Tahap *Sort* yaitu dengan melakukan *sorting* terhadap basis data dengan kunci primer adalah identitas dari pelanggan/user sedang kunci sekundernya adalah waktu kunjungan. Proses Tahap Pencarian Large Itemset (*I-itemset*) *Large Itemset* merupakan *itemset* yang memiliki *support* lebih besar dari *minimum support*-nya. Kumpulan *itemset* yang ditemukan akan dipetakan ke dalam urutan integer. Proses Tahap *Transformasi*, dalam sebuah transformasi *customer sequence*, setiap transaksi diganti dengan bagian dari seluruh *I-itemset* yang terdapat dalam transaksi. Jika pada sebuah transaksi tidak terdapat *I-itemset* maka *sequence* dihapus dalam basis data transformasi. Jika pada sebuah *customer sequence* tidak terdapat dalam *I-itemset*, maka juga akan dihapus dalam basis data transformasi. Proses Tahapan *sequence*, tahapan ini digunakan algoritma untuk pencarian urutan kunjungan. Algoritma yang digunakan adalah algoritma *AprioriAll* (Agrawal, 1995). Proses Tahap *Maximal Sequence*, ini merupakan tahapan untuk menemukan *Maximal Sequence* diantara *I-itemset*. Untuk algoritma *AprioriAll* tahapan ini digabungkan

pada tahapan *sequence*, hal ini dilakukan dengan mengurangi waktu yang diperlukan untuk menghitung non maksimal *Sequence*.

Metode penelitian, data penelitian diambil dari web server log salah satu web site pendidikan yaitu web site IST AKPRIND dengan alamat situs : www.akprind.ac.id. Adapun batasan-batasan dari sistem ini adalah : Sistem dapat mencari pola urutan kunjungan yang dilakukan oleh user; Data dari web server log yang dipilih hanya dilihat dari halaman yang dikunjungi dan tidak memperhatikan lama waktu kunjungan; Rekapitulasi jumlah kunjungan per hari; Pencarian browser yang digunakan; Detail kunjungan meliputi alamat IP, proxy server, lokasi keberadaan pengunjung; Pola urutan kunjungan web.

Pre Processing, proses persiapan yang dilakukan dengan serangkaian proses-proses. Diawali dengan membuka file *web server log* yang asli. Banyaknya file web server log dapat lebih dari satu. File *web server log* sementara disimpan dalam file yang diberi nama *logtemp*, yang gunanya menampung seluruh data *web server log*. Kemudian lakukan persiapan suatu file untuk menampung hasil proses persiapan dan juga file yang menampung data yang tidak berhasil dibersihkan (*cleaning*). File yang berisi data yang valid disimpan dalam tabel *LogImage*. Selanjutnya File *web server log* dibaca perbarisnya kemudian dilakukan pemisahan sekaligus juga melakukan proses *cleaning*. Kemudian hasilnya disimpan dikedua file yang telah dipersiapkan. Proses pemisahan dilakukan dengan cara membaca satu demi satu karakter pada setiap baris dari *web server log* dan juga suatu *string* pembatas.

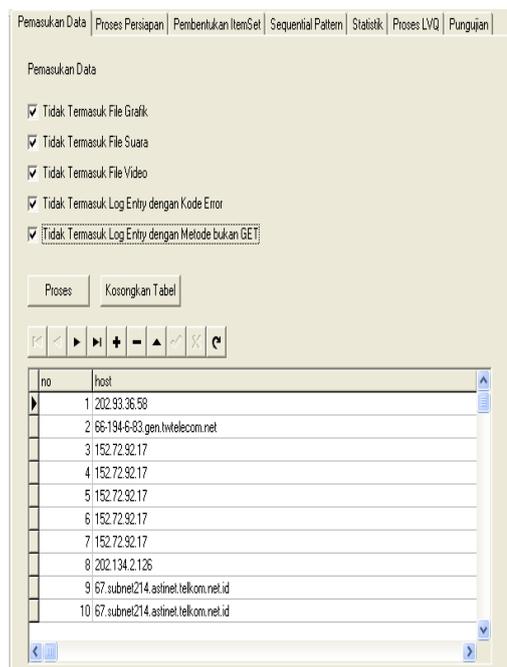
Pemisahan ini perlu dilakukan hati-hati mengingat karakter pembatas (*delimiter*) dari setiap field dari *web server log*. Bersamaan dengan melakukan proses pemisahan, dapat diketahui jenis dari *web server log* karena yang membedakan antara ECLF dan CLF hanyalah apakah mempunyai *agent* dan *referrer* atau tidak. Kalau jenis CLF tidak memiliki *agent* dan *referrer* maka keduanya akan ditandai dengan karakter ‘-’ se-

dangkan jika ECLF tidak mempunyai *agent* dan *referrer*.

Selanjutnya proses pemisahan tersebut dibarengi dengan proses *cleaning*. Harus diuji dari setiap *requestnya* yaitu dengan memperhatikan ekstensi (suffiknya). Sebagai contoh bila tidak diinginkan file grafik maka file-file dengan ekstensi gif, jpeg, jpg, bmp dan lainnya akan dihilangkan. Selain memperhatikan request juga diperhatikan apakah merupakan baris yang tidak error. Baris yang error ditandai dengan kode status dan requestnya bukan GET. Melakukan transfer dari file teks LogTemp ke file database.

PEMBAHASAN

Item set adalah kumpulan dari item-item, yaitu nama URL hasil request user. Pembentukan itemset menunjukkan pembentukan session. Satu *session* adalah urutan URL yang diakses dalam satu kunjungan tunggal.



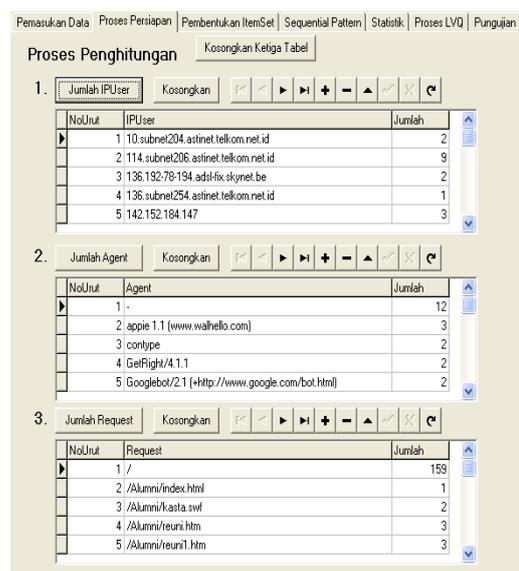
Gambar 1. Tampilan Pemasukan data

Sebelum dilakukan proses pembentukan itemset terlebih dahulu database harus diurutkan berdasarkan IP User, agent serta Tanggal. Hasil pengurutan ini yang akan dijadikan dasar pembentukan itemset. Cara pembentukan itemset yaitu dengan melakukan penge-

lompokan berdasarkan IP user, agent dan tanggal akses. Jika IP User berbeda dianggap sebagai session yang berbeda. Sering satu buah IP digunakan bersama-sama oleh banyak user, maka akan di cek jika agent nya berbeda, maka dianggap *session* yang berbeda. Tetapi jika agentnya sama maka dianggap *session* yang sama

Proses Pemasukan Data, sistem pencarian pola kunjungan web memerlukan *pre processing* sebelum melakukan proses berikutnya. Pre processing tersebut meliputi proses pengambilan data dari log server data dan pembersihan data (*cleaning*) sehingga data siap untuk digunakan.. Tampilan proses ini dapat dilihat pada Gambar 1.

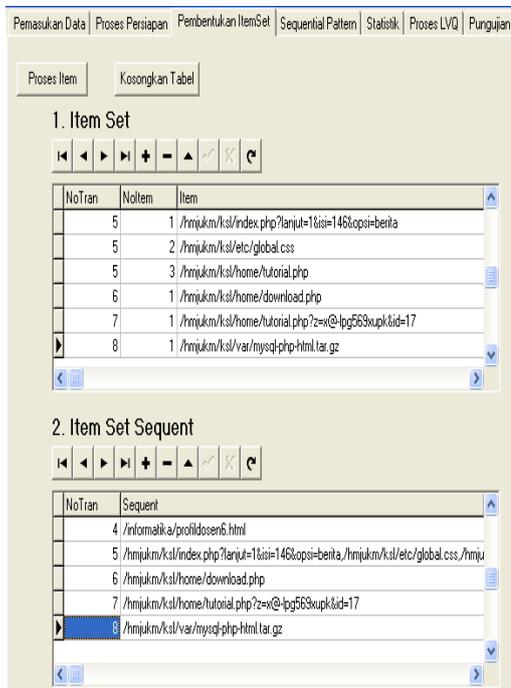
Proses Perhitungan Data, proses persiapan data ini dengan mencari jumlah seluruh jumlah IP User, jumlah agent dan seluruh jumlah request dari data yang sudah diinputkan dan dibersihkan. Tampilan proses dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Proses Perhitungan Data

Proses Pembentukan Itemset, pembentukan itemset ini merupakan data inti dari proses pencarian urutan kunjungan user web. Ada 2 proses yaitu mencari item set seluruh akses pengunjung dan mencari sequence dari itemset. Dari sequence ini nantinya digunakan untuk menghitung support

setiap sequence. Tampilan proses ini terlihat pada Gambar 3.

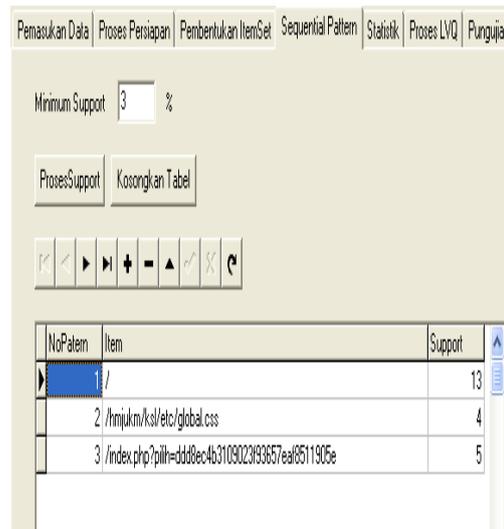


Gambar 3. Proses Pembentukan Item Set

Proses Sequential Pattern, setelah sequence didapatkan, dilanjutkan dengan menghitung support setiap sequence yang muncul. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Dari hasil kerja metode LVQ ini, dapat dilihat bahwa tidak seperti kebanyakan algoritma pembelajaran terawasi dimana neuron bekerja dengan

cara memproses penjumlahan terbobot (input dikalikan dengan bobot), pada metode LVQ ini neuron-neuron bekerja dengan mencari jarak normal Euclidian antara input dengan bobot-bobot yang bersangkutan.



Gambar 4. Tampilan Proses Sequential Pattern

Tabel 1 Tabel Hasil Sequential Pattern

MinSup (%)	Jumlah Pola Sekuensial
1	14
2	4
3	3
4	2
10	1

NoPatern	Item	Support (%)
5	/hmjukm/ksl/home/tutorial.php	2
6	/hmjukm/ksl/index.php	1
7	/hmjukm/ksl/var/Modul_data_base_tg.pdf	1
8	/index.php	1
9	/index.php?pilih=09e0d14a6bd0dd3cb98867c690df1842	1
10	/index.php?pilih=22316aad943f045e9e7061a387fc0be9	1
11	/index.php?pilih=ddd8ec4b3109023f93657eaf8511905e	4
12	/pmb/index.php?pilih=ba4006333d90893962cebf16bf4821f6	1
13	/profil.php?pilih=86fb81d511935f66d22a98f0e33e5faa	1
14	/seminar/Pengumuman_Abtrak_SNASt03.pdf	2

Gambar 5. Hasil Sequence dengan minsup 1%

NoPatern	Item	Support (%)
1	/	12
2	/hmjukm/ksl/etc/global.css	4
3	/index.php?pilih=ddd8ec4b3109023f93657eaf8511905e	4
4	/seminar/Pengumuman_Abtrak_SNAST03.pdf	2

Gambar 6 . Hasil Sequence dengan minsup 2%

Sebagian contoh hasil sequential pattern dapat dilihat pada Gambar 5. untuk minimum support 1% . Arti dari baris pertama adalah 2% user melakukan kunjungan dengan urutan akses /hmjukm/ksl/home/tutorial.php. Pada Gambar 6. baris pertama memperlihatkan 12% user melakukan kunjungan dengan akses indeks [http://www. Akprind.ac.id](http://www.akprind.ac.id)

Pada percobaan pelatihan ini diambil data dari log server IST AKPRIND dengan format ECLF. Data percobaan sistem diambil selama 12 hari dari tanggal 1–12 September 2007. Setelah dilakukan pengolahan terhadap data tersebut didapat hasil sebagai berikut: Jumlah seluruh transaksi selama 11 hari adalah 4314 transaksi kunjungan web, Jumlah seluruh IP User ada 793 IP User, Jumlah seluruh Agent ada 227 Agent, Jumlah seluruh request ada 577 request, dan Jumlah item set sequence ada 1846 sequence. Hasil pencarian pola dengan Sequential Pattern dengan contoh nilai minimum support yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 1

KESIMPULAN

Pola Kunjungan web dengan metode Apriori mampu menghasilkan pola urutan halaman wab yang diakses oleh pengunjung. Pola ini selalu bervariasi tergantung dari *minimum support* yang dimasukkan. Semakin tinggi *Min-Sup*-nya maka akan semakin sedikit variasi pola urutan kunjungan dan sebaliknya semakin rendah nilai *Minsup*-nya semakin banyak variasi pola urutan kunjungan user.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, R, Srikant, R., 1995, *Mining Sequential Patterns*, Proc. of the Int'l Conference on Data Engineering (ICDE), Taipei, Taiwan (ICDE 1995).
- Borges, J.L.C, 2000, *A Data Mining Model to Capture User Web Navigation Pattern*, PhD Thesis, Departement of Computer Science, Universitas College London
- Cooley, R., Mobaster, B and Srivastava, J., 1997, *Web Mining Information and Pattern Discovery on the World Wide Web*, Departement of Computer Science and Engineering.
- Gunawan, R., 2002, *Pencarian Pola Navigasi dari Data Web dengan Teknik Association Rule dan Sequential Pattern*, Thesis Magister Teknik, Teknik Elektro, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rafiudin, R., 2004, *Panduan Menjadi Seorang Webmaster*, Andi, Yogyakarta

KADAR CO (KARBON MONOKSIDA) PADA RUANGAN PARKIR BAWAH TANAH DI MALL GALERIA YOGYAKARTA

Warniningsih¹

¹Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan "YLH" Yogyakarta

Masuk: 15 Mei 2010, revisi masuk : 16 Juni 2010, diterima: 25 Juli 2010

ABSTRACT

Galeria Mall Jogjakarta is one of the shopping centres with underground parking lot. The CO (carbon monoxide) influences visitors and workers within. Known that the room could be fatal, the basement is not fulfilled with air channels so that the exhaust gas vehicles trapped in the parking space itself. Those, will eventually cause disturbance to human health. Therefore research is needed to determine how far the levels of CO (carbon monoxide) in the parking lot in the mall land.

Research methods includes the way of measurement of CO levels, temperature, humidity, wind speed and the number of vehicles from 09.30 - 14.30. The samples were taken for analysis (CO), Thermoter (temperature), Anemometer (wind speed) and Pyrometer (moisture). The study areas were including motorcycle parking areas, the midde of motorcycle and car parking areas and the last is the car parking areas.

Result of the research is average level of CO pollution ranged from 16,100 to 19,550 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ at 09.30 A.M by the number of motor vehicles and cars are 49, while from 12:00 to 14:30 A.M between 34,116.67 to 45,616.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ with a number of motor vehicles and cars we 544. The conclusion of the study is that between 12-14.30 A.M there was CO standard normal overload within the underground parking areas of Galeria Mall. Re study of the facilities is required, sonly.

Keywords: levels of CO, underground parking lot

INTISARI

Mall Galeria Yogyakarta merupakan salah satu tempat perbelanjaan yang memiliki ruangan parkir bawah tanah. Pengaruh kadar CO (karbon monoksida) terhadap pengunjung dan petugas di ruangan parkir bawah tanah, tersebut sangat buruk. Hal itu karena ruang bawah tidak di lengkapi dengan saluran udara sehingga gas buang kendaraan akan terperangkap di dalam ruang parkir itu sendiri. Lama-kelamaan hal itu dapat mengganggu kesehatan pengunjung dan petugas. Oleh karena itu perlu di lakukan penelitian untuk mengetahui sejauh mana tingkat kadar CO (karbon monoksida) pada ruang parkir dalam tanah mall tersebut.

Metode penelitian meliputi pengukuran kadar CO, suhu, kelembaban, kecepatan angin dan jumlah kendaraan dari jam 09.30 – 14.30. Pengambilan contoh parameter untuk analisis CO (CO), Thermoter (suhu), Anemometer (kecepatan angin) dan Pcycometer (kelembaban). Lokasi penelitian berada pada tiga titik, yaitu ruang parkir motor, di antara parkir motor - mobil dan di parkir mobil.

Hasil penelitian didapatkan rata-rata tingkat pencemaran CO di 3 titik tersebut bervariasi, yaitu 16.100 - 19.550 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada Jam 09.30 dengan jumlah kendaraan motor dan mobil ada 49 buah, dari jam 12.00- 14.30 rata – rata tingkat pencemaran CO antara 34.116,67 – 45.616,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan jumlah kendaraan motor dan mobil 544 buah. Jadi dari jam 12.00 – 14.30 di semua titik lokasi pengamatan tersebut telah melebihi batas ambang baku mutu. Batas ambang baku mutu kadar CO untuk wilayah DIY telah ditetapkan sebesar 30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Jadi, perlu penanganan perbaikan sesegera mungkin.

Kata kunci: Kadar CO, ruangan parkir bawah tanah.

¹ warniningsih@yahoo.com

PENDAHULUAN

Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan – bahan atau zat – zat asing yang masuk ke dalam udara, dan merubah susunan (komposisi) udara dari keadaan normal. Kehadiran zat – zat asing di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada dalam waktu cukup lama, akan mengganggu kehidupan makhluk hidup. Bila terus dibiarkan maka udara akan tercemar dan kenyamanan hidup akan terganggu (Wardhana. 2001).

Pencemaran udara di wilayah Kota Yogyakarta cukup memprihatinkan. Pencemaran udara yang terjadi di hampir seluruh ruas-ruas jalan di kota Yogyakarta tersebut, menurut Kepala Badan Pengendali Dampak Lingkungan Daerah (Bapedalda) DIY pada tahun 2002, HRM Tirun Marwito SH, disebabkan oleh emisi gas buang kendaraan, (Anonim, 1996). Secara umum, terdapat 2 sumber pencemaran udara, yaitu pencemaran akibat sumber alamiah (natural sources), seperti letusan gunung berapi, dan yang berasal dari kegiatan manusia (*anthropogenic sources*), seperti asap transportasi, emisi pabrik, dan lain-lain. Di dunia, dikenal 6 jenis zat pencemar udara utama yang berasal dari kegiatan manusia (*anthropogenic sources*), yaitu Karbon monoksida (CO), oksida sulfur (SOx), oksida nitrogen (NOx), partikulat, hidrokarbon (HC), dan oksida fotokimia, termasuk ozon, (Fardiaz, 1992).

Pemakaian sebanyak 139 liter/hari yang teroksidasi dengan oksigen (O₂) akan lepas gas CO 2,37 ppm yang dapat mengganggu pernapasan. Gas CO sebagai salah satu emisi cukup berbahaya pada kendaraan bermotor dan mobil. Gedung-gedung pusat perkantoran, pusat-pusat perbelanjaan atau Mall biasanya dilengkapi fasilitas ruang parkir di bawah tanah atau (*basement*), sering kali saat kita selesai memarkir kendaraan diruang parkir basement, udara terasa pengap, panas, gelap atau remang-remang, dan suasana ruangan berkabut. Kalau ventilasi udara ruang parkir basement tersebut baik, sudah pasti udara terasa segar, sejuk, tidak panas dan pengap, kita akan bernafas dengan lega. Kita sering kali

menjumpai ruang-ruang parkir basement yang udaranya kotor, tercemar asap kendaraan bermotor, asap rokok, gas buang dari generator listrik dan lain-lainnya. Keadaan ini sudah pasti membahayakan kesehatan bagi mereka yang berada dalam ruang parkir tersebut, (Lubis, 1989).

Mall Galeria Yogyakarta merupakan salah satu tempat perbelanjaan yang memiliki ruangan parkir bawah tanah, (Sudarmadji, 1995). Pengaruh kadar CO (karbon monoksida) pada pengunjung, petugas pengatur parkir, petugas saptam dan petugas loket tiket parkir terutama di ruang parkir motor dan mobil yang berada di dalam tanah karena ruang bawah tidak di lengkapi dengan saluran udara.

Makhluk hidup memerlukan udara. Udara mempunyai peranan penting dalam kehidupan, karena dalam ekosistem, udara merupakan salah satu dari unsur komponen lingkungan fisik yang memiliki hubungan timbal balik dengan makhluk hidup baik itu mikrobia, tumbuhan, hewan dan manusia. Oleh karena itu kualitas udara harus selalu dijaga, (Sastrawijaya, 2000).

Udara merupakan campuran beberapa macam gas dengan perbandingan yang tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara, tekanan udara dan lingkungan sekitar. Komposisi campuran gas berfluktuasi dan bervariasi menurut tempat, waktu dan keadaan. Udara mempunyai sifat yang sangat dinamis, suhu, dan kelembaban akan berubah tergantung keadaan penyebaran dan ketebalan awan, serta kecepatan dan arah angin.

Pembangunan yang berkembang pesat dewasa ini, khususnya dalam industri dan teknologi, serta meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil (minyak), telah menyebabkan udara yang kita hirup di sekitar kita menjadi tercemar oleh gas-gas buangan hasil pembakaran. Berdasarkan Undang – Undang Lingkungan Hidup No.4 tahun 1982 tentang ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup pasal 1 ayat 7, Pencemaran Lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk

hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan turun sampai ketinggian tertentu, yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Anonim, 1993).

Untuk itu diperlukan batas (standart) baku mutu, yang selanjutnya digunakan sebagai acuan suatu lingkungan masih baik atau sudah tercemar, (Anonim, 1994). Dalam pengertian pencemaran udara ini sumber pencemar tidak hanya kita batasi pada sumber - sumber pencemar yang berasal dari aktivitas manusia, tetapi juga oleh sumber - sumber pencemar yang datangnya akibat peristiwa alamiah, (Siswanto, 1991).

Pengamatan terhadap variabel bebas dan terikat di lakukan tempat parkir kendaraan bawah tanah mall, dengan satu ruangan parkir bawah tanah dalam waktu yang berbeda. Pengukuran temperatur udara dilakukan menggunakan Thermometer Air Raksa, Pengukuran di lakukan dengan alat Psychrometer sebagai berikut : Pada thermometer basah di teteskan aquades secukupnya dilanjutkan dengan pemasangan baterai atau sumber listrik lain, knop di putar sehingga baling-baling yang mengalir di udara akan berputar, kemudian di bandingkan pada suhu yang terukur pada thermometer basah dan kering pada humidity kalkultor sehingga di ketahui kelembabannya. Setelah itu dilanjutkan pengukuran kecepatan dan arah angin.

Pengukuran kecepatan angin dengan menggunakan alat anemometer sebagai berikut : Jarum jam di tetapkan posisi nol, anemometer berlawan di hadapkan dengan arah angin, setelah angka yang keluar pada alat konstan maka angka tersebut menunjukkan kecepatan angin dalam satuan Km/jam. Dilanjutkan dengan pengamatan frekuensi / jumlah kendaraan setelah itu diperhitungkan jumlah kendaraan dengan Hand Conter mencatat jumlah kendaraan yang masuk di parkir dalam tanah mall tersebut. Kadar CO diukur dengan menggunakan alat Analisis CO

dengan menggunakan metode analisis otomatis secara elektronik sebagai berikut :Udara ditangkap dengan menggunakan Analisis CO dengan menyalakan tombol pada posisi On. Setelah angka keluar pada alat konstan maka angka tersebut menunjukkan kadar CO yang berada di udara. Sampel dilakukan 3 kali pengulangan.

PEMBAHASAN

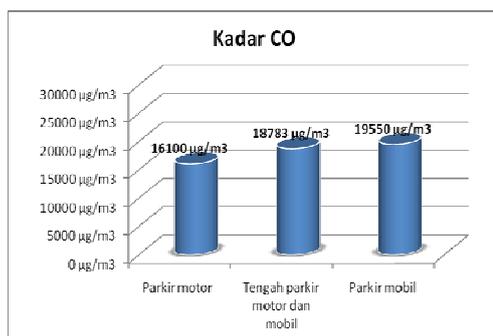
Penelitian tingkat pencemaran CO pada ruangan parkir bawah tanah di Mall Galeria dengan luas lantai ruangan parkir 4.900 m², tinggi langit-langit ± 4m serta fasilitas lain berupa 2 exhause (menarik polusi udara) dan 2 intake (mengeluarkan udara bersih), dilakukan pada tiga titik lokasi titik pertama di ruang parkir motor, titik kedua di tengah parkir motor - mobil dan titik tiga di parkir mobil.

Data dari pengukuran kadar CO (karbon monoksida), suhu, kelembaban angin, dan jumlah kendaraan yang masuk pada ruangan parkir bawah tanah Mall Galeria dengan waktu yang berbeda di tuangkan dalam bentuk tabel dan grafik.

Tabel 1. Hasil pengukuran Kadar CO di udara ambien pada Jam 09.30

Ulangan (hari)	Lokasi Penelitian			Batas baku mutu udara ambien
	Parkir motor $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tengah parkir motor mobil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Parkir mobil $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
1	14.95	17.250	17.250	30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2	18.40	20.700	23.000	
3	14.95	18.400	18.400	
Total	48.30	56.350	58.650	
Rata-rata	16.10	18.783,3	19.550	

Tabel 1 hasil penelitian dapat diketahui bahwa rata-rata tingkat kadar CO pada Jam 09.30 menunjukkan di parkir motor 16.100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tengah parkir motor - mobil 18.783,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dan parkir mobil 19.550 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hal ini dapat di lihat bahwa setiap lokasi parkir pada Jam 09.30 tidak melebihi batas baku mutu udara ambien (30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Gambar 1. Grafik Rata – rata kadar CO pada Jam 09.30

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa kadar CO yang terendah terdapat di parkir motor 16.100 µg/m³ dan yang tertinggi pada parkir mobil 19.550 µg/m³ tetapi setiap lokasi tidak melebihi batas baku mutu udara ambien.

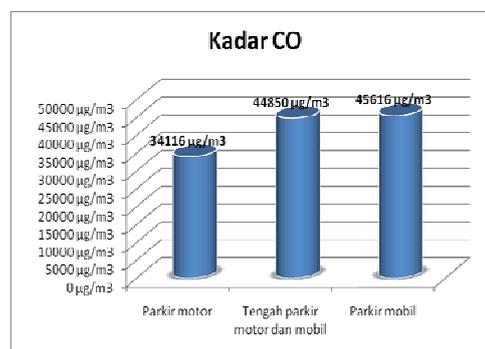
Tabel 2. Hasil pengukuran Kadar CO di udara ambien pada Jam 12.00

Ulang-an (hari)	Lokasi Penelitian			Batas baku mutu udara ambien
	Parkir motor, µg/m ³	Tenga parkir motor, Mobil, µg/m ³	Parkir mobil, µg/m ³	
1	24.15	29.90	29.90	30.000 µg/m ³
2	40.25	52.90	55.20	
3	37.95	51.75	51.75	
Total	102.35	134.55	136.85	
Rata-rata	34.11	44.850	45.616	

Tabel 2 hasil penelitian dapat diketahui bahwa rata- rata tingkat kadar CO pada Jam 12.00 hal ini di lihat setiap lokasi melebihi batas baku mutu udara ambien pada parkir motor 34.116 µg/m³, tengah parkir motor - mobil 44.850 µg/m³, dan parkir mobil 45.616 µg/m³ yaitu yang tertinggi di parkir mobil dan terendah di parkir motor.

Pada Gambar 2 dapat di lihat bahwa kadar CO yang terendah terdapat di parkir motor 34.116 µg/m³ dan yang tertinggi pada parkir mobil 45.616 µg/m³ tetapi setiap lokasi melebihi batas baku mutu udara ambien.

Tabel 3 dapat diketahui bahwa rata- rata tingkat kadar CO pada Jam 14.30 di parkir motor 62.866,67 µg/m³.

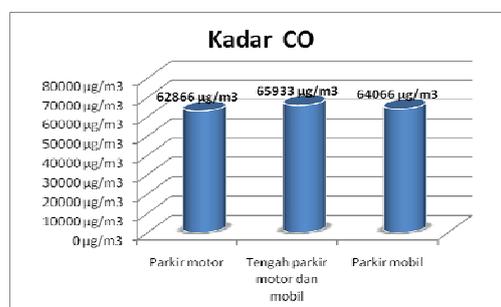


Gambar 2. Grafik Rata – rata kadar CO pada Jam 12.00

Tabel 3. Hasil pengukuran Kadar CO di udara ambien pada Jam 14.30

Ulang-an (hari)	Lokasi Penelitian			Batas baku mutu udara ambien
	Parkir motor (µg/m ³)	Tengah parkir motor mobil (µg/m ³)	Parkir mobil (µg/m ³)	
1	59.800	64.400	64.400	30.000 µg/m ³
2	63.250	73.600	64.550	
3	65.550	59.800	63.250	
Total	188.60	197800	192.20	
Rata-rata	62.866,6	65.933,3	64.066,6	

Tengah parkir motor - mobil 65.933,34 µg/m³, dan parkir mobil 64.066,67 µg/m³, hal ini dapat di lihat kadar CO yang tertinggi di tengah parkir motor – mobil 65.933,34 µg/m³ dan terendah di parkir motor 64.8667,67 µg/m³ bahwa setiap semua lokasi tersebut melebihi batas baku mutu udara ambien hal tersebut senada dengan hasil penelitian yang dilakukan Kasim (1997).



Gambar 3. Grafik Rata – rata kadar CO pada Jam 14.30

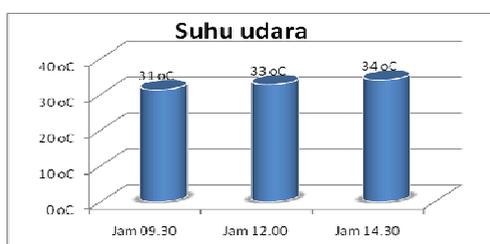
Gambar 3 dapat di lihat bahwa kadar CO yang terendah terdapat di parkir motor 62.866 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan yang tertinggi pada tengah parkir motor - mobil 65.933 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tetapi semua lokasi melebihi batas baku mutu udara ambien.

Hasil pengukuran tingkat suhu udara dari lokasi penelitian di tampilkan dalam tabel 4, 5 dan Gambar 4,5.

Tabel 4. Hasil pengukuran Suhu udara $^{\circ}\text{C}$ pada lokasi penelitian di parkir motor.

Ulangan (hari)	Suhu udara ($^{\circ}\text{C}$)		
	Jam 09.30	Jam 12.30	Jam 14.30
1	32	33	34,5
2	30	32	33
3	32	33	34,5
Total	94	98	102
Rata - rata	31,3	32,7 (33)	34

Table 4 rata – rata hasil pengukuran suhu di parkir motor yang terendah terdapat pada Jam 09.30 ($31,3^{\circ}\text{C}$) dan yang tertinggi terdapat pada Jam 14.30 (34°C).



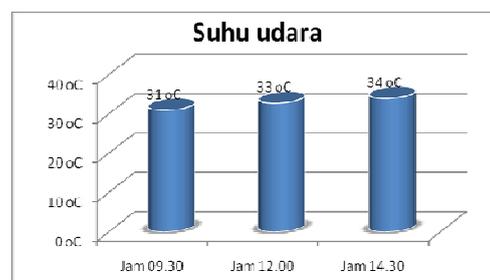
Gambar 4. Grafik Rata – rata suhu udara ($^{\circ}\text{C}$) pada parkir motor

Gambar 4 dapat dilihat bahwa suhu udara di parkir motor terendah terjadi pada jam 09.30 dan tertinggi jam 14.30.

Tabel 5. Hasil pengukuran Suhu $^{\circ}\text{C}$ pada lokasi penelitian parkir motor & mobil

Ulangan (hari)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)		
	(Jam 09.30)	(Jam 12.30)	(Jam 14.30)
1	32	33,5	34,5
2	30	32	33
3	32	33	34,5
Total	94	98,5	102
Rata - rata	31,3	32,8	34

Tabel 5 memperlihatkan rata – rata hasil pengukuran suhu udara di tengah parkir motor dan mobil yang terendah terjadi pada jam 09.30 ($31,3^{\circ}\text{C}$) dan tertinggi terdapat pada Jam 14.30 (34°C).



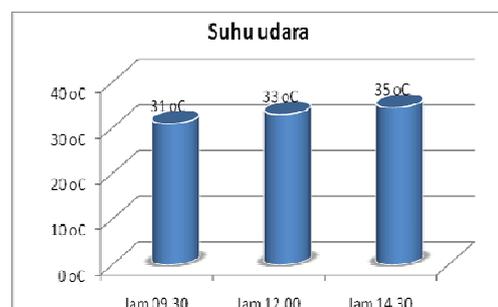
Gambar 5. Grafik Rata – rata suhu udara ($^{\circ}\text{C}$) pada parkir motor dan mobil

Gambar 5 memperlihatkan bah-wa suhu udara di tengah parkir motor dan mobil yang terendah terdapat pada Jam 09.30 (31°C) dan yang tertinggi pada Jam 14.30 (34°C).

Tabel 6. Hasil pengukuran Suhu udara ($^{\circ}\text{C}$) pada lokasi penelitian parkir mobil

Ulangan (hari)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)		
	Jam 09.30	Jam 12.30	Jam 14.30
1	32	33,5	35,5
2	30	32	33,5
3	32	33	34,5
Total	94	98,5	103,5
Rata - rata	31.3	32,8	34,5

Tabel 6 memperlihatkan rata – rata hasil pengukuran suhu udara di parkir mobil yang terendah terjadi pada Jam 09.30 ($31,3^{\circ}\text{C}$) dan yang tertinggi t pada Jam 14.30 ($34,5^{\circ}\text{C}$).



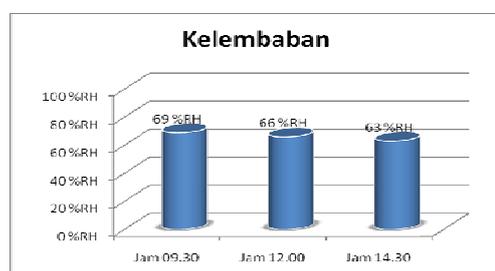
Gambar 6. Grafik Rata – rata suhu udara ($^{\circ}\text{C}$) pada parkir mobil.

Pada Gambar 6 memperlihatkan bahwa suhu udara di parkir mobil terendah terjadi pada jam 09.30 (31 °C) dan yang tertinggi pada jam 14.30 (34,5 °C). Hasil pengukuran tingkat kelembaban dari lokasi penelitian di tampilkan dalam Tabel 7,8,9 dan Gambar 7,8,9 .

Tabel 7. Hasil pengukuran kelembaban lokasi penelitian di parkir motor

Ulangan n (hari)	Kelembaban (%RH)		
	Jam 09.30	Jam 12.30	Jam 14.30
1	71	68	68
2	66	62	58
3	71	68	62
Total	208	198	188
Rata – rata	69,3	66	62,7

Table 7 memperlihatkan rata – rata hasil pengukuran kelembaban di parkir motor yang terendah terjadi pada jam 14.30 (63 %RH) dan yang tertinggi pada Jam 09.30 (69,3 %RH).



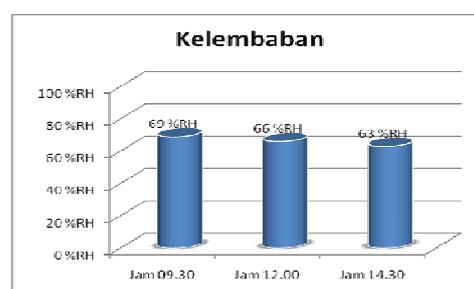
Gambar 7. Grafik Rata – rata kelembaban (%RH) pada parkir motor

Gambar 7 memperlihatkan rata – rata hasil pengukuran kelembaban di parkir motor yang terendah terjadi pada jam 14.30 (63 %RH) dan yang tertinggi pada jam 09.30 (69,3 %RH).

Tabel 8. Hasil pengukuran kelembaban lokasi penelitian di parkir motor & mobil.

Ulangan (hari)	Kelembaban (%RH)		
	Jam 09.30	Jam 12.30	Jam 14.30
1	68	68	68
2	66	62	58
3	74	68	62
Total	208	198	188
Rata - rata	69,3	66	62,7

Dari Table 8 rata – rata hasil pengukuran kelembaban ditengah parkir motor dan mobil yang terendah terjadi pada Jam 14.30 (63 %RH) dan yang tertinggi pada Jam 09.30 (69,3 %RH). Tabel 9 memperlihatkan rata – rata hasil pengukuran kelembaban di parkir mobil yang terendah terjadi pada jam 14.30 (63 %RH) dan yang tertinggi pada Jam 09.30 (69,3 %RH).



Gambar 8. Grafik Rata – rata kelembaban (%RH) pada tengah parkir motor dan mobil

Gambar 8 memperlihatkan rata – rata hasil pengukuran kelembaban di tengah parkir motor dan mobil yang terendah terjadi pada jam 14.30 (63 %RH) dan yang tertinggi pada jam 09.30 (69,3 %RH).

Tabel 9. Hasil pengukuran kelembaban lokasi penelitian di parkir mobil

Ulang- an (hari)	Kelembaban (%RH)		
	Jam 09.30	Jam 12.30	Jam 14.30
1	71	68	68
2	66	62	58
3	71	68	62
Total	208	198	188
Rata - rata	69,3	66	62,7



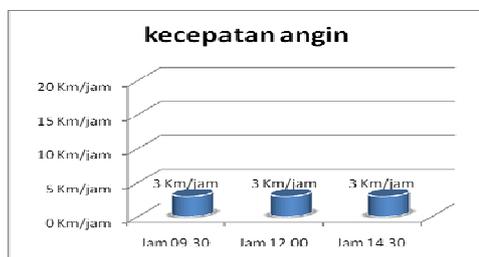
Gambar 9. Grafik Rata – rata kelembaban (%RH) pada parkir mobil

Pada Gambar 9 rata – rata hasil pengukuran kelembaban di parkir mobil yang terendah terdapat pada Jam 14.30 (63 %RH) dan yang tertinggi terdapat pada Jam 09.30 (69,3 %RH).

Hasil pengukuran tingkat kecepatan angin dari lokasi penelitian di tampilkan dalam tabel 10,11, 12,13 dan Gambar 10,11,12,13. Pada Tabel 10 memperlihatkan rata – rata pengukuran kecepatan angin di lokasi parkir motor dari Jam 09.30 sampai 14.30 hasilnya sama yaitu 3 Km/jam.

Tabel 10. Hasil pengukuran kecepatan angin lokasi penelitian di parkir motor

Ulanga n hari	Kecepatan angin (Km/jam)		
	Jam 09.30	Jam 12.30	Jam 14.30
1	3	3	3
2	3	3	3
3	2,63	2,63	2.63
Total	8,63	8,63	8,63
Rata – rata	28,7 (3)	28,7 (3)	28,7 (3)



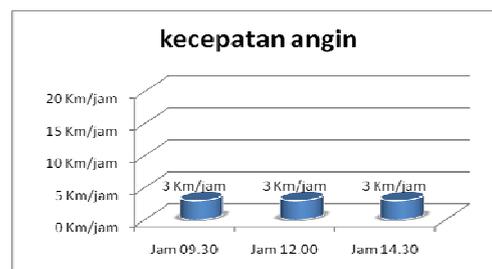
Gambar 10. Grafik Rata – rata kecepatan angin (Km/jam) pada parkir motor

Tabel 11. Hasil pengukuran kecepatan angin lokasi penelitian ditengah parkir motor & mobil

Ulanga n (hari)	Kecepatan angin (Km/jam)		
	(Jam 09.30)	(Jam 12.30)	(Jam 14.30)
1	3	3	3
2	3	3	3
3	2,63	2,63	2.63
Total	8,63	8,63	8,63
Rata - rata	28,7 (3)	28,7 (3)	28,7

Gambar 10 memperlihatkan grafik rata – rata pengukuran kecepatan angin di lokasi parkir motor dari Jam 09.30

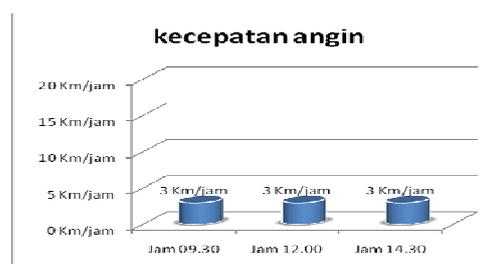
sampai 14.30 hasilnya sama. Table 11 memperlihatkan rata – rata pengukuran kecepatan angin di lokasi tengah parkir motor dan mobil dari Jam 09.30 sampai 14.30 hasilnya yaitu 3 Km/jam. Pada Gambar 11 rata – rata pengukuran kecepatan angin di lokasi tengah parkir motor dan mobil dari Jam 09.30 sampai 14.30 hasilnya sama.



Gambar 11. Rata – rata kecepatan angin (Km/jam) parkir motor dan mobil.

Tabel 12. Hasil pengukuran kecepatan angin lokasi penelitian parkir mobil

Ulanga n (hari)	Kecepatan angin (Km/jam)		
	Jam 09.30	Jam 12.30	Jam 14.30
1	3	3	3
2	3	3	3
3	2,63	2,63	2.63
Total	8,63	8,63	8,63
Rata - rata	28,7 (3)	28,7 (3)	28,7 (3)



Gambar 12. Grafik Rata – rata kecepatan angin (Km/jam) pada parkir mobil.

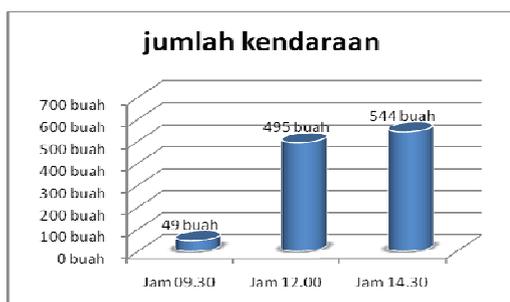
Pada tabel 12 memperlihatkan rata – rata pengukuran kecepatan angin di lokasi parkir mobil dari Jam 09.30 sampai 14.30 hasilnya sama yaitu 3 Km/jam. Gambar 12 dapat dilihat rata – rata pengukuran kecepatan angin di lokasi parkir mobil dari Jam 09.30 sampai 14.30 hasilnya sama. Berdasarkan Tabel 13 dapat diketahui bahwa jumlah kendaraan di ruangan parkir bawah tanah di Mall

galeria mulai dari pada tiap – tiap waktu pengamatan mengalami perbedaan mulai dari Jam 09.30 jumlah kendaraan 49 buah, Jam 12.00 jumlah kendaraan 495 buah dan Jam 14.30 jumlah kendaraan sebanyak 544 buah.

Gambar 14 dapat dilihat bahwa jamlah kendaraan motor dan mobil setiap waktu semakin meningkat terbukti dari jam 09.30 jumlah kenderaan ada 49 buah dan mencapai tertinggi pada jam 14.30.

Tabel 13. Hasil jumlah kendaraan roda dua & empat di ruangan parkir bawah tanah Mall Galeria

Ruangan Parkir	Jam 09.30	Jam 12.00	Jam 14.30
Motor	43	480	505
Mobil	5	15	39
Total	49	495	544



Gambar 14. Jumlah kendaran motor dan mobil.

Selain itu dari Tabel 13 menunjukkan bahwa rata – rata tingkat pencemaran CO dengan variasi tempat pengambilan sampel berkisar antara 16.100 - 19.550 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada Jam 09.30. Pencemaran terendah adalah 16.100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di parkir motor dan tertinggi 19.550 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di parkir mobil yaitu dengan jumlah kendaraan ada 49 buah dan hal ini tidak melebihi batas baku mutu udara ambien karena di tempat parkir motor dan mobil jumlah kendaraan sangat sedikit karena pengunjung belum terlalu banyak.

Rata – rata tingkat pencemaran CO yaitu berkisar antara 34.116,67 – 45.616,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada Jam 12.00. Pencemaran terendah adalah 34.116,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di parkir motor dan tertinggi 45.616,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di parkir mobil dengan

jumlah kendaraan 495 buah. Pada jam 14.30 rata – rata tingkat pencemaran CO 62.866,67–65.933,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pencemaran tertinggi 65.933,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di tengah parkir motor - mobil dengan jumlah kendaraan 544 buah ,hal ini menunjukkan bahwa antara parkir motor dan mobil melebihi batas baku mutu udara ambien 30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, karena di ruang tengah parkir antara motor dan mobil tidak di pasang fasilitas lain berupa *exhouse* dan *intaxe*, dimana *exhouse* (penghisap polusi udara) dan *intaxe* (mengeluarkan udara bersih) di tempatkan tiap sudut ruangan parkir motor dan mobil sehingga tengah parkir motor - mobil tidak bisa terjadi pertukaran udara antara udara bersih dan tercampur. Semakin banyak jumlah kendaraan di ruangan parkir Mall Galleria, semakin tinggi tingkat kadar CO di ruang parkir tersebut.

Hasil pengukuran kadar CO pada Jam 09.30 berkisar antara 16.100 - 19.550 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Jam 12.00 berkisar antara 34.116,67 – 45.616,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan Jam 14.30 yaitu berkisar antara 62.866,67 – 65.933,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di mana suhu rata – rata ruangan parkir yang berkisar antara 31,3 - 35°C ini membuktikan bahwa semakin tinggi kadar CO dalam suatu ruangan akan berbanding lurus dengan peningkatan suhu bila kadar CO tinggi maka suhu juga semakin tinggi. Hal tersebut senada dengan hasil penelitian yang tentang gas CO di ruang mobil penumpang tertutup(Hermawan, 1995).

Hasil pengukuran kadar CO pada Jam 09.30 berkisar antara 16.100 - 19.550 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Jam 12.00 berkisar antara 34.116,67–45.616,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan Jam 14.30 yaitu berkisar antara 62.866,67 – 65.933,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di mana rata –rata kelembaban setiap di ruangan parkir bawah tanah yang terendah 63 %RH dan yang tertinggi 69,3%RH. Tinggi rendahnya kelembaban relatif dapat menentukan besar kecilnya kandungan bahan pencemar.

Jadi rendahnya kelembaban akan menyebabkan bahan pencemar kadar CO akan meningkat, sedangkan tinggi kelembaban akan menyebabkan bahan pencemar kadar CO akan menurun (Miller, 1982).

Angin merupakan faktor penting dalam pendistribusian, transportasi, dan dispersi bahan polutan di udara (Gunarsih, 1986). Hasil pengukuran kadar CO pada Jam 09.30 berkisar antara 16.100 - 19.550 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Jam 12.00 berkisar antara 34.116,67 - 45.616,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan Jam 14.30 yaitu berkisar antara 62.866,67 - 65.933,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di mana hasil rata - rata kecepatan angin di setiap lokasi hasil sama yaitu 3 Km/jam dari Jam 09.30 - 14.30 dapat diketahui kecepatan angin sangat kecil karena kecepatan angin berada dalam ruangan parkir bawah tanah ,jadi Kecepatan angin dapat menentukan lama waktu perjalanan partikel dan juga laju dispersi bahan polutan atau bahan pencemar, hal ini berarti laju kecepatan angin dapat menurunkan bahan pencemar kadar CO tersebut (Gunarsih, 1986).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data serta hasil analisis data menunjukkan tingkat pencemaran udara dengan parameter CO pada ruang parkir bawah tanah Mall galeria dapat disimpulkan bahwa tingkat pencemaran udara CO pada ruang parkir bawah tanah Mall Galeria telah melebihi baku mutu udara standart normal yaitu sebesar 30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Suhu, kelembaban dan kecepatan angina berpengaruh terhadap kadar CO pada ruang parkir bawah tanah pusat perbelanjaan Mall Galeria. Menurut Diriatmaja, 1987 salah satu alternaif atau solusi yang dapat dilakukan apabila kadar CO pada di ruangan parkir bawah tanah Mall Galeria melebihi batas baku mutu secara fisik , dengan melakukan pengaturan kompartemen ruangan sehingga sirkulasi udara dapat berjalan dengan baik dan cara biologi dengan menempatkan tanaman-tanaman yang dapat menyerap polutan CO. Suprihatin (2007), menyatakan bahwa untuk mengendalikan pencemaran CO diperlukan uji emisi kendaraan serta pengaturan tahun pengeluaran kendaraan bermotor. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengetahui secara pasti sumber dan penyebab terakumulasinya kadar

CO ruang parkir bawah tanah pusat perbelanjaan Mall galeria.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim,1993. *Undang- Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1992 Tentang Kesehatan*. Jakarta.
- Anonim,1994. *Pedoman Pengendalian Pencemaran Udara Ambien Yang Berhubungan Dengan Kesehatan Masyarakat*.Jakarta.
- Anonim,2001. *Bahan-Bahan Berbahaya dan Dampaknya Terhadap Kesehatan Manusia*. Jakarta.
- Anonim,2001. *Pedoman Umum Pengendalian Dampaknya Pencemaran Udara dan Kebisnag*. Jakarta.
- Anonim,1996. *Emisi Kendaraan Bermotor*. Jakarta.
- Diriatmaja, E. 1987. *Ilmu Bangunan I*. Penerbit Gramedia. Jakarta.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air Dan Udara*. Penerbit Kanisius (Anggota IKAPI). Yogyakarta.
- Gunarsih,A. K. 1986. *Klimatologi*. Penerbit Bina Aksara. Jakarta.
- Hermawan. 1995. *Pencemaran Gas Karbon Monoksida (CO) di ruang Mobil Penumpang Tertutup*. Yogyakarta. Tesis S2 UGM (Tidak dipublikasikan)
- Kasim,A. 1997. *Kadar Karbon Monoksida (CO) Ruang Parkir Bawah Tanah Di Kotamadya Yogyakarta, Studi Kasus Pusat Perbelanjaan Galeria, Yogyakarta*. Tesis S2 UGM (Tidak dipublikasikan).
- Lubis,P. 1989. *Perumahan Sehat*. Departemen Kesehatan RI. Jakarta.
- Miller, G., Tyler, J. R. 1982. *Living In The Environment*, Third Edition. Wadsworth Publishing Company. California.
- Mukono. 1997. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*. Airlangga University Press. Surabaya.
- Sastrawijaya, A. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Siswanto, A. 1991. *Toksikologi Industri. Bahan Ajar*. Balai HIPERKES dan

- Kesehatan Kerja. Departemen
Tenaga Kerja Jawa Timur.
- Slamet, J.S. 1994. *Kesehatan Lingkungan*.
Gajah Mada University Press.
Yogyakarta.
- Sudarmadji, 1995. *Bahan Ajar
Pencemaran Dan Proteksi
Lingkungan*. Program Studi Ilmu
Lingkungan Pascasarjana UGM.
Yogyakarta.
- Suprihatin, H. 2007. *Strategi
Pengendalian Pencemaran Karbon
Monoksida (CO) di Tempat Parkir
Gedung Plaza XYZ*. Tesis S2 ITS
(Tidak Dipublikasikan)
- Wardhana, W. A. 2001. *Dampak
Pencemaran Lingkungan*. Edisi
Revisi. Penerbit Andi. Yogyakarta