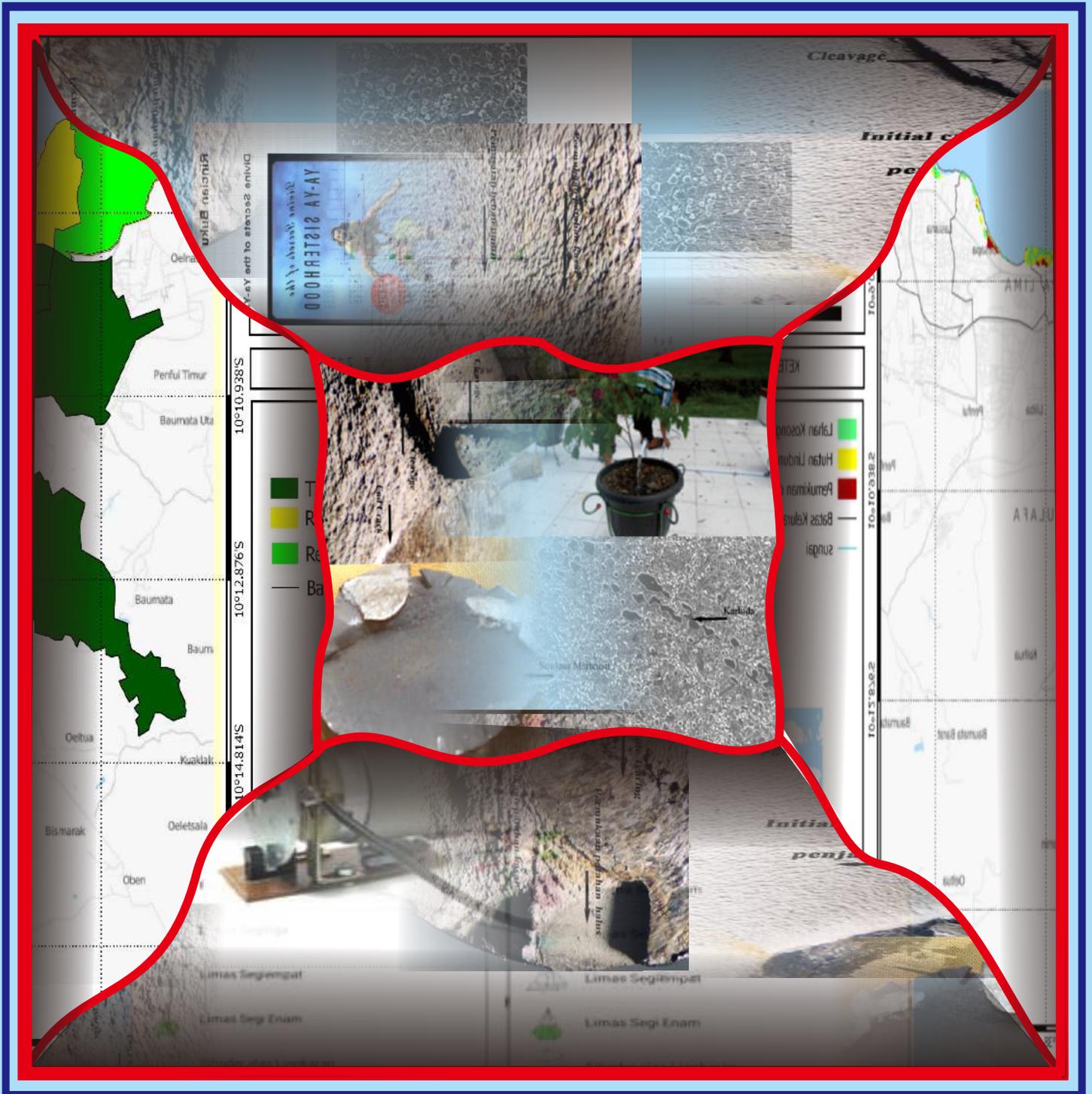


# Jurnal Teknologi

# TECHNOSCIENTIA

Vol. 7 No.2 Februari 2015



**DAFTAR ISI**

Pengaruh Proses Ekstraksi Bertekanan Dalam Pengambilan Lipid dari Mikroalga Jenis <i>Nannochloropsis Sp.</i> dengan Pelarut Metanol <i>Ani Purwanti</i>	112 - 117
Sintesis Kitosan Suksinat Dari Kitosan Dan Suksinat Anhidrid Serta Karakteristiknya <i>Arsyimelati, Dodi Iskandar</i>	118 - 127
Ekstraksi Informasi Konten Web Menggunakan Pendekatan Berbasis Ontologi <i>Erma Susanti</i>	128 - 136
Implementasi Segmentasi Pembuluh Darah Retina Pada Citra Fundus Mata Berbasis <i>Histogram Equalization</i> Dan <i>2d-Gabor Filter</i> <i>Fahmi Arya Wicaksono</i>	137 - 143
Sistem Rekomendasi Pembelajaran Pada E-Learning Menggunakan Algoritma CT-Pro <i>Khoirul Ummah</i>	144 - 149
Spektrum Bunyi Alat Musik Kentong Berdasarkan Variasi Jumlah Lubang <i>Siti Sarah</i>	150 - 156
Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan <i>Solar Cell</i> <i>Subandi, Slamet Hani</i>	157 - 163
Pengaruh Pengelasan FCAW Tanpa Dan Dengan Penambahan Panas Terhadap Perubahan Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Sambungan Las <i>Nur Subeki, Jamasri, M.N. Ilman, P.T. Iswanto</i>	164 - 170
Unjuk Kerja Alat Pengering Gula Semut Dua Belas Susun Menggunakan Bahan Bakar LPG <i>Susanto Johannes, Sukartono, G., Soeadgihardo S.</i>	171 - 178
Kajian Kerentanan Masyarakat Dalam Pengelolaan Daratan Wilayah Pesisir Kota Kupang Terhadap Ancaman Gelombang Tinggi <i>Tri U. Wibowo, Herry Z. Kotta, Jauhari Effendi</i>	179 - 191
Sistem Detektor Arah Sinyal RF Menggunakan Antena Doppler <i>Samuel Kristiyana</i>	192 - 202
Metode Alternatif Pembelajaran Matematika Geometri Ruang Pada Tingkat Sekolah Dasar Melalui Ponsel Berbasis Android <i>Uminingsih</i>	203 - 209
<i>The Effect Of Ph Variations On Magnetic Properties Of Magnetite Synthesized From Iron Sand</i> <i>Muhammad Waziz Wildan, Toto Rusianto</i>	210 - 216

**PENGARUH PROSES EKSTRAKSI BERTEKANAN DALAM PENGAMBILAN  
LIPID DARI MIKROALGA JENIS *NANNOCHLOROPSIS SP.* DENGAN  
PELARUT METANOL**

**Ani Purwanti<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 6 Oktober 2014, revisi masuk: 14 Januari 2015, diterima: 30 Januari 2015

**ABSTRACT**

*Microalgae is one of the raw material for biodiesel. Recently, microalgae oil is developed as an alternative fuels to substitute fossil fuels. Lipid was extracted from microalgae and then it was used to produce biodiesel. In this study, the development extraction process is the main issues to investigate the optimum condition. In this research, to get the maximum yield of lipid from microalgae the extraction used an autoclave with high pressure. The microalgae used has water content of 5%, 50%, and 80%. Extraction of 20 gram dried microalgae using 200 mL of methanol as a solvent was carried out in an autoclave at various of pressure (25 psi, 45 psi, 65 psi, and 75 psi). The extraction process was varied from 30 minutes up to 120 minutes. The lipid and methanol was separated from microalgae as biomass by filtration, then the mixture was distilled to separate lipid from methanol as a solvent. The extracted lipid was weighted to determine the yield of lipid. The optimum lipid extraction yield (31.02% as mass of lipid/mass of dried microalgae), was obtained under the following extraction conditions: 200 mL methanol/ 20 gram dried microalgae for 120 minutes processing in 45 psi of process pressure.*

**Keywords:** *microalgae, extraction, methanol, lipid*

**INTISARI**

Dewasa ini, perlu dilakukannya pencarian sumber energi alternatif untuk bahan bakar yang nantinya dapat mensubstitusi bahan bakar fosil. Saat ini telah dikembangkan bahan bakar alternatif generasi ketiga dari minyak mikroalga. Mikroalga diekstraksi untuk diambil lipidnya kemudian lipid ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Pengembangan proses ekstraksi untuk mendapatkan lipid dengan jumlah maksimal menjadi penting untuk mengoptimalkan potensi mikroalga sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar. Pada penelitian ini dilakukan percobaan pengambilan lipid dari mikroalga jenis *Nannochloropsis sp.* dengan beberapa kadar air di dalam reaktor bertekanan untuk dapat meningkatkan lipid yang diperoleh. Mikroalga dengan kadar air 5%; 50%; dan 80% pada proses yang berbeda, masing-masing mikroalga dengan berat kering 20 gram diekstraksi lipidnya menggunakan pelarut metanol sebanyak 200 mL dalam autoklaf bertekanan dengan lama waktu proses antara 30 menit – 120 menit. Tekanan ekstraksi yang digunakan adalah 25 psi, 45 psi, 65 psi, dan 75 psi. Setelah proses ekstraksi, lipid yang dihasilkan kemudian dipisahkan dari mikroalga dengan cara disaring dan selanjutnya dilakukan proses distilasi untuk memisahkan lipid dari metanol. Lipid yang diperoleh kemudian ditimbang untuk menentukan kondisi proses yang terbaik yang dapat menghasilkan yield lipid yang paling banyak. Pada penelitian ini, kondisi proses ekstraksi yang paling baik dilihat dari parameter yield lipid yang dihasilkan yaitu 31,02% (gram lipid/ gram mikroalga kering), diperoleh pada proses menggunakan bahan baku mikroalga jenis *Nannochloropsis sp.* dengan kadar air 5%, tekanan proses 45 psi, dan waktu proses 120 menit.

**Kata kunci:** mikroalga, ekstraksi, metanol, lipid

---

<sup>1</sup>ani4wanti@gmail.com

## PENDAHULUAN

Konsumsi bahan bakar minyak (BBM) di masyarakat Indonesia masih bergantung pada minyak bumi. Apabila eksplorasi dilakukan secara terus-menerus maka minyak bumi akan berkurang. Untuk itu diperlukan energi alternatif yang mempunyai sifat terbarukan, salah satunya adalah biodiesel (Zuhdi dan Sukardi, 2005). Biodiesel berasal dari lemak alami, seperti minyak nabati atau minyak hewan dengan penyusun utama yaitu gliserol dan asam lemak, misalnya asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat (Kataren, 1986).

Di Indonesia, tanaman penghasil minyak nabati tumbuh subur, diantaranya adalah tanaman kelapa sawit, kedelai, jarak pagar, dan juga tumbuhan air misalnya mikroalga. Mikroalga dikenal sebagai tanaman yang mempunyai kemampuan menyerap karbondioksida dan sejumlah nutrisi di dalam air kemudian mengubahnya menjadi lipid, protein, dan karbohidrat dalam selnya serta melepaskan oksigen sebagai gas sisa proses metabolisme (Wiyarno, 2009).

Dalam menentukan jenis mikroalga yang potensial sebagai bahan bakar biodiesel, kandungan lipid yang tinggi perlu diperhatikan. Dari beberapa jenis mikroalga yang diteliti, salah satu jenis mikroalga yang dapat menghasilkan produk lipid adalah *Nannochloropsis sp.* Sebenarnya ada dua jenis produk utama yang dapat diambil dari mikroalga ini, yaitu produk lipid dan produk protein. Untuk produk utama lipid maka dilakukan pengurangan asupan nitrogen bagi mikroalga. *Nannochloropsis sp.* pada kondisi budidaya di air laut dengan minim suplai nitrogen memberikan kandungan lipid yang tinggi yakni mencapai 54% (Wiyarno, 2009). Menurut Wijanarko dan Putri (2012), *Nannochloropsis sp.* mempunyai kandungan lipid yang berkisar antara 31-68% dari berat keringnya.

Lipid merupakan senyawa dasar pembentuk bahan bakar. Asam lemak maupun minyak alga memiliki berbagai aplikasi yang potensial yaitu sebagai bahan yang dapat dipakai sebagai pengganti minyak fosil. Lipid mikroalga dapat langsung diekstrak dari mikroalga dengan beberapa cara, antara lain diekstrak

dengan bantuan media pelarut, enzim, ekstraksi ultrasonik, dan pemerasan. Menurut Ross *et al.* (2010) saat ini telah dikembangkan teknik ekstraksi padat-cair dengan menggunakan pelarut ganda dan juga metode ekstraksi hidrotermal pada kondisi suhu dan tekanan tinggi untuk dapat meningkatkan hasil lipid yang diperoleh sampai sekitar 65% berat.

Ekstraksi lipid merupakan proses kunci untuk memproduksi *biofuel* yang diproduksi dari mikroalga dalam skala besar. Metode konvensional dalam ekstraksi lipid secara umum melibatkan proses penghilangan air sebelum melakukan ekstraksi lipid karena sisa air dalam mikroalga akan menghalangi transfer massa lipid dari sel mikroalga dan akan membuat efisiensi ekstraksi menjadi menurun, akan tetapi konsumsi energi selama pengeringan merupakan energi yang dominan pada proses secara keseluruhan (Yang *et al.*, 2014).

Apabila dibandingkan dengan metode tradisional yang menggunakan pengeringan, proses ekstraksi untuk pengambilan lipid dari mikroalga basah merupakan metode yang lebih ekonomis karena tidak perlu energi untuk mengeringkan biomassa. Dari beberapa proses pengambilan lipid yang telah dilakukan, misalnya ekstraksi dengan pengaruh gelombang mikro, ekstraksi dengan ultrasonik, proses simultan antara distilasi dan ekstraksi, ternyata masih memerlukan temperatur tinggi dan energi yang tinggi (Yang *et al.*, 2014).

Pada penelitian ini akan dilakukan pengambilan minyak dari mikroalga jenis *Nannochloropsis sp.* menggunakan pelarut metanol dengan membandingkan proses yang menggunakan mikroalga kering dan mikroalga basah menggunakan tekanan di atas 14,7 psi untuk melihat kuantitas lipid yang dihasilkan. Dengan proses ini dapat dilihat efektivitas pengambilan lipid dari mikroalga dengan kandungan air yang berbeda.

## METODE

Pelaksanaan penelitian ini bertempat di Laboratorium Operasi Teknik Kimia di Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta. Sebagai bahan baku digunakan mikroalga *Nannochlo-*

*ropsis sp.* dengan kandungan air tertentu, yaitu disebut mikroalga kering dan mikroalga basah. Peubah yang diteliti adalah varia-si tekanan proses ekstraksi, banyaknya (volume) pelarut yang digunakan, serta lamanya proses ekstraksi. Hasil yang dievaluasi dalam penelitian ini adalah jumlah lipid yang dihasilkan. Rangkaian peralatan yang yang digunakan untuk melakukan proses pengambilan lipid adalah bejana bertekanan (autoklaf) yang beroperasi pada tekanan di atas tekanan atmosferis. Proses ekstraksi dilakukan dengan variasi tekanan proses antara 25 psi sampai dengan 75 psi, variasi perbandingan antara pelarut dan mikroalga yang diekstraksi, serta variasi waktu ekstraksi dari 30 menit sampai 120 menit.

Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu proses persiapan bahan baku, proses ekstraksi, proses pemurnian lipid dengan distilasi. Dalam penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah mikroalga jenis *Nannochloropsis sp.* dengan spesifikasi mikroalga kering dengan kadar air 5%, mikroalga basah dengan kadar air 50% dan 80%. Kadar lipid total dalam mikroalga *Nannochloropsis sp.* Kering sebesar 48,5%. Bahan baku yang berupa mikroalga kering dilakukan penyeragaman ukuran dengan cara dihaluskan dengan mesin penghalus (blender) kemudian dilakukan pengayakan sehingga didapatkan serbuk mikroalga dengan ukuran lolos 60 mesh dan tertahan 80 mesh. Bahan baku mikroalga basah dengan kadar air 80% dipersiapkan dari mikroalga basah yang masih tercampur dengan media air laut kemudian disaring menggunakan kain saring dan ditunggu sampai tidak ada air yang menetes lagi. Dari hasil analisa bahan baku mikroalga basah diperoleh kadar air sebesar 80%. Setelah itu, mikroalga basah sudah langsung siap untuk diproses. Sedangkan mikroalga kering dengan kadar air 50% dipersiapkan dengan cara mengeringkan mikroalga basah 80% sampai diperoleh kadar air 50%.

Proses yang selanjutnya adalah proses pengambilan lipid dengan cara ekstraksi. Untuk dapat membandingkan hasil yang diperoleh dari masing-masing proses ekstraksi, maka berat kering mikroalga yang diproses untuk masing-

masing mikroalga dengan kadar air tertentu dibuat sama. Tahap selanjutnya adalah proses ekstraksi lipid. Sebanyak berat tertentu sampel mikroalga jenis *Nannochloropsis sp.* diproses dengan menambahkan pelarut metanol dengan volume tertentu. Campuran mikroalga dan pelarut tersebut diproses di dalam autoklaf dan diproses dengan tekanan tertentu selama waktu tertentu. Selanjutnya dilakukan proses penyaringan untuk mendapatkan cairan yang terpisah dari padatannya. Proses penyaringan dilakukan dengan cara menyaring campuran sehingga diperoleh campuran lipid dan pelarut yang terpisah dari padatan mikroalga.

Proses pemisahan dilanjutkan dengan melakukan distilasi untuk memisahkan lipid dari pelarut metanol. Lipid yang diperoleh dari proses distilasi kemudian ditimbang untuk menentukan banyaknya lipid yang terambil. Lipid yang dihasilkan dinyatakan dalam yield (%), yaitu banyaknya lipid yang dapat diambil dari jumlah biomassa kering (mikroalga kering tanpa air). Dari hasil penelitian dengan beberapa variabel di atas kemudian dapat ditentukan kondisi operasi proses yang optimum, yaitu proses dengan hasil lipid mikroalga yang terambil paling banyak.

## PEMBAHASAN

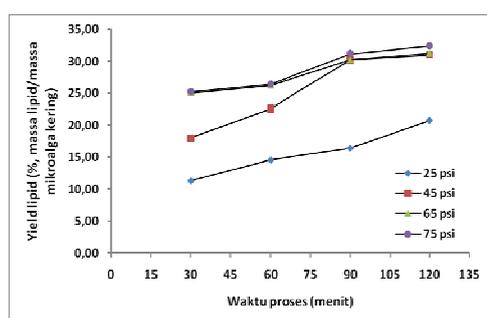
Untuk mengetahui pengaruh tekanan proses terhadap hasil lipid yang diperoleh dari mikroalga, maka dilakukan penelitian dengan bervariasi tekanan proses ekstraksi mikroalga dengan beberapa kadar air dalam reaktor bertekanan di atas 14,7psi (autoklaf) dengan metanol sebagai pelarut yang digunakan. Hasil penelitian menggunakan mikroalga dengan kadar air 5% dapat dilihat pada Tabel 1 .

Dari data yang tercantum dalam Tabel 1 dan Gambar 1 terlihat bahwa pada pengambilan lipid dari mikroalga dengan kadar air 5% menunjukkan tekanan proses mempunyai pengaruh meningkatkan hasil lipid yang diperoleh. Peningkatan tekanan dari 25 psi sampai 75 psi menghasilkan yield lipid berkisar antara 11,35% sampai 35,97%. Begitu juga dengan pengaruh waktu ekstraksi

terhadap banyaknya lipid yang diperoleh. Semakin lama waktu proses ekstraksi semakin banyak hasil lipid yang dapat terambil dari mikroalga. Dari data yang ada terlihat bahwa kenaikan tekanan proses dari 25 psi sampai dengan 75 psi rata-rata dapat menaikkan yield lipid dari mikroalga sebesar 13,07%.

Tabel 1. Data hasil penelitian pengambilan lipid mikroalga kering (kadar air 5%) (Jumlah mikroalga kering 21,05 gram; volume metanol 200 mL)

Tekanan Ekstraksi (psi)	Waktu Ekstraksi (menit)	Berat Lipid terambil (gram)	Yield Lipid (%)
25	30	2,269	11,35
	60	2,909	14,55
	90	3,275	16,38
	120	4,151	20,76
45	30	3,601	18,01
	60	4,521	22,61
	90	6,059	30,30
	120	6,203	31,02
65	30	5,565	27,83
	60	5,833	29,17
	90	6,735	33,68
	120	6,953	34,77
75	30	5,612	28,06
	60	5,881	29,41
	90	6,936	34,68
	120	7,193	35,97



Gambar 1. Grafik hubungan antara waktu ekstraksi dengan yield lipid pada berbagai tekanan pada proses ekstraksi pada mikroalga dengan kadar air 5% dan volume metanol 200 mL.

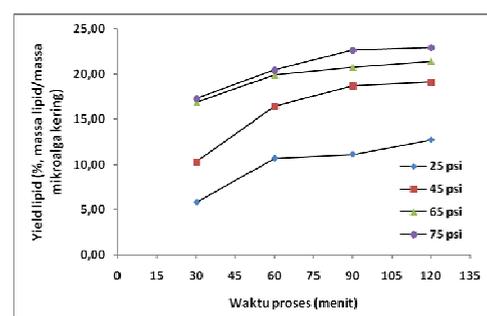
Untuk penelitian dengan bahan baku mikroalga basah (kadar air 50%) dengan menggunakan variasi yang sama dengan

yang dilakukan pada mikroalga kering (kadar air 5%), diperoleh data seperti tercantum pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Data hasil penelitian pengambilan lipid mikroalga basah (kadar air 50%)(Jumlah mikroalga basah 30 gram; volume metanol 200mL)

Tekanan Ekstraksi (psi)	Waktu Ekstraksi (menit)	Berat Lipid terambil (gram)	Yield Lipid (%)
25	30	1,162	5,81
	60	2,143	10,72
	90	2,234	11,17
	120	2,554	12,77
45	30	2,062	10,31
	60	3,285	16,42
	90	3,741	18,70
	120	3,820	19,10
65	30	3,366	16,83
	60	3,974	19,87
	90	4,145	20,72
	120	4,280	21,40
75	30	3,455	17,28
	60	4,087	20,44
	90	4,529	22,64
	120	4,586	22,93

Dari data seperti tercantum dalam Tabel 2 dapat dibuat grafik hubungan antara waktu ekstraksi dengan yield lipid yang dihasilkan untuk masing-masing proses dengan tekanan yang berbeda, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu ekstraksi dengan yield lipid pada berbagai tekanan pada proses ekstraksi pada mikroalga dengan kadar air 50% dan volume metanol 200 mL.

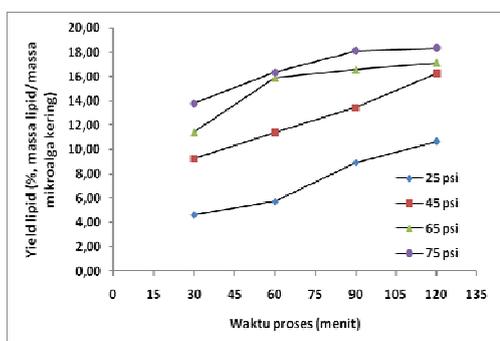
Sedangkan untuk penelitian dengan bahan baku mikroalga basah dengan

kadar air 80% dengan menggunakan variasi yang sama dengan yang dilakukan pada mikroalga kering (kadar air 5%), yaitu waktu ekstraksi antara 30 menit sampai 120 menit dan tekanan proses dari 25 psi sampai dengan 75 psi, diperoleh data seperti tercantum pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 3. Data hasil penelitian pengambilan lipid mikroalga basah (kadar air 80%) (Jumlah mikroalga basah 100 gram; volume metanol 200mL)

Tekanan Ekstraksi (psi)	Waktu Ekstraksi (menit)	Berat Lipid terambil (gram)	Yield Lipid (%)
25	30	0,930	4,65
	60	1,146	5,73
	90	1,787	8,93
	120	2,135	10,68
45	30	1,849	9,25
	60	2,278	11,39
	90	2,693	13,46
65	30	2,293	11,47
	60	3,180	15,90
	90	3,316	16,58
75	30	2,764	13,82
	60	3,270	16,35
	90	3,623	18,12
	120	3,669	18,35

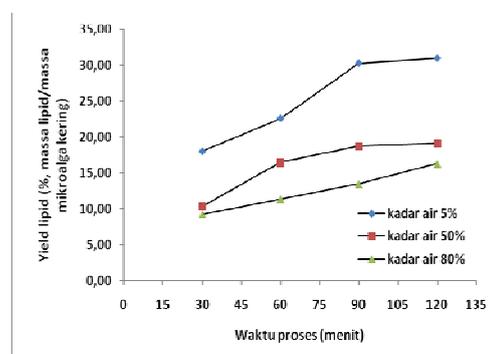
Dari hasil proses ekstraksi mikroalga dengan kadar air 80% diperoleh kecenderungan yang sama dengan proses ekstraksi mikroalga dengan kadar air 50% dan 5%, yaitu semakin lama waktu ekstraksi maka semakin banyak pula lipid yang dapat terambil.



Gambar 3. Grafik hubungan antara waktu ekstraksi dengan yield lipid pada berbagai tekanan pada proses ekstraksi pada mikroalga dengan kadar air 80% dan volume metanol 200 mL.

Hasil paling banyak dari proses ini diperoleh pada waktu ekstraksi 120 menit. Kenaikan tekanan ekstraksi juga meningkatkan hasil yang diperoleh, tetapi perubahan tekanan proses dari 45 psi menjadi 65 psi dan 75 psi tidak memberikan penambahan yield yang signifikan.

Perbandingan yield yang diperoleh untuk masing-masing proses ekstraksi mikroalga dengan kandungan air yang berbeda terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan antara waktu ekstraksi dengan yield lipid pada proses ekstraksi pada mikroalga dengan kadar air 5%; 50%; dan 80% menggunakan tekanan proses 45 psi.

Dari Gambar 4. terlihat bahwa ekstraksi mikroalga dengan kadar air 5% memberikan yield lipid yang lebih besar dibandingkan dengan mikroalga dengan kadar air 50% maupun 80%. Tetapi penyediaan bahan baku mikroalga dengan kadar air 5% memerlukan energi yang lebih besar untuk menghilangkan kandungan air di dalam mikroalga. Hal ini harus dievaluasi lebih lanjut untuk menentukan efektivitas proses ekstraksi mikroalga. Kecenderungan hasil lipid yang menurun pada proses ekstraksi mikroalga dengan kadar air yang lebih tinggi juga disampaikan oleh Suali dan Sarbatly (2012). Peneliti ini menyatakan bahwa proses ekstraksi lipid dari alga dengan kandungan air sebesar 78% dengan metode *thermochemical liquefaction* pada tekanan 10 MPa menghasilkan

lipid yang lebih rendah yaitu sekitar 25% sampai 44,8% apabila dibandingkan dengan proses yang menggunakan tahap penghilangan kandungan air bahan sebelum proses ekstraksi.

#### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Proses ekstraksi bertekanan di atas 14,7 psi menggunakan pelarut metanol memungkinkan dilaksanakan untuk melakukan pengambilan lipid mikroalga.

Pada ekstraksi mikroalga dengan kadar air 5%, 50%, dan 80% dengan pelarut metanol menggunakan tekanan proses dari 25 psi sampai dengan 75 psi diperoleh yield lipid antara 4,65% - 32,37% (gram lipid/gram mikroalga kering).

Pada penelitian ini, kondisi proses ekstraksi yang paling baik dilihat dari parameter yield lipid yang dihasilkan, diperoleh pada proses menggunakan bahan baku mikroalga dengan kadar air 5%, tekanan proses 45 psi, dan waktu proses 120 menit, dengan yield lipid sebesar 31,02% (gram lipid/gram mikroalga kering).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Kataren, S., 1986, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, UI Press, Jakarta.
- Ross, A.B., Biller, P., Kubacki, M.L., Li, H., Lea-Langton, A., and Jones, J.M., 2010, *Hydrothermal Processing of Microalgae Using Alkali and Organic Acids*, Fuel 89, 2234-2243.

- Suali, M. and Sarbatly, R., 2012, *Conversion of Microalgae to Biofuel*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, 4316– 4342.
- Wijanarko, B. dan Putri L.D., 2012, *Ekstraksi Lipid dari Mikroalga (Nanochloropsis sp.) dengan Solvent Metanol dan Chloroform*, Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 1, No. 1, Hal. 130 – 138.
- Wiyarno, B., 2009, *Biodiesel Microalgae*, IndoAlgaeTech. Consultant, Yogyakarta.
- Yang, F., Xiang, W., Sun, X., Wu, H., Li, T., and Long, L., 2014, *A Novel Lipid Extraction Method from Wet Microalga Picochlorum sp. at Room Temperature*, Marine Drugs, Vol. 12, pp. 1258-1270.
- Zuhdi, M.F.A. dan Sukardi, 2005, *Alga sebagai Salah Satu Alternatif Bahan Baku di Indonesia*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

## SINTESIS KITOSAN SUKSINAT DARI KITOSAN DAN SUKSINAT ANHIDRID SERTA KARAKTERISTIKNYA

Arsyamelati<sup>1</sup>, Dodi Iskandar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Lambung Mangkurat, <sup>2</sup> Politeknik Negeri Pontianak

Masuk: 8 Desember 2014, revisi masuk: 3 Januari 2015, diterima: 25 Januari 2015

### ABSTRACT

*The purpose of this study was to determine the effect of molecular weight of chitosan towards the solubility of chitosan succinate in water. The chitosan succinate was synthesized by succinilation method. In the synthesis, chitosan with different molecular weight, low molecular weight (LMW), medium molecular weight (MMW), high molecular weight (HMW) were reacted with succinate anhydride (1:10) for 24 hours. The infrared spectra of chitosan succinate, showed by wavenumber shift, indicating that there has been interaction between chitosan and succinate anhydride. Based on results of analysis of the characterization of chitosan succinate (Analysis of nitrogen, analysis of degree of substitution, and solubility test in water), succinate chitosan HMW (High Molecular Weight) has the highest level of solubility. At temperature of 80°C, it dissolves until 99.34% of solubility, the succinate chitosan has 2.98% of nitrogen content, and 0.60 of degree of substitution. From this research can be inferred that larger molecular weight of chitosan can lead into a higher degree of substitution and solubility values in water.*

**Keywords:** *chitosan, succinate anhydride, chitosan succinate.*

### INTISARI

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh berat molekul terhadap tingkat kelarutan kitosan suksinat dalam air. Kitosan suksinat disintesis menggunakan metode suksinilasi. Kitosan dengan perbedaan berat molekul yaitu *low molecular weight* (LMW), *medium molecular weight* (MMW), *high molecular weight* (HMW), masing-masing direaksikan dengan suksinat anhidrida (rasio mol 1:10) selama 24 jam. Spektra FTIR (*Fourier Transform Infrared*) pada kitosan suksinat menunjukkan pergeseran bilangan gelombang yang menunjukkan adanya interaksi antara kitosan dengan suksinat anhidrida. Berdasarkan hasil analisis karakterisasi kitosan suksinat (analisis kadar nitrogen, analisis derajat substitusi, dan uji kelarutan dalam pelarut air), kitosan suksinat HMW (*High Molecular Weight*) memiliki tingkat kelarutan tertinggi dibanding LMW dan MMW. Pada suhu 80°C kitosan suksinat larut dalam aquades hingga mencapai kelarutan 99,34%, memiliki kadar nitrogen sebesar 2,98% dan derajat substitusi sebesar 0,60. Dari penelitian ini dapat disimpulkan semakin besar berat molekul yang dimiliki kitosan menyebabkan nilai kelarutan kitosan suksinat dan derajat substitusi juga semakin besar.

**Kata kunci:** kitosan, suksinat anhidrida, kitosan suksinat.

### PENDAHULUAN

Permasalahan utama aplikasi kitosan adalah sifat kelarutan dalam air yang rendah. Menurut Knorr (1982), bahwa parameter utama yang mempengaruhi karakter kitosan adalah berat molekulnya (MW) dan derajat deasetilasi (DD). Sifat kelarutan kitosan dalam air

dapat diperbaiki dengan memodifikasi kitosan menjadi derivatnya. Salah satu senyawa derivat kitosan yang dapat larut air adalah karbosimetilkitosan (KMK), tidak beracun bersifat *biodegradable* serta *biocompatible* (Dwiyitno dkk., 2004). Modifikasi kitosan juga dilakukan oleh Noerati dkk., (2007), dimana sifat kelarutan kitosan suksinat dalam air dapat diperbaiki dengan mensubstitusikan gugus

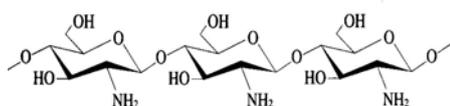
<sup>2</sup>dodi.iskandar2011@yahoo.com

asil pada rantai polimer kitosan menjadi kitosan suksinat. Modifikasi kitosan ini dengan suksinat anhidrida menghasilkan kitosan suksinat yang memiliki kelarutan dalam air yang tinggi. Modifikasi kitosan menjadi derivat tertentu terbukti dapat memperbaiki sifat kelarutan kitosan dalam pelarut air. Berdasarkan hal tersebut di atas maka dalam penelitian ini dilakukan modifikasi kitosan dengan variasi berat molekul untuk dapat mengetahui lebih lanjut bagaimana pengaruh berat molekul tersebut terhadap karakterisasi kitosan-suksinat dalam pelarut air sebagai langkah awal pemanfaatan kitosan yang lebih luas.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui : pengaruh berat molekul kitosan terhadap kelarutan kitosan suksinat dalam pelarut air, pengaruh berat molekul kitosan terhadap derajat substitusi kitosan suksinat, pengaruh berat molekul kitosan terhadap kelarutan kitosan suksinat dalam pelarut air, dan pengaruh berat molekul kitosan terhadap derajat substitusi kitosan suksinat.

Proses deasetilasi merupakan proses penghilangan gugus asetil dari rantai molekul kitin. Proses ini menghasilkan kitosan dengan gugus amina ( $\text{NH}_2$ ) yang memiliki derajat kereaktifan kimia tinggi. Hal ini menyebabkan derajat deasetilasi (DD) merupakan sifat yang penting dalam produksi kitosan karena mempengaruhi sifat-sifat fisikokimia (Kim, 2004).

Proses kimia mengakibatkan terjadinya pemutusan rantai polimer secara acak. Hal ini menyebabkan berat molekul kitosan dapat terdistribusi luas dari ukuran kecil hingga yang berukuran besar (Meidina dkk., 2006). Secara umum, kitosan dengan berat molekul rendah dapat disiapkan dari kitosan dengan berat molekul tinggi melalui proses depolimerisasi. Gambar 1 menunjukkan struktur kimia dari kitosan.



Gambar 1. Struktur kimia kitosan

Derajat Deasetilasi Kitosan, derajat deasetilasi adalah suatu parameter mutu yang menunjukkan gugus asetil yang dapat dihilangkan dari rendemen kitosan. Semakin tinggi derajat deasetilasi kitosan, maka gugus asetil yang terdapat dalam kitosan tersebut semakin sedikit (Baxter *et al.*, 2005).

Derajat deasetilasi merupakan rasio unit 2-asetamido-2-deoksi-4-glukopiranososa dengan 2-amido-2-deoksi-4-glukopiranososa. Rasio ini berperan dalam kelarutan dan sifat larutannya. Campuran dengan derajat deasetilasi di bawah 60% tidak larut dalam pelarut asam encer dan digolongkan sebagai kitin, sedangkan campuran dengan derajat deasetilasi di atas 60% dapat larut dalam asam encer digolongkan sebagai kitosan (Fouda, 2005).

Berat Molekul Kitosan, panjang rata-rata dari rantai polimer dapat dilihat dari berat molekul (*molecular weight*) polimer. Berat molekul dari polimer pada dasarnya adalah penjumlahan dari berat molekul-molekul monomernya. Jadi semakin tinggi berat molekul dari suatu polimer tertentu, semakin besar panjang rata-rata dari rantai polimernya.

Kitosan memiliki berat molekul yang tinggi. Berat molekul dari kitosan bervariasi berdasarkan sumber materialnya dan metode preparasinya. Kitin memiliki berat molekul biasanya lebih besar dari 1 Da sementara berat molekul pada kitosan antara 100 kDa – 1200 kDa, bergantung pada proses dan kualitas produk (Kim, 2004).

Kelarutan Kitosan, kitosan dapat larut pada kondisi sedikit asam (di bawah pH 6) dengan memprotonasi gugus amino bebas ( $-\text{NH}_2$ ) menjadi amino kationik ( $-\text{NH}_3^+$ ). Pelarut kitosan yang biasa digunakan adalah asam asetat dan asam format. Sebagian besar orang melarutkan kitosan menggunakan asam asetat dengan konsentrasi 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% (Kim, 2004).

Permasalahan terbatasnya tingkat kelarutan kitosan ini merupakan suatu hambatan utama pada aplikasi kitosan di berbagai bidang. Untuk mengatasi permasalahan tersebut kitosan diderivatisasi sehingga diperoleh turunan kitosan yang larut air. Beberapa pene-

litan yang telah dilakukan untuk memodifikasi kitosan agar dapat menaikkan kelarutannya di dalam air di antaranya karboksimetilkitosan, asetil kitosan, dan hidroksipropil kitosan (Hirano *et al.*, 2003; Park 2001).

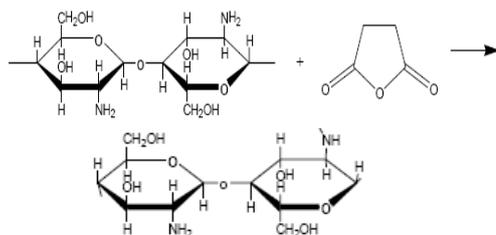
Penggunaan kitosan larut air dapat diprediksi jumlah pemakaiannya dalam industri pangan maupun non pangan. Untuk melihat standar kelarutan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi kelarutan berdasarkan Farmakope Indonesia edisi IV

Deskripsi	Jumlah kelarutan yang diperlukan untuk melarutkan 1 bagian Material
Sangat mudah larut	< 1
Mudah larut	1 – 10
Larut	10 – 30
Sedikit larut	30 – 100
Sukar larut	100 – 1000
Sangat sukar larut	1000 – 10000
Tidak larut	> 10000

(Sumber : Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan, 1995)

Suksinilasi Kitosan, hasil sintesis yang dilakukan oleh Noerati dkk (2007) berupa kitosan suksinat yang larut dalam air pada kondisi optimum dengan kelarutan 50 g/L dan dikarakterisasi struktur molekul dengan FTIR dan sifat kelarutan dalam air. Turunan karboksilat yang disubstitusikan pada kitosan akan terjadi pada gugus amina kemudian diikuti substitusi pada gugus hidroksil. Hal ini disebabkan gugus amina yang lebih nukleofil dibanding gugus hidroksil. Reaksi kitosan dengan suksinat disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi kitosan dengan suksinat anhidrida (Noerati dkk; 2007)

## METODE

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah thermometer, pemanas listrik, pengaduk magnet, alat destruksi dan distilasi, gelas beker, corong, kertas saring biasa, planktonet, termometer, alat sentrifugasi, oven, timbangan analitik, cawan porselin, spektrofotometer inframerah.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kitosan *low molecular weight* (LMW), *medium molecular weight* (MMW), *high molecular weight* (HMW), Suksinat Anhidrida, HCl 0,1 M, HCl 0,02 M, asam borat 2%, NaOH 60%, NaOH 0,1 M, CH<sub>3</sub>COOH 0,1 M, CH<sub>3</sub>COOH 2%, etanol 70%, metanol, dan akuades.

Sintesis kitosan-suksinat yang mana, kitosan dengan berat molekul yang berbeda (LMW;MMW;HMW) sebanyak ±4,025 gram dilarutkan dalam campuran asam asetat 2% dan metanol dengan rasio mol 1:1. Suksinat anhidrida ditambahkan pada larutan kitosan (rasio mol 1:10). Dilakukan pengadukan selama 3 jam kemudian dibiarkan selama 20 jam. Kelebihan asam dinaikkan pH-nya dengan NaOH 2 N sampai pH 9. Pada larutan ditambahkan etanol 70% sejumlah dua kali volume larutan NaOH sehingga terbentuk endapan produk. Endapan yang terbentuk dibilas dengan alkohol 70% sampai bebas alkali, kemudian dikeringkan.

Karakterisasi kitosan suksinat, analisis gugus fungsional kitosan suksinat dan gugus fungsional kitosan suksinat yang dihasilkan ditentukan dengan menggunakan pendekatan spektrofotometri IR. Serbuk kitosan dianalisis dalam bentuk pelet dengan KBr yang dianalisis serapan gugus-gugusnya pada rentang bilangan gelombang dari 4000-400 cm<sup>-1</sup>.

Analisis kadar nitrogen kitosan dan kitosan suksinat, Kadar nitrogen kitosan dan kitosan suksinat ditentukan berdasarkan metode Kjeldahl. Sejumlah kitosan (± 0,1 gram) dan kitosan-suksinat dimasukkan ke dalam labu destruksi. Sebanyak 5 mL asam sulfat pekat dan 1 gram selenium campuran ditambahkan ke dalam labu destruksi. Destruksi

dilakukan dengan pemanas listrik hingga larutan sampel menjadi jernih. Larutan hasil destruksi dimasukkan ke dalam labu distilasi Kjeldahl. Distilasi dilakukan dengan menambahkan NaOH 60% dan uap air (dari labu *steam*) ke dalam labu distilasi Kjeldahl. Hasil distilasi dialirkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 10 mL asam borat 4% dan beberapa tetes indikator metil merah. Distilat yang dihasilkan kemudian dititrasi dengan HCl 0,02 M. Kadar nitrogen pada kitosan dan pada kitosan suksinat dihitung dengan persamaan :

$$N_{total}(\%) = \frac{\text{VolumHCl}}{\text{massasampel}} \times 14 \text{ g/mol} \times [\text{HCl}] \times f \times 100\% \quad (1)$$

dimana:

Volume HC = mL  
 massa sampel =(mg)  
 f = faktor pengenceran  
 [HCl] = konsentrasi molar HCl

Analisis derajat substitusi (DS) kitosan suksinat, Sebanyak ± 100 mg serbuk dengan 10 mL NaOH 0,1 M. Campuran ini diaduk dengan stirrer pada suhu ruang selama 30 menit. Lalu ditambahkan indikator metil merah sebanyak 3 tetes. Kelebihan NaOH dititrasi dengan 0,1 M HCl yang telah dibakukan, sampai titik akhir titrasi yang ditandai dengan perubahan warna dari

$$\% \text{Kelarutan} = \frac{\text{berat kitosan suksinat terlarut (g)}}{\text{berat kitosan sampel (g)}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{Jumlah kitosan suksinat terlarut (g)} = \frac{\text{jumlah kitosan suksinat terlarut (g)}}{\text{volume pelarut (L)}} \quad (4)$$

Analisis Data yang diperoleh diolah berdasarkan parameter yang diteliti. Analisis gugus fungsional kitosan suksinat ditentukan berdasarkan metode spektrofotometer infra merah. Puncak-puncak khas yang muncul pada spektrum kitosan suksinat hasil sintesis yang diperoleh dibandingkan dengan spektrum kitosan suksinat dari literatur.

Kadar nitrogen dalam kitosan dan kitosan suksinat ditentukan berdasarkan metode Kjeldahl dan dihitung dengan Persamaan (1). Kemudian dibuat grafik hubungan antara kitosan suksinat dengan kadar nitrogen.

merah muda menjadi bening. Dilakukan juga terhadap blanko.

Perhitungan derajat substitusi (DS) adalah :

$$DS = \frac{BM \cdot M(B-S)}{1000 \cdot W} \quad (2)$$

dimana :

W = berat sampel (gram)  
 B = volume HCl 0,1M pada blanko (mL)  
 S = volume HCl 0,1M pada sampel (mL)  
 M = molaritas HCl (mol/liter)  
 BM=berat molekul monomer kitosan (gram/mol)  
 DS=jumlah gugus hidroksil yang tersuksinilasi

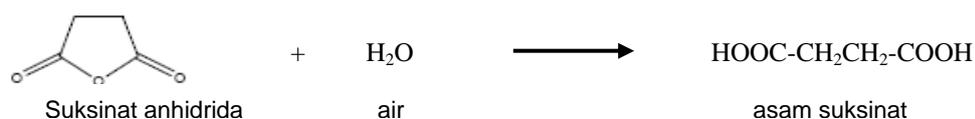
Uji kelarutan kitosan suksinat dalam air, Kelarutan dihitung dengan cara 0,5 g kitosan suksinat dilarutkan dalam 10 mL akuades dalam tabung reaksi. Setelah itu, larutan ini dipanaskan dalam *waterbath* pada perbedaan temperatur (27-32°; 40°; 60°; 80°C) selama 30 menit. Setelah dipanaskan, larutan tersebut disentrifugasi pada kecepatan 1500 rpm selama 20 menit. Kemudian larutan didekantasi dan dikeringkan sampai beratnya konstan. Kelarutan dapat dihitung berdasarkan persamaan 3 dan 4.

Data yang diperoleh pada analisis derajat substitusi akan dibuat grafik hubungan antara kitosan suksinat hasil sintesis dengan derajat substitusi. Sedangkan pada uji kelarutan akan dibuat grafik hubungan antara kitosan suksinat dengan kelarutan (%) dan jumlah zat terlarut dari kitosan suksinat (g/L) dalam pelarut air pada suhu-suhu yang ditentukan.

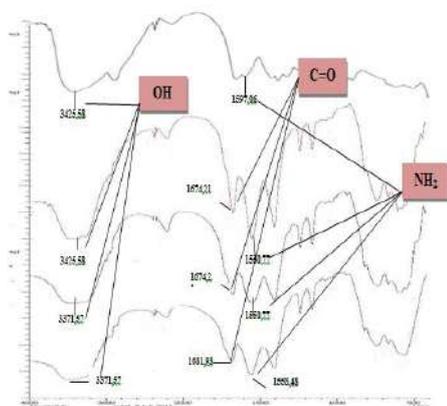
## PEMBAHASAN

Kitosan suksinat dibuat dengan melakukan reaksi kitosan dan suksinat anhidrid. Suksinilasi merupakan reaksi esterifikasi dimana gugus karboksilat dari suksinat anhidrida bereaksi dengan gugus hidroksil. Perbandingan mol antara kitosan dan suksinat anhidrida didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Noerati dkk., (2007) yaitu pada kondisi optimum 1:10. Reaksi

suksinilasi ini berlangsung lama karena suksinat anhidrida sukar larut dalam air. Oleh sebab itu, diperlukan pengadukan terus menerus untuk membantu kelarutan suksinat anhidrida dan juga membantu menghomogenkan larutan. Larutan kitosan suksinat didiamkan selama satu malam agar reaksi berlangsung sempurna. Kelebihan asam pada larutan dinaikkan pH-nya hingga pH 9 dengan NaOH 2 N.



Analisis Gugus Fungsional Kitosan Suksinat, kitosan suksinat dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengkarakterisasi interaksi yang terjadi antara kitosan dengan suksinat anhidrida. Selain spektra kitosan suksinat yang diperoleh, digunakan spektra kitosan literatur sebagai faktor pembanding untuk melihat keberhasilan dari reaksi yang terjadi antara kitosan dengan suksinat.



Gambar 3. Spektra Kitosan HMW (A) (Kamil, 2010); Spektra Kitosan Suksinat; (B) LMW; (C) MMW; (D) HMW (Sumber: Data primer yang diperoleh)

Perbandingan spektra hanya menggunakan spektra kitosan HMW, karena menurut penelitian Rahmadhani (2010) pada pembuatan kitosan, spektra kitosan dengan berat molekul yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan serapan yang signifikan. Selain itu spektrum inframerah menunjukkan gugus

Penambahan NaOH bertujuan untuk mengontrol pH karena di dalam air suksinat anhidrida mudah terhidrolisis menjadi asam suksinat yang memiliki dua gugus asam karboksilat. Gugus ini akan melepas H<sup>+</sup> dan akan menyebabkan penurunan pH yang drastis. Adapun ilustrasi dari reaksi hidrolisis yang terjadi seperti terlihat pada Gambar 3.

fungsi apa saja yang terdapat pada suatu senyawa. Gugus utama yang ada pada kitosan adalah gugus amina dan gugus hidroksilnya. Seperti yang terlihat pada Gambar 4, spektra kitosan memperlihatkan adanya serapan gugus amina sekunder (-NH<sub>2</sub>) pada bilangan gelombang 1658,78 cm<sup>-1</sup> dan puncak yang muncul pada bilangan gelombang sekitar 3425,58 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus hidroksil (OH). Jika dibandingkan dengan spektra kitosan, pada spektra kitosan suksinat baik LMW, MMW, maupun HMW masing-masing terjadi perubahan puncak serapan daerah karbonil dan adanya pergeseran bilangan gelombang dari gugus amina sekunder yang menunjukkan adanya ikatan amida, seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan bilangan gelombang (cm<sup>-1</sup>) dan gugus fungsi antara kitosan dengan kitosan suksinat

Bilangan gelombang Kitosan (cm <sup>-1</sup> )	Kitosan Suksinat			Gugus Fungsi
	LMW	MMW	HMW	
1597,06	1558,4	1550,7	1550,7	Amina sekunder (-NH <sub>2</sub> )
-	1681,9	1674,2	1674,2	Rentang C=O (amida)
3441,01	3387,0	3371,57	3379,29	Rentang -OH

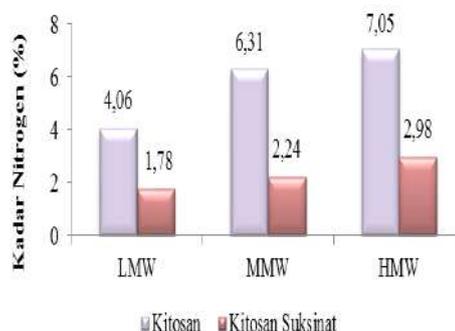
Pergeseran bilangan gelombang tersebut disebabkan oleh gangguan vibrasi dari gugus C=O dengan gugus amina sekunder (-NH<sub>2</sub>), yang terbentuk

dari interaksi antara kitosan dengan suksinat anhidrida. Hal ini menunjukkan terjadinya substitusi dari suksinat pada gugus amina membentuk amida. Munculnya puncak serapan karbonil karboksilat pada bilangan gelombang  $1674,21-1681,93\text{ cm}^{-1}$  pada spektra kitosan suksinat untuk yang LMW, MMW, maupun HMW menguatkan asumsi terjadinya substitusi dari gugus karboksilat pada kitosan. Bukti-bukti ini juga mempertegas bahwa suksinat anhidrida terikat secara kimia dengan kitosan.

Analisis Kadar Nitrogen Kitosan dan Kitosan Suksinat, Kadar nitrogen dari kitosan dan kitosan suksinat dianalisis menggunakan metode kjeldahl yang melalui tiga tahapan proses pengujian yaitu destruksi, distilasi, dan titrasi.

Kitosan dan kitosan suksinat dapat ditentukan jumlah nitrogennya dengan menambahkan campuran selenium sebagai katalis dan asam sulfat pekat sebagai pengoksidasi sehingga terjadi penguraian sampel menjadi unsur-unsurnya yaitu unsur-unsur C, H, O, N, S, dan P. Unsur N diubah menjadi senyawa amonium sulfat melalui proses distilasi yang bereaksi dengan NaOH. Distilat yang terbentuk ditampung dalam larutan asam borat 4% yang telah diberi indikator campuran. Larutan penampung ini berwarna merah muda dan akan berubah warna menjadi hijau muda karena terjadi reaksi asam borat dengan gas  $\text{NH}_3$ . Untuk mengetahui jumlah asam borat yang bereaksi dengan gas amonia yang terbentuk, maka larutan ini direaksikan dengan asam klorida dengan menggunakan metode titrasi. Titik ekuivalen dicapai pada saat warna larutan berubah kembali menjadi merah muda atau warna sebelum asam borat digunakan sebagai penampung distilat. Berdasarkan tahapan proses penentuan kadar nitrogen total dalam kitosan dan kitosan suksinat dapat diasumsikan bahwa ekuivalen asam klorida sama dengan ekuivalen kadar nitrogen total. Hasil analisis kadar nitrogen yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5, kadar nitrogen yang dimiliki oleh kitosan mengalami penurunan ketika menjadi kitosan suksinat. Penurunan kadar nitrogen ini disebabkan oleh

adanya perbedaan monomer ketika menjadi kitosan dan setelah bereaksi dengan suksinat anhidrida menjadi kitosan suksinat.



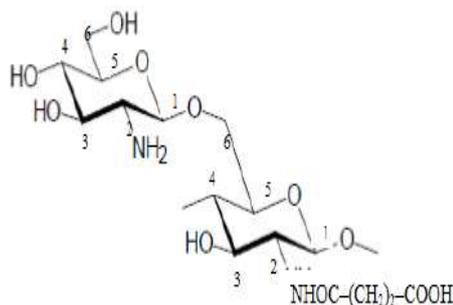
Gambar 5. Grafik Hubungan antara Kitosan dan Kitosan Suksinat dengan Kadar Nitrogen (Sumber: Data primer yang diperoleh)

Perbedaan monomer ini disebabkan karena gugus amina ( $-\text{NH}_2$ ) yang dimiliki kitosan tersubstitusi oleh gugus karboksil ( $-\text{COO}^-$ ) dari suksinat anhidrida dan menyebabkan rasio dari nitrogen berkurang setelah setelah reaksi suksinilasi terjadi. Seperti penelitian Mobarak *et. al.*, (2010), yang telah melakukan karakterisasi terhadap beberapa turunan kitosan, yaitu dengan mengetahui rasio dari nitrogen dimana ketika menjadi turunan kitosan, rasio dari nitrogen akan berkurang. Hasil ini mengindikasikan bahwa telah terjadi interaksi antara kitosan dengan suksinat anhidrida.

Kadar nitrogen yang diperoleh dari kitosan suksinat LMW, MMW, dan HMW masing-masing adalah 1,78%, 2,24%, dan 2,98%. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui kitosan suksinat HMW yang memiliki kadar nitrogen tertinggi yaitu sebesar 2,98 %.

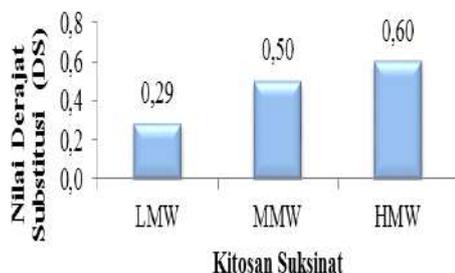
Analisis Derajat Substitusi (DS) Kitosan Suksinat, banyaknya jumlah gugus hidroksil yang tersubstitusi dinyatakan dalam derajat substitusi (DS). Menurut Hayes (1986), setiap monomer kitosan secara teoritis dapat mengalami substitusi di tiga tempat yaitu pada posisi N dan gugus hidroksil pada posisi O di  $\text{C}_3$  dan O di  $\text{C}_6$ , namun karena posisi N dan posisi O di  $\text{C}_6$  jauh lebih reaktif daripada O di  $\text{C}_3$ , maka substitusi kemungkinan besar hanya terjadi di

posisi N dan O di C<sub>6</sub>, sehingga nilai DS maksimum adalah 2.



Gambar 6. Ilustrasi ikatan gugus karboksil pada atom C<sub>2</sub> dan C<sub>6</sub> (Basmal *et al.*, 2005)

Derajat substitusi dianalisis dengan cara titrasi asam basa. Dari hasil perhitungan seperti terlihat pada Gambar 7 bahwa kitosan suksinat HMW memiliki nilai derajat substitusi yang paling tinggi dibandingkan dengan kitosan suksinat LMW dan MMW yaitu sebesar 0,60.



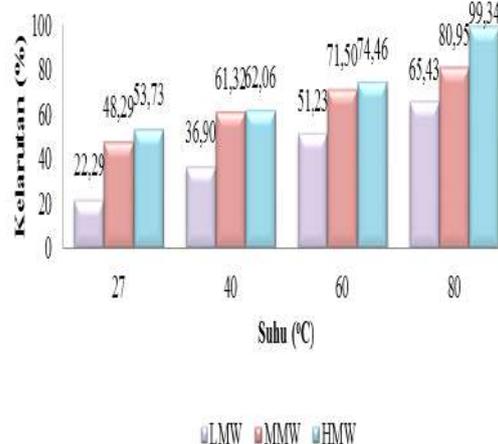
Gambar 7. Grafik Hubungan antara kitosan suksinat dengan derajat substitusi

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, nilai DS cenderung meningkat dengan semakin tingginya berat molekul yang dimiliki kitosan. Hal ini mengacu pada analisis nitrogen sebelumnya yaitu pada Gambar 5, kitosan HMW yang memiliki kadar nitrogen paling tinggi, itu berarti bahwa kitosan HMW memiliki lebih banyak gugus amina (-NH<sub>2</sub>) sehingga lebih banyak peluang substitusi gugus karboksil (-COO<sup>-</sup>) dari suksinat anhidrida. Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Noerati *et al.*, (2007), bahwa substitusi suksinat anhidrida pada kitosan akan terjadi pada gugus amina terlebih dahulu kemudian diikuti

substitusi pada gugus hidroksil. Hal ini disebabkan oleh gugus amina yang lebih nukleofil dibandingkan dengan gugus hidroksil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar nitrogen yang dimiliki oleh kitosan, maka semakin tinggi pula derajat substitusi yang dihasilkan.

Uji Kelarutan Kitosan Suksinat dalam Air, kelarutan dalam besaran kuantitatif didefinisikan sebagai konsentrasi zat terlarut dalam larutan jenuh pada suhu tertentu. Kelarutan kitosan suksinat merupakan salah satu parameter yang dapat dijadikan sebagai standar penilaian mutu kitosan suksinat. Semakin tinggi kelarutan kitosan suksinat berarti mutu kitosan yang dihasilkan semakin baik.

Uji kelarutan kitosan suksinat dilakukan dengan melarutkan kitosan suksinat dalam pelarut air pada suhu ruang (27-32°C) dan pada suhu yang bervariasi (40; 60; 80°C). Kelarutan (%) kitosan suksinat dalam pelarut air dapat dilihat pada Gambar 8.

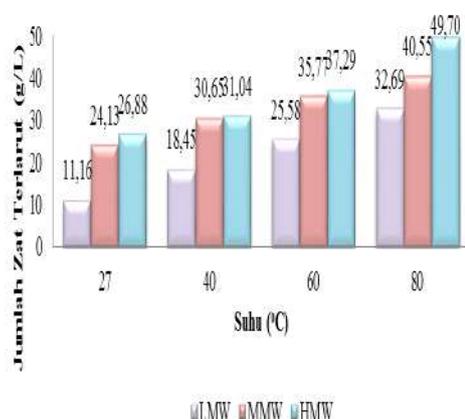


Gambar 8. Grafik hubungan antara kelarutan kitosan suksinat dengan suhu (%)

Berdasarkan teori, kelarutan suatu zat terlarut sangat erat hubungannya dengan panas pelarutan dari zat tersebut. Kelarutan zat terlarut akan bertambah dengan adanya kenaikan suhu (Svehla, 1990). Gambar 8 menunjukkan angka kelarutan (%) dimana kitosan suksinat dari kitosan HMW memiliki nilai kelarutan yang paling tinggi di setiap variasi suhu (27;40;60;80°C) masing-masing yaitu

53,73%, 62,06%, 74,46%, dan 99,34%. Semakin tinggi suhu maka kelarutan dalam pelarut air dari kitosan suksinat semakin meningkat dan berbanding lurus dengan berat molekul yang dimiliki oleh kitosan sendiri, yaitu semakin tinggi berat molekul, maka kelarutan dari kitosan suksinat juga meningkat.

Jumlah kitosan suksinat terlarut (g/L) meningkat dari kitosan suksinat LMW, MMW, dan HMW. Peningkatan tersebut berbanding antara jumlah zat terlarut dan berat molekul seperti terlihat pada Gambar 9.



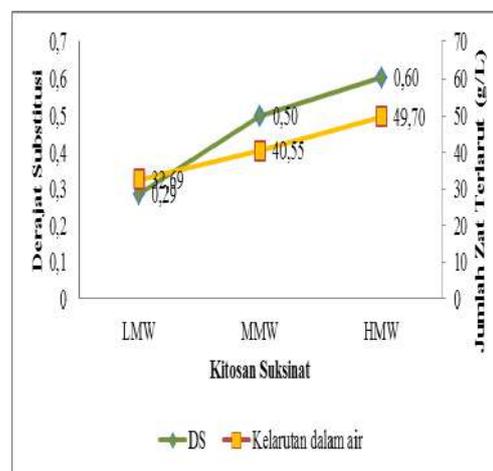
Gambar 9. Grafik Hubungan antara kelarutan kitosan suksinat dengan suhu

Berdasarkan Gambar 9 dapat terlihat bahwa kitosan suksinat HMW yang memiliki jumlah zat terlarut yang paling tinggi dalam setiap variasi suhu, yaitu masing-masing untuk suhu (27;40;60;80°C) adalah 26,88 g/L, 31,04 g/L, 37,29 g/L, dan 49,70 g/L.

Hasil dari analisis uji kelarutan kitosan suksinat sangat berhubungan erat dengan hasil dari analisis derajat substitusi sebelumnya dimana kitosan suksinat HMW memiliki nilai DS yang paling tinggi. Begitu juga pada uji kelarutan dalam pelarut air, ternyata memang kitosan suksinat dari kitosan HMW lah yang memiliki kelarutan paling tinggi di setiap perlakuan suhu baik dari suhu ruang maupun variasi suhu (40;60;80°C).

Gambar 10 menyatakan hubungan antara kitosan suksinat LMW, MMW, dan HMW dengan derajat substitusi dan kelarutan dalam air hasil sintesis. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa

semakin besar berat molekul yang dimiliki kitosan dalam penelitian ini maka semakin besar derajat substitusi yang terjadi, demikian pula sifat kelarutannya di dalam air.



Gambar 10. Grafik hubungan antara kitosan suksinat dengan derajat substitusi dan kelarutan dalam air pada suhu 80°C

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : Kitosan LMW (kadar N 4,06%), kitosan MMW (kadar N 6,31%), dan kitosan HMW (kadar N 7,05%) memiliki nilai DS masing-masing sebesar 0,29;0,50; dan 0,60. Semakin besar berat molekul yang dimiliki kitosan pada penelitian ini, maka derajat substitusi yang dihasilkan oleh kitosan suksinat juga semakin besar.

Semakin besar berat molekul yang dimiliki kitosan pada penelitian ini, maka kelarutan kitosan suksinat dalam air juga semakin tinggi.

Untuk penelitian lebih lanjut agar dapat menghasilkan kitosan suksinat yang lebih tinggi tingkat kelarutannya diharapkan menggunakan kitosan dengan derajat deasetilasi yang lebih tinggi, sehingga kemungkinan potensi dari substitusi suksinat anhidrida akan lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

Basmal, J, A. Prasetyo dan Y. Farida. 2007. Pengaruh Suhu Esterifikasi

- pada Pembuatan Karboksimetil Kitosan. *Jurn. Pen. Perikanan Indonesia*. Edisi Pasca Panen. Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Jakarta. Vol. 2 : 99-106.
- Baxter, S. Zivanovic, S. and Weiss. J. 2005. *Molecular Weight and Degree of Acetylation of High-Intensity Ultrasonicated Chitosan*. *Food Hydrocolloids*. Vol. 19 : 821-830.
- Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan. 1995. *Farmakope Indonesia*. Edisi IV. Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Dwiyitno, J. Basmal dan Mulyasari, 2004. Pengaruh Suhu Esterifikasi terhadap Karakteristik Karboksilmetil Kitosan (CMCts). *Jurn. Pen. Perikanan Indonesia*. Edisi Pasca Panen. Badan Riset Kelautan dan Perikanan, DKP. Jakarta. Vol. 9 : 229-233.
- Fouda, M. M. G. 2005. *Use of Natural Polysaccharides in Medical Textile Applications*. Disertasi. Fachbereich Chemie Universitas Duisburg-Essen. Germany.
- Hayes, E. R. 1986. *NO-Carboxymethyl Chitosan and Preparative Method*. US Patens. Vol. 4: 699-719.
- Hirano S., Yasuhiro Yamaguchi and Mitsutomo. 2003. Water Soluble N-(n-Fatty Acyl) Chitosan Macromol. *J-Biosci*. Vol 6: 191.
- Kamil, Ikhsan. 2010. *Kajian Pengaruh Berat Molekul dan Konsentrasi terhadap Kestabilan Lapisan Kitosan pada Kain Katun*. Skripsi. FMIPA UNLAM. Banjarbaru.
- Khan, A.T., Khiang, P. K. and Seng, C. H. 2002. Reporting Degree of Deacetylation Values of chitosan: The Influence of Analytical Methods. *J. Pharm Pharmaceut Sci*. Vol. 5: 205-212.
- Kim S. F. 2004. *Physicochemical and Functional Properties of Crawfish Chitosan as Affected by Different Processing Protocols*. Tesis. Departement of Food Science Louisiana State University.
- Knorr D. 1982. Function Properties of Chitin and Chitosan. *J.Food.Sci*. Vol. 47: 36.
- Lim, S. 2002. *Synthesis of a Fiber-reactive Chitosan Derivative and Its Application to Cotton Fabric as an Antimicrobial Finish and Dyeing-improving Agent*. Thesis. Department of Fiber and Polymer Science, North Caroline State University.
- Liu N., Xi-Guang, C., Hyun-Jin P., Chen-Guang, L., Cheng-Sheng, L, Xiang-Hong, M. and Le-Jun, Y. 2006. Effect of MW and Concentration of Chitosan on Antibacterial Activity of Escherichia coli. *Carbohydr. Polym*. Vol. 64: 60-65.
- Meidina, Sogiono, Jenie, S. L., dan Suhartono M. T. 2006. *Aktivitas Antibakteri Oligomer Kitosan yang Diproduksi Menggunakan Kitionase dari Isolat B. licheniformis MB-2*. Makalah program Hibah Kompetensi B, Departemen Teknologi Pangan dan Gizi, Bogor.
- Mobarak, N.N. dan Abdullah, P. 2010. Synthesis and Characterization of Several Lauryl Chitosan Derivatives. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*. Vol 14 No 2: 82 – 99.
- Muzzarelli. 1985. "Studies on the Suitability of Chitinocistic Microorganism for Shrimp Waste Fermentation". Disertasi. University of Washington, New York.
- Muzzarelli dan M.G. Peter. 1997. *Chitin Handbook*. European Chitin Society. Italy. 109-132.
- No, H. K. Lee, S. H., Park, N. Y. and Meyers S. P. 2003. Comparison of Physicochemical, Binding and Antibacterial Properties of Chitosan prepared without and with Deproteinization Process. *J. Agr. Food Chem*. Vol. 51: 7659-7663.
- Noerati, Radjiman C. L., Achmad S., and Ariwahjoedi B. 2007. Sintesis Kitosan Suksinat Larut Air. *Akta Kimindo*. Vol. 2: 113 – 116
- Park, K. 2001. *Chitosan Processing: Influence of Process Parameters*

*during Acidic and Alkaline Hydrolysis and Effect of The Processing Sequence on The Resultant Chitosan's Properties.* Journal of Applied Polymer Science. Vol 80: 483-488.

Rahmadhani, A. 2010. Pengaruh Regenerasi Larutan Naoh terhadap Derajat Deasetilasi dan Berat Molekul Kitosan pada Proses Deasetilasi Kitin Secara Bertahap. Skripsi. FMIPA UNLAM. Banjarbaru.

## EKSTRAKSI INFORMASI KONTEN WEB MENGGUNAKAN PENDEKATAN BERBASIS ONTOLOGI

Erma Susanti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Informatika, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 19 September 2014, revisi masuk: 8 Januari 2015, diterima: 19 Januari 2015

### ABSTRACT

*Most of information on the Internet is transmitted through unstructured information via websites. Information in the web pages usually contains main content, advertisement, navigation and other additional information. The amount of information makes it difficult to obtain the core information, value and relevant knowledge in the form of structured information, like databases. Information extraction is a process to converting unstructured information into structured information. Applying information extraction method using ontology called Ontology-Based Information Extraction (OBIE) aims to provide semantic content for semantic web and perform extracting process using semi-automatic method (a method to minimize human intervention in extracting process). A case study to apply information extraction used "LonelyPlanet" dataset.*

**Keywords:** *information extraction, Ontology-Based Information Extraction, OBIE ontology*

### INTISARI

Sebagian besar informasi yang ada di Internet ditransmisikan secara tidak terstruktur melalui website. Informasi pada halaman web biasanya memuat konten utama, iklan, navigasi, dan informasi tambahan lainnya. Banyaknya informasi tersebut berakibat pada sulitnya untuk mendapatkan informasi inti, nilai dan pengetahuan yang relevan dalam bentuk informasi terstruktur, seperti basis data. Ekstraksi informasi merupakan suatu proses untuk mengubah informasi tidak terstruktur menjadi informasi terstruktur. Penggunaan metode ekstraksi informasi menggunakan ontologi disebut *Ontology-Based Information Extraction (OBIE)* bertujuan untuk menyediakan konten semantik untuk web semantik dan dapat melakukan proses ekstraksi secara *semi-automatic* (suatu metode yang dapat meminimalkan keterlibatan manusia dalam proses ekstraksi). Studi kasus untuk penerapan ekstraksi informasi ini dilakukan menggunakan *dataset "LonelyPlanet"*.

**Kata Kunci:** ekstraksi informasi, *Ontology-Based Information Extraction, OBIE, ontologi*

### PENDAHULUAN

Ekstraksi informasi merupakan suatu proses untuk mengubah informasi tidak terstruktur menjadi informasi terstruktur. Contoh informasi tidak terstruktur adalah informasi yang ada pada halaman web. Artikel-artikel yang dimuat pada suatu website sebagian besar berupa informasi tidak terstruktur, karena biasanya memuat informasi utama atau konten utama, iklan, navigasi, dan informasi tambahan lainnya. Banyaknya informasi tersebut berakibat pada sulitnya untuk mendapatkan inti informasi utama, sulit menemukan nilai dan pengetahuan

yang relevan dalam bentuk informasi terstruktur, seperti bentuk basis data. Mekanisme untuk mengekstraksi sekumpulan teks untuk mendapatkan fakta-fakta dalam bentuk *events* (kejadian), entitas, dan *relationship* (keterhubungan) dalam bentuk informasi terstruktur sebagai masukan untuk basis data atau ontologi disebut sebagai ekstraksi informasi (Piskorski dan Yangarber, 2013).

Pendekatan ekstraksi informasi awal dijelaskan oleh Appelt (1999) dibagi menjadi dua pendekatan yaitu *knowledge engineering* dan *machine learning*. Pendekatan *knowledge engineering* merupa-

kan suatu pendekatan ekstraksi yang dilakukan oleh seorang *knowledge engineer* (ahli/pakar) dimana proses ekstraksi dilakukan secara manual. Aturan *grammar rules* (tata bahasa) ditulis dengan tangan oleh ahli atau pakar dalam suatu domain aplikasi. Proses manual ini akan memakan waktu yang cukup lama. Kemudian mulai dikembangkan pendekatan *machine learning* yang merupakan pendekatan ekstraksi yang dilakukan dengan membentuk *rules* (aturan) secara otomatis dengan melakukan proses *training* (pelatihan) terhadap data yang ada.

Banyaknya sumber data yang akan diekstraksi juga akan menyulitkan manusia dalam melakukan proses ekstraksi secara manual. Ketersediaan sistem yang dapat mengekstraksi informasi dari teks secara otomatis, akan sangat membantu dalam proses ekstraksi informasi. Otomatisasi ekstraksi dengan *machine learning* memiliki kelebihan pada proses pengembangan yang tidak memerlukan banyak waktu, namun belum dapat mengatasi masalah penyediaan konten semantik untuk web semantik (Labsky, 2008).

Penggunaan ontologi dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pendekatan ekstraksi informasi yang menggunakan ontologi disebut sebagai *Ontology-Based Information Extraction* (OBIE) (Wimalasuriya dan Dou, 2009). Pendekatan ekstraksi dengan ontologi untuk mengekstraksi *instance* dari teks juga pernah dilakukan oleh Cimiano dkk. (2005) dan Wimalasuriya dan Dou (2009). Cimiano dkk. (2005) menggunakan hierarki konsep dari teks menggunakan teknik *clustering* dengan menggunakan pendekatan *Formal Concept Analysis* (FCA) untuk secara otomatis membentuk ontologi berdasarkan pada ekstraksi pengetahuan dari teks. Pendekatan FCA tersebut dievaluasi dengan membandingkan hasil hierarki konsep dari taksonomi yang dibangun secara manual pada domain *tourism* dan *finance*.

Penelitian lain yang menggunakan ontologi untuk ekstraksi informasi pernah dilakukan oleh Wimalasuriya dan Dou (2009). Teknik yang digunakan

berbeda dari penelitian sebelumnya yaitu dengan kombinasi *extraction rules* dan klasifikasi. Domain yang digunakan adalah tentang *terrorist attack*.

Ekstraksi informasi menggunakan pendekatan berbasis ontologi (OBIE) akan dibahas pada penelitian ini menggunakan teknik yang berbeda dari sebelumnya. Pada penelitian ini akan dibahas bagaimana melakukan ekstraksi informasi pada artikel dari sumber web. Studi kasus yang digunakan adalah ekstraksi data *tourism* dari penelitian Cimiano dkk. (2005). Penelitian ini menggunakan ontologi untuk ekstraksi informasi dengan mengkombinasikan metode *extraction rules* dan daftar *gazetteer* (*instance* dari suatu kelas). Tujuannya adalah untuk dapat menyediakan konten semantik untuk web semantik dan dapat melakukan ekstraksi secara *semiautomatic* (suatu metode yang dapat meminimalkan keterlibatan manusia dalam proses ekstraksi).

## METODE

Penelitian dimulai dengan memilih teks korpus dan domain ontologi yang relevan dengan jenis informasi yang akan diekstraksi. Teks korpus merupakan kumpulan teks dari koleksi halaman web yang akan dijadikan sebagai masukan pada proses ekstraksi. Sistem OBIE yang digunakan di sini dikembangkan dengan menggunakan metode *extraction rules* (aturan-aturan ekstraksi) dan *gazetteer list* (daftar *instance*).

Langkah awal dilakukan proses *training* untuk mengekstraksi informasi berkaitan dengan konsep domain studi kasus. Proses *training* diperlukan untuk pembentukan *extraction rules*. Implementasi akan menggunakan arsitektur GATE (*General Architecture for Text Engineering*) (Cunningham, 2002). *Extraction rules* ditulis ke dalam format *Java Annotation Pattern Engine* (JAPE) dan diinterpretasikan dalam GATE.

Studi kasus yang dipilih pada penelitian ini adalah ekstraksi informasi dari sumber teks pada halaman web (*webpages*) pada suatu domain spesifik. Ontologi berkaitan dengan konsep dalam suatu domain spesifik juga disediakan

diawal untuk mendukung tujuan penelitian. Data untuk *benchmark* evaluasi menggunakan *dataset* "Lonely Planet" yang merupakan *dataset* dalam domain *tourism* (Cimiano dkk., 2005).

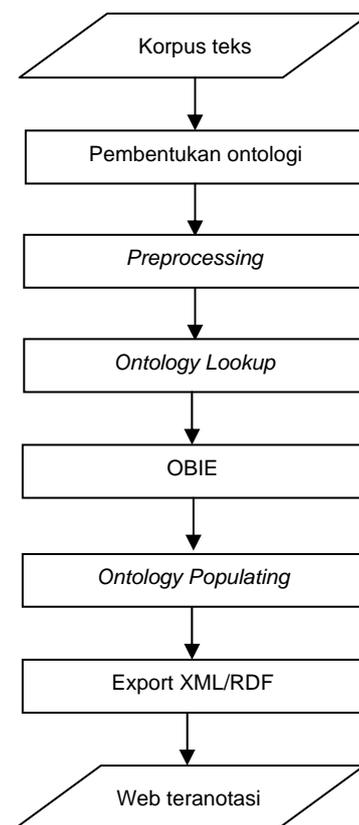
Sebelum memulai proses ekstraksi maka akan dilakukan *preprocessing* (pra-pemrosesan) dengan melakukan proses parsing teks. Parsing teks terdiri dari proses pemotongan kalimat (*Sentence Splitter*), pemotongan kata (*Tokenizer*), pemberian sintaksis informasi atau *Part of Speech* (POS) *Tagger* dan pemotongan frasa kata benda (*NP Chunker*). Tahapan awal ini bertujuan untuk mempersiapkan teks menjadi data yang dapat diproses sebagai masukan pada sistem ekstraksi informasi. Proses parsing dilakukan pada semua dokumen teks untuk mengidentifikasi semua kata benda (*noun*) atau frasa kata benda (*noun phrase*) dan konteksnya.

Proses pengembangan sistem ekstraksi informasi dengan menggunakan ontologi sebagai panduan digunakan untuk melakukan proses anotasi secara semantik dengan memberikan *link* pada entitas dalam teks menuju deskripsi semantik. Diagram alir untuk proses pengembangan sistem ekstraksi informasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Diagram alir proses pengembangan sistem ekstraksi dilakukan sebagai *pipeline* proses. Prosesnya dilakukan secara berurutan. Selesai proses yang satu, baru dapat beralih ke proses berikutnya. Pertama korpus teks masukan diproses ke dalam modul *preprocessing* untuk menghasilkan Ontologi akan digunakan untuk dihubungkan dengan teks melalui mekanisme anotasi semantik. Pemodelan ontologi untuk pembuatan API (*Application Programming Interface*) berdasarkan formalisasi OWL (*Ontology Web Language*), sedangkan untuk implementasi ontologi akan memanfaatkan OWLIM. Pengaturan untuk ontologi akan menggunakan GATE, dimana di dalamnya sudah tersedia fasilitas untuk editor ontologi, pembentukan daftar istilah (*OntoRoot Gazetteer*) dan sudah mendukung pembuatan *rules* dengan JAPE (*Java Annotatin Pattern Engine*). Fungsionalitas untuk pembentukan konsep baru dan

*instances*, pendefinisian *properties* baru dan nilai *property* dan penghapusan dapat dilakukan melalui ontologi editor dalam GATE. Ontologi yang akan digunakan sebagai panduan proses ekstraksi di sini menggunakan ontologi yang sudah disediakan pada *dataset*. Taksonomi dari ontologi *e-tourism* bernama GETESS pada *dataset* ditunjukkan pada Gambar 2.

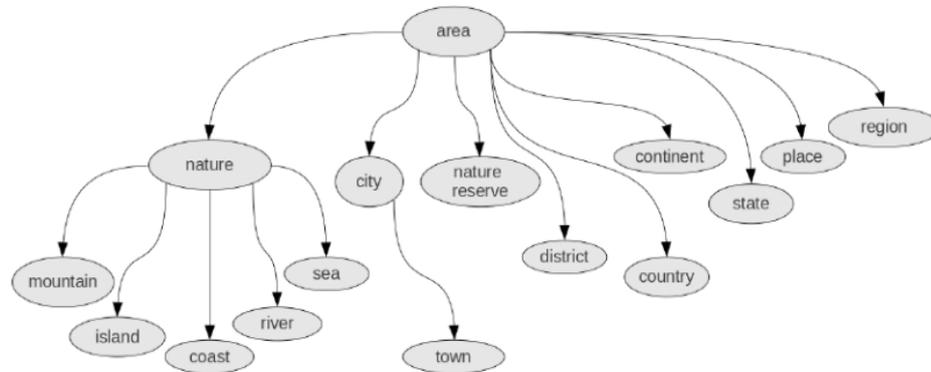
Format masukan yang dapat diterima oleh proses *Ontology lookup*. Hasil dari proses tersebut, kemudian diolah dalam modul OBIE untuk dapat dilakukan proses populasi ontologi. Selanjutnya hasil proses ekstraksi di-*export* ke dalam format XML/RDF. Keluaran dari proses tersebut berupa web teranotasi dan XML/RDF.



Gambar 1. Diagram alir proses pengembangan sistem ekstraksi informasi

Detail untuk sistem OBIE dijelaskan menggunakan arsitektur GATE. Komponen arsitektur GATE akan menggunakan arsitektur *Ontology-based Ga-*

zetteer (Cunningham dkk., 2011) seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Taksonomi *gold standard* untuk dataset “LonelyPlanet”

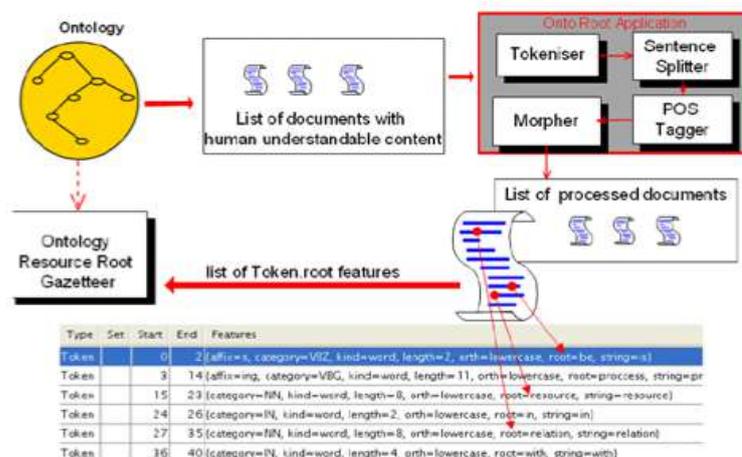
GATE akan dikoneksikan dengan OWLIM untuk membaca domain ontologi dan menyimpan hasil. Domain ontologi dimuat ke dalam GATE, kemudian teks akan dianotasi sesuai dengan kemunculan *instance* dalam teks dan nilai *property*. Komponen ekstraksi informasi akan menggunakan komponen bahasa (*Language Resource*) yang terdiri dari ontologi panduan dan korpus dokumen untuk ekstraksi teks. Korpus teks akan diproses sebagai masukan dalam aplikasi *OntoRoot*. Komponen pemrosesan (*Processing Resource*) menggunakan *OntoRoot* yang terdiri dari komponen *Tokenizer*, *Sentence Splitter*, *POS Tagger*, dan *Morpher*.

Hasil pemrosesan berupa ano-

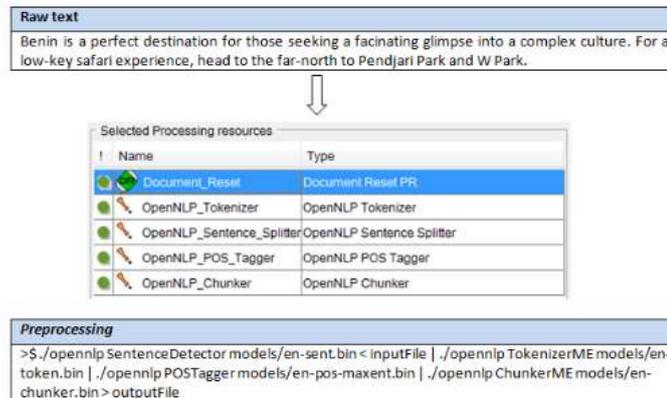
tasi dengan fitur sesuai dengan *gazetteer* pada ontologi. Setiap hasil *link* anotasi dari teks akan dipopulasi ke dalam domain ontologi yang digunakan. Hasil populasi adalah informasi terekstraksi yang akan di-export ke dalam bentuk XML/RDF.

### PEMBAHASAN

Implementasi *preprocessing* melibatkan modul untuk ekstraksi informasi secara sintaksis dan leksikal dari teks, terdiri dari *Sentence Splitter*, *Tokenizer*, *POS Tagger*, dan *Chunker*. Implementasi *preprocessing* dijalankan sebagai komponen pemrosesan menggunakan tools Apache OpenNLP (Gambar 4).



Gambar 3. Ontology Based Gazetteer (Cunningham dkk., 2011)



Gambar 4. Implementasi *preprocessing* dengan OpenNLP

Proses pembentukan ontologi diimplementasikan menggunakan komponen ontologi yang terintegrasi dalam GATE. Proses inialisasi dilakukan dengan memuat *OWLIM Ontology* baru ke dalam aplikasi sebagai komponen *Language Resource* (LR).

Implementasi *Ontology Lookup* dijalankan sebagai *pipelinedari Processing Resource* (PR). Implementasi *Ontology Lookup* terdiri dai komponen antara lain:

*Morpher*, pemrosesan sumber

digunakan untuk mendapatkan lemma dari token (kata).

*Gazetteer*, mengklasifikasikan tipe kata yang ada seperti *cities, organization, countries, dates*, dan lain-lain.

*Lookup*, menggunakan lemma dari token untuk melakukan *pattern matching*(pencocokan pola) untuk mendapatkan entitas nama.

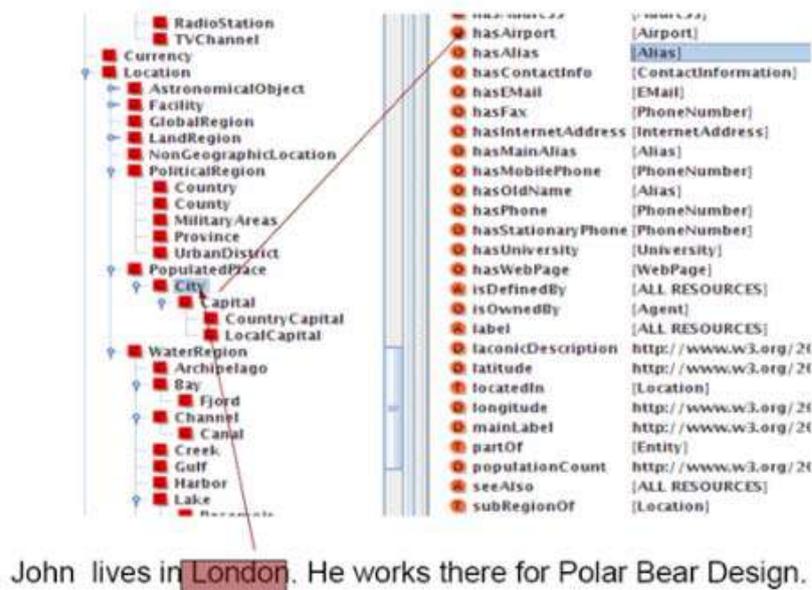
Contoh hasil implementasi *Lookup* sesuai dengan ontologi panduan untuk ekstraksi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil pencocokan rules

Proses populasi ontologi merupakan proses untuk mendapatkan *instance* teks ke dalam ontologi, kemudian menghubungkannya *link* dari

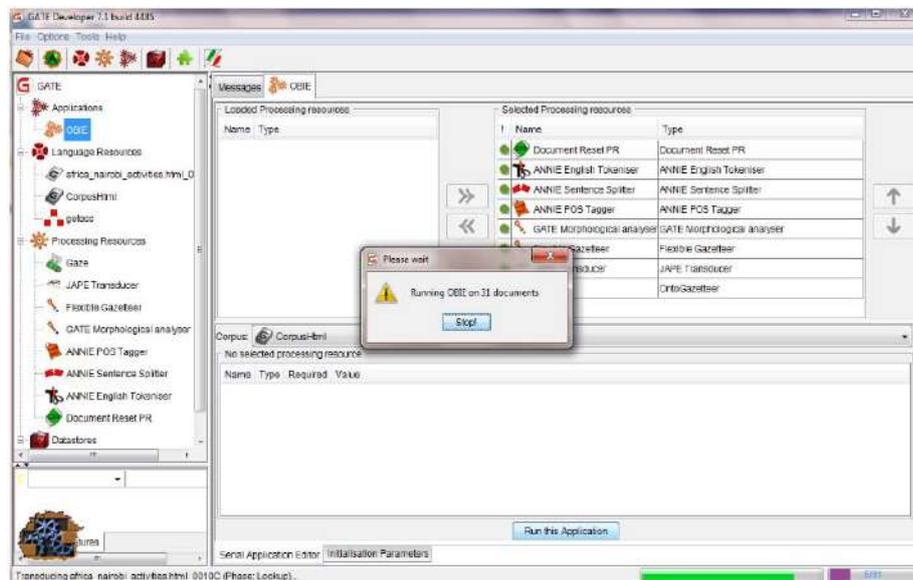
*instance* dari konsep dalam ontologi. Gambar 6. menunjukkan contoh hasil anotasi "London" dipopulasi sebagai *instance* ontologi pada *class* "City".



Gambar 6. Populasi ontologi

Hasil implementasi sistem OBIE dijalankan sebagai komponen pemrosesan dalam GATE. Komponen pemrosesan disimpan sebagai satu sumber *resource* aplikasi berekstensi “gapp”

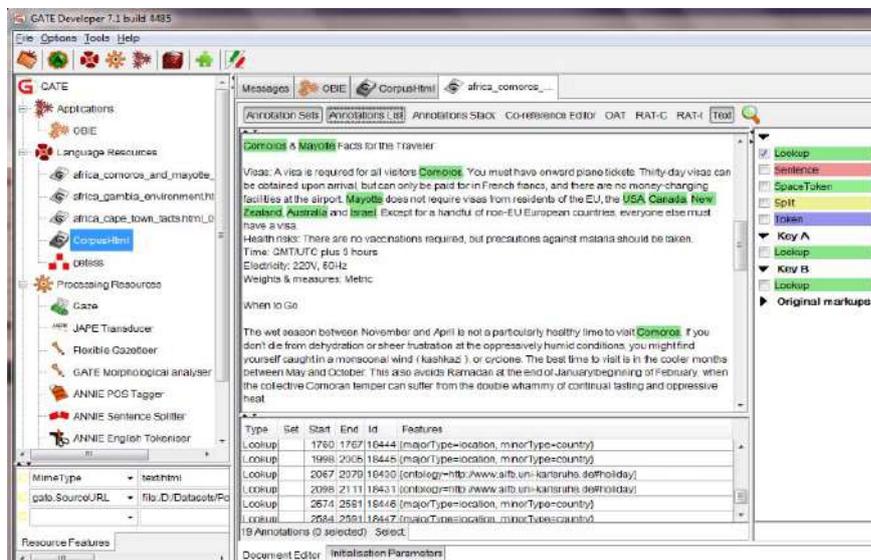
atau “xgapp”. Implementasi sistem OBIE dijalankan sebagai *pipeline* komponen pemrosesan seperti terlihat pada Gambar 7. Ekstraksi korpus dilakukan dengan menjalankan aplikasi.



Gambar 7. Menjalankan aplikasi OBIE

Hasil proses *ontology lookup* pada korpus ditunjukkan pada Gambar 8. Keterangan tipe anotasi dapat dilihat pada bagian tengah bawah pada jendela

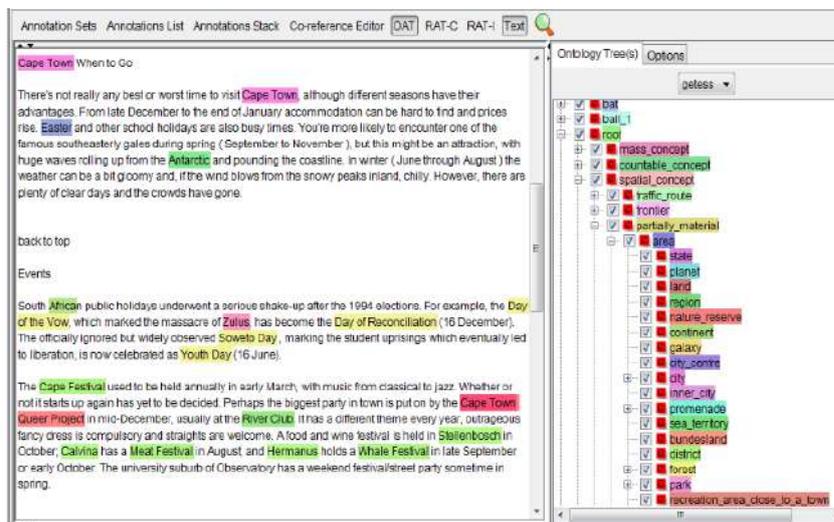
aplikasi. Hasil anotasi menggunakan OAT (*Ontology Annotation Tools*) dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Hasil Lookup

Kata/frasa pada teks di bagian tengah jendela aplikasi diberi pelabelan berdasarkan ontologi pada bagian kanan

jendela aplikasi. Keterangan tipe dan fitur kata/frasa yang menghubungkan ke kelas dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Hasil anotasi menggunakan OAT

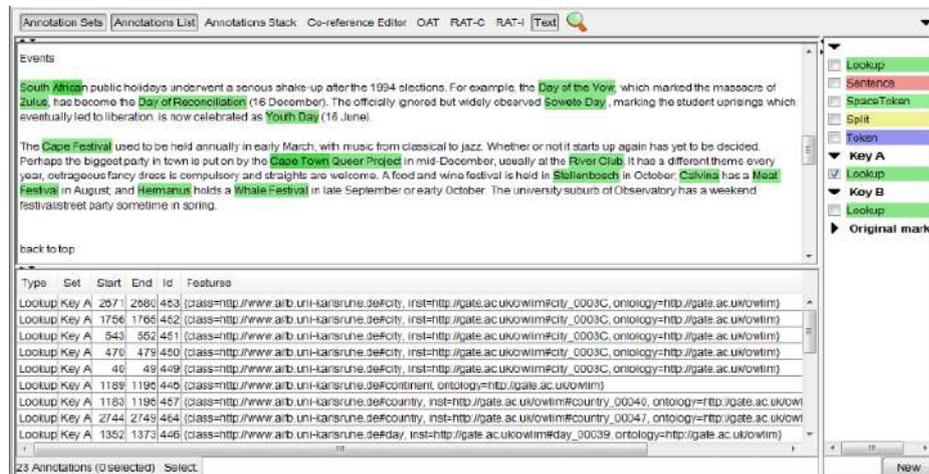
Setelah proses ekstraksi selesai, selanjutnya dilakukan evaluasi pengujian untuk mengidentifikasi *named entity* (entitas bernama) pada sistem OBIE pada penelitian ini yang diujikan menggunakan 30 *datatesting* dari *dataset* "LonelyPlanet". Evaluasi pengujian performa menggunakan *Corpus Benchmark Tool* (CBT) pada GATE. Hasil

pengujian dengan menggunakan CBT menunjukkan hasil Presisi 73%, Recall 62% dan F-Measure 67%.

Hasil evaluasi ini dengan menggunakan *dataset* yang sama dengan penelitian Cimiano dkk. (2005) menunjukkan peningkatan kinerja F-Measure, dimana pada penelitian Cimiano dkk. (2005) nilai Presisi 29,33%,

Recall 65,49% dan *F-Measure* 40,52%. Nilai *F-Measure* dipilih karena merupakan nilai rata-rata harmonik dari Presisi dan Recall. Semakin tinggi nilai *F-*

*Measure* di sini menunjukkan kinerja sistem yang cukup baik.



Gambar 10. Link hasil anotasi ke instance dari ontologi

## KESIMPULAN

Ekstraksi informasi dari sumber web telah dilakukan dengan menjalankan proses ekstraksi dengan menggunakan panduan ontologi yang sudah ada. Proses ekstraksi ini disebut sebagai *Ontology-Based Information Extraction* (OBIE). Sistem ekstraksi yang dikembangkan menggunakan arsitektur GATE ini telah diuji coba menggunakan dataset "LonelyPlanet". Hasil evaluasi pengujian yang telah dilakukan menunjukkan hasil peningkatan kinerja yang ditunjukkan dengan peningkatan hasil *F-Measure* bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Cimiano, 2005) dengan menggunakan dataset uji yang sama. Evaluasi menggunakan *Corpus Benchmark Tool* (CBT) pada GATE menunjukkan hasil Presisi 73%, Recall 62% dan *F-Measure* 67%.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan ontologi untuk ekstraksi informasi merupakan pendekatan yang menjanjikan hasil performa yang dapat terus ditingkatkan untuk penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Appelt, D.E., 1999, Introduction to Information Extraction, *Ai Communication*, No. 3, Vol. 12, hal. 161-172.
- Cimiano, P., Hotho, A. dan Staab, S., 2005, Learning concept hierarchies from text corpora using formal concept analysis, *Journal of Artificial Intelligence Research*, Vol. 24, hal. 305-339.
- Cunningham, 2002, GATE A General Architecture of Text Engineering, *Computers and the Humanities*, No. 2, Vol. 36, hal. 223-254.
- Cunningham, H., Maynard, D., Bontcheva, K., Tablan, V., Aswani, N., Robert, I., Gorrell, G., Funk, A., Roberts, A., Damljanovic, D., Heitz, T., Greenwood, M.A., Saggion, H., Petrak, J., Li, Y. dan Peters, W., 2011, *Text Processing with GATE (Version 6)*, Department of Computer Science University of Sheffield.
- Labsky, M., 2008, Information Extraction from Website using Extraction Ontologies, *Disertasi*, University of Economic Prague.
- Piskorski, J. dan Yangarber, R., 2013, *Information Extraction: Past,*

*Present and Future*, In: T. Poibeau *et al.*, eds., *Multi-source, Multilingual Information Extraction and Summarization*, Springer-Verlag, Berlin.

Wimalasuriya, D.C. dan Dou, D., 2009, Ontology-Based Information Extraction: An Introduction and a Survey of Current Approach, *Journal of Information Science*, No. X, Vol. XX, hal. 1-20.

## IMPLEMENTASI SEGMENTASI PEMBULUH DARAH RETINA PADA CITRA FUNDUS MATA BERBASIS *HISTOGRAM EQUALIZATION* DAN *2D-GABOR FILTER*

Fahmi Arya Wicaksono<sup>1</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Trunojoyo Madura

Masuk: 19 Oktober 2014, revisi masuk : 8 Januari 2015, diterima: 30 Januari 2015

### ABSTRACT

*Medical Technology is growing by the growth of the era. The detection of illness which is suffered by human can be detected earlier by doing observation of the symptom that emerge from the sufferer. The observation of the symptom can be done to the human organs which are probably changing because of illness, for example: the retina of eye. The changing of the structure can be seen is the blood vessel which becomes bigger or the disorder of the blood vessel of the retina of eye. In order to detect the illness, initial stage is to perform segmentation of the blood vessel. This study is using 2D-Gabor filters for segmenting the image. It is divided into 2 stages, namely preprocessing and segmentation. In the early stage of preprocessing consists of taking the green channel image, and improve the image contrast by Histogram Equalization. And the second stage is segmentation by 2D-Gabor filter method, thresholding the image, clean up the image of the noise, and the field of view. Then the results of the process compared with the groundtruth image to calculate the level of accuracy. The test performed on a database of Digital Retinal Images for Vessel Extraction (DRIVE) as many as 20 images. The accuracy of the results obtained from this test was 81.11%. The image of the result of segmentation is quite good, so the 2D-Gabor filter can be properly segmenting.*

**Keywords:** *Segmentation of Retinal Blood Vessel, Eye Fundus Image, Histogram Equalization, 2D-Gabor Filters*

### INTISARI

Dengan berkembangnya jaman semakin berkembang juga teknologi kedokteran. Pendeteksian penyakit yang diderita manusia dapat dideteksi secara dini dengan melakukan peninjauan gejala yang muncul dari penderitanya. Peninjauan gejala dapat dilakukan pada organ-organ tubuh yang mungkin mengalami perubahan struktur karena suatu penyakit contohnya yaitu pada retina mata. Perubahan struktur yang dapat dilihat yaitu perubahan dari pembuluh darah yang semakin membesar atau kelainan dari pembuluh darah dari retina mata. Untuk mendeteksi penyakit tersebut, tahap awal yang melakukan segmentasi pada pembuluh darah. Pada penelitian ini menggunakan metode *2D-Gabor Filter* untuk mensegmentasi citra. Penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap, yaitu *preprocessing* dan segmentasi. Pada tahap awal *preprocessing* terdiri dari mengambil citra *green channel*, dan memperbaiki kontras citra dengan *Histogram Equalization*. Dan tahap kedua yaitu segmentasi dengan metode *2D-Gabor Filter*, *thresholding* citra, membersihkan citra dari *noise*, dan *field of view*. Kemudian hasil dari proses tersebut dibandingkan dengan citra *groundtruth* untuk menghitung tingkat akurasi. Pengujian dilakukan pada *database Digital Retinal Images for Vessel Extraction (DRIVE)* sebanyak 20 citra. Hasil Akurasi yang didapat dari pengujian tersebut sebesar 81,11%. Citra hasil dari segmentasi cukup baik, sehingga *2D-Gabor Filter* bisa mensegmentasi dengan baik.

**Kata kunci:** *Segmentasi Pembuluh Darah Retina, Citra Fundus Mata, Histogram Equalization, 2D-Gabor Filter.*

---

<sup>1</sup>[valentino.arya@gmail.com](mailto:valentino.arya@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Pada saat ini, teknologi kedokteran didunia semakin berkembang pesat. Pendeteksian penyakit yang diderita manusia dapat dideteksi secara dini dengan melakukan peninjauan gejala yang muncul dari penderitanya. Peninjauan gejala dapat dilakukan pada organ-organ tubuh yang mungkin mengalami perubahan struktur karena suatu penyakit. Salah satu organ tubuh yang dapat dilakukan pendeteksian yaitu mata.

Salah satu dari beberapa bagian pada mata yang dapat dijadikan acuan untuk mendiagnosa suatu penyakit yang diderita oleh manusia adalah retina, yaitu pada pembuluh darahnya. Dari pembuluh darah pada retina mata bisa didapatkan informasi mengenai ketidaknormalan dengan ditandai dari kelainan atau dengan membesarnya pembuluh darah retina tersebut yang disebabkan oleh penyakit tertentu. Agar pembuluh darah dapat dipetakan dan mudah untuk menilai karakteristik dari pembuluh darah, maka dilakukanlah segmentasi terhadap pembuluh darah tersebut (Mandasari, 2012).

Sebelum melakukan proses segmentasi, selalu dilakukan proses *preprocessing* terlebih dahulu. Proses *preprocessing* bertujuan untuk memperbaiki citra sebelum dilakukan segmentasi agar hasil segmentasi maksimal. Citra diambil komponen warnanya (*channel*). Bukan sampai disitu saja, perbaikan citra dapat juga dilakukan setelahnya dengan menambahkan intensitasnya

Dalam penelitian ini diimplementasikan segmentasi dengan *Histogram Equalization* dan metode *2D-Gabor filter*. Alur implementasi ini terdiri dari *preprocessing* (perbaikan citra) dan segmentasi. Pada *preprocessing* digunakan *Histogram Equalization* dan pada segmentasi digunakan metode *2D-Gabor Filter*.

Pada umumnya peneliti banyak menggunakan CLAHE untuk proses perbaikan citra pada segmentasi untuk citra medis. Tetapi pada penelitian ini digunakan *Histogram Equalization* sebagai perbaikan citra. Untuk proses

kedua, yaitu segmentasi digunakan metode *2D-Gabor Filter*. *2D-Gabor Filter* dirasa cukup baik untuk mempertegas beda dari pembuluh darah dan backgroundnya.

Dan tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan metode *2D-Gabor Filter* untuk mensegmentasi pembuluh darah retina pada citra fundus mata. Mendapatkan tingkat akurasi hasil segmentasi dan membandingkannya dengan *groundtruth*. Hasil penelitian ini dapat digunakan lebih lanjut untuk memperoleh lokasi *Nerve Optic Head* dan untuk membedakan antara *Blood Vessel* dengan *Exudates (Hard and cotton wool spot)*.

## METODE

Tahap *preprocessing* berguna untuk mempermudah proses segmentasi. Untuk *preprocessing* digunakan *green channel* dan *Histogram Equalization*.

*Green Channel* merupakan komponen dalam citra. Untuk tahap *preprocessing*, yang pertama akan dilakukan yaitu merubah citra ke citra *green channel*s. Citra *green channel* dipilih karena mempunyai tingkat kontras yang baik, sedangkan jika menggunakan *red channel* citra menjadi terlalu cerah. Dan jika menggunakan *blue channel* citra akan menjadi terlalu gelap dan mempunyai banyak *noise* (Rahmah, 2010)

Pada proses selanjutnya yaitu untuk memperbaiki kualitas pada citra dengan menggunakan *Histogram Equalization*. Tujuan menggunakan *Histogram Equalization* adalah agar citra mempunyai histogram dengan sebaran tingkat keabuan citra yang merata. Untuk penyebaran tingkat keabuan citra terhadap histogram awal dilakukan dengan memetakan setiap nilai piksel pada histogram awal menjadi nilai piksel baru. Distribusi ulang dapat ditulis dengan persamaan seperti pada Persamaan 1 (Putra,2012) :

$$n(g) = \max\left(0, \text{round}\left(\left(L-1\right) * \frac{c(g)}{N}\right) - 1\right) \dots (1)$$

Dengan  $n(g)$  menyatakan nilai piksel,  $N$  merupakan jumlah piksel,  $g$  merupakan

histogram awal yang nilainya dari 1... , L-1 : L merupakan nilai level grey maksimal, untuk  $c(g)$  merupakan jumlah piksel yang berjumlah sama dengan  $g$  atau kurang, yang dapat ditunjukkan pada Persamaan 2 adalah sebagai berikut :

$$c(g) = \sum_{F_i}^g h(i), g = 1, 2, 3, \dots, L-1 \dots\dots\dots (2)$$

dengan  $h(.)$  adalah histogram awal.

2D-Gabor filter salah satu fungsi linier untuk pendeteksian tepi. Pada 2D-Gabor filter, perhitungannya merupakan gabungan dari fungsi gaussian yang terdiri dari frekuensi, orientasi, dan gelombang sinoisoidal (Mandasari, 2012)

Metode 2D-Gabor filter berfungsi untuk mengurangi ciri yang tidak dibutuhkan dalam citra. 2D-Gabor filter sangat baik untuk menggambarkan bentuk dan mendeteksi ciri. Dengan memodulasi berbagai pemodelan frekuensi dari fungsi gaussian, 2D-Gabor filter dapat ditunjukkan pada Persamaan 3 (Mandasari, 2012) :

$$G(x, y) = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x_1^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_1^2}{\sigma_y^2}\right)\right\} \cos(2\pi x_1 f) \dots\dots\dots (3)$$

Dengan nilai  $x_1 = x \cdot \cos\theta - y \cdot \sin\theta$  dan nilai  $y_1 = x \cdot \sin\theta + y \cdot \cos\theta$ .

Untuk menerapkan 2D-Gabor filter, citra dirotasi dengan arah yang berbeda-beda sebanyak 12 rotasi dan untuk perulangan rotasinya dengan sudut 15°, sehingga akan didapatkan *template* dengan hasil citra yang berbeda-beda sebanyak 12 filter. Kemudian dicari maksimal respon untuk mendapatkan hasil citra segmentasi yang baik. Dari 12 *template* tersebut dibandingkan dan dicari nilai maksimalnya. Setelah itu terpilihah *template* dengan warna yang paling hitam (Mandasari, 2012)

Binerisasi adalah dirubahnya warna masing-masing region pixel gambar menjadi bernilai 0 atau 255, Sehingga citra berwarna hitam atau putih. Pada proses binerisasi, digunakan *thresholding* yang menjadi nilai ambang. *Threshold* menentukan nilai gray level

tertentu yang akan diubah menjadi piksel bernilai 0 atau 255.

Operasi morfologi digunakan untuk memperbaiki citra segmentasi dengan *structuring element* sebagai *mask*. *Structuring element* digunakan pada saat citra diproses untuk mendapatkan citra baru dengan ukuran citra yang sama. *Structuring element* terdiri dari suatu nilai yang berpusat di tengah. *Structuring element* dapat disebut juga dengan *mask* karena *structuring element* dikonvolusi dengan citra.

Dilasi merupakan operasi yang merubah suatu obyek menjadi tebal atau berkembang sesuai dengan ukuran dan bentuk dari *structuring element* yang digunakan. Operasi dilasi dapat didefinisikan seperti pada Persamaan berikut [4].

$$D(x, y) = f(x, y) \oplus h(xy) \dots\dots\dots (4)$$

Noise merupakan gangguan pada citra berupa bintang-bintang. Noise harus diatasi sebelum citra dianalisa. Karena adanya *noise* dapat mengurangi tingkat akurasi dari segmentasi. Penanganan *noise* dapat berupa proses *filtering* atau dengan menghapus piksel dengan ukuran tertentu. Salah satunya adalah dengan menghapus area pada citra yang memiliki ukuran tertentu. Untuk menghapus *noise*, digunakan operasi morfologi opening.

Operasi morfologi opening merupakan operasi morfologi yang terdiri dari 2 proses dasar, yakni dilasi dan erosi. Operasi morfologi opening adalah proses operasi morfologi erosi yang diikuti oleh operasi morfologi dilasi. Pada penghapusan *noise*, ukuran *structuring element* berpengaruh pada penghapusan *noise*. Jika ukuran *structuring element* kecil, maka *noise* kecil saja yang terhapus.

*Overlapping* digunakan untuk menghilangkan tepi pada citra. *Overlapping* merupakan penjumlahan dari citra *masking* yang nilainya dinegatifkan dengan hasil binerisasi setelah *noise* dihilangkan yang nilainya dinegatifkan. Ditunjukkan dalam sebuah Persamaan 6 seperti berikut :

$$\text{Overlapping} = \sim M + (\sim E) \dots \dots (6)$$

Dengan  $M$  menyatakan *masking* dari citra fundus dan  $E$  merupakan hasil binerisasi setelah *noise* dihilangkan.

*Field of View* merupakan cara untuk menghilangkan tepi dengan membuat *masking* citra dari citra fundus yang diproses pada saat itu juga. Terdapat beberapa tahapan untuk membuat *masking* citra, yaitu :

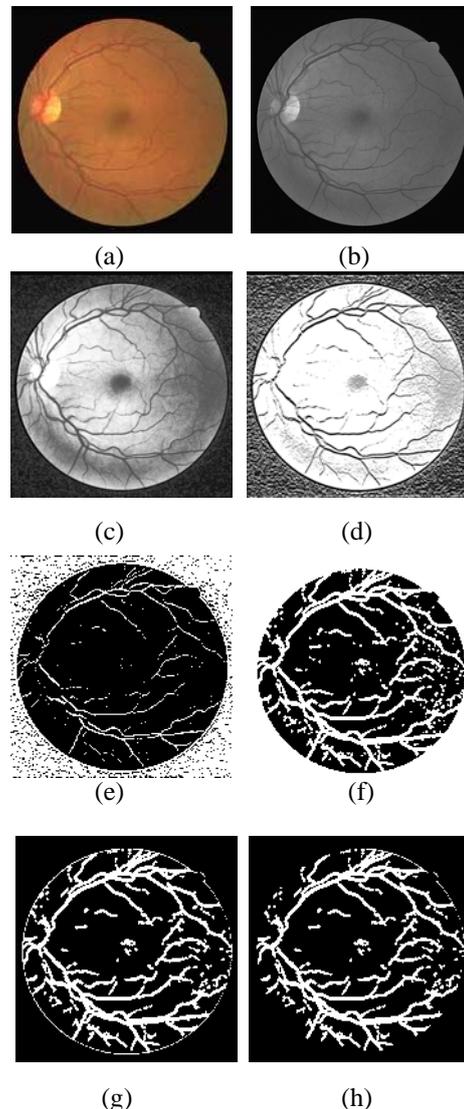
Pertama yaitu merubah citra fundus menjadi citra *red channel*. Mengubah citra fundus mata menjadi *red channel* menghasilkan citra yang terlalu terang. Untuk membuat *masking*, pembuluh darah akan diabaikan, sehingga citra yang terlalu terang lebih mudah diproses untuk mendapatkan citra *masking*.

Kedua, proses merubah *red channel* menjadi citra biner (hitam putih). Citra *red channel* memberi efek kontras pada obyek fundus. Efek tersebut dengan mudah membagi citra menjadi *background* dan *foreground*. Untuk menyamakan nilai piksel, citra *red channel* dirubah menjadi citra biner. Hasil yang didapat berupa *masking* dari citra tersebut.

Sedangkan untuk menghilangkan tepi citra, dilakukan tahap sebagai berikut: pertama, Citra tepi berbentuk seperti cincin. Citra dideteksi dari citra *masking*. Citra ini digunakan untuk menghapus tepi pada citra hasil.

Kedua, Operasi morfologi dilasi dilakukan untuk menebalkan tepi dari citra tepi. Penebalan diperlukan agar tepi pada citra hasil yang ikut menebal karena operasi morfologi dapat hilang dengan citra tepi yang tebal. Namun, citra tepi tidak boleh terlalu tebal. Jika terlalu tebal maka pembuluh darah pada citra hasil ikut terhapus.

Ketiga, mencocokkan citra hasil segmentasi dengan citra tepi yang telah tebal. piksel pada citra tepi jika berwarna putih (bernilai 0) maka pada citra hasil segmentasi diubah menjadi warna hitam (bernilai 1) (Rahmawati, 2012)



Gambar 1. (a) Citra Masukan; (b) Citra Green Channel; (c) Citra hasil Histogram Equalization; (d) Citra hasil segmentasi; (e) Citra setelah dibinerisasi; (f) Citra hasil morfologi; (g) Citra hasil *overlay* dan *noise removal*; (h) Citra hasil *field of view*.

Untuk perhitungan tingkat akurasi, akan digunakan *Balance Accuracy*. *Balance accuracy* digunakan untuk menghindari kenaikan kinerja pada data yang tidak seimbang. Akurasi ini merupakan rata-rata dari *sensitivity* dan *specificity* (Brodersen, 2010). *Sensitivity* dan *specificity* dituliskan pada Persamaan 5 dan Persamaan 6 sebagai berikut :

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP+FN} \dots\dots\dots (5)$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN+FP} \dots\dots\dots (6)$$

*Sensitivity* adalah untuk perhitungan yang benar dianggap sebagai pembuluh darah maupun yang terdeteksi sebagai pembuluh darah. *Specificity* adalah untuk perhitungan yang bukan termasuk terdeteksi sebagai pembuluh darah. Rumus *Balance accuracy* dituliskan pada Persamaan 7 sebagai berikut :

$$Akurasi = \frac{Sensitivity+Specificity}{2} \dots\dots\dots (7)$$

**PEMBAHASAN**

Data yang digunakan adalah data dari dataset DRIVE (Image Science Institute, 2010) yang merupakan citra fundus mata berwarna sejumlah 20 citra dengan ukuran masing-masing citra 565 x 584 piksel. Foto-foto untuk database DRIVE yang diperoleh dari program skrining *Diabetic Retinopathy* di Belanda. Populasi skrining terdiri dari 400 subyek diabetes antara 25-90 tahun ((Image Science Institute, 2010). *Database* terdiri dari 40 citra yang terbagi menjadi 20 citra *testing* dan 20 citra *training*. Masing-masing citra *testing* maupun *training*, terdapat citra fundus mata berwarna, citra *groundtruth*, dan citra *masking*.

Hasil uji coba terhadap ukuran structuring element yang berbeda-beda. Untuk uji coba 1 membandingkan tingkat akurasi terhadap ukuran *structuring element* yang berbeda-beda. Ukuran *structuring element* diberikan secara berulang dari ukuran 1, 2, dan 3 dengan bentuk *structuring element disk* pada saat proses segmentasi.

Pada Tabel 1 berikut menampilkan hasil keluaran citra dengan dengan ukuran *structuring element* 1, 2, dan 3 dengan bentuk *structuring element* berupa *disk*.

Hasil uji coba terhadap nilai standart deviasi yang berbeda-beda. Untuk uji coba 2 membandingkan tingkat akurasi terhadap nilai nilai standart deviasi yang berbeda-beda.

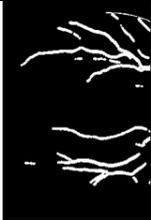
Tabel 1. Hasil uji coba terhadap ukuran structuring element

Uji Coba 1	Uji Coba 2	Uji Coba 3
Citra 01_Hasil		
		
Akurasi = 83,19 % <i>Sensitivity</i> = 0,7168	Akurasi = 83,56 % <i>Sensitivity</i> = 0,7771	Akurasi = 82,79% <i>Sensitivity</i> = 0,8128
Citra 02_Hasil		
		
Akurasi = 83,63 % <i>Sensitivity</i> = 0,7167	Akurasi = 84,44 % <i>Sensitivity</i> = 0,7807	Akurasi = 83,94 % <i>Sensitivity</i> = 0,8143
Rata-rata 20 citra: Akurasi = 80,42% <i>Sensitivity</i> = 0,6550	Rata-rata 20 citra: Akurasi = 81,11 % <i>Sensitivity</i> = 0,7198	Rata-rata 20 citra: Akurasi = 80,57 % <i>Sensitivity</i> = 0,7552

Nilai standart deviasi diberikan secara berulang dari nilai *Sx* = 7, 8, dan 9 pada saat proses segmentasi. Untuk nilai standart deviasi *Sy* tetap bernilai 2.

Pada Tabel 2 berikut menampilkan hasil keluaran citra dengan nilai standart deviasi  $S_x = 7, 8, \text{ dan } 9$ .

Uji Coba 1	Uji Coba 2	Uji Coba 3
Citra 01_Hasil		
		
Akurasi = 74,25 %	Akurasi = 83,56 %	Akurasi = 78,64%
<i>Sensitivity</i> = 0,4833	<i>Sensitivity</i> = 0,7771	<i>Sensitivity</i> = 0,9291

Citra 02_Hasil		
		
Akurasi = 71,52 %	Akurasi = 84,44 %	Akurasi = 80,33 %
<i>Sensitivity</i> = 0,4589	<i>Sensitivity</i> = 0,7807	<i>Sensitivity</i> = 0,9413
Rata-rata 20 citra:	Rata-rata 20 citra:	Rata-rata 20 citra:
Akurasi = 68,47 %	Akurasi = 81,11 %	Akurasi = 76,51 %
<i>Sensitivity</i> = 0,3949	<i>Sensitivity</i> = 0,7198	<i>Sensitivity</i> = 0,8980

### KESIMPULAN

Dari hasil percobaan segmentasi pembuluh darah menggunakan metode *2D-Gabor Filter* dapat diketahui bahwa

*2D-Gabor Filter* cukup baik digunakan untuk proses segmentasi.

Uji coba yang dilakukan pada dua skenario uji yang masing-masing terdiri dari 3 uji coba. Skenario uji coba pertama adalah uji coba dengan ukuran *structuring element* yang berbeda. Uji coba menggunakan *structuring element* bentuk *disk*. Ukuran *structuring element* yang berbeda terdiri dari 2, 3, dan 4. Dari skenario uji pertama dihasilkan citra segmentasi dengan rata-rata akurasi sebesar 80,42 %, 81,11 % dan 80,57 %.

Skenario uji coba kedua adalah uji coba dengan nilai standar deviasi yang berbeda. Uji coba menggunakan standar deviasi tetap, yakni dengan  $S_y = 2$  dan frekuensi 0.1. Nilai standar deviasi yang berbeda terdiri dari 7, 8, dan 9. Dari skenario uji kedua dihasilkan citra segmentasi dengan rata-rata akurasi sebesar 68,47 %, 81,11%, dan 76,51 %.

Dari dua skenario uji, masing-masing diambil salah satu uji coba dengan hasil citra segmentasi yang bagus. Citra segmentasi yang bagus adalah ketika terdapat sedikit *noise* atau tidak sama sekali dan banyak pembuluh darah terdeteksi pada citra segmentasi.

Dari acuan tersebut, untuk skenario uji pertama yang memenuhi syarat adalah pada uji coba 2 dengan ukuran *structuring element* sebesar 2. Rata-rata akurasinya sebesar 81,11 %. Untuk skenario kedua yang memenuhi syarat adalah pada uji coba 2 dengan nilai standar deviasi sebesar 8. Rata-rata akurasinya sebesar 81,11%. Dapat disimpulkan bahwa ukuran *structure element* berpengaruh terhadap tingkat akurasi segmentasi citra dalam proses segmentasi. Apabila tidak menggunakan *structuring element* yang tepat, maka tingkat akurasi yang didapat kecil. Dibutuhkan beberapa kali percobaan untuk menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dengan ukuran *structuring element* yang tepat. Dan perubahan nilai standar deviasi juga mempengaruhi tingkat akurasi segmentasi citra. Semakin kecil nilai standar deviasi, maka citra hasil segmentasi yang terdeteksi tidak detail karena pembuluh darah banyak yang hilang saat proses *noise removal* karena dianggap sebagai *noise*. Sedangkan jika

nilai standar deviasi semakin besar maka citra hasil segmentasi akan terdeteksi semakin jelas mendekati *groundtruth*. Namun jika nilai standar deviasi yang diberikan melebihi batas optimal, maka akan muncul banyak noise pada citra yang mengakibatkan penurunan nilai akurasi.

Penelitian tentang segmentasi pembuluh darah, dapat dilakukan dengan menggunakan metode yang berbeda untuk menghasilkan cita segmentasi yang lebih bagus. Selain itu, penelitian tentang fundus mata bukan hanya tentang segmentasi pembuluh darah. Penelitian yang lainnya dapat berupa deteksi *Nerve Optic Head*, membedakan pembuluh darah dengan *exudate*, dan deteksi penyakit *diabetic rethinopathy*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Mandasari, H. R., Tjandrasa, H., Wijaya, A.Y. Segmentasi Pembuluh Darah Retina pada Citra Fundus Mata dengan 2D-Gabor Filter. Surabaya : Fakultas Teknologi Informasi ITS. Jamilah, Hartini.S. (2012) Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Subkontrak Menggunakan Metode Entropy dan TOPSIS, *IJCCS, Vol.5 No.2.*
- Image Science Institute. DRIVE (*Digital Retinal Image Vessel Extraction*). URL:<http://www.isi.uu.nl/Research/Databases/DRIVE>, diakses pada tanggal 30 September 2013.
- Rahmah, D. N., Tjandrasa, H., Yuniarti, A. Implementasi Segmentasi Pembuluh Darah Retina pada Citra Fundus Mata Berwarna Menggunakan Pendekatan Morfologi Adaptif. Surabaya : Fakultas Teknologi Informasi ITS.
- Putra, I. K., Suarjana, I. G. Segmentasi Citra Retina Digital Retinopati Diabetes Untuk Membantu Pendeteksian Mikroaneurisma. Bali : Kampus Bukit Jimbaran.
- Rahmawati, I., Tjandrasa, H., Arieshanti, I. Implementasi Model Segmentasi Pembuluh pada Citra Retina Fundus Menggunakan Algoritma *Modular Supervised*. Surabaya : Fakultas Teknologi Informasi ITS. 2012
- Brodersen, K.H., Ong, C.S., Stephany, K.E., Buhmann, J.M. *The Balanced Accuracy and Its Posterior Distribution*. Switzerland : International Conference on Pattern Recognition 2010.

## SISTEM REKOMENDASI PEMBELAJARAN PADA *E-LEARNING* MENGGUNAKAN ALGORITMA *CT-PRO*

Khoirul Ummah<sup>1</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Trunojoyo Madura

Masuk: 4 September 2014, revisi masuk : 11 Januari 2015, diterima: 26 Januari 2015

### ABSTRACT

*The progress of information technology in education, especially the use of e-learning in education institutions developed rapidly, SMA 2 Pamekasan was an example of schools that could use elearning. However, the teachers only used to take the value of the test, assignment by the teacher and to access course materials. Therefore, in this research use data that are considered essential to assist teachers measured students's progress and help students answer the difficult questions. Subjects that used in this e-learning was chemical. Chemical was one subject that was considered difficult by most students. So, this application would help students solve a problems. The algorithm that used in this application was a ct-pro, it was algorithm of association rules to find combinations of data's relations. The data were the wrong answers of 150 students. Questions consist of 400 numbers and 20 learning materials. In this research, the data was divided into 6, the data from 5 students, 30 students, 60 studenst, 90 students, 120 students and 150 students. The results of this reseacrh was if there were more data, the combination formed itemset also be more and more, and the processing time will also be longer. However, if the greater the minimum support was entered, then the combination was formed will be less.*

**Keywords:** Association Rules, CT-Pro, minimum support.

### INTISARI

Perkembangan teknologi informasi dalam dunia pendidikan khususnya penggunaan *e-learning* di lembaga pendidikan berkembang cukup pesat. SMAN 2 Pamekasan adalah contoh sekolah yang menggunakan *elearning*. Namun, sampai saat ini penggunaan *e-learning* hanya digunakan untuk melakukan ujian online, pemberian nilai oleh guru dan mengakses materi pelajaran. Oleh karenanya, dalam penelitian ini menggunakan data-data yang telah ada untuk membantu para pengajar dalam mengukur perkembangan dan membantu siswa dalam mengerjakan soal yang dianggap sulit. Mata pelajaran yang digunakan dalam *e-learning* ini adalah Kimia. Kimia merupakan salah satu mata pelajaran yang dianggap sulit oleh sebagian siswa, karenanya dengan aplikasi ini akan sedikit membantu siswa dalam mengerjakan soal dan membantu guru dalam melihat perkembangan siswa. Algoritma yang digunakan dalam aplikasi ini adalah *CT-PRO*, yaitu algoritma dalam *association rules* untuk mencari hubungan kombinasi dari setiap data. Data yang digunakan adalah jawaban salah dari 150 siswa. Soal terdiri dari 400 nomor dari 20 materi yang ada. Dalam penelitian ini, data dipecah menjadi 6, yaitu data dari 5 siswa, 30 siswa, 60, 90, 120, dan 150 siswa. Hasil penelitian dari pembagian data tersebut, diketahui bahwa semakin banyak data, maka kombinasi *itemset* yang terbentuk juga akan semakin banyak, dan waktu proses juga akan semakin lama. Namun, semakin besar *minimum support* yang diinputkan, maka kombinasi yang terbentuk akan semakin sedikit.

**Kata Kunci:** Association Rules, CT-Pro, minimum support

## PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya teknologi informasi banyak membawa dampak positif. Salah satunya bagi kemajuan dunia pendidikan. Pendidikan formal, informal, dan non formal dapat menikmati fasilitas berupa proses belajar mengajar berbasis teknologi informasi yang memberikan banyak kemudahan dan manfaat bagi tiap-tiap individu. Konsep yang kemudian terkenal dengan sebutan *e-learning* ini membawa pengaruh terjadinya proses transformasi pendidikan konvensional ke dalam bentuk digital, baik secara isi (*contents*) dan sistemnya. Adanya kemudahan dan manfaat dari sistem pembelajaran ini, mendorong berbagai lembaga pendidikan memanfaatkan sistem *e-learning* untuk meningkatkan efektivitas dan fleksibilitas pembelajaran. Pengajar dapat memberikan ujian atau latihan secara *online* kepada pengguna sistem yang dalam hal ini adalah pelajar atau siswa. Ujian secara *online* dapat mempermudah penilaian yang dilakukan pengajar terhadap siswa dan melihat sejauh mana perkembangan peserta didik.

SMA Negeri 2 Pamekasan merupakan salah satu lembaga pendidikan yang ada di Kabupaten Pamekasan, SMA Negeri ini sudah mulai menggunakan *e-learning* sejak beberapa tahun lalu. Namun, sampai saat ini penggunaan *e-learning* hanya digunakan untuk melakukan ujian *online*, pemberian nilai oleh guru dan mengakses materi pelajaran. Padahal, seiring penggunaan *e-learning* tersebut akan mendapatkan informasi lebih tentang perkembangan para siswa apabila memanfaatkan data-data yang telah ada dan memberikan sedikit bantuan bagi para siswa dalam pengerjaan soal ujian.

Pada penelitian ini dibangun aplikasi untuk mencari informasi tentang perkembangan siswa dengan melihat jawaban-jawaban siswa yang salah dalam suatu ujian. Dengan data tersebut akan diperoleh suatu kombinasi keterkaitan materi yang dirasa menyulitkan para siswa, dan akan dijadikan sarana untuk membantu para siswa dalam mengerjakan soal yang

akan berupa *Hints* atau rekomendasi pembelajaran. Aplikasi ini menggunakan algoritma *ct-pro*, yakni sebuah algoritma dalam *Association Rule* untuk menemukan relasi antar data.

Dalam penelitian yang lain, Dominguez bersama dengan Kalina dan James C. Curran telah mencoba membangun *hints* serupa dalam sebuah ujian. Proses *Association Rules* yang dipakai menggunakan Algoritma Apriori (Dominguez, 2010). Penelitian selanjutnya yang dilakukan Sucahyo dan Raj juga pernah membandingkan kinerja Algoritma *FP-Growth* dan *ct-pro*. Hasil penelitian menjelaskan bahwa bahwa algoritma *ct-pro* merupakan pengembangan dari algoritma *fp-growth*. *Ct-pro* menggunakan *compressed fp-tree (CFP TREE)* yang jumlah nodenya bisa setengah kali dari *fp-tree* dan menjelaskan bahwa *ct-pro* memiliki performa yang lebih baik jika dibandingkan dengan algoritma *fp-growth* dan apriori (Giri, 2005). Pada penelitian lainnya juga telah diimplementasikan algoritma *Association rules* yaitu Apriori, *FP-Growth*, *ct-pro*, dan apriori Cristian Borgelt sebagai bagian dari pengembangan *data mining workbench*. Dari hasil pengujian pada *dataset chess*, *CT-Pro* paling cepat dibandingkan dengan algoritma yang lain. Keunggulan *Ct-pro* adalah dari penggunaan memori yang lebih hemat dan digunakannya struktur data *CFP-Tree* yang memungkinkan proses pencarian *frequent itemset* menjadi lebih cepat (Ruldeviyani, 2008).

Berdasarkan ketiga penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa penelitian serupa telah pernah dilakukan sebelumnya. Namun, juga telah diketahui telah ada algoritma yang lebih baik lagi. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan menggunakan algoritma *CT-Pro* yang lebih baik dari algoritma Apriori dan *FP-Growth* untuk mencari kombinasi berdasarkan pola jawaban yang salah. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat memperoleh informasi berdasarkan kombinasi yang terbentuk. *Rule* yang dihasilkan juga akan digunakan sebagai fitur *hints* atau rekomendasi pembelajaran untuk

membantu siswa yang kesulitan dalam memahami soal, sekaligus sebagai informasi bagi pengajar tentang materi-materi yang sulit dikuasai oleh para peserta didik.

Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Pamekasan merupakan lembaga pendidikan negeri yang berada di Jl. Jokotole No.234 Pamekasan.

*Association rules* adalah salah satu teknik yang terkenal dalam data mining. *Association rules* merupakan teknik data mining untuk mencari hubungan antar item dalam suatu *data set* (Hand, 2001). Konsep ini sendiri diturunkan dari terminologi *market basket analysis*, yaitu pencarian hubungan dari beberapa produk di dalam transaksi pembelian (Witten, 2005). *Association rule* meliputi dua tahap, yaitu mencari kombinasi yang paling sering terjadi dari suatu itemset. Dan mendefinisikan *Condition* dan *Result* (untuk *conditional association rule*) (Ulmer, D. 2002)

*Association Rules* juga bermanfaat untuk pemakaian data web yang berdasarkan personalitas. Pendekatan ini diadopsi dari hubungan dengan *collaborative filtering* (Samuel, 2008). Dalam menentukan suatu *association rules*, terdapat suatu *interestingness measure* (ukuran kepercayaan) yang didapatkan dari hasil pengolahan data dengan perhitungan tertentu (Wahyuni, 2009) Umumnya ada dua ukuran, Support dan Confidence.

*Support* :suatu ukuran yang menunjukkan seberapa besar tingkat dominasi suatu item/itemset dari keseluruhan transaksi. Ukuran ini menentukan apakah suatu item/itemset layak untuk dicari *confidence*-nya (misal, dari keseluruhan transaksi yang ada, seberapa besar tingkat dominasi yang menunjukkan bahwa item A dan B dibeli bersamaan).

$$Support = P(A \cup B)$$

$$= \frac{\text{jumlah transaksi yang mengandung A dan B}}{\text{total transaksi}} \dots (i)$$

*Confidence*: suatu ukuran yang menunjukkan hubungan antar 2 item secara conditional (misal, seberapa

sering item B dibeli jika orang membeli item A)

$$Confidence = P(A \cap B)$$

$$= \frac{\text{jumlah transaksi yang mengandung A dan B}}{\text{total transaksi yang mengandung A}} \dots (ii)$$

Misalkan ada sebuah pernyataan suatu *association rule*; *If A then B* [*support*=20%, *confidence*=60%], dimana A dan B adalah kumpulan *item* yang dibeli oleh konsumen perusahaan X. Dapat diartikan bahwa item A dan B dibeli bersamaan sebesar 20% dari keseluruhan data transaksi yang dianalisis dan 60% dari semua konsumen yang membeli *item* A juga membeli *item* B. Kedua ukuran ini nantinya berguna dalam menentukan *interesting association rules*, yaitu untuk dibandingkan dengan batasan (*threshold*) yang ditentukan oleh *user*. Batasan tersebut umumnya terdiri dari *min\_support* dan *min\_confidence*

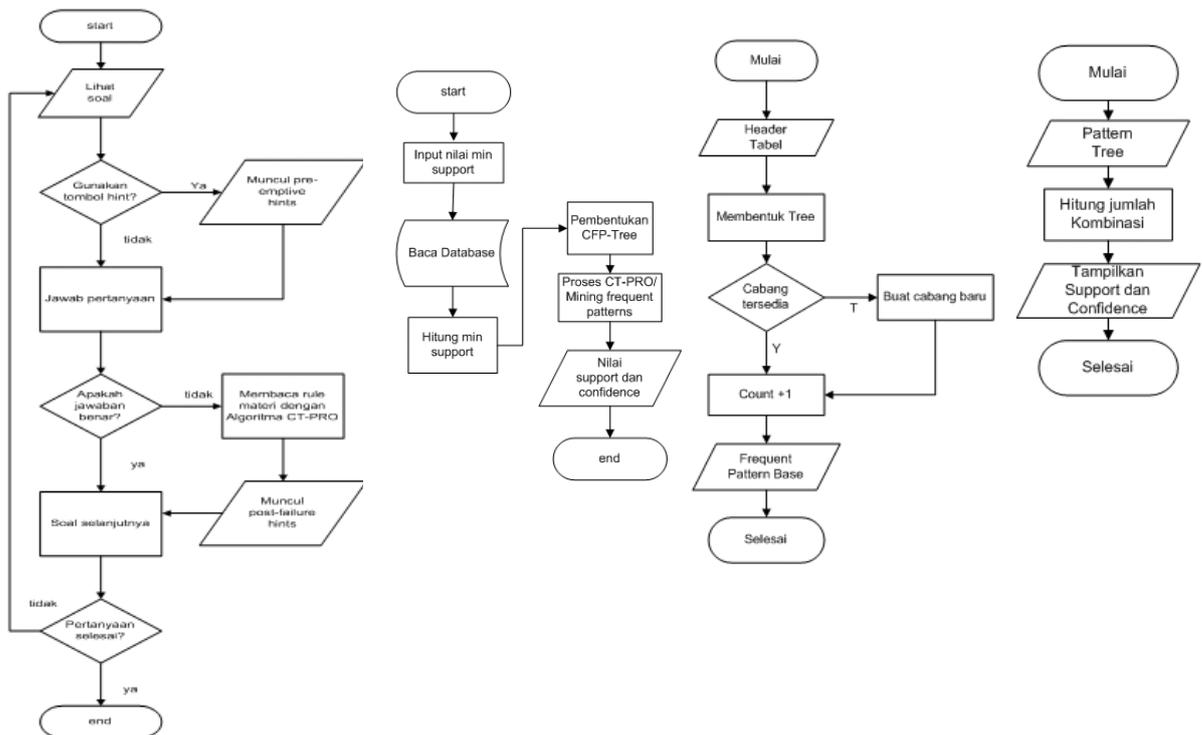
## METODE

Algoritma ini berakar dari *FP-Growth* dimana modifikasi yang dilakukan adalah pada struktur data yang digunakan. Struktur data yang digunakan adalah *Compressed FP-Tree (CFP-Tree)* dimana informasi dari sebuah *FP-Tree* diringkas dengan struktur yang lebih kecil, sehingga baik pembentukan tree maupun *frequent itemset mining* dapat dilakukan lebih cepat. Pada tahap *mining* algoritma *CT-PRO* juga menggunakan pendekatan *bottom-up* dimana *item* pada *item tabel* dan *CFP-Tree* dilakukan *scan* dari jumlah terkecil hingga terbesar. Algoritma *CT-PRO* memiliki tiga tahap yaitu (Kurnia, 2013) : menemukan *item-item* yang *frequent*, membuat struktur data *CFP-Tree* dan terakhir melakukan *mining frequent patterns*. Algoritma *CT-PRO* dapat dilihat pada Gambar 1.

Langkah-langkah kerja algoritma *ct-pro*: Langkah 1). Mencari *frequent item*, pada tahap ini terjadi proses-proses sebagai berikut: a). Dari *dataset* yang ada, dilakukan seleksi berdasarkan *minimum support* yang ditentukan sehingga menghasilkan *frequent item*. b). Dari *frequent item* yang telah terbentuk,

dihitung frekuensi kemunculan setiap item sehingga menghasilkan *global item* tabel. Langkah 2). Membangun *CFP-Tree*, pada tahap ini terjadi proses-proses sebagai berikut: a). *Frequent item* yang telah didapatkan, diurutkan berdasarkan *global item* tabel yang ada secara menurun (diurutkan mulai dari *item* berfrekuensi terbesar hingga terkecil). b). Dengan *frequent item* yang telah terurut ini dibentuk *global CFP-Tree*, aturan pembentukan *global CFP-Tree* sebagai berikut: 1). *CFP-Tree* terdiri dari *tree* yang memiliki *root* yang mewakili *index* dari *item* dengan tingkat kemunculan tertinggi dan kumpulan *subtree* sebagai anak dari *root*. 2). Jika  $I = \{i_1, i_2, \dots, i_k\}$  adalah kumpulan dari

*frequent item* dalam transaksi, item dalam transaksi akan dimasukkan ke dalam *CFP-Tree* dimulai dari *root subtree* yang merupakan  $i_1$  dalam *item* tabel. 3). *Root* dari *CFP-Tree* merupakan *level-0* dari *tree*. 4). Setiap *node* dalam *CFP-Tree* memiliki empat *field* utama yakni *item-id*, *parent-id*, *count* yang merupakan jumlah *item* pada *node* tersebut, dan *level* yang menunjukkan struktur data *tree* pada *node* tersebut dimulai dari *item* yang terdapat pada *item* tabel dengan *level* yang terdapat pada *CFP-Tree*.



Gambar 2. Flowchart sistem dan CT-PRO

Langkah 3). *Mining*, pada tahap ini terjadi proses-proses sebagai berikut: a). Pada tahap *mining* ini, algoritma *ct-pro* bekerja dengan melakukan *bottom-up mining* sehingga *Global Item* tabel diurutkan mulai dari *item* berfrekuensi terkecil hingga terbesar. b). Untuk setiap *item* yang terdaftar pada *global item* tabel

yang telah diurutkan, dilakukan pencarian *node* yang berkaitan dengan *item* tersebut pada *global CFP-Tree*. Dari semua *node* yang ditemukan untuk setiap *item* inilah yang disebut dengan *local frequent item* dan digunakan untuk membuat *local item* tabel. c). Pada pembuatan *local item* tabel ini juga

dilakukan berdasarkan jumlah *minimum support* yang telah ditentukan. d). Setelah itu, dibuat *local CFP-Tree* berdasarkan *local item* tabel yang terbentuk.

Aturan pembentukan *local CFP-Tree* sama dengan pembentukan *global CFP-Tree*, yang membedakan adalah pada *global CFP-Tree* yang digunakan dalam pembentukan *tree*-nya adalah *global item* tabel yang terbentuk dari *global item* tabel data. Sedangkan pada *local CFP-Tree* yang digunakan dalam pembentukan *tree*-nya adalah *local item* tabel yang terbentuk dari *local frequent item*. c). Dari *local CFP-Tree* dibentuk *frequent pattern* sesuai dengan *item* yang *dimining*. Dari *frequent pattern* dihitung masing-masing *item* yang memenuhi dihitung *confidencenya*. Apabila memenuhi *minimum confidence* maka masing-masing *item* yang bersangkutan dijadikan sebagai *knowledge*. Rancangan sistem aplikasi dapat dilihat pada Gambar 1

Perhitungan dalam aplikasi ini dimulai dengan memasukkan *minimum support* yang selanjutnya dilakukan proses oleh sistem berupa pemangkasan data yang tidak memenuhi *minimum support*, sehingga diperoleh *header table*. Dari *header tabel* inilah yang kemudian dilakukan pembentukan *tree*, pencarian kombinasi dan kemudian didapatkan nilai *support* dan *confidence* berdasarkan jumlah kombinasi yang terbentuk.

## PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam tugas akhir ini merupakan data dari jawaban salah siswa kelas XII yang diperoleh dari SMAN 2 Pamekasan. Data didapatkan dari siswa sebanyak 150 orang yang telah diberikan soal sebelumnya. Dalam implementasinya, jawaban-jawaban salah tersebut yang akan dijadikan sebagai data mentah/transaksi untuk mencari kombinasi keterkaitan dari seluruhnya. Selanjutnya, data akan dipecah menjadi 5 dengan jumlah siswa yang berbeda. Hal ini untuk melihat perbedaan kinerja algoritma CT-PRO dan perbedaan kombinasi yang muncul untuk data yang

jumlahnya berbeda dan *minimum support* yang berbeda pula.

Dalam hal ini, akan digunakan 5 data awal sebagai data ujicoba untuk mencoba sistem, seperti pada tabel dibawah. *Minimum support* yang diinputkan adalah 50% dari seluruh transaksi data.

Tabel 1. Data Percobaan.

Siswa	Materi yang tidak dikuasai
1	M01,M16,M13,M09,M02,M06,M04,M03
2	M19,M15,M13,M06,M07,M03,M02,M01
3	120,M16,M10,M08,M06,M02
4	M18,M17,M16,M11,M03,M02,M09
5	M02,M13,M12,M06,M05,M03,M01,M16

Selanjutnya adalah proses CFP-Tree untuk mencari frekuensi tiap materi berdasarkan *minimum support* yang diminta, materi yang tidak memenuhi akan dihapus dari data karena tidak berpengaruh pada perhitungan selanjutnya. Dan materi yang tersisa, dalam hal ini adalah M02, M03, M06, M16, M01, M13 akan diurutkan berdasarkan frekuensi kemunculan.

Tabel 2. Data Terurut.

Siswa	Materi yang sulit
1	M02,M03,M06,M16,M01,M13
2	M02,M03,M06,M01,M13
3	M02,M06,M16
4	M02,M03,M16
5	M02,M03,M06,M16,M01,M13

Proses terakhir pada aplikasi ini adalah perhitungan *support* dan *confidence*. Setelah sebelumnya ditemukan kombinasi-kombinasi *itemset* yang memenuhi *minimum support*. Sekarang hanya perlu menggunakan rumus *support* dan *confidence*.

Tabel 3. Tabel *support* dan *confidence*

Kombinasi Itemset	Support	Confidence
{M02,M13}	$\frac{3}{5} \times 100\% = 60\%$	$\frac{3}{5} \times 100\% = 60\%$
{M03,M13}	$\frac{3}{5} \times 100\% = 60\%$	$\frac{3}{4} \times 100\% = 75\%$
{M06,M13}	$\frac{3}{5} \times 100\% = 60\%$	$\frac{3}{4} \times 100\% = 75\%$
{M02,M01}	$\frac{3}{5} \times 100\% = 60\%$	$\frac{3}{5} \times 100\% = 60\%$
{M03,M01}	$\frac{3}{5} \times 100\% = 60\%$	$\frac{3}{4} \times 100\% = 75\%$
{M06,M01}	$\frac{3}{5} \times 100\% = 60\%$	$\frac{3}{4} \times 100\% = 75\%$
{M02,M16}	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
{M03,M16}	$\frac{3}{5} \times 100\% = 60\%$	$\frac{3}{4} \times 100\% = 75\%$

{M06,M16}	$\frac{3}{5} \times 100\% = 60\%$	$\frac{3}{4} \times 100\% = 75\%$
{M02,M06}	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
{M03,M06}	$\frac{3}{5} \times 100\% = 60\%$	$\frac{3}{4} \times 100\% = 75\%$
{M02,M03}	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
13	<b>Kombinasi</b>	

Setelah proses perhitungan *support* dan *confidence* dari semua kombinasi berhasil didapatkan. Selanjutnya adalah proses perbandingan untuk jumlah data yang berbeda dan *minimum support* yang berbeda pula.

Tabel 4. Tabel Perbandingan

### KESIMPULAN

No	Jumlah Siswa	Minimum Support	Jumlah Kombinasi
1	5	25%	13
		50%	3
		75%	3
2	30	25%	15
		50%	2
		75%	0
3	60	25%	17
		50%	3
		75%	0
4	90	25%	20
		50%	3
		75%	0
5	120	25%	22
		50%	4
		75%	0
6	150	25%	23
		50%	4
		75%	0

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah Jumlah kombinasi yang terbentuk berbanding lurus dengan jumlah data, untuk nilai *minimum support* yang sama. Semakin besar nilai *minimum support*, semakin sedikit kombinasi yang terbentuk.. Pada aplikasi ini Jumlah soal pada aplikasi ini masih bisa ditambah, jumlah siswa dan materi bisa ditambah sehingga *rule* dan kombinasi yang didapat semakin banyak. Aplikasi ini masih bisa dikembangkan dengan metode lain

### DAFTAR PUSTAKA

- Dominguez, A.K., Yacef, K., Curran, J.R. Data Mining for *Individualised Hints in eLearning*. *Educational Data Mining Conference Proceedings*. 1: 91-100. 2010.
- Giri, Suchahyo Yudho. And Gopalan, raj P. "CT-Pro : A Bottom-Up Non Recursive Frequent Itemset Mining Algorithm Using Compressed FP-Tree Data Structure " *Departement of computing, Curtin Univercity of technology kent st,bentley western australia 6102*. 2005.
- Ruldeviyani, yova and Fahrian, Muhammad, "implementasi algoritma-algoritma association rules sebagai bagian dari pengembangan data mining algorithms collection": November 2008.
- Hand, D., Mannila. H., Smyth, P. *Principles of Data Mining*. Cambridge: A Bradford Book. The MIT Press. 2001
- Witten, I. H. and Frank, E. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques 2nd Edition*. Morgan Kaufmann Publisher. 2005
- Ulmer, D. 2002. *Mining an Online Auctions Data Warehouse*. The Mid-Atlantic Student Workshop on Programming Languages and Systems. New York: Pace University.
- Samuel, D. *Penerapan Stuktur FP-Tree dan Algoritma FP-Growth dalam Optimasi Penentuan Frequent Itemset*. Institut Teknologi Bandung. 2008.
- Wahyuni, F. S., Siahaan, D. O., Fatchah. C. *Penggunaan Cluster-Based Sampling Untuk Penggalan Kaidah Asosiasi Multi Obyektif*. KURSOR. 5: 59-67. 2009.
- Kurnia, Parama Fadli. 2010. " *innovation of information technology : algoritma ct-pro* ". URL: [http://paramafadlikurnia.blogspot.sg/2010/12/algoritma-ct-pro\\_5.html](http://paramafadlikurnia.blogspot.sg/2010/12/algoritma-ct-pro_5.html), diakses 09 maret 2013.

## SPEKTRUM BUNYI ALAT MUSIK KENTONG BERDASARKAN VARIASI JUMLAH LUBANG

Siti Sarah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Sains Al Qur'an Wonosobo

Masuk: 5 Oktober 2014, revisi masuk: 5 Januari 2015, diterima: 25 Januari 2015

### ABSTRACT

*The goal of this research are knowing sound spectrum by kentong; and knowing correlation between the amount of kentong's hole and sound frequency. The sound is recorded in quite situation with computer which instaled by sound software. Then, the recording sound is analysed the frequency pattern in prominent and harmonic frequency. As a result, the frequency pattern of kentong with one hole formed in prominent frequency. The frequency pattern of kentong with two holes formed in prominent, first harmonic, and second harmonic frequency. The frequency pattern of kentong with three holes formed as same as kentong with two holes. The frequency pattern of kentong with four holes formed until the fiveth harmonic frequency. There is corelation between sound frequency and the amount of kentong with formula  $y = -86,125x^2 + 515,34x + 57,375$  dan determinant value = 0,9779.*

**Key words:** *kentong's hole, sound spectrum, frequency*

### INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui spektrum bunyi pada alat musik kentong; dan mengetahui hubungan antara jumlah lubang pada kentong dengan frekuensi bunyi yang dihasilkan. Pengambilan data dilakukan di dalam ruang saat suasana sepi. Kentong dibunyikan tepat di depan komputer yang telah dipasang software pengolah suara. Bunyi yang dihasilkan kentong kemudian direkam dan dianalisis pola spektrum bunyi yang terbentuk berupa deretan frekuensi prominent dan harmonik. Spektrum bunyi yang terjadi pada kentong dengan jumlah lubang 1 hanya terjadi pada prominent. Saat kentong menggunakan 2 lubang terbentuk gelombang bunyi pada tingkat prominent, harmonik 1, dan harmonik 2. Spektrum pada kentong dengan 2 lubang dan 3 lubang sama, hanya saja nilai frekuensinya berbeda untuk masing-masing frekuensinya. Saat jumlah lubang pada kentong 4, spektrum yang terbentuk dapat mencapai tingkat harmonik 5. Frekuensi bunyi yang keluar dari kentong dipengaruhi oleh jumlah lubangnya dengan membentuk persamaan logaritmik  $y = -86,125x^2 + 515,34x + 57,375$  dan nilai determinan 0,9779.

**Kata Kunci:** *lubang kentong, spektrum bunyi, frekuensi, prominent, harmonik.*

### PENDAHULUAN

Gelombang bunyi merupakan gelombang yang dihasilkan dari benda yang bergetar yang disebut sumber bunyi. Sumber bunyi dapat berasal dari makhluk hidup berupa pita suara yang bergetar, dan juga benda mati yang digetarkan. Bunyi dapat sampai di telinga makhluk hidup jika terpenuhi 3 syarat, yaitu terdapat sumber bunyi, pendengar, dan medium perambatan yaitu zat padat, zat cair, atau gas. Jika salah satu syarat tidak terpenuhi, maka bunyi tidak dapat

terdengar. Jadi, bunyi berfungsi untuk mengirimkan pesan dari pemberi pesan ke pendengar.

Pesan melalui bunyi yang disampaikan kepada pendengar dapat bermacam-macam bentuk, seperti percakapan, isyarat bunyi, bahkan ditangan orang seni pesan disampaikan melalui sebuah lagu.

Tek-tek merupakan salah satu jenis musik tradisional khas Banyumas yang disuguhkan untuk acara-acara tertentu seperti perayaan HUT RI,

menyambut tamu kenegaraan, perayaan HUT daerah, dan lainnya. Ada beragam lagu yang dimainkan dalam musik tek-tek ini. Adapun musik tek-tek itu sendiri dihasilkan dari perpaduan menyanyi dan alat musik yang dihasilkan dari 11 bunyi kentongan bambu dan bas.

Kentongan disebut juga jidor, yaitu alat musik pukul yang terbuat dari batangbambu atau batang kayu jati yang dipahat (NN, 2012). Kentong juga dinyatakan sebagai alat musik tradisional yang sudah sejak lama digunakan masyarakat Indonesia untuk berbagai kepentingan seperti mengumpulkan orang, tanda kebakaran, tanda adanya maling di suatu tempat, dan lain sebagainya (Sumiyati, 1989). Jadi, kentong sangat berarti bagi masyarakat. Kini, kentong tidak hanya jadi sarana, namun kentong dimanfaatkan oleh sebagian masyarakat sebagai alat musik salah satunya musik tek-tek.

Meskipun kentong tidak asing lagi bagi kita, namun belum banyak artikel yang mengkaji tentang alat musik ini. Padahal kentong merupakan khasanah kebudayaan Indonesia yang perlu digali, dipertahankan, bahkan lestarian. Jika perlu dipublikasikan ke tingkat nasional bahkan internasional, sehingga masyarakat nasional bahkan internasional mengenal bahwa bangsa Indonesia memiliki alat musik sederhana namun istimewa bernama kentong.

Sebagai alat musik tradisional, tentunya kentongan juga memiliki ciri khas (karakteristik) yang membedakannya dengan alat musik lainnya. Hasil penelitian Koupin (2007) mengenai "Keunikan Kualitas Bunyi yang Dihasilkan Kulintangan" menyatakan bahwa frekuensi bunyi kulintangan mempunyai beberapa keunikan dibanding alat musik modern lainnya seperti gitar dan piano. Berdasarkan hasil penelitian di atas pastinya kentong juga memiliki karakteristik yang berbeda (unik) khususnya dari segi spektrum frekuensi yang dihasilkan.

Artikel ini disusun guna mengetahui spektrum bunyi yang dihasilkan kentong. Selain itu, penelitian ini, juga ingin mengetahui adakah hubungan antara jumlah lubang kentong dengan

frekuensi yang dihasilkan mengingat kentong yang selama ini ada di masyarakat hanyalah kentong dengan satu lubang.

## METODE

Tujuan penelitian ini adalah 1) mengetahui spektrum bunyi yang dihasilkan kentong dengan variasi banyak lubang; dan 2) mengetahui hubungan jumlah lubang kentong dan frekuensi yang dihasilkan.

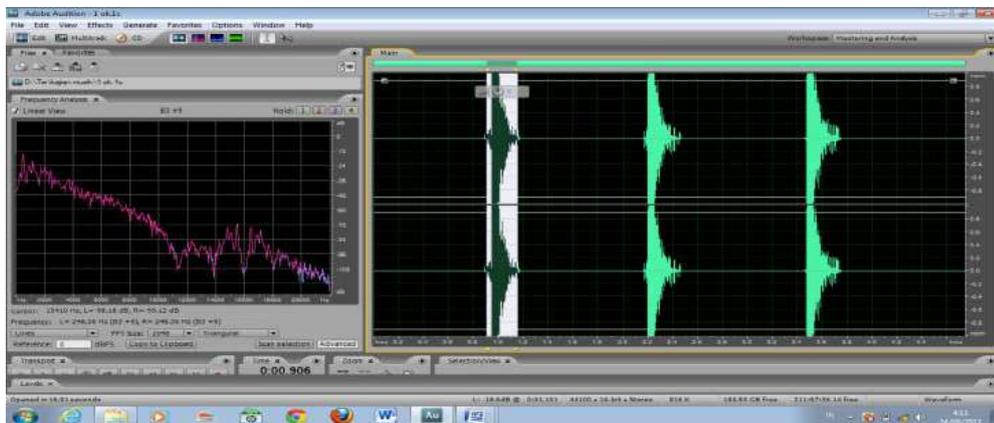
Variabel yang digunakan antara lain: variabel bebas berupa jumlah lubang; variabel terikat berupa frekuensi dan intensitas bunyi; variabel kontrol berupa kentong dari bambu, lebar lubang, jarak antar lubang, dan letak pukulan (di bawah lubang).

Instrumen yang digunakan adalah kentong, pemukul, dan software pengolah bunyi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu secara langsung mencoba memvariasi jumlah lubang pada kentong untuk kemudian memukulnya sehingga menghasilkan bunyi. Adapun langkah-langkah penelitiannya yaitu menyediakan kentong; mempersiapkan program *software*; menjalankan program dan memukul kentong; setelah direkam, spektrum bunyi yang dihasilkan dianalisis menggunakan *software* pengolah bunyi yang telah terpasang di komputer.

Analisis dilakukan secara deskriptif informatif dan grafik. Analisis deskriptif informatif dilakukan guna menjelaskan dan mengetahui pola frekuensi yang dihasilkan oleh bunyi kentong pada masing-masing jumlah lubang berdasarkan data *outputsoftware*, sedangkan analisis secara grafik dilakukan untuk mengetahui hubungan antara banyaknya lubang dan frekuensi yang dihasilkan.

## PEMBAHASAN

Berikut hasil penelitian berupa analisis spektrum frekuensi yang dihasilkan kentong dengan jumlah lubang 1, 2, 3, dan 4 dimana masing-masing kentong dipukul sebanyak 3 kali. Spektrum bunyi yang dihasilkan kentong dengan 1 lubang pada pukulan 1, 2, dan 3. Gambar 1 menunjukkan spektrum gelombang bunyi



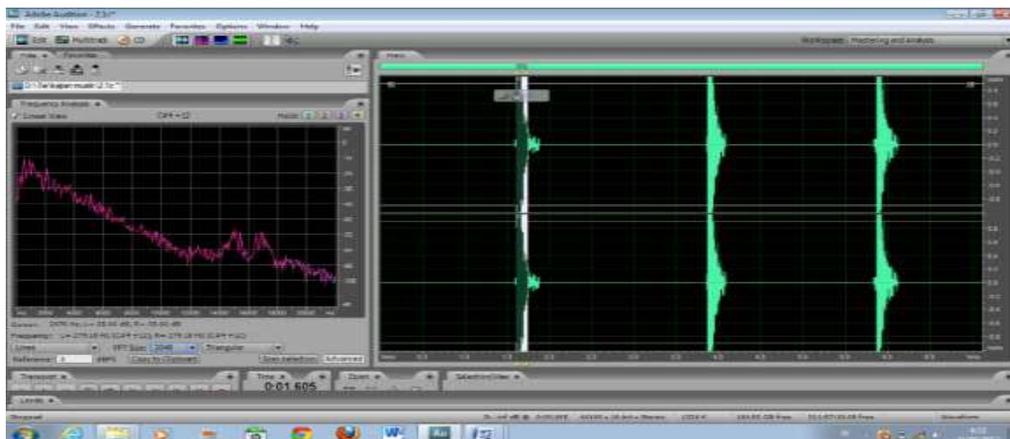
Gambar. 1 menunjukkan spektrum gelombang bunyi yang dihasilkan saat kentong dibunyikan dengan jumlah lubang 1 pada pukulan 1, 2, dan 3.

yang dihasilkan saat kentong dibunyikan dengan jumlah lubang 1 pada pukulan 1, 2, dan 3. Berdasarkan grafik yang terbentuk melalui *software* pada Gambar 1, maka dapat diketahui spektrum frekuensi bunyi yang dihasilkan kentong

pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 pola frekuensi yang terbentuk hanya mencapai prominent saja, tanpa mencapai harmonik. Spektrum bunyi yang dihasilkan kentong dengan 2 lubang pada pukulan 1, 2, dan 3

Tabel 1. Spektrum bunyi kentong 1 lubang

	Frekuensi (Hz) pada pukulan			
	1	2	3	Rerata
Prominent	495,2	473,7	516,7	495,2



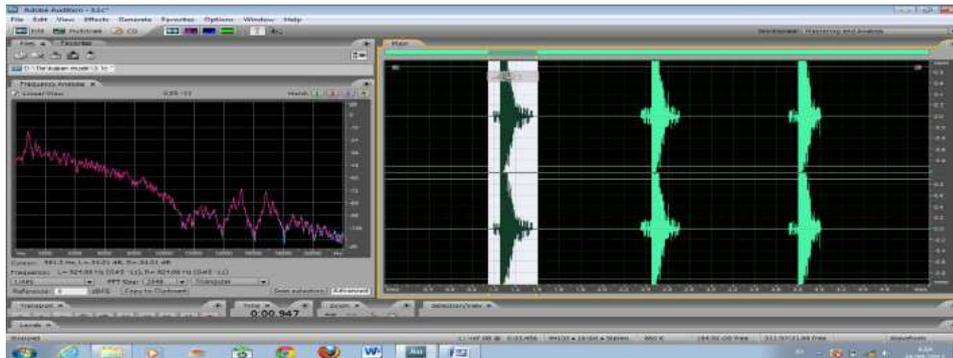
Gambar . 2 menunjukkan spektrum gelombang bunyi yang dihasilkan saat kentong dibunyikan dengan jumlah lubang 2 dan jumlah pukulan 3 kali.

Berdasarkan tampilan spektrum pada Gambar 2, maka dapat diketahui spektrum frekuensi bunyi yang dihasilkan kentong dengan lubang 2 pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, pola frekuensi

bunyi yang terbentuk pada kentong dengan 2 lubang adalah prominent, harmonik 1, dan harmonik 2. Spektrum bunyi yang dihasilkan kentong dengan 3 lubang pada pukulan 1, 2, dan 3.

Tabel 2. Spektrum bunyi kentong 2 lubang pada pukulan 1, 2, dan 3

	Frekuensi (Hz) pada pukulan			
	1	2	3	Rerata
Prominent	839,7	818,2	904,3	854,1
Harmonik 1	1335	1335	1313	1327,7
Harmonik 2	1614	-	1614	1614



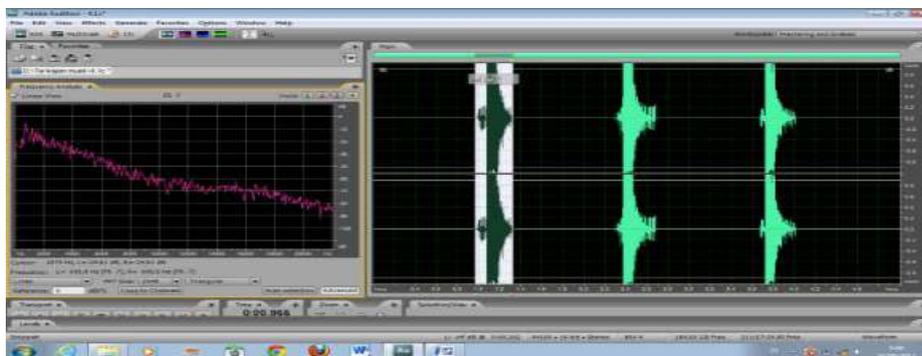
Gambar 3. menunjukkan spektrum gelombang bunyi yang dihasilkan saat kentong dibunyikan dengan jumlah lubang 3 dan jumlah pukulan 3 kali.

Berdasarkan Gambar 3. dapat diketahui spektrum frekuensi bunyi yang dihasilkan kentong pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 pola frekuensi bunyi yang dihasilkan kentong dengan lubang 3

adalah prominent, harmonik 1, dan harmonik 2. Spektrum bunyi yang dihasilkan kentong dengan 4 lubang pada pukulan 1, 2, dan 3.

Tabel 3. Spektrum bunyi kentongan 3 lubang pada pukulan ke-1, 2, dan 3

	Frekuensi (Hz) pada pukulan			
	1	2	3	Rerata
Prominent	839,7	818,2	904,3	854,1
Harmonik 1	1335	1335	1313	1327,7
Harmonik 2	1614	-	1614	1614



Gambar 4. menunjukkan spektrum gelombang bunyi yang dihasilkan saat kentong dibunyikan dengan jumlah lubang 4 dan jumlah pukulan 3 kali.

Berdasarkan gambar tersebut, maka dapat diketahui spektrum frekuensi

bunyi yang dihasilkan kentong pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Spektrum bunyi yang dihasilkan kentongan dengan 4 lubang

	Frekuensi (Hz) pada pukulan			
	1	2	3	Rerata
Prominent	689	775,1	732,1	732,1
Harmonik 1	1162	1378	1205	1248,3
Harmonik 2	1356	1808	1808	1657,3
Harmonik 3	1550	-	2239	1894,5
Harmonik 4	1722	-	-	1722
Harmonik 5	1873	-	-	1873

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa pola frekuensi yang terbentuk adalah prominent, harmonik 1, harmonik 2, harmonik 3, harmonik 4, hingga harmonik 5. Jadi, jumlah *timbre* saat kentong menggunakan 4 lubang paling berwarna dibanding saat lubang kentong 1, 2, dan 3.

Secara keseluruhan hasil penelitian dapat diketahui bahwa spektrum bunyi yang dihasilkan kentong berbeda jika jumlah lubang kentong berbeda. Artinya, jumlah harmonik yang dihasilkan oleh kentong dengan jumlah lubang berbeda akan berbeda. Saat kentong dibunyikan dengan 1 lubang, jumlah harmonik yang dihasilkan 1. Saat kentong dibunyikan dengan 2 lubang, jumlah harmonik yang dihasilkan 3. Saat kentong dibunyikan dengan 3 lubang, jumlah harmonik yang dihasilkan 3. Adapun saat kentong dibunyikan dengan 4 lubang, jumlah harmonik yang dihasilkan 6. Perbedaan tersebut menunjukkan corak nada (*tone colour*)/ kualitas/warna nada (*timbre*) (Sears and Zemansky, 2003). Untuk lebih jelasnya, lihatlah spektrum bunyi yang dihasilkan pada masing-masing jumlah lubang pada Tabel 1 hingga Tabel 4.

Hasil penelitian di atas sesuai dengan ciri bunyi interferensi, yaitu peristiwa perpaduan antara gelombang bunyi berfrekuensi tertentu dengan gelombang bunyi lainnya yang bekerja dalam frekuensi yang hampir sama dalam satu waktu. Jika hasil gabungan dua bunyi saling menguatkan, maka hal

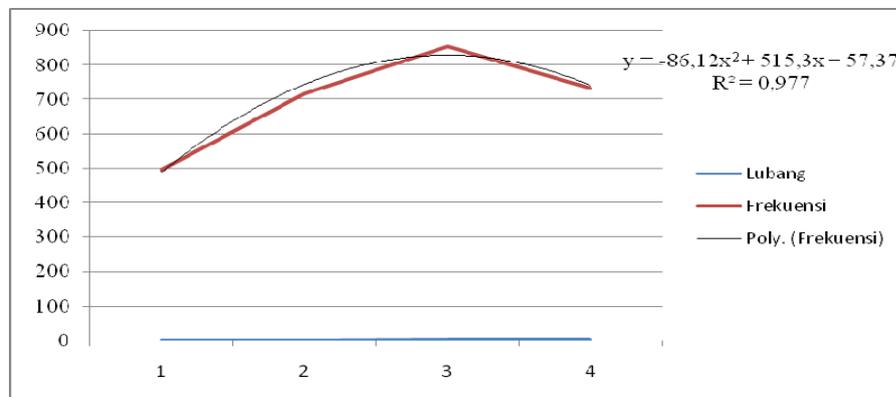
itu dikenal dengan interferensi konstruktif. Sebaliknya, jika hasil perpaduan dua buah bunyi justru menjadikan bunyi gabungan semakin lemah, maka hal itu disebut dengan interferensi destruktif (Ishaq, 2007). Berdasarkan teori di atas, maka dapat dianalisis bahwa bunyi yang ditimbulkan oleh kentong mengalami interferensi konstruktif dan destruktif yang terjadi berulang-ulang. Bunyi yang dihasilkan oleh peristiwa konstruktif secara berturut-turut dinyatakan dengan prominent, harmonik 1, harmonik 2, harmonik 3, dan seterusnya. Banyak sedikitnya interferensi yang mampu dicapai alat musik dalam hal ini kentong menunjukkan *timbre* atau warna nada.

Pada penelitian yang dilakukan, kentong dengan jumlah lubang yang sama masing-masing dipukul sebanyak 3 kali. Hasilnya, banyaknya pola interferensi konstruktif yang terjadi berbeda (lihat Tabel 2, 3, dan 4). Hal ini dimungkinkan diakibatkan oleh kekonsistenan pemukulan kentong. Meskipun demikian, hal ini kemudian diatasi dengan cara melakukan analisis melalui jalan melakukan rata-rata tingkatan frekuensi konstruktif yang terjadi dari ketiga pemukulan pada jumlah lubang kentong yang sama.

Hubungan antara jumlah lubang dengan frekuensi, berdasarkan hasil penelitian di atas, maka dapat diketahui bahwa ada hubungan antara jumlah lubang dan frekuensi yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hubungan antara jumlah lubang dan frekuensi yang dihasilkan kentongan

	Frekuensi rata-rata			
	Lubang			
	1	2	3	4
Prominent	495,2	717,7	854,1	732,1
Harmonik 1	-	1004,6	1327,7	1248,3
Harmonik 2	-	1320,0	1614	1657,3
Harmonik 3	-	-	-	1894,5
Harmonik 4	-	-	-	1722
Harmonik 5	-	-	-	1873



Gambar 5. Grafik hubungan antara jumlah lubang pada kentong dengan nilai frekuensi yang dihasilkan kentong dengan jumlah lubang berbeda.

Berdasarkan Tabel 5, berikut grafik hubungan antara jumlah lubang dan frekuensi prominent yang dihasilkan kentong dengan jumlah lubang berbeda. Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa dengan persamaan tersebut  $y = -86,125x^2 + 515,34x + 57,375$  dan nilai determinan 0,9779. Adapun nilai determinan menunjukkan bahwa penentuan besar frekuensi prominent ditentukan oleh faktor jumlah lubang kentong sebesar 97.79%, sedangkan sisanya yaitu 2.21% ditentukan oleh faktor lainnya. Melalui persamaan, dapat dianalisis bahwa setiap alat memiliki kapasitas maksimal untuk menghasilkan bunyi. Jadi, saat frekuensi bunyi yang dihasilkan kentong mencapai maksimal pada jumlah lubang tertentu, maka frekuensi tertentu tidak akan bertambah lagi dengan bertambahnya lubang. Akan tetapi, justru menurun. Hasil penelitian di atas didukung oleh oleh hasil penelitian

Vedya Matulesy, Trihandaru, dan Rondonuwu (2012) berjudul “Analisa Pengaruh Penambahan Lubang Terhadap Frekuensi yang Dihasilkan Pada Alat Musik Tiup Tradisional Maluku, *Kuli Ba* yang menyatakan bahwa penambahan lubang pada alat musik *Kuli Bai* menghasilkan dua nada dengan interval  $\frac{1}{2}$  laras, yaitu nada E dan F.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas, maka dapat diambil kesimpulan berikut. 1) Spektrum bunyi yang terjadi pada kentong dengan jumlah lubang 1 hanya terjadi pada prominent. Saat kentong menggunakan 2 lubang terbentuk gelombang bunyi pada tingkat prominent harmonik 1, dan harmonik 2. Spektrum pada kentong dengan 2 lubang dan 3 lubang sama, hanya saja nilai frekuensinya berbeda untuk masing-masing frekuensinya. Adapun

saat kentong memiliki jumlah lubang 4, spektrum yang terbentuk dapat mencapai tingkat harmonik 5. 2) Ada hubungan antara frekuensi bunyi yang keluar dari kentongan (frekuensi prominent) dengan jumlah lubang kentong dengan persamaan  $y = -86,125x^2 + 515,34x + 57,375$  dan nilai determinan 0,9779.

#### PERSEMBAHAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Heru Kuswanto atas bimbingannya selama proses penelitian. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih atas saran dan kritik dari rekan-rekan diskusi di kelas.

#### DAFTAR PUSTAKA

Ishaq, M. 2007. *Fisika Dasar Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.  
Koupin, N. 2007. Mengkaji Keunikan Kualiti Bunyi yang Dihasilkan dari

Kulintang. *Tesis*. Universiti Malaysia Sabah.

NN. 2012. Kentongan.

<http://id.wikipedia.org/wiki/Kentongan>. Diakses tanggal 13 Februari 2013.

Sears and Zemansky. 2003. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

Sumiyati, F. 1989. Makna Lambang dan Simbol Kentongan dalam Masyarakat Indonesia.

Vedya Matulesy, S; Trihandaru, S.; Rondonuwu, F. 2012. Analisa Pengaruh Penambahan Lubang Terhadap Frekuensi yang dihasilkan Pada Alat Musik Tiup Tradisional Maluku, *Kuli Ba. Tugas Akhir*. Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana.

## PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI MATAHARI SEBAGAI PENGGERAK POMPA AIR DENGAN MENGGUNAKAN SOLAR CELL

Subandi<sup>1</sup>, Slamet Hani<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Elektro Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 26 Oktober 2014, revisi masuk: 15 Januari 2015, diterima: 27 Januari 2015

### ABSTRACT

*This paper discusses the application of solar cells as an electric power source and the electricity generated is used to a drive water pump. The working principle of solar power plants is the conversion of energy contained in to electricity. When these photons strike the surface of the solar cell electrons will be excited and generate electric voltage. Electricity generated from the solar cell is direct current (DC) to charge a battery, which in turn is converted into alternating current (AC) using an inverter. The testing stage carried out in the field is to find the to main parameters which are the voltage and amperage. Battery is charged by the solar cell to accumulate the solar energy into electrical energy. The produced solar cell voltage ranges from 14.8 to 17.5 volts DC. The Solar cells used are of panel type polycrystalline (poly-crystalline) with a power of 50 wp. Current and voltage of the solar cell source varies depending on the incident sunlight power the cell voltage is  $\pm 17V$ , but charging the battery the average voltage is 13,5V which is secured by the solar charger controller. Voltage and current will begin to rise in the morning at 07.00 am, then reach the maximum level during the day at 10:00 a.m to 13:00 p.m, and begin to fall in the afternoon.*

**Keywords:** power plant, solar cell, electric

### INTISARI

Makalah ini membahas tentang aplikasi *solar cell* (*sel surya*) sebagai pembangkit listrik dengan sumber energi matahari. Listrik yang dihasilkan digunakan sebagai penggerak pompa air. Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga surya adalah dari cahaya matahari yang mengandung energi dalam bentuk foton. Ketika foton ini mengenai permukaan sel surya, elektron-elektronnya akan tereksitasi dan menimbulkan tegangan listrik. Arus listrik yang dihasilkan dari sel surya adalah arus searah (DC) sebagai pengisi baterai, yang selanjutnya arus searah (DC) tersebut diubah menjadi arus bolak-balik (AC) menggunakan inverter. Tahap pengujian dilaksanakan di lapangan pemasangan dengan parameter pengujian berupa tegangan dan arus listrik. Baterai diisi oleh *solar cell* sebagai hasil konversi energi matahari menjadi energi listrik. Tegangan yang dihasilkan solar cell berkisar 14,8 – 17,5 volt DC. *Solar cell* yang digunakan berupa panel jenis **Polikristal (Poly-crystalline)** dengan daya 50 wp. Pada distribusi arus dan tegangan dari sumber *solar cell*, walaupun tegangan yang dihasilkan *solar cell*  $\pm 17V$ , tetapi ketika mengisi baterai sangat stabil dengan tegangan rata-rata 13,5V karena diatur oleh *solar charger controller*. Tegangan dan arus akan mulai meningkat pada pagi hari pukul 07.00WIB, kemudian akan mencapai level yang maksimum pada siang hari pukul 10.00-13.00WIB, dan mulai turun di sore hari.

Kata kunci: pembangkit listrik, *solar cell*, listrik.

### PENDAHULUAN

Sel surya adalah suatu elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya pada umumnya Memiliki ketebalan minimum 0,3 mm, yang terbuat dari irisan bahan

semikonduktor dengan kutub positif dan kutub negatif. Prinsip dasar pembuatan sel surya adalah memanfaatkan efek *fotovoltaik*, yaitu suatu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik. Prinsip ini pertama

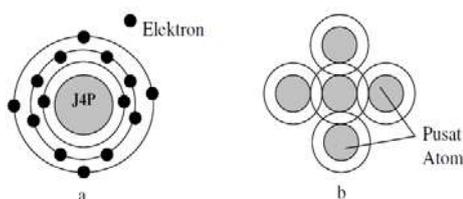
<sup>1</sup> [s\\_subandi@ymail.com](mailto:s_subandi@ymail.com)

kali diketemukan oleh *Bacquere*, seorang ahli fisika berkebangsaan Perancis tahun

1839. Apabila sebuah logam dikenai suatu cahaya dalam bentuk foton dengan frekwensi tertentu, maka energi kinetik dari foton aka menembak ke atom-atom logam tersebut. Atom logam yang iradiasi akan melepaskan elektron-elektronnya. Elektron-elektron bebas inilah yang mengalirkan arus dengan jumlah tertentu.

Sel surya adalah semikonduktor dimana radiasi surya langsung diubah menjadi energi listrik. Material yang sering digunakan untuk membuat sel surya adalah silikon kristal. Pada saat ini silikon merupakan bahan yang banyak digunakan untuk pembuatan sel surya. Agar dapat digunakan sebagai bahan sel surya, silikon dimurnikan hingga satu tingkat yang tinggi.

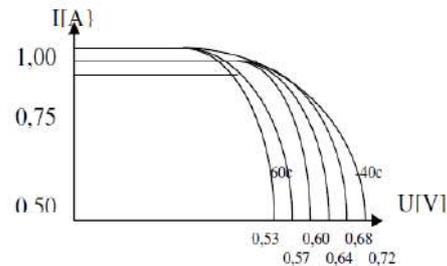
Atom merupakan partikel pembentuk suatu unsur. Atom terdiri dari inti dengan muatan positif yang disebut proton dan neutron yang bermuatan netral Inti atom dikelilingi sejumlah elektron yang bermuatan negatif. Sebuah atom silikon terdiri dari sebuah inti yang berisi 14 proton dan dikelilingi 14 elektron yang beredar dalam lintasan tertentu. Jumlah maksimum elektron dalam masing-masing lintasan mengikuti pola  $2n^2$ , dengan n adalah nomor lintasan dari atom (Mallvino, 1986). Apabila atom-atom silikon bergabung membentuk zat padat, maka atom-atom itu akan membentuk suatu pola teratur yang disebut kristal. Setiap atom silikon mempunyai 4 buah elektron valensi dan mempunyai 4 atom tetangga. Setiap atom tetangga memberikan sebuah elektron untuk dipakai bersama-sama dengan atom yang berada ditengah. Atom yang ditengah mendapat tambahan 4 elektron dari tetangga sehingga jumlah elektron valensi menjadi 8 buah, karena inti atom yang berdekatan memiliki muatan positif akan menarik elektron-elektron yang dipakai bersama dan menciptakan gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah.



Gambar 1. Ikatan kovalen kristal silikon

Penarikan dalam arah yang berlawanan ini menyebabkan atom-atom akan terikat dalam ikatan kovalen (Malvino,1986).

Dengan penyinaran yang konstan, daya pada *solar sell* akan berkurang sesuai dengan kenaikan temperatur. Hal ini sesuai dengan sifat tegangan pada beban nol dan berlawanan dengan arus hubung singkat. Tegangan beban pada nol berkurang sesuai dengan kenaikan temperatur yang besarnya lebih kurang 3 mV/K. Sedangkan arus hubung singkat akan bertambah sesuai dengan naiknya temperatur yang besarnya  $\pm 0,1\%/K$ . Gambar 2. grafik kenaikan temperatur terhadap daya.



Gambar 2. Pengaruh temperatur terhadap daya solar sel

Dari Gambar 2. dapat dilihat bahwa penurunan tegangan jauh lebih besar dibanding dengan kenaikan arus. Sebaiknya *solar sell* ditempatkan pada temperatur yang agak dingin agar penurunan tegangan tidak terlalu besar. Walaupun hal ini agak sulit sebab solar sel akan memanas sendiri apabila ada sinar yang jatuh padanya.

Efisiensi konversi merupakan perbandingan antara daya yang dapat diperoleh sebuah sel surya dengan daya yang diterima dari matahari. Kepadatan daya cahaya matahari yang mencapai bagian luar atmosfer bumi sekitar  $136 \text{ m.W/cm}^2$  tetapi setelah melewati atmosfer sebagian dihamburkan, sedangkan kepadatan daya matahari yang sampai di permukaan bumi pada siang hari yang cerah sekitar  $100 \text{ m.W/cm}^2$  (Kadir, 1995).

Pengaruh luas permukaan solar sel terhadap daya Luas solar sel mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh solar sel tersebut dalam hal ini hubungannya adalah linier. Misalnya solar sel dengan luas penampang 100 cm dayanya akan dua kali lebih besar dibandingkan dengan solar sel yang luasnya 50 cm (Karmon Sigalingging, 1994).

## METODE

Dalam perancangan alat ini perlu adanya identifikasi kebutuhan terhadap alat yang akan dibuat, antara lain: Pertama, perlu komponen untuk menghasilkan energi listrik. Kedua, perlunya suatu komponen pengatur penyimpanan dan pemakai energy listrik ke baterai. Ketiga, perlunya komponen menyimpan dan mensuplay energy listrik ke beban. Keempat, perlunya komponen untuk mengubah arus DC 12 volt menjadi arus AC 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz. Kelima, perlunya komponen untuk proses penyiraman kebun salak.

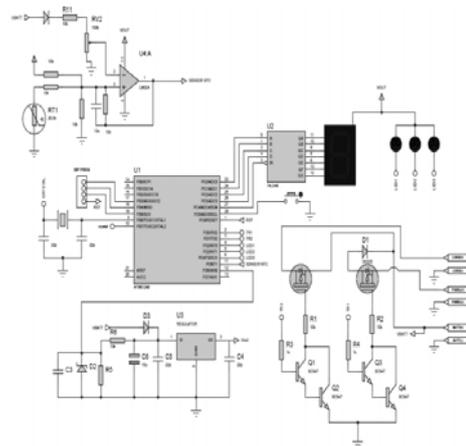
Berdasarkan indetifikasi dari kebutuhan yang ada, maka diperoleh beberapa analisa kebutuhan terhadap alat yang akan dibuat dengan spesifikasi sebagai berikut: Pertama, seke-ping *solar cell* yang mampu menerima energy listrik dari tenaga surya. Kedua, *Solar Charge Controller* adalah sebagai komponen untuk mengontrol proses penyimpanan baterai dari solar cell dan pemakaian energy listrik ke beban. Ketiga, baterai merk *deep cycle* untuk mencharging energy listrik arus DC. Keenam, inverter sebagai konversi arus DC 12 volt menjadi AC 220 volt. Kelima, pompa air Sanyo mampu menyirami kebun salak.

Deskripsi Umum Perancangan, sistem yang dirancang dalam perancangan ini adalah suatu energi listrik yang berasal dari sumber energy matahari dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Selain itu dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan motor pompa air untuk penyiraman kebun salak, dengan energy listrik yang sudah di konversikan melalui inverter 12V DC sampai 220 volt AC.

Alat yang akan dikembangkan pada prinsipnya terdiri atas solar cell berfungsi sebagai penerima energy surya dan sebagai pembangkit tenaga surya yang memberikan sebuah energy listrik tegangan maksimum berkisar 17,2 volt pada saat siang hari, energi listrik dari solar cell dapat disimpan ke baterai dan proses penyimpanan dan pemakaian energy listrik diatur dengan menggunakan *Solar Charge Controller*. Kemudian energy listrik yang sudah disimpan di baterai digunakan untuk menggerakkan motor listrik, motor listrik yang berupa pompa air membutuhkan tegangan 220

volt AC frekuensi 50 HZ maka dari itu perlu ditambahkan inverter untuk mengubah arus DC menjadi arus AC.

Rancangan suatu sistem yang akan diimplementasikan dalam bentuk perangkat keras dapat dibuat melalui proses berikut ini: Pertama, pembuatan desain (*Design Entry*). Desain dibuat dalam bentuk gambar atau dalam bentuk teks dengan bantuan perangkat lunak computer. Kedua, pembuatan desain untuk penyangga yang sebagai tempat dudukan solar cell. Ketiga, pembuatan jalur-jalur instalasi untuk proses pengkabelan dari solar cell ke baterai, baterai ke inverter dan inverter ke pompa air. Keempat, Implementasi desain, yaitu mengimplementasikan rancangan dalam bentuk perangkat keras.



Gambar 3. Rangkaian *Solar Charge Controller*

Secara garis besar aplikasi PLTS digunakan untuk penyiraman kebun salak tersusun atas beberapa rangkaian utama, yaitu: solar cell sebagai penyerap energy surya yang dapat difungsikan menjadi energy listrik, pengontrol penyimpanan dan pemakaian energy listrik melalui *Solar Charge Controller*, baterai sebagai tempat mencharging energy listrik dan mensuplay energy listrik ke beban, Inverter sebagai pengubah arus DC ke AC, Pompa air sanyo sebagai penyiraman kebun salak.

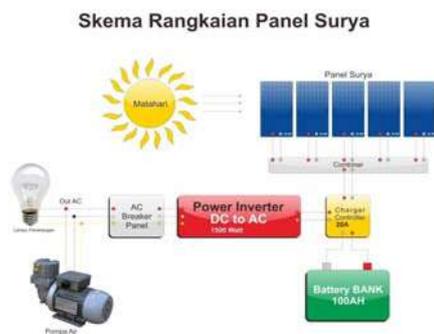
Prinsip kerja *Solar Charge Controller* adalah alat yang berfungsi sebagai kontrol tegangan dan arus yang berasal dari output sel surya untuk menuju ke baterai dan ke beban. Pada saat panel surya menerima energi

matahari, output dari panel surya tidak konstan, sesuai dengan intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya. Sehingga tegangan keluaran dan arus keluaran dari sel surya juga tidak konstan dan bervariasi terus sepanjang waktu di siang hari, sedangkan tegangan dan arus yang menuju baterai mempunyai batasan tertentu.

Solar charge controller memiliki terminal diantaranya: terminal untuk panel surya, terminal untuk baterai, terminal untuk beban. Ketiga terminal tersebut dilengkapi dengan polaritas yaitu tanda negatif (-) dan tanda positif (+) yang jelas agar tidak terjadi kesalahan.

*Solar Charger Controller* berfungsi mengatur tegangan dan arus dari panel surya ke baterai, apabila baterai sudah penuh maka listrik dari panel surya tidak akan dialirkan ke baterai dan sebaliknya. Dan dari baterai ke beban, apabila listrik dalam baterai tinggal 20-30%, maka listrik ke beban otomatis dimatikan.

Prinsip kerja dari panel surya adalah jika cahaya matahari mengenai panel surya, maka elektron–elektron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan energi listrik.



Gambar 4. Diagram Blok Kerja Sistem PLTS Penyiraman Kebun Salak

Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya berbeda–beda tergantung dari jumlah sel surya yang dikombinasikan didalam panel surya tersebut. Keluaran dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarannya tergantung dengan jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut.

Prinsip kerja PLTS Energi surya diserap oleh sel surya yang masuk

kedalam solar sel, energi yang diserap sel surya menghasilkan keluaran tegangan DC output Positif (+) dan Negatif (-) dikontrol melalui solar charge controller adalah komponen yang berfungsi mengisi baterai/Charging mode dan menjaga pengisian baterai saat baterai accu penuh, kegunaan lain dalam operation mode penggunaan baterai kebeban dapat melakukan pemutusan kebeban saat baterai sudah mulai kosong, dari solar charging controller menuju ke baterai yang berguna menyimpan energi dari sel surya yang berupa tegangan maupun arus yang dihasilkan, baterai accu sebagai sumber utama untuk mensuplay ke pompa penyiraman, karena penyiramannya membutuhkan tegangan 220 volt maka dibutuhkan inverter untuk menaikkan tegangan 12 volt DC ke 220 volt AC.

Dalam perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini, digunakan beberapa komponen, secara umum komponen yang digunakan dalam perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini dibagi menjadi empat bagian, yang meliputi :

Panel Surya yang digunakan dalam perancangan yaitu panel surya dengan daya 50 wp jenis Polikristal (*Poly-crystalline*).

*Solar Charge Controller, Solar Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban.

Battery, pada Solar Power System, battery atau biasa kita sebut sebagai aki, akan digunakan sebagai sumber energi manakala tidak tersedianya atau terputusnya sumber listrik dari PLN. Umumnya untuk penggunaan battery dengan kapasitas besar >105AH, biasanya orang menggunakan tipe *battery deep cycle*.

Baterai charge berfungsi sebagai media penyimpan dan penyedia energi listrik DC.

*Inverter* adalah rangkaian yang mengubah DC menjadi AC. Atau lebih tepatnya inverter memindahkan tegangan dari sumber DC ke beban AC. *Inverter* digunakan pada aplikasi seperti *adjustable-speed AC motor drives, uninterruptible power supplies* (UPS), dan aplikasi ac yang dijalankan dari baterai.

**PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil pengamatan berupa pengukuran yang telah dilaksanakan dari pagi hingga menjelang sore untuk mendapatkan hasil analisa data output tegangan dan arus dari panel surya, maka diperoleh data-data seperti yang ditunjukkan pada masing-masing diperlihatkan pada Tabel 1.

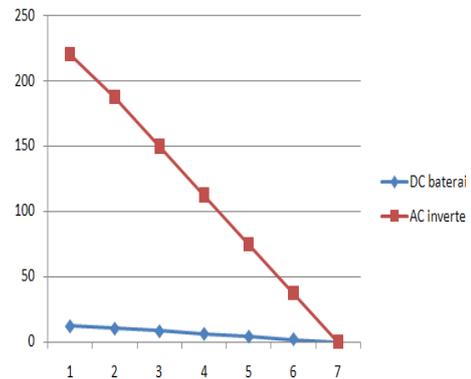
Pengukuran pencatatan daya dengan menggunakan solar cell 250 wattpeak ini dilakukan selama 1 hari yaitu hari minggu, 23 Juni 2014. Selama dua hari itu dilakukan pencatatan daya dari solar cell keaki, dengan mengukur intensitas cahaya yang masuk dengan suhunya, dan juga yang terpenting adalah mengukur arus dan tegangan dari solar cell ketika sedang mencatu aki.

Tabel 1. Pengambilan Data Pengukuran Arus dan Tegangan pada Keluaran Panel Surya.

No.	Waktu	Output Panel Surya		Output Charger Controller	
		V	I	V	I
		(volt)	(ampere)	(volt)	(ampere)
1	6:00	16,2	1	13,8	1
2	7:00	17	3.5	13,5	3.5
3	8:00	17,2	4	13,5	4
4	9:00	17,2	4	13,5	4
5	10:00	17	3.5	13,7	3.5
6	11:00	17,2	4.5	13,7	4.5
7	12:00	17,2	4.5	13,7	4.5
8	13:00	17,3	5	13,5	5
9	14:00	17	3.5	13,5	3.5
10	15:00	16,9	3	13,5	3
11	16:00	16,4	1	13,5	1
12	17:00	15,8	0.5	13,5	0.5

Tabel 2. Pemakaian baterai dengan beban AC pompa 125 watt dan lampu 100 W.

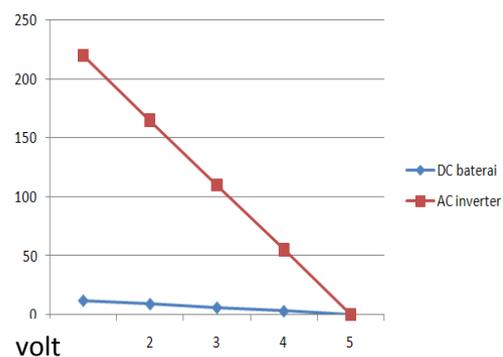
waktu/ jam	tegangan		arus (amper)	watt beban
	DC baterai	AC inverter		
1	12	220	0.88	225
2	10.2	187	0.748	225
3	8.16	149.6	0.5984	225
4	6.12	112.2	0.4488	225
5	4.08	74.8	0.2992	225
6	2.04	37.4	0.1496	225
7	0	0	0	225



Gambar 5. Grafik pemakaian baterai dengan beban pompa AC 125 W dan lampu 100 watt.

Tabel 3. pemakaian baterai dengan beban AC pompa 125 watt dan lampu 200 W.

waktu/ jam	tegangan		arus (amper)	watt beban
	DC baterai	AC inverter		
1	12	220	0.6769	325
2	9	165	0.5076	325
3	6	110	0.3384	325
4	3	55	0.1692	325
5	0	0	0	325



Gambar 6. Grafik pemakaian baterai dengan beban pompa AC 125 W dan lampu 200 watt

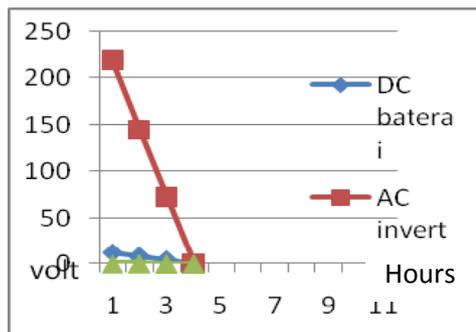
Pompa air merupakan sebuah mesin yang berguna untuk menyempatkan air ke permukaan kebun salak yang sudah dipasang pipa dan kran. Mesin pompa air menyalurkan air yang dседot melalui sumur deng-

an kedalaman tertentu, dan memberikan tekanan hingga ketinggian tertentu.

Tabel 4. Pemakaian baterai dengan beban pompa air 125 watt dan beban lampu 300 watt.

Waktu /jam	tegangan		arus (amper)	watt beban
	DC baterai	AC inverter		
1	12	220	0.5176	425
2	7.92	145.2	0.3416	425
3	3.96	72.6	0.1708	425
4	0	0	0	425

Setelah malam datang, dimana sudah tidak ada intensitas matahari yang masuk ke solar cell, kita langsung menghentikan percobaan, dan langsung mendischarge (membuang muatan) aki yang memiliki tegangan sekitar 13 Volt ke inverter dan beban pompa air.



Gambar 3. Grafik pemakaian baterai dengan beban pompa AC 125 W dan lampu 300 watt.

Pengukuran dengan menggunakan solar cell dengan daya 250 tegangan awal sebesar 16,2 Volt. Tegangan awal ini mendekati nilai tegangan discharge akhir pada waktu aki digunakan untuk mencatu air conditioner, dengan terlebih dahulu dihubungkan ke inverter, sehingga pada nilai tegangan tersebut aki sudah tidak dapat lagi mencatu air conditioner. Penulis memilih pencatuan ke air conditioner sebagai patokan nilai tegangan awal dikarenakan air conditioner dianggap beban yang paling sering digunakan. Pada akhir percobaan didapat tegangan akhir sebesar 16,4 Volt.

Dari data pengujian PLTS dapat dilihat bahwa tegangan keluaran dari panel surya sekitar 15,8V–17,3V. Namun tegangan keluaran dari solar charger

controller lebih stabil yaitu sekitar 13,5 V. Keadaan ini sama setiap jamnya, ini terjadi karena didalam solar charger controller terdapat rangkaian pengatur tegangan dan arus oleh karena itu pengisian baterai pada setiap jamnya akan selalu stabil sehingga pengisian muatan yang berlebihan (*over charging*) tidak akan terjadi. Jadi walaupun panel surya menghasilkan tegangan nominal 17V, maka tegangan pengisian baterai stabil yaitu sekitar 13,5V. Ini bertujuan agar baterai tidak cepat rusak, dibandingkan apabila panel surya langsung dihubungkan ke baterai tanpa melewati solar charger controller.

Proses pengisian sangat tergantung kondisi tingkat kecerahan. Jika panel surya mendapatkan sinar matahari pada cuaca yang sangat terik, maka tegangan dan arus yang didapat akan besar dan cepat diterima. Sebaliknya, jika cuaca mendung atau panel surya kurang mendapatkan sinar matahari, maka tegangan dan arus yang didapat selama proses pengisian baterai akan menurun dan lambat. Seperti pada Tabel 4. Dimana tegangan yang dihasilkan panel surya 17.2V dan arusnya 5A. Ini merupakan daya yang tertinggi yang dihasilkan panel surya dalam sehari. Namun arus dan tegangan yang didistribusikan untuk mengisi baterai sangat stabil dan diatur oleh solar charger controller yaitu hanya sebesar 13,7 V dan arusnya sebesar 5 A. Namun setiap hari tentu berbeda cuacanya dan sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan.

Jika tegangan pada batere sudah mencapai tegangan maksimum, yaitu sekitar 14V maka secara otomatis arus yang mengalir ke batere akan berhenti sehingga kemungkinan terjadinya pengisian yang berlebihan (*over charging*) tidak akan terjadi.

Pengisian paling baik yaitu pada Tabel 4. jam 12.00 WIB dengan tegangan dan arus output solar charger controller mencapai titik tertinggi yaitu 13,7V/5A. Sebaiknya sebelum melakukan pengisian baterai, lebih baik dilakukan pengosongan baterai terlebih dahulu untuk kinerja pengisian Solar Charger Controller yang baik. Sedangkan sekecil-kecilnya arus yang didapat sesuai dengan pengamatan yaitu pada sore hari jam 16.00 WIB pada saat matahari mulai tenggelam seperti yang terlihat pada Tabel 4. dengan arus yang di hasilkan yaitu 2A.

Dari hasil pengamatan waktu yang paling efektif untuk melakukan penyiraman kebun salak pagi hari pada pukul 06:00WIB hingga pukul 08:00 WIB, penyiraman kebun salak pagi hari pada pukul 16:00WIB hingga pukul 18:00 WIB. Sedangkan arus maksimal diperoleh pada pukul 06.00 WIB dan 16.00 WIB.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan uji coba pengambilan data serta analisis keseluruhan yang telah dilaksanakan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

Prinsip kerja PLTS adalah mengubah energi panas Matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan *solar cell* panel surya.

Untuk merubah tegangan 12 volt DC dari accu/ baterai menjadi tegangan 220 volt AC dengan menggunakan rangkaian inverter.

Pada distribusi arus dan tegangan dari sumber solar cell, walaupun tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell*  $\pm 17,2V$ , tetapi pendistribusiannya untuk mengisi baterai sangat stabil dengan maksimum rata-rata 13,5V karena semua distribusi pengisian diatur oleh *solar charger controller*.

Tegangan dan arus akan mulai meningkat pada pagi hari pukul 06.00 WIB sampai pukul 12.00 WIB, kemudian akan mencapai level yang maksimum pada siang hari pukul 10.00-12.00WIB, dan mulai turun hingga sore hari. Faktor cuaca sangat mempengaruhi kinerja dari PLTS.

Kelemahan dari sistem *Solar cell* ini adalah kurangnya efisiensi daya pada kondisi cuaca yang sangat berubah-ubah. Jika cuaca cerah, proses pengisian sangatlah baik, itu semua juga tergantung pada karakteristik jenis *solar cell* tersebut. Pada daerah yang tinggi curah hujannya, sebaiknya digunakan panel yang berjenis Polykristal yang dapat menghasilkan listrik dengan baik pada saat mendung. Kelemahan lain proses penyalaan pompa air ke tendon air ini hanya dilakukan secara manual sehingga proses pengisian pompa air ini dinyalakan oleh operator manusia.

Untuk pengembangan selanjutnya agar alat mendapatkan energi yang besar pada sel surya, maka sebaiknya dipasang sistem penjejak matahari otomatis yang dapat mengikuti arah cahaya matahari. Hal ini dilakukan supaya energi maksimal tercapai dengan catatan mengarahkan sel surya tegak lurus terhadap cahaya matahari. Pengembangan pada pompa air dibuat secara otomatis agar proses penyiraman kebun salak dapat dilakukan secara otomatis pada jam-jam penyiraman tertentu misal pagi hari pada jam 7 pagi dan sore hari pada jam 4 sore.

### DAFTAR PUSTAKA

- Kadir. A. (1995). Energi Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi. Jakarta: UI-Press
- Malvino, 1986, Prinsip – Prinsip Elektronika, Jilid I, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta.
- Pudjanarsa, A., Nursuhud, D., 2006, Mesin Konversi Energi, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Rhazio, 2007, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Institut Sains & Teknologi Al-Kamal, Jakarta. <http://rhazio.word press.com.>
- Sigalingging, Karmon. 1995. Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Bandung: Tarsito

## PENGARUH PENGELASAN FCAW TANPA DAN DENGAN PENAMBAHAN PANAS TERHADAP PERUBAHAN SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS

Nur Subeki<sup>1</sup>, Jamasri<sup>2</sup>, M.N. Ilman<sup>3</sup> dan P.T. Iswanto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Sekolah Pascasarjana Program Doktor Jurusan Teknik Mesin dan Industri UGM  
<sup>2,3,4</sup>Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas UGM Yogyakarta

Masuk: 8 Desember 2014, revisi masuk: 13 Januari 2015, diterima: 30 Januari 2015

### ABSTRACT

*The Welding processes are delivery used joining steel, especially used in civil construction, piping and ship manufacturing. Many of the benefits that can be obtained from welded joint is the joining can be cheap, rapid manufacturing, varied shape and lighter construction. One of the welding techniques that is widely used for joining the steel construction is Flux Core Arc Welding (FCAW). The problem that found in welding joints is the tensile strength in welding area is low and uneven hardness in the weld joint. The aim of this research was to determine the mechanical properties of FCAW Welding process and find out micro structures formed by the addition of heat around the welding. In this research, FCAW welding has been divided into two groups; the ones group is manufacturing without addition of heating, and the second group is manufacturing by heating 200 °C. Every group of manufactures would be test by chemical compositions, macro photos, micro photos, tensile strength and hardness number. The results of this research shows that the addition of heat at 200 °C could be increase the yield strength and ultimate strength. The heating also could be very small impact on the change in the hardness of weld area, but it could be reduce the hardness in HAZ area significantly. Micro structure formed then the weld area has been dominated by acicular ferrite micro structure, grain boundary ferrite dominate in coarse HAZ, the pearlite and ferrite with grain aggrandizement take place in smooth HAZ and base metals.*

**Keywords:** FCAW Weld, Photo Macro, Micro Structures, Tensile Strength and Hardness

### INTISARI

Penyambungan logam dengan sistem pengelasan semakin banyak digunakan, terutama di dipakai pada konstruksi bangunan sipil, perpipaan maupun konstruksi kapal. Banyak keuntungan yang dapat diperoleh dari sambungan las yaitu penyambungan bisa murah, cepat, bentuknya variatif dan konstruksi lebih ringan. Salah satu teknik pengelasan yang banyak dipakai untuk penyambungan pada konstruksi baja adalah Pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW). Permasalahan yang sering muncul pada penyambungan adalah kekuatan tarik pada yang rendah dan kekerasan tidak merata di daerah pengelasan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui sifat mekanis dari proses pengelasan FCAW dan mengetahui struktur mikro akibat penambahan panas di sekitar pengelasan. Penelitian pengelasan FCAW dibagi menjadi 2 kelompok. Kelompok 1 dilakukan tanpa penambahan panas dan kelompok 2 diberi perlakuan panas disekitar pengelasan dengan suhu 200°C. Masing –masing kelompok diuji komposisi kimia, foto makro, foto mikro, pengujian kekuatan tarik dan pengujian kekerasan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa panas sebesar 200°C dapat meningkatkan tegangan luluh dan kuat tarik. Pemanasan memberikan dampak yang sangat kecil pada perubahan kekerasan di daerah las, tetapi dapat menurunkan kekerasan pada daerah HAZ yang cukup signifikan. Mikrostruktur yang terbentuk pada daerah las sudah didominasi mikro struktur acicular ferit, di daerah HAZ kasar didominasi mikro struktur batas butir dan di daerah HAZ halus dan logam induk terjadi pembesaran butiran ferit dan perlit.

**Kata Kunci :** Las FCAW, Foto Makro, Mikro Struktur, Kekuatan Tarik dan Kekerasan

## PENDAHULUAN

Beberapa perusahaan pembangkit tenaga, kapal laut, kapal terbang, bangunan lepas pantai, dan konstruksi teknik yang lainnya harus mampu meningkatkan potensi yang dimiliki dengan pengembangan yang lebih baik. Salah satu cara pengembangan teknik pengelasan harus dapat menyelesaikan permasalahan yang sering muncul pada hasil pengelasan. Teknik pengelasan harus mampu menurunkan biaya produksi yang merupakan salah satu komponen yang sangat penting agar perusahaan tetap bisa bersaing di dunia perindustrian. Sehingga penurunan biaya modal dengan menunda penggantian komponen-komponen yang mahal, menurunkan biaya pengoperasian dan perawatan (O&M), menggunakan optimalisasi operasi, prosedur perawatan dan pemeriksaan yang benar, akan menjadi tujuan strategis untuk mempertahankan perusahaan konstruksi. Hal ini menjadi tantangan yang penting bagi para perekayasa teknik untuk mencari jalan penyelesaiannya (Viswanathan and Stringer, 2009).

Teknik penyambungan logam dengan sistem pengelasan semakin banyak digunakan, baik dipakai pada konstruksi bangunan, perpipaan maupun konstruksi kapal. Hal ini disebabkan oleh banyaknya keuntungan yang dapat diperoleh dari sambungan las. Pengelasan merupakan proses pengerjaan industri yang kompleks yang mana sering menggunakan beberapa percobaan sebelum dapat dikerjakan dengan baik. Pekerjaan pengelasan dihasilkan oleh pekerja dengan keahlian yang baik, tetapi akhir-akhir ini mesin otomatis dan robot dipakai pada sistem penyambungan dengan pengelasan. Cara ini dipilih untuk memperoleh produk yang diharapkan dapat menghasilkan komponen yang presisi dari bagian-bagian yang akan dirangkai menjadi sesuatu konstruksi. Oleh sebab itu, pada industri penyambungan, pengecekan dimensi sangat penting. Pada saat bagian-bagian dari konstruksi itu disambung dengan pengelasan, maka yang harus dipahami tidak hanya terjadinya tegangan sisa pada pengelasan tetapi juga distorsi (Sorensen, 1999). Menurut Cary (1989) luasnya

penggunaan proses penyambungan dengan pengelasan disebabkan oleh biaya murah, pelaksanaan relatif lebih cepat, lebih ringan, dan bentuk konstruksi lebih variatif. Salah satu teknik pengelasan yang banyak dipakai untuk penyambungan pada konstruksi baja adalah las busur logam atau Flux cored Arc Welding (FCAW). Pada pengelasan dengan las FCAW, kawat pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpungkan secara terus menerus. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk, gas pelindung yang digunakan adalah gas Argon, helium atau campuran dari keduanya cair ditutup dengan fluks yang diatur melalui suatu penampang, fluks dan logam pengisi yang berupa kawat pejal diumpungkan secara terus menerus (Wiriyosumarto dan Okumura, 2000) sehingga pengelasan dapat dilakukan secara semi otomatis, oleh karena itu memberi kenyamanan dalam pengoperasiannya dan memiliki keandalan yang tinggi (Song, dkk, 2003).

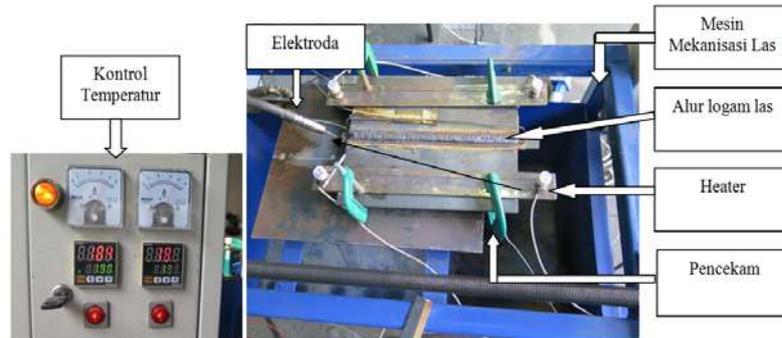
Masalah-masalah yang muncul pada pengelasan konstruksi diantaranya adalah penggunaan sumber energi yang tidak merata, terjadi retak pada logam pengelasan, kekuatan yang masih dibawah kekuatan logam induk, penggunaan variabel pengelasan yang kurang tepat dan pengetahuan metalurgi yang masih kurang. Masukan panas sangat mempengaruhi sifat mekanis dan struktur mikro hasil pengelasan (Subeki 2009). Oleh sebab itu perlu dikaji dengan cara eksperimen proses pengelasan FCAW terhadap pengaruh penambahan panas di sekitar pengelasan.

## METODE

Bahan yang dipakai penelitian ini adalah Plat Baja A36 dengan ketebalan 5mm. Bahan memiliki spesifikasi tegangan luluh maksimum 248Mpa dan Tegangan tarik maksimum 400 MPa dengan perpanjangan 23 %. Jenis elektrode yang dipakai yaitu K-71T (AWS (A5.20/ASME SFA-5.20 E71T-1C) dengan diameter 1,2 mm dan berat 15 kgs/ roll. Peralatan yang digunakan mesin las FCAW, termokopel, mekanisasi pengelasan, mesin poles, amplas ukuran 200

s/d 1200, mikroskop optik, mesin uji tarik, mesin uji mikro Vickers. Mekanisme pengelasan seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Pengelasan FCAW dilakukan dengan menggunakan kecepatan gerak maju pengelasan sebesar 7 mm/s. Pada pengelasan pertama tidak diperlakukan

dengan penambahan panas. Pada pengelasan berikutnya dilakukan dengan pemanasan suhu 200 °C. Suhu maksimum diukur dengan termokopel yang ditempatkan pada sambungan las dan permukaan bawah pelat yang dipanasi.



Gambar 1. Mekanisme pengelasan secara mekanis las FCAW

Pengamatan makro dan struktur mikro dilakukan untuk mengamati salah satu sifat fisis. Pengamatan makro dan struktur mikro dapat mengetahui struktur makro dan mikro hasil pengelasan dengan pengembangan metode pengelasan FCAW. Alat yang dipergunakan untuk pengujian ini adalah mikroskop optik, dengan mikroskop ini dapat dilihat ukuran dan bentuk butir serta distribusi dari berbagai macam fasa logam yang terjadi pada pengelasan. Pembesaran yang dipergunakan adalah 50 kali. Pengamatan dilakukan pada daerah las, haz besar, haz kecil, *reheated zone* dan logam induk.

Pengujian tarik dilakukan dengan memberikan suatu gaya tarik pada suatu spesimen yang standar pengujian. Dari pengujian tarik akan didapatkan data dari beberapa sifat mekanis yang dimiliki oleh suatu material, yaitu kekuatan, kekakuan, keuletan. Pada penelitian ini pengujian tarik dilakukan pada arah transversal dari logam las, spesimen uji tarik dengan standar ASTM E8-01. Pengujian kekerasan yang digunakan pada penelitian ini

adalah metode Vickers. Metode ini dipakainya karena bekas penekanannya kecil, pengukurannya teliti, dan range ukurnya besar. Angka kekerasan Vickers adalah suatu pengujian sifat mekanis yang menyatakan ketahanan suatu bahan terhadap deformasi plastis, bila pada bahan tersebut dikenai gaya dari luar. Alat yang digunakan hardness tester Karl Frank GmbH Weinheim-Birkenu type 3805 Werk-Nr 12946.

#### PEMBAHASAN

Komposisi kimia, struktur mikro dan sifat mekanis merupakan satu kesatuan yang dapat saling mempengaruhi. Komposisi kimia dapat menentukan kekuatan sambungan dari sebuah konstruksi. Untuk menentukan hal demikian, maka perlu dikaji setiap hasil dari pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 1 dan 2 memperlihatkan bahwa komposisi kimia logam induk yang dipilih dan logam pengelasan yang dihasilkan berbeda, terutama pada unsur C dan Mn.

Tabel 1. Komposisi kimia logam induk

Unsur	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu
% W	0.1246	0.2485	0.0105	0.0149	0.4711	0.0063	0.0195	0.0018	0.0123
Unsur	W	Ti	Sn	Al	Pb	Ca	Zn	Fe	

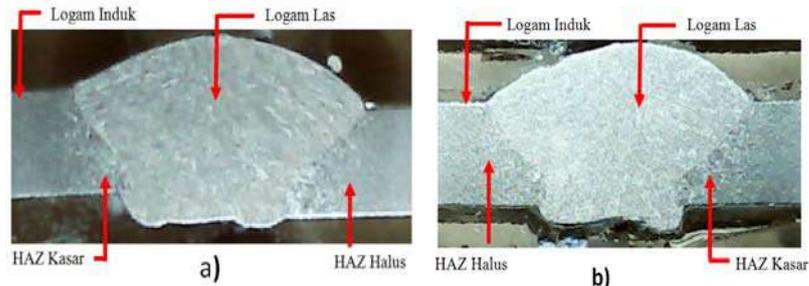
% W	0.0036	0.0031	0.0018	0.0583	0.0000	0.0002	0.0016	99.02
-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------

Tabel 2. Komposisi kimia logam las

Unsur	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu
% W	0.0796	0.7357	0.0092	0.0053	1.5834	0.0057	0.0275	0.0016	0.0238
Unsur	W	Ti	Sn	Al	Pb	Ca	Zn	Fe	
% W	0.0054	0.1390	0.0026	0.0316	0.0036	0.0014	0.0091	97.34	

Perubahan berat unsur karbon (C) dan mangan (Mn) pada logam pengelasan dapat meningkatkan kekuatan tarik sambungan pengelasan (Surian, dkk., 2010). Pada logam pengelasan terbukti komposisi kimia C lebih kecil dan kandungan Mn lebih tinggi. Kandungan

Mn yang lebih besar pada logam las memiliki sifat-sifat diantaranya: dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan; memenuhi laju pendinginan kritis; dapat mengikat sulfur sehingga memperkecil terbentuknya sulfida besi (FeS) yang menimbulkan rapuh panas.



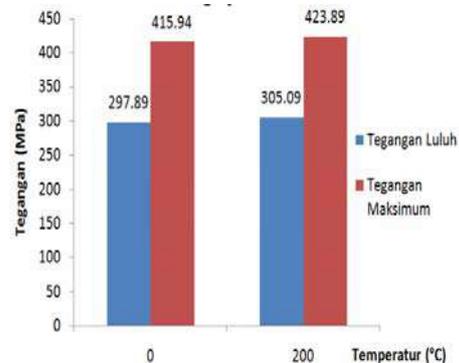
Gambar 2. Foto makro hasil las FCAW a) Tanpa penambahan panas b) dengan penambahan panas 200 °C.

Gambar 2 menunjukkan bahwa batas antara logam pengelasan, daerah HAZ kasar, HAZ halus dan logam induk terlihat sangat jelas. Bentuk batas ini menunjukkan bahwa sambungan pengelasan memiliki kualitas yang baik. Transformasi panas sangat menentukan bentuk struktur mikro dan sifat mekanis (Feng, 2005).

Kekuatan tarik yang terjadi baik pada kondisi luluh maupun kekuatan maksimum mengalami peningkatan dari kondisi tanpa penambahan temperatur dan dengan penambahan temperatur disekitar pengelasan sebesar 2,4% dan 1,9%. Peningkatan kekuatan ini ditunjukkan pada Gambar 3. Kekuatan tarik pada sambungan pengelasan setelah terjadi penambahan panas kekuatannya lebih tinggi, hal disebabkan oleh kemungkinan pemanasan memaksa adanya tegangan sisa tarik. Posisi patahan aki-

bat pengujian tarik terjadi antara daerah logam induk dan HAZ halus.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa terjadi perbedaan sedikit dari hasil patahan pada pengujian tarik. Pada gambar sebelum ada penambahan panas



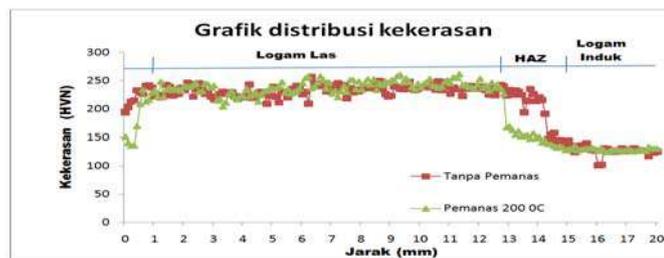
Gambar 3. Kekuatan tarik terhadap perubahan suhu pemanasan.

terjadi cekungan yang relative dalam, sementara pada pengelasan dengan penambahan panas 200 °C terlihat terjadi cekungan yang datar. Hal ini membuktikan bahwa pengelasan dengan penambahan panas 200 °C memiliki kekuatan yang sedikit lebih tinggi.

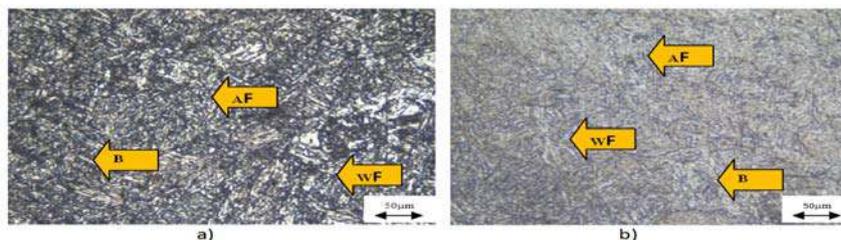
Gambar 5 memperlihatkan bahwa kekerasan tertinggi berada pada daerah logam las diikuti dengan daerah HAZ kasar, HAZ halus, daerah terpengaruh panas dan logam induk. Kekerasan di daerah logam las memiliki nilai tertinggi disebabkan oleh peleburan pada suhu tinggi dilanjutkan dengan pendinginan,



Gambar 4. Foto makro hasil pengujian tarik pengelasan fcaw, a). tanpa penambahan panas; b). dengan penambahan panas 200 °C.



Gambar 5. Grafik kekerasan terhadap jarak pengujian.



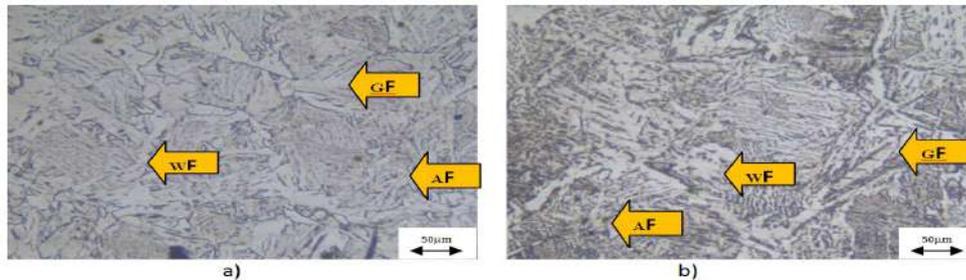
Gambar 6. Foto mikro struktur daerah logam las dengan pembesaran 50 x a). tanpa penambahan panas b). penambahan panas. AF : Acicular Ferrit; WF : Widmanstatten Ferrit; B : Bainit. GF : Ferrit Batas Butir.

agak cepat pada suhu kamar. Sementara itu bahwa pada daerah pengelasan memiliki kekerasan yang tinggi disebabkan kandungan Mn lebih tinggi (Subeki, 2011). Kandungan Mn di daerah las terbukti nilainya lebih tinggi, hal ini seperti ditunjukkan pada pengujian komposisi kimia Tabel 2.

Gambar 6 menunjukkan bahwa struktur mikro keduanya didominasi oleh ferit widmanstatten, acicular ferit dan bainit. Bentuk struktur mikro tersebut mengakibatkan kekuatan tinggi dan nilai kekerasannya juga lebih tinggi dari daerah yang lain. Struktur mikro acicular

ferit dapat meningkatkan kekuatan sambungan (Harrison and Farrar, 1981). Penambahan panas pada proses penge-

lasan dengan penambahan panas 200 °C terbukti dapat meningkatkan struktur mikro acicular ferit.

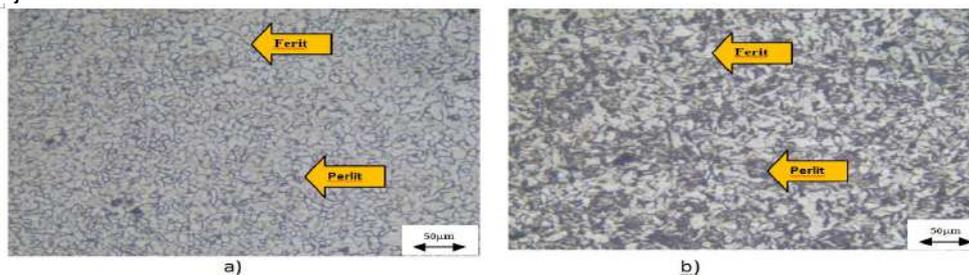


Gambar 7. Foto mikro struktur daerah HAZ kasar dengan pembesaran 50 x  
a) tanpa penambahan panas b) penambahan panas

Gambar 7 menunjukkan bentuk struktur mikro di daerah HAZ kasar didominasi oleh ferit widmanstaten sebagian acicular ferit dan ferit batas butir. Bentuk struktur mikro pada daerah ini mengakibatkan terjadi penurunan kekerasan, yang disebabkan oleh tumbuhnya struktur mikro batas butir.

Bentuk struktur mikro daerah HAZ halus yang ditunjukkan pada Gambar 8 didominasi oleh ferit dan perlit. Pada daerah ini kekerasan sudah terjadi penurunan yang diakibatkan oleh kandungan Mn yang rendah dan struktur mikro yang terbentuk adalah ferit dan perlit. Patah akibat pengujian tarik juga terjadi daerah ini.

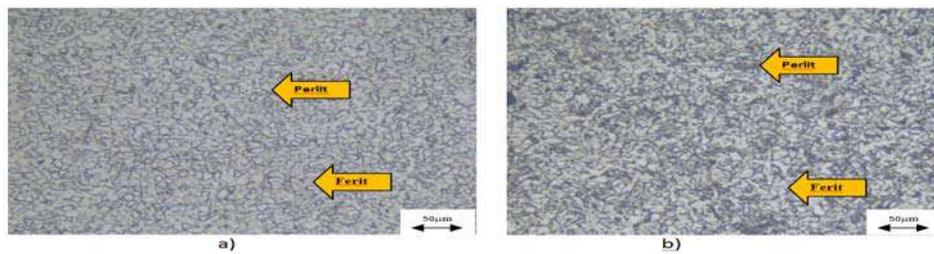
Bentuk struktur mikro daerah logam induk seperti terlihat pada Gambar 9, didominasi oleh ferit dan perlit dengan butiran yang lebih besar. Ferit dan perlit yang bentuk butirannya besar nilai kekerasannya rendah (Subeki, 2011). Nilai kekerasan yang rendah disebabkan oleh kandungan Mn pada logam induk kecil juga bentuk struktur mikronya ferit dan perlit. Butiran yang lebih besar pada daerah ini menghasilkan kekerasan paling rendah dibandingkan dengan daerah pada sambungan yang lain, terutama yang diberi pemanasan 200 °C.



Gambar 8. Foto mikro struktur daerah HAZ halus dengan pembesaran 50 x  
a) tanpa penambahan panas b) Penambahan panas

Komposisi kimia, penambahan panas pada sambungan pengelasan dapat mempengaruhi sifat mekanis dan struktur mikro hasil sambungan. Kekuatan sambungan di daerah pengelasan memiliki nilai yang sangat tinggi disebabkan kandungan unsur mangan tinggi dan bentuk struktur mikro didominasi oleh ferit

widmanstaten, acicular ferit dan bainit. Nilai kekerasan semakin turun mengikuti perubahan struktur mikro didominasi oleh ferit dan perlit. Penambahan temperatur 200 °C mampu meningkatkan sifat mekanik dan bentuk struktur mikro sambungan pengelasan.



Gambar 9. foto mikro struktur logam induk dengan pembesaran 50 x  
a) tanpa penambahan panas b). penambahan panas.

### KESIMPULAN

Sambungan dengan pengelasan FCAW tanpa penambahan panas dan menggunakan penambahan panas di sekitar alur pengelasan memiliki hasil diantaranya adalah komposisi kimia logam las terjadi penurunan unsur karbon dan peningkatan unsur mangan. Penggunaan penambahan temperature dapat meningkatkan kekuatan luluh 2,4 %, kekuatan maksimum 1,9 % dan sedikit kekerasan.

Kekerasan tertinggi di daerah las diikuti daerah HAZ kasar, HAZ halus dan terendah di logam induk. Bentuk struktur mikro didaerah Pengelasan didominasi ferit widman-staten, acicular ferit dan bainit. Penambahan temperature 200 °C dapat mempengaruhi terbentuknya struktur mikro sambungan pengelasan.

### DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook Comittee, 1986, *Metal Handbook*, Volume 9 Edisi 9, *Welding and Brazing*, American Society for Metals International, New York.
- Cary, H.B., 1994, *Modern Welding Technology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Feng Zhili, 2005, *Processes and Mechanisms of Welding Residual Stress and Distortion*, Padstow, Cornwall, England.
- Harrison, P.L., dan Farrar, R.A., 1981, *Influence of Oxygen-rich Inclusions on the  $\gamma$  to  $\alpha$  Phase Transformation in High Strength Low Alloy (HSLA) Steel Weld Metals*, Journal of Material Science, 16, pp 2218-2226.
- Okumura, T., dan Wiryosumarto, H., 2000, "Teknologi Pengelasan Logam", PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Song, J., Peters. J., Noor, A., and Michaleris, P., 2003., "Sensitivity Analysis of The Thermomechanical Response of Welding Joints" Journal of Solids and Structures 40, Hal 4167-4180.
- Sorensen. M.B., 1999, "Simulation of Welding Distortion in Ship Section", Department of Naval Architecture dan Offshore Engineering, Technical University of Denmark.
- Subeki, N., 2009, Optimalisasi Penggunaan Heat Input pada Pengelasan Pipa Spiral untuk Meningkatkan kualitas Sambungan", Jurnal Teknik Industri Vol. 10 Nomor 2. Agustus 2009 Hal 141-147, Malang.
- Subeki, N., 2011, Optimalisasi Kandungan Mn pada Filler untuk Mendapatkan Ketangguhan dan Kekerasan", Jurnal Teknik Industri Vol. 12 Nomor 1. Februari 2011 Hal 43-52, Malang.
- Surian, E.S., Ramini De Risone, N.M., Svoboda, H.G., Rep, R., and De Vedia, L. A., 2010 "SMAW, FCAW, and SAW High-Strength Ferritic Deposits : The Challenge Is Tensile Properties" Welding Journal Vol. 89 Hal: 54-S- 64-S
- Viswanathan. R dan Stringer. J., 2009, "Failure Mechanisms of High Temperature Components in Power Plants", Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA 95070.

## UNJUK KERJA ALAT PENGERING GULA SEMUT DUA BELAS SUSUN MENGUNAKAN BAHAN BAKAR LPG

Susanto Johanes<sup>1</sup>, Sukartono, G.<sup>2</sup>, Soeadgihardo S.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Diploma Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada

Masuk: 11 Desember 2014, revisi masuk: 12 Januari 2015, diterima: 28 Januari 2015

### ABSTRACT

*Modified dryer is used as an alternative method for drying the production of coconut sugars (gula semut / gula merah) or coconut crystal sugars for farmers or micro entrepreneurs, especially when production is increased or in the rainy season. This study aims to determine the performance of drier gula semut own design, with LPG fuel. Construction drier consists of a framework to support stainless steel pans as the container of sugars, measuring 78 cm x 74 cm x 4 cm, which is composed of twelve level, with a gap distance of 5 cm. The pans arranged vertically, so that the bottom of the pan gets hot either by radiation, conduction, and convection by the flow of hot air that is exhaled by the blower, while the pans that is above it also will get heat by conduction and convection by hot air which flows through it. The tests of dryers are conducted in two methods: with load and without load. The weather conditions are dry bulb temperature of 30°C and 27°C wet bulb. In the no-loaded testing, to achieve a working temperature of the drying chamber at 60 °C, it takes approximately 40 minutes. While testing with load is drying 8 kg / pan and 10 kg / pan sugars. On this burden, to reduce the water content of about 6% to between 2-3%, required 5.5-7 hours drying time, and required the consumption of fuel (LPG) between 1.15 to 1.35 kg. The rate of the average water content decreased is 0.66% per hour, and the total efficiency of the dryer ( $\eta_T$ ) is 23%.*

**Keywords:** *Gula semut, water content, dryer.*

### INTISARI

Alat pengering hasil rekayasa digunakan sebagai cara alternatif untuk mengatasi kesulitan pengeringan produksi gula semut (gula kelapa/merah) atau gula kristal bagi para petani atau pengusaha mikro, terutama ketika produksi meningkat atau saat musim hujan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja alat pengering gula semut rancangan sendiri, dengan bahan bakar LPG. Konstruksi alat pengering terdiri dari kerangka untuk menopang pan-pan *stainless steel* sebagai wadah gula semut, berukuran 78 cm x 74 cm x 4 cm, yang disusun dua belas tingkat, dengan jarak celah 5 cm. Pan-pan disusun secara vertikal, sehingga pan yang paling bawah mendapat panas baik secara radiasi, konduksi, dan konveksi oleh aliran udara panas yang dihembuskan oleh blower, sedangkan pan-pan yang berada di atasnya akan mendapatkan panas secara konduksi dan konveksi oleh udara panas yang mengalir melintasinya. Pengujian alat pengering dilakukan dengan dua cara yaitu tanpa dan dengan beban. Pada saat pengujian, kondisi cuaca bertemperatur bola kering 30°C dan bola basah 27°C. Pada pengujian tanpa beban, untuk mencapai temperatur kerja ruang pengering sebesar 60 °C, diperlukan waktu lebih kurang 40 menit. Sedangkan pengujian dengan beban yaitu mengeringkan 8 kg/pan dan 10 kg/pan gula semut. Pada beban tersebut, untuk menurunkan kadar air dari sekitar 6% menjadi antara 2–3%, diperlukan waktu pengeringan selama 5,5–7 jam, dengan memerlukan konsumsi bahan bakar (LPG) antara 1,15–1,35 kg. Laju penurunan kadar air rata-rata gula semut sebesar 0,66% setiap jam, serta efisiensi total alat pengering ( $\eta_T$ ) sebesar 23 %.

Kata kunci: Gula semut, kadar air, alat pengering.

<sup>1</sup>[s.johanes@ugm.ac.id](mailto:s.johanes@ugm.ac.id),

<sup>2</sup>[gregsukartono@ugm.ac.id](mailto:gregsukartono@ugm.ac.id),

<sup>3</sup>[soeadgihardo@ugm.ac.id](mailto:soeadgihardo@ugm.ac.id)

## PENDAHULUAN

Gula semut merupakan salah satu komoditi perdagangan yang mempunyai peluang untuk dikembangkan guna meningkatkan penghasilan petani maupun pengusaha mikro serta devisa negara. Kesulitan pengeringan produksi gula semut oleh para petani atau pengusaha mikro sering dialami, terutama ketika musim hujan tiba. Selama ini, satu-satunya proses pengeringan produksi gula semut yang kebanyakan mereka lakukan, adalah dengan penjemuran.

Pemanfaatan nira siwalan/kelapa sebagai bahan pemanis dalam bentuk produk gula merah, dengan kadar air yang relatif tinggi yaitu sekitar 9–11%, mempunyai kendala dalam hal daya simpan yang relatif pendek.

Sampai saat ini, Indonesia masih mengimpor gula pasir, bahkan dari tahun ke tahun kapasitasnya meningkat. Menurut Bulog rata-rata peningkatan konsumsi gula tersebut mendekati 5%, sedang kemampuan produksi dalam negeri hanya 3,58% per tahun, sehingga memberikan peluang bagi pengusaha gula merah untuk memenuhi kekurangan tersebut (Santoso, 1993).

Keunggulan gula merah kristal antara lain mempunyai umur simpan relatif lebih lama, yaitu berkisar antara 5–7 bulan, karena kadar airnya relatif lebih rendah yaitu 2,5–3,0%. Hasil penelitian tentang kristalisasi nira siwalan, diperoleh produk gula siwalan kristal dengan kandungan air 2,85% (Wedowati dan Rahayuningsih, 2006). Selain itu, keunggulan gula merah bentuk kristal yang kecil akan memudahkan penggunaannya. Disamping itu, gula merah kristal dapat dibuat dalam berbagai macam rasa yaitu jahe, temu lawak, kencur dan lainnya, sehingga apabila digunakan untuk minuman, akan memberikan rasa khas yang alami (Soetanto, 1998).

Sumber lain menunjukkan bahwa gula semut memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan gula hasil cetak tempurung kelapa (PDII-LIPI, 2000), di antaranya adalah:

Dapat disimpan dalam waktu kurang lebih dua tahun tanpa mengalami perubahan setelah dikeringkan dan dibungkus rapat; Mudah larut dan

bentuknya menarik; Nilai ekonominya lebih tinggi; Memiliki aroma khas; Bentuknya kering dan tidak lembek.

Gula kristal bersifat higroskopis, sehingga kadar airnya mudah meningkat dengan menyerap uap air dari lingkungan sekitarnya. Untuk melindungi produk gula agar tak lembab serta bebas dari pencemaran lingkungan maka diperlukan pengemas atau pembungkus. Selain itu untuk melindungi produk agar tak mudah bereaksi dengan udara maka diperlukan pengemas hampa udara (Hambali, E., 1990). Salah satu jenis pengemas yang sering digunakan adalah plastik. Penggunaan plastik ini karena sifat-sifatnya yang dipandang menguntungkan, misalnya mudah dibentuk, mempunyai adaptasi yang tinggi terhadap produk, tidak korosif dan mudah dalam penanganannya (Syarief, R., dkk., 1989).

Dengan menggunakan alat pengering gula semut, yang mengaplikasikan proses kerja otomatis pada sistem kontrolnya, berbahan bakar LPG (Liquified Petroleum Gas) yang harganya terjangkau, susunan pan bertingkat, sehingga kompak & praktis, menggunakan udara pemanas multi lintas, kapasitas kecil antara 100-150kg yang disesuaikan kondisi petani dan pengusaha mikro, pelat pemanas bersirip berfungsi untuk mempercepat proses penyerapan kalor oleh udara pemanas, serta pengaturan temperatur udara pemanas sesuai kebutuhan agar tak *over heat*, sebagai pengaman bagi alat dan produk, maka pengguna alat pengering ini diuntungkan secara ekonomis, keamanan terjaga dan kemudahan dalam pengoperasian alatnya.

Dengan sistem tersebut di atas, maka pemanfaatan kalor menjadi optimal. Disamping itu, tak diperlukan lagi tenaga tambahan serta lahan yang cukup luas untuk penjemuran. Higienitas produk juga lebih terjamin, karena terhindar dari pencemaran lingkungan, sebagai akibat kontak langsung yang lama dengan udara bebas, pada saat proses penjemuran.

Atas dasar berbagai alasan di atas, maka pada penelitian ini dibuat prototipe pengering gula semut yang kompak, susunan pan bertingkat, berkapasitas kecil, dengan bahan bakar

LPG, berdampak polusi sangat sedikit, untuk diuji unjuk kerjanya. Perpindahan kalor radiasi oleh plat *stainless steel* dan aluminium yang dipanaskan oleh gas hasil pembakaran bahan bakar LPG dimanfaatkan untuk memanaskan pan-pan, dan dikombinasi dengan kalor konveksi udara yang dipanaskan oleh plat dan sirip-sirip *stainless steel*.

Sementara gula semut yang dipanaskan ditebarkan merata di atas pan-pan, yang selanjutnya pan-pan tersebut disusun sebanyak 12 (dua belas) tingkat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari unjuk kerja alat pengering gula semut, kapasitas maksimum 150kg, rancangan sendiri, dengan dua belas tingkat susunan pan-pan, menggunakan bahan bakar LPG. Dengan rancangan ini harapannya adalah dapat memanfaatkan semaksimal mungkin kalor hasil pembakaran bahan bakar LPG.

Alat-alat pengering produk pertanian pada umumnya bertujuan mengurangi kadar air yang terkandung di dalam produk tersebut. Metode pengeringan yang dilakukan ada kalanya berbeda, namun ada yang sama atau hampir sama satu dengan lainnya. Perlakuan-perlakuan khusus seperti misalnya produk-produk yang sensitif terhadap tingginya temperatur pengeringan, dilakukan untuk melindungi produk tersebut agar tak terjadi perubahan sifatnya. Selain itu, ada juga perlakuan khusus lainnya yaitu produk tak boleh kontak langsung dengan logam. Adapun beberapa penelitian tentang alat-alat pengering tersebut, diuraikan sebagaiberikut.

Menurut penelitian Seprianto, D.,dkk.,(2010),pengeringan bunga Rosella, menggunakan rancang bangun mesin pengering ciptaannya, yang kemudian disumbangkan kepada mitranya. Mesin tersebut bekerja menggunakan pemanas listrik dengan daya 440watt, arus 2 Ampere, tegangan 220volt. Hasil pengujian pengeringan bunga Rosella yang dilakukan adalah dengan kecepatan aliran udara 1,2m/det, temperatur pengeringan 55°C, serta lama pengeringan selama 14 jam, menghasilkan kekeringan bunga tersebut secara sempurna.

Penelitian Ruku, S., dkk. (2005), tentang penggunaan alat pengering biji

kakao modifikasi BPTP Sultra. Proses pengeringan menggunakan panas hasil arang kayu yang memanasi biji-biji kakao yang berada di atasnya sebanyak tiga tingkat.

Menurut Fudholi, A. dkk (2009), di dalam reviewnya dikatakan bahwa pengeringan untuk produk pertanian dan kelautan adalah salah satu aplikasi yang paling menarik dan hemat energi dengan menggunakan energi surya. Berbagai jenis pengering surya telah dirancang dan dikembangkan di berbagai belahan dunia. Pada dasarnya ada empat macam alat-alat pengering surya tersebut, yaitu pengering sinar matahari langsung, tak langsung, model gabungan dan tipe hibrid. Pada alat pengering gula semut yang dirancang ini, perpindahan kalor berlangsung secara radiasi dari gas hasil pembakaran gas LPG menuju ke plat *stainless steel*. Kemudian plat *stainless steel* berfungsi sebagai radiator yang memancarkan kalor radiasi ke pan bagian bawah, sehingga gula semut terpanasi secara konduksi oleh pan. Disamping itu, gula semut juga dipanaskan secara konveksi oleh udara panas akibat pemanasan udara tersebut oleh plat dan sirip-sirip *stainless steel*.

Kalor total yang dipergunakan pada proses pengeringan gula semut ini, terdiri dari: 1)kalor yang digunakan untuk memanaskan gula semut dari temperatur atmosfer ke temperatur yang diinginkan, 2)kalor yang digunakan untuk memanaskan kandungan air yang ada dalam gula semut,3)kalor yang digunakan untuk menguapkan (kalor laten) kandungan air yang ada dalam gula semut, 4)kalor yang keluar melalui ventilasi/cerobong gas buang, 5)kebocoran kalor melalui dinding alat pengering gula semut dan kerugian kalor radiasi & terbuang ke udara sekitar.

Adapun untuk menentukan unjuk kerja alat pengering gula kristal tersebut di atas, melalui perhitungan secara bertahap sebagai berikut.

Besarnya kalor total yang digunakan pada proses pengeringan gula semut adalah sebagai berikut :

$$Q_T = Q_D + Q_L \dots\dots\dots (1)$$

dimana  
 $Q_D$ = kalor (energi) untuk pemanasan gula

semut basah, (k Joule)

$Q_L$  = kalor (energi) yang hilang, (k Joule).

Kalor untuk pemanasan gula semut basah ( $Q_D$ ), terdiri dari beberapa komponen energi dan dinyatakan sebagai berikut :

$$Q_D = Q_S + Q_W + Q_{EW} \dots\dots (2)$$

dimana,

$Q_S$  = kalor pemanasan gula semut, (k Joule),  $Q_W$  = kalor pemanasan air yang terkandung pada gula semut, (k Joule),  $Q_{EW}$  = kalor penguapan air gula semut, (k Joule). Kalor pemanasan gula semut dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$Q_S = W_{sf} c_{ps}(T_d - T) \dots\dots (3)$$

dimana,

$W_{sf}$  = berat gula semut basah setelah produksi, (kg),  $c_{ps}$  = panas jenis gula semut, (k Joule/kg.°C),  $T_d$  = temperatur gula semut kering, (°C),  $T_f$  = temperatur gula semut awal (basah), (°C).

Kalor pemanasan air gula semut dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$Q_W = W_{wf} c_{pw}(T_d - T) \dots\dots (4)$$

Dimana,

$W_{wf}$  = berat kandungan air pada gula semut, (kg),  $c_{pw}$  = panas jenis air, (k Joule/kg.°C). Kalor penguapan air gula semut dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$Q_{EW} = \Delta W_w h \dots\dots\dots (5)$$

dimana,

$\Delta W_w$  = berat air yang terbang selama pengeringan, (kg),  $= W_{wf} - W_{we}$ .  $W_{we}$  = berat air dalam gula semut saat akhir (setelah pengeringan), (kg),  $h_{fg}$  = kalor laten penguapan (k Joule/kg).

Sedangkan kalor (energi) yang hilang ( $Q_L$ ), diantaranya terdiri dari laju aliran kalor melalui dinding, laju aliran kalor melalui ventilasi, laju aliran kalor hasil pembakaran yang terbang ke lingkungan. Efisiensi total pengeringan gula semut dinyatakan sebagai berikut :

$$Q_L = (Q_{EW} + Q_{EV} + Q_{LA})t$$

$$\eta_T = \frac{Q_D}{Q_B} \dots\dots (6)$$

dimana,

$Q_B$  = kalor hasil pembakaran bahan bakar (k Joule).

Perpindahan kalor pada gula semut yang berada pada pan merupakan gabungan antara konduksi dan konveksi, yang sebagian besar dalam arah berlawanan. Semakin besar kapasitas gula semut (dalam satuan kg) yang dikeringkan, maka ketebalan lapisan perpindahan kalor konduksi semakin besar, sehingga untuk menghasilkan temperatur rata-rata gula semut yang sama besar, diperlukan pengaturan kapasitas bahan bakar yang berbeda. Semakin tebal lapisan gula semut pada pan, akan mengakibatkan laju pengeluaran kandungan uap air yang semakin sulit. Semakin tinggi kecepatan aliran udara pemanas akan mempercepat pengusiran kandungan air dalam gula semut, tetapi kalor yang terbuang semakin besar pula, sehingga perlu diatur kecepatan udara pemanas yang tepat. Untuk memperoleh standar operasi alat pengering gula ini, maka diperlukan pengaturan kapasitas gula semut, pengaturan konsumsi bahan bakar serta lama waktu operasi yang berbeda-beda guna memperoleh gula semut dengan tingkat kekeringan tertentu.

### METODE

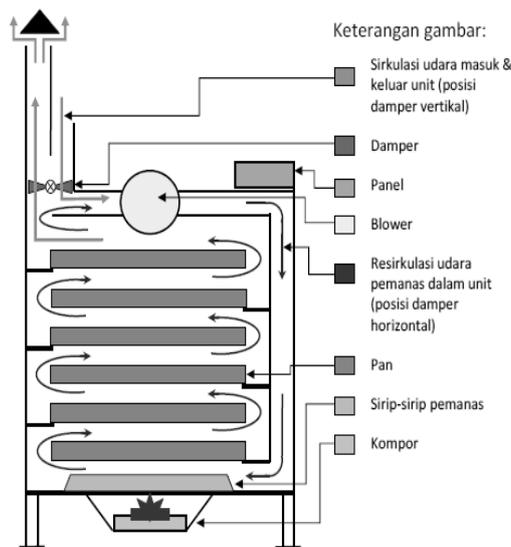
Sebagai bahan yang dikeringkan adalah gula semut yang masih basah, dengan kadar air sekitar 6%, hasil produksi langsung para petani atau produksi sendiri. Alat pengering yang dibuat adalah dengan ukuran pan 78 cm x 74 cm x 4 cm, dan pan tersusun 12 (dua belas) tingkat. Diagram alir proses pengeringan gula semut yang digunakan, ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Pengeringan Gula Semut

Pada Gambar 2 adalah sketsa alat pengering gula semut yang digunakan pada penelitian ini.

Spesifikasi alat pengering yang digunakan pada penelitian ini adalah: Bahan bakar LPG, Kapasitas kecil antara 100– 150kg, Jumlah tingkat 12 pan, Menggunakan udara pemanas satu lintas dan dengan atau tanpa sirkulasi, Pelat pemanas tanpa sirip (dilepas),



Gambar 2. Sketsa Alat Pengering Gula Semut

Proses penelitian dimulai dengan melakukan pengujian alat pengering gula semut tanpa beban dan selanjutnya dengan beban. Pada penelitian dengan pembebanan, variasi yang dilakukan adalah banyaknya gula semut (kg per tingkat). Lama pengeringan gula semut 3–8 jam, hingga dicapai tingkat kekeringan lebih kurang antara 2,5–3,0%. Selanjutnya diukur seberapa besar konsumsi bahan bakar LPG yang digunakannya.

Proses pengeringan dimulai dengan menghidupkan burner dengan setting bukaan *trotel* gas sesuai dengan temperatur pengeringan yang diinginkan yaitu antara 55–60°C.

Besaran-besaran yang diamati pada percobaan ini adalah temperatur pengeringan, temperatur dan tingkat kelembaban udara lingkungan, kandungan air pada gula semut saat awal dan akhir setelah pengeringan, serta konsumsi gas

yang diperlukan. Pengambilan sampel gula semut dilakukan pada waktu sebelum dan setelah pengeringan berlangsung 4; 5; 6; 7 dan 8 jam (tergantung kapasitas), diambil pada tingkat pan posisi bawah; tengah dan atas (A, B dan C). Untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam gula semut, maka setiap sampel gula semut diambil sebanyak 15 gram (sama dengan  $W_1$ ), selanjutnya dikeringkan menggunakan oven selama satu jam pada temperatur 110°C, hingga beratnya menjadi  $W_2$ , agar kandungan air hilang/kering, untuk kemudian dipakai sebagai dasar perhitungan.

### PEMBAHASAN

Pada ujicoba alat tanpa beban menunjukkan bahwa temperatur ruang pengering gula semut sebesar 60°C dicapai selama lebih kurang 40 menit. Pada percobaan perdana ini, kondisi alat tanpa dilengkapi sirip-sirip pemanas, serta tanpa sirkulasi udara pemanas dan menggunakan blower 2" dengan kecepatan penuh (bukaan *damper* penuh).

Pada pengujian alat dengan beban, dilakukan pengeringan gula semut sebanyak dua variasi kapasitas, yaitu 8 kg/pan dan 10kg/pan, atau total berat masing-masing sebesar 96kg dan 120kg.

Data hasil penelitian untuk salah satu variasi kapasitas pengeringan gula semut, yaitu 8 kg/pan, disajikan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 5berikutini. Kondisi udara lingkungan saat dilakukan pengambilan data, menunjukkan bahwa temperatur bola kering rerata sebesar 30°C dan temperatur bola basah adalah sebesar 26 °C. Sedangkan data hasil penelitian untuk kapasitas 10 kg/pan, tak ditampilkan pada naskah ini.

Tabel 1. Kadar air pada gula semut awal (sebelum pengeringan), untuk kapasitas pengeringan 8 kg/Pan.

No	W1 (g)	W2 (g)	W1-W2 (g)	Kadar air (%)
A	15	14,13	0,87	6,16
B	15	14,15	0,85	6,01
C	15	14,15	0,85	6,01

Tabel 2. Kadar air pada gula semut setelah pengeringan 4 jam, untuk kapasitas pengeringan 8 kg/Pan.

No	W1 (g)	W2 (g)	W1-W2 (g)	Kadar air (%)
A	15	14,32	0,68	4,75
B	15	14,35	0,65	4,53
C	15	14,33	0,67	4,68

Nilai kandungan air pada gula semut saat awal dan akhir pengeringan, diperoleh dengan cara perhitungan mundur, yaitu setelah sampel gula semut hasil akhir pengeringan dikeringkan kembali menggunakan oven pada temperatur 110 °C selama 60 menit, dan diasumsi sebagai gula semut kering.

Tabel 2. Kadar air pada gula semut setelah pengeringan 5 jam, untuk kapasitas pengeringan 8 kg/Pan.

No	W1 (g)	W2 (g)	W1-W2 (g)	Kadar air (%)
A	15	14,44	0,56	3,88
B	15	14,49	0,51	3,52
C	15	14,45	0,55	3,81

Tabel 2. Kadar air pada gula semut setelah pengeringan 6 jam, untuk kapasitas pengeringan 8 kg/Pan.

No	W1 (g)	W2 (g)	W1-W2 (g)	Kadar air (%)
A	15	14,63	0,37	2,53
B	15	14,60	0,40	2,74
C	15	14,64	0,36	2,46

Tabel 2. Kadar air pada gula semut setelah pengeringan 7 jam, untuk kapasitas pengeringan 8 kg/Pan.

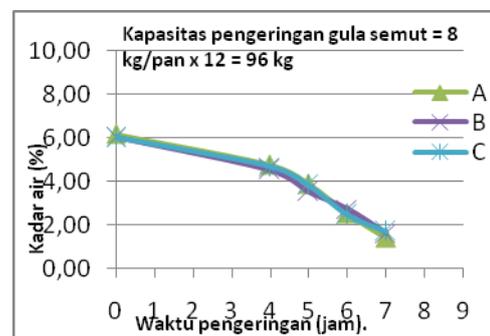
No	W1 (g)	W2 (g)	W1-W2 (g)	Kadar air (%)
A	15	14,79	0,21	1,42
B	15	14,76	0,24	1,63
C	15	14,75	0,25	1,69

Untuk memperoleh tingkat keke-  
rangan (kadar air) gula semut tertentu, atau sesuai keinginan pasar (berkisar 1,5%), lama proses pengeringan dilaku-  
kan dengan *trial and error*. Dalam hal ini peneliti dibantu oleh orang yang ber-

pengalaman yaitu petani pembuat gula dan pengusaha mikro, dengan cara mengamati atau melakukan penilaian secara fisual terhadap tingkat kekeringan sampel gula semut hasil pengeringan tersebut. Proses ini perlu dilakukan untuk memperoleh standar waktu operasional terhadap alat pengering baru,

Untuk pengeringan gula semut dengan kapasitas 8 kg setiap pan (lo-  
yang) atau berat total sebesar 96 kg, diperlukan waktu 7jam serta konsumsi LPG sebesar 1,15kg, menghasilkan gula semut dengan kandungan air rerata 1,58%. Sedangkan untuk pengeringan gula semut dengan kapasitas 10kg setiap pan atau berat totalsebesar 120kg, diper-  
lukan waktu 8jam serta konsumsi LPG sebesar 1,35kg, dan menghasilkan gula semut dengan kandungan air rerata 1,85%.

Grafik perubahan kadar air terkandung pada gula semut, selama proses pengeringan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. kadar air terkandung pada gula semut

Gambar 3, menunjukkan grafik penurunan kadar air pada gula semut selama proses pengeringan. Masing-masing sampel gula semut diambil setiap 15 gram pada posisi A (pan bawah), B (pan tengah) dan C (pan atas), setelah proses pengeringan berlangsung 4 jam pertama, serta kenaikan satu jam berikutnya, sampai proses pengeringan dihentikan. Hasilnya menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan kadar air pada gula semut yang signifikan diantara sampel A, B dan C.

Pada kesempatan ini, Tim peneliti mencoba untuk membuat alat penge-  
ring produk pertanian yang berbeda

dengan para peneliti sebelumnya, maka alat pengering dibuat bertingkat, seperti halnya penelitian yang dilakukan oleh (Ruku, S. dkk). Pemasangan beberapa jenis rumpun sirip-sirip pemanas pada alat pengering dengan sirkulasi udara pemanas, merupakan ciri khusus yang akan diuji pada rangkaian panjang tahap-tahap penelitian berkelanjutan ini. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar peningkatan penyerapan kalor konveksi oleh udara, agar modus perpindahan kalor radiasi berkurang, sehingga pemanasan lebih merata.

Sedangkan sirkulasi udara dilakukan dengan tujuan pemanfaatan kalor semaksimal mungkin. Udara pemanas tidak langsung dibuang, tetapi dipanaskan lagi untuk digunakan lagi memanaskan gula semut, hingga mendekati jenuh, baru selanjutnya udara tersebut dibuang. Penggunaan bahan bakar LPG dengan pertimbangan agar ruangan tetap bersih, karena yang ditangani ada-lah komoditi pangan, serta harganya masih terjangkau oleh pengguna alat.

Penelitian ini, menunjukkan saat mendekati akhir proses pengeringan, gula semut yang berada pada pan terbawah yang berdekatan dengan *burner* atau kompor, cenderung mengalami pengerasan, terutama pada bagian dasar pan. Hal ini mengindikasikan bahwa modus perpindahan kalor radiasi dan konduksi lebih dominan dibanding konveksi. Kejadian ini didukung oleh kenyataan bahwa kecepatan aliran udara pemanas ini cukup kecil, sehingga pengusiran uap air yang terlepas dari gula semut menjadi lambat. Disamping alasan tersebut, pada tahap awal, sirip-sirip pemanas *stainless steel* rumpun pertama, berjumlah tujuh buah, dengan masing-masing luas 9 cm x35cm, dan berbagai jenis rumpun-rumpun sirip lainnya, yang akan digunakan pada percobaan (penelitian) berikutnya, tidak terpasang(dilepas) dari alat pengering tersebut, serta tanpa sirkulasi udara.

Perhitungan efisiensi total rerata pengeringangula semut menggunakan alat pengering ini, diperoleh sebesar 23%. Nilai iniberdasarkan pada persamaan (6), yang meliputi kebutuhan kalor untuk pemanasangula semut dan air yang terkandung, serta kalor laten penguapan air,

dibandingkan dengan kalor hasil pembakaran bahan bakar LPG terpakai.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian adalah sebagai berikut: Pada kondisi tanpa beban, ruang pengering mencapai temperatur kerja 60 °C, diperlukan waktu lebih kurang 40 menit, dengan kondisi udara sekitarpada temperatur bola kering 30 °C,

Lama waktu pengeringan gula semut dengan kapasitas antara 8 kg/pan dan 10 kg/pan, untuk menurunkan kadar air dari sekitar 6% menjadi antara 2– 3%, adalah selama 5,5–7jam, dengan memerlukan konsumsi bahan bakar (LPG) antara 1,1–1,6kg,

Laju penurunan kadar air rata-rata gula semut sebesar 0,66% setiap jam, dan efisiensi total rerata alat pengering. ( $\eta_T$ ) sebesar 23 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- Fudholi, A., Sopian, K., Ruslan, M.H., Alghoul, M.A., Sulaiman, M.Y., 2009, Review of solar dryer for agricultural and marine products, Solar Energy Research Institute, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi Selangor Malaysia,
- Hambali, E., 1990. Pengantar Pengemasan. Laboratorium Pengemasan, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- PDII-LIPI, 2000, Gula semut, <http://www.dekindo.com/contact/teknologi/>, 15 April 2013,
- Santoso, H.B., 1993. Pembuatan Gula Kelapa. Kanisius Yogyakarta.
- Seprianto, D. & Widagdo, T., 2010, Rancang IPembudidayaan Bunga Rosella, Laporan Kegiatan Ucer, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Soetanto, N.E., 1998. Membuat Gula Kelapa Kristal. Kanisius Yogyakarta.
- Syarief, R., S. Santausa dan St. Isyana, B., 1989. Teknologi Pengemasan Pangan. Laboratorium Rekayasa Proses Pangan, Pusat Antar Uni-

versitas Pangan dan Gizi. Institut  
Pertanian Bogor, Bogor.  
Wedowati, E.R. dan T. Rahayuningsih,  
2006. Kristalisasi Nira Siwalan  
(*Borassus Flabellifer* Linn) Seba-  
gai Alternatif Bahan Pemanis  
Alami. Jurusan Teknologi Perta-  
nian, Fakultas Pertanian, Univer-  
sitas Wijaya Kusuma Surabaya.  
Surabaya.

## KAJIAN KERENTANAN MASYARAKAT DALAM PENGELOLAAN DARATAN WILAYAH PESISIR KOTA KUPANG TERHADAP ANCAMAN GELOMBANG TINGGI

Tri U. Wibowo<sup>1</sup>, Herry Z. Kotta<sup>2</sup>, Jauhari Effendi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Magister Ilmu Lingkungan, <sup>2</sup>Fakultas Teknik dan Sains,

<sup>3</sup>Program Pasca Sarjana Universitas Nusa Cendana

Masuk: 5 Agustus 2014, revisi masuk : 14 Desember 2014, diterima: 6 Januari 2015

### ABSTRACT

*Kupang City is the capital of East Nusa Tenggara Province located in Kupang Bay, based on historical data has encountered several of the earthquake that caused high tide. This study aims to obtain vulnerability of coastal society in land management of Kupang City coastal through those natural disasters, this study covers 15 villages located along the coast of Kupang City. Determination of the vulnerability using spatial analysis with GIS software Quantum Valmiera 2.2 and ArcGIS 9.3 , descriptive statistics, scoring systems and weighting limitation vulnerable areas under 10.5 meters above sea level, which is an overlay be physical vulnerability map. Physical vulnerability variable such as structured area, and the density of buildings. Non-physical vulnerability variable such economic area parameters, livelihoods, and population density. Environmental vulnerability variable parameters such as elevation, distance from the shoreline and coastal protection forest .There are three levels of vulnerability; high, medium, and low. From the resulting overlay of each variable and parameters obtained the vulnerability of coastal areas in Kupang City was dominated by the 9 villages with medium vulnerability, 1 village with high vulnerability, and there are no villages in the low vulnerability. 5 villages are safe from high tides.*

**Keywords:** High Tides, Physical Vulnerability, Non Physical Vulnerability, Coastal Kupang City

### INTISARI

Kota Kupang merupakan Ibu Kota Propinsi Nusa Tenggara Timur yang berada di Teluk Kupang, berdasarkan data historis telah beberapa kali mengalami gelombang tinggi yang menyebabkan banjir rob. Penelitian ini bertujuan mendapatkan kerentanan masyarakat pesisir dalam pengelolaan daratan pesisir Kota Kupang terhadap ancaman tersebut, wilayah penelitian terdiri dari 15 kelurahan yang berada di sepanjang pesisir Kota Kupang. Penentuan kerentanan menggunakan analisis spasial dengan *software* Quantum GIS Valmiera 2.2, dan ArcGIS 9.3, statistik deskriptif, sistem skoring dan pembobotan dengan batasan wilayah rentan dibawah 10,5 meter dpl, yang dilakukan *overlay* menjadi peta kerentanan. Variabel kerentanan fisik berupa parameter kawasan terbangun, dan kepadatan bangunan. Variabel kerentanan non fisik berupa parameter mata pencaharian, kepadatan penduduk, dan kelompok rentan. Variabel kerentanan lingkungan berupa parameter Elevasi, jarak dari garis pantai dan hutan pelindung pantai. Tingkat kerentanan terdiri dari 3 kelas yaitu rentan tinggi, rentan sedang dan rentan rendah. Dari hasil *overlay* masing-masing variabel dan parameter didapatkan kerentanan wilayah pesisir Kota Kupang di dominasi oleh kerentanan sedang sebanyak 9 kelurahan, kerentanan tinggi sebanyak 1 kelurahan, dan tidak ada dalam kerentanan rendah. Kelurahan aman tsunami dan gelombang tinggi terdapat 5 kelurahan.

**Kata Kunci:** Gelombang Tinggi, Kerentanan Fisik, Kerentanan Non Fisik, Pesisir Kota Kupang

## PENDAHULUAN

Kota Kupang sebagai ibu kota Propinsi Nusa Tenggara Timur merupakan salah satu kota yang terletak di Wilayah Pesisir tepatnya di Teluk Kupang. Kawasan pesisir kota Kupang mempunyai luas 126.95 km<sup>2</sup> dengan panjang 22,7 km (Baun,2008). Secara historis wilayah pesisir kota Kupang merupakan awal perkembangan dari kota Kupang sebagai pusat kegiatan ekonomi. Perkembangan wilayah pesisir kota Kupang dari tahun ke tahun juga semakin meningkat dengan ditandai bertambahnya lahan-lahan terbangun baru disepanjang pesisir kota Kupang.

Bencana yang sering melanda wilayah pesisir Kota Kupang adalah gelombang tinggi dan angin kencang selama musim penghujan, hal ini karena wilayah pesisir Kota Kupang khususnya dan Nusa Tenggara Timur umumnya berada dalam wilayah dampak terbentuknya badai siklon di sebelah selatan Nusa Tenggara (BMKG), tahun kejadian yang paling terakhir terjadi pada tanggal 03 Februari 2014, kejadian ini telah merusakkan beberapa rumah di Pesisir Kota Kupang, gelombang tinggi dan angin kencang ini disebabkan oleh dampak badai siklon Edna, oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Kupang mencatat jumlah korban sebanyak 307 kepala keluarga. Korban tersebut tersebar di beberapa kelurahan, yaitu di Kelurahan Namosain 87 kepala keluarga, Pasir Panjang 199 kepala keluarga dan Kelurahan Oesapa 21 kepala keluarga. Banjir itu menyebabkan 178 rumah warga rusak, walau tidak tercatat adanya korban jiwa tapi tentunya hal ini menjadi potensi kerentanan (*vulnerability*) yang perlu di perhitungkan dalam pengembangan wilayah pesisir Kota Kupang. Berdasarkan permasalahan diatas maka penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan kerentanan fisik dan non fisik masyarakat dalam pengelolaan wilayah daratan pesisir Kota Kupang terhadap ancaman bencana gelombang tinggi.

## METODE

Penelitian menggunakan alat berupa perangkat *hardware* (GPS, Altimeter, Laptop, Printer, Kamera dan Alat Tulis), dan perangkat *software* (Arc Gis 9.3, Quantum Gis(*Open Source*), microsoft office). Data yang dibutuhkan berupa data primer dan skunder yang di peroleh dari pihak terkait dan survei lapangan.

Penelitian dilakukan dengan studi pustaka berupa telaah penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian, survey lapangan berupa pengukuran, pengklasifikasian bangunan.

Selain itu juga dilakukan dengan metode analisis yaitu Analisis fisik, analisis non fisik, dan skoring. Analisis fisik dilakukan dengan memetakan dalam suatu Informasi SIG (Sistem Informasi Geografis) atau lebih dikenal Geospasial. Pada Analisis Geospasial setiap indikator dipetakan sehingga menggambarkan keadaan demografis, topografi, struktur dan guna bangunan dalam rona warna yang mewakili masing-masing indikator yang dimaksud (Puntodewo dkk, 2003). Kemudian Semua parameter diberi skor dan dibobot. Setelah itu dilakukan proses tumpang tindih (*Overlay*) peta sebagai analisis keruangan yang kemudian hasilnya dilakukan pembobotan kembali. Setelah proses tersebut terpenuhi maka akan didapatkan kelas kerentanannya berdasarkan kategori yang disusun. Sedangkan asumsi unit-unit poligon yang digunakan yakni poligon kelurahan/poligon yang terbentuk secara otomatis dalam proses analisis.

Analisis Non Fisik dilakukan dengan statistik diskriptif, statistik ini digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul dalam tabel atau distribusi frekuensi, sehingga diketahui kecenderungan hasil temuan penelitian apakah masuk dalam kategori rendah, sedang atau tinggi. Hasil kecenderungan katagori parameter diberikan skor dan dibobot setelah itu dilakukan analisis Geospasial untuk mendapatkan peta berdasarkan kelas kerentanannya berdasarkan kategori yang disusun.

Proses Skoring, Skoring dan pembobotan mengacu pada Perka PNPB 2012, dengan penyesuaian dan modifikasi pada indikator sehingga dapat menggambarkan kerentanan wilayah penelitian. Penyesuaian dilakukan dengan mempertimbangkan ketersediaan data pada Laporan Potensi Desa (PODES), waktu, biaya dan luasnya wilayah penelitian. Nilai Kerentanan Fisik dan Non Fisik dibagi dalam 3 Kelas yaitu: Total Nilai  $\leq 5$  Rentan Rendah, Total Nilai  $> 5 - 10$  Rentan Sedang dan Total Nilai  $> 10$  Rentan Tinggi

Rumus perhitungan nilai kerentanan fisik, nilai kerentanan non fisik dan nilai kerentanan total (Perka PNPB Tahun 2012):

**Nilai Kerentanan Fisik** =  $0,6 \times \text{Skor Luas Rentan elevasi} + 0,2 \times \text{Skor Luas terbangun} + 0,2 \times \text{Skor Kepadatan Bangunan}$

**Nilai Kerentanan Non Fisik** =  $0,2 \times \text{Mata Pencaharian} + 0,4 \times \text{Skor Kepadatan Penduduk} + 0,4 \times \text{Skor Kelompok Usia Rentan}$ . Hasil penyesuaian variabel bobot dan skoring tampak pada Tabel 1

Analisis Kerentanan	Arahan Operasional	Variabel	Bobot (%)	Kelas kerentanan (Skor)					
				Tinggi	Nilai	Sedang	Nilai	Rendah	Nilai
Fisik	Menggambarkan kerentanan bencana secara fisik oleh hubungan topografi dalam area <i>run up</i> 3 m gelombang tinggi yang akan membahayakan bangunan dalam pola penggunaan struktur ruang wilayah	Luasan daerah terpapar Elevasi (Ketinggian)	60	$> 65\%$	9	35 – 65 %	6	$< 35\%$	3
		Luasan Terbangun/Struktur Ruang	20	$> 65\%$	3	35 – 65 %	2	$< 35\%$	1
		Kepadatan bangunan Unit/Ha	20	$> 60$	3	30 – 60	2	$< 30$	1
Total			100	15		10		5	
Non Fisik 1. Ekonomi  2. Sosial Budaya	Menggambarkan keadaan kerentanan ekonomi masyarakat pesisir ketika bencana pesisir terjadi dengan menggenangi pusat-pusat ekonomi	Mata Pencaharian Penduduk Petani + Nelayan + Pedagang	20	$> 65\%$	3	35 – 65 %	2	$< 35\%$	1
		Kepadatan Penduduk	40	$> 65\%$	6	35 – 65 %	4	$< 35\%$	2
	Menggambarkan keadaan Sosial budaya masyarakat pesisir ketika bencana pesisir terjadi dimana struktur masyarakat sangat mempengaruhi masyarakat	Penduduk Kelompok Rentan • Penduduk Usia balita • Penduduk Anak-Anak Penduduk Lansia	40	$> 40\%$	6	20 – 40 %	4	$< 20\%$	2
Total			100	15		10		5	

Sumber : Modifikasi dari Penyusunan Pedoman Umum Pengkajian Resiko Bencana, PNPB 2012

## PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan pada wilayah pesisir dengan 3 Kecamatan dengan 15 Kelurahan yang berada didalamnya yaitu: a). Kecamatan Kelapa Lima dengan Kelurahan Lasiana, Kelurahan Oesapa, Kelurahan Oesapa Barat dan Kelurahan Kelapa Lima. b). Kecamatan Kota Lama dengan Kelurahan Pasir Panjang, Kelurahan Fatubesi, Kelurahan Todekisar, Kelurahan Solor dan Kelurahan LLBK c). Kecamatan Alak dengan Kelurahan Fatufeto, Kelurahan Nunhila, Kelurahan Nunbaun Dela, Kelurahan Nunbaun Sabu, Kelurahan Namosain dan Kelurahan Alak.

Letak geografis wilayah penelitian yaitu berada di 123°31'42,78" - 123°40'55,36" bujur timur dan 10° 7'32,54" - 10°12'52,92" lintang selatan. Luas wilayah penelitian dari 15 kelurahan adalah 28,88 Km<sup>2</sup>.

Topografi wilayah pesisir kota Kupang didominasi oleh tingkat kelerengan > 40% (Sangat Curam) mencapai 50,69% , diikuti tingkat kelerengan 25 – 40% (Curam) mencapai 23,55%, tingkat kelerengan 15 – 25% (Agak Curam) mencapai 13,95%, tingkat kelerengan 8 - 15% (Landai) mencapai 8,45% dan tingkat kelerengan 0 – 8% (Datar) mencapai 3,29 %. Keadaan kelerengan kelurahan wilayah pesisir adalah sebagai berikut: 1). Kelerengan datar terdapat di kelurahan Alak , kelurahan LLBK, kelurahan Fatubesi, kelurahan Pasir Panjang , kelurahan Kelapa Lima , kelurahan Oesapa Barat , kelurahan Oesapa dan kelurahan Lasiana. 2). Kelerengan Landai,agak curam dan sangat curam terdapat diseluruh kelurahan pesisir Kota Kupang. Ketinggian wilayah pesisir kota Kupang didominasi oleh ketinggian diatas 50 meter diatas permukaan laut (dpl) yaitu sebesar 46,81%, diikuti oleh diatas 25 s/d 50 meter dpl yaitu sebesar 24,31%. Sedangkan wilayah pesisir dengan ketinggian paling kecil yaitu ketinggian 0 - 5 meter dpl yang hanya sebesar 1,25%. Bentuk Morofologi pantai kelurahan pesisir Kota Kupang tidak selalu sama satu kelurahan dengan kelurahan lainnya, pantai di Kelurahan Lasiana membentuk teluk dengan landai di

bagian timur dan curam dibagian barat, Kelurahan Oesapa membentuk teluk kemudian garis lurus memanjang ke Kelurahan Oesapa Barat hingga membentuk Teluk kembali di Kelurahan Nubaun Sabu dan membentuk tanjung di Kelurahan Namosain dan di Kelurahan Alak, Di kelurahan Oesapa pantai landai dan membentuk delta di perbatasan dengan Kelurahan Oesapa Barat hal ini disebabkan adanya muara sungai sehingga membentuk hutan mangrove. Kelurahan Tode Kisar, Kelurahan Solor, Kelurahan Fatufeto, Kelurahan Nunhila dan Kelurahan Nunbaun Della mempunyai garis pantai yang curam kemudian mendekati landai ketika berbatasan dengan Kelurahan Nunbaun Sabu. Pantai berpasir terdapat di kelurahan Lasiana, Kelurahan Oesapa, Kelurahan Pasir Panjang dan Kelurahan Nunbaun Sabu, sedangkan pantai berbatu karang terdapat di Kelurahan Kelapa Lima, Kelurahan Fatubesi, Kelurahan Tode Kisar, Kelurahan Solor, Kelurahan LLBK, Kelurahan Fatufeto, Kelurahan Nunhila, Kelurahan Nunbaun Della, Kelurahan Alak dan sebagian kecil Kelurahan Pasir Panjang.

Aspek Klimatologi Kota Kupang mengalami 2 jenis musim dengan musim kemarau yang lebih panjang dari musim penghujan yaitu musim kemarau selama 8 bulan dimulai dari bulan april hingga bulan nopember dan musim penghujan yang hanya 4 bulan dimulai dari bulan desember hingga bulan maret. Rata-rata curah hujan di Kota Kupang sangat rendah, selama 5 tahun terakhir yaitu dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2013 rata-rata curah hujan berkisar 126,1 sampai dengan 172,9 mm per bulan. Curah hujan terendah terjadi ditahun 2009 dengan jumlah curah hujan setahun sebanyak 1512,9 mm dan curah hujan tertinggi terjadi ditahun 2013 dengan jumlah curah hujan setahun sebanyak 2074,2 mm. Puncak hujan pada umumnya terjadi pada bulan januari hingga bulan maret setiap tahun. Pada beberapa kejadian hujan dapat turun pada musim kemarau walau jumlah curah hujan sangat rendah.

Dilihat dari Keadaan Penduduk, Konsentrasi penduduk di wilayah pesisir

Kota Kupang paling banyak berada di Kelurahan Solor dengan 218 jiwa/Ha diikuti Kelurahan Fatubesi dengan 183 Jiwa/Ha, sedangkan konsentrasi paling sedikit berada di Kelurahan Alak dengan 6 Jiwa/Ha. Penduduk terbanyak berada di Kelurahan Oesapa dengan 27,101 Jiwa dan penduduk paling sedikit berada di Kelurahan LLBK dengan 949 Jiwa.

Berdasarkan Pola dan Pemanfaatan Ruang, berdasarkan terlihat bahwa wilayah pesisir Kota Kupang dimasing – masing kelurahan dalam kecamatan telah difungsikan untuk menunjang aktifitas warga masyarakat Kota Kupang sesuai potensi yang dimiliki, adapun pembagian keruangan itu adalah sebagai berikut :1). Kawasan Pusat Perkantoran : Kawasan Perkantoran Kota Kupang meliputi Kelurahan Kelapa Lima, Kelurahan Pasir Panjang dan Kelurahan Oesapa dan Kawasan Perkantoran Swasta menyatu dengan pusat – pusat perdagangan dan jasa berada di sisi jalan arteri dan kolektor. 2). Kawasan Perdagangan, Jasa dan campuran meliputi : Kawasan perdagangan Grosir terdapat di Kelurahan LLBK, Kelurahan Solor, Kelurahan Lasiana dan Kelurahan Oesapa. Kawasan Perdagangan Modern berada di setiap pusat lingkungan dengan besaran disesuaikan dengan jangkauan pelayanan. Kawasan Perdagangan Tradisional berada di Kelurahan Fatubesi (Pasar Oeba), Kelurahan Oesapa (Pasar Oesapa) dan tahap pengembangan di Kelurahan Alak. 3). Kawasan Industri berupa Industri Berat (*Polutif*) di Kelurahan Alak berupa PLTD, PT Semen dan Pelabuhan Tenau, 4). Kawasan Pariwisata meliputi Kawasan pariwisata alam terletak di Kelurahan Lasiana dan Kelurahan Oesapa, Kelurahan Pasir Panjang dan Kelurahan Kelapa Lima, Kelurahan Namosain, Taman Wisata Alam Laut Teluk Kupang di Kelurahan Alak. Rencana kawasan pariwisata buatan terletak di Kelurahan Kelapa Lima. Kawasan pariwisata cagar budaya Meriam Jepang di Kelurahan Kelapa Lima dan Kelurahan Nun Baun Delha; kawasan Gereja dan Klenteng Tua di Kelurahan Lai Lai Besi Kopan;

kawasan Goa Jepang Kelurahan Nun Bau Delha; benteng Concordia di Kelurahan Fatufeto; kawasan Makam Belanda di Kelurahan Nunhila dan Kelurahan Fatufeto. 5). Kawasan Pendidikan dan Olahraga meliputi tempat pendidikan di wilayah pesisir terdapat di Kelurahan Oesapa dan Kelurahan Lasiana (Undana, Unkris, STIM), di Kelurahan Kelapa Lima (STIE Oemathonis), Kelurahan Oesapa Barat (STIBA Mentari dan STIBA Cakrawala), dan di Kelurahan Fatubesi (Akademi Keuangan Efata). Tempat Olahraga merupakan arahan tingkat lokal berada di Kelurahan Lasiana (Lapangan Sitarda). 6). Kawasan permukiman meliputi Kawasan kepadatan rendah berada di kelurahan Lasiana, Kelurahan Oesapa, Kelurahan Kelapa Lima, Kelurahan Nunbaun Sabu, Kelurahan Namosain dan Kelurahan Alak. Kawasan kepadatan tinggi berada di Kelurahan Oesapa Barat, Kelurahan Pasir Panjang, Kelurahan Fatubesi, Kelurahan Tode Kisar, Kelurahan Solor, Kelurahan Fatufeto, Kelurahan Nunhila dan Kelurahan Nunbaun Dela

Proses Analisis Kerentanan Fisik meliputi Rentan Elevasi, Rentan Kawasan Terbangun, Rentan Kepadatan Bangunan, Hasil Analisis Rentan Fisik , dan Kerentanan Non Fisik.

Proses Rentan Elevasi Luas rentan elevasi akibat gelombang tinggi adalah 1,26 Km<sup>2</sup> dengan rasio sebesar 4,68 persen dari luas 10 Kelurahan yang memiliki rentan elevasi. Kelurahan LLBK memiliki rasio wilayah terbesar yaitu sebesar 22,50 persen dan Kelurahan Kelapa Lima memiliki rasio wilayah terkecil yaitu sebesar 1,44 persen, hal ini menyebabkan kerentanan kelurahan pesisir terhadap bencana gelombang tinggi berada dalam kelas rentan rendah karena luasan wilayah terdampak berada di bawah 35 persen dari rasio luasan kelurahan pesisir. Kelerengan wilayah pesisir Kota Kupang memberikan kelebihan tersendiri dalam mengurangi dampak bencana tsunami dan gelombang tinggi akibat angin kencang, hal ini disebabkan wilayah pesisir Kota Kupang pada umumnya mempunyai jenis kelerengan sangat curam sehingga

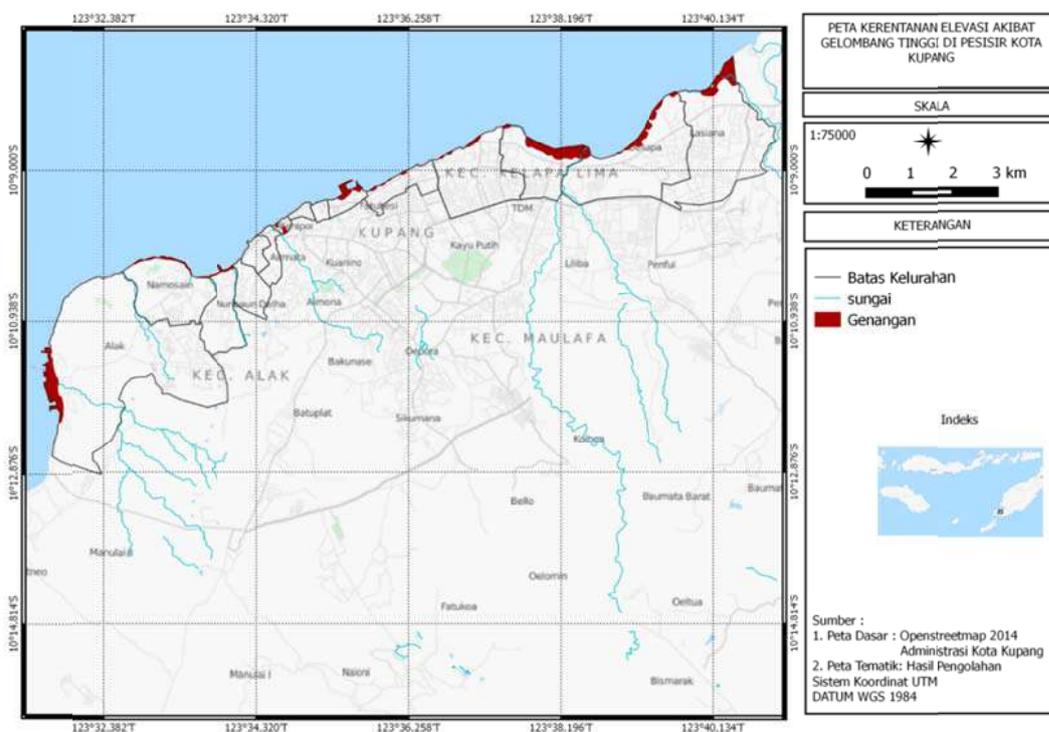
perbedaan elevasi cepat berubah dari bibir pantai ke arah daratan. Perbedaan elevasi yang cepat berubah mempengaruhi tingkat kerentanan elevasi akibat tsunami dan gelombang tinggi wilayah pesisir Kota Kupang, dimana kelurahan pesisir Kota Kupang

pada umumnya berada dalam rentan rendah. Luas rentan elevasi masing-masing kelurahan akibat gelombang tinggi dapat dilihat dalam Tabel 2 dan Peta rentan elevasi masing-masing kelurahan akibat gelombang tinggi dapat dilihat dalam Gambar 1

Tabel 2. Wilayah Kerentanan Elevasi Akibat Gelombang Tinggi Pesisir Kota Kupang

No	Kelurahan	Luas Wil(Km <sup>2</sup> )	Luas Rentan Elevasi (Km <sup>2</sup> )	Persen
1	Alak	7,1	0,3	4,23
2	Namosain	2,45	0,05	2,04
3	Nunbaun Sabu	1,42	0,03	2,11
4	LLBK	0,11	0,02	18,18
5	Fatubesi	0,4	0,09	22,50
6	Pasir panjang	0,93	0,02	2,15
7	Kelapa Lima	2,77	0,04	1,44
8	Oesapa Barat	2,23	0,34	15,25
9	Oesapa	4,72	0,133	2,82
10	Lasiana	4,83	0,24	4,97
Jumlah		26,96	1,263	4,68

Sumber : Hasil Analisis,2014



Sumber: Hasil Analisis,2014

Gambar 1 Peta Kerentanan Elevasi Akibat Gelombang Tinggi di Pesisir Kota Kupang

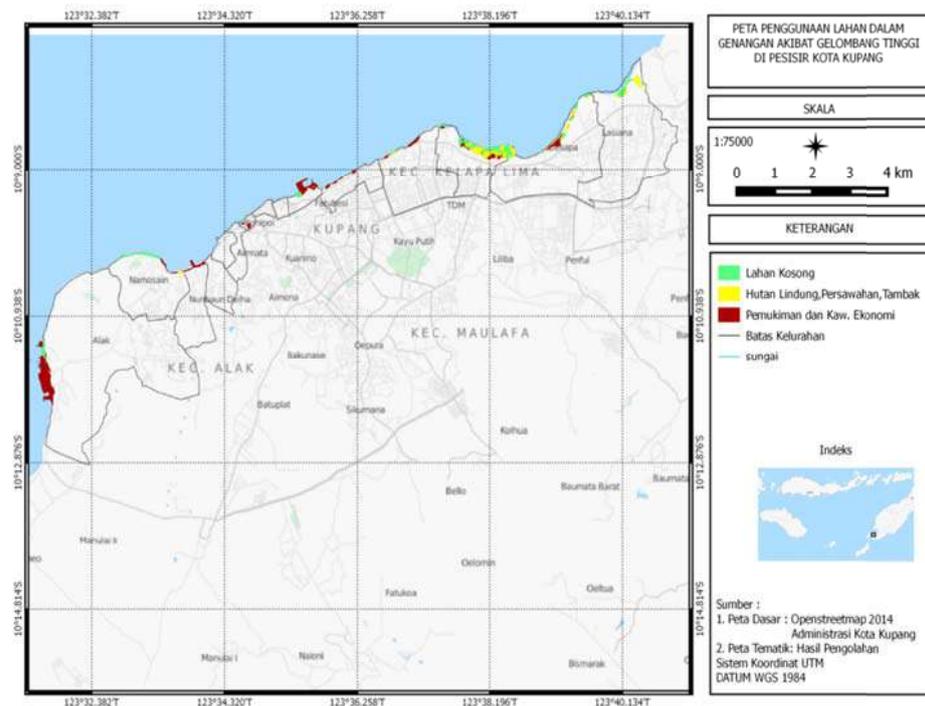
Analisis Rentan Kawasan Terbangun untuk Kelurahan dengan rasio tertinggi luasan kawasan terbangun yang berada dalam genangan akibat gelombang tinggi yaitu Kelurahan Fatubesi dan Kelurahan Nunbaun Sabu sebesar 66,67 persen, dan rasio terendah yaitu Kelurahan Lasiana yaitu sebesar 0,42 persen. Berdasarkan rasio kawasan terbangun terhadap genangan akibat gelombang tinggi didapatkan bahwa kelurahan yang masuk dalam rentan tinggi yaitu Kelurahan Nunbaun Sabu, dan Kelurahan Fatubesi.

Kelurahan yang masuk dalam rentan sedang yaitu Kelurahan Alak, Kelurahan LLBK, Kelurahan Pasir Panjang dan Kelurahan Kelapa Lima. Kelurahan yang masuk dalam rentan rendah yaitu Kelurahan Namosain, Kelurahan Oesapa Barat, Kelurahan Oesapa dan Kelurahan Lasiana. Luasan kawasan terbangun terhadap luasan rentan elevasi akibat gelombang tinggi di masing-masing kelurahan nampak dalam tabel 3 dan Peta kawasan terbangun dalam rentan elevasi akibat gelombang tinggi nampak dalam Gambar 2

Tabel 3. Luasan Kawasan Terbangun Terhadap Luasan Rentan Elevasi Akibat Gelombang Tinggi Di Pesisir Kota Kupang

No	Kelurahan	Luas Rentan Elevasi (Km <sup>2</sup> )	Luas Kawasan Terbangun (Km <sup>2</sup> )	%
1	Alak	0,3	0,19	63,33
2	Namosain	0,05	0,005	10,00
3	Nunbaun Sabu	0,03	0,02	66,67
4	LLBK	0,02	0,01	50,00
5	Fatubesi	0,09	0,06	66,67
6	Pasir panjang	0,02	0,01	50,00
7	Kelapa Lima	0,04	0,02	50,00
8	Oesapa Barat	0,34	0,03	8,82
9	Oesapa	0,133	0,04	30,08
10	Lasiana	0,24	0,001	0,42
	Jumlah	1,263	0,386	30,56

Sumber: Hasil Analisis,2014



Sumber : Hasil Analisis,2014

Gambar 2 Peta Kepadatan Bangunan Dalam Genangan Akibat Gelombang Tinggi Di Pesisir Kota Kupang

Rentan Kepadatan Bangunan untuk hasil survei lapangan dan pengolahan citra satelit di dapatkan jumlah bangunan terbanyak dalam wilayah tergenang akibat gelombang tinggi berada di Kelurahan Oesapa sebanyak 38 unit dan paling sedikit berada di Kelurahan Lasiana sebanyak 3 unit. Berdasarkan kepadatan bangunan tidak terdapat kelurahan yang berada dalam rentan tinggi dan sedang. Luasan

wilayah tergenang akibat gelombang tinggi berpengaruh terhadap banyaknya bangunan yang berada dalam wilayah rentan, Kelurahan Oesapa mempunyai wilayah tergenang yang cukup luas sehingga berpengaruh kepada jumlah bangunan terpapar akibat gelombang tinggi. Adapun jumlah unit bangunan berdasarkan Kelurahan dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Jumlah Unit Bangunan Dalam Genangan Akibat Gelombang Tinggi Di Pesisir Kota Kupang**

No	Kelurahan	Luasan Genangan (Ha)	Jumlah Unit Bangunan	Unit/Ha
1	Alak	30	56	2
2	Namosain	5	16	3
3	Nunbaun Sabu	3	9	3
4	LLBK	2	12	6
5	Fatubesi	9	132	15
6	Pasirpanjang	2	29	15
7	Kelapa Lima	4	41	10
8	Oesapa Barat	34	92	3
9	Oesapa	13,3	502	38
10	Lasiana	24	3	0
Jumlah		126,3	892	7

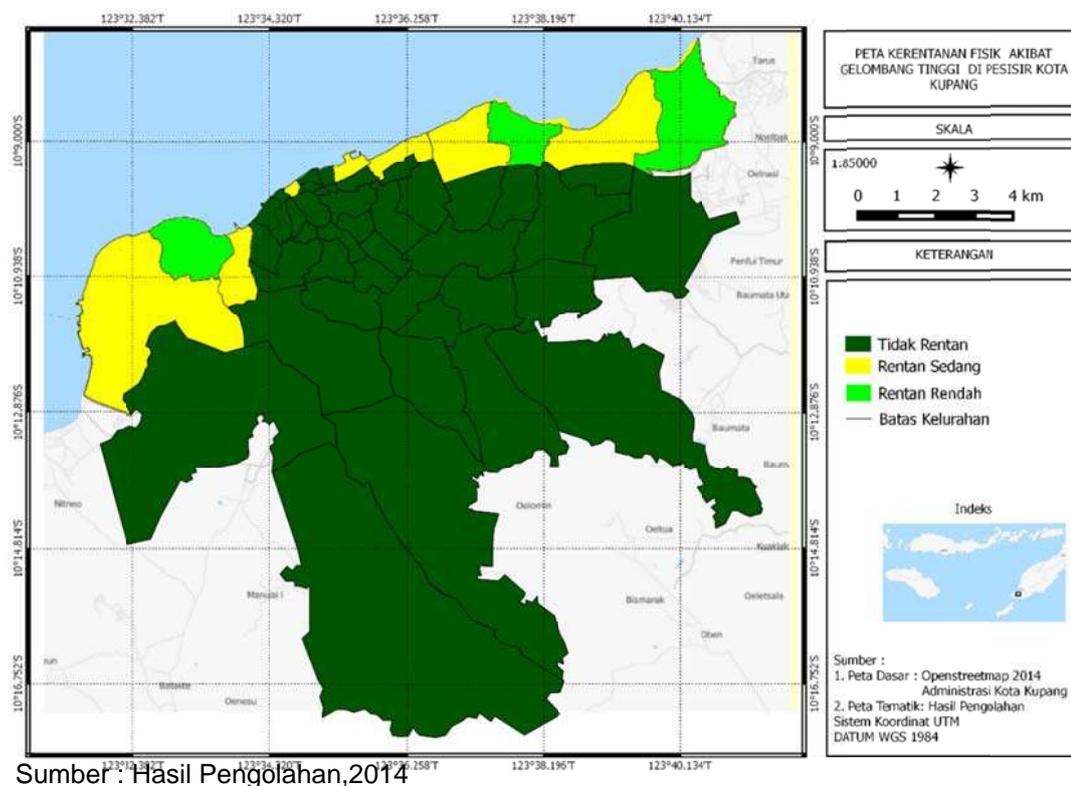
Sumber : Hasil Analisis,2014

Hasil Analisis Rentan Fisik dari hasil perhitungan masing-masing indikator kerentanan fisik diperoleh bahwa 10 Kelurahan yang masuk rentan elevasi diperoleh bahwa kelurahan yang memiliki kerentanan fisik tinggi tidak ada, kerentanan sedang berjumlah 7 kelurahan yaitu Kelurahan Alak, Kelurahan Nunbaun Sabu, Kelurahan LLBK, Kelurahan Fatubesi, Kelurahan

Pasir Panjang, Kelurahan Kelapa Lima, dan Kelurahan Oesapa, dan kelurahan yang masuk dalam kerentanan rendah terdapat 3 kelurahan yaitu Kelurahan Namosain, Kelurahan Oesapa Barat dan Kelurahan Lasiana. Keadaan kerentanan fisik di Kelurahan Pesisir Kota Kupang dapat dilihat dalam Tabel 5 dan Peta Kerentanan fisik akibat gelombang tinggi dapat dilihat dalam Gambar 3.

**Tabel 5. Total Nilai Kerentanan Fisik Berdasarkan Indikator per Kelurahan**

No	Kelurahan	Indikator Kerentanan / Nilai			Total	Ket
		Elevasi	Luas terbangun	Kepadatan bangunan		
1	Alak	3	2	1	6	Rentan Sedang
2	Namosain	3	1	1	5	Rentan Rendah
3	Nunbaun Sabu	3	3	1	7	Rentan Sedang
4	LLBK	3	2	1	6	Rentan Sedang
5	Fatubesi	3	3	1	7	Rentan Sedang
6	Pasir Panjang	3	2	1	6	Rentan Sedang
7	Kelapa Lima	3	2	1	6	Rentan Sedang
8	Oesapa Barat	3	1	1	5	Rentan Rendah
9	Oesapa	3	1	2	6	Rentan Sedang
10	Lasiana	3	1	1	5	Rentan Rendah



Gambar 4. Peta Kerentanan Fisik Akibat Bencana di Pesisir Kota Kupang

Kerentanan Non Fisik untuk Mata Pencaharian Penduduk untuk kehidupan ekonomi masyarakat berhubungan dengan mata pencaharian yang dimiliki oleh masyarakat itu sendiri, ketika bencana melanda dan merusak sentra-sentra ekonomi tentu berdampak pada mata pencaharian. Bencana pesisir identik dengan hancurnya sarana-sarana mata pencaharian yang berhubungan dengan pesisir dan sentra ekonomi di wilayah pesisir yaitu nelayan, petani dan pedagang. Sehingga semakin besar jumlah penduduk bermata pencaharian nelayan, petani dan pedagang di suatu kelurahan semakin tinggi kerentanan wilayah tersebut terhadap bencana pesisir yang terjadi. Untuk mendapat kerentanan mata pecaharian tiap-tiap kelurahan dilakukan dengan mendapatkan presentase mata pencaharian rentan terhadap jumlah keseluruhan penduduk yang mempunyai mata pencaharian dikelurahan tersebut. kelurahan yang mempunyai kerentanan tinggi adalah kelurahan Nunbaun Sabu

dengan 75,37% penduduk masuk dalam kelompok bermata pencaharian rentan. Kelurahan yang mempunyai kerentanan sedang adalah kelurahan LLBK dengan 51,60% dan kelurahan Fatubesi dengan 46,12 % penduduk masuk dalam kelompok bermata pencaharian rentan. Dan kelurahan yang mempunyai kerentanan rendah adalah kelurahan Alak dengan 32,37 %, kelurahan Lasiana dengan 31,53%, kelurahan Kelapa Lima dengan 30,35%, kelurahan Namosain dengan 27,19%, kelurahan Oesapa dengan 25,69%, kelurahan Oesapa Barat dengan 20,32% dan kelurahan Pasir Panjang dengan 4,63% penduduk masuk dalam kelompok bermata pencaharian rentan.

**Analisis** Kepadatan penduduk yang rentan terhadap gelombang tinggi di wilayah pesisir Kota Kupang adalah 1509 jiwa atau 1,53 persen dari keseluruhan jumlah penduduk, Kelurahan Fatubesi adalah yang paling besar jumlah penduduk terpapar yaitu 660 jiwa atau 15,02 persen, yang paling kecil adalah Kelurahan Lasiana yaitu 3 jiwa atau 0,02 persen. Berdasarkan rasio

secara kepadatan maka kelurahan pesisir Kota Kupang masih berada dalam kerentanan rendah karena berada dibawah 35 persen penduduk terpapar. Keadaan kepadatan penduduk dalam

rentan elevasi dapat dilihat dalam Tabel 7.

Tabel 8 Mata Pencabarian Penduduk 10 Kelurahan Pesisir Masuk Rentan Elevasi

No	Pekerjaan	Kelurahan																			
		Alak		Namosain		Nunbaun Sabu		LLBK		Fatubesi		Pasir Panjang		Kelapa Lima		Oesapa		Oesapa Barat		Lasiana	
		Jiwa	%	Jiwa	%	Jiwa	%	Jiwa	%	Jiwa	%	Jiwa	%	Jiwa	%	Jiwa	%	Jiwa	%	Jiwa	%
1	PNS/ POLRI/TNI	442	32,60	299	12,76	109	12,43	17	2,87	470	20,02	410	15,55	1383	20,27	1382	19,84	363	13,02	1125	25,39
2	Guru/Dosen/Mantri/Dok/bidan	112	8,26	17	0,73	36	4,10	9	1,52	107	4,56	88	3,34	1678	24,59	416	5,97	69	2,48	173	3,90
3	Pensiunan	218	16,08	-	-	5	0,57	-	-	381	16,23	33	1,25	421	6,17	256	3,68	4	0,14	199	4,49
5	Nelayan/Petani/Pedagang	439	32,37	637	27,19	661	75,37	306	51,60	1083	46,12	122	4,63	2071	30,35	1415	20,32	716	25,69	1397	31,53
6	Pengusaha	-	-	-	-	-	-	247	41,65	166	7,07	-	-	-	-	-	-	-	-	46	1,04
7	Montir	-	-	20	0,85	4	0,46	4	0,67	117	4,98	5	0,19	77	1,13	741	10,64	452	16,22	50	1,13
8	Sopir	145	10,69	76	3,24	25	2,85	10	1,69	24	1,02	8	0,30	236	3,46	368	5,28	120	4,31	38	0,86
9	Lain-lain	-	-	1294	55,23	37	4,22	-	-	-	-	1971	74,74	957	14,03	2386	34,26	1,063	38,14	1403	31,66
Jumlah		1356	100	2343		877	100	593	100	2348	100	2637	100	6823	100	6964	100	2,787	100	4431	100

Sumber : Laporan Bulanan Kelurahan bulan Juni 2014

Tabel 7. Jumlah Penduduk per Kelurahan dalam Rentan Elevasi Akibat Gelombang Tinggi Di Kelurahan Pesisir Kota Kupang

No	Kelurahan	Luas (Ha)	Luas Terbangun (Ha)	Jumlah Penduduk	Kepadatan Jiwa/Ha	Jumlah Penduduk dalam Luasan Terbangun	%
1	Alak	710	19	5.595	8	152	2,72
2	Namosain	245	0,5	13.078	53	27	0,21
3	Nunbaun Sabu	142	2	3.751	26	52	1,39
4	LLBK	11	1	950	86	86	9,05
5	Fatubesi	40	6	4.394	110	660	15,02
6	Pasir Panjang	93	1	6.126	66	66	1,08
7	Kelapa Lima	277	2	15.409	56	112	0,73
8	Oesapa Barat	223	3	9.081	41	123	1,35
9	Oesapa	472	4	27.101	57	228	0,84
10	Lasiana	483	0,1	13.418	28	3	0,02
Total		2696	38,6	98903	531	1509	1,53

Sumber : Laporan Bulanan Juni Kelurahan, Hasil Analisis,2014

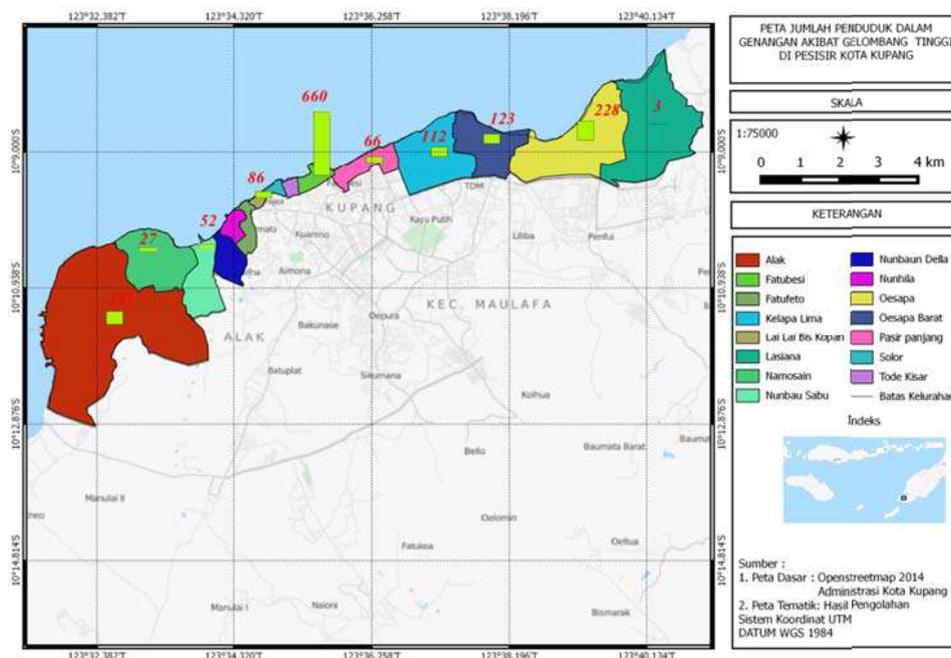
Komposisi Kelompok Usia Rentan, berdasarkan komposisi kelompok usia penduduk tiap-tiap kelurahan dapat diketahui bahwa kelurahan yang masuk dalam rentan tinggi terdapat 2 kelurahan yaitu Kelurahan Nunbaun Sabu dengan 41,22 persen kelompok rentan dan Kelurahan Pasir Panjang dengan 42,30 persen kelompok rentan. Kelurahan yang masuk dalam kerentanan sedang

terdapat 8 kelurahan dan tidak ada kelurahan dalam kerentanan rendah, kelurahan dalam kerentanan sedang yaitu Kelurahan Alak, Kelurahan Namosain, Kelurahan LLBK, Kelurahan Fatubesi, Kelurahan Kelapa Lima, Kelurahan Oesapa Barat, Kelurahan Oesapa dan Kelurahan Lasiana. Keadaan kelompok umur dalam wilayah

rentan elevasi dapat dilihat dalam Tabel 10.

Hasil Analisis Kerentanan Non Fisik berdasarkan penjumlahan skor indikator akibat tsunami dan gelombang tinggi di Pesisir Kota Kupang didapatkan bahwa terdapat 1 kelurahan berada dalam rentan tinggi yaitu Kelurahan Nunbaun Sabu dengan skor 11, sedangkan kelurahan yang masuk dalam rentan sedang terdapat 9 kelurahan yaitu

Kelurahan Alak, Kelurahan Namosain, Kelurahan LLBK, Kelurahan Fatubesi, Kelurahan Pasir Panjang, Kelurahan Kelapa Lima, Kelurahan Oesapa Barat, Kelurahan Oesapa dan Kelurahan Lasiana, skor tertinggi dalam rentan sedang adalah 9 dan yang terendah adalah 7. Hasil penskoran masing-masing indikator kerentanan non fisik dapat dilihat dalam Tabel 11 dan Gambar 6.



Sumber: Hasil Analisis,2014

Gambar 5 Peta Jumlah Penduduk Dalam Genangan Akibat Gelombang Tinggi Di Pesisir Kota Kupang

Tabel 10. Asumsi Komposisi Penduduk Berdasarkan Kelompok Umur dalam Rentan Elevasi

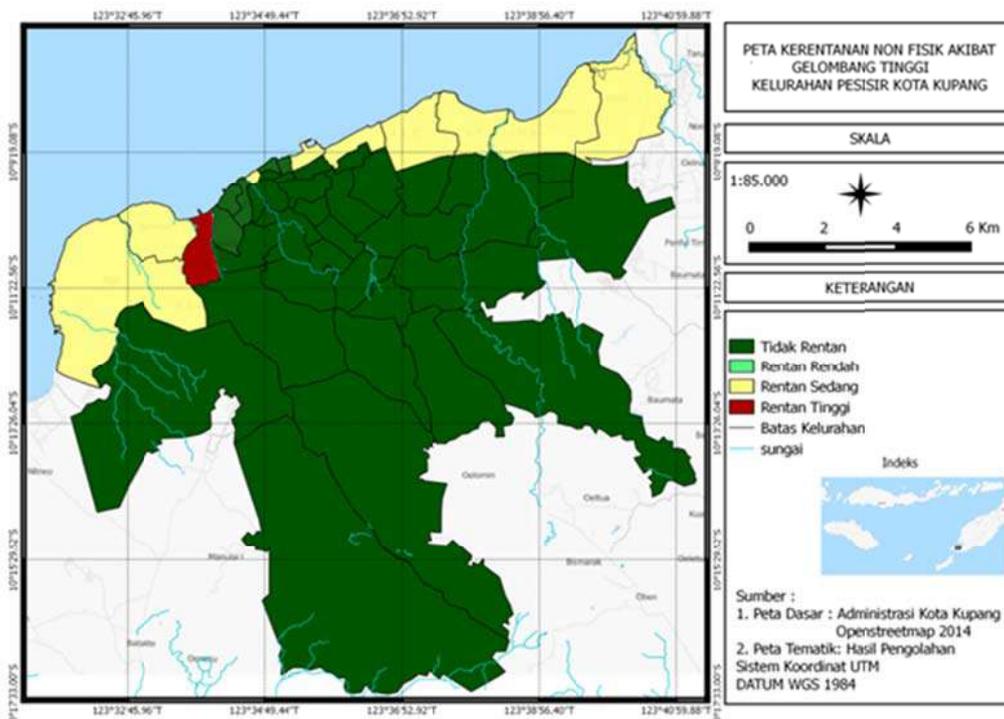
No	Kelurahan	Jumlah Pend Terpapar	Kelompok Usia (Thn)		
			< 15	15 – 60	> 60
1	Alak	152	42	102	8
2	Namosain	27	9	17	1
3	Nunbaun Sabu	52	20	31	2
4	LLBK	86	24	57	6
5	Fatubesi	660	200	447	13
6	Pasir Panjang	66	26	38	1
7	Kelapa Lima	112	28	79	4
8	Oesapa Barat	123	39	82	2
9	Oesapa	228	56	168	5
10	Lasiana	3	1	2	0
Total		1.509	342	720	33

Sumber: Hasil Analisis,2014

Tabel 11 Total Nilai Kerentanan Non Fisik Akibat Gelombang Tinggi Di Pesisir Kota Kupang Berdasarkan Indikator

No	Kelurahan	Indikator Kerentanan / Nilai				Ket
		Mata Pencaharian	Kepadatan Penduduk	Kelompok Usia Rentan	Total	
1	Alak	1	2	4	7	Rentan Sedang
2	Namosain	1	2	4	7	Rentan Sedang
3	Nunbaun Sabu	3	2	6	11	Rentan Tinggi
4	LLBK	2	2	4	8	Rentan Sedang
5	Fatubesi	2	2	4	8	Rentan Sedang
6	Pasir Panjang	1	2	6	9	Rentan Sedang
7	Kelapa Lima	1	2	4	7	Rentan Sedang
8	Oesapa Barat	1	2	4	7	Rentan Sedang
9	Oesapa	1	2	4	7	Rentan Sedang
10	Lasiana	1	2	4	7	Rentan Sedang

Sumber : Hasil Analisis,2014



Gambar 6 Peta Kerentanan Non Fisik Di Pesisir Kota Kupang

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan dengan 15 kelurahan yang menjadi objek penelitian dengan batasan elevasi dibawah 10,5 meter dpl dengan asumsi *run up* 3 meter didapatkan bahwa yang masuk dalam wilayah rentan baik secara fisik dan non fisik adalah Kelurahan yang masuk dalam rentan fisik terdapat 10 kelurahan

yaitu Kelurahan Alak, Kelurahan Namosain, Kelurahan Nunbaun Sabu, Kelurahan LLBK, Kelurahan Fatubesi, Kelurahan Pasir Panjang, Kelurahan Kelapa Lima, Kelurahan Oesapa Barat, Kelurahan Oesapa dan Kelurahan Lasiana. Dan 5 kelurahan tidak masuk dalam rentan fisik, yaitu Kelurahan Nunbaun Dela, Kelurahan Nunhila, Kelurahan Fatufeto, Kelurahan Solor

dan Kelurahan Tode Kisar. Kelurahan yang masuk katagori kerentanan fisik tinggi akibat gelombang tinggi tidak ada, Kelurahan yang masuk katagori kerentanan sedang akibat gelombang tinggi yaitu Kelurahan Alak, Kelurahan Nunbaun Sabu, Kelurahan Fatubesi, Kelurahan Pasir Panjang, Kelurahan Kelapa Lima, Kelurahan Oesapa, adn Kelurahan LLBK. dan kelurahan yang masuk dalam rentan rendah akibat Gelombang tinggi yaitu Kelurahan Namosain, Kelurahan Oesapa Barat dan Kelurahan Lasiana.

Kelurahan yang masuk dalam rentan non fisik hanya memperhitungkan kelurahan yang masuk dalam kerentanan fisik, sehingga didapatkan dari 10 kelurahan tersebut yaitu Kelurahan Alak, Kelurahan Fatubesi, Kelurahan Pasir Panjang, Kelurahan Kelapa Lima, Kelurahan Oesapa Barat, Kelurahan Oesapa, Kelurahan Lasiana, Kelurahan Namosain, Kelurahan LLBK berada dalam katogori kerentanan sedang dan kelurahan yang masuk dalam katagori kerentanan tinggi yaitu Kelurahan Nunbaun Sabu dan tidak ada yang berada dalam kerentanan rendah.

Berdasarkan wawancara dengan penduduk pesisir kebanyakan responden tidak memahami tanda-tanda terjadinya gelombang tinggi dan langkah-langkah antisipasi dalam menghadapi keadaan tersebut. Penduduk tidak mengetahui apakah wilayah permukiman mereka berada dalam jangkauan ancaman atau tidak, untuk itu dengan penempatan perencanaan pengelolaan wilayah pesisir Kota Kupang berdasarkan RTRW Kota Kupang dimana wilayah pesisir merupakan wilayah pengembangan untuk permukiman sedang, permukiman padat, kawasan campuran, kawasan pariwisata, kawasan ekonomi, kawasan industri dan kawasan-kawasan penunjang lainnya, dan untuk memaksimalkan upaya mitigasi yang telah dilakukan oleh lembaga-lembaga terkait dengan melakukan mitigasi struktural dan nonstruktural perlu dilakukan pembuatan alat peraga berupa pamflet yang menggambarkan informasi tentang tanda-tanda kejadian

gelombang tinggi, peta kawasan zonasi kerawanan wilayah pesisir Kota Kupang, dan arah evakuasi (pelarian) dari bencana tersebut.

Pamflet alat peraga ini ditempatkan dalam kawasan publik wilayah pesisir seperti di kantor-kantor lurah, tempat-tempat wisata, ruang terbuka hijau dan hotel-hotel. Masyarakat dapat mengetahui apakah permukimannya berada dalam wilayah aman atau tidak, dapat mengetahui tanda-tanda tsunami dan gelombang tinggi, dan jalur evakuasi (pelarian) ketika terjadi bencana tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Baun, P,I, 2008, Kajian Pengembangan Pemanfaatan Ruang Terbangun Di Kawasan Pesisir Kota Kupang. *Thesis Program Pascasarjana Magister Teknik Pembangunan Wilayah Dan Kota Undip Semarang*. p.xvii.
- Peraturan Kepala BNPB Nomor 4 Tahun 2012 Tentang Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana
- Puntodewo, A; Dewi, S dan Tarigan J, 2003, Sistem Informasi Geografis Untuk pengelolaan sumberdaya alam, *Center for International Forestry Research*, Jakarta
- UU RI No, 27 Thn 2007 Tentang Pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil
- UU RI No, 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana.

## SISTEM DETEKTOR ARAH SINYAL RF MENGGUNAKAN ANTENA DOPPLER

Samuel Kristiyana<sup>1</sup>

Teknik Elektro Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 15 Oktober 2014, revisi masuk: 3 Januari 2015, diterima: 21 Januari 2015

### ABSTRACT

Two-Way Communication technology uses electromagnetic waves growing very rapidly. Various areas of public life, military and emergency purposes using the radio frequency spectrum, which would be very helpful. This communication system weakness, can not be used to emit a frequency along the same Waku. When this happens as a result of communication will be closed (*jammed*) for crowded frequency sometimes even no intent to disrupt a lot happening in the field of communication such as radio amateur frequencies. Directional Finder conventional radio has served for many years used to look for the direct nuisance frequency transmitter that has now been inefficient in terms of time and operations. Doppler system applications with Adaptive systems can be used as the basis for the work of Radio Stand Finder to detect the direction of the position of the RF transmitter without direct mobility. Roanoke Doppler antenna designed with a system of switching and amplifier signal reception by the arrangement of square-4 half-wavelength antenna that can determine the direction of the RF signal. Adaptive system can help lock the receiver system information is based on strong towards the greatest signal intensity.

**Keywords** : RF Signal Detector, adoppler, radio stand finder

### INTISARI

Teknologi Komunikasi Dua-Arah menggunakan gelombang elektromagnetik berkembang dengan sangat pesatnya. Berbagai bidang kehidupan umum, militer, dan keperluan *emergency* menggunakan spektrum frekuensi radio, yang tentunya akan sangat membantu. Kelemahan sistem komunikasi ini, tidak dapat dipakai untuk memancarkan satu frekuensi bersama dalam waku yang bersamaan. Bila hal ini terjadi akibatnya komunikasi akan tertutup (*jammed*) karena *crowded frequency* bahkan kadang ada kesengajaan untuk mengganggu komunikasi seperti banyak terjadi dibidang frekuensi amatir radio. *Radio Directional Finder* secara konvensional telah bertugas bertahun-tahun yang digunakan untuk mencari pemancar frekuensi pengganggu secara *direct* yang sekarang sudah tidak efisien dalam hal waktu dan operasionalnya. Aplikasi sistem Doppler dengan sistem Adaptif dapat digunakan sebagai dasar kerja *Radio Stand Finder* untuk mendeteksi arah posisi pemancar RF tanpa melakukan mobilitas *direct*. Antena Roanoke Doppler dirancang dengan suatu sistem *switching* dan penguat penerimaan sinyal oleh susunan *square-4* antena setengah panjang gelombang yang dapat menentukan arah datangnya sinyal RF. Sistem adaptif dapat membantu sistem penerima mengunci informasi arah berdasarkan kuat intensitas sinyal yang terbesar.

Kata kunci: sinyal RF, *Doppler*, *radio stand finder*

### PENDAHULUAN

Gelombang radio (*radio frequency*) merupakan gelombang elektromagnetik yang merambat dengan media perambatan udara yang mempunyai beberapa parameter antara

lain parameter fisik, parameter kelistrikan, dan parameter kemagnetan. Gelombang elektromagnetik terdiri atas medan elektrik dan medan magnetik yang saling tegak lurus dan keduanya tegak lurus pada arah rambatan dengan

<sup>1</sup> [yanaista@mail.akprind.ac.id](mailto:yanaista@mail.akprind.ac.id)

kecepatan tertentu.(John D Kraus, "Antennas")

Gelombang tersebut dapat membawa informasi dengan cara memodulasikan gelombang pembawa dengan frekuensi tertentu yang dipancarkan oleh pemancar yang diterima oleh penerima sampai dengan jarak tertentu yang tergantung pada daya pemancar. (Collin, 2008)

Untuk dapat memancarkan dan menerima suatu gelombang elektromagnetik diperlukan sebuah struktur yang berhubungan dengan daerah peralihan antara gelombang tegak terpadu dengan gelombang bebas yang berupa antena.

Radio komunikasi dua-arah yang bekerja pada bidang VHF FM merupakan satu unit alat komunikasi (alkom) yang terpadu antara pemancar dan penerima menggunakan gelombang elektromagnetik sebagai transpotasi informasi dengan media udara.

Antena merupakan faktor yang penting dalam kelajuan komunikasi untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tertentu. Namun dalam waktu yang bersamaan tidak dapat memancar dan sekaligus menerima sinyal. Pergantian antara proses memancar dan menerima harus dilakukan untuk dapat melakukan komunikasi.

Bila terjadi proses memancar dari dua atau lebih alat komunikasi akan menyebabkan penumpukan/pelocatan (*jump*) sinyal di satu frekuensi yang mengakibatkan tertutupnya informasi audio dalam komunikasi. Dalam hal ini yang akan terjadi adalah kesemrawutan pada suara *speaker* pada penerima dan dapat merusak sistem pemancar. Jika informasi audio menyangkut hal *emergency* yang sangat penting maka akan berdampak pada masalah keselamatan jiwa dan sosial. Maka diperlukan sistem pelacaksinyal yang handal, cepat, dan tepat untuk menentukan pencarian posisi pemancar yang mengganggu.

Pada dasarnya rangkaian radio pencariarah merupakan suatu rangkaian yang terdiri atas beberapa bagian. Masing-masing bagian melakukan tugas

sebagai bagian rangkaian radio pencari arah yang tidak dapat dipisahkan satu dari yang lain. Dengan kata lain bahwa bagian-bagian tersebut saling mendukung.

Secara umum, sejumlah masalah yang teridentifikasi adalah sebagai berikut: 1.Kebutuhan dalam sebuah metode pendeteksi gelombang elektromagnetik menggunakan antenna tertentu. 2.Kebutuhan analisis sistem antena yang mampu menunjukkan arah datangnya gelombang elektromagnetik. 3.Kebutuhan stasion komunikasi kendali jarak jauh (*telemetry/teleswitching*) yang mampu menghimpun dan mengolah data kuat sinyal dan arah sinyal dari beberapa *Radio Stand Finder*, menggunakan teknologi informasi, untuk memvisualisasikan posisi pemancar yang dicari dengan aplikasi pemetaan (*mapping*). 4.Kebutuhan pengujian-pengujian untuk mengkarakteristik fungsional dari unit-unit *Radio Stand Finding*.

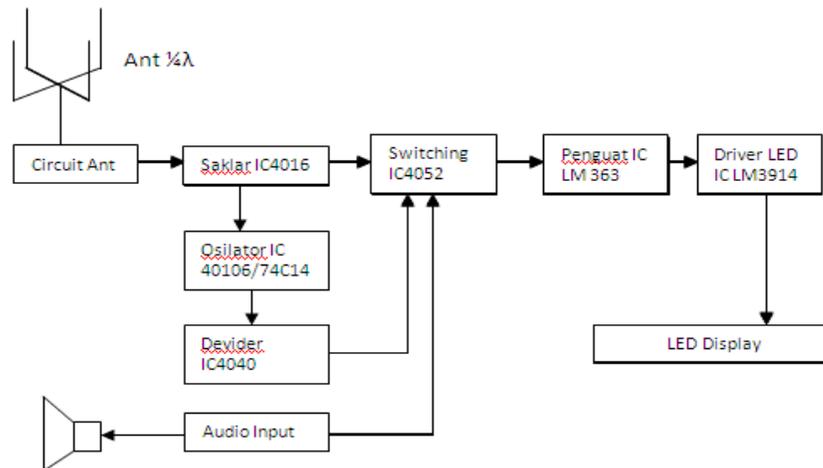
Rangkaian pencari arah dibagi menjadi beberapa blok rangkaian pokok, yaitu blokrangkaian sensor yang berupa antena, *bilateral switch* IC4016 yang mempunyai fungsi untuk meneruskan sinyal yang diterima untuk diumpun ke bagian pencacah agar data yang diterima dapat diolah oleh rangkaian berikutnya, yaitu rangkaian *schmitt inverter*, dan rangkaian penguat *display*. Karena alat ini adalah untuk pelacakan frekuensi, maka rangkaian osilator harus dapat membangkitkan frekuensi antara 1,2 kHz sampai dengan 2,5kHz.

Pada Gambar 1 dijelaskan tentang *Radio Direction Finder* (RDF) yang tugas semulanya sebagai stasion radio bergerak (*mobile station*) dalam penelitian ini digunakan sebagai radio tetap (*fixed radio*) yang memberikan data arah, dikendalikan dari komputer di stasion kendali. Transmisi data dan pengendalian jarak-jauh dapat dilakukan dengan *frequency shift keying* (Sunarno, 2008)

Antena adalah sebuah alat yang berfungsi untuk memancarkan sinyal RF (Radio Frekuensi) dari kabel ke udara. Dalam komunikasi dua arah antenna berfungsi sebagai pemancar

dan penerima. Antena digunakan pertama kalinya oleh Heinrich Hertz (1886) dengan menggunakan *dipole antenna*  $\frac{1}{2}\lambda$  yang tujuannya untuk membuktikan adanya gelombang elektromagnetik yang sebelumnya telah diprediksikan oleh James Clerk Maxwell, dengan menemukan fenomena arus

pergeseran yang menjadi dasar ilmu radiasi pada tahun 1864 melalui suatu manipulasi matematis diferensial. Tahun 1873 dia menunjukkan bahwa cahaya termasuk dalam kelompok gelombang elektromagnetik.



Gambar 1. Diagram blok *Radio Direction Finder* (ARRL Handbook,1994)

Asal kata antena berhubungan dengan apa yang diciptakan oleh Guglielmo Marconi pada tahun 1901. Marconi mencoba untuk menguji tentang adanya gelombang radio dengan menggunakan tiang yang tingginya 2,5 m dan kawat. Kawat digunakan sebagai radiasi dan aliran sinyal RF (Radio Frekuensi), dia melakukan eksperimennya yang terkenal dengan mengirimkan sinyal transatlantik dari Poldhu di Cornwall, England menuju New Foundland, Canada.

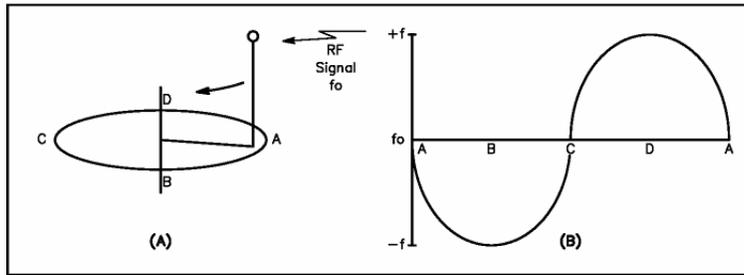
Antena *omni directional* untuk membandingkan sinyal yang ditangkap oleh antena yang berpasangan antara depan dan belakang serta kiri dan kanan yang mudah digunakan dan sangat efektif dalam menemukan lokasi pemancar. Suatu metode lebih praktis, untuk mempersempit daerah pencarian, menggunakan antena empat elemen dengan panjang  $\frac{1}{4}\lambda$  atau  $\frac{1}{2}\lambda$ , dan yang bekerja dengan prinsip Doppler.

*Multiplexing dan Oscillator*  
Rangkaian *multiplexing* dan *oscillator* ini terdiri dari komponen IC 40106 dan IC 40528 dimana rangkaian IC 40106

merupakan penguat osilator yang membangkitkan frekuensi 1,2 kHz sampai dengan 2,5 kHz disamping itu juga terdapat rangkaian input audio yang berfungsi untuk memberikan inputan sinyal sebagai pembanding dari sinyal RF yang diterima oleh antena.

Setelah melalui rangkaian *multiplexing* dan *oscillator*, kemudian masuk ke rangkaian penguat display, dimana pada rangkaian ini terdapat IC LM363 yang berfungsi sebagai penguat serta IC LM3914 yang berfungsi sebagai driver LED yang berfungsi untuk mengendalikan tugas LED. Rangkaian ini merupakan rangkaian akhir dari *radio direction finder* yang difungsikan sebagai salahsatu penunjukan arah datangnya sinyal pancaran yang dipantau atau dilacak dalam kegiatan pelacakan sinyal yang belum diketahui keberadaanya.

Sistem Doppler, merupakan Antena penerima yang bergerak dengan pola melingkar seperti tampak pada Gambar 2.



Gambar 2 Prinsip kerja Asas Doppler

Dengan mempertimbangkan antenna di posisi A, paling dekat dengan sumber pancaran. Frekuensi sinyal yang diterima di titik A sama dengan sinyal dari pemancar karena antenna tidak bergerak ke arah atau menjauh dari sumber pancaran. Frekuensi sinyal yang diterima menurun pada saat antenna bergerak dari titik A ke titik B dan dari titik B ke titik C. Deviasi frekuensi maksimum terjadi pada saat antenna melewati titik B. Frekuensi sinyal yang diterima di titik C adalah sama dengan sinyal dari pemancar (tidak ada perubahan) karena antenna tidak mendekat atau menjauh dari sumber pancaran. Bila antenna bergerak dari titik C ke titik D dan dari titik D ke titik A, frekuensi sinyal yang diterima akan meningkat. Deviasi frekuensi maksimum terjadi lagi pada saat antenna melewati titik D. Pergeseran frekuensi Doppler sebagai fungsi rotasi antenna diilustrasikan pada Gambar 2.3, dengan rumus  $dF = \frac{\omega r f_c}{c}$

Dengan :

$dF$  = perubahan dari frekuensi puncak (pergeseran Doppler dalam hertz)

$\omega$  = kecepatan sudut rotasi dalam radian per detik ( $2 \times \pi \times$  frekuensi rotasi)

$r$  = Radius rotasi antenna (meter)

$f_c$  = Frekuensi sinyal (hertz)

$c$  = Kecepatan cahaya

Untuk menghitung seberapa cepat antenna harus memutar untuk menghasilkan pergeseran frekuensi Doppler yang diperlukan, perhatikan persamaan berikut:  $fr = \frac{dF \times 1879,8}{R \times f_c}$

Dengan:

$fr$  = Pergeseran frekuensi dalam hertz

$dF$  = Pergeseran Doppler dalam hertz

$R$  = Radius antenna rotasi dalam meter

$f_c$  = Frekuensi sinyal yang diterima dalam megahertz (MHz)

## METODOLOGI

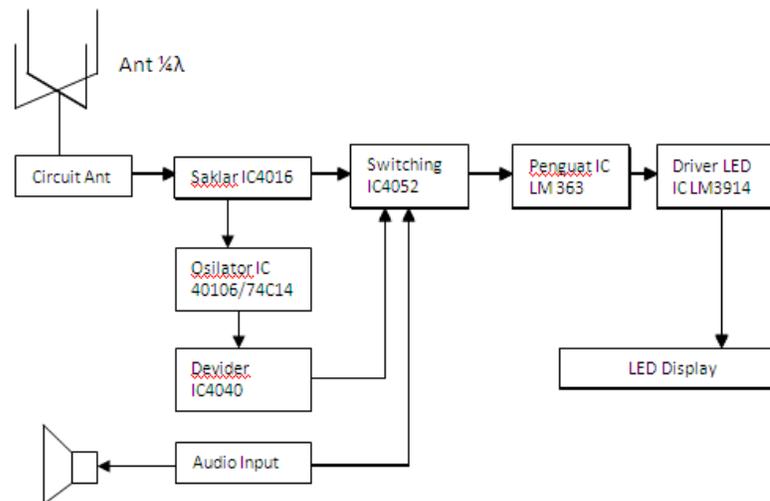


Gambar 3 Skema diagram alir penelitian

## PEMBAHASAN

Pada dasarnya rangkaian radio pencari arah merupakan suatu rangkaian yang terdiri dari beberapa bagian. Masing-masing bagian dalam melakukan kerja sebagai rangkaian radio pencari arah yang tidak dapat dipisahkan satu dengan yang lainnya, dengan kata lain bahwa bagian-bagian tersebut saling mendukung. Rangkaian pencari arah ini dibagi menjadi beberapa blok rangkaian pokok, yaitu blok

diagram rangkaian sensor yang berupa antenna, *bilateral switch* IC4016 yang mempunyai fungsi untuk meneruskan sinyal yang diterima diumpun ke bagian pencacah agar data yang diterima dapat diolah oleh rangkaian berikutnya yaitu rangkaian *schmitt inverter*, dan rangkaian penguat display. Karena alat ini sistemnya adalah pelacakan frekuensi, maka pada rangkaian osilator harus dapat membangkitkan frekuensi antara 1,2 KHz sampai dengan 2,5KHz.



Gambar 4 Diagram blok *Radio Direction Finder*

Prinsip kerja rangkaian Radio Pencari arah. Radio Pencari arah digunakan dalam melakukan pelacakan terhadap gangguan frekuensi radio dan melacak pancaran dalam kegiatan *fox hunting*. Radio Pencari arah telah memperoleh banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir terutama di band VHF dan UHF

Ada banyak pandangan yang berbeda untuk menentukan asal transmisi radio. Setiap pandangan memiliki kelebihan dan kekurangan. Sebuah pengalaman untuk belajar menggunakan beberapa metode untuk menguasai seni pelacakan.

Antena *omnidirectional* akan membandingkan sinyal yang ditangkap oleh antenna yang berpasangan antara depan dan belakang serta kiri dan kanan yang mudah digunakan dan sangat efektif dalam menemukan lokasi *transmitter* berada. Sebuah metode

lebih praktis dengan mempersempit daerah pencarian menggunakan antenna empat elemen dengan panjang  $1/4 \lambda$  dan yang bekerja dengan prinsip Doppler.

Rangkaian *multiplexing* dan *oscillator* ini terdiri dari Komponen IC 40106 dan IC 40528 dimana rangkaian IC 40106 merupakan penguat osilator yang membangkitkan frekuensi 1,5 KHz sampai dengan 2,5 KHz disamping itu juga terdapat rangkaian input audio yang berfungsi untuk memberikan inputan sinyal sebagai pembanding dari sinyal RF yang diterima oleh antenna..

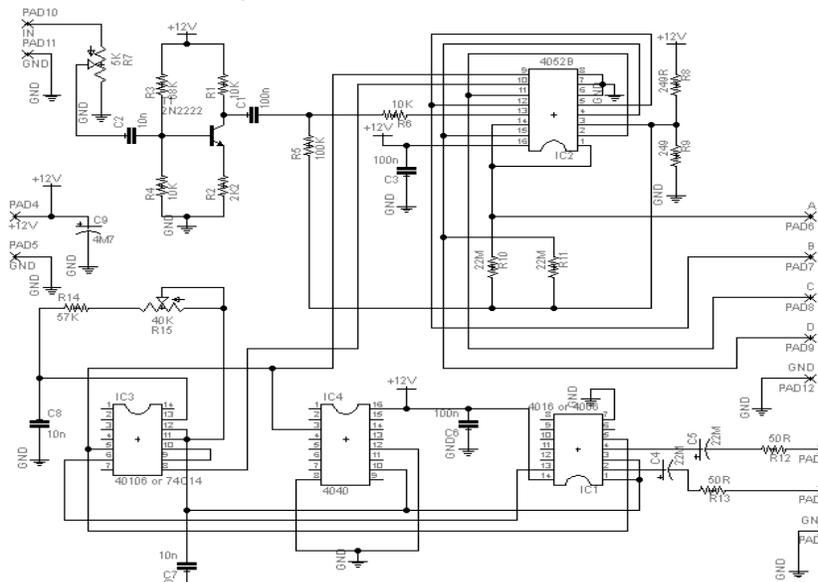
Radio pencari arah adalah suatu alat untuk mencari arah dari suatu sinyal yang dipancarkan, dimana keberadaan dari sinyal pemancar tersebut belum diketahui, dengan bantuan radio pencari arah akan mudah untuk menemukan lokasi dari pemancar sinyal tersebut.

Alat ini akan sangat membantu para penggemar radio amatir, orang-orang amatir radio bisa menggunakan alat ini untuk kegiatan *fox hunting* atau perlombaan untuk menemukan sebuah pemancar yang disembunyikan. (Gambar 9)

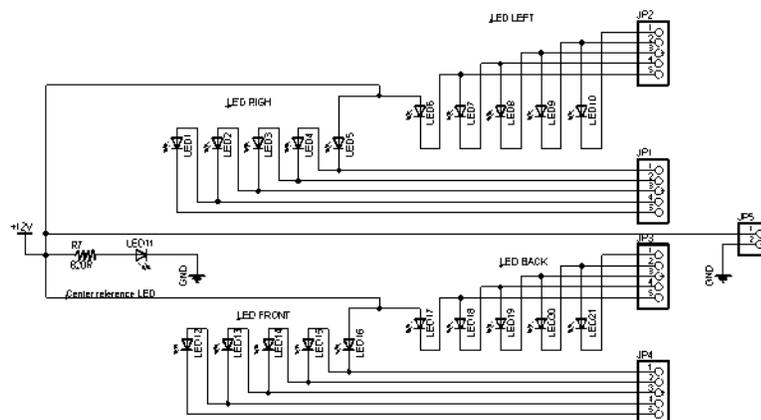
Rangkaian *Attenuator*, rangkaian ini berfungsi untuk meredam sinyal RF yang masuk melalui antena, tujuan pemasangan rangkaian ini adalah agar perangkat tidak rusak apabila menerima sinyal yang terlalu besar. Untuk itu alat ini dibuat dengan bermacam-macam nilai besaran redaman yang diinginkan agar memudahkan dalam pembacaan di

S meternya. Radio pencari arah adalah suatu alat untuk mencari arah dari suatu sinyal yang dipancarkan, dimana keberadaan dari sinyal pemancar tersebut belum diketahui, dengan bantuan radio pencari arah akan mudah untuk menemukan lokasi dari pemancar sinyal tersebut.

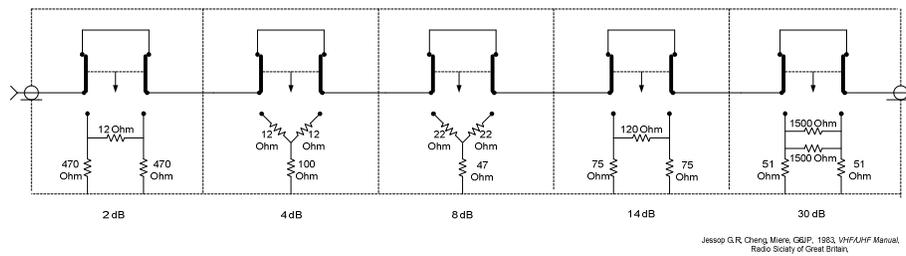
Alat ini akan sangat membantu para penggemar radio amatir, orang-orang amatir radio bisa menggunakan alat ini untuk kegiatan *fox hunting* atau perlombaan untuk menemukan sebuah pemancar yang disembunyikan.



Gambar 5 Skema rangkaian Multiplexing dan Oscillator



Gambar 6. Rangkaian LED display



Gambar 7 Rangkaian *Attenuator*.

Pengujian dilakukan di atap gedung kampus IST AKPRIND, Jl. Bima Sakti Pengok Yogyakarta. Dengan menggunakan alat bantu HT Alinco DJ 165 sebagai *receiver* dan HT Yaesu VX-5 sebagai *transmitter*. *Transmitter* untuk jarak jauh menggunakan Kenwood TM-721.

Pada HT Alincoter dapat tanda/indicator sinyal sebanyak 6 digit nilai sinyal, artinya pada saat nilai digit menyala :

- 1 lampu setara S1 sebesar 5,5  $\mu\text{V}/\text{m}$
- 2 Lampu setara S3 sebesar 16,5  $\mu\text{V}/\text{m}$
- 3 lampu setara S5 sebesar 27,5  $\mu\text{V}/\text{m}$
- 4 lampu setara S7 sebesar 38,5  $\mu\text{V}/\text{m}$
- 5 lampu setara S9 sebesar 49,5  $\mu\text{V}/\text{m}$
- 6 lampu setara dengan nilai 60 dB

Rumus yang digunakan =  $20 \log$

$$\frac{\text{Kuat Sinyal Diterima}}{50 \mu\text{V}/\text{m}}$$

Untuk mengetahui besarnya nilai penguatan yang diterima oleh antenna perlu dilakukan perhitungan dengan rumus :

$$20 \log \frac{\text{Kuat Sinyal Diterima}}{50 \mu\text{V}/\text{m}}$$

Dikarenakan dalam pengujian tidak menggunakan S meter yang sesungguhnya maka nilai angka kuat sinyal diterima yang diperoleh dari hasil penunjukan meter pada HT Alinco perlu dikonversiter lebih dahulu agar mendapatkan satuan yang sama untuk memudahkan perhitungan.

Kuat sinyal 1 setara dengan S1 = 5,5  $\mu\text{V}/\text{m}$

$$\text{Maka } \frac{5,5 \mu\text{V}/\text{m}}{50 \mu\text{V}/\text{m}} = 0,11 \rightarrow \text{penguatan} = 20 \log 0,11 = -19,2 \text{ dB}$$

Kuat sinyal 2 setara dengan S3 = 11  $\mu\text{V}/\text{m}$

$$\text{Maka } \frac{11 \mu\text{V}/\text{m}}{50 \mu\text{V}/\text{m}} = 0,22 \rightarrow \text{penguatan} = 20 \log 0,22 = -13,2 \text{ dB}$$

Kuat sinyal 3 setara dengan S5 = 16,5  $\mu\text{V}/\text{m}$

$$\text{Maka } \frac{16,5 \mu\text{V}/\text{m}}{50 \mu\text{V}/\text{m}} = 0,33 \mu\text{V}/\text{m} \rightarrow \text{penguatan} = 20 \log 0,33 = -9,6 \text{ dB}$$

Kuat sinyal 4 setara dengan S7 = 38,5  $\mu\text{V}/\text{m}$

$$\text{Maka } \frac{38,5 \mu\text{V}/\text{m}}{50 \mu\text{V}/\text{m}} = 0,77 \mu\text{V}/\text{m} \rightarrow \text{penguatan} = 20 \log 0,77 = -2,8 \text{ dB}$$

Kuat sinyal 5 setara dengan S9 = 49,5  $\mu\text{V}/\text{m}$

$$\text{Maka } \frac{49,5 \mu\text{V}/\text{m}}{50 \mu\text{V}/\text{m}} = 0,99 \mu\text{V}/\text{m} \rightarrow \text{penguatan} = 20 \log 0,99 = -0,08 \text{ dB}$$

Tabel 1 Pengujian Antena 0°

No.	Frekuensi (MHz)	Redaman (dB)	S Meter	Kuat Sinyal (µV/m)
1	143,200	0	6	1000
2		2	6	1000
3		4	6	1000
4		8	6	1000
5		14	6	1000
6		30	5	49.5
7		6	6	1000
8		14	6	1000
9		28	5	49.5
10		58	3.5	33

Tabel 2 Pengujian Antena 45°

Nomor	Frekuensi (MHz)	Redaman (dB)	S Meter	Kuat Sinyal (µV/m)
1	143,200	0	6	1000
2		2	6	1000
3		4	6	1000
4		8	6	1000
5		14	4	38.5
6		30	4	38.5
7		6	6	1000
8		14	6	1000
9		28	4	38.5
10		58	1	5.5

Tabel 3 Pengujian Antena 90°

Nomor	Frekuensi (MHz)	Redaman (dB)	S Meter	Kuat Sinyal (µV/m)
1	143,200	0	6	1000
2		2	6	1000
3		4	6	1000
4		8	6	1000
5		14	6	1000
6		30	5	49.5
7		6	6	1000
8		14	6	1000
9		28	5	49.5
10		58	4	38.5

Tabel 4 Pengujian Antena 135°

Nomor	Frekuensi (MHz)	Redaman (dB)	S Meter	Kuat Sinyal (µV/m)
1	143,200	0	6	1000
2		2	6	1000
3		4	6	1000
4		8	6	1000
5		14	4	38.5
6		30	2	11
7		6	6	1000
8		14	6	1000
9		28	3.5	27.5

Tabel 5 Pengujian Antena 180°

Nomor	Frekuensi (MHz)	Redaman (dB)	S Meter	Kuat Sinyal (µV/m)
1	143,200	0	6	1000
2		2	6	1000
3		4	6	1000
4		8	6	1000
5		14	6	1000
6		30	5	1000
7		6	4.5	44
8		14	5	49.5
9		28	4	38.5

Tabel 6 Pengujian Antena 225°

Nomor	Frekuensi (MHz)	Redaman (dB)	S Meter	Kuat Sinyal (µV/m)
1	143,200	0	6	1000
2		2	6	1000
3		4	6	1000
4		8	6	1000
5		14	6	1000
6		30	6	1000
7		6	6	1000
8		14	6	1000
9		28	5	49.5

Tabel 7 Pengujian Antena 270°

Nomor	Frekuensi (MHz)	Redaman (dB)	S Meter	Kuat Sinyal ( $\mu$ V/m)
1	143,200	0	6	1000
2		2	6	1000
3		4	6	1000
4		8	6	1000
5		14	6	1000
6		30	4	38.5
7		6	6	1000
8		14	6	1000
9		28	6	60
10		58	5	49.5

Tabel 8 Pengujian Antena 315°

Nomor	Frekuensi (MHz)	Redaman (dB)	S Meter	Kuat Sinyal ( $\mu$ V/m)
1	143,200	0	6	1000
2		2	6	1000
3		4	6	1000
4		8	5.5	52
5		14	5	49.5
6		30	5	49.5
7		6	6	1000
8		14	6	1000
9		28	5	49.5
10		58	5.5	52

Aplikasi Visualisasi dan Pemetaan. Untuk memvisualisasikan hasil deteksi sinyal RF dari antena doppler dilakukan dengan menggunakan aplikasi program *Radio Mobile* dengan memberikan input posisi koordinat *Radio Direction Finder* yang menggunakan antena doppler dari beberapa titik posisi. Untuk menguji sistem keseluruhan peneliti menggunakan radio *Handy Transceiver* (HT) untuk memancarkan sinyal gelombang RF pada frekuensi 143.200 MHz dengan daya 5 watt menggunakan antena *telex gazden omnidirectional* di kampus IST AKPRIND Yogyakarta. Posisi detektor arah untuk menguji sistem ditempatkan di beberapa titik yang dapat memantau pancaran sinyal RF.



Gambar 8. Bentuk susunan antena doppler.

Gambar 9. menunjukkan posisi sumber sinyal RF yang berada di

kampus IST AKPRIND Yogyakarta terhadap tiga titik pantau yaitu Suroloyo (perbukitan Menoreh di Kulonprogo), Balerante (lereng gunung Merapi di Klaten) dan Nglanggeran (gunung api purba di Gunung Kidul). Hasil yang ditunjukkan oleh detektor arah yang menggunakan antena doppler ditunjukkan pada Tabel 9.

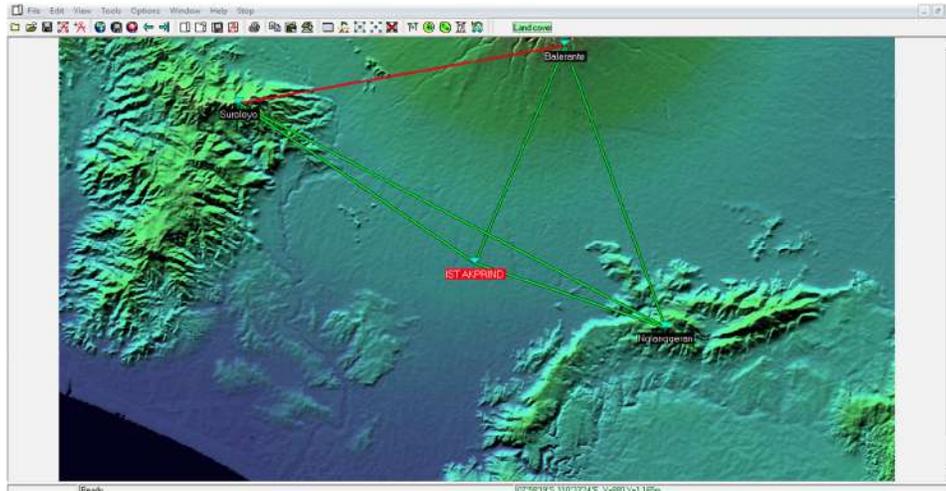
Tabel 9. Hasil pendeteksian arah sumber RF

NO	POSISI DETEKTOR	KOORDINAT	ARAH HASIL DETEKSI
1.	Suroloyo	07° 38' 50,1" S 110° 10' 46,5" E	124°
2.	Balerante	07° 38' 50,1" S 110° 10' 46,5" E	202°
3.	Nglanggeran	07° 38' 50,1" S 110° 10' 46,5" E	288°

Untuk mengetahui koordinat titik posisi pemantau menggunakan *Global Positioning Sistem* (GPS) dan menempatkan antena doppler pada permukaan tanah pada posisi yang ditunjukkan oleh GPS. Pendeteksian dimulai dengan mengaktifkan radio pencari arah yang menggunakan antena doppler, LED akan menyala pada tampilan segaris dengan arah terhadap

sumber sinyal RF. Sudut yang terbentuk antara arah utara dan garis arah sinyal dicatat sebagai hasil deteksi arah sinyal RF. Titik potong dari tiga garis arah sinyal RF dapat untuk

menentukan posisi sumber sinyal RF yang terdeteksi. Gambar 5.17 memperlihatkan foto bentuk antena doppler



Gambar 9. Visualisasi menggunakan aplikasi *Radio Mobile*

#### KESIMPULAN

Setelah dilakukan proses pembuatan dan pengujian alat serta membandingkan dengan teori-teori penunjang, dari data yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa :1). Antena doppler dapat digunakan sebagai detektor arah sinyal RF. 2). Dari beberapa titik pantau sumber sinyal RF dapat ditemukan posisi sumber sinyal tersebut dengan perpotongan beberapa garis arah. 3). Dengan memadukan aplikasi Radio Mobile dan Google Earth dapat memvisualisasikan arah sinyal dan posisi sumber sinyal RF. 4). Dari penelitian ini dapat dikembangkan sistem pelacakan posisi sumber sinyal RF secara otomatis, tepat dan *real-time*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Haykin, Simon, 1983, Communication System, Second Edition, John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Herman Judawisastra, 1997, Antena dan Propagasi, ITB, Bandung
- Krauss, Antenas, 2008, Mc. Graw Hill.
- Kristiyana, Samuel, 2005, "Telemetri Digital Aktivitas Gunung Berapi menggunakan sinyal Audio". Thesis, UGM
- Purbo, Onno, 1998, "Komunikasi Radio Paket dan Internet "Elekomputindo.
- Sunarno, 2008, "Peningkatan Unjuk Kerja AntenaTrasmisi Data Pada Sistem Pengukuran Radiasi Jarak-Jauh", Forum Teknik Vol.32, FT UGM, Yogyakarta, 2008.

## METODE ALTERNATIP PEMBELAJARAN MATEMATIKA GEOMETRI RUANG PADA TINGKAT SEKOLAH DASAR MELALUI PONSEL BERBASIS ANDROID

Uminingsih<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Matematika, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 3 Desember 2014, revisi masuk: 8 Januari 2015, diterima: 29 Januari 2015

### ABSTRACT

*Learning methods have an important role to the success of student understanding of the learning material presented. In learning methods it is required media in the form of learning applications that can be used to deliver learning materials. Learning applications can use smart mobile phones (HP) to ease and interest the learning process so that the learning objectives can be achieved. With the launch of Android HP technology where day today, increasingly relatively cheap price so that many people can reach them, including for their children. One of the features that android open source and open-platform does not depend on the manufacturing / certain vendors so it can be used in a wide variety of vendors. Therefore, in this study Android HP was utilized to provide a learning material in space geometry of mathematics that teach how to calculate the volume and area by applying the certain equations for various shapes. The trick is to embed an application program that has been made into HP. With the success of making the media application it is expected to help elementary school students to be more pleasure and easier to memorize mathematic formulas of the learning materials. By using this media through HP, students can learn anywhere, anytime and in any atmosphere.*

**Keywords :** Android HP, space geometry, learning application

### INTISARI

Metode pembelajaran mempunyai peran penting terhadap keberhasilan pemahaman siswa terhadap materi pembelajaran yang disampaikan. Dalam metode pembelajaran diperlukan media berupa aplikasi pembelajaran yang dapat digunakan untuk menyampaikan materi pembelajaran. Aplikasi pembelajaran dapat menggunakan Hand Phone HP pintar agar mudah dan menarik sehingga sasaran pembelajaran tercapai. Dengan diluncurkannya HP yang berteknologi Android saat ini, semakin hari semakin relatif murah harganya sehingga banyak masyarakat dapat menjangkaunya termasuk untuk putra-putrinya.. Salah satu fitur android yang open source dan *Open-platform*, artinya tidak tergantung pada satu manufaktur/*vendor* tertentu saja sehingga dapat digunakan pada berbagai macam *vendor*. Oleh karena itu dalam penelitian ini dimanfaatkan untuk memberikan materi pembelajaran matematika geometri ruang yang mengajarkan bagaimana menghitung volume dan luas dengan menerapkan rumus-rumusnya untuk berbagai bentuk benda.. Caranya adalah dengan menanamkan program aplikasi yang telah dibuat tersebut ke dalam HP. Dengan berhasilnya dibuat media ini diharapkan dapat membantu siswa-siswa sekolah dasar untuk menjadi lebih menyenangkan dan lebih mudah menghafal rumus-rumus materi pembelajaran matematika. Karena dengan menggunakan media melalui HP ini siswa dapat belajar dimana saja dan kapan saja serta dalam suasana apa saja.

**Kata Kunci :** HP Android, Bangun Ruang, Aplikasi pembelajaran.

### PENDAHULUAN

Sebagian siswa Sekolah Dasar menganggap materi pembelajaran mate-

matika sebagai materi pembelajaran yang menakutkan dan sangat sulit untuk difahami. Hal ini menjadi permasa-

---

<sup>1</sup>[umy\\_bin@yahoo.com](mailto:umy_bin@yahoo.com)

lahan bagi para pendidik untuk mencari dimana letak kendalanya , apakah metodenya yang kurang tepat atau fasilitas pembelajarannya yang kurang diminati oleh para siswa sekolah dasar tersebut. Maka tentunya dicarikan media pembelajaran alternatif yang diminati oleh anak-anak Sekolah Dasar saat ini.

Dengan diluncurkannya Mobile Phone (HP) yang berteknologi Android saat ini, semakin hari semakin relatif murah harganya sehingga banyak masyarakat dapat menjangkaunya termasuk untuk putra-putrinya.

Salah satu fitur android yang *open source* dan *Open-platform*, artinya tidak tergantung pada salah satu manufaktur/*vendor* tertentu saja, artinya dapat digunakan pada berbagai macam *vendor*(Safaat,2012). Selain itu adanya fasilitas untuk dapat di buatnya aplikasi didalamnya. Oleh karena itu dalam penelitian ini, HP yang berbasis android tersebut dimanfaatkan untuk memberikan materi pembelajaran matematika geometri ruang yang mengajarkan bagaimana menghitung volume dan luas dengan menerapkan rumus-rumusnya untuk berbagai bentuk bangun ruang benda..

Pembelajaran Matematika, siswa sekolah dasar umurnya berkisar dari 6 tahun s/d 13 tahun. Menurut Piaget mereka berada pada fase operasional konkret. Kemampuan yang terjadi pada fase ini adalah kemampuan dalam proses berfikir untuk mengoperasikan kaidah-kaidah logika , meskipun masih terikat dengan obyek yang bersifat konkret yang dapat ditangkap pancaindera (Basuki,2012). Sedangkan yang bersifat abstrak untuk memahaminya menggunakan metode hafalan terutama rumus-rumus. Hal ini yang sering menyebabkan siswa malas belajar matematika karena mereka merasa kesulitan dalam menghafal rumusnya.

Mobile phone dengan fasilitas Android merupakan modern phone atau

Tahap-tahap di jelaskan sebagai berikut: Tahap *Requerement definition* (Analisis syarat dan ketentuan) Mengumpulkan data dan permasalahan.

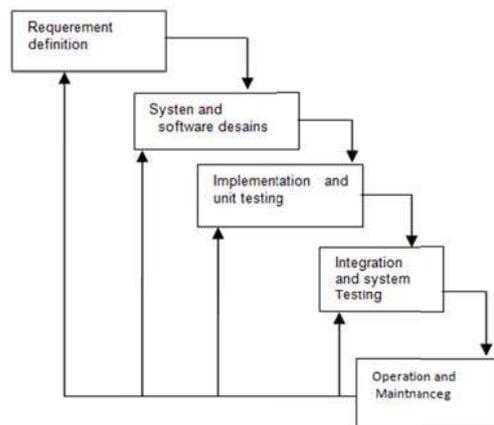
*System and software design*

*smartphone modern* yang multifungsi artinya tidak hanya untuk menelepon saja namun juga dilengkapi dengan fitur *web-browser*, kamera, *media player*, *Wi-Fi*, layanan berbasis lokal, dan juga dilengkapi fasilitas aplikasi yang *open source* dan *Open-platform* . Karena bersifat *open source* maka kita dapat menanamkan aplikasi apa saja ke dalam HP Android dengan tanpa meminta rekomendasi dari perusahaan HP tersebut. Sedangkan *Open-platform* artinya tidak tergantung pada satu vendor saja tetapi berlaku untuk semua vendor.(Irawan,2012)

Android merupakan bagian dari perangkat lunak ,dari perangkat mobile phone yang meliputi Sistem operasi , MIDDLEWARE dan Android SDK (Software Development KIT) , menyediakan Tools dan API yang diperlukan untuk melakukan pengembangan aplikasi pada platform Android dengan menggunakan bahasa pemrograman Java (Safaat,2012).

## METODE

Dalam mengembangkan aplikasi ini, metodologi yang digunakan adalah model air terjun(waterfall). Model waterfall ini adalah model klasik yang sistematis dan urut(Winarti). Bila diimplementasikan pada system kerja ,maka dapat dilukiskan sebagai berikut:



Gambar 1 : Metode Waterfaal

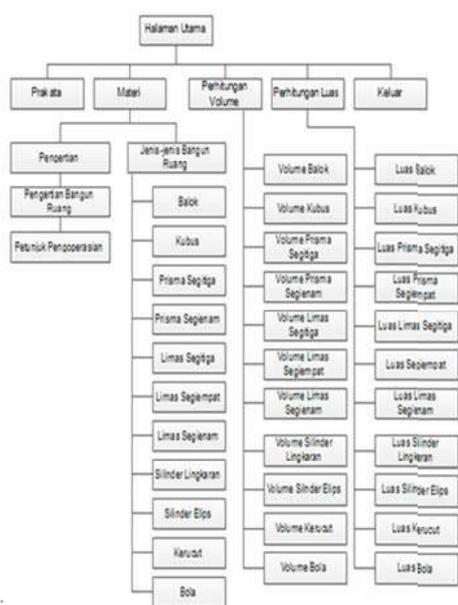
(Sistem dan Desain Perangkat Lunak) Pembuatan/ perangkat lunak sesuai kebutuhan serta kerja system yang mudah difahami user.

*Implementation and unit testing*

(Implementasi dan pengujian unit) (Implementasi dan pengujian system). Menyatukan unit-unit program untuk selanjutnya dilakukan pengujian.

*Operation and Maintenance* (Operasi dan Pemeliharaan), mengoperasikan program dilingkungannya dan melakukan pemeliharaan. Perancangan Sistem Aplikasi, dalam perancangan sistem aplikasi ini meliputi perancangan yang dilakukan di komputer dan perancangan yang dilakukan pada hand phone. Perancangan di komputer meliputi Perancangan Hippo yang dilengkapi dengan , pembuatan interface dan mengisi data sehingga terbentuk sebuah file yang siap di tanamkan ke handphone(file APK)

Perancangan HIPO (*Hierarchy Input Proses Output*) yang dibuat sebagai gambaran menu-menu aplikasi yang dapat di akses oleh pengguna.



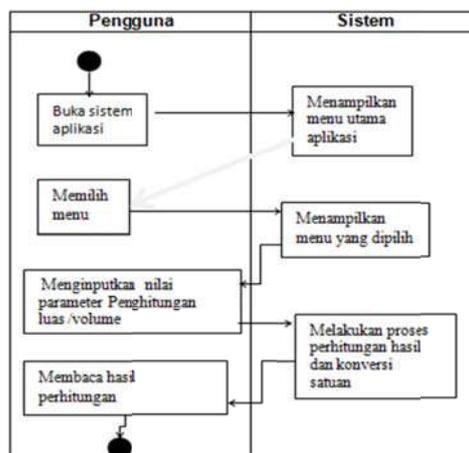
Gambar 2 ,HIPO Sistem Aplikasi

Perancangan *interface* ini disesuaikan dengan kebutuhan, untuk navigasi dibuat dengan bahasa petunjuk yang mudah difahami oleh anak-anak demikian pula untuk background dicarikan gambar-gambar yang sesuai dengan dunia anak . Perancangan Hardware, setelah file Apk terbentuk, selanjutnya diuji dengan menjalankannya di emulatkomputer. Jika sudah

d.*Integration and system testing* (Integra-berjalan dengan baik, maka selanjutnya di tanamkan/ copykan kedalam mobile Phone. (Yusuf.R,2010).

Perancangan Software, pada kegiatannya adalah menginstal di komputer beberapa software yang mendukungnya. Diantaranya adalah: Instalasi Program Java, Instalasi Program Exclipse, Instalasi File Apk, Microsoft Office, Adobe Photoshop (Rohana)

Perancangan Activity Diagram, Activity diagram merupakan gambaran aktivitas interaksi antara pengguna *mobile phone* (pengguna system Aplikasi) dengan sistem aplikasi (M.Ichwan,2011)



Gambar 3: Diagram aktivitas

## PEMBAHASAN

Setelah di uji di emulator selanjutnya file Apk tersebut ditanamkan ke dalam mobile Phone. Maka pertama kali akan menampilkan Menu Utama seperti dilukiskan pada Gambar 4.

Halaman Menu utama menerangkan menu apa saja yang ditampilkan pada sistem aplikasi ini yaitu meliputi: prakata, materi, perhitungan luas, perhitungan volume serta navigasi untuk keluar. Pada icon materi, perhitungan luas maupun perhitungan volume pengguna dapat memilih jenis bangun ruang apa yang ingin di cari informasinya. Salah satu contoh untuk balok dan silinder dilukiskan pada Gambar 5.

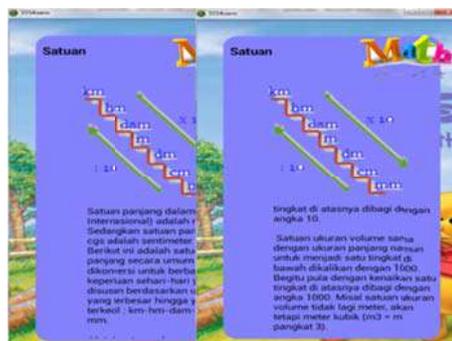


Gambar 4. Tampilan MenuUtama



Gambar 5. Tampilan halaman Balok dan silinder

Tampilan Halaman Balok dan silinder, tampilan halaman bangun ruang ini berisi gambar bangun ruang dan penjelasan tentang bangun ruang serta rumus- rumus untuk menghitung volume dan luas permukaan bangun ruang balok dan silinder. Pada tampilan listView satuan berisi tentang grate satuan beserta aturan konversinya yang selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk pengoperasian aplikasi (menentukan hasil perhitungan luas dan volume bangun ruang) dilukiskan dalam gambar



Gambar 6. Tampilan List View Satuan

Pada tampilan halaman petunjuk pengoperasian berisi listView tentang *Satuan* dan *Petunjuk Pengoperasian*. Tampilan ListView Satuan, pada tampilan listView satuan berisi tentang grate satuan beserta aturan konversinya yang selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk pengoperasian aplikasi (menentukan hasil perhitungan luas dan volume bangun ruang) dihat pada Gambar 6.

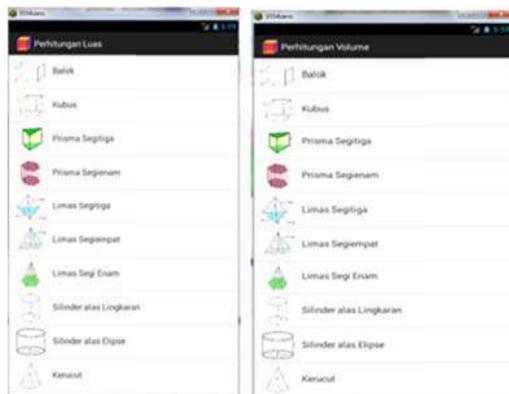
Tampilan ListView Petunjuk Pengoperasian, pada listView petunjuk pengoperasian berisi tentang tata cara atau format untuk input data dan satuan yang diperbolehkan untuk input data dari setiap parameter. Berikut adalah tampilan halaman petunjuk pengoperasian :



Gambar 7. Tampilan ListView Petunjuk Pengoperasian

Halaman hasil bentuk interaktif, pada pengguna sistem dapat bebas menyajikan menu penghitungan luas dan volume yang mana pengguna sistem bebas dan luas bangun ruang sesuai

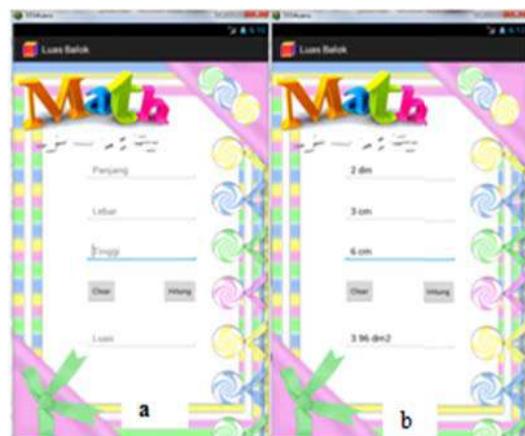
yang dipilih. Beberapa contoh dilukiskan pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Halaman Menu (sebagai navigasi) Perhitungan Luas dan volume

Tampilan Perhitungan Luas dan volume, navigasi menu perhitungan luas untuk beberapa bangun ruang dibuat sejelas mungkin yaitu selain nama bangun ruang juga dilengkapi dengan gambarnya. Berikut ini adalah tampilan halaman perhitungan luas dan volume, yang cukup jelas navigasinya.

Tampilan Halaman Luas Balok, dalam perhitungan luas ini di desain satuannya adalah  $dm^2$  (semua besaran input di konversi ke dalam satuan dm). Berikut adalah tampilan halaman luas balok dilukiskan pada Gambar 9.



Gambar. 9. Tampilan Halaman Luas balok

Pada Gambar 9a. memuat pe-

tunjuk bagi pengguna untuk memasukkan nilai parameter (panjang dan lebar) dengan jenjang satuan apa saja. Gambar 9b. memuat hasil inputan dan hasil perhitungan luas yang sudah terkonversi dalam satuan  $dm^2$ .

Tampilan Halaman Perhitungan Volume, dengan cara seperti pada perhitungan luas, maka pada perhitungan volume semua satuan dari nilai parameter masukan semua bangun ruang dikonversi ke satuan  $dm$  (decimeter) dan hasil perhitungan volume dalam satuan  $dm^3$  (decimeter kubik).

Sebagai salah satu contoh disini diambil bangun silinder lingkaran. Tampilan Halaman Volume Silinder\_lingkaran se-ba gai parameter masukan adalah tinggi dan jari-jari lingkaran. Selanjutnya dengan tampilan dan cara akses yang sama dapat dilakukan untuk semua bentuk bangun ruang benda, yaitu analisis dan pengujian:

Desain Sistem, pada Aplikasi Pembelajaran Volume Bangun Ruang ini salah satu sub-menu ialah "Petunjuk Pengoperasian", disine dijelaskan bahwa untuk melakukan perhitungan volume, maka pengguna harus menginputkan data dari tiap parameter sesuai rumus volume masing-masing bangun ruang.



Gambar 10. Tampilan Halaman Volume Silinder\_lingkaran

Adapun format inputannya adalah angka spasi satuan. Satuan yang bisa diinputkan adalah Km, hm, m, dm, cm dan mm. Khusus untuk Dekameter pengguna harus menulis Dm agar tidak keliru dengan desimeter. Sebelum proses

perhitungan, maka setiap parameter akan dikonversi terlebih dahulu ke satuan dm(desimeter) sehingga hasil perhitungan volume dalam  $dm^3$ (desimeter kubik). Apabila pengguna memasukkan data yang tidak sesuai dengan format inputan ataupun menuliskan satuan yang dimaksud maka hasil perhitungan akan di default 0

Kompatibilitas Sistem, sistem aplikasi ini dibangun dengan menggunakan Android versi 2.3 Gingerbread (API 10). Dari hasil uji coba, bila digunakan HP Android yang versinya  $\geq$  versi 2.3, system bias berjalan dengan baik, sedangkan untuk HP Android di bawah versi 2,3 sistem kurang dapat berjalan dengan baik, dikarenakan adanya bugs dari pengembangan Android versi 2,1 Enclair. Cara untuk menjalankan system ini agar bisa berjalan dengan baik adalah pengguna harus meng-upgrade ke versi 2.3 ke atas. Sebagai contoh di upgrade ke Android versi 4,1 Ice Cream Sandwich maka system akan support.

Pengujian Program, untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat dapat berjalan sesuai rancangan maka dilakukan pengujian sebagai berikut: Pengujian pertama adalah dengan menggunakan *emulator* agar memudahkan dalam mendeteksi kesalahan pada tahap pengkodean dan *mem-build* aplikasi. Jika aplikasi telah berjalan sesuai dengan perancangan, maka tingkat kesalahan dapat diminimalkan.

Pengujian kedua yaitu pada alatnya adalah ponsel Android. Pada tahap ini, pengujian ditujukan pada kemampuan koneksi program terhadap jenis ponsel Android yang digunakan, Faktor kapasitas memori dan fitur yang dibawanya pada masing-masing tipe ponsel android sangat menentukan keberhasilan koneksi program.

Pengujian ketiga yaitu pengujian logika dilakukan pada saat melakukan perhitungan dengan form perhitungan masing-masing bangun ruang. Logika di buat sesuai dengan rumus-rumus bangun yang telah ditetapkan secara umum. Tipe data double yang dipilih membuat perhitungan lebih cepat dan memiliki tingkat ketelitian yang tinggi. Hasil perhitungan yang diperoleh sama

dengan hasil perhitungan manual.

## KESIMPULAN

Dengan telah melalui pengujian dan pencocokan perhitungan secara manual dapat disimpulkan: Telah berhasil dibuat suatu sistem pembelajaran geometri bangun ruang melalui Mobile Phone berbasis Android yang sesuai dengan hasil perancangan sistem aplikasi yang direncanakan.

Hasil uji program perhitungan luas dan volume menunjukkan sesuai dengan perhitungan manual.

Sistem aplikasi dibuat bersifat interaktif, jadi anak-anak tidak hanya menerima teori dan rumus-rumus saja, tetapi juga dapat lebih meyakini akan kebenaran rumus-rumus tersebut.

Sistem dibuat disesuaikan dengan dunia anak yaitu dilengkapi gambar-gambar yang menarik dan navigasi yang sederhana sehingga mudah dimengerti anak. Sehingga diharapkan dapat membantu meningkatkan minat anak-anak sekolah dasar untuk belajar geometri bangun ruang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, R, S, 2012. "Aplikasi Pengenalan Huruf Hijaiyah Berbasis Android", Tugas Mandiri, STMIK AMIKOM, Yogyakarta.
- Eko P. N, 2012. "From Newbie to Advanced", Andi, Yogyakarta.
- Irawan, 2012, "Membuat Aplikasi Android untuk Orang Awam", Maxikom, Palembang.
- Ichwan.M,Fifin,H,2011,Jurnal"Pengukuran Kinerja Goodreas Application Programming Interface Pada Aplikasi Mobile Android", Teknik Informatika ITENAS Bandung,
- Niasari, T, W & Muti'ah, 2010. "Aplikasi Geometric sebagai Media Pembelajaran Geometri Berbasis Mobile", Tugas Mandiri, Manajemen Informatika, AMIKOM, Yogyakarta.
- Safaat H. N, 2012. "Pemrograman Aplikasi Mobile Smartphone Dan Tablet PC Berbasis Android ", Informatika , Bandung.

Wahana komputer, 2013. *“Step by Step menjadi Programmer Android”*, Andi Offset, Yogyakarta.

Winarti, T, dkk, *“Rancang Bangun Aplikasi RPUL (Rangkuman Pengetahuan Umum Lengkap”* Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi Universitas Semarang, Semarang.

Yusuf, R, dkk, 2010, *“Mengembangkan Aplikasi Enterprise Berbasis Android”*, Gava Media, Yogyakarta.

<http://denihassah.wordpress.com/2012/12/23/satuan-panjang-berat-luas-dan-isi/>  
<http://draftersipil.wordpress.com/2010/09/25/rumus-bidang-datar/> Iksan S.

<http://samsunpgsd.blogspot.com/2013/05/pengukuran-panjang.html>

## THE EFFECT OF PH VARIATIONS ON MAGNETIC PROPERTIES OF MAGNETITE SYNTHESIZED FROM IRON SAND

Muhammad Waziz Wildan<sup>1</sup>, Toto Rusianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical and Industrial Engineering,  
Gadjah Mada University (UGM) Yogyakarta

<sup>2</sup>Department of Mechanical Engineering, IST AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 2 Nopember 2014, revisi masuk: 6 Januari 2015, diterima: 29 Januari 2015

### INTISARI

Mineral magnetit telah berhasil disintesis dari pasir besi menggunakan metode ko-presipitasi dengan variasi tingkat keasaman larutan/pH. Pasir besi tersebut diperoleh dari Pantai Selatan Yogyakarta. Pasir besi dipisahkan menggunakan magnet permanen untuk mendapatkan mineral yang bersifat magnetik yang digunakan sebagai bahan utama. Bahan magnetik dihaluskan menggunakan *ball mill* hingga ukuran  $\leq 74$ , tujuan untuk mempercepat reaksi pelarutan dan mengurangi bahan non-magnetik yang masih terbawa. Pelarutan menggunakan HCl 37% pada temperatur 80 °C. Reaksi menghasilkan larutan yang terdiri dari FeCl<sub>2</sub> dan FeCl<sub>3</sub>, yang disebut sebagai larutan induk. Ammonium hidroksida (NH<sub>4</sub>OH) 20% ditambahkan ke dalam larutan induk untuk mendapatkan endapan besi oksida. Proses presipitasi tergantung pada pH larutan, sehingga pH larutan diatur dengan menggunakan variasi penambahan volume NH<sub>4</sub>OH. Rasio volume antara larutan induk dan NH<sub>4</sub>OH ditentukan yaitu A (2: 1), B (1: 1), C (1: 2) dan D (1: 3). Hasil pencampuran kedua larutan tersebut dengan variasi volume menghasilkan larutan dengan berbagai tingkat pH masing-masing yaitu 5, 8, 10 dan 11. Serbuk hitam segera terbentuk selama proses reaksi berlangsung. Serbuk dianalisis menggunakan XRD. Sifat magnetik diukur menggunakan *vibrating sample magnetometers* (VSM) dan TEM untuk mengamati ukuran partikel. Hasil pengujian XRD tersebut ditemukan bahwa serbuk hitam tersebut adalah magnetit pada larutan dengan tingkat pH  $\geq 8$ . Sifat magnetik menunjukkan bahwa Ms (saturasi magnetisasi) adalah 43 emu/gr dan Gambar TEM menunjukkan bahwa ukuran partikel terkecil 26 nm ditemukan pada larutan B dengan tingkat pH 8. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nanopartikel magnetik (MNPs) dengan sifat superparamagnetik dapat disintesis dari pasir besi.

**Kata Kunci:** magnetit, pasir besi, sintesis, pH, superparamagnetik.

### ABSTRACT

Magnetite has been successfully synthesized from iron sand using co-precipitation method with variations of pH levels. The iron sand was obtained from South Coast of Yogyakarta. The iron sand was separated using a permanent magnetic bar to obtain the magnetic mineral, which is used as raw material. The raw material was ball milled to reduce the particle size down to  $\leq 74$   $\mu\text{m}$ . It was then dissolved and stirred in HCl 37% at 80 °C for 3 hours. The reaction yielded a solution consisting of FeCl<sub>2</sub> and FeCl<sub>3</sub>, which is called as a master solution. Ammonium hydroxide (NH<sub>4</sub>OH) 20% was added to the master solution to obtain Fe-oxide precipitation. The precipitation process depended on the pH of the solution, so the pH of the solution was arranged using variations of NH<sub>4</sub>OH contents. The volume ratios of the master solution and NH<sub>4</sub>OH were A (2:1), B (1:1), C (1:2) and D (1:3), they were designated as samples A, B, C and D, respectively. Those various compositions yielded solutions with various pH levels, i.e. 5, 8, 10 and 11, respectively. The black powder precipitation was immediately formed during the reaction. The powders were analyzed using XRD. The magnetic properties were measured using vibrating sample magnetometer (VSM). TEM was used to observe the particle size. From the XRD, it was found that magnetite compound was found on the

<sup>1</sup>[m\\_wildan@ugm.ac.id](mailto:m_wildan@ugm.ac.id),  
<sup>2</sup>[toto@akprind.ac.id](mailto:toto@akprind.ac.id)

solution with pH level  $\geq 8$ . Magnetic properties test show that Ms (saturation magnetization) is 43 emu/gr found on the solution with pH level of 8. TEM images show that the smallest particle size found on the solution B with pH level of 8. Magnetic Nanoparticles (MNPs) with superparamagnetic properties can be synthesized from iron sand.

**Keywords:** magnetite, iron sand, synthesis, pH, superparamagnetic.

## INTRODUCTION

Nano magnetic technology has been being developed very fast. Nano magnetic materials are used in many applications such as compact disc, hard disc drive, Magnetic Random Access Memory, etc. As a super-paramagnetic material, magnetic nanoparticles materials (MNPs) is also used in medical applications such as drug delivery, contrast agent, Magnetic Resonance Spectroscopy (MRS) and Magnetic Resonance Imaging (MRI) (Iida *et al*, 2007). Iron sand is available in Indonesia in huge amount, especially in South Coast of Java Island which is potentially mined (Bronto, 2007; Tekmira, 2011). The main contents of the iron sand are tetanomagnetic minerals, including magnetite, hematite, titaniferrous, limonite and ilmenite (Yulianto, *et al*, 2003; Yulianto, 2009; Putra *et al*, 2008; Anshori *et al*, 2011). In the South Coast of Yogyakarta, the deposits areas of the iron sand spread from Parangtritis Coast in Bantul to Glagah Coast in Kulonprogo. The iron sand is also found in Cilacap Coast, Central of Java, which contains  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ . It has been reported that the iron sand from South Coast of Bantul Yogyakarta contains  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Rusianto, *et al*, 2012). Several methods of producing nano magnetic materials have been reported in literature such as co-precipitation, micro emulsion, thermal decomposition, solvothermal, sonochemical, microwave-assisted, chemical vapour deposition (Faraji, 2010). Angelia *et al* (2006) reported that nano magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) had been synthesized from iron sand using co-precipitation with polyethylene glycol (PEG-1000) as the template. The volume ratios of the starting solution and PEG were (1:1), (1:2) and (1:4). It was

found that the particle size decreased from 10.9 nm to 7.5 nm. In 2007, Iida *et al* found that various size of nanomagnetic particles of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  had been successfully synthesized using controlled hydrolysis in an aqueous solution containing ferrous and ferric salts with various ratios of 1,6-hexanediamine as a base. The other method of synthesis of nano scale magnetic iron oxide is sonochemical synthesis which has been reported by Theerdhala *et al* (2008). With this method, they have successfully produced ultrafine ( $< 10$  nm) of magnetic iron oxide nanoparticles.

One of the simple wet methods in magnetite synthesis is co-precipitation through dissolving iron sand in HCl precursor and followed by precipitation with  $\text{NH}_4\text{OH}$  addition. However, the amount and ratio of ferro and feri chloride results is difficult to predict. The addition of  $\text{NH}_4\text{OH}$  into the solution, will produce of precipitation of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Addition of  $\text{NH}_4\text{OH}$  will also influence the pH level of the solution. This current research aims to investigate the effect of pH variations on magnetic properties of magnetite synthesized from iron sand. The iron sand was obtained from South Coast of Yogyakarta. The effect on the magnetite particle size and properties are also investigated.

## METHODOLOGY

The iron sand was separated using a permanent magnetic bar to attract the magnetic mineral, which was used as raw material. The raw material was ball milled to reduce the particle size down to  $\leq 74 \mu\text{m}$ . It was then dissolved and stirred in HCl 37% at temperature  $80^\circ\text{C}$  for 3 hours. The reaction yielded a solution consisting of  $\text{FeCl}_2$  and  $\text{FeCl}_3$  called as a master solution. Ammonium hydroxide ( $\text{NH}_4\text{OH}$ )

20% was added to the master solution to obtain Fe-oxide precipitation. The precipitation process depended on the pH of the solution, so the pH of the solution was arranged using variations of  $\text{NH}_4\text{OH}$  contents. The volume ratios of the master solution and  $\text{NH}_4\text{OH}$  were (2:1), (1:1), (1:2) and (1:3), and they were designated as samples A, B, C and D, respectively. Those various compositions yielded solutions with various pH levels of 5, 8, 10 and 11 respectively. Black powder precipitation was immediately formed during the reaction. The black powders were analyzed using XRD (XRD diffractometer Shimadzu XRD-6000) with radiation of  $\text{Cu-K}\alpha$  ( $\lambda=1.54056 \text{ \AA}$ ). The magnetic properties (magnetic saturation/ $M_s$ , remanent magnetism/ $M_r$ , and coercivity field/ $H_c$ ) were measured using Vibrating Sample Magnetometer

(VSM) according to ASTM A977/A977M - 07 Standard Test Method for Magnetic Properties of High-Coercivity Permanent Magnet Materials Using Hysteresigraphs. The type of VSM equipment was OXFORD 1.2H with the measurement range from -1 to +1 tesla. Transmission Electron Microscope (TEM) (JEOL JEM-1400) was used to observe the nano magnetic particle.

## DISCUSSIONS

Figure 1 shows the XRD plots of samples A, B, C and D, with volume ratios of the master solution and  $\text{NH}_4\text{OH}$  of (2:1), (1:1), (1:2) and (1:3), respectively. It can be seen in Figure 1 that the main peaks in samples B, C and D have d-spacings of 2.53  $\text{\AA}$ , 2.97  $\text{\AA}$ , 2.01  $\text{\AA}$ , 1.62  $\text{\AA}$  and 1.48  $\text{\AA}$  with (h k l) indexes of (3 1 1), (2 2 0), (4 4 0), (5 1 1) and (4 0 0), respectively.

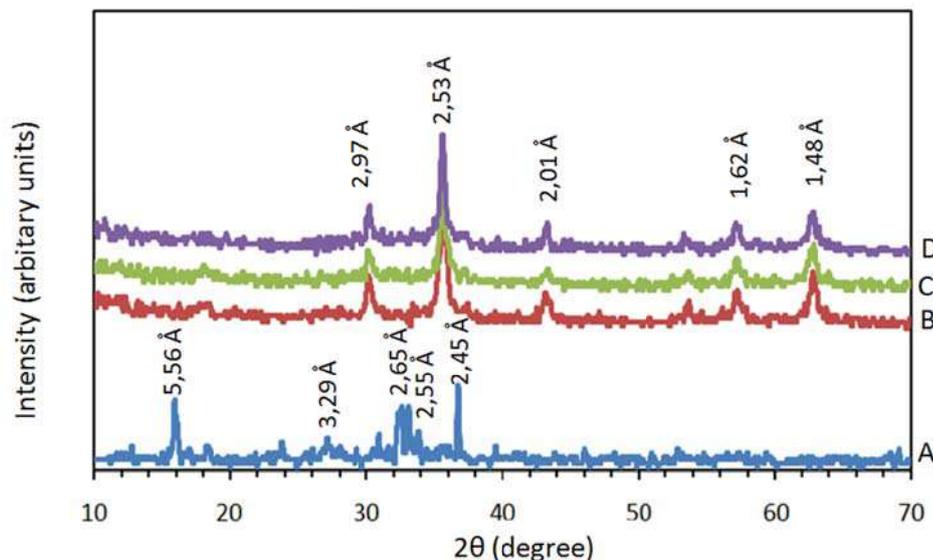


Figure 1. XRD plots of samples A, B, C dan D.

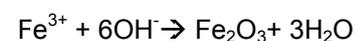
These d-spacings well correspond to d-spacings of magnetite (JCPDS card No. 19-629). However, there were no peaks or d-spacings of sample A that correspond to magnetite d-spacings. Several peaks in sample A match with d-spacings of goethite compound ( $\alpha\text{-FeO(OH)}$ ) (JCPDS card no. 29-713) (Bakoyannakis, 2003). The maximum peak of sample A occurs at 2-theta ( $2\theta$ ) of  $= 36.70^\circ$  ( $d = 2.45 \text{ \AA}$ ). Several possible Fe-oxides

that can be formed in the reaction between  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  and  $\text{OH}^-$  (at various pH levels) as follows:

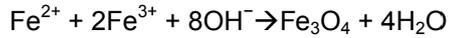
Goethite is formed with the following reaction:



Hematite compound is the result of the following reaction:



Magnetite compound is the result of the following reaction:



At low pH level (pH = ± 4.5), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles are formed through two transformation steps from Fe(OH)<sub>3</sub> to FeOOH, and from FeOOH to Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. In this current research, FeOOH compound occurs at sample A where the pH level of the solution is low (pH = 5). In the synthesis of samples B, C, and D showed the precipitation of magnetite immediately formed when the master solution was reacted with ammonium hydroxide (NH<sub>4</sub>OH), according to the following reaction:

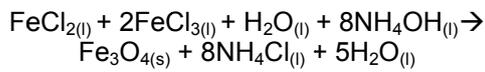


Figure 2. Black precipitation attracted by a permanent magnet.

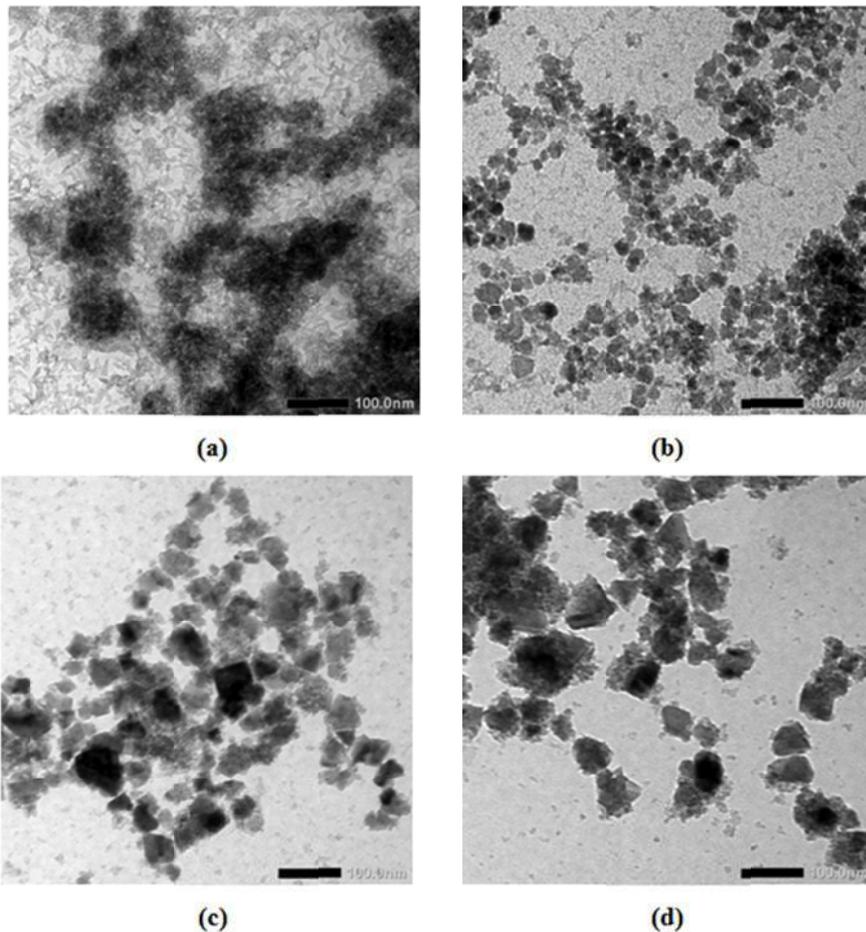


Figure 3. TEM micrograph of the synthesis results, a) sample A; b) sample B; c) sample C and d) sample D.

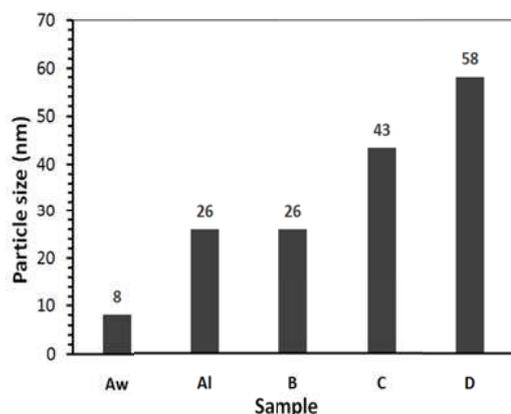


Figure 4. Particle size of the reaction results, (Aw and Al are average width and length of particle sample A, respectively); B, C, and D are average particle size of samples B, C and D, respectively.

The reaction product was in the form of black and jelly precipitation. This precipitation was washed using distilled water for several times until the water was clear in color and reaching the pH = 7. It can be seen in Figure 2 that when the precipitation was placed into a glass test tube and a permanent magnet was touching outside wall of the glass, the precipitation was then attracted by the permanent magnet.

Figure 3 (a, b, c, and d) shows TEM micrographs of the synthesis results of samples A, B, C and D, respectively. Sample A, which is goethite compound has elongated particle shape. While samples B, C, and D are magnetite compound have almost spherical shape as shown in Figure 3 (b, c, and d).

Figure 4 indicates that the particle size increases with increasing amount of  $\text{NH}_4\text{OH}$  of the mixtures. Sample B, C and D where the volume ratios of the master solution and  $\text{NH}_4\text{OH}$  are (1:1), (1:2), and (1:3) yielding nano magnetic particle sizes of 26 nm, 43 nm, and 58 nm, respectively. While the particle size of sample A with the volume ratio of the master solution and  $\text{NH}_4\text{OH}$  of (2:1) seems to be elongated bar with average size of (8 nm x 26 nm).

The synthesis results on samples B, C, and D are magnetite as shown in Figure 1, but from the results of the TEM observation showed different particle sizes. The particles size increases with increasing pH of the solution. The increasing of particles size can be explained by recourse mechanisms of crystal growth. As shown in Figure 5, Tartaj *et al* (2003) mentioned that there are three typical mechanism of formation of uniform particles in solution. The first mechanism is single

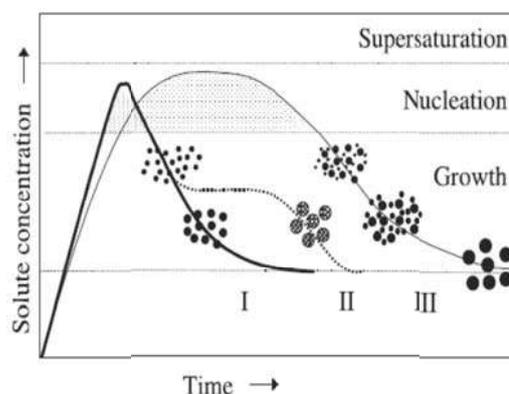


Figure 5. Mechanism of formation of uniform particles in solution: curve I: single nucleation and uniform growth by diffusion; curve II: nucleation, growth and aggregation of smaller subunits; curve III: multiple nucleation events and growth (Tartaj, *et al*, 2003)

nucleation and followed by uniform growth by diffusion. Secondly, uniform particles are formed through nucleation, growth and the aggregation of smaller sub-units. Third, uniform particles can be attained via multiple nucleation and growth.

As shown in Figure 6 and 7, the synthesis results indicate that the sample B with a volume ratio of the master solution and  $\text{NH}_4\text{OH}$  of (1:1) has a saturation magnetization of 43 emu/gr. In addition, the samples of raw material, B, C, and D have hysteresis curves with small coercivity field but they have high saturation magnetization indicating superparamagnetic characteristic. Where, Superparamagnetic material is intrinsically non-magnetic but can be easily magnetized in the appearance of

an external magnetic field (Farajiet al, 2010). The particle in nanometer size with the appearance of superparamagnetic is known as magnetic nanoparticles (MNPs). The sample A (goethite), however, has very low saturation magnetization ( $M_s = 0.3$  emu/gr) and it can be classified as paramagnetic material. The superparamagnetic of sample B have higher saturation magnetization compared samples C and D, they are 43

emu/gr, 31 emu/gr, and 32 emu/gr, respectively. The high saturation magnetization can be explained by particles size, that smaller particle size with superparamagnetic property with presence of a single magnetic domain than a big particle size. The big particles size can be appearance of multiple magnetic domains.

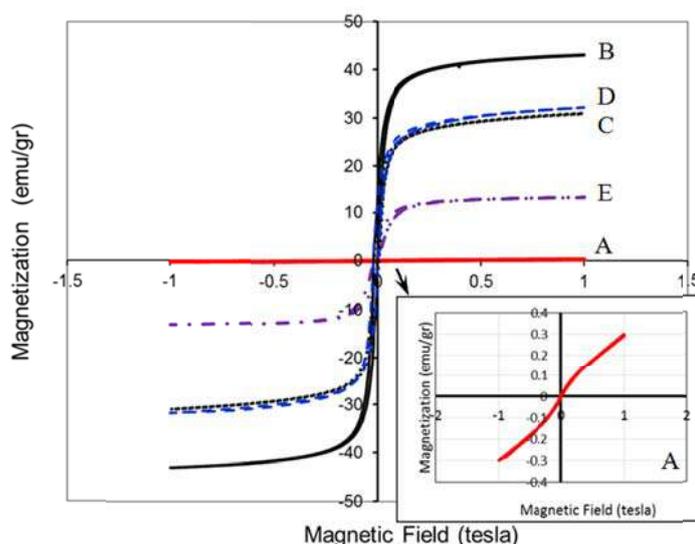


Figure 6. Hysteresis curves of samples with volume ratios between master solution ( $(\text{FeCl}_{2(l)} + \text{FeCl}_{3(l)})$  and  $\text{NH}_4\text{OH}_{(l)}$  20%) of A (2:1), B (1:1), C (1:2) and D (1:3). Sample E is hysteresis curve of the iron sand. Inset = enlargement of sample A.

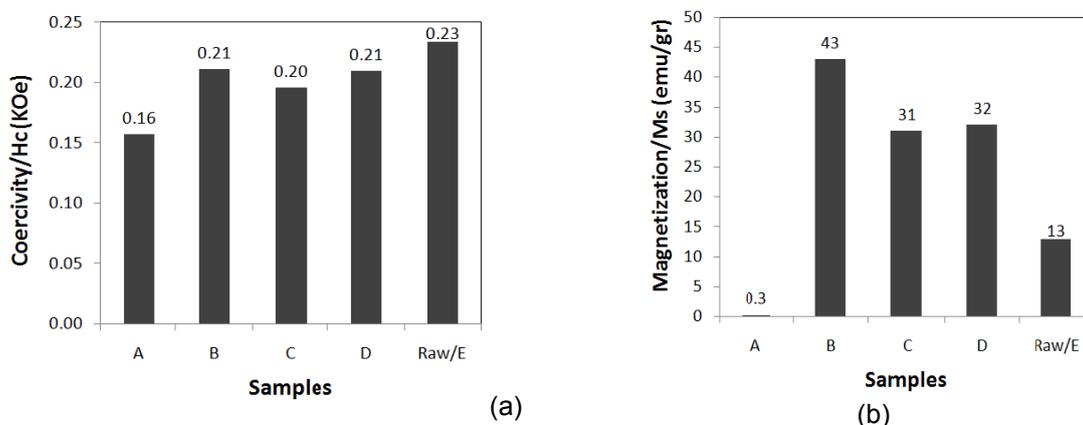


Figure 7. (a) Coercivity/Hc and (b) Magnetic saturation/ $M_s$  of samples with volume ratios between master solution ( $(\text{FeCl}_{2(l)} + \text{FeCl}_{3(l)})$  :  $\text{NH}_4\text{OH}_{(l)}$  20%) of A (2:1), B (1:1), C (1:2) and D (1:3). Raw/E is iron sand sample.

## CONCLUSION

Nano magnetite compound as superparamagnetic material has been successfully synthesized from iron sand from South Coast of Yogyakarta using coprecipitation method. The synthesis process is influenced by pH level of the solution. The results of magnetic properties testing show that the highest Ms of 43 emu/gr is achieved when the pH of the process is 8. The smallest particle size of 26 nm of the magnetite is attained on sample B (volume ratio between master solution ( $\text{FeCl}_2 + \text{FeCl}_3$ ) and  $\text{NH}_4\text{OH}$  = 1:1) and can be classified as Magnetic Nanoparticles (MNPs).

## ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank to the Department of Mechanical and Industrial Engineering, UGM of the Research Grant No. 1221/H1.17/TKMPS/PL/2012.

## REFERENCES

- Angelia P, Baqiya FMA., Mashuri, Triwikantoro, Darminto, 2011, Sintesis Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan Template PEG-1000 Dan Karakterisasi Sifat Magnetiknya, *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, Vol. 01, No. 01 (2011) 1-6, Jurusan Fisika FMIPA UNPAD.
- Anshori C, Sudarsono, Saefudin, 2011, Distribusi Mineralogi Pasir Besi pada Jalur Pantai Selatan Kebumen – Kutoarjo, *Buletin Sumber Daya Geologi*, Vol.6, No. 2 – 2011.
- Bakoyannakis D.N, Deliyanni EA, Zouboulis A.I, Matis, K.A, Nalbandian L, Kehagias Th, 2003, Akaganeite and Goethite-Typenanocrystals: synthesis and characterization, *J. Microporous and Mesoporous Materials* 59, 35–42
- Bronto S, 2007, Genesis Endapan Aluvium Dataran Purworejo Jawa Tengah Implikasinya Terhadap Sumber Daya Geologi, *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 2 No. 4 Dec 2007: 207-215.
- Faraji, M., Yamini, Y., and Rezaee, M., 2010, Magnetic nanoparticles: Synthesis, Stabilization, Functionalization, Characterization, And Applications, *Journallran Chemical Society.*, Vol. 7, No. 1, March 2010, pp. 1-37. Department of Chemistry, Tarbiat Modares University Iran.
- Iida, H., Kosuke, T., Takuya, N., dan Tetsuya, O., 2007, Synthesis Of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Nanoparticles With Various Sizes and Magnetic Properties by Controlled Hydrolysis, *Journal of Colloid and Interface Science*, 314 (2007) 274–280, [www.elsevier.com/locate/jcis](http://www.elsevier.com/locate/jcis).
- Putra, H., Satyarno, I., dan Wijatna, AB., 2008, Penggunaan Pasir Besi dari Kulon Progo dengan Berat Jenis 4,311 Untuk Mortar Perisai Radiasi Sinar Gamma, *Forum Teknik*, No. XVIII/3-Sep 2008, pp. 909-920.
- Rusianto, Toto, M. Waziz Wildan, Kamsul Abraha, dan Kusmono, 2012, The Potential of Iron Sand From the Coast South of Bantul Yogyakarta as Raw Ceramic Magnet Materials, *Jurnal Teknologi* Vol. 5, no.1, 62-69 June 2012.
- Tartaj, P., Morales M.P, Sabino V.V, Teresita G and Serna CJ, 2003, Topical review: The Preparation of Magnetic Nanoparticles for Applications in Biomedicine, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 36, R.182–R197.
- Tekmira, 2011, “Potensi Pasir Besi” © 2003-2010, “Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara”, Balitbang ESDM Kementrian ESDM, <http://www.tekmira.esdm.go.id/>
- Theerdhala, Sriharsha., Devendra Alhat, Satish Vitta, and D. Bahadur, 2007, Synthesis of Shape Controlled Ferrite Nanoparticles by Sonochemical Technique, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* Vol.8, 1–5, Copyright © 2007 American Scientific Publishers.
- Yulianto, A., S. Bijaksana and W. Loeksmanto, 2003, Comparative Study on Magnetic Characterization of Irons and from Severa I Locations in Central Java Indonesian, *Journal of Physics*, Kontribusi Fisika Indonesia Vol. 14 No.2, April.
- Yulianto, A., S. Bijaksana W. Loeksmanto, dan Daniel Kurnia, 2003, Produksi Hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dari Pasir Besi: Pemanfaatan Potensi Alam Sebagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetan, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Vol. 5, No.1, Oct, pp. 51-54 ISSN:1411-1098.
- Yunianto, Bambang. 2009, Kajian Permasalahan Lingkungan dan Sosial Ekonomi Rencana Penambangan dan Pengolahan Pasir Besi di Pantai Selatan Kulonprogo Yogyakarta, *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, Vol. 5, No. 13, Jan., Puslitbang Tekmira.