

Jurnal Teknologi

Volume 12, Nomor 2, Desember 2019

- PENERAPAN METODE SQC (STATISTICAL QUALITY CONTROL) DAN FTA (FAULT TREE ANALYSIS) SEBAGAI USULAN PENGENDALIAN DAN PERBAIKAN KUALITAS PRODUK PADA USAHA PENGECORAN ALUMINIUM
Joko Susetyo, Petrus Wisnubroto, Alif Kurnia
- PENGARUH INTENSITAS CAHAYA DAN TEMPERATUR TERHADAP SERAPAN ENERGI MATAHARI UNTUK PEMBANGKITAN DAYA LISTRIK DI KOTA PADANG
Mirzazoni Mirzazoni, Arnita Arnita, Indra Nisja
- PENGARUH WAKTU, SUHU DAN KECEPATAN PENGADUKAN TERHADAP PROSES PENGAMBILAN TANNIN DARI PINANG
Murni Yuniwati, Kelvin Tanadi, Ganjar Andaka, Bambang Kusmartono
- PERANCANGAN ULANG TATA LETAK FASILITAS PERUSAHAAN SANDAL HOTEL DENGAN METODE ARC UNTUK MENGURANGI WASTE
Muhammad Faishal, Muhammad Andrea Pratama
- PERANCANGAN ALAT PANGGANGAN OTOMATIS MENGGUNAKAN METODE QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)
Suseno Suseno, Tadeus Theodossy Tigang Huvat
- PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DOMESTIK (GREY WATER) DI UPT RUSUNAWA GRAHA BINA HARAPAN, KOTA YOGYAKARTA, DIY
Purnawan Purnawan, Paramita Dwi Sukmawati, Yerrsy Cherya Puspita
- ANALISIS HUMAN RELIABILITY ASSESSMENT OPERATOR PAPER MACHINE DENGAN METODE FUZZY HEART
Endang Widuri Asih, Winarni Winarni, Dian Sekarini
- HUBUNGAN KETERDAPATAN BATUAN KALK SILIKAT PADA ENDAPAN PORFIRI CU-AU BATU HIJAU, SUMBAWA, NUSA TENGGARA BARAT
Dian Agus Widiarso, Rachdian Eko Suprpto, Tri Winarno, Arie Noor Rakhman
- SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS STATUS GIZI BURUK BALITA DI DINAS KESEHATAN KOTA YOGYAKARTA BERBASIS MOBILE ANDROID
Karina Rustikawati, Dwi Setyowati, Nuniek Herawati
- STUDI EKSPERIMENTAL VARIASI PISTON CROWN TERHADAP PERFORMANCE MOTOR 4 LANGKAH
Sarjono Sarjono, Widi Ferry Mukti Widodo
- PENGARUH VARIASI CAMPURAN BAHAN BAKAR SOLAR DAN MINYAK JELANTAH TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL
I G. Gde Badrawada, Hernanio A. T. X. Da Conceicao, K. Muhajir, T. Rusianto
- ANALISIS MUTU KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN LARUTAN AKTIFATOR ZnCl₂
Edwin Permana, Indra Lasmana Tarigan, Diah Riski Gusti, Intan Lestari

EDITORIAL BOARD

Editor Chief

Dr. Ir. Toto Rusianto, M.T.

Managing Editor

Rahayu Khasanah, S.T., M.Eng.

Associate Editors

Ir. Murni Yuniwati, M.T.

Ir. Muhammad Yusuf, M.T.

Beny Firman, S.T., M.Eng.

Andrean Emaputra, S.T., M.Sc.

Rosalia Arum Kumalasanti, S.T., M.T.

Yuli Purwanto, S.T., M.Eng.

Prita Haryani, S.Pd., M.Eng.

Dr. Anak Agung Putu Susastiawan, S.T., M.Tech.

Reviewer

Dr. Ir. Sudarsono, MT. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Dr. Ir. Amir Hamzah, MT. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Dr. Ir. Hj. Titin Isna Oesman, MM. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Ir. Ganjar Andaka, Ph.D. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Ellyawan Setyo A., ST., M.Sc., Ph.D (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Prof. Dr. Erma Utami, S.Si, M.Kom (Universitas AMIKOM).

Prof. Dr. Indarto. DEA. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Prof. Muhammad Djaeni, ST., M.Eng. (Universitas Negeri Diponegoro)

Dr. Deendarlianto, ST., M.Eng. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Muhammad Kusumawan Herliansyah, ST., MT., Ph.D. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Yuni Kusumastuti, ST., M.Eng., D.Eng. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Dr. Ir. Abdul Kadir, MT., MM. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Dr. Moh. Hardiyanto (Institut Teknologi Indonesia)

Daniel Oranova Siahaan, S.Kom, M.Sc., PDEng (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Dr. Ratna Wardani, ST., MT. (Universitas Negeri Yogyakarta)

Dr. Ir. Iswanjono, (Universitas Sanata Dharma Yogyakarta)

Dr. Eng. Azridjal Aziz, ST., MT. (Universitas Riau)

Dr. Romadoni Syahputra, ST., MT. (Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Tujuan & Ruang Lingkup

Jurnal Teknologi adalah jurnal meliputi bidang teknologi yang berkaitan dengan teknik industri, mesin, informatika, elektro, kimia, rekayasa berbantuan komputer, material, energi, lingkungan. Jurnal menerbitkan makalah asli hasil penelitian, komunikasi singkat, dan artikel review. Makalah yang diterbitkan di jurnal ini adalah makalah yang belum dan tidak akan diterbitkan di penerbit tempat lain. Tulisan merupakan karya asli bukan hasil plagiarime. Jurnal Teknologi diterbitkan oleh Fakultas Teknologi Industri Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Alamat Redaksi:

Fakultas Teknologi Industri

Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Jln. Kalisahak No. 28, Komplek Balapan Yogyakarta 55222.

Telpon: 0274-563029 (ext. 112, 113) Fax: 0274-563487

Email: jurtek@akprind.ac.id

<http://ejournal.akprind.ac.id>

- PENERAPAN METODE SQC (STATISTICAL QUALITY CONTROL) DAN FTA (FAULT TREE ANALYSIS) SEBAGAI USULAN PENGENDALIAN DAN PERBAIKAN KUALITAS PRODUK PADA USAHA PENGECORAN ALUMINIUM
Joko Susetyo, Petrus Wisnubroto, Alif Kurnia..... 93-103
- PENGARUH INTENSITAS CAHAYA DAN TEMPERATUR TERHADAP SERAPAN ENERGI MATAHARI UNTUK PEMBANGKITAN DAYA LISTRIK DI KOTA PADANG
Mirzazoni Mirzazoni, Arnita Arnita, Indra Nisja..... 104-108
- PENGARUH WAKTU, SUHU DAN KECEPATAN PENGADUKAN TERHADAP PROSES PENGAMBILAN TANNIN DARI PINANG
Murni Yuniwati, Kelvin Tanadi, Ganjar Andaka, Bambang Kusmartono..... 109-115
- PERANCANGAN ULANG TATA LETAK FASILITAS PERUSAHAAN SANDAL HOTEL DENGAN METODE ARC UNTUK MENGURANGI WASTE
Muhammad Faishal, Muhammad Andrea Pratama..... 116-122
- PERANCANGAN ALAT PANGGANGAN OTOMATIS MENGGUNAKAN METODE QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)
Suseno Suseno, Tadeus Theodossy Tigang Huvat 123-129
- PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DOMESTIK (GREY WATER) DI UPT RUSUNAWA GRAHA BINA HARAPAN, KOTA YOGYAKARTA, DIY
Purnawan Purnawan, Paramita Dwi Sukmawati, Yerrsy Cherya Puspita..... 130-136
- ANALISIS HUMAN RELIABILITY ASSESSMENT OPERATOR PAPER MACHINE DENGAN METODE FUZZY HEART
Endang Widuri Asih, Winarni Winarni, Dian Sekarini..... 137-145
- HUBUNGAN KETERDAPATAN BATUAN KALK SILIKAT PADA ENDAPAN PORFIRI CU-AU BATU HIJAU, SUMBAWA, NUSA TENGGARA BARAT
Dian Agus Widiarso, Rachdian Eko Suprpto, Tri Winarno, Arie Noor Rakhman..... 146-152
- SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS STATUS GIZI BURUK BALITA DI DINAS KESEHATAN KOTA YOGYAKARTA BERBASIS MOBILE ANDROID
Karina Rustikawati, Dwi Setyowati, Nuniek Herawati..... 153-158
- STUDI EKSPERIMENTAL VARIASI PISTON CROWN TERHADAP PERFORMANCE MOTOR 4 LANGKAH
Sarjono Sarjono, Widi Ferry Mukti Widodo..... 159-163
- PENGARUH VARIASI CAMPURAN BAHAN BAKAR SOLAR DAN MINYAK JELANTAH TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL
I G. Gde Badrawada, Hernanio A. T. X. Da Conceicao, K. Muhajir, T. Rusianto..... 164-169
- ANALISIS MUTU KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN LARUTAN AKTIFATOR ZnCl₂
Edwin Permana, Indra Lasmana Tarigan, Diah Riski Gusti, Intan Lestari..... 170-175

PENERAPAN METODE SQC (STATISTICAL QUALITY CONTROL) DAN FTA (FAULT TREE ANALYSIS) SEBAGAI USULAN PENGENDALIAN DAN PERBAIKAN KUALITAS PRODUK PADA USAHA PENGECORAN ALUMINIUM

Joko Susetyo¹, Petrus Wisnubroto², Alif Kurnia³

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri

Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: joko_sty@akprind.ac.id, killerelite.ak@gmail.com

ABSTRACT

Santoso's aluminum casting business is a business engaged in aluminum casting with the products produced are egg molds. Based on the results of the preliminary study of product defects still present in this business, the holes, broken molds, and imperfect shape prints. The purpose of this study is to find out the causes of disability and make efforts to control and improve quality using Statistical Quality Control (SQC) and Fault Tree Analysis (FTA) methods. There are two data that exceed the Upper Control Limit (UCL), which is the 9th data and 13th data with the values of 0.38 and 0.365 respectively, so that the production process needs to be improved so that the defect is within the control limit. The results of the FTA method obtained 21 basic events from determining the minimum cut set, $[25 + 26 + 47 + 48 + (29 + 49)] + [31 + 42 + 33 + 50 + 51 + 51] + [(37 + 38) + (42 + 52) + (53 + 54) + (41 + 42)] + [(43 + 44) + 45] + [46]$ which is the cause of defects in the product, that is the immature dough, using too little salt, use second hand aluminum, less high pouring, do not separate when pouring, use of maximum blower, furnace holes that are too large, improper fitting of the coup, lack of supervision, pursuit of production targets, fast completion, bodies not fit, lack of ventilation, shower holes too large, the mixture is outside the stove, does not sort the raw material well, too focused in pouring, does not work according to the procedure, does not pat the base mold first, the mold lock pattern is complicated, and lacks concentration.

Keywords: Defective Products, Statistical Quality Control, Faut Tree Analysis

INTISARI

Usaha pengecoran alumunium Santoso merupakan usaha yang bergerak dibidang pengecoran alumunium dengan produk yang dihasilkan adalah cetakan telur puyuh. Berdasarkan hasil studi pendahuluan kecacatan produk masih terdapat pada usaha ini yaitu cetakan bolong, cetakan pecah, dan cetakan bentuk tidak sempurna. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor-faktor penyebab cacat dan melakukan upaya pengendalian dan perbaikan kualitas menggunakan metode *Statistical Quality Control (SQC) dan Fault Tree Analysis (FTA)*. Terdapat dua data yang melampaui batas *Upper Control Limit (UCL)* yaitu data ke 9 dan data ke 13 dengan nilai masing masing sebesar 0,38 dan 0,365 sehingga perlu dilakukan perbaikan terhadap proses produksi agar kecacatan berada dalam batas kontrol. Hasil dari metode FTA diperoleh 21 *basic event* dari penentuan minimum *cut set* yaitu $[25 + 26 + 47 + 48 + (29 + 49)] + [31 + 42 + 33 + 50 + 51 + 51] + [(37 + 38) + (42 + 52) + (53 + 54) + (41 + 42)] + [(43 + 44) + 45] + [46]$ yang menjadi penyebab cacat pada produk, yaitu adonan belum matang, penggunaan garam terlalu sedikit, menggunakan alumunium bekas, penuangan kurang tinggi, tidak memisahkan saat penuangan, penggunaan blower yang kurang maksimal, lubang tungku yang terlalu besar, pemasangan kup tidak tepat, kurang pengawasan, dikejar target produksi, ingin cepat selesai, badan tidak fit, kurangnya ventilasi, lubang siraman terlalu besar, adonan berada di luar tungku, tidak memilah bahan baku dengan baik, terlalu fokus dalam penuangan, bekerja tidak sesuai prosedur, tidak menepuk cetakan dasar terlebih dahulu, pola kunci cetakan yang rumit, dan kurang konsentrasi.

Kata Kunci: Produk Cacat, Statistical Quality Control, Faut Tree Analysis

PENDAHULUAN

Kualitas menjadi faktor dasar keputusan konsumen dalam pemilihan produk dan jasa sehingga kualitas merupakan faktor kunci yang membawa keberhasilan bisnis, bertumbuh, dan berkembang serta memenangkan persaingan. Dalam menjaga kepuasan konsumen akan produk tersebut, perusahaan perlu melakukan pengendalian

terhadap kualitas produk. Sebagai contoh sederhana dari pengendalian kualitas adalah dengan melakukan inspeksi terus menerus dan memakai peralatan produksi sesuai dengan kegunaan alat tersebut (Montgomery, 2009).

Usaha Pengecoran Alumunium Bapak Santoso merupakan usaha yang bergerak dibidang pengecoran logam alumunium

dimana produk yang dihasilkan berupa peralatan rumah tangga dari aluminium. Usaha pengecoran ini berdiri sejak tahun 2000 dengan jumlah pekerja tetap sebanyak 10 orang. Produk yang dihasilkan berupa cetakan makanan yang terbuat dari aluminium yaitu cetakan telur puyuh, cetakan kue apem dan cetakan kue lumpur. Kapasitas produksi yang dimiliki perusahaan sebesar 200-400 unit/ hari dan Cacat / *defect* produk yang dihasilkan mencapai 40-50 unit produk perhari yang terdiri dari produk retak, pecah, dan bolong. Cacat tersebut kemudian dilebur kembali namun hasil dari leburan tersebut dapat membuat kualitas produk menjadi menurun. Jumlah tersebut mencapai 10% dari total produksi perhari, dimana cacat/*defect* yang dihasilkan melebihi batas toleransi kecacatan yang diharapkan perusahaan. Berdasarkan angka tersebut segi pengendalian kualitas di perusahaan masih jauh dari sempurna, sehingga perlu dilakukan upaya atau tindakan pengendalian kualitas guna mengurangi jumlah cacat yang berlebih agar target produksi yang diharapkan perusahaan dapat tercapai. Upaya atau tindakan pengendalian yang dilakukan perusahaan sejauh ini adalah dengan cara pencegahan terjadi cacat/*defect* berkelanjutan, yaitu pengendalian dilakukan setelah cacat/*defect* produk terjadi. penambahan bahan tambahan pada adonan aluminium dilakukan agar cacat/*defect* produk dapat diatasi. Hal tersebut kurang baik karena pengendalian atau pencegahan direncanakan dan dilakukan sebelum terjadinya cacat/*defect* agar tidak terjadi proses-proses tambahan yang dapat memakan waktu proses produksi yang sedang berlangsung. Permasalahan tersebut dapat mengancam target produksi perhari sehingga kepercayaan konsumen kepada perusahaan dapat berkurang akibat kualitas yang diberikan tidak sesuai dengan yang diharapkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi terjadi cacat/*defect* dengan melakukan Pengendalian kualitas menggunakan metode *Statistical Quality Control* (SQC) yang berfungsi untuk mengontrol, meminimumkan, dan memperbaiki kualitas produksi dengan alat bantu pengendalian kualitas yaitu *Seven tools* yang terdiri dari *Check Sheet*, *Pareto Diagram*, *Histogram*, *Process Flow Diagram*, *Scatter Plot*, *Control Chart* (Grafik Pengendali), *Cause And Effect (Fishbone) Diagram*. Salah satu hasil output yang diperoleh dari metode

pertama berupa jenis kecacatan paling tertinggi pada produk akan dilakukan perbaikan menggunakan metode *Fault Tree Analysis (FTA)* yaitu metodologi analisis yang menggunakan model grafis untuk menunjukkan analisis proses secara visual. FTA memungkinkan untuk mengidentifikasi kejadian kegagalan berdasarkan penilaian probabilitas kegagalan (Dewi,dkk, 2015).

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan data primer. Data primer yang diambil adalah data cacat produk sebanyak 30 data dengan cara pengamatan secara langsung pada lini produksi di usaha pengecoran aluminium bapak santoso. Data primer diolah menggunakan metode *statistical quality control* dan *fault tree analysis*.

Statistical Quality Control

Statistical Quality Control (pengendalian kualitas statistik) adalah alat bantu manajemen untuk menjamin kualitas. Tujuan utama *Statistical Quality Control* adalah meminimumkan variabilitas dalam karakteristik kualitas produk atau jasa. Pengambilan keputusan dalam *Statistical Quality Control* dapat menggunakan alat yang dikenal dengan *seven tools*, yang terdiri dari : *stratifikasi*, *Cause And Effect (Fishbone) Diagram*, *Control Chart* (Grafik Pengendali), *Check Sheet*, *Pareto Diagram*, *Scatter Plot*, Dan *Histogram* (Rahayu,2013).

1. *Check Sheet*

Check sheet berfungsi untuk melakukan pengamatan secara sistematis dan teratur pada kegiatan produksi yang dilakukan dengan secara tertulis. Dalam *check sheet* terdapat data yang diamati yaitu jumlah produksi, jumlah produk cacat, jenis cacat jumlah produk jadi.

2. *Stratifikasi*

Stratifikasi adalah suatu upaya untuk mengurangi atau mengklasifikasikan persoalan menjadi kelompok atau golongan sejenis yang lebih kecil atau menjadi unsur-unsur tunggal dan persoalan.

3. *Histogram*

Histogram adalah suatu penampakan grafik dari data dengan membagi karakteristik data kedalam kelas-kelas atau bagian dalam sebuah histogram frekuensi, nilai sumbu vertikal (x) menggambarkan jumlah dari observasi yang dilakukan setiap kelas. sedangkan untuk sumbu horizontal (y)

menggambarkan masing-masing kelas atau bagian.

4. **Diagram Pencar**
Diagram pencar adalah suatu diagram yang menggambarkan korelasi (hubungan) dari suatu penyebab/faktor terhadap penyebab/faktor lain atau terhadap karakteristik kualitas. Kegunaan dari diagram pencar adalah untuk melihat ada tidaknya korelasi (hubungan) dari suatu penyebab/faktor yang lain atau terhadap akibat karakteristik kualitas
5. **Diagram Pareto**
Prinsip diagram pareto adalah dengan aturan 80/20 yaitu 80% problem (ketidaksihuan) disebabkan oleh penyebab (*cause*) sebesar 20%. Diagram tersebut juga mengidentifikasi hal yang penting, serta alternatif pemecahan yang akan membawa perbaikan secara substansial dalam kualitas (Mitra,1993) dan (Besterfield,1998).
6. **Peta Kendali**
Peta kendali digunakan untuk mendeteksi adanya penyimpangan dengan cara menetapkan batas-batas kendali terdiri dari *control limit* (CL), *upper control limit* (UCL), dan *lower control limit* (LCL) (Gasperz,1998), dengan rumus berikut (Montgomery,2009):
 - a. Proporsi cacat dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{\text{Jumlah Produk Cacat}}{\text{Jumlah Produksi}} \dots\dots\dots (1)$$
 - b. Nilai CL dihitung dengan rumus :

$$CL = \bar{p} = \frac{\text{Total Jumlah Produk Cacat}}{\text{Total Jumlah Produksi}} \dots\dots\dots (2)$$
 - c. Nilai UCL dihitung dengan rumus :

$$UCL = \bar{p} + 3 Sp$$

$$UCL = \bar{p} + 3 \frac{\sqrt{p(1-p)}}{N} \dots\dots\dots (3)$$
 - d. Nilai LCL dihitung dengan rumus :

$$LCL = \bar{p} - 3 Sp$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \frac{\sqrt{p(1-p)}}{N} \dots\dots\dots(4)$$

7. **Cause Effect Diagram**
Kegunaan dari diagram ini adalah untuk menemukan faktor-faktor yang merupakan sebab pada suatu masalah berdasarkan 5 faktor utama 4M 1E, yaitu *Man, Machine, Material, Methode, Environment*

Fault Tree Analysis

FTA memungkinkan untuk mengidentifikasi kejadian kegagalan berdasarkan penilaian probabilitas kegagalan dengan pendekatan *top-down* analisis kegagalan , dimulai dengan potensi kejadian utama atau peristiwa yang tidak diinginkan disebut dengan *top level event*, lalu menentukan semua hal yang dapat membuat kejadian atau peristiwa itu terjadi. Analisis tersebut dilakukan dengan menentukan bagaimana *top level event* (potensi kejadian utama) bisa terjadi, apa penyebabnya, dan siapa penyebabnya. Penyebabnya dari potensi kejadian utama adalah “*connected*” melalui *logic gates* yaitu *AND-gates* dan *OR-gates* (Dewi,dkk ,2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengolahan data adalah Mengidentifikasi kecacatan produk menggunakan *Seven Tools* yang terdiri dari *Check Sheet, Stratifikasi, Histogram, Pareto Diagram, Scatter Diagram, Control Chart*, dan *Cause And Effect Diagram* .Langkah selanjutnya membuat usulan perbaikan menggunakan *Fault Tree Analysis*

1. *Check sheet*

Menginput data hasil produksi kedalam lembaran *check sheet* dengan menggunakan aplikasi *microsoft excel* sehingga dapat memudahkan peneliti dalam melakukan rekapitulasi produk cacat pada produk cetakan makanan. Berikut hasil dapat dilihat pada tabel 1

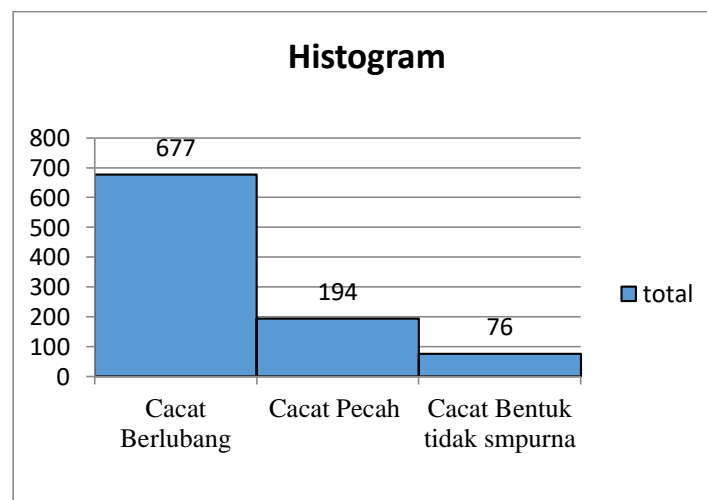
Tabel 1 *Check Sheet* Cetakan Telur Puyuh Bulan September 2018

| Data Ke | Jumlah Produksi (Unit) | Jenis Cacat | | | Total Produk Cacat (Unit) | Total produk Jadi (Unit) |
|---------|------------------------|------------------|--------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | Berlubang (Unit) | Pecah (Unit) | Bentuk Tdk Sempurna (Unit) | | |
| 1 | 200 | 14 | 6 | 1 | 21 | 179 |
| 2 | 200 | 17 | 4 | - | 21 | 179 |
| 3 | 200 | 31 | 6 | 3 | 40 | 160 |
| 4 | 200 | 12 | 4 | 1 | 17 | 183 |
| 5 | 200 | 19 | 2 | 4 | 25 | 175 |

Lanjutan Tabel 1 *Check Sheet* Cetakan Telur Puyuh Bulan September 2018

| Data Ke | Jumlah Produksi (Unit) | Jenis Cacat | | | Total Produk Cacat (Unit) | Total produk Jadi (Unit) |
|--------------|------------------------|-------------|------------|-----------|---------------------------|--------------------------|
| 6 | 200 | 24 | 5 | - | 29 | 171 |
| 8 | 200 | 19 | 3 | 2 | 24 | 176 |
| 9 | 200 | 57 | 15 | 4 | 76 | 124 |
| 10 | 200 | 31 | 2 | - | 33 | 167 |
| 11 | 200 | 11 | 2 | 4 | 17 | 183 |
| 12 | 200 | 21 | - | 1 | 22 | 178 |
| 13 | 200 | 51 | 14 | 8 | 73 | 127 |
| 14 | 200 | 18 | 2 | 5 | 25 | 175 |
| 15 | 200 | 28 | 4 | 6 | 38 | 162 |
| 16 | 200 | 16 | 3 | 1 | 20 | 180 |
| 17 | 200 | 26 | - | - | 26 | 174 |
| 18 | 200 | 43 | 12 | - | 55 | 145 |
| 19 | 200 | 16 | 6 | 2 | 24 | 176 |
| 20 | 200 | 31 | 5 | 8 | 44 | 156 |
| 21 | 200 | 5 | 12 | 3 | 15 | 185 |
| 22 | 200 | 14 | 4 | 5 | 23 | 177 |
| 23 | 200 | 19 | 11 | 2 | 32 | 168 |
| 24 | 200 | 24 | 5 | 7 | 36 | 164 |
| 25 | 200 | 11 | 8 | - | 19 | 181 |
| 26 | 200 | 48 | 17 | 3 | 68 | 132 |
| 27 | 200 | 24 | 3 | - | 27 | 173 |
| 28 | 200 | 7 | 12 | - | 19 | 181 |
| 29 | 200 | 11 | 8 | 6 | 25 | 175 |
| 30 | 200 | 12 | 9 | - | 21 | 179 |
| 30 | 200 | 12 | 9 | - | 21 | 179 |
| Total | 6000 | 677 | 194 | 76 | 942 | 5058 |

2. Histogram

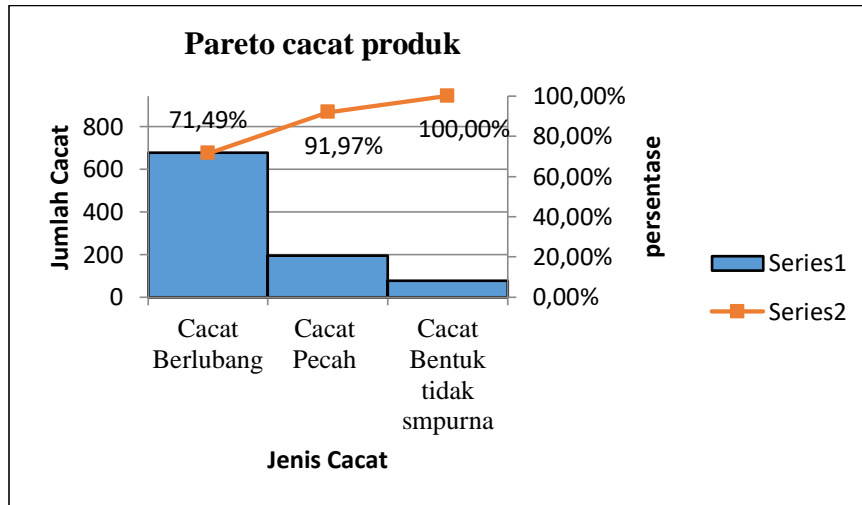


Gambar 1. Histogram

Dari hasil gambar 1 histogram dapat diketahui bahwa jenis cacat tertinggi pada produk yaitu berlubang dengan total 677

unit, kedua adalah pecah sebanyak 194 unit dan ketiga adalah bentuk tidak sempurna sebanyak 76 unit.

3. Diagram Pareto

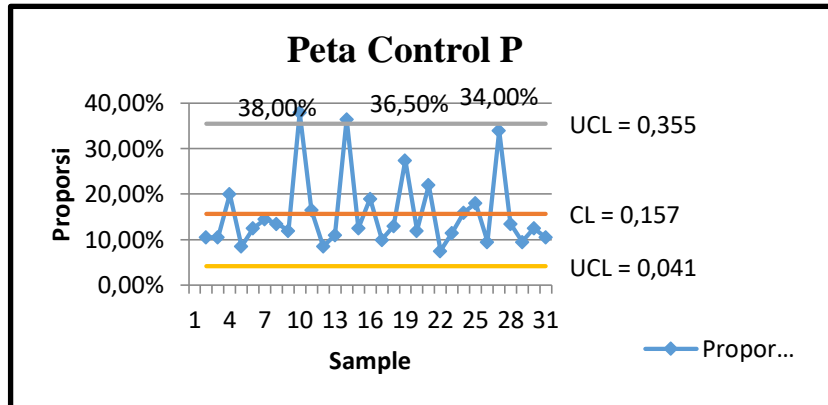


Gambar 2. Diagram Pareto

Dari gambar 2 dapat diketahui bahwa cacat berlubang memiliki nilai frekuensi tertinggi sebesar 71,49% , kemudian diikuti

oleh cacat pecah dengan frekuensi sebesar 20,49% dan cacat bentuk tidak sempurna sebesar 8,03%.

4. Peta kendali P



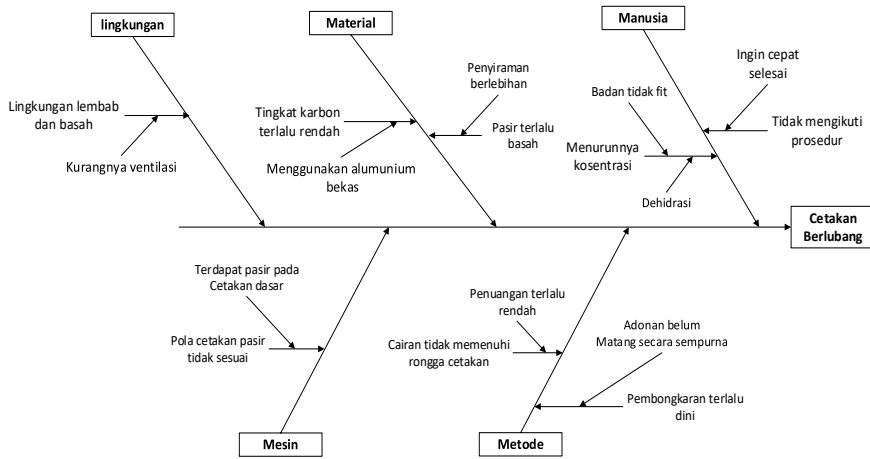
Gambar. 3 Peta Kendali P

Dari gambar 3 diketahui bahwa terdapat data yang melampaui batas *Upper Control Limit* (UCL) yaitu pada data ke-9 dan data ke-13 dengan nilai masing-masing sebesar 0,38 dan 0,365 . Berdasarkan hal tersebut maka perusahaan perlu melakukan perbaikan agar produksi berada dalam bata pengendalian kualitas statistic.

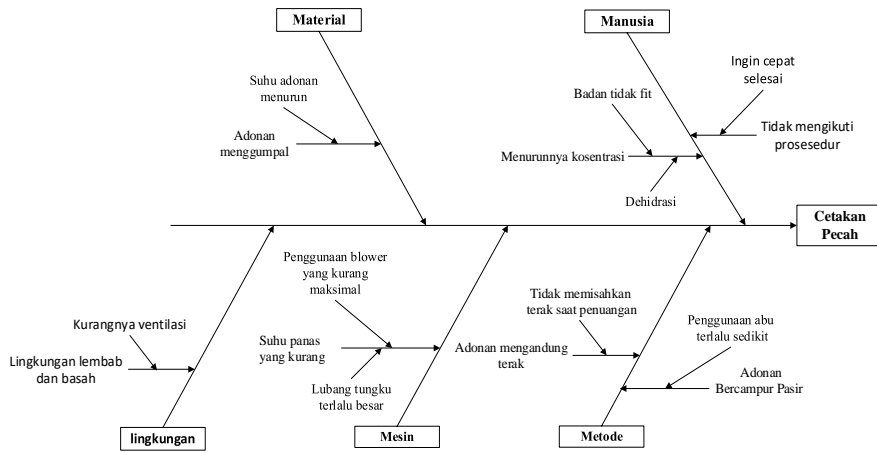
bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya cacat berdasarkan faktor manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan. Jenis kecacatan yang dianalisis adalah cacat berlubang pecah, dan bentuk tidak sempurna jenis cacat ini dipilih berdasarkan perhitungan pada peta kendali P dan diagram histogram karena memiliki tingkat cacat tertinggi dan terdapat dua data yang belum terkendali. Berikut analisa fishbone diagram pada gambar 4, 5 dan 6.

5. Cause effect diagram

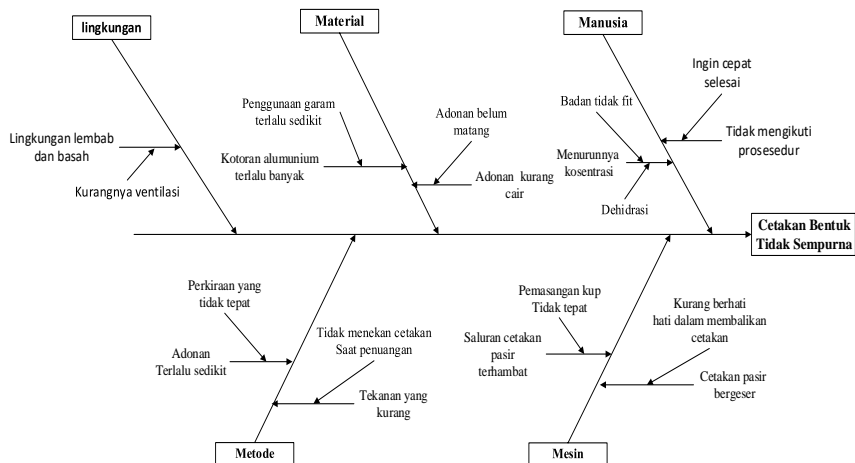
Langkah berikut membuat diagram sebab akibat atau *Fishbone* diagram yang



Gambar 4 Fishbone Diagram Cetakan Berlubang



Gambar 5. Fishbone Diagram Cetakan Pecah



Gambar 6 Fishbone Diagram Cetakan Bentuk Tidak Sempurna

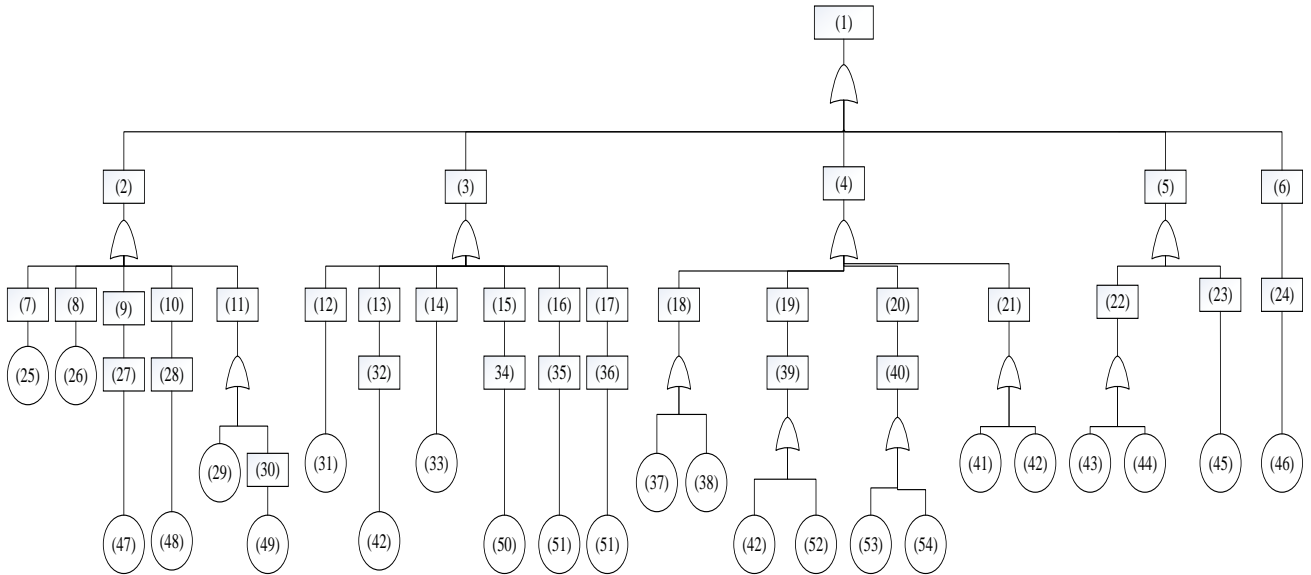
Dari gambar 4, 5 dan 6 dapat diketahui bahwa faktor manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan dapat mempengaruhi kecacatan produk.

Berdasarkan faktor manusia yaitu menurunnya konsentrasi dan tidak mengikuti prosedur, faktor mesin yaitu suhu panas yang kurang, pola cetakan tidak sesuai

dan cetakan bergeser. Faktor metode cairan tidak memenuhi rongga cetakan, pasir terlalu basah, tekanan yang kurang, adona terlalu sedikit, adonan mengandung terak dan pasir bercampur adonan. Faktor material tingkat karbon terlalu rendah, kotoran alumunium terlalu banyak, adonan kurang cair, adonan menggumpal dan adonan mengandung terak. Faktor lingkungan yaitu lembab dan basah.

6. Fault Tree Analysis

Setelah melakukan indentifikasi menggunakan *seven tools*, langkah selanjutnya melakukan analisa penyebab kecacatan menggunakan metode FTA, yaitu perwakilan grafik kejadian yang memungkinkan untuk identifikasi kejadian kecacatan.



Gambar 7 Fault Tree Analysis

Berdasarkan bagan *fault tree* terdapat tabel keterangan berikut ini :

Tabel 2 Keterangan *Fault Tree Analysis*

| kode | Keterangan | kode | Keterangan |
|------|----------------------------------|------|---|
| 1 | Cacat cetakan telur puyuh | 28 | Suhu adonan menurun |
| 2 | Material | 29 | Mengggunakan alumunium bekas |
| 3 | Metode | 30 | Bahan baku usang dan berkarat |
| 4 | Mesin | 31 | Penuangan kurang tinggi |
| 5 | Manusia | 32 | Penggunaan abu terlalu sedikit |
| 6 | Lingkungan | 33 | Tidak memisahkan terak saat penuangan |
| 7 | Adonan kurang cair | 34 | Tidak menekan cetakan saat penuangan |
| 8 | Kotoran alumunium terlalu banyak | 35 | Perkiraan yang tidak tepat |
| 9 | Pasir terlalu basah | 36 | Adonan belum mengeras |
| 10 | Adonan menggumpal | 37 | Pengunaan blower yang kurang maksimal |
| 11 | Tingkat karbon rendah | 38 | Lubang tungku yang terlalu besar |
| 12 | Adonan tidak memenuhi rongga | 39 | Cetakan dasar mengandung pasir |
| 13 | Adonan bercampur Pasir | 40 | Tidak berhati-hati dalam membalikan cetakan |
| 14 | Adonan mengandung terak | 41 | Pemasangan kup yang tidak tepat |
| 15 | Tekanan yang kurang | 42 | Kurang pengawasan |

Lanjutan **Tabel 2** Keterangan *Fault Tree Analysis*

| kode | Keterangan | kode | Keterangan |
|------|----------------------------------|------|---|
| 16 | Adonan terlalu sedikit | 43 | Dikejar target produksi |
| 17 | Pembongkaran terlalu dini | 44 | Ingin cepat selesai |
| 18 | Suhu panas yang kurang | 45 | Badan tidak fit |
| 19 | Pola cetakan tidak sesuai | 46 | Kurangnya ventilasi |
| 20 | Cetakan pasir bergeser | 47 | Lubang siraman terlalu besar |
| 21 | Saluran cetakan terhambat | 48 | Adonan terlalu laa berada di luar tungku |
| 22 | Tidak mengikuti prosedur | 49 | Tidak memilah bahan baku dengan baik |
| 23 | Menurunnya kosentrasi | 50 | Terlalu fokus penuangan |
| 24 | Lingkungan lembab dan basah | 51 | Bekerja tidak sesuai prosedur |
| 25 | Adonan belum matang | 52 | Tidak menepuk cetakan dasar terlebih dahulu |
| 26 | Penggunaan garam terlalu sedikit | 53 | Pola kunci cetakan yang rumit |
| 27 | Penyiraman terlalu berlebihan | 54 | Kurang kosentrasi |

Penentuan minimum *cut set* untuk gambar *fault tree analysis* di atas adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Top event} &= 1 \\
 &= 2 + 3 + 4 + 5 + 6 \\
 &= [7 + 8 + 9 + 10 + 11] + [12 + 13 + 14 + 15 + 16 + 17] + [18 + 19 + 20 + 21] + [22 + 23] + [24] \\
 &= [25 + 26 + 27 + 28 + (29 + 30)] + [31 + 32 + 33 + 34 + 35 + 36] + [(37 + 38) + 39 +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &40 + (41 + 42)] + [(43 + 44) + 45] + [46] \\
 &= [25 + 26 + 27 + 28 + (29 + 49)] + [31 + 42 + 33 + 50 + 51 + 51] + [(37 + 38) + (42 + 52) + (53 + 54) + (41 + 42)] + [(43 + 44) + 45] + [46]
 \end{aligned}$$

Dari hasil penentuan *cut set* diperoleh 21 *basic event* yang menjadi penyebab kecacatan pada cetakan telur puyuh dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3 Basic Event

| kode | Basic event | kode | Basic event |
|------|--|------|---|
| 25 | Adonan belum matang | 45 | Badan tidak fit |
| 26 | Penggunaan garam terlalu sedikit | 46 | Kurangnya ventilasi |
| 29 | Menggunakan aluminium bekas | 47 | Lubang siraman terlalu besar |
| 31 | Penuangan kurang tinggi | 48 | Adonan berada di luar tungku |
| 33 | Tidak memisahkan terak saat penuangan | 49 | Tidak memilah bahan baku dengan baik |
| 37 | Penggunaan blower yang kurang maksimal | 50 | Terlalu fokus penuangan |
| 38 | Lubang tungku yang terlalu besar | 51 | Bekerja tidak sesuai prosedur |
| 41 | Pemasangan kup tidak tepat | 52 | Tidak menepuk cetakan dasar terlebih dahulu |
| 42 | Kurang pengawasan | 53 | Pola kunci cetakan yang rumit |
| 43 | Dikejar target produksi | 54 | Kurang kosentrasi |
| 44 | Ingin cepat selesai | | |

7. Rencana perbaikan
 Dari data penentuan minimum *cut set* diketahui faktor-faktor apa saja yang bisa mempengaruhi terjadinya cacat produk

pada saat produksi berdasarkan hasil dari *fault tree analysis* sehingga langkah selanjutnya adalah membuat rencana perbaikan

Tabel 4 Rencana Perbaikan

| kode | Penyebab Cacat | Basic Event | Perbaikan |
|-------------|---------------------------------|---|---|
| 25 | Adonan kurang cair | Adonan belum matang | <ul style="list-style-type: none"> - Peleburan dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu selama 90 menit agar hasil peleburan maksimal - Melakukan pengawasan dan pengecekan pada saat melebur material |
| 26 | Alumunium mengandung kotoran | Penggunaan garam tidak sesuai atau kurang | <ul style="list-style-type: none"> - Mencampur garam sesuai dengan anjuran perusahaan yaitu sebanyak 2 sekop garam agar kotoran hasil peleburan dapat terangkat dari leburan alumunium dengan maksimal. |
| 29,49 | Tingkat karbon terlalu rendah | <ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan alumunium bekas - Tidak memilah bahan baku dengan baik | <ul style="list-style-type: none"> - Pencampuran alumunium yang murni dan bekas agar kadar karbon tidak rendah - Melakukan pemilahan material terlebih dahulu yang masih layak dipakai |
| 33 | Adonan mengandung terak | Tidak memisahkan terak saat penuangan | <ul style="list-style-type: none"> - Melakukan peyisihan lapisan terak pada permukaan adonan alumunium yang akan dipakai pada saat penuangan - Melakukan proses penuangan dengan dua pekerja pada saat beroperasi. |
| 37 | Suhu panas yang kurang | Penggunaan mesin blower yang kurang maksimal | <ul style="list-style-type: none"> - Penggunaan blower sesuai dengan anjuran dan instruksi perusahaan - Pengawasan secara beruntun pada mesin blower pada saat beroperasi |
| 38 | | Lubang tungku yang terlalu besar | <ul style="list-style-type: none"> - Meminimkan diameter lubang tungku agar panas pada tungku dapat terjaga - Buka lubang tungku hanya pada saat diperlukan |
| 41,42 | Saluran cetakan pasir terhambat | <ul style="list-style-type: none"> - Pemasangan kup tidak tepat - Kurang pengawasan | <ul style="list-style-type: none"> - Teliti dan kosentrsai dalam membuat cetakan agar tidak terjadi kesalahan - Melakukan pengawasan terhadap pekerja agar ketelitian dapat terjaga |
| 42 | Cetakan dasar mengandung pasir | Kurang pengawasan | <ul style="list-style-type: none"> - Melakukan pengawasan terhadap pekerja agar ketelitian dapat terjaga |
| | Penggunaan abu yang kurang | Kurangnya pengawasan | <ul style="list-style-type: none"> - Abu yang digunakan harus cukup agar adonan tidak menempel dengan pasir cetakan - Diperlukan perhatian yang lebih ketika membuat cetakan. |
| 43,44 | Terburu-buru | <ul style="list-style-type: none"> - Dikejar target produksi - Ingin cepat selesai | <ul style="list-style-type: none"> - Bekerja sesuai dengan waktu yang ditetapkan perusahaan - Bekerja sesuai dengan prosedur yang di tetapkan perusahaan - Hindari sikap kerja yang tidak diperlukan - Memberikan himbauan dan teguran tentang pedoman kerja yang ditetapkan perusahaan |
| 45 | Menurunnya kosentrasi | Badan kurang fit | <ul style="list-style-type: none"> - Sarapan sebelum bekerja - Konsumsi air yang cukup karena lingkungan kerja yang menguras cairan tubuh - Hindari begadang di malam hari agar istirahat tetap cukup |
| 46 | Lingkungan lembab dan basah | Kurangnya ventilasi | <ul style="list-style-type: none"> - Penambahan jendela dan ventilasi di daerah kerja agar udara dan cahaya matahari dapat memasuki ruang kerja. |
| 47 | Pasir terlalu basah | Lubang penyiraman terlalu besar | <ul style="list-style-type: none"> - Mengganti lubang penyiraman dengan yang lebih kecil agar proses penyiraman menjadi optimal. |

| | | | |
|-------|---------------------------------------|--|---|
| 48 | Adonan menggumpal | Adonan terlalu lama berada diluar tungku | <ul style="list-style-type: none"> - Tidak menuangkan adonan untuk lebih dari 4 cetakan produk berdasarkan anjuran yang diberikan perusahaan - Utamakan menuangkan adonan pada cetakan yang memiliki jarak lebih jauh dari tanur |
| 50 | Kurangnya penekanan pada cetakan | Terlalu fokus penuangan | <ul style="list-style-type: none"> - Melakukan penuangan dengan dua pekerja agar proses pencetakan menjadi lebih optimal. |
| 51 | Adonan belum mengeras secara sempurna | Bekerja tidak sesuai prosedur | <ul style="list-style-type: none"> - Pembongkaran harus sesuai dengan waktu yang dianjurkan perusahaan selama 10 menit setelah penuangan adonan alumnium cair - Bekerja sesuai prosedur yang dimiliki perusahaan agar hasil cetakan maksimal dan tidak terjadi cacat. |
| | Perkiraan yang tidak tepat | Bekerja tidak sesuai prosedur | <ul style="list-style-type: none"> - Melakukan penuangan alumnium sesuai dengan prosedur yang dimiliki perusahaan sebanyak 4 cetakan - Bekerja sesuai prosedur yang dimiliki perusahaan agar hasil cetakan maksimal dan tidak terjadi cacat. |
| 52 | Terdapat pasir pada cetakan dasar | Tidak menepuk cetakan terlebih dahulu | <ul style="list-style-type: none"> - Teliti dan konsentrasi pada saat membuat cetakan - Melakukan pengawasan pada pekerja agar ketelitian tetap terjaga |
| 53,54 | Cetakan pasir bergeser | - Pola kunci cetakan yang rumit | <ul style="list-style-type: none"> - Teliti dan konsentrasi pada saat membuat cetakan - Menganti atau menukar cetakan pasir dengan pola kunci yang lebih mudah |
| | | - Kurang konsentrasi | <ul style="list-style-type: none"> - Melakukan pengawasan terhadap pekerja agar ketelitian dapat terjaga. |

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian diketahui bahwa kecacatan pada proses produksi perusahaan berada diluar batas kendali kontrol berdasarkan analisis menggunakan peta kendali P sehingga diperlukan perbaikan pada proses produksi guna meminimalisir kecacatan.
2. Terdapat tiga jenis cacat yaitu bolong, pecah, dan bentuk tidak sempurna yang dipengaruhi oleh faktor-faktor yaitu manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan seperti :
 - a. Manusia yaitu tidak mengikuti prosedur dan menurunnya konsentrasi disebabkan ingin cepat selesai dan badan kurang fit.
 - b. Material yaitu pasir terlalu basah akibat penyiraman berlebihan, adonan yang menggumpal akibat suhu adonan menurun, tingkat karbon rendah akibat menggunakan alumnium bekas, kotoran alumnium terlalu banyak disebabkan kurangnya penambahan garam pada adonan dan adonan kurang cair disebabkan adona kurang matang.
 - c. Metode yaitu cairan tidak memenuhi rongga cetakan pasir akibat penuangan kurang tinggi, pasir bercampur adonan akibat penggunaan abu yang terlalu sedikit, pembongkaran terlalu dini dimana adona belum mengeras secara sempurna, adonan mengandung terak disebabkan tidak memisahkan terak pada adonan, tekanan yang kurang akibat tidak melakukan penekanan pada cetakan saat penuangan dan kurangnya adonan didalam cetakan disebabkan perkiraan pekerja yang tidak tepat.
 - d. Mesin yaitu suhu panas yang kurang maksimal disebabkan penggunaan blower yang tidak maksimal dan lubang tungku terlalu besar, pola cetakan tidak sesuai disebabkan terdapat pasir pada cetakan dasar, cetakan bergeser disebabkan pola kunci yang rumit, saluran cetakan terhambat disebabkan kesalahan pemasangan kup.
 - e. Lingkungan yaitu tempat kerja yang lembab dan basah disebabkan kurangnya ventilasi.
3. Dari faktor-faktor penyebab kecacatan yang telah diketahui dilakukan perbaikan sesuai dengan usulan perbaikan dari tabel

4 yang diajukan peneliti menurut *basic event* yang diketahui menggunakan *fault tree analysis*.

DAFTAR PUSTAKA

Besterfield, D. II. 1998. *Quality Control*. 5th Ed. New Jersey : Prentice Hall, Inc
Dewi,W. Dkk. 2015. *Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Statistical Quality Control (SQC) Produk Sepatu Pria Untuk Meminimumkan Produk Cacat Studi Kasus Pada CV. Valentino Shoes Kabupaten Bandung*. ISSN : 2460-6545
Gaspersz, V. 1998. *Statistical Process Control : Penerapan Teknik-Teknik Statistical*

Dalam Manajemen Bisnis Total. Jakarta : Gramedia Pustakan Utama.

Mitra, A. 1993 *Fundamentals Of Quality Control And Improvement*. Singapore : Mac Milan Publishing Co

Montgomery, D. C. 2009. *Introduction To Statistical Quality Control*. Sixth Edition. New York. N. Y. John Wiley And Sons : Arizona State University.

Rahayu. A. 2013. *Statistical Quality Control*, [diakses tanggal 17 September 2018, <https://socs.binus.ac.id/2013/07/23 />](https://socs.binus.ac.id/2013/07/23/).

PENGARUH INTENSITAS CAHAYA DAN TEMPERATUR TERHADAP SERAPAN ENERGI MATAHARI UNTUK PEMBANGKITAN DAYA LISTRIK DI KOTA PADANG

Mirzazoni^{1*}, Arnita², Indra Nisja³

^{1,2,3}Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

*e-mail: mirzazoni_ubh@yahoo.com

ABSTRACT

Renewable energy is an urgent needs due to the depletion of fossil energy sources. Renewable energy is in the form of solar energy, wind energy, ocean wave energy, bio energy and others. Solar energy is the most promising choice because the source is unlimited. The potential of solar energy is estimated to be 3×10^{24} Joules per year, which equivalent to 10,000 times the energy needs of the current worldwide. Indonesia is located in the equatorial region between 6° North Latitudes - 11° South Latitudes and 95° - 141° East Longitudes and has enormous solar energy potential. Every day Indonesia can get energy from 4.8 to 6.0 kWh / m². Meanwhile in West Sumatra the potential for renewable energy is around 11,230 MW including solar energy. The absorption of solar energy is influenced by the intensity of sunlight and ambient temperature. This research will identify the intensity of sunlight and environmental temperature on the absorption of solar energy in Padang city. The Padang city is geographically located at coordinates $0^\circ 56'$ South Latitudes to $100^\circ 22'$ East Longitudes, with the altitude of 1,853 meters above sea level. Based on the data, if the light intensity and temperature are increase then the absorption of voltage, current, and solar cell electricity will also increase. The highest voltage is 12.9 V, the light intensity is at 104,228 lux, the temperature is 34.88° , the peak point of the current is at 0.33 A. The maximum value is reached at 11:00 to 13:00 WIB (Western Indonesia Time). At that time, a linear relationship was seen between the increasing of light intensity, temperature, voltage, current and absorption.

Keywords: renewable energy, light intensity, temperature, electric power, solar cell.

INTISARI

Energi terbarukan menjadi kebutuhan yang mendesak akibat semakin menipisnya sumber energi fosil. Energi terbarukan berupa energi matahari, energi bayu, energi gelombang laut, bioenergi dan lain-lain. Energi matahari menjadi pilihan paling menjanjikan karena sumbernya tidak terbatas. Indonesia terletak di khatulistiwa antara 6° LU – 11° LS dan 95° BT – 141° BT dan memiliki potensi energi surya yang sangat besar. Setiap hari Indonesia dapat memperoleh energi sebesar 4,8-6,0 kWh/m². Sementara itu di Sumatera Barat potensi energi terbarukan sekitar 11.230 MW termasuk didalamnya energi matahari. Serapan energi matahari antara lain dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari dan temperatur lingkungan. Penelitian ini akan memperlihatkan hubungan intensitas cahaya matahari dan temperatur lingkungan terhadap serapan daya listrik solar cell di Kota Padang. Kota Padang secara geografis terletak pada koordinat $0^\circ 56'$ LS sampai $100^\circ 22'$ BT, ketinggian mencapai 1853 mdpl. Berdasarkan data jika intensitas cahaya dan suhu bertambah maka serapan tegangan, arus dan daya listrik solar cell akan bertambah. Tegangan tertinggi adalah 12,9 V, intensitas cahaya ada pada 104228 lux, temperatur $34,88^\circ$, titik puncak arus ada pada 0,33 A. nilai maksimum dicapai pada jam 11.00 sd 13.00 WIB. Pada jam tersebut terlihat hubungan yang linear antara pertambahan intensitas cahaya, suhu, tegangan, arus dan daya listrik solar

Kata Kunci: energi terbarukan, intensitas cahaya, temperatur, daya listrik, solar cell

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia menurut Kementerian ESDM diperkirakan naik 6,5% setiap tahun sampai pada tahun 2020 (M..Muchlis, 2003 dan Ichsan. 2013). Peningkatan ini sejalan dengan pertumbuhan

ekonomi nasional, pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan usaha kecil dan besar. Namun pertumbuhan ini tidak sebanding dengan makin menipisnya cadangan energi fosil.

Pemanfaatan sumber energi seharusnya sudah beralih ke sumber energi terbarukan (*renewable energy*) sebagai sumber energi alternatif (Nafeh, 2009). Energi alternatif dapat berupa energi baru dan energi terbarukan. Energi baru antara lain batu bara cair, gas metana batu bara, batu bara tergaskan, energi nuklir dan energi hidrogen. Energi terbarukan dapat berupa energi matahari, energi bayu, energi gelombang laut, panas bumi, bioenegi, dan mikrohidro. Energi matahari menjadi sumber energi penting karena memiliki potensi yang sangat besar, mudah dan tersedia sepanjang hari. Energi matahari yang diterima oleh bumi diperkirakan 3×10^{24} Joule pertahun. Potensi energi matahari diperkirakan menjapai 178×10^{15} W, jumlah ini setara dengan 20.000 kali kebutuhan energi dunia saat ini. Energi matahari tepat untuk digunakan pada negara yang terletak di khatulistiwa karena matahari bersinar sepanjang hari. Indonesia terletak di daerah khatulistiwa antara 6° LU – 11° LS dan 95° BT – 141° BT dan memiliki potensi energi surya sebesar $4,8-6,0 \text{ kWh/m}^2$ (Achmad, 2016 dan Hasyim, 2014)..

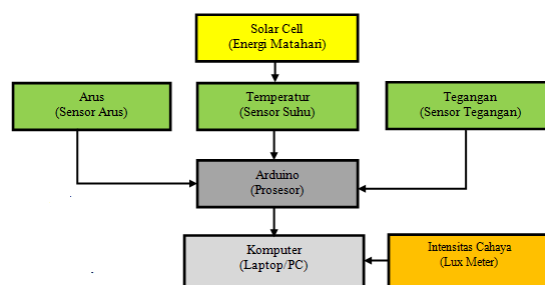
Sumatera Barat menurut data ESDM saat ini pembangkitan listrik tenaga baru terbarukan sekitar 280,86 MW atau 37,71% dan pembangkitan listrik tenaga fosil 62,29% atau sekitar 464 MW. Sedangkan potensi energi surya Sumatera Barat sebesar 11.230 MW.

Dalam pemanfaatan energi matahari ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kapasitas daya yang dihasilkan yaitu: intensitas cahaya matahari, temperatur lingkungan, radiasi energi matahari, kecepatan angin, keadaan atmosfer, orientasi sel surya dan letak geografis (Sri Kuniati 2013 dan Sukamngkol, dkk. 2002). Penelitian ini menghitung pengaruh intensitas energi matahari di kota Padang terhadap energi listrik. Kota Padang secara geografis terletak pada koordinat $0^{\circ} 56'$ LS sampai $100^{\circ} 22'$ BT, ketinggian mencapai 1853 mdpl. Intensitas cahaya matahari ini dikonversikan menjadi energi listrik dengan solar cell melalui sistem PLTS. Pembangunan PLTS memerlukan perencanaan yang matang, investasi yang besar dan tinjauan awal kapasitas energi matahari yang bisa dibangkitkan. Data awal ini penting untuk diketahui agar perencanaan pembangkitan PLTS dapat dilakukan dengan tepat. Berapa kapasitas pembangkitan energi listrik matahari sangat tergantung pada intensitas cahaya matahari, modul solar cell yang digunakan,

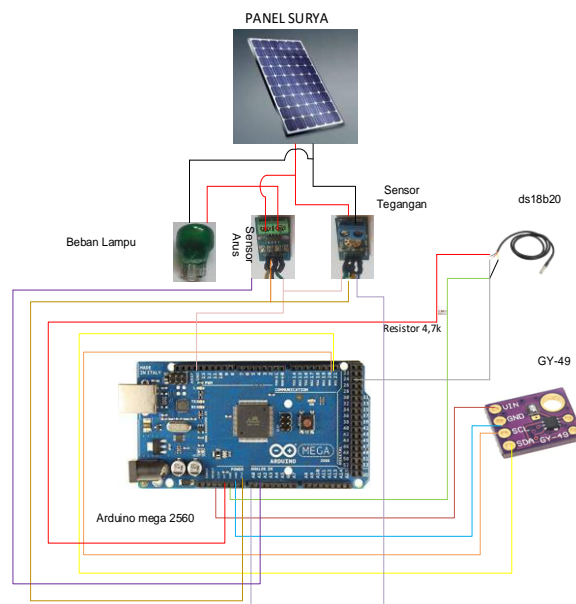
penyinaran matahari, suhu dan posisi pemasangan modul solar cell (Teguh, 2006).

Perancangan hardware

Hardware yang dirancang adalah rangkaian sensor intensitas cahaya (GY-49), sensor arus (ACS712), sensor tegangan (0-25V) dan sensor suhu (Ds18b20). Sensor arus dan tegangan terhubung ke modul solar sell 20 Wp sedangkan sensor intensitas cahaya dan suhu terhubung ke lingkungan (Vaishale, 2015). Untuk me-record data semua sensor terhubung ke arduino dan kemudian arduino dihubungkan dengan komputer. Rancangan hardware seperti Gambar 1



Gambar 1. Implementasi Hardware

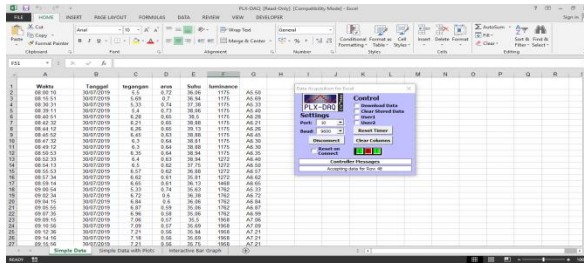


Gambar 2. Rangkaian Sistem

Software PLX-DAQ

Data yang diinginkan adalah data tagangan, arus, intensitas cahaya dan suhu yang dicatat pada waktu bersamaan sepanjang hari. Maka data-data tersebut yang diperoleh dari masing-masing sensor dicatat secara real times kemudian disimpan ke komputer (Wunlu, 2017). Dalam penelitian ini digunakan shoftware PLX-DAQ untuk mekonversi data pembacaan sensor-sensor ke komputer dalam

bentuk MS excel. Antarmuka hasil pembacaan PLX-DAQ seperti Gambar 3.



Gambar 3. Software PLX-DAQ

Data-data intensitas cahaya, suhu, tegangan dan arus yang sudah direcord setiap menit kemudian di seleksi menjadi data rata-rata setiap 30 menit. Dari data ini kemudian akan didapatkan hubungan antara intensitas cahaya dan suhu terhadap tegangan, arus dan daya listrik yang dihasilkan solar cell. Data ini kemudian menjadi acuan awal untuk Perencanaan Pembangkitan Listrik Tenaga Solarcell (PLTS) di Kota Padang

Pengukuran dan Pengambilan Data

Pengukuran dan pengambilan data dilakukan di kota Padang yaitu di Kampus III Universitas Bung Hatta pada tanggal 24 Juli sampai dengan 31 Juli 2019. Pengambilan data dalam satu minggu mulai dari jam 08.00 sampai 14.00. Menggunakan modul solar cell 20 Wp, dengan titik koordinat pengambilan data pada 0^o54'30.3" LS dan 100^o21'57.2" BT di Gedung D Laboratorium Teknik Elektro Kampus III Universitas Bung Hatta

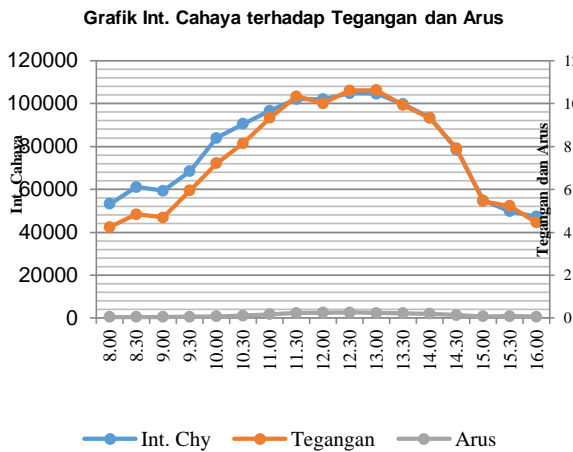
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran intensitas cahaya dan suhu terhadap tegangan dan arus yang dihasilkan solar cell selama seminggu kemudian dirata-ratakan. Hasil pengukuran direcord setiap menit kemudian diambil dirata-ratakan dalam durasi 30 menit. Data pengukuran suhu, intensitas cahaya matahari, tegangan dan arus solar cell yang disimpan melalui Msword excel dengan software PLX-DAQ untuk setiap 30 menit pencatat seperti Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran

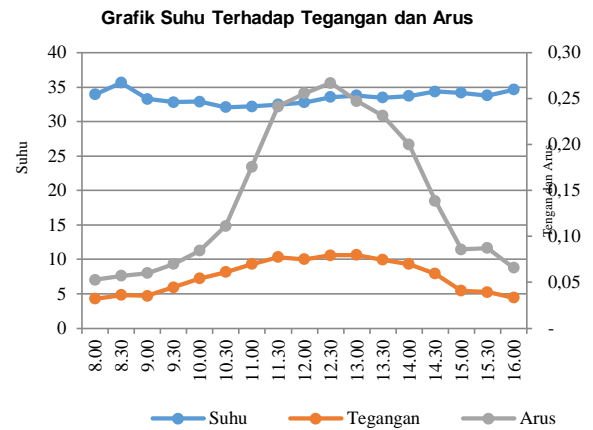
| Jam | Suhu (C) | Int. Chy (Lux) | Teg (V) | Arus (A) |
|-------|----------|----------------|---------|----------|
| 8:00 | 33.92 | 53256 | 4.26 | 0.05 |
| 8:30 | 35.64 | 61104 | 4.84 | 0.06 |
| 9:00 | 33.26 | 59331 | 4.69 | 0.06 |
| 9:30 | 32.83 | 68443 | 5.94 | 0.07 |
| 10:00 | 32.91 | 83971 | 7.22 | 0.08 |
| 10:30 | 32.06 | 90500 | 8.15 | 0.11 |
| 11:00 | 32.20 | 96600 | 9.33 | 0.18 |
| 11:30 | 32.47 | 102071 | 10.34 | 0.24 |
| 12:00 | 32.79 | 101943 | 10.01 | 0.26 |
| 12:30 | 33.54 | 104900 | 10.61 | 0.27 |
| 13:00 | 33.77 | 104629 | 10.62 | 0.25 |
| 13:30 | 33.47 | 99729 | 9.93 | 0.23 |
| 14:00 | 33.70 | 93400 | 9.32 | 0.20 |
| 14:30 | 34.37 | 78449 | 7.91 | 0.14 |
| 15:00 | 34.16 | 54816 | 5.45 | 0.09 |
| 15:30 | 33.77 | 49727 | 5.23 | 0.09 |
| 16:00 | 34.62 | 47240 | 4.45 | 0.07 |

Dari data dapat digambarkan hubungan antara intensitas cahaya dengan tegangan dan arus solar cell. Intensitas cahaya, tegangan dan arus listrik bertambah secara linier mulai dari jam 09.30 sampai 14.00, seperti Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Int. Cahaya Terhadap Tegangan dan Arus Solar Cell

Data suhu pada jam yang sama berpengaruh juga terhadap tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh solar cell. Seperti pada Gambar 5,

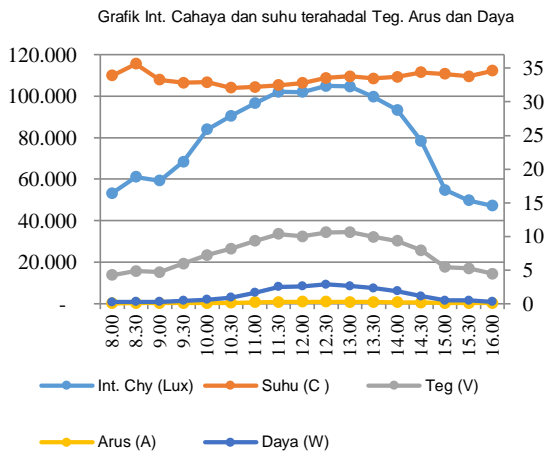


Gambar 5. Suhu terhadap tegangan dan arus solar cell

Berdasarkan data tegangan dan arus dapat dihitung daya listrik yang dihasilkan, dimana daya sama dengan perkalian tegangan dan arus yang dihasilkan solar cell. Hasil perhitungan serapan daya listrik untuk tiap 30 menit pengamatan berdasarkan data yang ada seperti Tabel 2. Hubungan intensitas cahaya dan suhu terhadap daya listrik berdasarkan data seperti pada Tabel 2 dapat dilihat seperti pada Gambar 6.

Tabel 2. Intensitas Cahaya Suhu dan Daya Solar Cell

| Jam | Int. Chy (Lux) | Suhu (C) | Daya (W) |
|-------|----------------|----------|----------|
| 8:00 | 53,255.71 | 33.92 | 0.23 |
| 8:30 | 61,104.29 | 35.64 | 0.28 |
| 9:00 | 59,331.43 | 33.26 | 0.28 |
| 9:30 | 68,442.86 | 32.83 | 0.42 |
| 10:00 | 83,971.43 | 32.91 | 0.61 |
| 10:30 | 90,500.00 | 32.06 | 0.91 |
| 11:00 | 96,600.00 | 32.20 | 1.64 |
| 11:30 | 102,071.43 | 32.47 | 2.50 |
| 12:00 | 101,942.86 | 32.79 | 2.56 |
| 12:30 | 104,900.00 | 33.54 | 2.83 |
| 13:00 | 104,628.57 | 33.77 | 2.62 |
| 13:30 | 99,728.57 | 33.47 | 2.30 |
| 14:00 | 93,400.00 | 33.70 | 1.86 |
| 14:30 | 78,448.57 | 34.37 | 1.10 |
| 15:00 | 54,815.71 | 34.16 | 0.47 |
| 15:30 | 49,727.14 | 33.77 | 0.46 |
| 16:00 | 47,240.00 | 34.62 | 0.29 |



Gambar 6. Grafik Intensitas Cahaya Suhu terhadap Tengan Arus dan Daya Listrik Solar Cell

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 serta Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6. Terlihat bahwa :

- Intensitas cahaya, suhu dan tegangan, arus dan daya listrik mencapai nilai optimal pada jam 11.00 sampai jam 13.00 WIB.
- Intensitas cahaya optimalnya adalah 96.600 sampai dengan 104.900 lux, suhu optimal adalah 32,2^oC sampai 32,7^oC, tegangan optimal adalah 9.33 V sampai 10,62 V, arus optimalnya adalah 0,18 sampai 0,27 A. Sedangkan Daya optimum pada jam 11.00 sampai dengan 13.00 adalah 1,64 W sampai 2,84 W
- Bertambahnya intensitas cahaya listrik dari 96.600 lux menjadi 104.900 lux akan menambah daya listrik solar cell dari 1,64 W menjadi 2,84 W. ini menunjukkan makin banyaknya foton yang dibawa sinar matahari dikonversikan menjadi energi listrik oleh solar cell.
- Daya listrik berbanding lurus dengan serapan intensitas cahaya listrik yang dicakupi oleh solar cell

KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan bahwa intensitas cahaya matahari berpengaruh secara linier pada serapan daya listrik solar cell. Karena tegangan dan arus listrik solar cell ditentukan seberapa banyak foton yang dicakupi oleh solar cell. Energi foton dipancarkan berdasarkan intensitas matahari yang mengenai permukaan solar cell.

Intensitas maksimum didapatkan adalah 104.900 lux pada suhu maksimum 33,70C,

menghasilkan tegangan maksimum 10,62 V, arus 0,27 A dan daya maksimum 2,84 W Intensitas cahaya, suhu dan daya listrik solar cell dihasilkan pada saat cahaya matahari optimal yaitu antara pukul 11.00 sampai 13.00 WIB

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Shodiqin dan Ahmad Yani. 2016. Analisa Charging Time Sistem Solar Cell Menggunakan Pencari Arah Sinar Matahari Yang Dilengkapi Dengan Pemfokus Cahaya". Universitas Tarunajaya Bontang. Bontang
- Hasyim Asy'ari, Dkk.2014. Pemanfaatan Solar Cell dengan PLN Sebagai Sumber Energi Listrik Rumah Tinggal". Universitas Muhamadiyah, Surakarta
- Ichsan. 2013.Peningkatan Suhu Modul Dan Daya Keluaran Panel Surya Dengan Menggunakan Reflektor" UIN Alauddin, Makassar.
- Moch.Muchlis. 2003. Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003 Sd 2020, PT. PLN Nafeh, A.E.A. 2009. Design and Economic Analysis of a Stand-Alone PV System to Electrify a Remote Area Household in Egypt". The Open Renewable Energi Journal 2 : 33-37.
- Sri Kuniati dan Sudirman. 2013. Analisis Efisiensi Keluaran Daya Solar Sel Berdasarkan Sudut Kemiringan. Universitas Nusa Cendana, Kupadng
- Teguh Utomo. 2006. Kajian Kelayakan Sistem Photovoltaik sebagai Pembangkit Daya Listrik Skala Rumah Tangga". Proceedings EECCIS. Universitas Brawijaya
- Vaishale Dash, Prabodh Bajpai, 2015. Power Manajement Control Strategi for a stand a lone solar photovoltaic-fuel-cell-battery hybrid system, Elsevier 68-80
- Wunlu Zhu, Min Wang, Zhongling Wang, 2017. Photoelectric Enggeneering of all-weather bifasial solar cell in the dork", Electrochemical Acta, vol. 254, 10 November 2017, 299-307
- Y.Sukamongkol, dkk. 2002. A Simulation Model for Predicting the Performance of A Solar Photovoltaic System With Alternating Current Loads". Renewable Energi, No. 27, pp. 237-258, 2002.

PENGARUH WAKTU, SUHU DAN KECEPATAN PENGADUKAN TERHADAP PROSES PENGAMBILAN TANNIN DARI PINANG

Murni Yuniwati¹, Kelvin Tanadi², Ganjar Andaka³, Bambang Kusmartono⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Sains & Teknolgi AKPRIND Yogyakarta
E-mail: murni@akprind.ac.id.

ABSTRACT

Areca nut (Areca Catechu L), is one of the plants that is widely used as medicine. This plant is said to be a versatile plant because starting from the leaves, stems, fibers, and seeds can be used. The leaves of these plants contain lots of essential oils, fruit seeds contain lots of tannins and alkaloids. Tannins are very important compounds in their use in the health and industrial fields, whereas alkaloids are usually used as tanners.

Intake of tannins from betel nuts can be done by extraction using solvents. Many factors affect the extraction process, including the type of solvent, solvent concentration, amount of solvent, time, temperature and stirring speed. This research will study the effect of time, temperature and stirring speed on the amount of tannin that can be extracted.

The study was conducted using 96% ethanol solvent. The process of taking tannins in this study was done by smoothing dried betel nuts and then adding a certain volume of ethanol solvent to a round bottom flask equipped with a stirrer, heated in a water bath with varying temperatures, stirring with stirring speed is varied, the process is carried out in the time varied to obtain maximum tannin. The extraction product is filtered to separate the solution from the solid, then the tannin is separated from the solvent by evaporation. The results are analyzed to find out the percentage of tannins that can be extracted.

Based on the results of this study using 50 areca nut powder with 250 ml of ethanol 96%, the optimal process conditions using extraction time of 2.5 hours, stirring speed of 500 rpm, and temperature of 60 ° C with a yield percentage of 0.8898%.

Keywords: areca nut, extraction, tannin and tannin levels

INTISARI

Pinang (*Areca Catechu L*), merupakan salah satu tanaman yang banyak dimanfaatkan sebagai obat. Tanaman ini dikatakan sebagai tanaman serbaguna karena mulai dari daun, batang, serabut, dan biji dapat dimanfaatkan. Daun tanaman tersebut banyak mengandung minyak atsiri, biji buahnya banyak mengandung tannin dan alkaloid. Tannin merupakan senyawa yang sangat penting penggunaannya dalam bidang kesehatan dan bidang industri, sedangkan alkaloid biasanya dimanfaatkan sebagai penyamak kulit.

Pengambilan tannin dari buah pinang dapat dilakukan dengan ekstraksi menggunakan pelarut. Banyak faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi antara lain jenis pelarut, konsentrasi pelarut, jumlah pelarut, waktu, suhu dan kecepatan pengadukan. Dalam penelitian ini akan dipelajari pengaruh waktu, suhu dan kecepatan pengadukan terhadap jumlah tannin yang dapat terekstrak.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan pelarut etanol 96% Proses pengambilan tannin dalam penelitian ini dilakukan dengan menghaluskan buah pinang yang sudah dikeringkan kemudian ditambahkan pelarut etanol dengan volume tertentu pada labu alas bulat yang dilengkapi dengan pengaduk, dipanaskan dalam *water bath* dengan suhu yang divariasikan, dilakukan pengadukan dengan kecepatan pengadukan divariasikan, proses dilakukan dalam waktu yang divariasikan untuk memperoleh tannin yang maksimal. Hasil ekstraksi disaring untuk memisahkan larutan dari padatnya, kemudian tannin dipisahkan dari pelarutnya dengan cara penguapan. Hasilnya dianalisis untuk mengetahui prosentase tannin yang dapat terekstrak.

Berdasarkan hasil penelitian ini dengan menggunakan 50 serbuk pinang dengan 250 ml etanol 96% diperoleh kondisi proses optimal menggunakan ekstraksi waktu 2,5 jam, kecepatan pengadukan 500 rpm, dan suhu 60°C dengan prosentase hasil sebesar 0,8898%.

Kata Kunci: biji pinang, ekstraksi, kadar tannin dan tannin

PENDAHULUAN

Pinang (*Areca Catechu L*), merupakan salah satu tanaman obat yang banyak

dimanfaatkan untuk tujuan komersial karena memiliki nilai ekonomis yang tinggi dalam berbagai bidang, hanya belum banyak

dikelola (Soepomo, T., 1994). Pinang dapat dimakan bersama sirih dan kapur, yang berkhasiat untuk menguatkan gigi. Air rebusan biji pinang juga digunakan sebagai obat kumur dan penguat gigi. Diduga bahwa tanaman pinang mengandung sejumlah komponen utama senyawa berbasis Selenium (Se) sebagai antibakteri. Hal tersebut dibuktikan dengan peranannya sebagai obat tradisional yang telah dimanfaatkan oleh masyarakat luas dalam hal Selenium. Komponen Selenium ini dapat dihasilkan melalui proses fermentasi konsorsium *Acetobacter Saccharomyces* (Bartholomew, 2010). Efek biologis dari Selenium awalnya hanya dipertimbangkan dari segi toksisitasnya saja. Sebagai mikro elemen, Selenium berperan dalam pertumbuhan, mengontrol metabolisme hormon tiroid dan testosteron, sebagai antioksidan Selenium mereduksi senyawa peroksida, sehingga menurunkan radikal bebas dalam tubuh dan menghambat timbul dan berkembangnya kanker (Linder, 1992).



Gambar 1. Buah Pinang

Biji pinang banyak mengandung beberapa komponen senyawa kimia yang sangat penting yaitu: Tannin, alkaloid, lemak, minyak atsiri, air dan sedikit gula. Tannin dapat diperoleh dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut air atau etanol karena tannin dapat larut dalam pelarut tersebut. Tannin merupakan senyawa yang sangat penting penggunaannya dalam bidang kesehatan dan bidang industri. (Suryadi, E., 1984).

Tannin adalah senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada beberapa tanaman. Tannin mampu mengikat protein, sehingga protein pada tanaman dapat resisten terhadap degradasi oleh enzim protease di dalam silo ataupun rumen (Kondo et al., 2004). Tannin selain mengikat protein juga bersifat melindungi protein dari

degradasi enzim mikroba maupun enzim protease pada tanaman (Oliveira et al., 2009), sehingga tannin sangat bermanfaat dalam menjaga kualitas silase. Tannin merupakan senyawa kimia yang tergolong dalam senyawa polifenol (Deaville et al., 2010). Tannin mempunyai kemampuan mengendapkan protein, karena tannin mengandung sejumlah kelompok ikatan fungsional yang kuat dengan molekul protein yang selanjutnya akan menghasilkan ikatan silang yang besar dan kompleks yaitu protein tannin. Tannin alami larut dalam air dan memberikan warna pada air, warna larutan tannin bervariasi dari warna terang sampai warna merah gelap atau coklat, karena setiap tannin memiliki warna yang khas tergantung sumbernya (Ahadi, 2003). Tannin pada tanaman diklasifikasikan sebagai tannin terhidrolisis dan tannin terkondensasi. Tannin terhidrolisis merupakan jenis tannin yang mempunyai struktur poliester yang mudah dihidrolisis oleh asam atau enzim, dan sebagai hasil hidrolisisnya adalah suatu asam polifenolat dan gula sederhana. Golongan tannin ini dapat dihidrolisis dengan asam, mineral panas dan enzim-enzim saluran pencernaan. Sedangkan tannin terkondensasi, yang sering disebut proantosianidin, merupakan polimer dari katekin dan epikatekin (Maldonado, 1994). Tannin yang tergolong tannin terkondensasi, banyak terdapat pada buah-buahan, biji-bijian dan tanaman pangan, sementara yang tergolong tannin terhidrolisis terdapat pada bahan non-pangan (Makkar, 1993), untuk lebih jelas struktur tannin dapat dilihat pada Gambar 1. Sifat utama tannin pada tanaman tergantung pada gugus fenolik-OH yang terkandung dalam tannin. Secara garis besar sifat tannin dapat dijabarkan sebagai berikut :

Kemampuan tannin untuk mengendapkan protein ini disebabkan tannin memiliki sejumlah group fungsional yang dapat membentuk kompleks kuat dengan molekul-molekul protein, oleh karena itu secara umum tannin dianggap sebagai anti-nutrisi yang merugikan. Ikatan antara tannin dan protein sangat kuat sehingga protein tidak mampu tercerna oleh saluran pencernaan. Pembentukan kompleks ini terjadi karena adanya ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik, dan ikatan kovalen antara kedua senyawa tersebut (Makkar, 1993).

Ikatan kovalen terbentuk apabila tannin telah mengalami oksidasi dan membentuk polimer quinon yang selanjutnya melalui reaksi adisi eliminasi atom N dari gugus asam amino protein menggantikan atom

oksigen dari senyawa poliquinon. Ikatan hidrogen yang terbentuk merupakan ikatan antara atom H yang polar dengan atom O baik dari protein (dari asam amino yang memiliki rantai samping non-polar) atau tannin (cincin benzena), adapun yang mendominasi kekuatan ikatan ini adalah ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik. Pembentukan ikatan antara tannin-protein dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu (1) karakteristik protein, seperti komposisi asam amino, struktur, titik isoelektrik dan bobot molekul, (2) karakteristik tannin, seperti berat molekul, struktur, dan heterogenitas tannin, (3) kondisi pereaksi, seperti pH, suhu, waktu, komposisi pelarut. Semakin rendah pH, jumlah tannin yang berinteraksi semakin kecil. Hal ini menunjukkan penurunan afinitas tannin terhadap protein untuk membentuk kompleks dikarenakan adanya efek elektrostatis dari protein, pada pH tinggi dimana group fenolhidroksil terionisasi maka tannin tidak berinteraksi dengan protein. Menurut Makkar (1993), keberadaan sejumlah gugus fungsional pada tannin akan menyebabkan terjadinya pengendapan protein, selain membentuk kompleks dengan protein bahan pangan, tannin juga berikatan dengan protein mukosa sehingga mempengaruhi daya penyerapan terhadap nutrisi.

Tannin dapat dipisahkan dari padatnya dengan metode ekstraksi. Secara tradisional digunakan air panas sebagai solven dan memerlukan waktu ekstraksi yang cukup lama. Untuk itulah perlu dikembangkan metode ekstraksi dengan solven alkohol yang bisa lebih efektif, dimana kelarutan tannin dalam alkohol cukup besar.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi proses yang optimal dalam ekstraksi tannin dalam buah pinang menggunakan pelarut etanol. Banyak faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi antara lain perbandingan bahan dan solven, konsentrasi etanol, waktu proses, suhu proses serta kecepatan pengadukan. Pada umumnya semakin besar konsentrasi pelarut semakin banyak *solute* yang dapat terekstrak. Maka dalam penelitian ini digunakan etanol teknis yang paling pekat yaitu etanol 96%, meskipun ada etanol dengan kadar lebih tinggi etanol p a (pro analyst) tetapi harganya sangat mahal dibanding etanol teknis. Jumlah pelarut yang semakin banyak akan dapat mengekstrak *solute* lebih banyak, namun semakin banyak pelarut semakin memerlukan proses yang lama dan perlu energi besar untuk memisahkan *solute* dari

pelarutnya, maka dalam penelitian ini digunakan perbandingan volume pelarut dengan berat bahan adalah 5:1. Yang akan dipelajari dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh waktu proses, kecepatan pengadukan dan suhu proses sehingga didapatkan tannin yang maksimal. Dengan cara optimasi kondisi proses tersebut akan dapat diperoleh kondisi yang optimal, untuk dapat menghasilkan ekstrak yang maksimal.

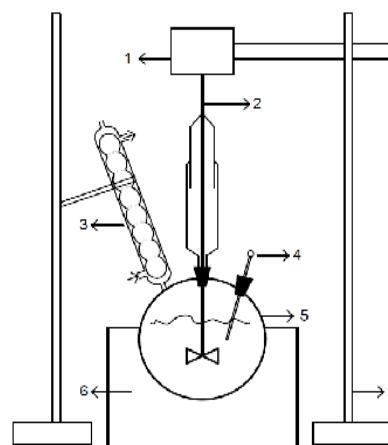
METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan baku ekstraksi biji pinang adalah biji pinang yang dibeli dari pasar bringharjo, dan pelarut menggunakan etanol 96 %, dan bahan untuk keperluan analisis hasil seperti $KMnO_4$, indigocarmine, dan aquades.

Alat Penelitian

Pada proses Ekstraksi Biji Pinang digunakan rangkaian alat yang digunakan sebagai berikut:



Keterangan:

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1. Motor Pengaduk | 5. Labu leher tiga |
| 2. Pengaduk Merkuri | 6. Water bath |
| 3. Pendingin Balik | 7. Statif |
| 4. Thermometer | |

Gambar 2 . Rangkaian Alat Ekstraksi

Cara Kerja

Tahap Preparasi Bahan Baku

Pinang yang akan diekstrak dibersihkan dari kotoran-kotoran yang melekat lalu dipotong-potong. Pinang yang telah dipotong selanjutnya dikeringkan, setelah pinang kering kemudian digiling lalu diayak menggunakan saringan dengan ukuran 50 mesh.

Tahap Proses Ekstraksi

Buah pinang dengan ukuran 50 mesh ditimbang 50 gram lalu dimasukkan pada labu leher tiga dan ditambahkan pelarut ethanol 96% sebanyak 250 mL dilakukan pengadukan dengan kecepatan pengadukan, suhu, dan waktu yang divariasikan hingga didapatkan tannin yang maksimal. Hasil ekstraksi lalu disaring (endapannya dibuang) dan dimasukkan ke alat evaporator untuk memisahkan solven ethanol hingga diperoleh ekstrak pinang yang kental. Ekstrak I pinang tersebut lalu dianalisis kadar tanninnya dengan metode titrasi volumetri.

Tahap Analisa kadar Tannin

Penetapan kadar tannin dilakukan dengan metode titrasi *volumetric*, seperti yang tercantum dalam *Analysis of Fruits and Vegetables Product* (Ranganna, S. 1977). Prosedur kerjanya sebagai berikut:

Ekstrak tannin sebanyak 20 mg dimasukkan kedalam erlenmeyer, dilarutkan dengan 7,5 mL aquadest yang telah dipanaskan kemudian ditambahkan 2 mL larutan indigocarmin. Kemudian dititrasi dengan larutan $KMnO_4$ hingga warna berubah dari biru berubah menjadi kuning emas.

Titrisasi blanko dilakukan dengan yaitu 2 mL larutan indigocarmin diencerkan sampai 7,5 mL dengan aquadest, kemudian lakukan titrasi seperti sebelumnya :

$$\text{Kadar Tannin} = \frac{(A-B) \times N \times 0,00416}{\text{gram sampel}} \times 100\%$$

Dimana :

A = mL titrasi larutan tannin

B = mL titrasi blanko

1 mL 0,1 N $KMnO_4 \approx 0,0042$ gram Tannin

Sedangkan untuk menghitung % hasil dapat dihitung dengan cara berikut :

$$\% \text{ hasil} = \left(\frac{\text{berat tannin}}{\text{berat pinang}} \right) \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh waktu terhadap kadar tannin

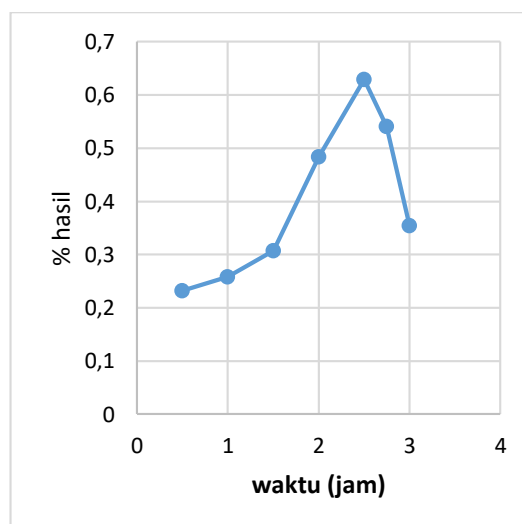
Untuk mempelajari pengaruh waktu terhadap kadar tannin dilakukan proses ekstraksi terhadap 50 gr serbuk pinang dengan pelarut etanol 96% sebanyak 250 mL suhu kamar ($30^\circ C$) dan kecepatan pengaduk 60 rpm. Untuk mengetahui besar kadar tannin yang dihasilkan dilakukan analisis kadar tannin dengan metode titrasi volumetrik.

Pengaruh waktu ekstraksi terhadap kadar tannin dapat dilihat di tabel 1 dan gambar 3.

Tabel 1. pengaruh waktu ekstraksi terhadap kadar tannin (suhu, $30^\circ C$, kecepatan pengadukan 60 rpm)

Dari tabel 1 dapat digambarkan grafik hubungan antara waktu ekstraksi terhadap % hasil adalah sebagai berikut:

| Waktu (jam) | Berat ekstrak (gr) | Kadar tannin % | Berat Tannin (gr) | % Hasil (%) |
|-------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------|
| 0.5 | 4,14 | 2.8063 | 0.1161 | 0.2322 |
| 1 | 4,2 | 3.0776 | 0.1292 | 0.2584 |
| 1.5 | 4,21 | 3.0468 | 0.1535 | 0.307 |
| 2 | 4,42 | 5.4743 | 0.2419 | 0.4838 |
| 2.5 | 4,06 | 6.3419 | 0.3145 | 0.629 |
| 2.75 | 4,56 | 5.8579 | 0.2704 | 0.5408 |
| 3 | 4,6 | 3.8897 | 0.1773 | 0.3546 |



Gambar 3. Grafik hubungan antara waktu ekstraksi terhadap % hasil

Berdasar tabel 1 dan gambar 3 dapat dilihat, semakin lama waktu yang digunakan untuk ekstraksi maka hasilnya akan semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu ekstraksi maka kesempatan kontak bahan dan pelarut semakin besar sehingga tannin akan semakin banyak terlarut ke dalam pelarutnya. Namun tannin dalam

larutan akan terus bertambah hingga titik puncak yang terlihat pada waktu 2,5 jam lalu turun akibat terlalu lama waktu ekstraksi dapat merusak tannin ataupun menguapkan tannin. Berdasarkan hasil didapat kondisi optimal waktu operasi 2,5 jam dengan % hasil 0,629%.

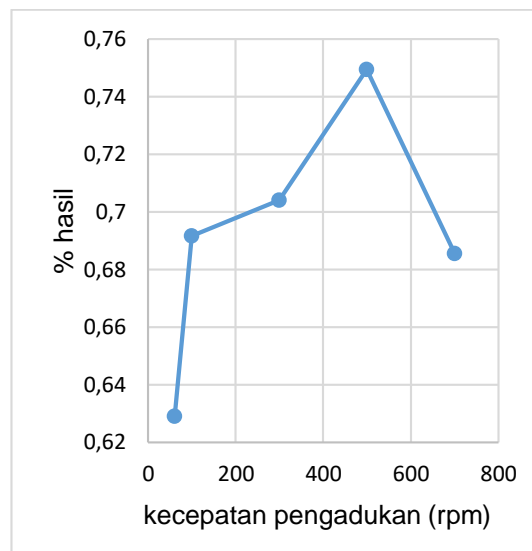
Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap kadar tannin

Untuk mempelajari pengaruh kecepatan pengadukan terhadap kadar tannin dilakukan proses ekstraksi dengan suhu kamar (30°C) dan waktu ekstraksi 2,5 jam. Untuk mengetahui besar kadar tannin yang dihasilkan dilakukan analisis kadar tannin dengan metode titrasi volumetrik. Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap kadar tannin dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 4.

Tabel 2. pengaruh kecepatan pengadukan terhadap kadar tannin (waktu 2,5 jam, suhu 30°C)

| Kecepatan pengaduk (rpm) | Berat ekstrak (gr) | Kadar tannin % | Berat Tannin (gr) | % Hasil (%) |
|--------------------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------|
| 60 | 4,06 | 6.3419 | 0.3145 | 0.629 |
| 100 | 5,35 | 6.4615 | 0.3458 | 0.6916 |
| 300 | 5,40 | 6.5196 | 0.352 | 0.704 |
| 500 | 5,52 | 6.7883 | 0.3747 | 0.7494 |
| 700 | 5,40 | 6.3998 | 0.3428 | 0.6856 |

Dari tabel 2 dapat digambarkan grafik hubungan antara kecepatan pengadukan terhadap % hasil adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik hubungan antara kecepatan pengadukan terhadap % hasil

Berdasar tabel 2 dan gambar 4 dapat dilihat, semakin besar kecepatan pengadukan yang digunakan untuk ekstraksi maka hasilnya akan semakin besar. Hal ini dikarenakan kecepatan pengadukan mengakibatkan turbulensi gerakan dalam larutan semakin besar sehingga tumbukan antara satu molekul dengan molekul yang lain (frekuensi tumbukan) akan semakin besar hal ini menyebabkan kontak antara padatan yang mengandung tannin dengan pelarutnya semakin baik. Namun apabila kecepatan pengadukan terlalu besar maka akan menyebabkan teradinya vortek yang mengakibatkan turbulensi dalam larutan rendah membuat gerakan partikel padatan dengan pelarut seperti hanya berputar bersama pelarut tanpa bertumbukan.

Berdasarkan hasil didapatkan kondisi optimal operasi pada kecepatan pengadukan 500rpm dengan % hasil 0,7494.

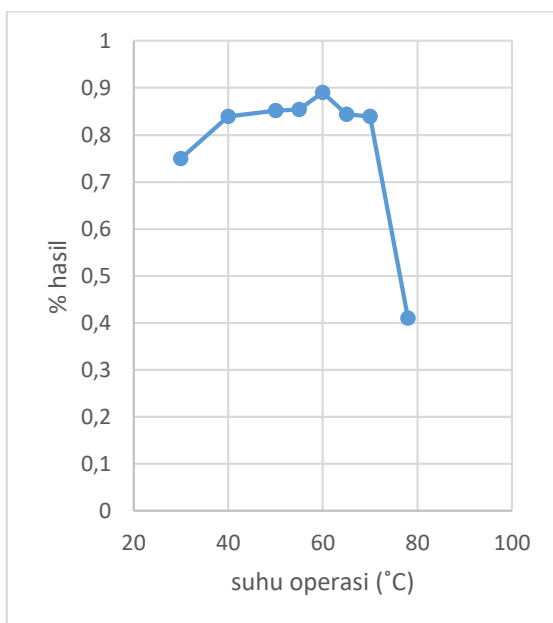
Pengaruh Suhu Operasi Terhadap Kadar Tannin

Untuk mempelajari pengaruh kecepatan pengadukan terhadap kadar tannin dilakukan proses ekstraksi dengan kecepatan pengadukan 500 rpm dan waktu ekstraksi 2,5 jam. Untuk mengetahui besar kadar tannin yang dihasilkan dilakukan analisis kadar tannin dengan metode titrasi volumetrik. Pengaruh suhu operasi terhadap kadar tannin dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 5.

Tabel 3 pengaruh suhu operasi terhadap kadar tannin(waktu 2,5 jam, kecepatan pengaduk 500rpm)

| Suhu | Berat ekstrak (gr) | Kadar tannin % | berat tannin (gr) | hasil(%) |
|------|--------------------|----------------|-------------------|----------|
| 30 | 5,52 | 6.7883 | 0.3747 | 0.7494 |
| 40 | 5,67 | 7.4046 | 0.4198 | 0.8396 |
| 50 | 5,08 | 7.04944 | 0.4257 | 0.8514 |
| 55 | 5,7 | 7.949 | 0.4271 | 0.8542 |
| 60 | 5,73 | 7.7658 | 0.4449 | 0.8898 |
| 65 | 5,7 | 7.4046 | 0.422 | 0.844 |
| 70 | 5,74 | 7.3143 | 0.4198 | 0.8396 |
| 78 | 2,84 | 7.3143 | 0.2048 | 0.4096 |

Dari Tabel 3 dapat digambarkan grafik hubungan antara suhu operasi terhadap % hasil adalah sebagai berikut:



Gambar 5 Grafik hubungan antara suhu operasi terhadap % hasil tannin.

Berdasar tabel 3 dan gambar 5 dapat dilihat, semakin tinggi suhu yang digunakan untuk ekstraksi maka hasilnya akan semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin

besarnya kelarutan tannin yang terekstrak semakin besar. Namun setelah mencapai titik optimalnya akan mengalami penurunan karena proses pemanasan yang berlangsung secara terus menerus menyebabkan tannin terhidrolisis menjadi glukosa dan asam tanat (Sukardi,dkk., 2007). Berdasarkan hasil didapatkan kondisi optimal operasi pada suhu 60°C dengan hasil 0,8898%.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin lama waktu yang digunakan untuk proses ekstraksi maka akan semakin banyak prosentase tannin yang terambil hingga 2,5 jam, jika lebih dari waktu tersebut prosentase hasil menurun.
2. Semakin besar kecepatan pengadukan yang digunakan maka akan membuat prosentase tannin yang terambil semakin banyak tapi bila kecepatan terlalu besar (lebih besar dari 500 rpm) maka dalam alat akan terbentuk vortek yang membuat tannin menjadi sulit untuk terekstrak.
3. Semakin besar suhu yang digunakan untuk melakukan ekstraksi maka akan semakin banyak tannin yang terambil, namun bila suhu operasi terlalu besar dapat membuat tannin rusak sehingga pengambilan tannin menjadi tidak optimal.
4. Kondisi operasi optimal yang didapat untuk memperoleh tannin terbanyak yaitu pada waktu 2,5 jam; kecepatan pengadukan 500 rpm, dan suhu 60°C dengan % hasil sebesar 0,8898%.

Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan dengan menggunakan cara ekstraksi yang berbeda untuk mendapatkan metode yang efektif untuk pengambilan tannin. Untuk mendapatkan kadar tannin dapat juga digunakan metode yang berbeda seperti menggunakan alat spektrofotometri.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahadi, M. R. 2003. Kandungan Tanin Terkondensasi dan Laju Dekomposisi pada Serasah Daun *Rhizospora mucronata* pada Ekosistem Tambak Tumpangsari, Purwakarta, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Bartholomew, L.K., Parcel, G.S., Kok, G., & Gottlieb, N.H. (2006) *Planning Health Promotion Program : An Intervention Mapping Approach*. San Francisco : John Wiley & Sons, Inc.

- Deaville, E. R., Givens, D. I. and Harvey, I. M. 2010. *Chesnut and Mimosa tannin silages: Effect in sheep differ for apparent digestibility, nitrogen utilization and losses*. Anim. Feed Sci. Technol. Page:157, 129-138.
- Kondo, M. ; Kita, K. ; Yokota, H., 2004. *Feeding value to goats of whole-crop oat ensiled with green tea waste*. Anim. Feed Sci. Technol.
- Maria C. Linder. 1992. *Nutritional Biochemistry and Metabolism*. California State University. Page: 165-170.
- Makkar, H. P. S. 1993. *Antinutritional Factor in Food for Livestock in Animal Producing in Developing Country*. British Society of Animal Production, London.
- Oliveira, F.R.A., Oliveira, F.A., Guimarães, I.P., Medeiros, J.F, Oliveira, M.K.T., Freitas, A.V.L., Medeiros, M.A., 2009, *Emergency of seedlings of Moringa oleifera Lam irrigated with water of different levels of salinity*. Biosci. J.
- Ranganna, S., 1977, *Manual Analysis Of Fruit And Vegetabel Product*, Mcgraw-Hill Book Company, New York.
- Soepomo T., Gembong. 1994. *Taksonomi Tumbuhan Obat*. Yokyakarta : Liberty.
- Sudarmadji. S., Haryono, B., Suhardi. 1996. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty Yogyakarta.
- Sukardi, Mulyarto A.R, Sadera W., 2007 *Optiasi Waktu Ekstraksi Terhadap Kandungan Taninn Pada Bubuk Ekstrak Dan Jambu Biji Serta Biaya Produksiny*, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang.

PERANCANGAN ULANG TATA LETAK FASILITAS PERUSAHAAN SANDAL HOTEL DENGAN METODE ARC UNTUK MENGURANGI WASTE

Muhammad Faishal¹, Muhammad Andrea Pratama²

^{1,2}Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, Indonesia

E-mail: muhammad.faishal@ie.uad.ac.id

ABSTRACT

The development of hotels and lodgings in Yogyakarta is currently overgrowing that causing competition for facilities between hotels and inns. This condition resulted in an increase in the number of requests to SME AZKA PRATAMA as a producer of sponge slippers for hotels. Layout production is contributing to increasing production. The company has a problem with the material flow in the form of waste of transfer time because of the flow distance from the warehouse too far to other departments. The measurement of glueing department and cup sealing department to the sol suture department is quite far of ± 50 m. Based on observations, the material move with a total distance of 1,437.90 m with a time of 249 seconds/frequency, which means 22.71% is used for the material transfer from the total production time. This study aims to find the right and good facility layout configuration to reduce the waste of material transfer time. The research method uses ARC and is simulated by Arena Software to analyze the amount of production from the proposed facility-layout layout. The results of this study received a proposed layout using the ARC method to change 13 departments to reduce waste. This change experienced a reduction in a total distance of 34.39% with saving time of transfer by 26.52% and an increase in production output by 4.19%.

Keywords: facility-layout, ARC, simulation.

INTISARI

Perkembangan hotel dan penginapan di Yogyakarta saat ini semakin banyak sehingga menyebabkan persaingan fasilitas antar penginapan. Kondisi ini menyebabkan naiknya jumlah permintaan pada UKM AZKA PRATAMA sebagai produsen sandal spon. Tata letak yang baik ikut berkontribusi meningkatkan jumlah produksi, akan tetapi perusahaan ini memiliki masalah pada aliran material berupa pemborosan waktu perpindahan karena jarak aliran dari gudang ke departemen pengukuran dan pengeleman serta departemen penjahitan *cup* ke departemen penjahitan sol cukup jauh ± 50 m. Berdasarkan observasi perpindahan material dengan jarak total 1.437,90 m dengan waktu 249 detik/frekusensi yang artinya 22,71% digunakan untuk perpindahan material dari total waktu produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mencari konfigurasi tata letak fasilitas yang tepat dan baik guna mengurangi pemborosan waktu perpindahan material. Metode penelitian menggunakan ARC serta disimulasikan dengan *Software Arena* untuk menganalisis jumlah produksi dari usulan tata letak fasilitas. Hasil penelitian ini mendapatkan usulan layout dengan metode ARC melakukan perubahan 13 departemen untuk mengurangi pemborosan. Perubahan ini mengalami pengurangan jarak total sebesar 34,39%, penghematan waktu perpindahan sebesar 26,52%, dan peningkatan output produksi sebesar 4,19%.

Kata Kunci: tata letak fasilitas, ARC, simulasi.

PENDAHULUAN

Pembangunan hotel dan penginapan akhir-akhir ini semakin banyak di Yogyakarta. Hal ini memungkinkan terjadinya persaingan pelayanan antar penginapan untuk membuktikan bahwa penginapan tersebut memiliki standar pelayanan yang memuaskan. Kualitas sandal spon yang bagus tentunya ikut memberi nilai tambah pada sebuah pelayanan di penginapan tersebut. Industri sandal spon berperan menjadi produsen dan penyuplai produk guna memenuhi permintaan diberbagai penginapan, kondisi ini mendorong perusahaan untuk memiliki strategi yang tepat dalam peningkatan

jumlah produksi serta melakukan efisiensi pada setiap kegiatan produksi. Tata letak yang baik dari segala fasilitas produksi dalam suatu pabrik adalah dasar untuk membuat operasi kerja menjadi lebih efektif dan efisien serta menjaga kesuksesan kerja suatu industri (Wignosoebroto, 2009). Efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya yang ada adalah prinsip yang ingin dijalankan oleh semua perusahaan baik manufaktur maupun jasa karena pemanfaatan sumber daya yang efisien akan menurunkan biaya dan waktu produksi. (Pranata & Wigati, 2016)

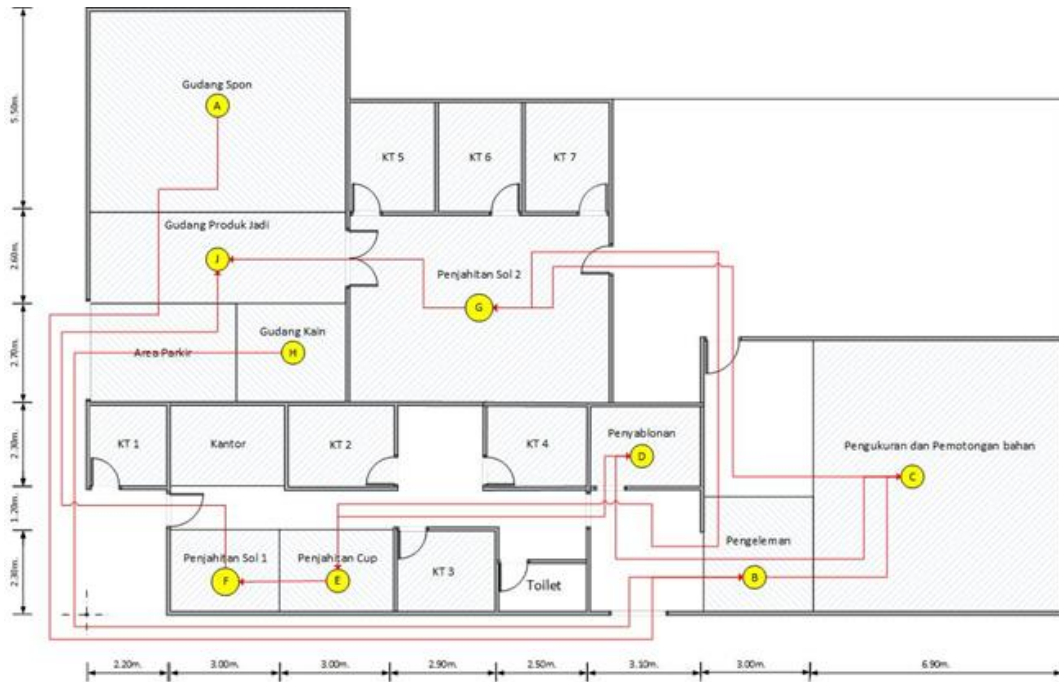
Usaha Kecil dan Menengah (UKM) AZKA PRATAMA merupakan perusahaan yang memproduksi sandal spon yang nyaman dan berkualitas. Produk sandal spon ini juga sering kali menjadi souve-nir di beberapa acara pernikahan. UKM AZKA PRATAMA berlokasi di Jalan Joho Blok VI No.26 RT 07/60 Condongcatur, Depok, Sleman, D.I.Yogyakarta. Sebagai berikut tahapan proses produksi spon awalnya bahan baku yaitu lembaran spon hati dan kain furing diambil dari gudang. Lembaran spon akan melalui proses pengeleman bersama kain furing menggunakan lem latex, setelah itu lembaran spon akan diukur dan dipotong memanjang. Potongan memanjang akan dicetak menjadi 2 bagian sandal (cup & sol) menggunakan mesin pon, bagian cup sandal akan disablon sesuai permintaan konsumen dan bagian tepi cup diberi list. Sementara itu, bagian sol berada diproses penjahitan akhir yang akan dijahit dengan bagian cup sandal yang sudah jadi.

Peningkatan jumlah penginapan tentunya ikut menaikkan jumlah permintaan UKM AZKA PRATAMA. Tata letak yang baik ikut berkontribusi meningkatkan jumlah produksi, akan tetapi perusahaan ini memiliki masalah pada aliran material berupa pemborosan waktu perpindahan karena jarak aliran dari gudang ke departemen pengukuran dan pengeleman serta departemen penjahitan cup ke departemen penjahitan sol cukup jauh ± 50 m. Aliran material mempunyai jarak total 1.437,90 m dengan waktu 249 detik/frekuensi yang artinya 22,71% digunakan untuk perpindahan material dari total waktu produksi. Oleh karena itu, diperlukannya perbaikan tata letak untuk mengurangi pemborosan menggunakan metode ARC serta disimulasikan dengan Software Arena untuk menganalisis jumlah produksi.

Metode ARC sering dinyatakan dalam penilaian "kualitatif" dan cenderung berdasarkan pertimbangan-pertimbangan yang bersifat subjektif. Peta ini digunakan untuk menunjukkan hubungan ket-erkaitan antar aktivitas beserta alasannya, sebagai informasi untuk menentukan perancangan daerah selanjutnya, dan lokasi kegiatan (Wignjosoebroto, 2009). *Software Arena* merupakan platform simulasi SIMAN yang berorientasi blok dan dilengkapi dengan penambahan banyak modul fungsional, visualisasi penuh struktur dan parameter model, analisis input dan output yang lebih baik, fasilitas kontrol dan animasi, dan pelaporan keluaran. Arena telah banyak digunakan baik di industri maupun akademisi (Altiok & Melamed, 2007).

Penelitian terdahulu terkait dengan perancangan tataletak fasilitas dilakukan oleh Primasari (2014) dengan metode ARC dan bantuan software CRAFT untuk menyelesaikan masalah tata letak di Rafi Furniture, diperoleh hasil jarak dan waktu perpindahan material yang minimal, peningkatan output serta minimasi total OMH. Kemudian Wahyuni dan Safitri (2014) dengan metode CRAFT dan bantuan software WinQSB V2.0, diperoleh hasil usulan perbaikan tata letak fasilitas dengan memindahkan area fasilitas sesuai dengan aliran proses pemindahan bahan. Penelitian yang lain dilakukan oleh Al Haq dan Antara (2015) dengan metode From-To Chart dan analisa ARC di running UA-FLP untuk menyelesaikan masalah tata letak di UD Supra Dinasti Denpasar, diperoleh hasil GMP dan usulan layout baru dari pemodelan UA-FLP yang mampu mengurangi jarak tempuh material. Sedangkan Ningtyas,dkk.(2015) dengan metode Grafik dan CRAFT, memperoleh hasil alternatif layout metode Grafik memberikan OMH paling minimum.

Yuliana,dkk (2016) dengan metode algoritma CRAFT menyelesaikan masalah tata letak di Gudang K-Store, Krakatau Junction. Diperoleh hasil pengurangan total jarak sebesar 15,65 m sehingga menjadi lebih optimal. Penelitian yang lain dilakukan oleh Pranata dan Wigati (2016) dengan metode ARC dan algoritma CRAFT dengan software WinQSB untuk menyelesaikan masalah tata letak di PT Mitra Presisi Plastindo. Diperoleh hasil desain tata letak baru yang lebih baik dengan total cost yang kecil. Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Faishal, dkk. (2017) dengan metode MULTIPLE dengan simulasi software ProModel 6.0 untuk menyelesaikan masalah tata letak di industri makanan. Diperoleh hasil skenario ke 2 dari 3 skenario perbaikan memberikan peningkatan terbesar dari yang lain walaupun membutuhkan investasi biaya yang lebih mahal. Menurut Iskandar dan Fahin (2017) dengan metode ARC dan ARD untuk menyelesaikan masalah tata letak di PT Mercedes-Benz Indonesia. Dan diperoleh hasil jarak dan biaya yang lebih efisien untuk digunakan proses produksi. Dan penelitian dilakukan oleh Dewa, dkk. (2018) dengan metode ARC, ARD dan simulasi software Flexsim Chart memperoleh hasil layout dengan menukar dan mendekatkan stasiun kerja sehingga terjadi penurunan OMH sebesar 38%.



Gambar 1. *Layout Existing*

Tahapan dari penelitian yang akan dilakukan yang akan dilakukan yaitu :

1. Studi pendahuluan
Studi ini meliputi observasi awal dan studi literatur yang dapat dijelaskan sebagai berikut :
2. Identifikasi Masalah
Tahap awal untuk mengamati kondisi riil yang terjadi di lapangan untuk mengetahui bagaimana sistem yang sedang berlangsung di perusahaan. Kemudian dilanjutkan dengan memahami permasalahan yang terjadi berdasarkan pengamatan yang dilakukan.
3. Perumusan Masalah
Hasil dari proses identifikasi masalah. Topik penelitian dan identifikasi masalah yang telah diperoleh, digunakan sebagai acuan dalam menentukan tingkat keberhasilan suatu penelitian.
4. Pengumpulan Data
Tahapan yang dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian, yang mendukung keberhasilan penelitian. Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah layout awal, luas area perusahaan, sistem produksi, diagram alir, urutan proses produksi, gaji karyawan, jadwal kerja karyawan, waktu produksi, waktu kelonggaran.
5. Pengolahan Data
Adapun tahapan dalam melakukan pengolahan data pada penelitian ini adalah

- Menghitung Kapasitas Produksi,
- Menghitung Frekuensi Perpindahan,
- Menghitung Jarak Antar Departemen,
- Menghitung Jarak Total, Pembuatan *From To Chart* (FTC), Menghitung Ongkos Material Handling (OMH), Menghitung Waktu Produksi. Sebelum melakukan simulasi dari hasil perbaikan tata letak diperlukan fitting data untuk mendapatkan jenis distribusi data yang tepat pada setiap waktu prosesnya. Data yang sudah diolah akan digunakan untuk melakukan perancangan tata letak fasilitas dengan metode ARC. Setelah itu dilakukan perancangan Layout Metode ARC. Perancangan ini untuk mendapatkan layout yang sesuai dengan urutan aliran bahan menurut derajat keterkaitan sehingga didapatkan layout sesuai urutan produksi.
6. Simulasi Layout
Model simulasi yang telah dirancang dan dikembangkan dapat menganalisis output produksi dari alternatif layout yang terpilih sehingga memudahkan untuk melihat perbaikan produksi saat dilakukan implementasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dibutuhkan untuk melakukan pengolahan data dengan metode ARC adalah layout perusahaan kondisi *existing* seperti yang terdapat pada Gambar 1.

1. Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi karyawan didapatkan dari jam kerja per hari dikurangi dengan waktu kelonggaran pekerja pada masing-masing departemen dibagi dengan waktu proses, kemudian dikali dengan hari kerja seperti pada Tabel 1.

| Kode Dept. | Kode Operator | Kapasitas |
|------------|---------------|-----------|
| B | Opt. 10 | 213 |
| | Opt. 11 | 230 |
| | Opt. 12 | 230 |
| C | Opt. 10 | 743 |
| | Opt. 11 | 795 |
| | Opt. 12 | 809 |
| D | Opt. 4 | 6989 |
| | Opt. 5 | 6809 |
| E | Opt. 9 | 11276 |
| F | Opt. 8 | 990 |
| G | Opt. 13 | 1027 |
| | Opt. 14 | 984 |
| | Opt. 15 | 1047 |
| | Opt. 16 | 1213 |
| | Opt. 17 | 1264 |
| | Opt. 18 | 1133 |

2. Frekuensi

Frekuensi perpindahan pada Tabel 2 ini didapatkan dari jumlah unit yang dipindah dibagi dengan kapasitas alat angkut. Jumlah unit yang dipindah didapatkan dari pengamatan pada perusahaan. Kapasitas alat angkut didapatkan dari hasil volume alat angkut dan volume unit yang dipindahkan (Ningtyas, Choiri, & Azlia, 2015).

| Dari | Ke | Kapasitas Produksi | Kapasitas Angkut | Frekuensi |
|------|----|--------------------|------------------|-----------|
| A | B | 673 | 30 | 23 |
| H | B | 673 | 100 | 7 |
| B | C | 5869 | 840 | 7 |
| C | D | 6900 | 600 | 12 |
| C | F | 990 | 320 | 4 |
| C | G | 6668 | 960 | 7 |
| D | E | 5638 | 520 | 11 |
| E | F | 990 | 320 | 4 |
| E | G | 6668 | 960 | 7 |
| F | J | 990 | 320 | 4 |
| G | J | 6668 | 900 | 8 |

3. Jarak Antar Departemen

Jarak antar departemen diukur dari titik pusat (center) departemen ke departemen berikutnya pada sumbu X dan Y (Wignjosebroto, 2009). Dari perhitungan titik pusat dapat dihitung jarak antar stasiun kerja.

Pada penelitian ini jarak antar stasiun kerja dihitung dengan rumus rectilinear.

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \quad (\text{Pers.1})$$

Perhitungan jarak antar departemen pada layout existing berdasarkan koordinat titik pusatnya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jarak Perpindahan Material

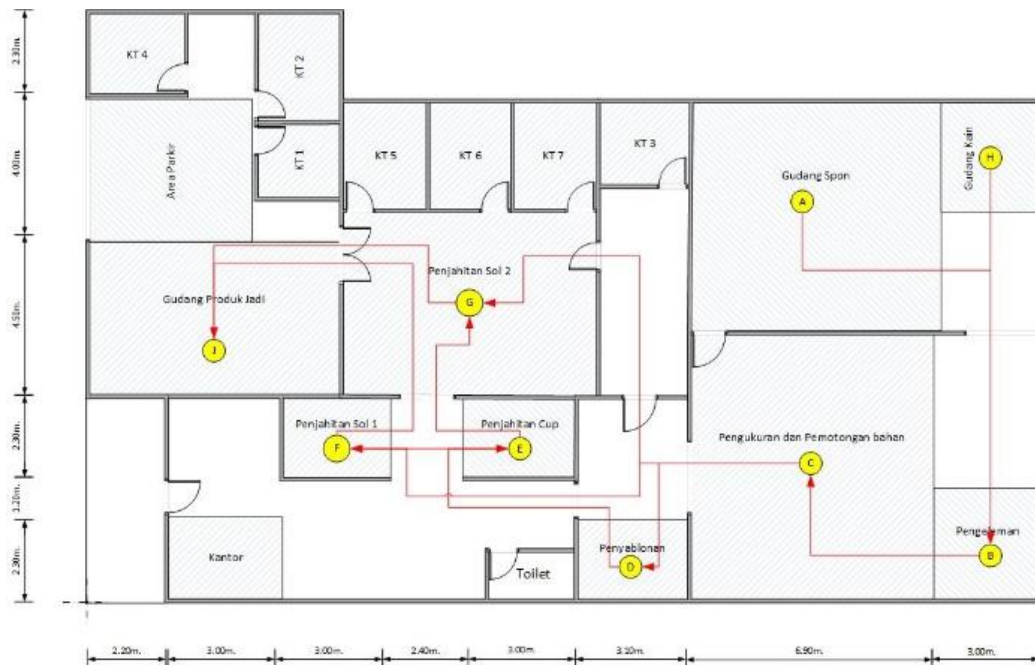
| Kode | Dari | Kode | Ke | Jarak (m) |
|------|-------------------------|------|-------------------------|-----------|
| A | Gudang Spon | B | Pengeleman | 26,95 |
| H | Gudang Kain | B | Pengeleman | 18,25 |
| B | Pengeleman | C | Pengukuran & Pemotongan | 7,10 |
| C | Pengukuran & Pemotongan | D | Penyablonan | 8,90 |
| C | Pengukuran & Pemotongan | F | Penjahitan Sol 1 | 22,05 |
| C | Pengukuran & Pemotongan | G | Penjahitan Sol 2 | 17,25 |
| D | Penyablonan | E | Penjahitan Cup | 11,95 |
| E | Penjahitan Cup | F | Penjahitan Sol 1 | 3 |
| E | Penjahitan Cup | G | Penjahitan Sol 2 | 11,20 |
| F | Penjahitan Sol 1 | J | Gudang Produk Jadi | 8,85 |
| G | Penjahitan Sol 2 | J | Gudang Produk Jadi | 8,45 |

4. Jarak Total Keseluruhan

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 2. tentang frekuensi perpindahan material dan Tabel 3. tentang jarak perpindahan material, maka dapat ditentukan jarak total yang ditempuh selama kegiatan proses produksi berlangsung. Jarak total keseluruhan pada layout existing sebesar 1.437,90 m.

Tabel 4. OMH per satuan Waktu

| Dari | Ke | Kode Operator | OMH/bln (Rp) |
|-----------|----|---------------|--------------|
| A | B | Opt. 10 | 61,333 |
| | | Opt. 11 | 118,650 |
| | | Opt. 12 | 118,650 |
| H | B | Opt. 10 | 17,230 |
| | | Opt. 11 | 33,333 |
| | | Opt. 12 | 33,333 |
| B | C | Opt. 10 | 2,512 |
| | | Opt. 11 | 4,861 |
| | | Opt. 12 | 4,861 |
| C | D | Opt. 4 | 16,370 |
| | | Opt. 5 | 8,666 |
| | | Opt. 8 | 4,583 |
| C | G | Opt. 16 | |
| | | Opt. 17 | 27,353 |
| | | Opt. 18 | |
| D | E | Opt. 9 | 5,500 |
| E | F | Opt. 8 | 625 |
| E | G | Opt. 16 | |
| | | Opt. 17 | 45,953 |
| | | Opt. 18 | |
| F | J | Opt. 8 | 3,750 |
| G | J | Opt. 13 | |
| | | Opt. 14 | 14,705 |
| | | Opt. 15 | |
| Total OMH | | | 522,268 |



Gambar 3. Usulan Layout Metode ARC

5. Ongkos Material Handling (OMH)

Ongkos material handling (OMH) ini menggunakan per satuan waktu karena perusahaan tidak memberikan upah untuk aktivitas pemindahan material yang terjadi. Hasil OMH per bulan pada layout existing disajikan pada Tabel 4.

6. Perancangan Layout Metode ARC

Perancangan layout metode ARC pada UKM AZKA PRATAMA ini menggunakan penentuan alasan penetapan derajat hubungan yang berasal dari wawancara dan pengamatan pada kondisi tata letak fasilitas yang akan diatur. Peta hubungan aktivitas dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Activity Relationship Chart (ARC)

Dari ARC dapat diketahui bahwa metode ini melakukan 13 perubahan untuk mengurangi pemborosan. Perubahan tersebut terjadi pada gudang spon dan gudang kain berpindah ke area belakang karena harus berdekatan dengan departemen pengukuran dan pemotongan bahan, departemen pengukuran dan pemotongan bahan bertukar posisi dengan departemen pengeleman untuk mengurangi gangguan kerja akibat proses penyemprotan lem latex, departemen penyablonan bergeser untuk pembuatan akses jalan, departemen penjahitan cup dan penjahitan sol 1 harus didekatkan dengan departemen penjahitan sol 2, dan area kamar menjadi 1 wilayah berdekatan dengan area parkir sehingga mempermudah beraktivitas. Layout metode ARC dapat dilihat pada Gambar 3.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|---|------|---|-------|---|---|-----|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| I. Gudang Spon | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| II. Pengeleman | 1,8 | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| III. Pengukuran & Pemotongan Spon | 1,2,4 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IV. Penyablonan | 1,2,5 | U | 3 | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V. Penjahitan Cup | 1,8 | U | 13,7 | I | 3,7,8 | I | 5 | U | | | | | | | | | | | | |
| VI. Penjahitan Sol 1 | 1,2,5,6 | A | | U | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VII. Penjahitan Sol 2 | 2,5,6,7,8 | U | 4 | U | | U | 8 | X | 3 | X | | | | | | | | | | |
| VIII. Gudang Kain | U | U | | U | | | 1 | 3,8 | X | 3 | | | | | | | | | | |
| IX. Area Parkir | U | U | | E | | | 2 | X | 3 | | | | | | | | | | | |
| X. Gudang Produk Jadi | U | U | | E | 12,4 | U | | U | 3 | | | | | | | | | | | |
| XI. Kantor | U | U | | U | | | | | | | | | | | | | | | | |
| XII. Kamar Tidur | U | U | | U | | | | | | | | | | | | | | | | |

Jarak Total Usulan Layout

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 2. tentang frekuensi perpindahan material dan jarak perpindahan material yang baru, maka dapat ditentukan jarak total yang ditempuh selama kegiatan proses produksi berlangsung. Jarak total keseluruhan pada usulan layout metode ARC sebesar 943,45 m yang artinya mengalami penghematan jarak sebesar 34,39 %.

Ongkos Material Handling Usulan

Perhitungan biaya ongkos material handling (OMH) pada desain tata letak fasilitas hasil metode ARC menggunakan parameter kecepatan operator saat pemindahan material dari layout existing, sehingga waktu perpindahan material dari usulan desain tata letak yang baru dapat ditentukan. Tabel 5. menyajikan kecepatan perpindahan material pada layout existing.

Tabel 5. Kecepatan Perpindahan Material

| Dari | Ke | Jarak (m) | Waktu (s) | Kecepatan (m/s) |
|------|----|-----------|-----------|-----------------|
| A | B | 26,95 | 52 | 0,52 |
| H | B | 18,25 | 48 | 0,38 |
| B | C | 7,10 | 7 | 1,01 |
| C | D | 8,90 | 13 | 0,68 |
| C | F | 22,05 | 22 | 1 |
| C | G | 17,25 | 25 | 0,69 |
| D | E | 11,95 | 9 | 1,33 |
| E | F | 3 | 3 | 1 |
| E | G | 11,20 | 42 | 0,27 |
| F | J | 8,85 | 18 | 0,49 |
| G | J | 8,45 | 10 | 0,85 |

Berdasarkan data dari Tabel 5. tentang kecepatan perpindahan material dan jarak perpindahan material antar departemen yang baru, menyebabkan penghematan waktu perpindahan. Perhitungan waktu perpindahan ini menggunakan parameter kecepatan operator saat pemindahan material sehingga usulan layout metode ARC mengalami penghematan waktu sebesar 26,52%, sehingga Total OMH per bulan sebesar Rp 301.576,53 atau mengalami penghematan 42,26%

7. Simulasi Layout

Hasil usulan layout dari pengolahan dengan metode ARC selanjutnya akan dilakukan simulasi menggunakan software ARENA sehingga memudahkan untuk melihat perbaikan produksi saat dilakukan implementasi. Diperoleh hasil Peningkatan output dari masing-masing metode. Peningkatan terjadi pada usulan layout dengan metode ARC sebesar 4,19%.

8. Biaya Renovasi

Rincian biaya renovasi ini merupakan asumsi dan kisaran harga pada tahun 2018, adapun biaya yang harus dikeluarkan untuk pembuatan dinding sebesar Rp 279.000,-/meter, biaya yang harus dikeluarkan untuk pembongkaran dinding sebesar Rp 100.000,-/hari, biaya yang harus dikeluarkan untuk pembuatan atap sebesar Rp 250.000,-/m², serta biaya untuk 2 orang tenaga kerja bangunan sebesar Rp 180.000,-/hari. Pengerjaan renovasi layout akan memakan waktu 2 minggu pada setiap

usulan layout, sehingga total biaya renovasi yang harus dikeluarkan untuk perbaikan tata letak fasilitas dari usulan layout tersebut sebesar Rp 31.428.900,-.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa perancangan tata letak fasilitas yang diusulkan kepada UKM AZKA PRATAMA untuk menyelesaikan masalah aliran perpindahan material yang mengalami pemborosan yaitu dengan mengimplementasikan usulan layout ARC untuk produksi kedua jenis sandal. Berdasarkan metode ARC, untuk mengurangi pemborosan perlu melakukan 13 perubahan, gudang spon dan gudang kain berpindah ke area belakang karena harus berdekatan dengan departemen pengukuran dan pemotongan bahan, departemen pengukuran dan pemotongan bahan bertukar posisi dengan departemen pengeleman untuk mengurangi gangguan kerja akibat proses penyemprotan lem latex, departemen penyablonan bergeser untuk pembuatan akses jalan, departemen penjahitan cup dan penjahitan sol 1 harus didek-atkan dengan departemen penjahitan sol 2, dan area kamar menjadi 1 wilayah berdekatan dengan area parkir sehingga mempermudah beraktivitas. Perubahan layout metode ARC ini dapat menghemat total jarak secara keseluruhan proses produksi sebesar 34,39% dan penghematan waktu sebesar 26,52% dengan peningkatan produksi sebesar 3,75%. Usulan layout metode ARC merupakan pendapat dari karyawan melalui kuisioner dan pemanfaatan lahan kosong milik perusahaan disekitar lokasi pabrik, sehingga menurut karyawan dirasa lebih nyaman namun memerlukan biaya yang cukup tinggi untuk mengimplementasikannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Altiok, T., & Melamed, B. (2007). *Simulation Modeling and Analysis with ARENA*. USA: Elsevier.
- Arifin, M. (2009). *SIMULASI SISTEM INDUSTRI*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- CAH. (2018, April Minggu). Okupansi Hotel di Yogyakarta Capai 100 Persen. Retrieved from BERITA SATU: <https://www.beritasatu.com/satu/486015-okupansi-hotel-di-yogyakarta-capai-100-persen.html>
- Dewa, K. B., Mulia, A., & Yunitasari, D. P. (2018). Perancangan Tata Letak dan Fasilitas Menggunakan Metode Simulasi Untuk Meminimasi Biaya Material Handling. *Seminar Nasional IENACO*, 295-300.

- Djunaidi, M., Nugroho, M. T., & Anton, J. (2006). Simulasi Group Technology System Untuk Meminimalkan Biaya Material Handling Dengan Metode Heuristic. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri* Vol. 4 (3), 129-138.
- Ekoanindiyo, F. A., & Wedana, Y. A. (2012). Perencanaan Tata Letak Gudang Menggunakan Metode Shared Storage di Pabrik Plastik Kota Semarang . *Dinamika Teknik* Vol. VI (1), 46-57.
- Faishal, M., Saptari, A., & Asih, H. M. (2017). Relayot Planning to Reduce Waste in Food Industry Through Simulation Approach. *AsiaSim 2017*, 496-508.
- Hadiguna, R. A., & Setiawan, H. (2008). *Tata Letak Pabrik*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Haq, Z. A., & Antara, N. S. (2015). Perancangan Tata Letak Ulang (Relayot) Pabrik Terhadap Tingkat Produksi Produk Bakso Ayam. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian UNUD*, 80-90.
- Hasan, M. I. (2002). *Pokok-pokok Materi : Teori Pengambilan Keputusan*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Industri, T. A. (2017). *Petunjuk Praktikum Simulasi Sistem Industri*. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan.
- Iskandar, N. M., & Fahrin, I. S. (2017). Perancangan Tata Letak Fasilitas Ulang (Relayot) Untuk Produksi Truk di Gedung Commercial Vehicle (CV) PT MERCEDES-BENZ INDONESIA. *Jurnal PASTI* Vol. XI (1), 66-75.
- Maheswari, H., & Firdauzy, A. D. (2015). Evaluasi Tata Letak Fasilitas Produksi Untuk Meningkatkan Efisiensi Kerja Pada PT Nusa Multilaksana. *Jurnal Ilmiah Manajemen dan Bisnis*, Vol. 1 No. 3.
- Ningtyas, A. N., Choiri, M., & Azlia, W. (2015). Perencanaan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi Dengan Metode Grafik Dan CRAFT Untuk Minimasi Ongkos Material Handling. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri* Vol. 3 (3), 495-504.
- Nurhasanah, N., Haidar, F. Z., Hidayat, S., Hasanati, N., Listianingsih, A. P., & Agustini, D. U. (2014). Penjadwalan Produksi Industri Garmen Dengan Simulasi Flexsim. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol. 2 No. 3, 141-148.
- Pranata, B. T., & Wigati, S. S. (2016). Perancangan Tata Letak Fasilitas Produksi PT Mitra Presisi Plastindo. *Seminar Nasional IENACO*, 186-1192.
- Primasari, I. A. (2014). Studi Kelayakan Usulan Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas. *Prosiding Seminar Nasional Hasil-hasil Penelitian dan Pengabdian LPPM UMP*, 173-182.
- Purnomo, H. (2004). *Perencanaan dan Perancangan Fasilitas*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rudianto. (2010). *Usulan Penataan Ulang Tata Letak Fasilitas operasi Untuk Meminimalkan Biaya Material Handling Pada Proses Produksi Di Perusahaan Bakpia Pathok 25 Yogyakarta*. Yogyakarta: UAD.
- Studio, R. D. (2018, September Sabtu). *Biaya Bangun Kamar 3x3 Meter Sederhana*. Retrieved from RH Desain Studio: <https://rhdesainstudio.com/biaya-bangun-kamar-3x3-meter-sederhana/>
- Sutalaksana, I. Z. (2006). *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: ITB Bandung.
- Usup, S. (2007). Peningkatan Produktivitas Perusahaan Melalui Evaluasi Tata Letak Fasilitas Kerja Pada Departemen Produksi Dengan Metode Activity Relationship Chart [ARC] Dan Computerized Relatif Allocation Facilities Technique [Craft] . Yogyakarta: UAD.
- Wahyuni, R. S., & Safitri, A. A. (2014). Metode CRAFT Berbantuan Perangkat Lunak WinQsb Untuk Usulan Perbaikan Tata Letak Fasilitas V2.0 Pada Industri Dompot CV. X. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa* Vol. 19 (3), 15-23.
- Wignjosebroto, S. (2009). *Tata Letak Pabrik dan Pemindehan Bahan*. Surabaya: Guna Widya.
- Yohanes, A. (2011). Perencanaan Ulang Tata Letak Fasilitas di Lantai Produksi Produk Teh Hijau Dengan Metode From-To Chart Untuk Meminimumkan Material Handling di PT RUMPUN SARI MEDINI. *Dinamika Teknik* Vol. V (1), 59-71.
- Yuliana, L., Febrianti, E., & Herlina, L. (2016). Usulan Perbaikan Tata Letak Gudang dengan Menggunakan Metode CRAFT. *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 4 No. 2.

PERANCANGAN ALAT PANGGANGAN OTOMATIS MENGGUNAKAN METODE QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)

Suseno¹, Tadeus Theodossy Tigang Huvat²

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Teknologi Yogyakarta

Email: suseno@uty.ac.id¹, Tadeustigang13@gmail.com²

ABSTRACT

The grilled meat production activities at Micro, Small and Medium Enterprises (MSMEs) food stalls used the manual meat grill around the city of Yogyakarta could processed meat 50 kg to 80 kg in a day, the number of orders sometimes increased to 100 kg more and sometimes MSMEs refused the order. The lack of production was due to the manual meat grill used to grill 4 kg meat only, it took 25 minutes so that it was less efficient in the amount of production and standard production time. The design of this automatic meat grill aimed to facilitate employees in the production process so that standard time became more effective and production targets in each MSMEs could be achieved. This research used the Quality Function Deployment (QFD) method. QFD was a method used to determine the priority needs and desire of consumers and classify them, QFD could be used both at companies or MSMEs that offer products or services. In this research, the QFD method used to determine the level of needs and interests required by production employees at MSMEs food stalls regarding the meat grill used. After analyzing the needs of employees used the QFD method, the designed meat grill selection was in accordance with the Voice of Customer (VoC) needs by considering the importance of attributes such as: Safe Tool Design (A1), Ease of Use (A2), Practical Tool Dimensions (A3), Tool Component Resistance (A4), Tool Raw Material Resistance (A5), and Environmentally friendly (A6). The proposed meat grill that have been designed according to the importance of attributes affected the amount of production produced to increase. In the 4 kg grilling process of meat with a meat grill that has been designed it took 14 minutes.

Keywords: Design, Quality Function Deployment, Meat Grill

INTISARI

Kegiatan produksi daging panggang pada UMKM warung makan dengan penggunaan alat Panggang manual yang berada di kota Yogyakarta dalam sehari dapat memproduksi 50 kg sampai 80 kg daging panggang, jumlah pesanan terkadang meningkat hingga 100 kg atau lebih hingga terkadang UMKM menolak pesmesanan tersebut. Kurangnya produksi dikarenakan alat panggang yang digunakan untuk 4 kg daging saja dibutuhkan waktu 25 menit sehingga kurang efisien dalam jumlah produksi dan waktu baku produksi. Perancangan alat panggang daging otomatis ini bertujuan untuk memudahkan karyawan dalam proses produksi sehingga waktu baku menjadi lebih efektif dan target produksi disetiap UMKM dapat tercapai. Dalam penelitian ini digunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). QFD merupakan metode yang digunakan untuk menentukan prioritas kebutuhan dan keinginan konsumen serta mengelompokkannya, QFD dapat digunakan baik pada perusahaan atau UMKM yang menawarkan produk ataupun jasa. Dalam penelitian ini metode QFD digunakan untuk mengetahui tingkat kebutuhan dan kepentingan yang diperlukan oleh para karyawan produksi di UMKM warung makan mengenai alat panggang daging yang dipakai saat ini. Setelah dilakukan tahapan analisis kebutuhan karyawan menggunakan metode QFD, pemilihan alat panggang daging yang dirancang dan desain yaitu sesuai dengan kebutuhan *Voice of Customer* (VoC) dengan mempertimbangan kepentingan atribut yaitu Rancangan Alat Aman (A1), Mudah Digunakan(A2), Dimensi Alat Praktis (A3), Ketahanan Bagian Alat, (A4) Ketahanan Bahan Baku (A5), dan Ramah lingkungan (A6). Alat usulan yang sudah dirancang sesuai kepentingan atribut mempengaruhi jumlah produksi yang dihasilkan menjadi meningkat. Dalam proses bakaran 4 kg daging dengan alat yang telah dirancang dibutuhkan waktu 14 menit.

Kata kunci: Perancangan, *Quality Function Deployment*, Alat Panggang Daging

PENDAHULUAN

Yogyakarta merupakan salah satu kota dengan komoditas Usaha Micro Kecil Menengah yang selanjutnya disebut UMKM teknologi memotivasi untuk berusaha mengatasi masalah yang timbul disekitarnya.

Selama ini dalam UMKM rumah makan jenis olahan makanan panggang antrean dalam menunggu pesanan makanan masih belum optimal karena dalam proses pengolahan panggang daging membutuhkan waktu sekitar 15-20 menit, Penyajian 5-10 menit.

Kegiatan proses produksi daging pangangan dalam satu hari dapat memproses daging panggang 50 kg sampai 80 kg, jumlah pesanan terkadang meningkat hingga 100 kg lebih dan terkadang UMKM menolak pesanan tersebut. Minimnya produksi dikarenakan alat manual yang digunakan untuk pangangan 4 kg daging saja dibutuhkan waktu 25 menit sehingga kurang efisien dalam jumlah produksi dan waktu baku produksi.

Perancangan alat pangangan ini dikhususkan untuk mempercepat waktu proses panggang, meningkatkan kapasitas produksi pangangan, dan mempermudah penggunaan alat panggang yang digunakan pekerja sehingga lebih efisien, serta menghindari kecelakaan kerja dilingkungan kerja. Misalnya dalam proses pemangangan dirumah makan masih menggunakan sistem manual dengan membolak-balik alat pangangan yang sebelumnya membutuhkan waktu 20-26 menit dengan kapasitas 20 potong daging pangangan dengan menggunakan alat pangangan ini yang telah diinovasi waktu proses pangangan hanya sekitar 10-18 menit dengan kapasitas potongan daging yang sama. Alat pangangan ini direncanakan dengan desain yang lebih ergonomi dan menggunakan penggerak otomatis (Dinamo).

Quality Function Deployment (QFD) merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan prioritas kebutuhan dan keinginan konsumen serta mengelompokkannya, QFD dapat digunakan baik pada perusahaan yang menawarkan produk ataupun jasa. Dalam penelitian ini metode *Quality Function Deployment* digunakan untuk mengetahui tingkat kebutuhan dan kepentingan yang diperlukan oleh para karyawan.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan data primer. Data primer yang diambil adalah data Kebutuhan Karyawan sebanyak 15 data dengan cara wawancara secara langsung dan pembagian kuisioner pada karyawan proses produksi Usaha Micro, Kecil, Menengah (UMKM) Warung Makan yang menyediakan produk makanan bakaran dengan usaha rumah makan dengan jenis olahan makanan pangangan daging ayam dan sejenisnya yang cukup banyak. Kemajuan ilmu pengetahuan dan terkait alat pangangan daging yang digunakan di Yogyakarta. Data primer diolah menggunakan metode *Quality Function Deployment (QFD)*.

Quality Function Deployment (QFD)

QFD merupakan perencanaan proses yang membantu rencana organisasi dalam penerapan berbagai alat pendukung teknis secara efektif dan pelengkap antara satu sama lain untuk memprioritaskan setiap permasalahan. QFD adalah suatu cara untuk meningkatkan kualitas barang atau jasa dengan memahami kebutuhan konsumen kemudian menghubungkannya dengan karakteristik teknis untuk menghasilkan suatu barang atau jasa pada setiap tahap pembuatan barang atau jasa yang dihasilkan (Ginting, 2010). QFD digunakan untuk membantu bisnis memusatkan perhatian pada kebutuhan para pelanggan ketika menyusun spesifikasi desain dan fabrikasi. Akao (1990) QFD adalah metode pengembangan kualitas desain yang ditunjukkan untuk memuaskan konsumen dan kemudian menerjemahkan tuntutan konsumen ke dalam target desain dan jaminan kualitas utama.

QFD terbagi menjadi empat fase yang digunakan untuk menghubungkan kebutuhan konsumen dengan karakteristik perancangan produk, dan kemudian menerjemahkannya ke dalam karakteristik part, operasi manufaktur, dan karakteristik produksi. QFD tahap identifikasi kebutuhan konsumen, dan karakteristik part diaplikasikan pada tahap perancangan produk (Chen, 2006). Tujuan utama dari QFD adalah menentukan prioritas kriteria rancangan yang menjadi fokus utama dalam perancangan dan pengembangan produk (Reilly, 1999). Alat perencanaan utama yang digunakan dalam QFD adalah *House Of Quality (HOQ)*. HOQ menerjemahkan suara pelanggan ke dalam persyaratan desain yang memenuhi target nilai tertentu dan menyesuaikannya dengan organisasi atau perusahaan yang akan merancang persyaratan desain tersebut (Mahesh, 2010).

Meskipun pada awalnya QFD dikembangkan sebagai metodologi pengembangan produk, akan tetapi seiring perkembangan implementasi QFD meluas ke berbagai bidang. Area kegunaan QFD (Chan & Wu, 2002),

1. Pengembangan Produk
Produk yang dimaksud disini dapat bersifat hard maupun soft, sehingga pengembangan jasa juga termasuk dalam area ini.
2. Manajemen Kualitas
Manajemen kualitas merupakan bagian esensial dari pengembangan produk,

sehingga ikut menjadi area penerapan *QFD*.

3. Analisis Kebutuhan Konsumen
Analisis kebutuhan konsumen selalu menjadi tahap pertama *QFD* baik dalam proses pengembangan produk maupun manajemen kualitas sehingga menjadi salah satu area implementasi *QFD*. Area ini pada umumnya fokus terhadap dua hal: pengumpulan atau penerjemahan kebutuhan konsumen dan pemenuhan kebutuhan konsumen.
4. Desain Produk
QFD dapat dipandang sebagai *designed in quality*. Pandangan ini menekankan bahwa kualitas sudah direncanakan di dalam rancangan produk. Berdasarkan pandangan ini desain produk merupakan salah satu area fungsional *QFD*.
5. Perencanaan
Pendekatan *QFD* adalah proses perencanaan berbasis konsumen yang bersifat pro-aktif. Konsep ini tidak hanya dapat diterapkan pada perencanaan produk dan perencanaan proses, tetapi dapat diterapkan dalam perencanaan pada umumnya.
6. *Engineering*
7. Pengambilan Keputusan
8. Manajemen
9. *Teamwork, Timing, Costing*

Kuisisioner

Menurut Hasan (2002) Kuisisioner adalah teknik pengumpulan data dengan menyerahkan atau mengirimkan daftar pertanyaan untuk diisi sendiri oleh responden. Dalam penelitian survei pemakaian kuisisioner merupakan hal penting untuk mengumpulkan data. Analisis data kualitatif dan kuantitatif berdasarkan kuisisioner tersebut. Sebuah kuisisioner yang baik adalah sebuah kuisisioner yang mengandung pertanyaan yang baik pula, dalam arti sedemikian sehingga tidak menimbulkan arti yang lain pada diri responden. Pertanyaan-pertanyaan yang ada pada sebuah kuisisioner harus jelas dan mudah dimengerti sehingga mengurangi tingkat kesalahan interpretasi responden dalam pengisian kuisisioner. Berdasarkan jenis pertanyaan kuisisioner dapat dibedakan tersebut menjadi acuan pertanyaan pada kuisisioner kedua dengan penambahan keterangan nilai bobot atribut.

1. Kuisisioner Pertanyaan Terbuka
Pertanyaan tertutup yaitu pertanyaan yang telah disertai pilihan jawaban. Responden tinggal memilih salah satu jawaban yang tersedia. Pertanyaan tertutup dapat

berupa pertanyaan pilihan berganda atau skala.

2. Kuisisioner Pertanyaan Tertutup
Pertanyaan tertutup yaitu pertanyaan yang telah disertai pilihan jawaban. Responden tinggal memilih salah satu jawaban yang tersedia. Pertanyaan tertutup dapat berupa pertanyaan pilihan berganda atau skala.

Uji Kecukupan Data Kuisisioner Dengan *Slovin's Formula*

Digunakan untuk menghitung ukuran sample dengan jumlah populasi (N) dan error (e). Ini adalah teknik random sampling untuk mengetahui ukuran sample. Banyak digunakan jika pertanyaan yang diajukan bersifat kategorikal. Contohnya: kuisisioner yang menggunakan skala likert, misalnya anda mempunyai 10 pertanyaan dengan skala likert dan kuisisioner mengalami kekurangan sampel sehingga mau tidak mau harus mencari kekurangan sampel pada suatu pertanyaan misalnya pertanyaan ketiga kekurangan jumlah sampel sehingga tidak logis rasanya apabila kita mencari responden dengan satu pertanyaan saja. sehingga digunakanlah *Slovin's Formula* ini dengan persamaan matematis,

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (1)$$

Jika $N > n$ maka data dikatakan cukup.

Keterangan:

N =jumlah populasi

e = error yang diharapkan

Kuisisioner Terbuka

Pada kuisisioner I bertujuan untuk mengumpulkan data keinginan konsumen. Dengan menggunakan pertanyaan-pertanyaan terbuka, artinya pertanyaan yang diajukan kepada responden berupa pertanyaan yang responden bebas untuk menentukan jawaban sendiri.

Kuisisioner Tertutup

Pada kuisisioner kedua, input data diambil dari hasil output data kuisisioner pertama yaitu kuisisioner yang menentukan prioritas. Dari hasil kuisisioner diketahui tingkat keinginan dan kebutuhan alat yang akan dirancang, dari kebutuhan sangat reliabel (Sugiyono, 2015).

Pengolahan Data Kuisisioner

Pada pengolahan data kuisisioner ini adalah pengolahan uji validasi dan reliabilitas dari nilai data kepentingan atau prioritas yang telah diambil. adapun uji validasi dan reliabilitas adalah sebagai berikut:

1. Uji Validasi

Hartono (2013) menyatakan bahwa validitas menunjukkan seberapa nyata suatu pengujian mengukur apa yang seharusnya diukur. Validitas berhubungan dengan ketepatan alat ukur untuk melakukan tugasnya mencapai sasarannya. Validitas berhubungan dengan kenyataan (*actually*). Validitas juga berhubungan dengan tujuan dari pengukuran, pengukuran dikatakan valid jika mengukur tujuannya dengan nyata dan benar. Alat ukur yang tidak valid adalah yang memberikan hasil ukuran menyimpang dari tujuannya. Penyimpangan pengukuran ini disebut dengan kesalahan (*error*) atau varian. Untuk mengetahui kuesioner yang digunakan valid atau tidak, dengan membandingkan r hitung dengan r tabel. Instrumen dikatakan valid apabila r hitung $>$ r tabel, sedangkan jika r hitung $<$ r tabel maka instrumen dinyatakan tidak valid. Jika nilai signifikansi ≤ 0.05 maka variabel indikator tersebut valid, jika signifikansi ≥ 0.05 maka variabel indikator tersebut dinyatakan tidak valid.

2. Uji Reliabilitas

Uji Reliabilitas adalah untuk menguji konsistensi pengukuran apakah data tetap konsisten jika pengukuran diulang. Pada tahap ini uji validitas akan dilihat nilai konsistensinya, data yang diolah adalah data pengumpulan kuesioner. Nilai *Alpha Cronbach* adalah nilai reliabilitas pernyataan yang menunjukkan tingkat reliabilitas, dimana 0,00 – 0,20 adalah kurang reliabel, 0,201 – 0,40 adalah agak reliabel, 0,401 – 0,60 adalah cukup reliabel, 0,601 – 0,80 adalah reliabel, dan 0,801 – 1,00 adalah sangat reliabel (Sugiyono, 2015).

3. Uji Nilai *Alpha Cronbach*

Nilai reliabilitas pernyataan yang menunjukkan tingkat reliabilitas, dimana 0,00 – 0,20 adalah kurang reliabel, 0,201 – 0,40 adalah agak reliabel, 0,401 – 0,60 adalah cukup reliabel, 0,601 – 0,80 adalah reliabel, dan 0,801 – 1,00 adalah *House Of Quality* pada tahap pertama.

House Of Quality (HOQ)

House Of Quality adalah proses pemahaman dari apa yang menjadi kebutuhan, keinginan, dan ekspektasi konsumen yang dirangkum kedalam matrik perencanaan produk. Adapun isi dari *House Of Quality* meliputi:

1. *Customer Need and Benefit*

Data yang dibahas pada tahap ini berasal dari kuisisioner tertutup yaitu Kuisisioner 1 dan hasilnya adalah atribut yang diinginkan konsumen terhadap alat bakar daging yaitu kuisisioner 2.

2. *Planning Matrix*

Pada bagian ini mempunyai tujuan menyusun dan mengembangkan beberapa pilihan strategis dalam mencapai nilai-nilai kepuasan konsumen yang tertinggi.

3. *Technical Response*

Kolom ini berisi tentang bagaimana organisasi mendeskripsikan perencanaan produk untuk dikembangkan, deskripsi ini didapatkan dari keinginan dan kebutuhan karyawan produksi UMKM Warung Makan yang menyediakan produk makanan bakaran dengan penggunaan alat bakar manual di kota Yogyakarta.

4. *Relationship Matrix*

Pada kolom ini dijelaskan bagaimana hubungan antara setiap elemen dari *technical response* dengan keinginan dan kebutuhan konsumen.

Simbol yang digunakan untuk *Relationship Matrix* adalah sebagai berikut:

a. Untuk hubungan yang lemah dengan nilai 1



b. Untuk hubungan yang sedang dengan nilai 3



c. Untuk hubungan yang kuat dengan nilai 9



5. *Technical Correlation*

Pada bagian ini berisikan tentang bagaimana tim pengembangan menetapkan implementasi hubungan antara elemen-elemen dari *technical response*, *assessment* dan *targets*. **Dari analisis *Quality Function Deployment* tahap awal tersebut maka dapat diketahui**

6. *Technical Matrix*

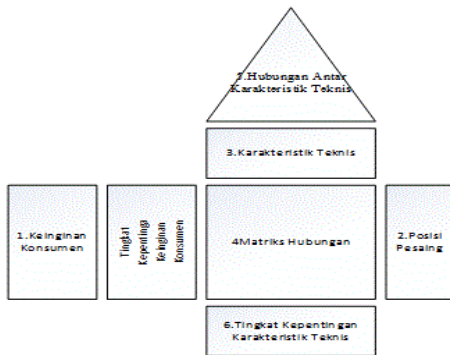
Pada tahap *technical matrix*, terdapat tiga informasi, yaitu urutan peringkat dari *technical response*, informasi perbandingan dengan kerja teknis pesaing, dan target kinerja teknis.

7. *Desain dan Perancangan*

Pada tahap ini dilakukan perancangan alat bakar daging yang lebih mudah

digunakan, didesain dan dirancang sesuai dengan nilai kebutuhan yang telah didapatkan dari hasil pengolahan menggunakan metode *Quality Function Deployment*.

Bagian utama dan terasnya digunakan untuk mengevaluasi pesaing. Perencanaan matrik ini didasarkan pada keyakinan bahwa produk harus dirancang untuk mencerminkan keinginan atau selera konsumen. Matrik ini juga digunakan untuk meningkatkan integrasi fungsional silang dalam organisasi khususnya antara pemasaran, teknik dan manufaktur.



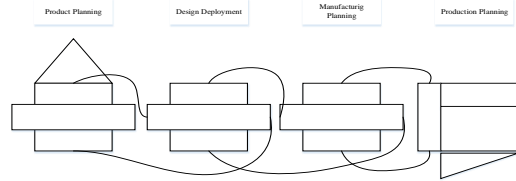
Gambar 1. *House of Quality*
Sumber: Cohen (1995)

HOQ didokumentasikan dalam bentuk rangkaian matrik. Hal ini dilakukan untuk membantu perusahaan agar fokus terhadap keinginan konsumen serta memastikan hal tersebut ada di dalam produk dan jasa akhir yang ditawarkan. Proses *QFD* yang lengkap terdiri dari empat tahapan *HOQ*, akan tetapi untuk keperluan desain konseptual biasanya hanya dua tahap awal yang digunakan.

Unsur-unsur yang terlibat langsung dalam *QFD* terdiri dari beberapa tahap perencanaan dan pengembangan melalui matriks, yaitu (Cohen, 1995):

1. Matriks Perencanaan Produk (*House Of Quality*). Menjelaskan tentang *customer needs, technical requirements, co-relationship, relationship, customer competitive evaluation, competitive technical* dihadapi perusahaan yang diperoleh dari *assessment* dan *targets*.
2. Matriks Perencanaan (*Part Deployment*). Matriks yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor teknik yang kritis terhadap pengembangan produk.
3. Matriks Perencanaan Proses (*Process Planning*). Merupakan matrik untuk mengidentifikasi pengembangan proses pembuatan suatu produk.

4. Matriks Perencanaan Manufaktur/Produksi (*Manufacturing Production Planning*). Memaparkan tindakan yang perlu diambil dalam perbaikan produksi suatu produk.



Gambar 3. *House Of Quality 4*
Sumber: Cohen (1995)

Langkah-langkah pengolahan data dengan menggunakan metode *Quality Function Deployment (QFD)* adalah sebagai berikut (Devani & Kartikasari, 2012):

1. Menentukan *Voice of Customer (VoC)*. Atribut yang berperan sebagai *VoC* adalah atribut keinginan dari customer.
2. Identifikasi respon teknis sebagai tanggapan dari customer.
3. Menentukan nilai target, tingkat kepentingan, rasio perbaikan, bobot dan normalisasi bobot.
4. Penggambaran *House Of Quality (HOQ)*.
5. Menentukan hubungan yang terjadi diantara respon teknis.
6. Menentukan hubungan yang terjadi antara respon teknis dengan atribut keinginan pelanggan.

Konsep Perancangan Produk

Kegiatan-kegiatan dalam proses perancangan di sebut fase. Fase-fase dalam proses perancangan berbeda satu dengan yang lainnya. Fase-fase proses perancangan tersebut dapat di gambar dalam diagram alir berikut:

1. Diagram Alir Perancangan
Fase-fase konsep perancangan produk yang pertama adalah diagram alir perancangan.
2. Pernyataan kebutuhan.
3. Analisis kebutuhan dengan mengacu dari analisis *QFD*.

Perancangan Produk

Perancangan adalah suatu kegiatan yang memiliki tujuan untuk mendesain sistem baru yang dapat menyelesaikan masalah-masalah yang dihadapi perusahaan yang Dalam pengolahan perbandingan atribut menggunakan metode *Quality Function Deployment* dapat dilakukan analisis perbandingan alat. Adapun alat yang akan dibandingkan yaitu alat panggangan manual yang digunakan sebelumnya dan alat panggangan otomatis.

Tabel 1. Tingkat Perbandingan Atribut

| No | Atribut | Nilai Perbandingan Alat Bakaran Daging | | Sebelum | |
|-----------|----------------------------|--|-------------|---------|-------------|
| | | Nilai | Kategori | Nilai | Kategori |
| 1 | Desain Alat Aman | 80% | Sangat Baik | 70% | Baik |
| 2 | Kemudahan Saat Digunakan | 80% | Sangat Baik | 70% | Baik |
| 3 | Dimensi Alat Praktis | 83,33% | Sangat Baik | 81,66% | Sangat Baik |
| 4 | Ketahanan komponen mesin | 85% | Sangat Baik | 81,66% | Sangat Baik |
| 5 | Ketahanan bahan baku mesin | 80% | Sangat Baik | 70% | Baik |
| 6 | Remah lingkungan | 80% | Sangat Baik | 70% | Baik |
| Rata-Rata | | 81,39% | Sangat Baik | 73,39% | Baik |

Analisis House Of Quality

Dari analisis *House of Quality* maka didapatkan beberapa proses *House of Quality* dengan menentukan nilai tingkat kepentingan, pada analisis sebelumnya. Selain itu juga didalam *House of Quality* dapat diketahui tingkat hubungan antar atribut yang dibutuhkan dalam proses perancangan. Kemudian dalam proses perancangan alat panggang daging dengan menggunakan *House of Quality* dapat digambarkan tingkat hubungan dan urutan perancangannya melalui *House of Quality 1* yaitu mengenai persyaratan customer dengan parameter teknis, kemudian pada *House of Quality 2* yaitu mengenai hubungan antara parameter teknis dengan karakteristik bentuk/model, kemudian pada *House of Quality 3* yaitu mengenai tingkat hubungan antara karakteristik bentuk dengan karakteristik proses, kemudian pada *House of Quality 4* yaitu mengenai hubungan antara karakteristik proses dengan karakteristik perakitan. Dari rangkaian *House of Quality* maka dapat dilakukan perancangan secara sistematis dan teratur.

Desain Alat Panggang Otomatis

Desain alat panggang daging sebagai berikut diharapkan dapat memenuhi kekurangan pada alat bakaran daging manual dan juga dapat menambah kapasitas produksi panggang daging.



Gambar 2. Desain Alat Bakaran Daging Otomatis 3D

Setelah melakukan perbandingan alat, maka selanjutnya yaitu menganalisis biaya yang dikeluarkan dalam perancangan produk alat panggang daging otomatis yang sudah di rancang, berikut adalah analisis biaya produksi:

Analisis Biaya Produk

Setelah melakukan perbandingan alat, maka selanjutnya yaitu menganalisis biaya yang dikeluarkan dalam perancangan produk alat panggang daging otomatis yang sudah di rancang, berikut adalah analisis biaya produksi:

Tabel 2. Analisis Biaya Komponen

| ANALISIS BIAYA KOMPONEN MESIN | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
| No | Nama Komponen | Harga | Jumlah Komponen | Total |
| 1 | Baja Ringan Bawah Persegi 6m | Rp 6.000/meter | 6 meter | Rp 36.000 |
| 2 | Pipa Besi 2 m | Rp 6.000/meter | 2 meter | Rp 12.000 |
| 3 | Kawat Harmonika 3x2 m | Rp 26.000/m ² | 3x2 meter | Rp 78.000 |
| 4 | Kabel 4 m | Rp 8.000/meter | 4 meter | Rp 32.000 |
| 5 | Sakelar dan Dimmer | Rp 64.000/unit | 1 Unit | Rp 64.000 |
| 6 | Gir Belakang Sepeda | Rp 6000/unit | 6 Unit | Rp 36.000 |
| 7 | Rantai sepeda | Rp 7000/unit | 4 Unit | Rp 28.000 |
| 8 | Baut | Rp 5000/unit | 8 Unit | Rp 40.000 |
| 9 | Plat aluminium 1mm | Rp 60.000/m ² | 3x2 meter | Rp 60.000 |
| 10 | Beangir Duduk | Rp 40.000/unit | 6 unit | Rp 240.000 |
| 11 | Cat | Rp 10.000/kaleng | 1 Unit | Rp 10.000 |
| 12 | Kuas | Rp 2.000/unit | 1 Unit | Rp 2.000 |
| 13 | Busur Las | Rp 2.000/unit | 15 Unit | Rp 30.000 |
| 14 | Motor Listrik 220 | Rp 275.000/unit | 1 unit | Rp 275.000 |
| 15 | Biaya Pengelasan | Rp 500.000,00 | 1 unit | Rp 500.000,00 |
| Total | | | | Rp 1.443.000,00 |

Uji Alat

Dalam tahap ini alat bakaran otomatis telah selesai dirakit kemudian dilakukan uji coba, uji coba ini bertujuan untuk mengetahui waktu baku produksi dan kapasitas produksi alat panggang otomatis dan alat bakaran manual.

Tabel 3. Uji Alat

| | Alat Sebelumnya | Mesin Pemotong Otomatis |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|
| Daging Ayam /kg | 4 kg | 4 kg |
| Waktu | 25 menit | 14 menit |
| Kapasitas /jam | 9,6 kg /jam | 17,14 kg / jam |
| Total produksi / hari (8 Jam) | 76,8 kg / hari | 137,12 kg / hari |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Spesifikasi Atribut

- Desain Alat Aman**
 Dalam mendesain alat yang aman saat digunakan, yaitu dalam proses pengerjaan pemanggangan daging, karyawan menginginkan desain alat yang tidak memiliki resiko yang besar saat mengoperasikannya. Atribut ini memiliki presentase 86,67%.
- Kemudahan Saat Digunakan**
 Dalam hal ini para karyawan menginginkan alat yang mudah dalam pengoperasiannya, artinya terlebih jika alat yang digunakan lebih mudah digunakan dan tidak perlu memiliki proses yang lama untuk mengoperasikannya. Atribut ini memiliki presentase 90,00%
- Dimensi Alat Praktis**
 Dimensi alat praktis berarti para karyawan menginginkan alat yang praktis tidak terlalu memakan tempat agar lebih mudah ketika akan memindahkannya dan mudah saat dilakukan pembersihan atau perawatan alat. Atribut ini memiliki presentase 85,00%.

4. Ketahanan Komponen Mesin
Dalam hal ini diperlukan ketahanan komponen alat bakaran daging pada komponen – komponennya agar alat selalu bekerja secara optimal. Atribut ini memiliki presentase 90,00%.
5. Ketahanan Bahan Baku Mesin
Ketahanan bahan baku alat bakaran daging, karyawan menginginkan mesin yang bahan bakunya tahan terhadap korosi karena mesin bekerja akan terkena air terutama pada bagian wadah daging. Atribut ini memiliki presentase 86,67%.
6. Ramah Lingkungan
Disini para karyawan menginginkan mesin yang ramah lingkungan yang artinya mesin tidak menghasilkan limbah. Atribut ini memiliki presentase 90,00%.

KESIMPULAN

Pemilihan alat panggangan daging yang dirancang dan di desain yaitu sesuai dengan kebutuhan *Voice of Customer* dengan mempertimbangan kepentingan atribut antara lain: adalah Rancangan Alat Aman (A1), Mudah Digunakan(A2), Dimensi Alat Praktis (A3), Ketahanan Bagian Alat, (A4) Ketahanan Bahan Baku (A5), dan Ramah lingkungan (A6). Terdapat perbedaan produksi yang cukup signifikan antara alat panggangan daging sebelumnya dengan alat panggangan daging usulan. Dalam proses pemanggangan 4 kg daging dengan alat yang telah dirancang dibutuhkan waktu 14 menit, sedangkan alat yang lama untuk bakaran 4 kg daging dibutuhkan waktu 25 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Akao, Y. 1990, *Quality function deployment (QFD) – Integrating customers's requirements into product design, English translation copyright, Productivity Press, USA.*
- Al-Bahra bin Ladjamudin 2005, *Analisis dan desain sistem informasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Chan, L.K., & Wu, M.L. 2002, 'Quality Function Deployment: A Literature Review', *European Journal of Operational Research*, Vol. 143, hal. 463-497.
- Chen, S. 2006, 'The relation between ideology and decision-making', *The Journal of Global Business Management*, Vol. 2, No. 3, hal. 40-50.
- Cohen, L. 1995, *Quality function deployment: how to make qfd work for you*, Addison-Wesley, Inc, Massachusetts.
- Ginting & Rosnani 2010, *Perancangan produk*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Hartono, B. 2013, *Sistem Informasi Manajemen Berbasis Komputer*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Hasan & Iqbal, M 2002, *Pokok-pokok materi metodologi penelitian dan aplikasinya*, Ghalia Indonesia, Bogor.
- Mahesh Patil, J 2010, *Quality function deployment (QFD) for product design*, TIME 2010, India.
- Devani, V., & Kartikasari, D. D. 2012, 'Usulan perbaikan kualitas pelayanan administrasi mahasiswa menggunakan metode quality function deployment (QFD)', *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol 11, No. 2, hal. 185-197.
- Reilly & Norman, B 1999, *The Team based product development guidebook*, ASQ Quality Press, Milwaukee Wisconsin.
- Sugiyono 2015, *Metode penelitian kombinasi (mix methods)*, Alfabeta, Bandung.

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DOMESTIK (GREY WATER) DI UPT RUSUNAWA GRAHA BINA HARAPAN, KOTA YOGYAKARTA, DIY

Purnawan¹, Paramita Dwi Sukmawati², Yerrsy Cherya Puspita³

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Sains Terapan

Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: purnawan@akprind.ac.id, mita@akprind.ac.id, yerrsy.puspita@gmail.com

ABSTRACT

UPT Rusunawa Graha Bina Harapan, Pakualaman District, Yogyakarta, DIY, there are 207 people / 68 households consisting of 2 Rusunawa building blocks, which every day produce domestic wastewater (gray water) on average 19.63 m³ / day. The test results of the parameters required in the quality standard, namely BOD, COD, TTS, TDS, oil & fat, coliform, detergent and pH, show values that are still above the quality standard (except TDS, detergent, and pH), while wastewater is generated discharged directly into the river without any wastewater treatment process.

This research aims to find a plan of wastewater treatment plant (WWTP) to overcome this problem. The planning stage of WWTP includes planning the wastewater treatment system, calculating the dimensions of each installation unit, designing pictures of each unit, and calculating the required budget plan.

Wastewater treatment at planned installation using the semi continuous system. Planned unit of WWTP is grease trap, flotation, equalization, aerobic biofilter, sedimentation, drying bed, disinfection.

Keywords: *Rusunawa, domestic wastewater, WWTP, grey water, planning*

INTISARI

UPT Rusunawa Graha Bina Harapan, Kecamatan Pakualaman, Kota Yogyakarta, DIY terdapat 207 orang / 68 KK yang terdiri dari 2 blok bangunan Rusunawa, yang setiap hari menghasilkan air limbah domestik (*grey water*) rata-rata 19,63 m³/hari. Hasil uji terhadap parameter yang disyaratkan dalam baku mutu yaitu BOD, COD, TTS, TDS, Minyak & lemak, *coliform*, detergen dan pH, menunjukkan nilai yang masih diatas standar baku mutu (kecuali TDS, detergen, dan pH), sedangkan air limbah yang dihasilkan dibuang langsung kesungai tanpa adanya proses pengolahan air limbah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan sebuah perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengatasi permasalahan tersebut. Tahap perencanaan IPAL meliputi merencanakan sistem pengolahan air limbah, menghitung dimensi masing-masing unit IPAL, merancang gambar masing-masing unit, serta menghitung rencana anggaran biaya yang diperlukan. Pengolahan air limbah pada IPAL yang direncanakan menggunakan sistem semi kontinyu. Unit yang direncanakan pada IPAL adalah *grease trap*, flotasi, ekualisasi, biofilter aerob, sedimentasi, *drying bed*, disinfeksi.

Kata kunci: Rusunawa, Limbah domestik, IPAL, *Grey Water*, Perencanaan

PENDAHULUAN

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama (KepMen LH No. 112 Thn 2003). Secara prinsip air limbah domestik terbagi menjadi 2 kelompok, yakni air limbah toilet (*black water*) dan air limbah non toilet (*grey water*). Air limbah toilet terdiri dari tinja, air kencing serta bilasan, sedangkan air limbah non toilet yakni air limbah yang berasal dari air kamar mandi, air limbah cucian, air limbah dapur, westafel, dan lainnya. (Said & Wahyu, 2018)

Limbah domestik adalah penyumbang pencemar air yang sangat tinggi saat ini. Dikarenakan limbah yang dibuang ke badan air tidak diolah terlebih dahulu, tetapi langsung dibuang ke badan air (Hasti dalam Assiddiq, 2018). Hasil kajian Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Malang dari tahun ke tahun menyebutkan limbah domestik berkontribusi 60 sampai 70 persen dalam pencemaran air (Ani dalam Assiddiq, 2018).

Umumnya karakteristik air limbah domestik (*grey water*) banyak mengandung unsur nitrogen dan fosfat. Unsur-unsur tersebut merupakan nutrisi bagi tumbuhan, sehingga jika limbah domestik (*grey water*)

dialirkan begitu saja ke badan air permukaan maka, akan menyebabkan *eutrofikasi* pada badan air tersebut. *Eutrofikasi* adalah sebuah peristiwa dimana badan air menjadi kaya akan materi organik, sehingga menyebabkan pertumbuhan ganggang yang pesat pada permukaan badan air tersebut. Peristiwa *eutrofikasi* ini dapat menurunkan kualitas badan air permukaan karena dapat menurunkan kadar oksigen terlarut di dalam badan air tersebut. Sebagai akibatnya, makhluk hidup air yang hidup di badan air tersebut tidak dapat tumbuh dengan baik atau mungkin mati.

Selain peristiwa *eutrofikasi*, limbah domestik (*greywater*) tanpa pengolahan jika masuk ke lingkungan perairan berpotensi meningkatkan COD, BOD, pH, minyak dan lemak yang berakibat sebagai media pembawa penyakit, menyebabkan terganggunya kehidupan biota air, merusak ekosistem perairan dan juga dapat menurunkan nilai estetika karena, akan mengakibatkan bau busuk dan pemandangan yang kurang sedap.

Menurut Perwali Kota Yogyakarta No. 65 tahun 2014, Rumah Susun Sederhana Sewa Graha Bina Harapan (Rusunawa GBH) Kota Yogyakarta adalah rumah susun sederhana yang diperuntukkan bagi masyarakat Kota Yogyakarta, untuk memenuhi kebutuhan perumahan yang layak bagi masyarakat, terutama golongan masyarakat yang berpenghasilan rendah, Oleh karena itu, dari 68 KK yang terdiri dari 2 blok Rusunawa GBH Kota Yogyakarta dapat menghasilkan limbah domestik baik limbah *black water* maupun *grey water* dari aktivitas penghuni yang ada di Rusunawa tersebut. Menurut salah satu pegawai di Rusunawa GBH Kota Yogyakarta mengatakan, untuk saat ini bentuk pengolahan limbah pada Rusunawa GBH Kota Yogyakarta hanya melakukan pengolahan pada limbah *black water* dengan *septic tank* sedangkan untuk limbah *grey water* belum memiliki pengolahan dan disalurkan melalui drainase terbuka yang bermuara langsung pada sungai di sekitar Rusunawa

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, suatu kegiatan diwajibkan untuk mengolah limbah hasil kegiatannya dalam rangka pelestarian lingkungan hidup. Limbah yang akan dilimpahkan ke badan air harus memenuhi baku mutu yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 dan Peraturan Daerah Daerah Istimewa

Yogyakarta Nomor 7 tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

Hasil uji air limbah domestik (*grey water*) UPT Rusunawa GBH Kota Yogyakarta yang diambil pada tanggal 23 April 2019 dan dianalisis di laboratorium menunjukkan data sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil analisis parameter air limbah domestik (*grey water*) UPT Rusunawa GBH Kota Yogyakarta

| No | Parameter | Nilai Baku Mutu (Perda DIY No.7 Thn 2016) (mg/L) | Hasil Uji (mg/L) |
|----|----------------------|--|---------------------------|
| 1 | BOD | 75 | 282,7 |
| 2 | COD | 200 | 313,6 |
| 3 | TDS | 2000 | 390 |
| 4 | TSS | 75 | 298 |
| 5 | Minyak & Lemak Total | 10 | 150,4 |
| 6 | Detergen | 5 | 1,76 |
| 7 | pH | 6,0 – 9,0 | 6 |
| 8 | Coliform | 1.000 MPN/ 100 ml | > 1.600 x 10 ² |

(Sumber : Data Primer, 2019)

Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa besarnya nilai BOD adalah 282,7 mg/L, COD adalah 313,6 mg/L, TSS adalah 298 mg/L, Minyak dan Lemak adalah 150,4 mg/L, pH adalah 6 dan Coliform adalah >1.600 x 10². Hasil uji ini menunjukkan hampir semua parameter melebihi baku mutu untuk limbah domestik (Perda DIY No.7 Tahun 2016)

Melihat besarnya resiko pencemaran air yang akan terjadi akibat pembuangan limbah domestik (*grey water*) maka, air limbah domestik (*grey water*) diharapkan dapat dilakukan pengolahan lebih dahulu sebelum dialirkan ke badan air permukaan sungai. Dengan demikian, perlu dilakukan studi evaluasi sistem pengolahan air limbah domestik (*grey water*), dan perancangan instalasi pengolahan air limbah domestik (*grey water*), agar limbah dapat diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air sehingga mampu meningkatkan kualitas air limbah yang akan dibuang ke badan air.

Pada air limbah ada tiga karakteristik kimia yang perlu diidentifikasi yaitu bahan organik, bahan anorganik, dan gas. Pada bahan Organik bersumber dari hewan, tumbuhan, dan aktivitas manusia. Bahan organik itu sendiri terdiri dari C, H, O, N, yang menjadi karakteristik kimia adalah protein, karbohidrat, lemak dan minyak, surfaktan,

pestisida dan fenol, dimana sumbernya adalah limbah domestik, komersil, industri kecuali pestisida yang bersumber dari pertanian dan untuk bahan anorganik berasal air limbah yang berupa senyawa-senyawa yang mengandung logam berat (Fe, Cu, Pb, dan Mn), asam kuat dan basa kuat, senyawa fosfat senyawa-senyawa nitrogen (amoniak, nitrit, dan nitrat), dan juga senyawa-senyawa belerang (sulfat dan hidrogen sulfida). Serta, gas yang umumnya ditemukan dalam limbah cair yang tidak diolah adalah nitrogen (N₂), oksigen (O₂), metana (CH₄), hidrogen sulfida (H₂S), amoniak (NH₃), dan karbondioksida.

Selain karakteristik kimia, adapun karakteristik biologi yang perlu diidentifikasi yang dapat menyebabkan penyakit seperti bakteri dan mikroorganisme lainnya yang terdapat dalam dekomposisi dan stabilisasi senyawa organik dan didalam air mengandung berjuta-juta bakteri baik yang menguntungkan maupun yang merugikan manusia.

Baku mutu air limbah domestik adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah domestik yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan (KepMen LH No 112 Thn 2003).

Berdasarkan Peraturan Daerah DIY nomor 7 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk kegiatan IPAL Domestik Komunal, menjelaskan bahwa baku mutu untuk air limbah domestik (*grey water*) tercantum dalam Tabel. 2

Tabel 2. Baku mutu air limbah domestik (*grey water*)

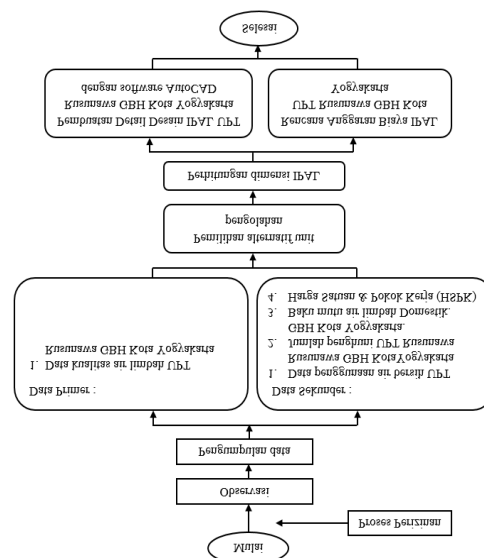
| No | Parameter | Kadar Maksimum (mg/L) | Beban Pencemaran Maksimum (kg/ton) |
|----|------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| 1 | BOD ₅ | 75 | 9 |
| 2 | COD | 200 | 24 |
| 3 | TSS | 75 | 9 |
| 4 | TDS | 2.000 | 240 |
| 5 | Minyak dan Lemak Total | 10 | 1,2 |
| 6 | Detergen | 5 | 0,6 |
| 7 | Suhu | ± 3°C terhadap suhu udara | |
| 8 | pH | 6,0 – 9,0 | |
| 9 | Coliform | 10.000 MPN /100 ml | - |
| 10 | Debit Maksimum | - | 120 |

(Sumber : PerDa DIY No.7 Thn 2016)

METODOLOGI PERENCANAAN

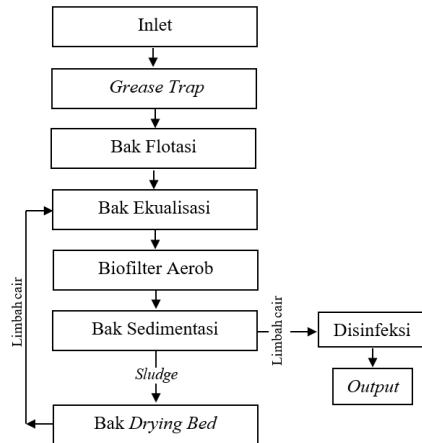
Objek perencanaan ini dikhususkan untuk membahas perencanaan instalasi pengolahan air limbah domestik (*grey water*) yang berlokasi di jalan Juminahan No.1, Purwokinanti, Pakualaman, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa 55212

Tahap persiapan yang akan dilaksanakan terdiri dari beberapa tahap yaitu: 1) Perencanaan diawali dengan observasi di lapangan untuk untuk mendapatkan data tentang karakteristik limbah cair, debit limbah, sumber limbah, kondisi lahan dan ketersediaan lahan. Selain itu, pengambilan sampel air limbah juga dilakukan untuk keperluan uji kualitas air limbah. 2) Setelah mendapatkan data mengenai kualitas dan kuantitas limbah cair pada Rusunawa tersebut, selanjutnya dilakukan analisis tentang sistem pengolahan yang akan digunakan. Hal ini dapat dilakukan dengan studi literatur. Perancangan diagram alir proses pengolahan pada instalasi pengolahan limbah cair dilakukan setelah mengetahui sistem pengolahan yang akan digunakan. 3) Langkah selanjutnya dilakukan perhitungan mengenai dimensi instalasi pengolahan limbah cair yang dirancang kemudian digambar. Perhitungan rencana anggaran biaya dilakukan setelah dimensi instalasi pengolahan limbah cair sudah diketahui. Perhitungan biaya ini disesuaikan dengan harga bahan bangunan dan upah kerja setempat. Bagan alur perencanaan dapat dilihat pada bagian dibawah ini :



Gambar 1. Bagan Alur Perencanaan

Diagram alir perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) domestik (*grey water*) sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram alir pengolahan air limbah (IPAL) domestik (*grey water*)

PEMBAHASAN

Pengolahan air limbah domestik (*grey water*) yang akan direncanakan akan dibangun pada sebidang tanah datar berbentuk persegi panjang dengan ukuran 6,2 m x 2,8 m tanpa ditumbuhi pohon dan tanaman. Sistem pengolahan limbah cair meliputi *grease trap*, flotasi, ekualisasi, biofilter aerob, sedimentasi, *drying bed*, dan disinfeksi.

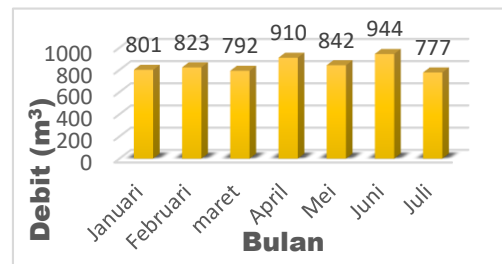
Rumah susun sewa (Rusunawa) Graha Bina Harapan Kota Yogyakarta merupakan rusunawa berada di Kelurahan Tegalpanggung Kecamatan Danurejan Kota Yogyakarta yang terletak di bantaran sungai kali Code dan berdekatan dengan kawasan rumah penduduk. Rusunawa GBH memiliki bangunan hunian terdiri atas 2 blok yang masing-masing memiliki 5 lantai dan terdapat 68 kamar dengan jumlah 207 orang.

Persediaan air bersih Rusunawa GBH kota Yogyakarta berasal dari air tanah /sumur. Jumlah pemakaian atau penggunaan air bersih Rusunawa dihitung dari meteran setiap kamar.

Berdasarkan Said dan Widayat, 2018 besar jumlah debit air limbah yang dihasilkan oleh rusunawa yaitu 80% (Asumsi 70% air limbah non toilet dan 10% air limbah toilet) dari jumlah pemakaian air bersih, sehingga debit air limbah domestik (*grey water*) Rusunawa GBH kota Yogyakarta adalah sebesar 588,9 m³/bulan atau 19,63 m³/hari. Penggunaan air bersih dan debit air limbah Rusunawa GBH kota Yogyakarta mulai pada bulan Januari 2019 – Juli 2019, tercantum dalam Tabel. 3

Tabel 3. Debit penggunaan air bersih UPT Rusunawa GBH Yogyakarta

| Bulan | Debit Penggunaan Air (m ³ /bulan) | Debit Penggunaan Air (m ³ /bulan) | Debit Air Limbah (m ³ /bulan) |
|-----------|--|--|--|
| Januari | 801 | 26,7 | 18,7 |
| Februari | 823 | 27,4 | 19,2 |
| Maret | 792 | 26,4 | 18,5 |
| April | 910 | 30,3 | 21,2 |
| Mei | 842 | 28 | 19,6 |
| Juni | 944 | 31,5 | 22 |
| Juli | 777 | 25,9 | 18,1 |
| Rata-rata | 841,29 | 28 | 19,63 |



Gambar 3. Debit penggunaan air bersih UPT Rusunawa GBH Yogyakarta

Berdasarkan data yang diperoleh, debit air limbah yang dihasilkan yang didasarkan atas kebutuhan air bersih di Rusunawa GBH Yogyakarta dengan perhitungan total air limbah adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Total Penghuni Rusunawa} &= 207 \text{ Orang} \\
 \text{Total Penggunaan air bersih} &= 841,3 \text{ m}^3/\text{bulan} \\
 \text{Debit air limbah (Q) } &\textit{grey water} \\
 &= \text{Total kebutuhan air bersih} \times 70 \% \\
 &= 841,3 \text{ m}^3/\text{bulan} \times 70 \% \\
 &= 588,9 \text{ m}^3/\text{bulan} \\
 &= 19,63 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,82 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan debit air limbah domestik (*grey water*) pada Rusunawa GBH sebesar 19,63 m³/hari atau 0,82 m³/jam. Debit tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan dimensi dari setiap unit dalam pengolahan air limbah domestik (*grey water*).

Bak pemisah lemak (*grease trap*) digunakan untuk memisahkan minyak & lemak sisa pencucian dapur yang masih mengandung lemak agar tidak mengganggu proses berikutnya sehingga pengolahan lebih efisien.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit Limbah} &= 19,63 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,82 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 Q &= \text{Debit limbah} \times \textit{over design} \\
 Q &= 0,82 \text{ m}^3/\text{jam} + (20\% \times 0,82 \text{ m}^3/\text{jam}) = 0,984 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak } &\textit{grease trap} \\
 V &= Q \times dt
 \end{aligned}$$

$$= 0,984 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,33 \text{ jam (Metcalf \& Eddy, 2004)}$$

$$= 0,33 \text{ m}^3$$

Bak *grease trap* direncanakan berbentuk kubus dengan sisi = 0,7 m

$$V = s^3$$

$$s = \sqrt[3]{0,33 \text{ m}^3}$$

$$s = 0,7 \text{ m}$$

Direncanakan setelah bak *grease trap* sistem yang digunakan adalah kontinyu menuju bak flotasi dengan debit sebesar 19,63 m³/hari = 0,82 m³/jam

Proses flotasi ini berfungsi sebagai pemisah atau menghilangkan minyak/emulsi dengan menginjeksikan gelembung udara kedalam bak flotasi. Dengan adanya gaya dorong dari gelombang tersebut minyak akan terdorong naik ke permukaan air. Bak flotasi direncanakan berbentuk persegi panjang dengan perbandingan Tinggi dan lebar (2:1).

$$Q = \text{Debit limbah} \times \text{over design}$$

$$Q = 0,82 \text{ m}^3/\text{jam} + (20\% \times 0,82 \text{ m}^3/\text{jam})$$

$$= 0,984 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Volume bak flotasi

$$V = Q \times dt$$

$$V = 0,984 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,5 \text{ jam} = 0,492 \text{ m}^3$$

$$m^3 = 0,5 \text{ m}^3$$

Direncanakan P=L dan t=2L, dimensinya adalah

$$V = P \times L \times T$$

$$V = P \times L \times 2L$$

$$0,5 \text{ m}^3 = 2L^3$$

$$L = \sqrt[3]{\frac{0,5 \text{ m}^3}{2}}$$

$$L = 0,63 \text{ m} = 0,7 \text{ m}$$

Dengan demikian dimensi bak flotasi adalah P = L = 0,7 m dan T = 2l = 2 x 0,7 m = 1,4 m. Dengan sistem kontinyu menuju bak ekualisasi dengan debit sebesar 19,63 m³/hari = 0,82 m³/jam

Bak ekualisasi ini berfungsi untuk menampung air limbah sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut, mengatur debit air limbah yang akan diolah, meratakan konsentrasi dan pH air limbah agar homogen, dan meratakan fluktuasi beban organik agar tidak terjadi *shock load* pada proses pengolahan.

$$Q = \text{Debit limbah} \times \text{over design}$$

$$Q = 0,82 \text{ m}^3/\text{jam} + (10\% \times 0,82 \text{ m}^3/\text{jam})$$

$$= 0,902 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$V_{\text{rancangan}} = Q \times dt$$

$$V = 0,902 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam} = 1,8 \text{ m}^3$$

Ditetapkan P = 2 m dan L = 0,6 m, maka dimensinya adalah

$$T = V : (P \times L)$$

$$T = 1,8 \text{ m}^3 : (2 \text{ m} \times 0,6 \text{ m})$$

$$T = 1,5 \text{ m}$$

Direncanakan bak ekualisasi yang digunakan adalah semi kontinyu dimana debit limbah yang dipompakan ke bak selanjutnya (*flow rate*) mengikuti debit pompa yang digunakan yaitu sebesar 0,9 m³/jam dan digunakan sebagai dasar perhitungan unit selanjutnya.

Pada bak biofilter aerob berfungsi untuk mengurangi kandungan BOD/COD yang berada di dalam air limbah dengan efektifitas 75-80% sekaligus mereduksi kandungan TSS sebanyak 80% (Metcalf, 2004). Didalam biofilter aerob diperlukan media yang berfungsi sebagai filter sekaligus tempat menempelnya bakteri (*attached culture*). Volume bak biofilter aerob dirancang dengan *over design* 20% = 7,5 m³ + 20% = 9 m³. Dengan panjang bak = 2 m ; Lebar bak = 2 m (berdasarkan ketersediaan luas bidang tanah yang memungkinkan untuk di bangun IPAL) maka :

$$\text{Tinggi bak total} = V : (P \times L)$$

$$= 9 \text{ m}^3 : (2 \text{ m} \times 2 \text{ m})$$

$$= 2,25 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi media} = 60\% \times \text{Tinggi bak total}$$

$$= 60\% \times 2,25 \text{ m}$$

$$= 1,35 \text{ m}$$

Bak biofilter aerob terdiri dari 2 kompartemen, dengan volume masing-masing kompartemen sama, maka dimensi masing-masing kompartemen :

$$V = V_{\text{rancangan}} : 2 \text{ (kompartemen)}$$

$$= 9 \text{ m}^3 : 2$$

$$= 4,5 \text{ m}^3$$

Panjang tiap kompartemen =

$$\text{Volume} : (\text{lebar} \times \text{tinggi})$$

$$= 4,5 \text{ m}^3 : (2 \text{ m} \times 2,25 \text{ m})$$

$$= 1 \text{ m}$$

Bak sedimentasi akhir digunakan untuk mengendapkan padatan tersuspensi yang tersisa dari proses biofilter aerob. Air limbah masuk secara *over flow*. Lumpur yang mengendap di bak sedimentasi akhir selanjutnya dialirkan menuju *drying bed* sementara hasil bagian atas dilanjutkan menuju proses disinfeksi menyempurnakan hasil outletnya. Berikut merupakan perhitungan bak sedimentasi akhir yang direncanakan :

Volume bak sedimentasi

$$V = Q \times dt$$

$$= 0,9 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam}$$

$$= 1,8 \text{ m}^3$$

Volume rancangan = Volume bak sedimentasi + *over desain*

$$= 1,8 \text{ m}^3 + (10\% \times 1,8 \text{ m}^3)$$

$$= 1,98 \text{ m}^3 = 2 \text{ m}^3$$

Dimensi bak sedimentasi. Ditetapkan P = 2 m dan L = 1 m.

$$\text{Tinggi bak total} = V : (P \times L) \\ = 2 \text{ m}^3 : (2 \text{ m} \times 1 \text{ m}) = 1 \text{ m}$$

Maka, P = 2 m, L = 1 m dan tinggi 1 m.

Bak sedimentasi terdiri dari 3 kompartemen, dengan volume masing-masing kompartemen sama, maka dimensi masing masing kompartemen :

$$\text{Volume} = V \text{ rancangan} : 3 \text{ kompartemen}$$

$$\text{Volume} = V_{\text{rancangan}} : 3 \text{ (kompartemen)} \\ = 2 \text{ m}^3 : 3$$

$$= 0,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Panjang tiap ruang} = \text{Volume} : (\text{lebar} \times \text{tinggi})$$

$$= 0,6 \text{ m}^3 : (1 \text{ m} \times 1 \text{ m})$$

$$= 0,6 \text{ m}$$

Volume prisma penampung lumpur = 10% dari volume rancangan

$$V = 10\% \times 2 \text{ m}^3 = 0,2 \text{ m}^3$$

V. penampung lumpur tiap 3 kompartemen :

$$V = 0,2 \text{ m}^3 : 3 = 0,06 \text{ m}^3$$

$$V = 0,5 (P \times L \times T)$$

$$0,06 \text{ m}^3 = 0,5 \times (2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times T)$$

$$0,06 \text{ m}^3 = 0,5 \times (2 \text{ m}^2 \times T)$$

$$(2 \text{ m}^2 \times T) = 0,12 \text{ m}^3$$

$$T = 0,06 \text{ m}$$

Drying bed merupakan unit pengering lumpur yang berasal dari bak sedimentasi. Lumpur (*sludge*) ini akan dialirkan menuju *drying bed* secara gravitasi. Perhitungan *drying bed* yang akan direncanakan adalah:

$$Q = 0,9 \text{ m}^3/\text{jam} = 21,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Konsentrasi BOD (sebelum pengolahan)} = 282,74 \text{ mg/l}$$

$$\text{Konsentrasi Effluent (C}_{\text{ef}}) = (100\% - 80\%) \times \text{BOD}$$

$$= 20\% \times 282,74 \text{ mg/l} = 56,5 \text{ mg/l}$$

$$\text{Konsentrasi lumpur (C}_s) = 80\% \times \text{BOD}$$

$$= 80\% \times 282,74 \text{ mg/l} = 225,6 \text{ mg/l}$$

$$\text{Berat lumpur tiap hari (W}_s) = Q \times C_s \times 86.400 \text{ dtk/hari}$$

$$= 0,208 \text{ l/dtk} \times 225,6 \text{ mg/l} \times 86.400$$

$$\text{dtk/hari}$$

$$= 4.054.302,72 \text{ mg/hari}$$

$$= 4,05 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Debit lumpur kering (Q}_{\text{ds}}) = \frac{W_s}{\rho_s}$$

$$= \frac{4,05 \text{ kg/hr}}{2600 \text{ kg/m}^3} = 0,0016 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Debit lumpur (Q}_s) = \frac{Q_{\text{ds}}}{\% \text{ lumpur}}$$

$$= \frac{0,0016 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,03} = 0,052 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Volume bak lumpur (V)} = Q_s \times t \text{ (waktu pengambilan lumpur)}$$

$$= 0,052 \text{ m}^3/\text{hari} \times 20 \text{ hari} = 1 \text{ m}^3$$

Dimensi *drying bed*

$$\text{Volume bak} = 1 \text{ m}^3$$

$$\text{V. rancangan} = \text{volume bak} \times \text{over design}$$

$$= 1 \text{ m}^3 + (10\% \times 1 \text{ m}) = 1,1 \text{ m}^3$$

Panjang bak = 2 dan lebar = 1.2 m (d disesuaikan dengan keadaan lahan)

$$V = P \times L \times T$$

$$1,1 \text{ m}^3 = 2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times T$$

$$1,1 \text{ m}^3 = 2,4 T \text{ m}^2$$

$$T = 0,45 \text{ m}$$

tinggi total = tinggi bak + tinggi pasir + tinggi kerikil

$$\text{tinggi total} = 0,45 \text{ m} + 0,1 \text{ m} + 0,1 \text{ m}$$

$$= 0,65 \text{ m}$$

$$= 0,7 \text{ m}$$

Air limbah yang keluar dari air limpasan sedimentasi dilewatkan ke bakdisinfeksi untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada dalam limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan dengan menggunakan khlor

Adapun rancangan bak disinfeksi sebagai berikut :

$$Q = \text{Debit limbah} \times \text{over design}$$

$$Q = 0,9 \text{ m}^3/\text{jam} + (10\% \times 0,9 \text{ m}^3/\text{jam}) = 0,99 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume bak khlorinasi} = \frac{10/60}{24} \text{ hari} \times 21,6$$

$$\text{m}^3/\text{hari} = 0,15 \text{ m}^3$$

Dimensi bak disinfeksi

$$V = S^3$$

$$S^3 = \sqrt[3]{0,15 \text{ m}^3}$$

$$= 0,5 \text{ m}$$

Dari seluruh perhitungan setiap bak yang telah dilakukan didapatkan rekaptulasi dimensi ruang bangunan pengolahan seperti pada Tabel. 4

Tabel 4 Dimensi ruang bangunan pengolahan IPAL

| Banguna n | Panjan g (m) | Leba r (m) | Tingg i (m) | Volu me (m ³) |
|-----------------|--------------|------------|-------------|---------------------------|
| Grase trap | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,34 |
| Flotasi | 0,7 | 0,7 | 1,5 | 0,735 |
| Ekualisa si | 2 | 0,6 | 1,5 | 1,8 |
| BiofilterA erob | 2 | 2 | 2,25 | 9 |
| Sediment asi | 2 | 1 | 1 | 2 |
| Drying Bed | 2 | 1,2 | 0,7 | 1,68 |
| Disinfeksi | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,125 |

KESIMPULAN

Sistem pengolahan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) domestik (*grey water*) Di UPT Rusunawa Graha Bina Harapan terdiri dari bak *grease trap*, bak flotasi, bak ekualisasi,

bak biofilter aerob, bak sedimentasi, bak, *drying bed*, dan bak disinfeksi.

Dimensi pengolahan pada bak IPAL domestik (*grey water*) Di UPT Rusunawa Graha Bina Harapan adalah :

Bak *grease trap* (Panjang = 0,7 m, lebar = 0,7 m, tinggi = 0,7 m), Bak flotasi (Panjang = 0,7 m, lebar = 0,7 m, tinggi = 1,5 m), Bak ekualisasi (Panjang = 2 m, lebar = 0,6 m, tinggi = 1,5 m), Bak biofilter aerob (Panjang = 2 m, lebar = 2 m, tinggi = 2,25 m, jumlah kompartemen = 2 ruang), Bak sedimentasi (Panjang = 2 m, lebar = 1 m, tinggi = 1 m, jumlah kompartemen = 3 ruang), *Drying bed* (Panjang = 2 m, lebar = 1,2 m, tinggi = 0,7 m), Bak disinfeksi (Panjang = 0,5 m, lebar = 0,5 m, tinggi = 0,5 m).

Saran

Agar limbah yang dihasilkan dari Rusunawa dapat terkendali dan tidak mencemari lingkungan, IPAL yang telah direncanakan ini dapat diterapkan di UPT Rusunawa Graha Bina Harapan.

Apabila IPAL diterapkan, maka perlu dilakukan pengontrolan lebih lanjut pada semua sistem IPAL terutama pada starter bakteri agar dapat berjalan secara efektif.

DAFTAR PUSTAKA

Assiddiq, Cholis NP. 2018. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rusunawa Buring I Menggunakan Subsurface Flow Constructed Wetlands*

Media Tanaman Bintang Air dan Cattail. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN : Malang

Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

Metclaf and Eddy, 2004. *Waste Water Engineering "Treatment and Reuse"*. Mc Graw Hill. Published by : America, New York

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

Peraturan Walikota Yogyakarta Nomor 65 Tahun 2014 Tentang Pembentukan, Susunan, Kedudukan, Fungsi dan Rincian Tugas Unit Pelaksana Teknis Rusunawa Pada Dinas Kimpraswil Kota Yogyakarta

Said, NI. dan Wahyu Widayat. 2018. *Perencanaan dan Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob*. Gosyen Publishing : Yogyakarta.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

ANALISIS HUMAN RELIABILITY ASSESSMENT OPERATOR PAPER MACHINE DENGAN METODE FUZZY HEART

Endang Widuri Asih¹, Winarni², Dian Sekarini³
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: endang.akprind@gmail.com, diandsekarindi@gmail.com

ABSTRACT

The issue regarding human reliability is quite large. Good human reliability will determine the work environment in a safe, healthy, and optimal work system. PT. Pindo Deli is a manufacturing company engaged in paper making. This company involves a variety of large and dangerous machines, so it must prioritize the occupational safety and health of workers. Based on accident data in January-June 2019 the department PM 1-4 experienced 10 workplace accidents caused by human error with an accident ratio of 65% of all human error events in all departments. On paper machine 4, there were 3 work accidents at different operators. The third accident occurred when the operator was doing the paper connecting activity. One form of effort to measure the contribution of labor to a work risk is one of the Human Reliability Assessment (HRA) methods, namely the Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART). Assessment using the HEART method has uncertainty in the assessment of error risk and human reliability, so that it requires fuzzy linguistic logic. The purpose of this study is to identify the risk of work accidents caused by human error and determine the level of error caused using the Fuzzy (HEART) method. The results showed that work that produced a Human Error Probability (HEP) value of more than 0.5 was in task 2.3, which was throwing paper at the calender machine at 0.74 and task 3.4, which was throwing paper at the pope reel at 0.59. Suggestion for task 2.3 is to provide a long arm wearpack and stretch muscles before work, whereas for task 3.4 you should check the reliability of all tools before use.

Keywords: human error, HRA, Fuzzy HEART, HEP.

INTISARI

Persoalan mengenai keandalan manusia cukup besar. Keandalan manusia yang baik akan menentukan lingkungan kerja secara aman, sehat, dan sistem kerja optimal. PT. Pindo Deli adalah perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang pembuatan kertas. Perusahaan ini melibatkan berbagai macam mesin besar dan berbahaya, sehingga harus mengutamakan keselamatan dan kesehatan kerja pekerja. Berdasarkan data kecelakaan pada bulan Januari-Juni 2019 departemen PM 1-4 mengalami 10 kejadian kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *human error* dengan rasio kecelakaan sebesar 65% dari seluruh kejadian *human error* yang ada di seluruh departemen. Pada *paper machine* 4, tercatat ada 3 kecelakaan kerja pada operator yang berbeda. Ketiga kecelakaan tersebut terjadi ketika operator sedang melakukan aktivitas menyambung kertas. Salah satu bentuk usaha untuk mengukur kontribusi tenaga kerja terhadap suatu risiko kerja adalah dengan salah satu metode *Human Reliability Assessment* (HRA) yaitu *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART). Penilaian menggunakan metode HEART terdapat ketidakpastian dalam penilaian risiko kesalahan dan keandalan manusia, sehingga membutuhkan *logic fuzzy linguistic*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi risiko kecelakaan kerja yang diakibatkan oleh *human error* dan menentukan tingkat *error* yang ditimbulkan menggunakan metode *Fuzzy (HEART)*. Hasil penelitian menunjukkan pekerjaan yang menghasilkan nilai *Human Error Probability* (HEP) lebih dari 0,5 ada pada *task* 2.3 yaitu melempar kertas ke mesin *calender* sebesar 0,74 dan *task* 3.4 yaitu melempar kertas ke *pope reel* sebesar 0,59. Saran untuk *task* 2.3 adalah dengan menyediakan *wearpack* lengan panjang dan melakukan peregangan otot sebelum bekerja, sedangkan untuk *task* 3.4 harus mengecek keandalan seluruh alat sebelum digunakan.

Kata Kunci: *human error*, HRA, *Fuzzy HEART*, HEP.

PENDAHULUAN

Tenaga kerja memiliki kontribusi yang cukup besar dalam sistem operasi untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Tenaga kerja yang tidak memperhatikan kemampuan, keselamatan, dan kesehatan disertai dengan melakukan kelalaian dapat menyebabkan

kesalahan kerja, sehingga penting untuk mengetahui keandalan operator (*human reliability*). Tingkat *human reliability* ditentukan dengan memperhitungkan potensi dalam melakukan kesalahan. Kesalahan manusia didefinisikan sebagai setiap tindakan seseorang yang tidak konsisten dengan pola

perilaku atau prosedur yang telah ditentukan. Kesalahan kerja yang terjadi berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja.

Kecelakaan kerja akibat ada kesalahan manusia biasa disebut dengan *human error*. *Human error* didefinisikan sebagai kegagalan manusia dalam melakukan suatu pekerjaan atau menghasilkan pekerjaan yang kurang sesuai dengan tujuan akhir yang ingin dicapai. *Human error* dipengaruhi desain sistem yang tidak memadai, situasi kerja yang buruk, kompleksitas pekerjaan yang tinggi, karakteristik perilaku manusia, kelelahan fisik dan mental, lingkungan kerja serta kebijakan organisasi. Kesalahan kecil dari suatu pekerjaan yang sangat berbahaya dapat berakibat fatal terutama bagi pekerja. Salah satu usaha yang dapat dilakukan dalam rangka mengurangi angka kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *human error* adalah dengan menggunakan metode yang mengukur kontribusi tenaga kerja terhadap suatu risiko kerja (Widharto, 2018).

PT. Pindo Deli Pulp and Paper I merupakan salah satu perusahaan dari Group Asia Pulp and Paper (APP) yang bergerak dibidang manufaktur pembuatan kertas. Perusahaan tersebut berlokasi di Kota Karawang, Jawa Barat. Mesin yang berada di pabrik ini berjumlah 7 mesin kertas (paper machine 1-7). Perusahaan manufaktur yang melibatkan berbagai macam mesin besar dan berbahaya harus mengutamakan keselamatan dan kesehatan kerja para pekerja. Kesehatan dan keselamatan kerja serta keandalan pekerja merupakan hal yang sangat penting bagi sebuah perusahaan (Rohmawan, 2016).

Berdasarkan data observasi, pada tanggal 15 Juni 2019 terdapat seorang pekerja penyambung kertas yang mengalami retak pada jari tangan kanan. Jari tangan kanan pekerja terjepit dalam putaran calender roll akibat menggunakan sarung tangan berbahan kain saat bekerja. Sarung tangan tersebut tanpa sengaja ketarik masuk dalam mesin yang sedang berputar. *Supervisor paper machine 4* mengatakan bahwa pekerja tidak boleh menggunakan sarung tangan kain saat menyambung kertas karena mengurangi sensitivitas indra peraba.

Penelitian perlu dilakukan untuk menganalisis tingkat keandalan manusia (*human reliability*). Pada tahapan awal dilakukan analisis terhadap tugas yang harus dilakukan operator dengan menyusun

Hierarchyal Task Analysis (HTA) dari metode *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART) (Safitri, 2015). HEART digunakan sebagai dasar analisa dan perbaikan (Purwanto, 2014). Penilaian menggunakan metode HEART terdapat ketidakpastian dalam penilaian risiko kesalahan dan keandalan manusia, maka digunakan juga *logic fuzzy* (Prasetyo, 2014). Kombinasi antara HEART dan *fuzzy linguistic* dapat mengurangi subjektivitas dalam menentukan nilai *Assessed Proportion of Effect* (APOE) melalui kriteria pada variabel *linguistic*.

METODOLOGI

Hierarchical Task Analysis (HTA)

HTA merupakan metode *breakdown task* yang paling sering digunakan karena mudah untuk digunakan, detail dan langsung mengenai sasaran. HTA dapat ditampilkan dalam bentuk hierarki diagram atau tabel. *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART)

Langkah awal dalam penelitian ini, yaitu dengan mengidentifikasi masalah yang ada, lalu melakukan pengumpulan data dengan melakukan observasi, wawancara dan berdasarkan data kecelakaan kerja. *Hierarchical Task Analysis* (HTA) ditampilkan dalam bentuk hierarki diagram atau tabel, untuk mendapatkan gambaran secara rinci mengenai aktivitas yang dikerjakan operator. Tahap selanjutnya adalah dengan mengidentifikasi tugas yang tergolong rawan dan sering terjadi *error* dengan mengelompokkan *critical task* ke dalam tabel *Generic Task Type* (GTT). Penentuan *Error Producing Condition* (EPC) dilakukan oleh pihak *expert* dengan memberikan skor EPC. Berdasarkan skor EPCs maka dilakukan perhitungan efek *error* untuk setiap EPCs yang terjadi.

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan probabilitas *human error* dengan melakukan perkalian antara *assessed effect* dengan nominal *human unreliability*. $Assessed\ Effect\ A_i = [(b_i - 1) \times c_i + 1] \dots\dots\dots (1)$

keterangan:

b_i = Nilai *Error Producing Condition* (EPC)

c_i = Nilai *Assessed Proportion of Effect* (APOE)

Perhitungan probabilitas *human error* dengan melakukan perkalian antara *human*

reliability sesuai *generic task* yang diperoleh dengan nilai EPCs.

Human Error Probability (HEP)

$$HEP_j = a \times AE_1 \times AE_2 \times AE_3 \times \dots \times AE_n \quad (2)$$

keterangan:

a = Nilai *Generic Task Type* (GTT)

AE = *Assessed Effect*

HEP = *Human Error Probability* (HEP)

Fuzzy Logic

Penentuan *Assessed Proportion of Effect* (APOE) dilakukan dengan pendekatan *fuzzy linguistic*. Penentuan nilai APOE dilakukan melalui modifikasi *fuzzy linguistic* terhadap penilaian para *expert*.

Tabel 1 *Variable Linguistic*

| Variabel Linguistik | (li, mi, ui) |
|---------------------|-----------------|
| Very Low (VL) | (0, 0.15, 0.3) |
| Low (L) | (0.1, 0.3, 0.5) |
| Medium (M) | (0.3, 0.5, 0.7) |
| High (H) | (0.5, 0.7, 0.9) |
| Very High (VH) | (0.7, 0.85, 1) |

Sumber: Castiglia, 2013

Proses fuzzifikasi dilakukan, untuk mendapatkan nilai yang bernilai tunggal maka dilakukan perhitungan rata-rata geometrik dengan rumus persamaan (3) sebagai berikut:

$$X_g = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n X_i^{f_i}} \quad (3)$$

keterangan:

Xg = rata-rata geometric

n = banyak data (total *expert*)

Xi = skor yang diberikan atau besar data

fi = jumlah *expert* yang memiliki skor Xi

Defuzzifikasi dilakukan dengan menggunakan metode *Center of Gravity* (COG) seperti yang ditampilkan pada persamaan (4) sebagai berikut.

$$F_i = \frac{(u_i - l_i) + (m_i - l_i)}{3} + l_i \quad (4)$$

Sumber: Peng-Cheng (2019)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hierarchical Task Analysis (HTA)

Pada tahap ini setiap proses pekerjaan yang dilakukan oleh operator akan dijabarkan lebih mendetail yaitu dengan bagan-bagan. Penyambungan kertas dilakukan di tiga bagian mesin, dimana setiap bagian memiliki empat aktivitas. HTA dari proses penyambungan kertas di tiga bagian mesin, yaitu *size press* menuju *fourth dryer*, *fifth dryer* menuju *calender*, dan *calender* menuju *pope reel*.

Generic Task Type (GTT)

Pengklasifikasian *Generic Task Type* (GTT) dari aktivitas pekerjaan dilakukan dengan cara pengamatan operator secara langsung di lapangan secara mendetail yaitu mengklasifikasi *task unreability* dari setiap proses pekerjaan.

Possible Error

Setiap task akan dilakukan identifikasi terhadap kemungkinan error yang dapat terjadi pada setiap task. Hasil *possible error* ditunjukkan apada Tabel 2.

Error Producing Condition (EPC)

Setiap task dilakukan identifikasi terhadap kondisi-kondisi yang menyebabkan error menggunakan *Error Producing Condition* (EPC).

Assessed Proportion of Effect dengan Fuzzy linguistic

Penilaian *expert* dinyatakan dalam *variable linguistic* kemudian dikonversikan dalam *fuzzy number* yang ada. Defuzzifikasi dilakukan pada *fuzzy number* untuk mendapatkan nilai crisp menggunakan metode *Center of Gravity* (COG). Tabel asumsi untuk menentukan proporsi kesalahan ditunjukkan pada Tabel 4. Penilaian *expert* tersebut akan dikonversikan ke dalam *fuzzy number* seperti dalam tabel 5.

Rata-Rata Geometric dan Assessed Proportion Of Effect

Perhitungan rata-rata geometric untuk li pada no. EPC 1a terhadap *fuzzy number expert 1, expert 2, dan expert 3*:

$$X_g = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n X_i^{f_i}}$$

$$X_g = \sqrt[3]{0,3 \times 0,1 \times 0,3}$$

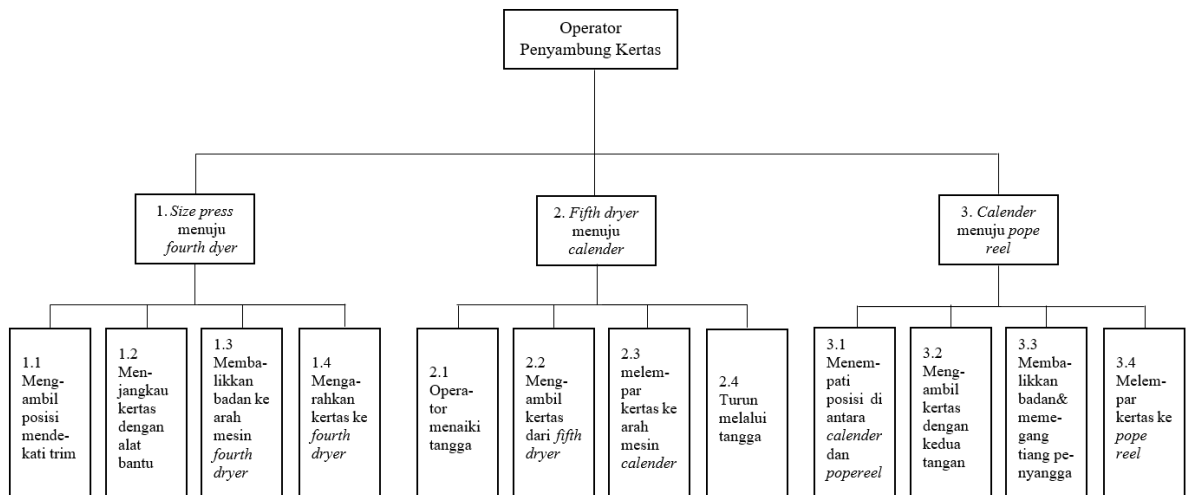
$$X_g = 0,21$$

Berikut merupakan contoh perhitungan defuzzifikasi pada hasil rata-rata geometric pada EPC 1a.

$$F_i(APOE) = \frac{(u_i - l_i) + (m_i - l_i)}{3} + l_i$$

$$F_i(APOE) = \frac{(0,62 - 0,21) + (0,42 - 0,21)}{3} + 0,21$$

$$F_i(APOE) = 0,42$$



Gambar 1 Hierarchical Task Analysis Operator Penyambung Kertas

Tabel 1. Genertic Task Type Operator Penyambung Kertas

| No. Task | Task | Generic Task Type | Nominal Human Unreliability | No. Task | Task | Generic Task Type | Nominal Human Unreliability |
|----------|--|-------------------|-----------------------------|----------|--|-------------------|-----------------------------|
| 1.1 | Mengambil posisi mendekati mesin <i>size press</i> | D | 0,09 | 2.3 | Melempar kertas ke mesin <i>calender</i> dengan membalikkan badan serta posisi kaki kiri di depan dan kaki kanan ke belakang | E | 0,02 |
| 1.3 | Balik kanan dengan kaki kiri setengah meloncat ke arah mesin <i>fourth dryer</i> | E | 0,02 | 2.4 | Turun melalui tangga | D | 0,09 |
| 1.4 | Melempar kertas dan mengarahkan ke mesin <i>fourth dryer</i> | E | 0,02 | 3.2 | Mengambil kertas dengan kedua tangan | E | 0,02 |
| 2.1 | Operator menaiki tangga mendekati mesin <i>fifth dryer</i> | D | 0,09 | 3.3 | Berbalik badan dengan tangan kanan berpegangan pada tiang penyangga | D | 0,09 |
| 2.2 | Mengambil kertas yang keluar dari mesin <i>fifth</i> | E | 0,02 | 3.4 | Melempar kertas ke <i>pope reel</i> | E | 0,02 |

| | |
|---|--------------------|
| dryer dengan kedua tangan dan posisi kaki melebar | dengan tangan kiri |
|---|--------------------|

Tabel 2 Possible Operator Error Penyambung Kertas

| No. Task | Possible Error | No. Task | Possible Error |
|----------|---|----------|--|
| 1.1 | Operator tidak memperhatikan jalan yang dilalui Terpapar bahan kimia Tersentuh pipa panas | 2.3 | Operator tidak fokus ketika melakukan tugas dan terjadi salah posisi tubuh |
| 1.3 | Operator tidak menjaga keseimbangan dan salah posisi | 2.4 | Operator tidak memperhatikan jalan |
| 1.4 | Bagian tubuh terlalu dekat dengan mesin | 3.2 | Operator tidak merendahkan kepala |
| 2.1 | Operator tidak memperhatikan jalan | 3.3 | Operator mengabaikan aktifitas berpegangan pada tiang penyangga |
| 2.2 | Operator tidak menjaga keseimbangan dan posisi badan salah | 3.4 | Operator tidak fokus ketika melempar kertas |

Tabel 3 Error Producing Condition Operator Penyambung Kertas

| No. Task | Konsekuensi Kegagalan | No. EPC | Nilai EPC | No. Task | Konsekuensi Kegagalan | No. EPC | Nilai EPC |
|----------|--|---------|-----------|----------|---|---------|-----------|
| 1.1 | Tergelincir jika terdapat oli atau genangan air yang tercecer dan terjatuh dari tangga | 1a | 4 | 2.3 | Bagian tubuh terutama sobekan kertas dan cidera otot | 6c | 3 |
| | Gatal-gatal, alergi, cacat | 1b | 1,2 | 2.3 | Bagian tubuh terutama tangan dan kaki terkena sobekan kertas dan cidera otot | 6d | 1,2 |
| 1.3 | Bagian tubuh terluka atau terbakar | 1c | 2,5 | 2.4 | Terpleset dan terjatuh | 7a | 4 |
| | Bagian tubuh terluka atau terbakar | 2a | 11 | | | 7b | 2 |
| 1.3 | Bagian tubuh terluka atau terbakar | 2b | 3 | 3.2 | Kepala terbentur mesin scanner | 8a | 4 |
| | | 3a | 11 | | | 8b | 2,5 |
| 1.4 | Kulit terkena cipratan bahan kimia dan terkena radiasi panas dari mesin | 3b | 2,5 | 3.2 | Kepala terbentur mesin scanner | 8c | 1,3 |
| | | | | | | | |
| 2.1 | Terjatuh atau tersandung | 4a | 4 | 3.3 | Terjatuh dan bagian tubuh mengenai roll mesin | 9a | 8 |
| | | 4b | 2 | | | 9b | 3 |
| 2.2 | Kepala terbentur besi, tangan terkenal roll mesin, cidera otot, dan badan terjatuh | 5a | 4 | 3.4 | Ketidakseim-bangan dapat menyebabkan tubuh terlalu condong ke depan hingga tangan terkena nip mesin | 9c | 1,6 |
| | | 5b | 3 | | | 10a | 11 |
| | | 5c | 2,5 | | | 10b | 4 |
| | | 5d | 1,4 | | | 10c | 1,8 |
| 2.3 | Bagian tubuh terutama sobekan kertas dan cidera otot | 6a | 11 | 3.4 | Ketidakseim-bangan dapat menyebabkan tubuh terlalu condong ke depan hingga tangan terkena nip mesin | 10d | 1,6 |
| | | 6b | 4 | | | 10e | 1,1 |

Tabel 4 Kriteria Menentukan Asumsi Proporsi Kesalahan

| Variable Linguistic | Keterangan |
|----------------------------|--|
| Very Low (V) | EPC tidak terlalu berpengaruh terhadap HEP. Frekuensi kesalahan 1-3 kali setiap bulan. |
| Low (L) | EPC berpengaruh terhadap HEP. Frekuensi kesalahan 3-5 kali setiap bulan. |
| Medium (M) | EPC tidak terlalu berpengaruh terhadap HEP. Frekuensi kesalahan 5-7 kali setiap bulan. |
| High (H) | EPC tidak terlalu berpengaruh terhadap HEP. Frekuensi kesalahan 7-9 kali setiap bulan. |
| Very High (VH) | EPC tidak terlalu berpengaruh terhadap HEP. Frekuensi kesalahan > 9 kali setiap bulan. |

Tabel 5 Penilaian *Expert* untuk Setiap EPC Menyambung Kertas

| No. Task | No. EPC | Assessed Proportion of Effect | | | No. Task | No. EPC | Assessed Proportion of Effect | | |
|----------|---------|-------------------------------|----------|-----------|----------|----------|-------------------------------|----------|----------|
| | | Expert 1 | Expert 2 | Expert 3 | | | Expert 1 | Expert 2 | Expert 3 |
| 1.1 | 1a | Medium | Low | Medium | 2.3 | 6c | Low | Very Low | Low |
| | 1b | Medium | Medium | Medium | | 6d | High | High | High |
| | 1c | Medium | High | High | 2.4 | 7a | Medium | High | High |
| 1.3 | 2a | Medium | Medium | High | | 7b | Low | Medium | Medium |
| 1.3 | 2a | Very Low | Very Low | Low | 8a | Medium | High | High | |
| 1.4 | 3a | Medium | High | High | 3.2 | 8b | High | Medium | Medium |
| | 3b | High | High | High | | 8c | Medium | Medium | High |
| 2.1 | 4a | Medium | Medium | Medium | 9a | Low | Low | Very Low | |
| 2.1 | 4b | Low | Very Low | Very Low | 3.3 | 9b | Very Low | Very Low | Low |
| 2.2 | 5a | Medium | High | High | | 9c | Low | Very Low | Low |
| | 5b | Very Low | Very Low | Very Low | 10a | High | Medium | High | |
| 2.2 | 5c | High | Medium | High | 10b | Low | Medium | Medium | |
| | 5d | Low | Very Low | Very Low | 3.4 | 10c | High | High | High |
| 2.3 | 6a | Very High | High | Very High | | 10d | Low | Very Low | Low |
| | 6b | Medium | High | High | 10e | Very Low | Low | Very Low | |

Tabel 6. Konversi Penilaian *Expert* 1, 2, dan 3 ke dalam Fuzzy Number Menyambung Kertas

| EPC | Expert 1 | | | Expert 2 | | | Expert 3 | | | EPC | Expert 1 | | | Expert 2 | | | Expert 3 | | |
|-----|----------|-----|-----|----------|-----|-----|----------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|----------|------|-----|----------|-----|-----|
| | li | mi | ui | li | mi | ui | li | mi | ui | | li | mi | ui | li | mi | ui | li | mi | ui |
| 1a | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 6c | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0 | 0,15 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,5 |
| 1b | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 6d | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| 1c | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 7a | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|
| 2a | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 7b | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 2b | 0 | 0,15 | 0,3 | 0 | 0,15 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 8a | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| 3a | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 8b | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 3b | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 8c | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| 4a | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 9a | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0 | 0,15 | 0,3 |
| 4b | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0 | 0,15 | 0,3 | 0 | 0,15 | 0,3 | 9b | 0 | 0,15 | 0,3 | 0 | 0,15 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,5 |
| 5a | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 9c | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0 | 0,15 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,5 |
| 5b | 0 | 0,15 | 0,3 | 0 | 0,15 | 0,3 | 0 | 0,15 | 0,3 | 10a | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| 5c | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 10b | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 5d | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0 | 0,15 | 0,3 | 0 | 0,15 | 0,3 | 10c | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| 6a | 0,7 | 0,85 | 1 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,7 | 0,85 | 1 | 10d | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0 | 0,15 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,5 |
| 6b | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 10e | 0 | 0,15 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0 | 0,15 | 0,3 |

Assessed Effect (AE)

Perhitungan Assessed Effect (AE) dilakukan pada masing-masing EPC di setiap task. Rumus pada perhitungan Assessed Effect (AE) dapat dilihat pada rumus (1). Berikut merupakan contoh perhitungan Assessed Effect (AE) pada EPC 1a.

$$AE_i = [(b_i-1) \times F_i + 1]$$

$$AE_i = [(4-1) \times 0,42 + 1]$$

$$AE_i = 2,26$$

Hasil dari perhitungan Assessed Proportion of Effect (APOE) dan Assessed Effect (AE) di masing-masing EPC pada operator penyambung kertas di paper machine 4 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Nilai AE pada masing-masing EPC Operator Penyambung Kertas

| No | APOE | Nominal EPC | AE | No | APOE | Nominal EPC | AE |
|----|------|-------------|------|-----|------|-------------|------|
| 1a | 0,42 | 4 | 2,25 | 6c | 0,22 | 3 | 1,44 |
| 1b | 0,5 | 1,2 | 1,1 | 6d | 0,7 | 1,2 | 1,14 |
| 1c | 0,63 | 2,5 | 1,94 | 7a | 0,63 | 4 | 2,88 |
| 2a | 0,56 | 11 | 6,62 | 7b | 0,42 | 2 | 1,42 |
| 2b | 0,18 | 3 | 1,37 | 8a | 0,63 | 4 | 2,88 |
| 3a | 0,63 | 11 | 7,28 | 8b | 0,56 | 2,5 | 1,84 |
| 3b | 0,7 | 2,5 | 2,05 | 8c | 0,56 | 1,3 | 1,17 |
| 4a | 0,5 | 4 | 2,51 | 9a | 0,22 | 8 | 2,56 |
| 4b | 0,18 | 2 | 1,18 | 9b | 0,18 | 3 | 1,37 |
| 5a | 0,63 | 4 | 2,88 | 9c | 0,22 | 1,6 | 1,13 |
| 5b | 0,15 | 3 | 1,3 | 10a | 0,63 | 11 | 7,28 |
| 5c | 0,63 | 2,5 | 1,94 | 10b | 0,42 | 4 | 2,25 |
| 5d | 0,18 | 1,4 | 1,07 | 10c | 0,7 | 1,8 | 1,56 |
| 6a | 0,8 | 11 | 8,98 | 10d | 0,22 | 1,6 | 1,13 |
| 6b | 0,63 | 4 | 2,88 | 10e | 0,18 | 1,1 | 1,02 |

Human Error Probability (HEP)

Nilai HEP didapatkan dari perkalian antara generic task dan nilai Assessed Effect (AE) sehingga didapat nilai probabilitas terjadi suatu kesalahan atau kegagalan manusia terhadap aktivitas yang dikerjakan. Berikut

merupakan contoh perhitungan HEP operator penyambung kertas pada task 1.1.

$$HEP_j = a \times AE_1 \times AE$$

$$= 0,09 \times 2,25 \times 1,1 \times 1,94$$

$$= 0,43$$

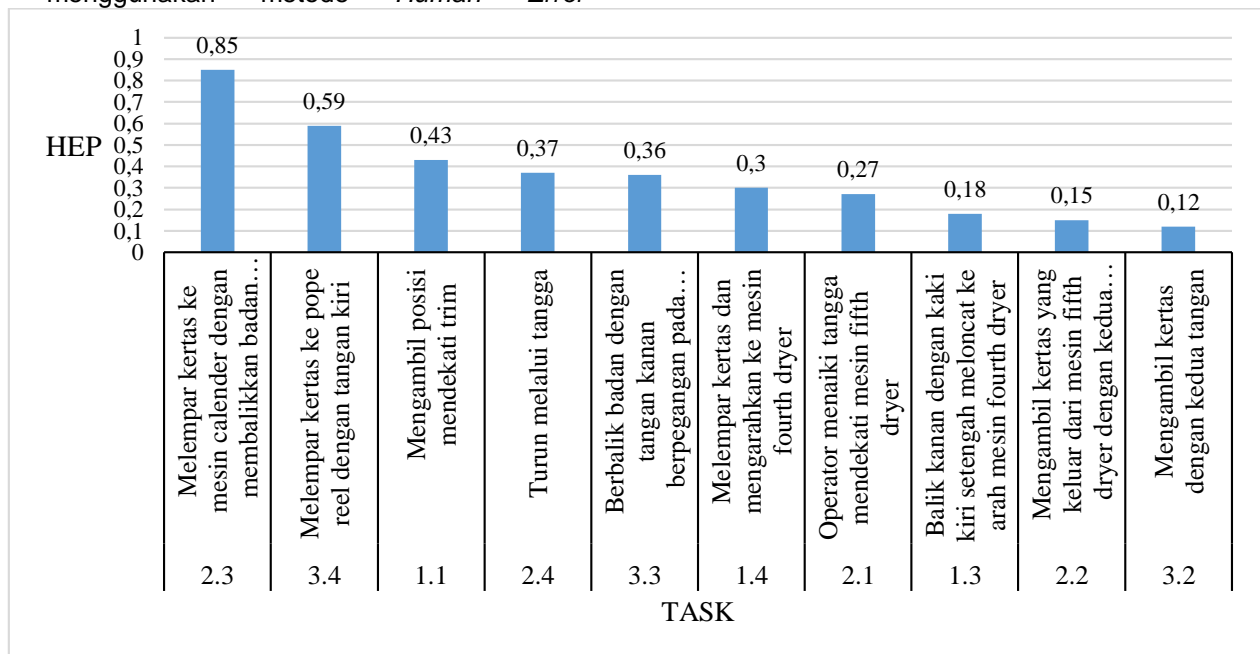
Tabel 8 Rekap Nilai Human Error Probability (HEP) Operator Penyambung Kertas

| No. Task | Nominal Human Unreliability | No. EPC | Nilai EPC | APOE | AE | HEP |
|----------|-----------------------------|---------|-----------|------|------|------|
| 1.1 | 0,09 | 1a | 4 | 0,42 | 2,25 | 0,43 |
| | | 1b | 1,2 | 0,5 | 1,1 | |
| | | 1c | 2,5 | 0,63 | 1,94 | |
| 1.3 | 0,02 | 2a | 11 | 0,56 | 6,62 | 0,18 |
| | | 2b | 3 | 0,18 | 1,37 | |
| 1.4 | 0,02 | 3a | 11 | 0,63 | 7,28 | 0,3 |
| | | 3b | 2,5 | 0,7 | 2,05 | |
| 2.1 | 0,09 | 4a | 4 | 0,5 | 2,51 | 0,27 |
| | | 4b | 2 | 0,18 | 1,18 | |

| | | | | | | |
|-----|------|-----|-----|------|------|------|
| 2.2 | 0,02 | 5a | 4 | 0,63 | 2,88 | 0,15 |
| | | 5b | 3 | 0,15 | 1,3 | |
| | | 5c | 2,5 | 0,63 | 1,94 | |
| | | 5d | 1,4 | 0,18 | 1,07 | |
| 2.3 | 0,02 | 6a | 11 | 0,8 | 8,98 | 0,85 |
| | | 6b | 4 | 0,63 | 2,88 | |
| | | 6c | 3 | 0,22 | 1,44 | |
| | | 6d | 1,2 | 0,7 | 1,14 | |
| 2.4 | 0,09 | 7a | 4 | 0,63 | 2,88 | 0,37 |
| | | 7b | 2 | 0,42 | 1,42 | |
| 3.2 | 0,02 | 8a | 4 | 0,63 | 2,88 | 0,12 |
| | | 8b | 2,5 | 0,56 | 1,84 | |
| | | 8c | 1,3 | 0,56 | 1,17 | |
| 3.3 | 0,09 | 9a | 8 | 0,22 | 2,56 | 0,36 |
| | | 9b | 3 | 0,18 | 1,37 | |
| | | 9c | 1,6 | 0,22 | 1,13 | |
| 3.4 | 0,02 | 10a | 11 | 0,63 | 7,28 | 0,59 |
| | | 10b | 4 | 0,42 | 2,25 | |
| | | 10c | 1,8 | 0,7 | 1,56 | |
| | | 10d | 1,6 | 0,22 | 1,13 | |
| | | 10e | 1,1 | 0,18 | 1,02 | |

Nilai *Human Error Probability* (HEP) pada operator penyambung kertas menggunakan metode *Human Error*

Assessment and Reduction Technique (HEART) ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Grafik Nilai HEP Pada Operator Penyambung Kertas

Gambar tersebut menjelaskan akumulasi dari HEP tertinggi sampai terendah. Nilai HEP yang semakin tinggi menunjukkan bahwa peluang *error* yang ditimbulkan juga cukup besar. *Task* yang paling berpotensi terjadi

suatu *human error* adalah *task* 2.3 dan 3.4, pekerjaan tersebut memiliki nilai HEP lebih dari 0,5 satuan. *Task* 2.3 yaitu melempar kertas ke mesin *calender* dengan membalikkan badan serta posisi kaki kiri di

depan dan kaki kanan ke belakang memiliki HEP sebesar 0,85. *Task 3.4* yaitu melempar kertas ke *pope reel* dengan tangan kiri memiliki HEP sebesar 0,59.

Task 2.3 yaitu melempar kertas ke mesin *calender* dengan membalikkan badan serta posisi kaki kiri di depan dan kaki kanan ke belakang dapat menimbulkan risiko tangan terkena sobekan kertas dan cedera otot. Tangan terkena sobekan kertas diakibatkan operator yang tidak menggunakan *wearpack* lengan panjang. Hal ini disebabkan perusahaan tidak menyediakan *wearpack* lengan panjang. Beberapa operator bekerja hanya dengan menggunakan kaos, hal ini disebabkan lingkungan kerja yang panas dan sirkulasi udara yang kurang memadai. Risiko cedera otot juga dialami operator akibat gerakan membalikkan tubuh dengan tenaga yang besar dan tiba-tiba. Peregangan tubuh sebelum bekerja sangat diperlukan agar otot dapat rileks dan tidak kaku sehingga kemungkinan terjadi kram dan cedera otot akan berkurang.

Task 3.4 yaitu melempar kertas ke *pope reel* dengan tangan kiri dapat menimbulkan risiko tangan operator masuk ke dalam *roll* mesin. Risiko ini dapat terjadi oleh beberapa hal, yaitu ketidakandalan alat bantu pegangan, operator yang tidak fokus dan terburu-buru, serta penggunaan APD yang tidak tepat. Rekomendasi perbaikan yang seharusnya dilakukan adalah selalu mengecek keandalan alat sebelum digunakan. Operator harus fokus karena berhadapan dengan mesin yang cukup berbahaya, dan mentaati *work instruction* yang sudah ada.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis penelitian yang dilakukan di PT. Pindo Deli khususnya di *paper machine 4* mengenai keselamatan operator menggunakan metode *Fuzzy Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART) didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Risiko potensi kecelakaan kerja pada operator penyambung kertas yaitu tergelincir, terpapar bahan kimia, terbakar, terjatuh, cedera otot, tersayat, terbentur, dan patah tulang.
2. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa terdapat 2 *task* yang memiliki HEP lebih dari 0,5, yaitu *task 2.3* dan *task 3.4*. *Task 2.3* menghasilkan nilai HEP sebesar 0,85 yaitu pada saat melempar kertas ke mesin *calender* dan *task 3.4* sebesar 0,59 yaitu

pada saat melempar kertas ke *pope reel*. Nilai HEP terendah ada pada *task 3.2* yaitu mengambil kertas dengan kedua tangan dari mesin *calender*.

DAFTAR PUSTAKA

- Castiglia, F., dan Giardina, M., 2013, *Analysis of Operator Human Errors in Hydrogen Refuelling Stations: Comparison Between Human Rate Assessment Techniques*, *International Journal*, 38: 1166-1176.
- Iridiastadi, H. dan Yassierli, 2016, *Ergonomi: Suatu Pengantar*, Bandung: Rosdakarya.
- Kusumadewi, S., dan Hari, P., 2004, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Mendukung Keputusan*, Grha Ilmu: Yogyakarta.
- Meister, D., 1976, *Human Factors: Theory and Practice*. John Wiley & Sons Inc: New York.
- Peng-Cheng, L., dkk, 2010, *Fuzzy Logic Based Approach for Identifying The Risk Importance of Human Error*. Safety Science.
- Prasetyo.H., dan Sutisna,U.,(2014), *Implementasi Algoritma Logika Fuzzy untuk Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas Menggunakan Mikrokontroler*, Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo: Purwokerto.
- Purwanto,dkk., 2014, *Analisis Human Error Operator Mesin Ring Yarn Dengan Metode Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART)*, Universitas Muhammadiyah Surakarta: Solo.
- Rigby, L.V., 1970, *The Nature of Human Error Annual Technical Conference Transactions of the ASQC*. American Society for Quality Control: USA.
- Rohmawan,F. dan Palupi,D.R., 2016, *Penggunaan Metode HEART dan JSA Sebagai Upaya Pengurangan Human Error Pada Kecelakaan Kerja di Departemen Produksi*, *Jurnal Teknik Industri* (17)(1), Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Safitri,D.M.,dkk, 2015, *Human Reliability Assessment dengan Metode Human Error Assessment and Reduction Technique Pada Operator Stasiun Shroud PT. X*, *Jurnal Rekayasa Industri* (4)(1), Universitas Trisakti: Jakarta.
- Widharto,Y.,dkk, 2018, *Analisis Human Reliability Assessment Dengan Metode HEART (Studi Kasus PT. ABC)*. Universitas Diponegoro: Semarang.

HUBUNGAN KETERDAPATAN BATUAN KALK SILIKAT PADA ENDAPAN PORFIRI CU-AU BATU HIJAU, SUMBAWA, NUSA TENGGARA BARAT

Dian Agus Widiarso¹, Rachdian Eko Suprpto¹, Tri Winarno¹, Arie Noor Rakhman²
Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro¹, Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Sains dan Teknologi AKPRIND²
E-mail: dianagusgeo@gmail.com

ABSTRACT

The potential of copper (Cu) and gold (Au) resources in Batu Hijau, West Nusa Tenggara is very abundant. The rocks in Batu Hijau have a Cu-Au porphyry type of mineral deposit system and a secondary potential deposit of the scarn type. The presence of the scarn is shown by the silicate calc rock interval on the results of core drilling in Batu Hijau. The research method used in the study is the description of silicate calc rock (recording of core rock megascopic and petrographic analysis) and physicochemical secondary data analysis. The observed silicate calc rock consisted of variations of hornfels and scarn with the composition of calc silicate minerals, sulfide minerals and oxide minerals. Spatially, the silicate calc rocks are seating in the zone of proximal porphyry deposits, localized distribution due to control of geological structure, variations in the shallowest depths of silicate calc rock in the west area of 147.93 m and in the east area of 205 m in which the deepest intervals in the western area 540.4 m and the eastern area 571.84 m. Genetically, the scarification of gradation and retrogradation is equivalent to the potassic-phylum alteration zone (320°-280°C) and the initial phase of prophyllitic (~ 280°C) of the porphyry sediment alteration zone. The silicate calc rocks have spatial and genetic correlations with Cu-Au porphyry deposits.

Keywords: content, formatting, article.

INTISARI

Potensi sumber daya tembaga (Cu) dan Emas (Au) di Area Batu Hijau, Nusa Tenggara barat sangat melimpah. Batuan di Batu Hijau memiliki sistem endapan mineral berjenis porfiri Cu-Au dan potensi endapan penyerta berjenis skarn. Keterdapatan skarn ditunjukkan oleh interval batuan kalk silikat pada hasil pemboran batuan inti di Batu Hijau. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah deskripsi batuan kalk silikat (pendataan megaskopis batuan inti dan analisis petrografi) dan analisis data sekunder fisikokimia. Batuan kalk silikat area penelitian terdiri dari variasi hornfels dan skarn dengan komposisi mineral kalk silikat, mineral sulfida dan mineral oksida. Secara spasial, batuan kalk silikat berada di zona proksimal endapan porfiri, persebaran setempat akibat kontrol struktur geologi, variasi kedalaman terdangkal batuan kalk silikat di area Barat 147,93 m dan di area Timur 205 m dengan interval terdalam di area barat -540,4 m dan area Timur -571,84 m. Secara genetik, skarnifikasi progradasi dan retrogradasi ekuivalen dengan zona alterasi potasik-filik (320° - 280°C) dan fase awal profilitik (~280°C) dari zona alterasi endapan porfiri. Batuan kalk silikat memiliki korelasi spasial dan genetik dengan endapan porfiri Cu-Au.

Kata Kunci: isi, format, artikel.

PENDAHULUAN

Pulau Sumbawa, Nusa Tenggara Barat, termasuk dalam busur kepulauan gunungapi utama di Indonesia yaitu Area Timur Paparan Sunda dalam Sistem Busur Kepulauan Sunda-Banda. Kondisi tersebut menjadi salah satu alasan keterdapatan zona alterasi-mineralisasi di Pulau Sumbawa, contoh zona yang ekonomis adalah Endapan Porfiri Cu-Au Batu Hijau. Lokasi Batu Hijau dikelola oleh PT Amman Mineral Nusa Tenggara (AMNT) menggunakan sistem tambang terbuka (*open pit*). Menurut, nilai cadangan terbukti dan terduga di Batu Hijau sebesar 913 juta ton dengan nilai rata-rata 0,53% Cu (4,84 juta ton)

dan 0,41 *part per milion (ppm)* atau gram/ton (g/t) Au (375 ton) (Ali, 1997).

Endapan skarn Cu-Au umumnya terkait dengan endapan porfiri Cu-Au dan banyak memberikan tambahan bijih bermutu tinggi di sekitar endapan porfiri (Einaudi, 1982) Endapan Skarn Cu-Au adalah jenis skarn yang paling melimpah di dunia, terutama terbentuk di zona orogenik terkait subduksi pada lempeng samudra/lempeng benua (Einaudi, et al., 1981). Batuan Kalk Silikat Batu Hijau termasuk jenis eksoskarn kalsik yang terdiri atas skarn kaya unsur besi (Fe) teroksidasi serta dikontrol oleh zona struktur patahan dan rekahan tanpa berasosiasi dengan batugamping (Aye, 2012) Produk Cu-

Au Batu Hijau terkenal berasal dari sistem endapan porfiri, sementara endapan skarn terkenal berasosiasi dengan mayoritas batugamping. Fakta lapangan menjelaskan bahwa Batu Hijau memiliki indikasi keterdapatannya endapan skarn pada sistem endapan porfiri dengan mayoritas litologi piroklastik. Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukan penelitian mengenai korelasi keterdapatannya skarn pada Endapan Porfiri Cu-Au Batu Hijau. Lokasi penelitian berada di area pusat tambang terbuka Batu Hijau (UTM zonasi 50 S: 485200-48600 mE; 9008400-9009600 mN) dengan luas area penelitian $\pm 1,6 \times 1,6$ km²

Bahan yang diperlukan dalam penelitian adalah Peta Geologi Batu Hijau Kuartir 3 Tahun 2015, Peta Sebaran Alterasi Batu Hijau Kuartir 3 Tahun 2015, Peta Sebaran Mineralisasi Batu Hijau Kuartir 3 Tahun 2015, Data penelitian terdahulu terkait endapan porfiri dan endapan skarn dan sampel batuan untuk analisis laboratorium. Metode dalam penelitian antara lain analisis data sekunder fisikokimia, deskripsi batuan kalk silikat (pendataan batuan inti, petrografi dan mineragrafi), analisis tahapan skarnifikasi korelasi batuan kalk silikat dengan endapan porfiri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Korelasi Genetik

Asosiasi litologi area penelitian diawali dengan terendapkannya material piroklastik berupa satuan breksi andesit vulkanik (V_{xa}) selama Miosen Awal hingga Miosen Tengah. Satuan V_{xa} memiliki persebaran yang sangat luas dengan orientasi kemiringan perlapisan landai. Satuan V_{xa} mengalami proses intrusi secara berurutan oleh intrusi diorit kuarsa (Miosen Akhir-Pliosen Tengah) dan seri intrusi tonalit muda dan tonalit intermediet (Pliosen Awal-Pliosen Tengah). Berdasarkan kondisi fisikokimia dan kadar mineral ekonomis, intrusi tonalit intermediet adalah intrusi pengontrol utama alterasi dan mineralisasi di area penelitian.

Zona alterasi di area penelitian terbagi menjadi 4, yaitu zona alterasi potasik, zona alterasi filik, zona alterasi profilitik dan zona alterasi argilik. Keempat zona alterasi ini menunjukkan adanya kontrol perubahan kondisi suhu dan pH dari fluida hidrotermal. Fase awal intrusi, dapur magma mengalami kondisi jenuh air (H₂O) dan komponen volatil lain seperti H₂S, CO₂, HCl, HF, H₂O dan SO₂ (Burnham, 1979 dalam (Aye, 2012) Kejenuhan terhadap unsur volatil menyebabkan

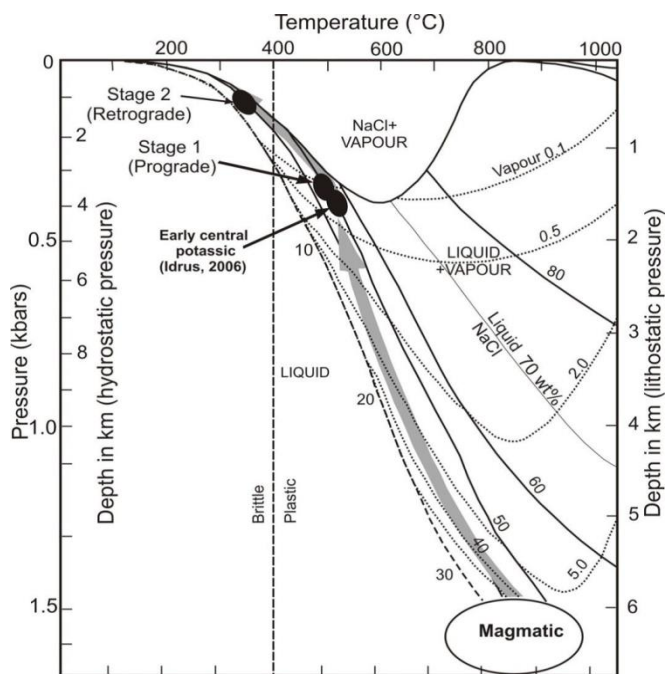
kristalisasi selama magma naik ke permukaan. Pematangan fluida magmatik terakumulasi pada bagian atas magma sekaligus menghasilkan tekanan yang menginisiasi perekahan hidrolik (*hydraulic fracturing*). Rekahan bertindak sebagai jalur migrasi ke magma tonalit dan fluida hidrotermal menuju permukaan ataupun area dengan gradien tekanan yang lebih rendah. Dapur magma penghasil intrusi tonalit berada sekitar 5,5 km di bawah *paleosurface* di Batu Hijau dan memiliki volume sekitar 35 km³ berdasarkan analisis mineral hornblenda magmatik (Garwin, 2000)

Tonalit porfiri mengalami pembekuan sepanjang kontak breksi andesit vulkanik dan diorit kuarsa sebagai batuan dinding. Batas kontak menjadi zona yang mengalami deformasi *brittle* dan menghasilkan *vein/veinlet* kuarsa. Tahap awal intrusi dicirikan oleh pembentukan zona alterasi potasik. Proses pendinginan berjalan relatif cepat sehingga persebaran alterasi potasik tidak terlalu luas berbanding lurus dengan kecepatan fase awal pendinginan tubuh intrusi. Berdasarkan aspek fisikokimia, alterasi potasik (260°->300° C) ekuivalen dengan alterasi skarn tahap progradasi (440°-480° C). Alterasi potasik tahap awal mulai terjadi pada kisaran suhu 450°-500° C dengan tekanan $\pm 0,4$ kbar dan kedalaman 1,5 km berdasarkan tekanan litostatik. Zona ini menandai adanya transfer panas dari proses pelelehan magma yang menyebabkan kondisi suhu dan tekanan sistem hidrotermal akan naik dan menunjukkan tahap progradasi. Perkembangan intrusi tonalit menuju permukaan secara bertahap menghasilkan tahap progradasi dalam proses skarnifikasi dengan kondisi sedikit lebih rendah dibandingkan kondisi alterasi potasik awal.

Berdasarkan kondisi fisikokimia batuan kalk silikat, pada tahapan progradasi dan alterasi potasik akan dikontrol oleh deformasi *ductile* yang lebih luas sementara pada tahap retrogradasi akan menunjukkan deformasi *brittle* (rekahan) yang lebih luas (Gambar 1).

Alterasi potasik menghasilkan *partial* biotit dan biotit sekunder sementara alterasi skarn menghasilkan kelompok mineral kalk silikat anhidrat. Metamorfisme kontak berhubungan dengan fase intrusi yang terjadi beberapa fase (*multiple stage intrusion*) dan menyebabkan persebaran karakter hornfelsik secara tetap bereaksi dengan batuan magmatik pada kondisi kedalaman yang dangkal (Meinert, 2000).

Batuan kalk silikat berjenis hornfels merupakan produk tahap awal metamorfisme kontak (Rosen, et al., 2007) ; (Gillen, 1982). Dinamika komponen kimiawi batuan breksi andesit vulkanik mengalami perubahan sebanding dengan proses metamorfisme yang dialami. Dominasi fluida magmatik intrusi tonalit membawa senyawa baru yang bereaksi dengan senyawa yang sudah ada. Pembentukan hornfels mengakibatkan oksida utama seperti SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , MgO dan MnO mengalami peningkatan, sementara TiO_2 dan FeO mengalami penurunan.



Gambar 1. Diagram P-T untuk sistem H_2O dan NaCl di Endapan Porfiri Batu Hijau.

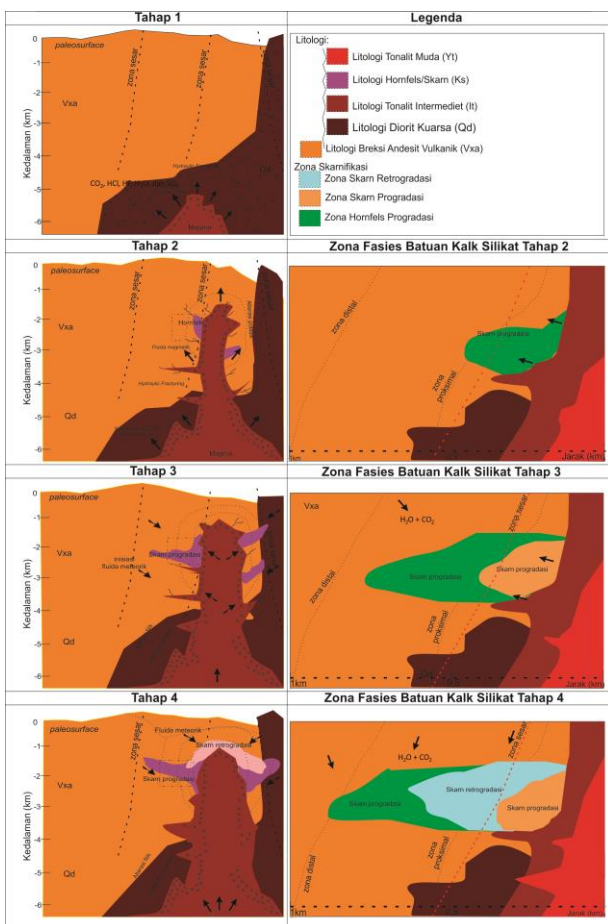
Alterasi potasik tahap akhir terjadi pada kisaran suhu 300°C - 320°C diikuti oleh perkembangan tahap skarnifikasi progradasi yaitu subtahap 2. Kondisi deformasi yang dihasilkan adalah zona rekahan dan mineralisasi mineral opak. Mineralisasi pada sistem porfiri menghasilkan bornit, kalkopirit dan pirit dengan pola *stockwork* kuarsa di zona alterasi potasik. Mineralisasi pada subtahap 2 menghasilkan kalkopirit dan magnetit. Perkembangan sistem skarn sangat dipengaruhi oleh ketersediaan batuan sumber (*protolith*) kaya unsur Ca sehingga menghasilkan jumlah mineral kalk silikat yang signifikan dari proses skarn progradasi. Tahap ini dikontrol dominan oleh komposisi fluida magmatik yang mengalami sirkulasi konvektif pada sistem hidrotermal. Mineralogi yang

terbentuk selama tahap progradasi dicirikan dengan variasi ukuran butir halus hingga kasar. Secara bertahap, garnet dan piroksen akan mengalami pengayaan unsur besi (Fe) dan penurunan unsur magnesium (Mg). Mineralisasi magnetit menjadi dominan dari sulfida lainnya, terbentuk selama proses penggantian garnet/piroksen pada kontak tubuh intrusi dan skarn serta kontak skarn dengan breksi andesit vulkanik.

Penurunan suhu intrusi berkembang seiring waktu dan menghasilkan zona alterasi berbeda pada area yang lebih jauh dari tubuh intrusi. Pembentukan zona alterasi filik terbentuk pada kisaran suhu 280°C - 320°C dan menandakan terjadinya proses pendinginan suhu. Zona alterasi filik memiliki korelasi dengan tahap retrogradasi pada proses skarnifikasi. Proses skarnifikasi tahap retrogradasi terjadi pada suhu kisaran 300°C - 350°C dengan tekanan $\pm 0,1$ kbar dan kedalaman 0,5 km berdasarkan tekanan litostatik (Idrus, 2006). Porfiri tembaga yang berhubungan dengan skarn memiliki kondisi fluida penyebab alterasi potasik dan filik/profilitik juga mempengaruhi alterasi progradasi dan retrogradasi di zona skarn (Einaudi, 1982); (Meinert, 2000). Skarn retrogradasi terbentuk di lingkungan porfiri dangkal ketika suhu menurun dan komposisi fluida dominan berubah dari fluida magmatik menjadi fluida meteorik. Proses ini ditandai dengan penggantian mineralogi anhidrat progradasi oleh mineral hidrat pada skarnifikasi tahap akhir yang mencerminkan penurunan konsentrasi kalsium (Ca). Pengayaan sulfida sebagai reaksi terhadap fluida meteorik menjadi sangat dominan terwakili oleh presentase pirit yang lebih dominan dari kalkopirit. Pembentukan mineral sulfida dan oksida terjadi pada perkembangan akhir skarn metasomatisme. Magnetit dominan dibandingkan sulfida terjadi pada penggantian garnet atau piroksen sepanjang kontak intrusi tonalit. Penambahan fluida asam memicu penggantian pirit dan sulfida ketika proses silisifikasi mulai menutupi skarn progradasi.

Tahapan zona alterasi sistem porfiri dilanjutkan oleh pembentukan zona profilitik pada suhu 240°C - 320°C , menandakan adanya proses pendinginan sistem yang progresif dan dipengaruhi oleh metasomatisme K dan Na. Infiltrasi air meteorik semakin baik dan mengakibatkan pH larutan akan menjadi asam. Proses alterasi profilitik ekuivalen dengan tahap akhir retrogradasi. Subtahap 2 retrogradasi dicirikan oleh hematit yang

dominan menggantikan magnetit dan pembentukan mineral kalsit±kuarsa. Kontak antar *vein* sulfida banyak ditemukan sebagai hasil proses retrogradasi. Kalkopirit, pirit, sfalerit dan galena adalah mineral sulfida dominan. Keterdapatannya emas (Au) terkait dengan mineral Bi-Te pada tahap akhir retrogradasi. Adanya fluida asam menghambat proses pembentukan skarn dengan munculnya pirit masif yang menggantikan mineral sulfida lain dengan pola breksiasi. Alterasi metasomatisme, dari profilitik lemah hingga skarn masif, dikontrol sangat kuat oleh permeabilitas batuan sumber yang berkembang sepanjang kontak, rekahan dan sesar. Mineralisasi skarn di Batu Hijau sangat berhubungan dengan alterasi profilitik (Garwin, 2000).



Gambar 2. Model tentatif proses intrusi dan zona fasies batuan kalk silikat (Diadaptasi dari (Forster, 2009), (Garwin, 2000) dan (Aye, 2012))

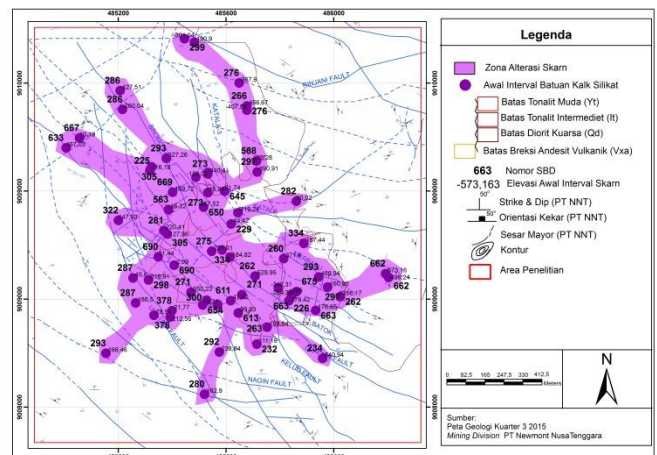
Pembentukan variasi skarn mengakibatkan oksida utama seperti SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , TiO_2 dan FeO mengalami peningkatan. Konsentrasi MnO mengalami fluktuasi berupa peningkatan

seiring perkembangan klinopiroksen dan berkurang dalam tahap skarn retrogradasi. Persentase K_2O , MgO mengalami penurunan pada batuan kalk silikat berjenis skarn. Korelasi genetik keterdapatannya skarn dengan perkembangan endapan porfiri di Batu Hijau ditunjukkan oleh Gambar 2.

Korelasi Spasial

Secara spasial, pola persebaran batuan kalk silikat memiliki karakteristik tersendiri dalam sistem endapan porfiri. Tahap progradasi didominasi fluida magmatik yang terdistribusi pada zona kontak breksi andesit vulkanik dengan tonalit intermediet, rekahan dan patahan. Kontrol batuan asal (protolith) dan struktur geologi menghasilkan zona batuan kalk silikat dengan variasi yang beragam. Berdasarkan analisis lokasi interval batuan kalk silikat pada data orientasi 46 SBD, didapatkan pola persebaran batuan kalk silikat di area penelitian.

Persebaran batuan kalk silikat menghasilkan zona batuan kalk silikat yang memiliki keterkaitan dengan pola struktur di area penelitian (Gambar 3). Secara dominan, persebaran interval batuan kalk silikat berada di sekitar tubuh intrusi tonalit intermediet dengan dominasi persebaran berarah NW-SE. Pola persebaran NW-SE searah dengan struktur mayor di Batu Hijau seperti Sesar Tongoloka-Puna, Sesar Nagin, Sesar Kelud, Sesar Batok, Sesar Bromo, Sesar Kataala dan Sesar Merbabu.



Gambar 3. Zonasi Batuan Kalk Silikat

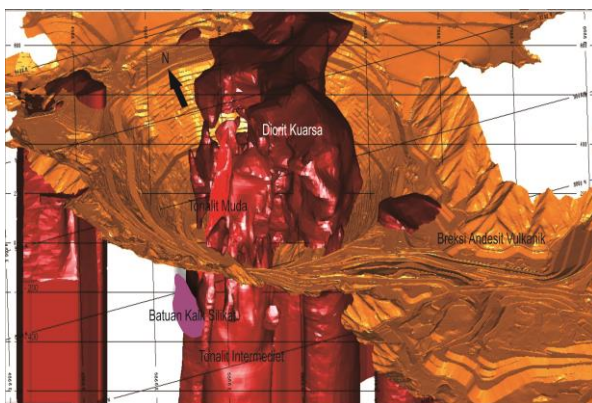
Kontrol struktur geologi yang sangat intensif menghasilkan karakteristik khusus pada persebaran batuan kalk silikat terutama dalam hal identifikasi berskala *corebox*. Alterasi-mineralisasi skarn menghasilkan batuan kalk silikat dengan tingkat kompaksi

tinggi hingga sedang yang berasal dari batuan asal breksi andesit vulkanik. Breksi andesit vulkanik adalah jenis batuan lunak yang dominan mengalami deformasi *brittle*. Hal itu dibuktikan dengan interval batuan kalk silikat tahap progradasi yang umumnya dikelilingi oleh breksi andesit vulkanik dengan nilai RQD rendah (Gambar 4).



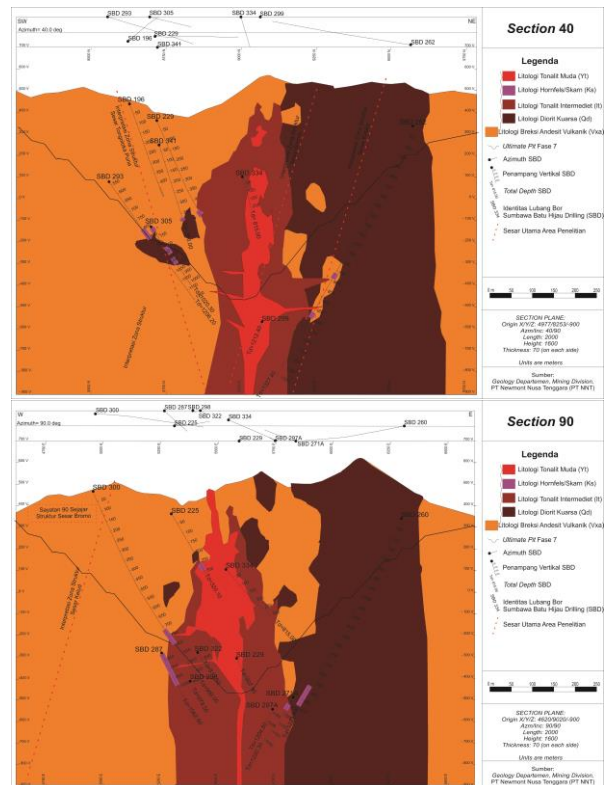
Gambar 4. Interval batuan kalk silikat diantara breksi andesit vulkanik dengan kategori RQD buruk

Kontrol struktur pada persebaran batuan kalk silikat memiliki pengaruh yang sangat besar. Batuan kalk silikat tahap retrogradasi umumnya memiliki nilai RQD rendah karena mineralisasi bijih magnetit dan hematit menurunkan kompaksi litologi dan terbentuk pada kondisi jenuh air. Korelasi interval batuan kalk silikat pada permodelan 3D akan cukup sulit karena karakteristik persebaran setempat dan pelamparan tidak jelas (Gambar 5).



Gambar 5. Model 3D persebaran skarn bawah permukaan berdasarkan orientasi lubang bor sekitar tubuh intrusi tonalit

Hal ini menjadi tantangan yang cukup menarik untuk mengetahui sisipan batugamping pada satuan breksi andesit vulkanik. Berdasarkan penelitian, interval batuan kalk silikat dihasilkan oleh litologi piroklastik dengan komposisi karbonatan yang terkontrol oleh proses skarnifikasi dan struktur geologi. Karakteristik spasial batuan kalk silikat terkait sistem endapan porfiri terdapat pada lokasi kedalaman dan persebaran lateral batuan kalk silikat.



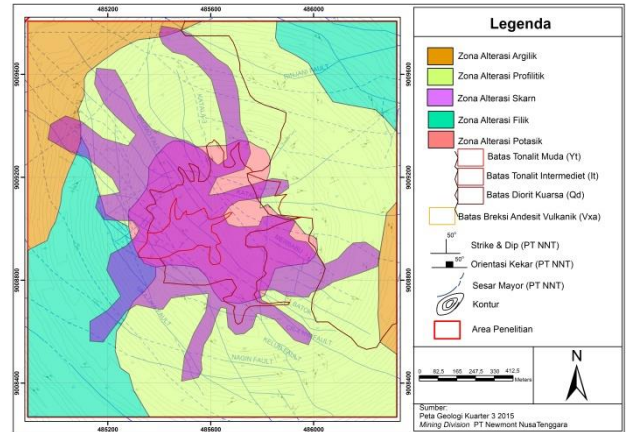
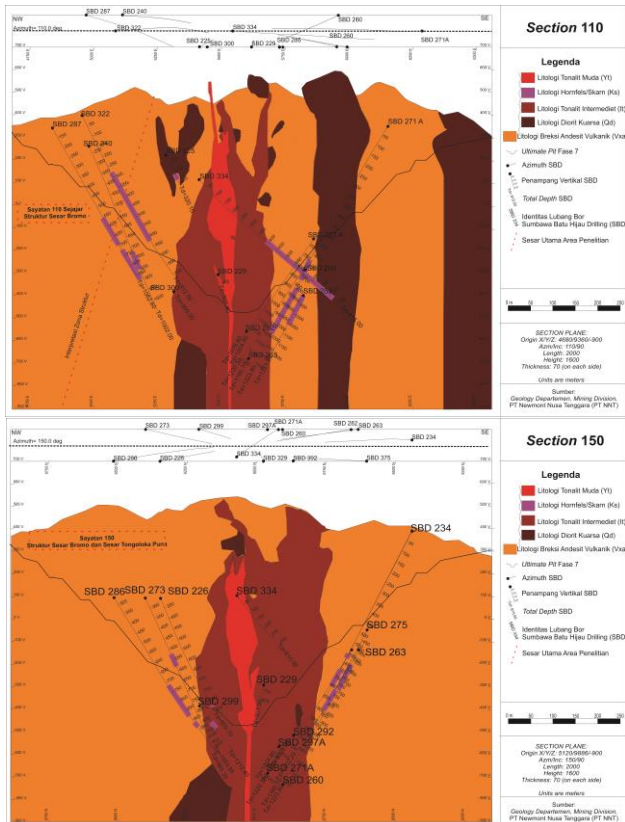
Gambar 6. Penampang vertikal kondisi bawah permukaan batuan kalk silikat Section 40° dan 90°.

Bagian Timur area penelitian memiliki keterdapatn interval batuan kalk silikat pada posisi lebih dalam dibandingkan di sisi Barat dengan kedalaman relatif lebih dangkal (Gambar 6 & 7). Hal itu disebabkan oleh intrusi tonalit di sisi Timur mengintrusi batuan samping berjenis diorit kuarsa lebih dominan. Variasi kedalaman terdangkal di area Barat 147,93 m dan Timur 205 m. Interval terdalam di area barat -540,4 m dan Timur -571,84 m, pola persebaran batuan kalk silikat di permukaan berbentuk sirkular asimetris.

Selain keterkaitan dengan asosiasi litologi dan struktur geologi, pola persebaran zona batuan kalk silikat juga memiliki hubungan

spasial dengan zona alterasi endapan porfiri. Zona alterasi skarn memiliki hubungan spasial dengan zona alterasi potasik, zona alterasi filik dan zona alterasi profilitik (Gambar 8). Secara spasial zona alterasi hidrotermal area penelitian dibagi menjadi alterasi potasik-skarnifikasi progradasi; alterasi potasik-skarnifikasi retrogradasi, alterasi filik/profilitik-progradasi-retrogradasi.

penelitian tidak ditemukan indikasi batuan kalk silikat berjenis endoskarn. Fasies proksimal didominasi oleh skarn garnet. Garnet berwarna coklat merah biasanya berwarna gelap di zona proksimal intrusi atau pusat kegiatan hidrotermal dan berkembang menjadi coklat muda pada zona distal hingga berwarna hijau pucat pada kontak dengan *protolith* (Murakami, 2005); (Atkinson & Einaudi, 1978).



Gambar 8. Korelasi Zona Alterasi Skarn dan Alterasi Porfiri

Gambar 7. Penampang vertikal kondisi bawah permukaan batuan kalk silikat section 110° dan 150°.

Perubahan warna piroksen kurang jelas, tetapi biasanya mencerminkan peningkatan progresif besi (Fe) dan mangan (Mn) ke arah fasies distal dan zona kontak dengan *protolith* (Murakami, 2005) (Harris & Einaudi, 1982).

Proses mineralisasi sulfida meliputi kalkopirit±bornit atau zona pirit dengan galena dan sfalerit. Dalam tahap pengambilan data, mineralisasi bornit pada batuan kalk silikat di area penelitian sangat sulit bahkan tidak ditemukan. Hal itu diinterpretasi sebagai kondisi mineral bornit tidak stabil pada proses skarnifikasi. Korelasi spasial batuan kalk silikat dengan endapan porfiri menghasilkan zonasi batuan kalk silikat berdasarkan fasies intrusi yaitu fasies pusat, proksimal dan distal. Fasies ini membantu dalam memahami karakteristik setiap zonasi yang dibuat dalam parameter porfiri ataupun batuan kalk silikat. Fasies pusat merupakan litologi tonalit intermediet dan tonalit muda. Selama tahap



Gambar 9. Variasi skarn pada data lubang bor yang melewati fasies proksimal hingga distal

Persebaran spasial zona batuan kalk silikat dan variasinya dihasilkan oleh proses genetik yang melibatkan kondisi dan proses tertentu. Zona skarn dominan garnet ditandai dengan zona rekahan intensif dan breksiasi yang luas

dan pola tidak teratur. Persebaran mineral progradasi dominan oleh skarn garnet berwarna coklat kemerahan di fasies proksimal, skarn piroksen-epidot berwarna hijau di fasies distal dan varietas skarn piroksen-garnet kaya kuarsa berwarna hijau terang di fasies distal (Gambar 9).

KESIMPULAN

Korelasi batuan kalk silikat dengan sistem porfiri diidentifikasi dari parameter spasial dan genetik. Secara genetik, batuan kalk silikat terbentuk akibat proses metamorfisme kontak karena intrusi tonalit intermediet menerobos breksi andesit vulkanik. Mineralisasi sulfida-oksida endapan porfiri merupakan produk yang dihasilkan oleh alterasi-mineralisasi skarn pada tahap retrogradasi. Secara spasial, batuan kalk silikat berada di zona proksimal-distal tubuh intrusi tonalit. Secara sederhana pola persebaran batuan kalk silikat membentuk pola tapal kuda atau sirkular asimetris dengan kondisi berasosiasi diorit kuarsa di sisi Timur serta berada lebih dalam dan sedikit intervalnya dibandingkan sisi SW area penelitian. Model tentatif fasies kalk silikat skarn terbagi menjadi zona proksimal skarn piroksen-garnet, zona distal skarn piroksen-garnet-epidot, zona hornfels kalk silikat dan zona pengayaan mineral sulfida-oksida-wollastonit hingga breksi andesit vulkanik yang tidak terpengaruh skarnifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada PT Amman Mineral Nusa Tenggara (AMNT) atas kerjasamanya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ali, E., 1997. *Batu Hijau Porphyry Copper Gold Deposit Exploration and Evaluation*. Jakarta: PIT IAGI ke XXVI.

Atkinson, W. W. & Einaudi, M. T., 1978. *Skarn Formation And Mineralization In The Contact Aureole At Carr Fork*, Bingham, Utah: Economic Geology.

Aye, M. T., 2012. *Mineralogy, Geochemistry And Origin Of Skarn Mineralization Associated With The Batu Hijau Porphyry Copper-Gold Deposit*, Sumabawa Island, Indonesia. Yogyakarta: UGM.

Einaudi, 1982. *General Features And Origin Of Skarns Associated With Porphyry Copper Plutons*, Southwestern North America, In Titley, S.R. Tucson: University of Arizona Press.

Einaudi, M. T., Meinert, L. D. & Newberry, R. J., 1981. *Skarn Deposit*. Economic Geology Publishing Company.

Forster, D., 2009. *Pathways between skarns and porphyry deposits-A New South Wales Perspective*: NSW Parliament House Theatre.

Garwin, S., 2000. *The Setting, Geometry And Timing Of Intrusion-Related Hydrothermal Systems In The Vicinity Of The Batu Hijau Porphyry Copper-Gold Deposit, Sumbawa, Indonesia*. Perth: The University of Western Australia.

Gillen, C., 1982. *Metamorphic Geology: An Introduction To Tectonic And Metamorphic Processes*: Springer.

Harris, N. B. & Einaudi, M. T., 1982. *Skarn Deposits In The Yerington District, Nevada; Metasomatic Skarn Evolution Near Ludwig*: Economic Geology.

Meinert, L. D., 2000. *Gold in Skarns Related to Epizonal Intrusions*: GeoScience World.

Murakami, H., 2005. *How to Study skarn type Deposits*: Remote Sensing Center, MTA.

Rosen, O., Desmons, J. & Fettes, D., 2007. *Metacarbonate and related rocks*: IUGS.

SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS STATUS GIZI BURUK BALITA DI DINAS KESEHATAN KOTA YOGYAKARTA BERBASIS *MOBILE* ANDROID

Karina Rustikawati¹, Dwi Setyowati², Nuniek Herawati³

¹. Mahasiswa Jurusan sistem Komputer

^{2,3} Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Sains Terapan, IST AKPRIND Yogyakarta

Email: karinarustikawati@gmail.com¹, dwisetyowati@akprind.ac.id², nuniek.herawati@yahoo.com³

ABSTRACT

Malnutrition is the worst body condition that fixes malnutrition for a long time (years). Cases of malnutrition in children or toddlers in Indonesia are very alarming. The number of malnutrition problems can be done with Geographic Information Systems (GIS). Very popular GIS technology uses the Google Maps API. In this research, a system was made to implement GIS on the web and cellular in DINKES Yogyakarta City and present data on the distribution of malnutrition in infants in the form of maps on an Android phone.

Preliminary data collection with a survey to the City of Yogyakarta DINK to obtain data on malnutrition of children under five. At the system design stage, the authors do database design, web programs and mobile programs. Making the program using 2 steps, namely by creating a website using HTML, CSS, and Javascript. And mobile manufacturing uses Monaca to build HTML5 hybrid applications for iOS, Android and Windows. The stages in testing are done by testing the Load Time Page of the website in the Mozilla Firefox, Google Chrome, Microsoft Edge, and Safari browsers. And testing phones on Android 4.0 (Kitkat) up to version 9.0 (Pie).

The results of this study produced a mobile-based application program and website to help DINKES Yogyakarta City officials to control and assist the nutrition of users and cellular users (users) in seeing the distribution of puskesmas providing malnutrition in the Yogyakarta City area in the form of maps and providing information on demand malnutrition data and provides information on how to be malnourished.

Keywords: GIS, Android Mobile, Website, Toddler Malnutrition, Yogyakarta City Health Office, HTML.

INTISARI

Gizi buruk adalah kondisi tubuh terparah yang mengalami kekurangan gizi dalam kurun waktu yang lama (menahun). Kasus gizi buruk pada anak atau balita di Indonesia sangat memprihatinkan. Banyaknya kasus gizi buruk bisa dilakukan pemetaan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). Teknologi SIG yang sangat populer adalah menggunakan *Google Maps API*. Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan sistem untuk mengimplementasikan SIG ke dalam web dan *mobile* di Dinas Kesehatan (Dinkes) Kota Yogyakarta dan menyajikan data persebaran gizi buruk balita dalam bentuk *maps* di Mobile Android.

Pengumpulan data awal adalah dengan dengan survey ke Dinkes Kota Yogyakarta untuk mendapatkan data gizi buruk balita. Pada tahap perancangan sistem, penulis melakukan rancangan *Database*, Program Web dan Program *Mobile*. Pembuatan program menggunakan 2 tahap yaitu dengan membuat website menggunakan HTML, CSS, dan Javascript. Dan pembuatan *mobile* menggunakan Monaca untuk membangun aplikasi hibrida HTML5 untuk ios, Android, dan Windows. Tahapan dalam pengujian dilakukan dengan menguji *Load Time Page* website di browser *Mozilla Firefox*, *Google Chrome*, *Microsoft Edge*, dan *Safari*. Dan pengujian *mobile* di versi android 4.0 (Kitkat) sampai dengan versi 9.0 (Pie).

Hasil penelitian ini menghasilkan sebuah program aplikasi berbasis *mobile* dan website untuk membantu petugas Dinkes Kota Yogyakarta dalam mengontrol dan menekan gizi buruk dan membantu Pengguna *mobile* (*user*) dalam melihat sebaran puskesmas yang menangani gizi buruk di wilayah Kota Yogyakarta dalam bentuk *maps* serta memberikan informasi mengenai jumlah data gizi buruk dan memberikan informasi cara pencegahan gizi buruk.

Kata Kunci: SIG, Mobile Android, Website, Gizi Buruk Balita, Dinkes Kota Yogyakarta, HTML.

PENDAHULUAN

Sistem Informasi berbasis komputer di era globalisasi mengalami perkembangan yang sangat pesat. Hal ini dikarenakan peran teknologi komputer yang memberikan banyak

manfaat dan kemudahan dalam mendapatkan informasi. Banyak teknologi dimanfaatkan untuk keperluan dalam segala bidang, salah satunya adalah di bidang kesehatan. Dalam bidang kesehatan komputer digunakan untuk

keperluan medis dan penelitian bagi dokter, salah satunya penelitian di bidang gizi buruk. Gizi buruk adalah kondisi tubuh terparah yang mengalami kekurangan gizi dalam kurun waktu yang lama (menahun). Hal ini umumnya terjadi pada anak-anak, gizi buruk pada anak seringkali disebabkan oleh kurangnya asupan makanan bergizi seimbang, di samping itu bisa juga disebabkan oleh penyakit-penyakit tertentu yang menyebabkan terganggunya proses pencernaan makanan ataupun terganggunya penyerapan zat gizi penting yang diperlukan oleh tubuh. Dalam penelitian (Meri Enita Puspitasari, 2013) bertujuan untuk mengetahui peran pemerintah Kota Yogyakarta dalam menanggulangi permasalahan Gizi Buruk di Yogyakarta. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metodologi penelitian Kualitatif. Sumber Data Yang digunakan yaitu data primer dari hasil Observasi dan Wawancara serta data sekunder dengan menggunakan dokumen-dokumen yang berkaitan dengan penelitian. Kasus gizi buruk pada anak atau balita di Indonesia sangat memprihatinkan, berdasarkan hasil Pemantau Status Gizi 2017 anak yang menderita gizi buruk di Indonesia sebanyak 906.000 anak atau sekitar 3,8%. Yogyakarta sebagai kota istimewa juga memiliki tingkat gizi buruk terbanyak, hal ini dibuktikan dengan dilansir di halaman Tribunnews.com pada tahun 2016 tercatat kasus gizi buruk diseluruh DIY sejumlah 229 kasus, pada 2016 kasus gizi buruk terbanyak berada di Kota Yogyakarta yakni 96 orang, disusul Bantul 43 orang, Sleman 32 Orang, Kulonprogo 31 orang, dan Gunungkidul 27 orang. Pada Dinas Kesehatan Kab/Kota Provinsi DIY Tahun 2017 cakupan kasus balita gizi buruk yang mendapat perawatan menurut jenis kelamin terbanyak adalah di Kota Yogyakarta dengan jumlah ditemukannya laki-laki dan perempuan yang menderita gizi buruk sebanyak 89 balita. (Portal Pemerintah Kota Yogyakarta) Banyaknya kasus gizi buruk di Indonesia membuat peneliti melakukan penelitian dalam kasus gizi buruk dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis seperti yang dilakukan oleh Narendra Hadi Putra, 2016 tentang Sistem Informasi Geografis gizi buruk di Dinas Kesehatan Kabupaten Lumajang yang menampilkan informasi tentang suatu wilayah yang terkena kasus gizi buruk di kabupaten Lumajang, menggunakan aplikasi GmapsGIS dengan tujuan melakukan penanganan lebih cepat agar dapat

meminimalisir kasus gizi buruk. Dan dalam penelitian Sundari Nanang, 2017 juga membahas kasus gizi buruk balita pada Dinas Kesehatan Kota Palembang dengan mengimplementasikan GIS pada website menggunakan metode *waterfall*. GIS (*Geographic Information System*) atau SIG (*Sistem Informasi Geografis*) merupakan sistem informasi yang menampilkan data melalui pemetaan suatu daerah/wilayah.

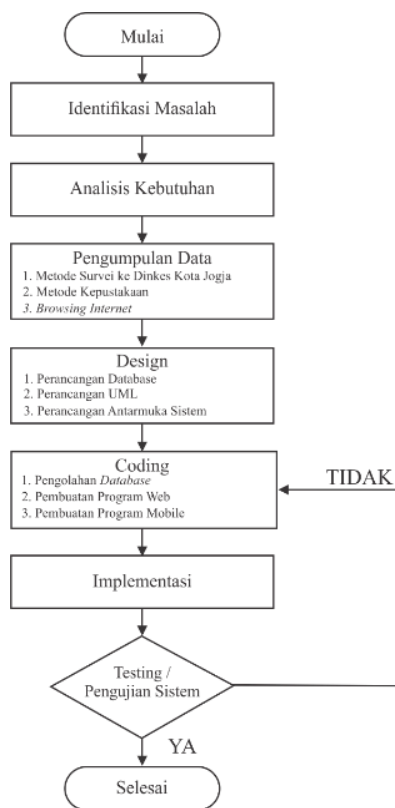
Sistem Informasi Geografis adalah suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis, dan sumber daya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukkan, menyimpan, memperbaiki, membarui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisis, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis (Adil, 2017). Dengan adanya pemetaan pada kasus gizi buruk akan membantu untuk meminimalisir terjadinya kasus gizi buruk pada balita dan mengetahui persebaran gizi buruk di suatu wilayah.

Pemetaan bisa dilakukan dengan bantuan teknologi canggih yaitu dengan *mobile phone*, seperti yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu Vector Motumona, 2016 yang membahas Sistem Informasi Geografis untuk mengetahui persebaran suatu Perguruan Tinggi di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan menggunakan *mobile Android*. Penggunaan *mobile phone* saat ini berkembang sangat pesat, bahkan dalam melakukan aktivitas sehari-hari banyak orang menggunakan *Handphone / mobile phone* untuk memudahkan pekerjaan mereka. Karena penggunaan *mobile phone* lebih mudah untuk dibawa kemana-mana, maka setiap orang mengakses hampir semua informasi di *mobilephone* mereka. *Mobilephone* sendiri memiliki os yang bisa mendukung penggunaannya melakukan segala hal, os yang banyak dipakai saat ini adalah os Android. Android adalah sistem operasi berbasis *Linux* yang dirancang untuk perangkat bergerak layar sentuh seperti telepon pintar dan komputer *tablet*. Dari penjelasan tersebut, maka penelitian ini memanfaatkan *mobile Android* sebagai media informasi kepada masyarakat tentang gizi buruk, dengan menggunakan *database MySQL, Google Maps Api, dan HTML5* yang berbeda dengan peneliti-peneliti sebelumnya.

Dalam rangka membantu Dinas Kesehatan Kota Yogyakarta untuk mengontrol dan menekan gizi buruk balita, serta membantu masyarakat untuk

mengetahui informasi dari cara pencegahan gizi buruk dan penyebarannya di wilayah Kota Yogyakarta dengan adanya Sistem Informasi Geografis Status Gizi Buruk Balita di Dinas

Geography Information System (GIS) atau Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem informasi yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, memanggil kembali, mengolah, menganalisis, dan menghasilkan data bereferensi geografis atau data geospasial. Secara garis besar, prinsip kerja SIG adalah berupa ketampakan data-data pada peta untuk keperluan analisis wilayah. Data-data yang dirumuskan pada peta adalah data-data yang merupakan variabel atau menjadi faktor pengaruh terhadap analisis yang akan dilakukan. (Hartono, 2007).



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

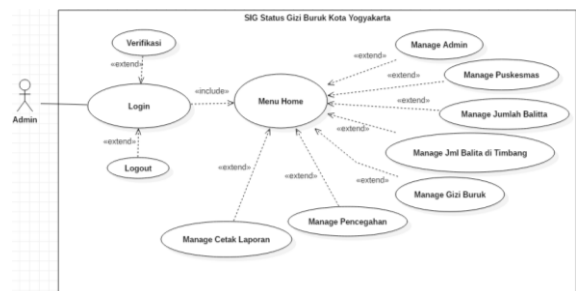
Analisis Sistem

1. Identifikasi Masalah mengenai masalah yang sedang, dan banyak terjadi di suatu daerah. Dalam penelitian ini penulis mengidentifikasi tentang masalah gizi buruk terutama di Kota Jogja.
2. Analisis Kebutuhan merupakan langkah setelah identifikasi masalah untuk menganalisis kebutuhan aplikasi.
3. Pengumpulan data-data yang akan disajikan dalam pembuatan sistem.

4. Design adalah merancang Database,UML dan Antarmuka Web dan Mobile
5. Coding Pengolahan Database,Pembuatan Program Web dan Pembuatan Program Mobile
6. Implementasi
7. *Testing* atau Pengujian Sistem

Use Case Diagram Admin

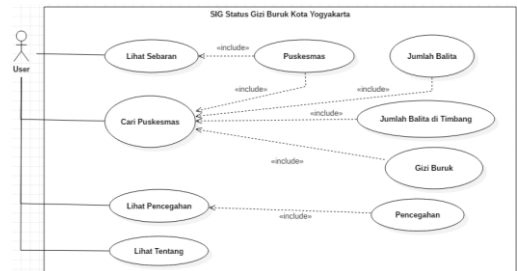
Gambar 2 adalah Use Case Diagram Admin merupakan Interaksi yang dilakukan oleh seorang admin ketika masuk/login ke dalam sistem, karena admin sudah terdaftar dalam sistem sehingga admin memiliki hak akses dalam mengelola data.



Gambar 2 Use Case Diagram Admin

Use Case Diagram User

Use Case Diagram User pada gambar 3 merupakan Interaksi yang dilakukan oleh user sebagai pengguna Aplikasi atau sistem, yang hanya bisa mengakses sistem dengan melihat informasi.



Gambar 3 Use Case Diagram User

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Hasil Aplikasi Mobile Tampilan Logo / Icon Aplikasi

Tampilan *icon* aplikasi gambar 4 merupakan *icon* yang menjadi identitas dari sebuah aplikasi atau program yang dibuat, aplikasi android ini dinamakan SIGIBTA KOTA YOGYAKARTA.



Gambar 4. Tampilan *Icon* Aplikasi



Gambar 5 Tampilan Aplikasi SIGIBTA Terinstal

Tampilan Halaman Pembuka (Splashscreen)

Halaman pembuka atau *splashscreen* gambar 6 merupakan halaman yang pertama kali akan tampil ketika *user* membuka aplikasi



Gambar 6 Tampilan Halaman Pembuka (Splashscreen)

Tampilan Halaman Menu Utama (Home)

Halaman Menu Utama SIGIBTA seperti dalam gambar.7, merupakan tampilan yang akan memberikan informasi mengenai sistem yang terdiri dari beberapa menu pilihan

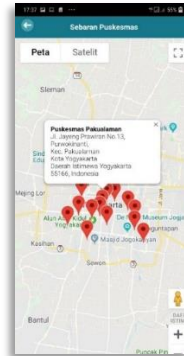


Gambar 7. Tampilan Halaman Menu Utama

Tampilan Halaman Sebaran

Halaman sebaran SIGIBTA merupakan tampilan utama dalam sistem informasi geografis, karena menampilkan *maps*. Pada gambar 8 dalam menu utama *user* bisa mengklik menu sebaran dan akan terdapat beberapa letak sebaran puskesmas yang ada

di Kota Yogyakarta yang memiliki jumlah balita gizi buruk



Gambar 8 Tampilan Halaman Sebaran

Tampilan Halaman Cari

Gambar 9. Halaman cari SIGIBTA merupakan tampilan yang menampilkan kategori pencarian berdasarkan inputan atau masukan cari puskesmas dari *user*.

| Nama Puskesmas | Jumlah Balita 0-5 | Jumlah Balita di Wilayah 0-5 | Jumlah Balita Gizi Buruk 0-5 |
|----------------------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|
| Puskesmas Karangasem II | 491 | 413 | 1 |
| Puskesmas Karangasem I | 294 | 237 | 2 |
| Puskesmas Gedingseng | 493 | 446 | 5 |
| Puskesmas Gondokusuman I | 1364 | 877 | 8 |
| Puskesmas Gondokusuman II | 392 | 343 | 2 |
| Puskesmas Gondokusuman III | 591 | 533 | 6 |
| Puskesmas Jatis | 1079 | 996 | 6 |
| Puskesmas | 1279 | 1019 | 2 |

Gambar 9 Tampilan Halaman Cari

Pada halaman ini, *user* akan melihat beberapa judul artikel sehingga *user* bisa memilih artikel yang akan dibaca dengan mengkliknya pada tombol yang berada disamping judul. Seperti gambar 10 yaitu tampilan Halaman Pencegahan. Setelah mengklik, *user* bisa membaca tentang beberapa cara-cara pencegahan. Gambar 4.2 adalah Tampilan Halaman Isi Pencegahan, ketika *user* akan kembali ke menu utama *user* bisa mengklik tombol arah panah dipojok kiri atas



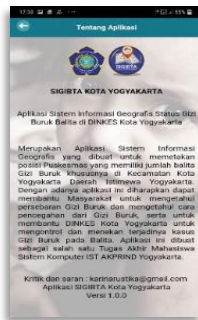
Gambar 10 Tampilan Halaman Pencegahan



Gambar 11 Tampilan Halaman Isi Pencegahan

Tampilan Halaman Tentang

Halaman tentang SIGIBTA merupakan halaman yang memberikan informasi terkait aplikasi SIGIBTA



Gambar 11 Tampilan Halaman Tentang

Tampilan Halaman Keluar

Gambar 12 halaman keluar SIGIBTA merupakan halaman yang ketika user mengklik akan menampilkan pesan apakah yakin untuk keluar, jika iya maka aplikasi akan menutup dan jika tidak maka user masih berada dalam aplikasi SIGIBTA



Gambar 12 Tampilan Halaman Keluar

PEMBAHASAN

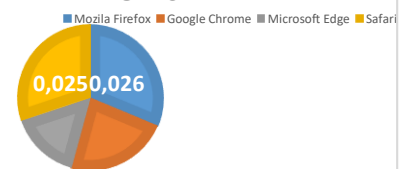
Pengujian Sistem

a. Pengujian Sistem Aplikasi Web (Admin)

Tabel 1 Hasil Uji Page Load Time pada Browser

| Halaman Web sigibta.club | Web Browser (ms) | | | |
|----------------------------------|------------------|---------------|----------------|--------------|
| | Mozilla Firefox | Google Chrome | Microsoft Edge | Safari |
| Halaman Login | 0.006 | 0.004 | 0.005 | 0.011 |
| Halaman Home | 0.015 | 0.013 | 0.013 | 0.012 |
| Halaman Olah Data Admin | 0.002 | 0.004 | 0.003 | 0.002 |
| Halaman Olah Data Puskesmas | 0.005 | 0.059 | 0.063 | 0.058 |
| Halaman Jumlah Balita | 0.063 | 0.007 | 0.006 | 0.059 |
| Halaman Jumlah Balita Di Timbang | 0.063 | 0.007 | 0.007 | 0.007 |
| Halaman Jumlah Gizi Buruk | 0.063 | 0.059 | 0.007 | 0.059 |
| Halaman Pencegahan | 0.002 | 0.003 | 0.001 | 0.002 |
| Halaman Cetak Laporan | 0.017 | 0.016 | 0.016 | 0.014 |
| Rata-Rata | 0.026 | 0.019 | 0.013 | 0.024 |

RATA-RATA HASIL UJI PAGE LOAD TIME PADA BROWSER



Gambar 13 Grafik Rata-rata Hasil Uji Page Load Time pada Browser

Berdasarkan tabel 1 dapat dilihat kecepatan tercepat sebuah halaman web dalam waktu (load time) bisa diakses melalui browser Microsoft Edge dengan rata-rata 0.013ms dan paling lambat di browser Mozilla Firefox dengan kecepatan akses rata-rata 0.026ms. Dapat disimpulkan bahwa halaman web berjalan dengan normal, karena untuk mengakses halaman sigibta.club rata-rata hanya memerlukan waktu kurang dari 1 detik.

Pengujian Sistem Aplikasi Mobile (User)

Tabel 2 Uji Kompatibilitas Sistem

| Versi | Nama Versi Android | Support/ Tidak Support | Keterangan |
|-------|--------------------|------------------------|---------------------------------|
| 4.4 | KitKat | Support | Aplikasi berjalan dengan normal |
| 5.0 | Lollipop | Support | Aplikasi berjalan dengan normal |
| 6.0 | Marshmallow | Support | Aplikasi berjalan dengan normal |
| 7.0 | Nougat | Support | Aplikasi berjalan dengan normal |
| 8.0 | Oreo | Support | Aplikasi berjalan dengan normal |
| 9.0 | Pie | Support | Aplikasi berjalan dengan normal |

Pada tabel 2. menunjukkan hasil bahwa aplikasi dapat diinstal dan berjalan dengan normal di versi android 4.0 sampai dengan yang terbaru yaitu di 9.0.

KESIMPULAN

1. Aplikasi SIGIBTA bersifat *online* yang memudahkan petugas untuk mengaksesnya dan bisa di akses di web www.sigibta.club dan juga bisa di-*install* dalam bentuk aplikasi android yaitu SIGIBTA Kota Yogyakarta yang sangat memberikan kemudahan bagi pengguna atau *user* dalam membuka aplikasi kapan saja dan dimana saja karena bisa di-*install* di *Smartphone* Android.
2. Aplikasi web sangat memudahkan petugas DINKES Kota Yogyakarta karena dapat digunakan untuk mengelola data gizi buruk, membantu dalam pengarsipan dokumen dan mengetahui perkembangan grafik gizi buruk sehingga dapat mengontrol dan menekan gizi buruk balita.
3. Aplikasi SIGIBTA merupakan inputan berdasarkan data dari DINKES Kota Yogyakarta, untuk nama puskesmas, nama kecamatan, alamat puskesmas, kabupaten, provinsi dan kode pos admin hanya bisa mengedit dan menghapus, dikarenakan sifatnya yang *default* atau tidak bisa diganti dalam waktu dekat. Data yang di tampilkan berdasarkan Puskesmas yang menangani Gizi Buruk di Kecamatan Kota Yogyakarta berdasarkan Total Jumlah Balita, Jumlah Balita di Timbang, Jumlah Gizi Buruk (Laki-laki, Perempuan, Laki-laki dan Perempuan).
4. Aplikasi *mobile* SIGIBTA Kota Yogyakarta dapat menampilkan sebaran puskesmas

yang menangani gizi buruk di wilayah Kota Yogyakarta dalam bentuk *maps* serta memberikan informasi mengenai jumlah data gizi buruk dan memberikan informasi dari cara pencegahan gizi buruk.

5. Berdasarkan tahap pengujian sistem memberikan keterangan bahwa kecepatan tercepat (*load time*) halaman web sigibta.club bisa diakses dalam waktu kurang dari 1 detik. Dan aplikasi *mobile* bisa berjalan dengan normal diinstall di versi 4.0 Android KitKat sampai dengan yang terbaru yaitu versi 9.0 Android Pie dengan kapasitas memori 8.5 MB.

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, Ahmat. 2017. *Sistem Informasi Geografis*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- .Anonymous. 2016. Sublime Text3 Software Review [Online]. Diakses di <https://otherselfofme.wordpress.com/2016/03/16/sublime-text3-software-review/> (07 Maret 2019).
- Hartono. 2007. *Geografi Bumi dan Alam Semesta*. Bandung; Penerbit Citra Praya.
- Meri Enita Puspitasari, 2013, Peran Pemerintah Kota Dalam Menanggulangi Gizi Buruk Di Yogyakarta, *Jurnal Dimensi* Vol 2, No 2 (2013)
- Motumona, Victor. 2016. *Sistem Informasi Geografis Lokasi Perguruan Tinggi di Daerah Istimewa Yogyakarta Berbasis Mobile Android* [Skripsi]. Yogyakarta (ID): Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta. (15 Mei 2019).
- Nanang, Sundari. 2017. *Sistem Informasi Geografis Pemetaan Gizi Balita pada Dinas Kesehatan Kota Palembang* [Skripsi]. Palembang (ID) : Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
- Portal Pemerintah Kota Yogyakarta Situs Resmi Pemerintah Kota Yogyakarta [Online] .Diakses di <https://www.jogjakota.go.id/pages/geografis> (18 Maret 2019).
- Putra, Narendra Hadi. 2016. *Sistem Informasi Geografis Pemetaan Daerah Gizi Buruk Di Kabupaten Lumajang* [Seminar Informatika Aplikatif Polinema]. Diakses di <http://Jurnalti.Polinema.Ac.Id/Index.Php/Siap2016/Article/View/62> (12 Januari 2019)

STUDI EKSPERIMENTAL VARIASI *PISTON CROWN* TERHADAP *PERFORMANCE* MOTOR 4 LANGKAH

Sarjono¹, Widi Ferry Mukti Widodo²

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin STTR Cepu¹, Mahasiswa S1 Jurusan Teknik Mesin STTR Cepu²

E-mail: sarjono508@yahoo.co.id¹, ferrymw.Fm@gmail.com²

ABSTRACT

The study is aimed to know the variation of piston crown though the motor 4 steps performance. The study is conducted with an experiment using motor cycle in case of Honda CB. 4 kinds of services that are done through the high of piston crown they are: standard piston crown, 1mm tall of piston crown, 2mm tall of piston town, and 3mm tall of piston town. The result of the study showed that the variation of piston town gave the change which was significant to the performance of 4 steps motor. By the high variation of piston town, it could improve the power of 5,5 % and the torsion to 5,2 % in average from the motor 5000 rpm until 7000 rpm. Whereas the ratio of compression achieved improvement in amount of 5,5%.

Keywords: *Piston Crown, Performance, Motor of 4 Steps.*

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi *piston crown* terhadap *performance* motor 4 langkah. Penelitian dilakukan dengan eksperimen menggunakan sepeda motor jenis honda CB. Ada 4 jenis perlakuan yang dilakukan pada tinggi piston crown yaitu: piston crown standar, tinggi *piston crown* 1 mm, tinggi *piston crown* 2 mm, dan tinggi *piston crown* 3 mm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi tinggi *piston crown* memberikan perubahan yang cukup signifikan terhadap *performance* motor 4 langkah. Dengan variasi tinggi *piston crown* ternyata mampu meningkatkan daya sebesar 5,5 %, dan torsi 5,2 % pada kisaran putaran motor 5000 rpm sampai dengan 7000 rpm. Sedangkan perbandingan kompresi mengalami peningkatan sebesar 5,5%.

Kata Kunci: Piston Crown, Performance, Motor 4 langkah.

PENDAHULUAN

Aziz, Mustaqim, Siswiyanti, (2008) melakukan penelitian tentang analisis penggunaan piston Kharisma pada motor supra fit terhadap peningkatan kinerja *compression cylinder/cc*. hasil penelitiannya menunjukkan adanya kenaikan volume silinder dari 100 CC menjadi 110 CC atau sebesar 10%.

Solechan dkk., (2010) melakukan penelitian tentang peningkatan sifat mekanik material *ring* piston bekas sepeda motor supra x dengan proses *heat treatment*. Hasil yang diperoleh dari pengujian komposisi kimia terjadi perbedaan yang signifikan antara *ring* piston supra X baru, bekas dan penahanan 1, 2 dan 3 jam khususnya unsur besi (Fe) dan karbon (C). untuk unsur Fe *ring* piston bekas dan baru sebesar 92,45 % dan 93,02 % terjadi selisih 0,57 % sedangkan unsur C sebesar 3,65 % dan 3,11 %. Ini berpengaruh terhadap kekerasan dan kekuatan tarik yang semakin tinggi, tetapi keuletan dan ketangguhan semakin rendah. Sedangkan hasil pengujian struktur mikro menunjukkan

bentuk grafit dari beberapa material memiliki perbedaan, baik dalam bentuk maupun ukuran grafit.

Nurhadi, (2010) melakukan penelitian ini tentang studi karakteristik material piston dan pengembangan prototipe piston berbasis limbah piston bekas. Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan variasi temperatur penuangan 700°C, 750°C, 800°C, komposisi paduan piston yaitu: 75% piston bekas + 25% ADC 12, 50% piston bekas + 50% ADC 12, 25% piston bekas + 75% ADC 12 dan sebagai kontrol piston bekas murni dan ADC 12 murni. Karakterisasi material hasil prototipe piston yang dilakukan meliputi uji komposisi kimia, struktur mikro, kekerasan, porositas dan kekasaran. Hasil prototipe material piston dan pengembangan prototipe piston berbasis limbah piston bekas yang terbaik dengan kekerasan 64,5 HRB, porositas terendah 4,613 HRB dan kekasaran setelah *machining* paling baik 1,58 dicapai pada komposisi 25% piston bekas + 75% ADC 12 dengan temperatur penuangan 700°C.

1. Piston Crown

Piston Crown adalah bagian atas dari piston yang mempunyai bentuk bervariasi tergantung dari jenis piston. Bagian tersebut berfungsi untuk memadatkan tekanan pada langkah kompresi.

Dengan melakukan perubahan bentuk piston *crown*, maka proses pembakaran di dalam ruang bakar diharapkan menjadi lebih cepat dan sempurna. Sehingga akan meningkatkan performance pada motor 4 langkah.



Gambar 1. sepeda motor Honda CB 125 cc

2. Torsi

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk memberikan gayatangsial yang berguna untuk menghasilkan kerja. Torsi biasanya dilambangkan dengan T yang mempunyai satuan kg-cm (metrik) atau N-m (SI).

Adapun persamaan untuk menghitung torsi adalah:

$$\text{Torsi (T)} : 71620 \cdot \frac{N}{n}$$

keterangan:

T : Torsi(kg-cm).

N : Daya motor (HP)

n : putaran mesin (rpm)

3. Daya

Daya adalah kerja yang dihasilkan persatuan waktu. Merupakan ukuran kemampuan suatu motor untuk menghasilkan kerja per satuan waktu yang dinyatakan dalam KiloWatt (KW) atau HP yang dituliskan dengan persamaan:

$$\text{Daya (P)} : (2 \cdot \pi \cdot n \cdot T) / 60000$$

Keterangan:

P : Daya motor (kW).

n : putaran mesin (rpm).

T : Torsi (kg-cm).

METODE PENELITIAN

1. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah piston crown Honda CB 125 dengan 4 variasi bentuk, sedangkan peralatan yang dipakai adalah dynamo meter (*dynotest*), sepeda motor Honda CB 125 cc, dan tool kit.

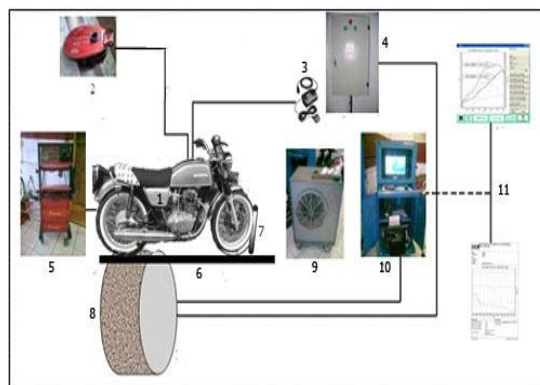


Gambar 2. Spesimen Uji

Spesimen uji yang digunakan berupa piston dengan variasi pada bagian *crown*. Piston pertama piston standard, piston kedua dengan *crown* 1mm, piston ketiga dengan *crown* 2mm, dan piston keempat dengan *crown* 3mm dapat dilihat pada gambar 1.

2. Prosedur penelitian

Berikut ini adalah skema dari pengujian *performance* motor 4 langkah.



Gambar 3. Skema Alat Uji Penelitian

Keterangan:

1. Sepeda Motor

2. Tangki Bahan Bakar

3. Port Magnetic Tachometer

4. Panel Power

5. Dynotest

6. Lantai Dasar

7. Klem Hidrolik
8. Roller Set Sensor
9. Blower
10. Komputer
11. LCD Monitor Hasil Pengujian

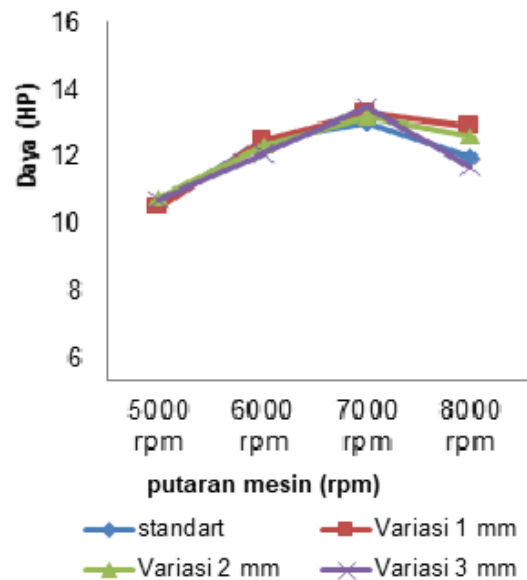
Adapun Langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan kendaraan yang akan diuji dan memeriksa alat dynotest yang akan di pakai
2. Kendaraan dengan piston *standard* dari pabrik dipasang pada *dynamite*, dengan roda depan diikat pada klem sedangkan roda belakang diatas *roller dynamite*.
3. Memasang sensor-sensor pada kendaraan sesuai dengan pengukuran yang dikehendaki.
4. Kendaraan dihidupkan secara ideal selama 5 menit untuk memperoleh kerja mesin optimal. Tempatkan seseorang untuk duduk dikendaraan seolah-olah sedang “mengendarai” kendaraan tersebut.
5. Pengendara melajukan motornya dengan secepat-cepatnya seperti melajukan kendaraan dijalan lurus. Laju kendaraan dari gigi 1-4 tanpa pengereman atau hambatan lainnya.
6. Setelah gigi 4 dan RPM mesin sudah tidak ada kenaikan lagi, pengendara melepaskan gas kendaraan dan biarkan RPM turun dengan sendirinya.
7. Hasil Daya dan Torsi akan muncul pada layar monitor dalam bentuk grafik yang dapat dipelajari.
8. Percobaan ini dilakukan sampai dengan 3 sampai 5 kali untuk memperoleh hasil yang *valid* dan *reliable*.
9. Setelah selesai, mesin dimatikan lalu bongkar mesin dan ganti piston dengan ukuran *crown* 1mm, 2mm, dan 3mm, lakukan pengujian (langkah a sampai f) sebanyak 3-5 kali pada masing-masing piston.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Daya

Hasil pengujian daya dengan variasi piston crown ditunjukkan dalam gambar 4. Berikut ini.



Gambar 4. Grafik Hubungan daya terhadap putaran mesin pada Variasi Piston *Crown*.

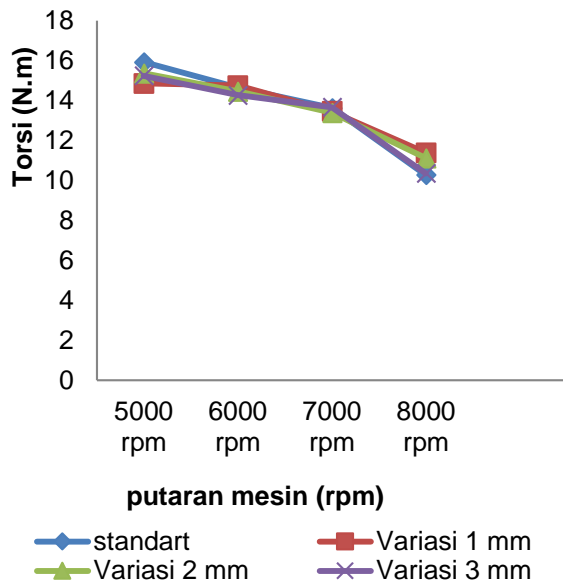
Dari gambar 4. Terlihat bahwa adanya kecenderungan kenaikan daya pada setiap perubahan spesimen uji. Namun demikian pada penggunaan tinggi piston crown 3 mm menghasilkan daya yang maksimal. Hal ini dikarenakan tinggi piston crown berpengaruh terhadap perbandingan kompresi yang menyebabkan proses pembakaran, menjadi lebih sempurna, sehingga daya yang dihasilkan juga meningkat.

Peningkatan daya dengan variasi piston crown ini bisa mencapai 3,8 % pada kisaran putaran mesin 7000 rpm. Pada piston *crown* 3 mm, daya yang dihasilkan adalah 13,5 HP. Sedangkan untuk variasi piston berturut-turut dari *piston crown standard*, 1 mm, dan 2 mm yaitu sebesar 13,0 HP, 13,3 HP, 13,2 HP.

Dari grafik ini dapat diketahui bahwa variasi *piston crown* mempengaruhi besarnya daya yang dihasilkan oleh unjuk kerja motor tersebut.

2. Torsi

Berikut adalah Grafik Hubungan torsi dengan putaran mesin untuk semua Variasi *Piston Crown* ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan Torsi dengan Putaran Mesin pada Variasi Piston Crown

Dari gambar 5, menunjukkan bahwa torsi tertinggi terjadi pada putaran 5000 rpm, *piston crown standard* yaitu sebesar 15,93 N.m. Sedangkan untuk variasi *piston crown* 1 mm, 2 mm, 3 mm, yaitu sebesar 14,86 N.m, 15,36 N.m, dan 15,24 N.m. Setelah semua hasil pengujian selesai dapat kita lihat pada variasi *piston crown* sangat mempengaruhi besarnya torsi yang dihasilkan oleh unjuk kerja motor tersebut.

Perbandingan kompresi adalah perbandingan antara volume total silinder dengan volume sisa.

Perbandingan Kompresi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

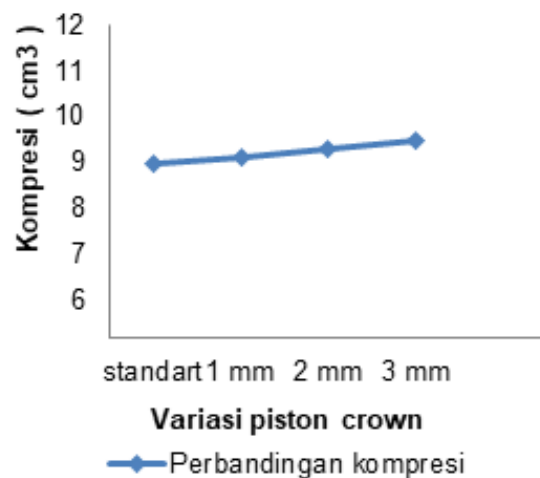
$$1. \quad \Sigma = \frac{200 + 25}{25} = 9,0 : 1$$

$$2. \quad \Sigma = \frac{200 + 24,5}{24,5} = 9,1 : 1$$

$$3. \quad \Sigma = \frac{200 + 24}{24} = 9,3 : 1$$

$$4. \quad \Sigma = \frac{200 + 23,5}{23,5} = 9,5 : 1$$

Berikut adalah Grafik perbandingan kompresi untuk semua Variasi *Piston Crown* yang ditunjukkan oleh gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan Kompresi dengan Variasi *Piston Crown*

Pada gambar 6 memperlihatkan adanya perbandingan kompresi pada variasi *piston crown*, yang dimulai dari *piston crown standard* (9,0 : 1), *piston crown* 1 mm (9,1:1), *piston crown* 2 mm (9,3:1), dan *piston crown* 3 mm (9,5:1).

Dapat diketahui bahwa perbedaan tinggi *crown* pada piston dapat mempengaruhi perbandingan kompresi, yaitu terjadi kenaikan pada kondisi variasi *piston crown* 1 mm sampai dengan 3 mm.

Dengan adanya perbedaan tinggi *piston crown* maka akan menyebabkan volume ruang bakar semakin kecil, sehingga perbandingan kompresi akan semakin meningkat.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Daya

| Variasi <i>piston crown</i> | Daya Motor yang dihasilkan (HP) | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| | 5000 rpm | 6000 rpm | 7000 rpm | 8000 rpm |
| standar | 10,6 | 12,5 | 13,0 | 12,0 |
| 1 mm | 10,5 | 12,5 | 13,3 | 12,9 |
| 2 mm | 10,8 | 12,3 | 13,2 | 12,6 |
| 3 mm | 10,7 | 12,1 | 13,5 | 11,7 |

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Torsi

| Variasi <i>piston crown</i> | Torsi yang dihasilkan (Nm) | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|
| | 5000 rpm | 6000 rpm | 7000 rpm | 8000 rpm |
| standar | 15,93 | 14,64 | 13,36 | 10,28 |
| 1 mm | 14,86 | 14,75 | 13,45 | 11,38 |
| 2 mm | 15,36 | 14,46 | 13,39 | 11,12 |
| 3 mm | 15,24 | 14,27 | 13,67 | 10,35 |

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Perbandingan Kompresi

| Variasi <i>piston crown</i> | Perbandingan kompresi (ϵ) |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| standar | 9,0:1 |
| 1 mm | 9,1:1 |
| 2 mm | 9,3:1 |
| 3 mm | 9,5:1 |

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data dari hasil penelitian tentang pengaruh variasi *Piston Crown* terhadap *performance* motor 4 langkah dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada variasi *Piston Crown* 3 mm, dengan putaran mesin dikisaran 5000 rpm sampai dengan 7000 rpm ada kenaikan daya sebesar 5,5 %.
2. Pada variasi *Piston Crown* 3 mm, dengan putaran mesin dikisaran 5000 rpm sampai dengan 7000 rpm ada kenaikan Torsi sebesar 5,2 %.
3. Terdapat kenaikan perbandingan kompresi sampai dengan 5,5% pada *variasi piston crown*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, Mustaqim, Siswiyanti, 2008, Analisis Penggunaan Piston Kharisma Pada Motor Supra Fit Terhadap Peningkatan Kinerja *Compression Cylinder/CC*.
- Nurhadi, 2010, *Studi Karakteristik Material Piston Dan Pengembangan Prototipe Piston Berbasis Limbah Piston Bekas*;
- Solechan, Samsudi Raharjo, Rubijanto JP, 2010, *Peningkatan Sifat Mekanik Material Ring Piston Bekas Sepeda Motor Supra X Dengan Proses Heat Treatment*.

PENGARUH VARIASI CAMPURAN BAHAN BAKAR SOLAR DAN MINYAK JELANTAH TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL

I G. Gde Badrawada¹, Hernanio A. T. X. Da Conceicao², K. Muhajir³, T. Rusianto⁴

¹²³⁴) Program Studi Teknik Mesin, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Jalan Kalisahak 28, Komplek Balapan, Yogyakarta
Email: goesti@akprind.ac.id

ABSTRACT

Energy is something main needed in industrial production processing. With the energy they could make their all production. However, the available of energy is more and more decreasing. The effort to find new energy resources must be started. One of the alternative energy is bio-diesel. This research conducted was to find the effect of diesel fuel-bio diesel ratio to the performance of diesel engine. The bio diesel fuel used was used vegetable oil and the ratio were B10, B15, B20, and pure diesel fuel. The testbed diesel-engine used was Nissan SD 22 Series with rotation variation from 1600 rpm until 2500 rpm. The power and the torque from diesel fuel-bio diesel mixture, generally higher than pure diesel fuel. But in 2300 rpm, the power and torque for pure diesel fuel was higher than B15. The highest power and torque were produced by B10 and B20. The sfc of the pure diesel fuel was lower from all mixtures for rotation until 2300 rpm, that means the pure diesel fuel was more efficient than mixture. However, in 2500 rpm was inversely.

Keywords: diesel fuel, bio diesel, used vegetable oil, diesel engine

ABSTRAK

Dalam dunia industrialisasi seperti sekarang ini, energi merupakan salah satu kebutuhan yang sangat diperlukan. Hal ini dikarenakan energi merupakan komponen yang dapat melancarkan proses industri. Tetapi jumlah ketersediaan sumber energi, terutama berbahan fosil, sangat berkurang dan banyak menimbulkan pencemaran. Untuk menanggulangi permasalahan kelangkaan bahan bakar berbahan dasar fosil dan pencemaran yang diakibatkannya, maka mulai dicari alternative bahan bakar lain yaitu berupa bio-fuel, dalam hal ini minyak jelantah. Untuk itu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui Seberapa besar pengaruh konsentrasi minyak jelantah ini, yang dicampurkan ke solar, terhadap unjuk kerja mesin diesel. Dalam pelaksanaan pengujian, campuran antara solar-minyak jelantah yang digunakan adalah dengan komposisi B10, B15, B20, dan solar murni. Sedang mesin diesel yang digunakan adalah mesin diesel Nissan SD 22 series dengan variasi putaran dari 1600 rpm sampai dengan 2500 rpm. Nilai torsi dan daya yang dihasilkan oleh campuran solar-minyak jelantah lebih besar daripada yang dihasilkan oleh solar murni untuk semua putaran, kecuali pada putaran 2300 rpm, dimana nilai torsi dan daya solar murni lebih besar dari B15. Nilai torsi dan daya yang paling besar dihasilkan untuk komposisi B10 dan B20 (garisnya berimpit). Nilai sfc dari solar murni lebih kecil dari semua campuran solar-minyak jelantah pada putaran sampai 2300 rpm, yang berarti solar memiliki efisiensi yang lebih besar. Tetapi sebaliknya, pada putaran selanjutnya.

Kata kunci: Solar, bio-fuel, minyak jelantah, mesin diesel

PENDAHULUAN

Dalam dunia industrialisasi seperti sekarang ini, energi merupakan salah satu kebutuhan yang sangat diperlukan. Hal ini dikarenakan energi merupakan komponen yang dapat melancarkan proses industri. Salah satu sumber energi tersebut adalah bahan bakar yang berbahan fosil (Mariyamah, 2017) Tetapi sumber energi ini sudah semakin

sedikit ketersediannya di muka bumi ini, karena merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui.

Penggunaan bahan bakar berbahan dasar fosil juga menyebabkan terjadinya pencemaran udara. Sisa gas buang yang dihasilkan dapat menyebabkan terjadinya efek gas rumah kaca, yang merupakan penyebab terjadinya pemanasan global.

Untuk menanggulangi permasalahan kelangkaan bahan bakar berbahan dasar fosil dan pencemaran yang diakibatkannya, maka mulai dicari alternative bahan bakar lain. Bahan bakar yang terutama yang dapat diperbaharui. Bahan bakar tersebut berupa bio-fuel. Sampai sekarang ini, bahan bakar tersebut dijadikan campuran dari bahan bakar berbahan dasar fosil tersebut.

Salah satu bahan bakar berbahan dasar fosil tersebut adalah solar, yang bisa dicampur dengan bahan bakar berupa bio-fuel yaitu minyak jelantah, yaitu minyak goreng bekas proses menggoreng. Minyak ini banyak dihasilkan oleh warung kaki lima yang aktifitasnya menggoreng. Seberapa besar pengaruh konsentrasi minyak jelantah ini, yang dicampurkan ke solar, terhadap unjuk kerja mesin diesel? Permasalahan inilah yang dicoba diangkat dalam penelitian ini.

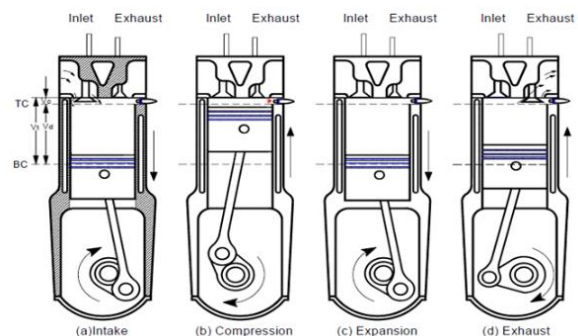
Setyadi, M, 2008, dalam penelitiannya berjudul Karakteristik Biodiesel dari Minyak Jelantah di dalam Mesin Diesel mencoba mendapatkan pengaruh campuran minyak jelantah dengan solar, berkonsentrasi 5% (B5), 10% (B10), 15% (B15), dan 20% (B20), terhadap unjuk kerja mesin diesel. Hasil penelitian diperoleh bahwa torsi maksimal sebesar 121,163 Nm berada pada putaran 1950 rpm dengan bahan bakar solar murni dan campuran biodiesel B20. Daya efektif terbesar 35,288 kW pada putaran 3000 rpm untuk bahan bakar semua jenis campuran biodiesel. Konsumsi bahan bakar spesifik paling ekonomis sebesar 0,279 kg/kW-jam pada putaran 1650 rpm untuk bahan bakar solar murni dan campuran biodiesel B10.

Haryono, M, 2017, dalam penelitiannya berjudul Analisa Unjuk Kerja Mesin Diesel Kapal Dua Langkah (Two Stroke Marine Diesel Engine) Berbahan Bakar Campuran Minyak Solar (Hsd) Dan Biodiesel Minyak Jelantah Pada Beban Simulator Full Load, melakukan pencampuran antara minyak jelantah dengan bahan bakar Pertamina Dex dengan komposisi B10, B20, B30. Karakteristik biodiesel minyak jelantah yang dicampur dengan HSD mempunyai nilai flash point 176°C, viskositas@40°C sebesar 8,09 cst dan nilai kalori 9325 Cal/gr. Semakin tinggi prosentase biodiesel minyak jelantah yang ditambahkan pada minyak solar (HSD) menyebabkan kenaikan viskositas yaitu pada B10 2,90 cst, B20 3,23 cst, dan B30 3,71cst dan untuk nilai kalori dan flash point mengalami penurunan yaitu B10 10.764 Cal/gr, B20 10.657 Cal/gr, B30 10.450 Cal/gr dan B10 77°C, B20 79°C dan B30 85°C.

Performa mesin diesel menunjukkan, penggunaan biodiesel minyak bintango menghasilkan kinerja motor yang lebih baik dibandingkan penggunaan bahan bakar solar SPBU. Penggunaan biodiesel B5 memberikan peningkatan daya rata-rata sebesar 0,097%, torsi rata-rata sebesar 2,933%, bmep (*brake mean effective pressure*) tekanan efektif rata-rata sebesar 16,599%, penurunan sfc rata-rata sebesar 0,058%, dan efisiensi termal rata-rata sebesar 0,941% (Lesmana, LA, dkk, 2016).

Setyadi, P dan Wibowo, CS, 2015 melakukan penelitian pengaruh pencampuran biodiesel dengan solar terhadap angka setana, dengan komposisi B10, B20, dan B30. Peningkatan nilai angka setana pada campuran 10% (B-10) biodiesel cukup signifikan bisa sampai 2,1 pada campuran 20% (B-20): 0,9; pada campuran 30% (B-30): 0,9. Peningkatan angka setana hamper linier sampai 100% biodiesel (B-100), sehingga dapat disimpulkan bahwa biodiesel sangat bagus untuk campuran bahan bakar minyak diesel/minyak solar.

Mesin diesel memiliki proses kerja yang tidak jauh berbedah dengan mesin bensin, dengan berbagai aspek mekanik maupun komponen yang digunakan (Munawir, 2006). Dalam perkembangannya, mesin diesel 4 langkah lebih banyak digunakan sebagai tenaga penggerak. Gambar 1 menunjukkan mesin diesel 4 langkah memiliki empat prinsip kerja yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha, dan juga langkah buang.



Gambar 1. Proses kerja mesin diesel

Nilai torsi yang dapat dihitung dengan persamaan (1)

$$T = mgl..... (1)$$

- m = massa (kg)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- l = lengan (0, 358 m)

Untuk menghitung daya yang dihasilkan oleh mesin diesel dapat menggunakan persamaan (2) (Heywood, JB., 1988):

$$P = \frac{2\pi nT}{60.000} \dots\dots\dots (2)$$

P = daya (kW)
n = putaran (rpm)
T = torsi (Nm)

Specific fuel consumption (kg/jam. kW) dihitung dengan persamaan (3)

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{P} \dots\dots\dots (3)$$

\dot{m}_f = laju massa bahan bakar $\left(\frac{kg}{jam}\right)$

Laju massa bahan bakar dihitung dengan persamaan (4)

$$\dot{m}_f = \dot{V}_{bb} \cdot \rho_{bb} \dots\dots\dots (4)$$

\dot{V}_{bb} = laju volume bhn bakar $\left(\frac{m^3}{jam}\right)$

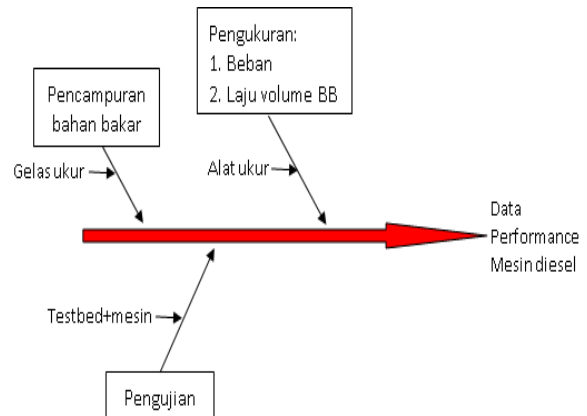
ρ_{bb} = massa jenis bhn bakar $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

Sedang brake mean effective pressure dapat dihitung dengan persamaan (5)

$$bmep = \frac{60Pz}{Vn} \dots\dots\dots (5)$$

z = 2 untuk mesin empat langkah
V = volume langkah

Dalam pelaksanaan pengujian, campuran antara solar-minyak jelantah yang digunakan adalah dengan komposisi B10, B15, B20, dan solar murni. Sedang mesin diesel yang digunakan adalah mesin diesel Nissan SD 22 series dengan variasi putaran dari 1600 rpm sampai dengan 2500 rpm. Alur penelitiannya dapat dilihat pada gambar 2:



Gambar 2. Alur proses pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data pengujian yang didapat dan perhitungan yang dilakukan dengan persamaan untuk torsi dan daya didapat nilai torsi dan daya untuk masing-masing putaran seperti tertera pada Tabel 1 – 4.

Tabel-1. Torsi dan daya untuk solar murni

| Putaran (rpm) | Beban (N) | Torsi (Nm) | Daya (kW) |
|---------------|-----------|------------|-----------|
| 1600 | 334,349 | 122,919 | 20,585 |
| 1800 | 328,634 | 117,651 | 22,166 |
| 2000 | 323,729 | 115,895 | 24,261 |
| 2300 | 313,919 | 112,383 | 27,054 |
| 2500 | 166,771 | 59,704 | 15,622 |

Tabel-2. Torsi dan daya untuk B10

| Putaran (rpm) | Beban (N) | Torsi (Nm) | Daya (kW) |
|---------------|-----------|------------|-----------|
| 1600 | 334,349 | 122,91 | 20,585 |
| 1800 | 353,156 | 126,43 | 23,819 |
| 2000 | 353,156 | 126,43 | 26,466 |
| 2300 | 333,52 | 119,40 | 28,745 |
| 2500 | 264,869 | 94,823 | 24,812 |

Tabel-3. Torsi dan daya untuk B15

| Putaran (rpm) | Beban (N) | Torsi (Nm) | Daya (kW) |
|---------------|-----------|------------|-----------|
| 1600 | 334,349 | 122,91 | 20,584 |
| 1800 | 353,156 | 126,43 | 23,819 |
| 2000 | 353,156 | 126,43 | 26,466 |
| 2300 | 302,939 | 108,452 | 26,108 |
| 2500 | 245,249 | 87,799 | 22,974 |

Tabel-4. Torsi dan daya untuk B20

| Putaran (rpm) | Beban (N) | Torsi (Nm) | Daya (kW) |
|---------------|-----------|------------|-----------|
| 1600 | 334,349 | 122,91 | 20,584 |
| 1800 | 353,156 | 126,43 | 23,819 |
| 2000 | 353,156 | 126,43 | 26,466 |
| 2300 | 333,52 | 119,40 | 28,743 |
| 2500 | 264,869 | 94,823 | 24,812 |

Dengan menggunakan persamaan (3) dan (5) untuk menghitung *specific fuel consumption* dan *break mean effective pressure* maka didapat hasilnya seperti pada table 5.

Tabel-5. Bmep dan sfc untuk solar murni

| Putaran (rpm) | bmep (kPa) | sfc (kg/kW.jam) |
|---------------|------------|-----------------|
| 1600 | 874,745 | 0,266 |
| 1800 | 811,413 | 0,278 |
| 2000 | 779,302 | 0,287 |
| 2300 | 775,081 | 0,297 |
| 2500 | 411,762 | 0,327 |

Tabel-6. Bmep dan sfc untuk B10

| Putaran (rpm) | bmep (kPa) | sfc (kg/kW.jam) |
|---------------|------------|-----------------|
| 1600 | 771,9 | 0,314 |

| | | |
|------|---------|-------|
| 1800 | 793,966 | 0,310 |
| 2000 | 793,822 | 0,322 |
| 2300 | 749,869 | 0,307 |
| 2500 | 595,488 | 0,297 |

Tabel-7. Bmep dan sfc untuk B15

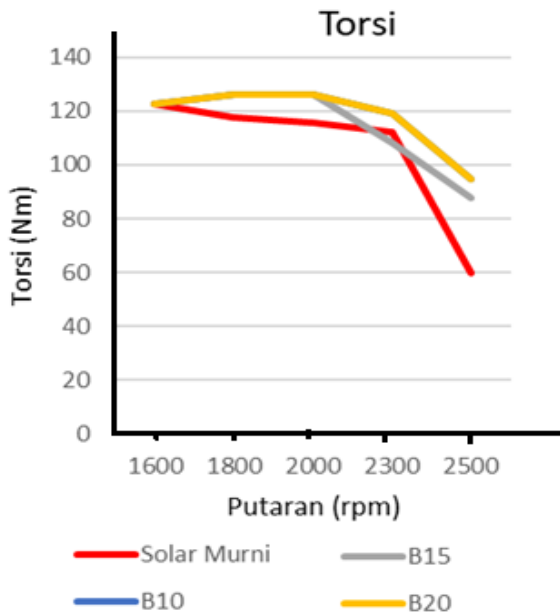
| Putaran (rpm) | bmep (kPa) | sfc (kg/kW.jam) |
|---------------|------------|-----------------|
| 1600 | 771,9 | 0,312 |
| 1800 | 793,966 | 0,311 |
| 2000 | 793,98 | 0,324 |
| 2300 | 681,078 | 0,315 |
| 2500 | 551,376 | 0,292 |

Tabel-8. Bmep dan sfc untuk B20

| Putaran (rpm) | bmep (kPa) | sfc (kg/kW.jam) |
|---------------|------------|-----------------|
| 1600 | 771,9 | 0,312 |
| 1800 | 718,966 | 0,312 |
| 2000 | 793,98 | 0,326 |
| 2300 | 749,817 | 0,300 |
| 2500 | 595,488 | 0,291 |

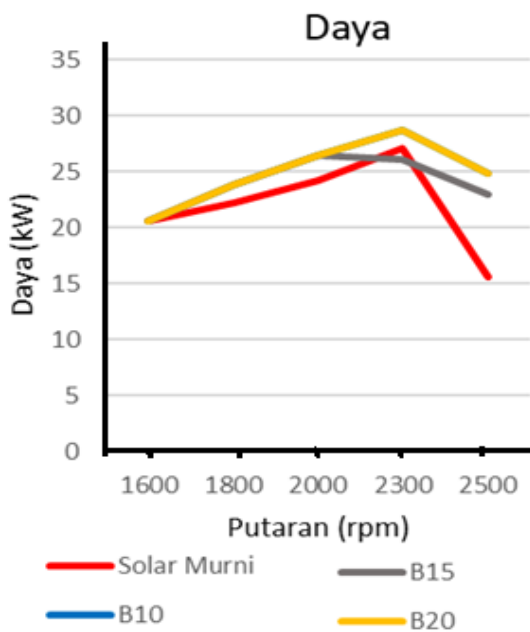
Dari hasil data-data yang tesaji pada tabel 1 - 8 kemudian dibuat grafik-grafik yang dapat membandingkan nilai-nilai yang dimaksud untuk seluruh komposisi campuran.

Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa kecenderungan nilai torsi semakin menurun seiring naiknya putaran pada masing-masing campuran. Nilai torsi yang paling rendah adalah nilai torsi untuk solar murni untuk semua putaran, kecuali pada putaran mendekati 2300 rpm.



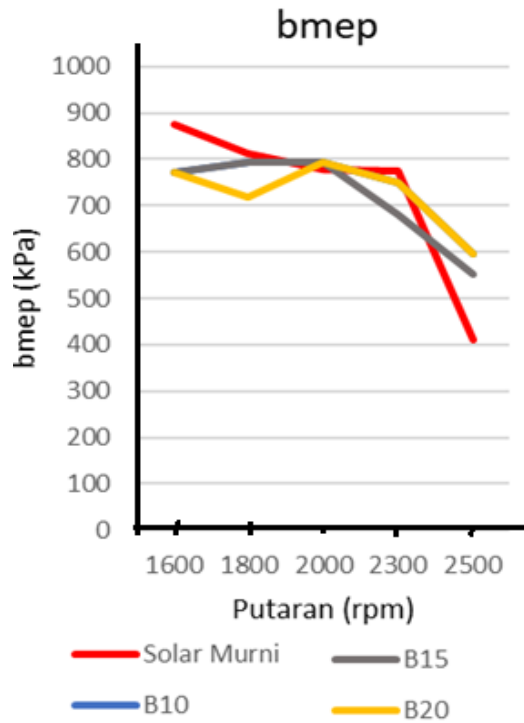
Gambar 3. Grafik torsi untuk semua komposisi bahan bakar

Pada putaran tersebut, nilai torsi yang paling rendah adalah nilai torsi untuk campuran B15. Nilai torsi B10 dengan B20 adalah sama, sehingga garis grafiknya berimpit dan merupakan nilai torsi yang paling tinggi diantara semua campuran untuk semua putaran.



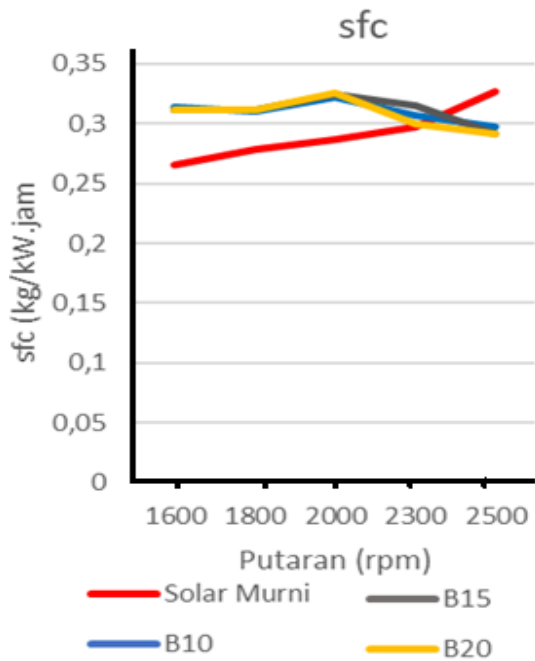
Gambar 4. Grafik daya untuk semua komposisi

Pada grafik daya, dapat dilihat bahwa untuk semua campuran, nilainya akan meningkat seiring dengan naiknya putaran hingga putaran 2300 rpm. Tetapi setelah itu semuanya mengalami penurunan nilai. Jika dibandingkan grafiknya untuk semua campuran, gambarannya sama dengan gambaran grafik untuk torsi. Daya maksimum dari masing-masing campuran, terjadi pada putaran 2300 rpm kecuali untuk campuran B15.



Gambar 5. Grafik bmep untuk semua komposisi

Nilai bmep dari solar murni cenderung mengalami penurunan seiring dengan naiknya putaran. Grafik B10 dan B15 mengalami kenaikan sampai putaran 2000 rpm dan mempunyai nilai yang sama, sehingga garisnya berimpit. Tetapi setelah itu, keduanya mengalami penurunan. Untuk campuran B20 mengalami fluktuasi sampai dengan putaran 2000 rpm, tapi setelah itu grafiknya cenderung turun. Pada putaran 2300 rpm sampai dengan 2500 rpm, nilai bmep dari campuran B10 dan B20 adalah sama, sehingga garisnya berimpit.



Gambar 6. Grafik sfc untuk semua komposisi

Nilai sfc dari solar murni mengalami kenaikan seiring dengan naiknya nilai putaran. Sedang untuk campuran B10, B15, dan B20 mengalami fluktuasi hingga putaran 2000 rpm, tetapi setelah itu mengalami penurunan. Nilai sfc maksimal untuk B10, B15, dan B20 terjadi pada putaran 2000 rpm. Jika dibandingkan, nilai sfc dari solar murni bernilai paling kecil hingga putaran 2300 rpm. Sedang nilai sfc dari campuran B10, B15, dan B20 bernilai hampir sama hingga putaran 2000 rpm, selanjutnya nilainya mengalami perbedaan yang lebih besar.

Dari Gambar 3-6 dapat dianalisis bahwa daya dan torsi yang dihasilkan mesin dengan bahan bakar solar murni lebih kecil dibandingkan bahan bakar kombinasi solar-minyak jelantah. Tetapi solar murni memiliki efisiensi yang lebih baik dari bahan bakar lainnya, ini terbukti dengan nilai sfc-nya lebih kecil pada putaran sampai 2300 rpm. Tetapi pada putaran selanjutnya justru sebaliknya. Kandungan minyak jelantah pada umumnya masih mengandung kadar air dan juga senyawa yang dapat terbakar selama proses pembakaran dalam mesin. Sehingga dapat menurunkan efisiensi.

KESIMPULAN

Nilai torsi dan daya yang dihasilkan oleh campuran solar-minyak jelantah lebih besar daripada yang dihasilkan oleh solar murni untuk semua putaran, kecuali pada putaran 2300 rpm, dimana nilai torsi dan daya solar murni lebih besar dari B15. Nilai torsi dan daya yang paling besar dihasilkan untuk komposisi B10 dan B20. Nilai sfc dari solar murni lebih kecil dari semua campuran solar-minyak jelantah pada putaran sampai 2300 rpm, yang berarti solar memiliki efisiensi yang lebih besar. Tetapi sebaliknya, pada putaran selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Heywood, J. B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamental*, Mc Graw-Hill Book Company Singapore.
- Haryono, E., Dimas, R., Witjono, E. (2017). Analisa Unjuk Kerja Mesin Diesel Kapal Dua Langkah (Two Stroke Marine Diesel Engine) Berbahan Bakar Campuran Minyak Solar (Hsd) Dan Biodiesel Minyak Jelantah Pada Beban Simulator Full Load. *Jurnal INOVTEK POLBENG, Volume 7(2)*, hal: 179 - 187
- Lesmana, L. A., Anggono, W., Suprianto, F. D. (2016). Pengaruh Penggunaan Minyak Bintaro Sebagai Campuran Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel. *Jurnal MECHANOVA*.
- Mariyamah. (2017). Analisa Konsumsi Penggunaan Bahan Bakar Campuran Biodiesel Jarak Pagar dan Solar pada Boiler. *Jurnal ALKIMIA, Volume 1(1)*, hal: 37 - 42
- Munawir Z., M. (2006). Blending Bioaditif dan Biodiesel pada BBMSolar untuk Penurunan SFC dan Emisi Gas Buang. *Jurnal Sains Materi Indonesia, Edisi Khusus*, hal: 135 - 139.
- Setyadi, P., Wibowo, C. S. (2015). Pengaruh Pencampuran Minyak Solar Dengan Biodiesel Pada Nilai Angka Setana. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ, Edisi 2*, hal: 93 - 99.
- Setyadji, M. (2008). Karakteristik Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dan Solar Di Dalam Mesin Diesel. *Jurnal Berkala MIPA, Volume 18(2)*, hal: 102 - 113.

ANALISIS MUTU KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN LARUTAN AKTIFATOR $ZnCl_2$

Edwin Permana^{1*}, Indra Lasmana Tarigan², Diah Riski Gusti², Intan Lestari²

¹Program Studi Kimia Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

²Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

E-mail: edwinpermana86@unja.ac.id

ABSTRACT

Activated carbon is widely used in the industrial world, especially in water treatment. The raw material for activated carbon is quite a lot, namely from biomass, one of which is oil palm shell. The reason for using oil palm shells is because they contain high carbon content and are abundant in nature. activated carbon made the first few stages, namely the process of surface heating, dehydration, carbonization, activation and neutralization as well as drying. This study uses an activator $ZnCl_2$ with variable concentrations of 5N, 7.5 N and 10 N. The results of the best research and meet the quality standards of SII No.0258-79 that is with a 10N activator solution that is a water content of 2.001%, the content of evaporating substances 15,004 %, ash content 8,888%, Fixed Carbon 74,107%.

Keywords: Activator, Biomass, Palm Shell, Activated Carbon, Carbonization

INTISARI

Karbon aktif banyak digunakan dalam dunia industri terutama dalam pengolahan air. Bahan baku karbon aktif cukup banyak yaitu dari biomassa, salah satunya cangkang kelapa sawit. Alasan menggunakan Cangkang kelapa sawit dikarenakan mengandung kandungan karbon yang cukup tinggi dan terdapat di alam yang cukup melimpah. karbon aktif dibuat beberapa tahap yang pertama yaitu proses pemanasan permukaan, dehidrasi, karbonisasi, aktivasi dan penetralan juga pengeringan. Penelitian ini menggunakan zat aktivator $ZnCl_2$ dengan variabel konsentrasi larutan 5N, 7,5 N dan 10 N. Hasil penelitian yang paling baik dan memenuhi standar mutu SII No.0258-79 yaitu dengan larutan aktivator 10N yaitu kadar air 2,001 %, Kadar zat menguap 15,004%, kadar abu 8,888%, Fixed Carbon 74,107%.

Kata Kunci: Aktivator, Biomassa, Cangkang Sawit, Karbon Aktif, Karbonisasi

PENDAHULUAN

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar, yaitu mencapai 60% dari produksi minyak. Cangkang sawit seperti halnya kayu diketahui mengandung komponen-komponen serat seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Menurut Widiarsi (2008), Cangkang kelapa sawit mempunyai komposisi kandungan selulosa (26,27 %), hemiselulosa (12,61 %), dan lignin (42,96 %). Analisis Cangkang Kelapa Sawit dengan Parameter yaitu Moisture 4,52%, Volatile Matter (VM) 82,86%, Kadar Fixed Carbon (FC) 11,02%, Kadar Ash 1,61%, dan Fuel Ratio 0,13% . (Yuliani dan Raharjo, 2012)

Cangkang kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif. Arang aktif dapat dibuat dengan melalui proses karbonisasi pada suhu 550°C selama kurang lebih tiga jam. Karakteristik arang aktif yang dihasilkan melalui proses tersebut memenuhi

(Standart Industri Indonesia) SII, kecuali kadar abu.

Karbon aktif atau sering juga disebut sebagai arang aktif, merupakan suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan sangat besar. Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara di dalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap) dan support katalis. Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi dengan bahan-bahan kimia ataupun dengan

pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat fisika dan kimia. Arang yang demikian disebut sebagai arang aktif (Djarmiko et al, 2008).

Untuk mendapatkan arang tempurung kelapa sawit dengan mutu yang baik (nilai kalor dan kadar karbon yang tinggi, kadar air rendah, kadar abu dan zat terbang cukup rendah) maka suhu pengarangannya dapat digunakan antara 500 - 6000C, dengan waktu pengarangannya 2 - 3 jam (Purwanto dan satrio, 2011).

Sudrajat dan Soleh (1994) menjelaskan bahwa pembuatan arang aktif dilakukan dalam dua tahap, yaitu proses karbonisasi atau destilasi kering yang dilanjutkan dengan tahap pengaktifan atau pengeluaran senyawa yang menutupi rongga dan pori-pori arang aktif dengan cara dehidrasi menggunakan garam jenuh seperti $MgCl_2$, $ZnCl_2$, $CaCl_2$, $NaOH$, H_3PO_4 , dan lain-lain. Selanjutnya, untuk membebaskan unsur karbon dari ikatan dengan unsur lain, terutama hidrogen dan oksigen, dilakukan oksidasi lemah dengan uap air pada suhu tinggi (1000°C).

Proses pembuatan karbon aktif terdiri dari 3 tahap, Danarto dan Samun (2008) adalah sebagai berikut:

a. Tahap dehidrasi

Tahap ini dilakukan dengan memanaskan bahan baku sampai suhu 100°C dengan tujuan untuk menghilangkan kadar air.

b. Karbonisasi

Pada proses ini fasa pengarangannya dan fasa pengaktifannya berlangsung dalam satu tahap. Bahan baku direndam dalam larutan pengaktif selama 12 - 24 jam setelah itu ditiriskan, lalu diarangkan. Dengan adanya pemanasan pada suhu tinggi diharapkan aktivator dapat masuk di antara pelat heksagonal dari kristalit arang yang menyebabkan terjadinya pengikisan permukaan kristalit dan membuka permukaan arang yang tertutup sehingga menjadi aktif. Hal ini dapat terjadi karena arang aktif dengan strukturnya yang mirip grafit mempunyai lapisan karbon heksagonal yang tidak terapatkan, karena tiap atom karbon mempunyai bilangan koordinasi tiga dan ikatan antar lapisan lemah, sehingga memungkinkan terjadinya interkalasi di antara lapisan karbon. Pemakaian bahan kimia sebagai bahan pengaktif sering mengakibatkan pengotoran pada arang aktif yang dihasilkan. Umumnya aktivator meninggalkan sisa-sisa berupa oksida yang tidak larut dalam air pada waktu pencucian.

Oleh karena itu dalam beberapa proses sering dilakukan pelarutan dengan HCl untuk mengikat kembali sisa-sisa bahan kimia yang menempel pada permukaan arang dan kandungan abu yang terdapat dalam arang aktif (Sudrajat dan Soleh, 1994).

Menurut Tutik dan Faizah (2001) dalam Kurniati (2008), karbonisasi adalah proses pemecahan/peruraian selulosa menjadi karbon pada suhu berkisar 275°C. Tahap karbonisasi merupakan proses pirolisis yaitu proses dekomposisi thermal pada suhu 600 – 1100°C. Selama proses ini, unsur-unsur selain karbon seperti hidrogen dan oksigen dibebaskan dalam bentuk gas. Proses karbonisasi akan menghasilkan 3 komponen utama, yaitu karbon (arang), tar, dan gas (CO_2 , CO , CH_4 , H_2 , dan lain-lain) (Danarto dan Samun, 2008).

Proses karbonisasi terdiri dari empat tahap yaitu menurut Sudrajat dan Salim (1994) dalam Kurniati (2008) adalah sebagai berikut:

- Pada suhu 100–120°C terjadi penguapan air dan sampai suhu 270°C mulai terjadi peruraian selulosa. Distilat mengandung asam organik dan sedikit methanol. Asam cuka terbentuk pada suhu 200-270°C.
- Pada suhu 270-310°C reaksi eksotermik berlangsung dimana terjadi peruraian selulosa secara intensif menjadi larutan piroligant, gas kayu dan sedikit tar. Asam merupakan asam organik dengan titik didih rendah seperti asam cuka dan methanol sedang gas kayu terdiri dari CO dan CO_2 .
- Pada suhu 310-500°C terjadi peruraian lignin, dihasilkan lebih banyak tar sedangkan larutan pirolignat menurun, gas CO_2 menurun sedangkan gas CO , CH_4 dan H_2 meningkat.
- Pada suhu 500-1000°C merupakan tahap dari pemurnian arang atau kadar karbon.

c. Aktivasi

Pada proses ini terdapat dua tingkat operasi, yaitu fasa pembentukan pori dan fasa pengaktifan. Fasa pembentukan pori terjadi pada saat pengarangannya bahan baku, pada suhu 400-600°C. Pengarangannya di atas suhu 600°C akan menghasilkan arang dengan modifikasi sifat yang sukar diaktifkan, sedangkan arang yang dihasilkan pada suhu di bawah 600°C sangat efektif untuk diaktivasi tetapi arang ini masih dilapisi oleh senyawa hidrokarbon, sehingga menutupi pori arang aktif yang terbentuk. Untuk membersihkan permukaan arang dari senyawaan ini dapat dilakukan dengan jalan mengalirkan gas pada suhu 800 – 1000°C (Sudrajat dan Soleh, 1994).

Aktivasi adalah suatu perubahan fisika dimana luas permukaan karbon menjadi lebih besar karena hidrokarbon yang menyumbat pori-pori terbebaskan. Menurut Shreve (1997) dalam Kurniati (2008), Aktivasi adalah perubahan secara fisik dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarangan.

Menurut Tutik dan Faizah (2001) dalam Kurniati (2008), daya serap karbon aktif semakin kuat bersamaan dengan meningkatnya konsentrasi dari aktivator yang ditambahkan. Hal ini memberikan pengaruh yang kuat untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati mikro pori-pori dari karbon aktif sehingga permukaan dari karbon aktif tersebut semakin lebar atau luas yang mengakibatkan semakin besar pula daya serap karbon aktif tersebut.

Ada 2 cara untuk melakukan proses aktivasi karbon menurut Danarto dan Samun (2008) adalah sebagai berikut:

- a. Aktivasi secara fisika
Proses aktivasi ini dilakukan dengan mengalirkan uap atau udara pada suhu 800 – 1000°C
- b. Aktivasi secara kimia
Metode ini dilakukan dengan merendam bahan baku pada bahan kimia seperti H₃PO₄, ZnCl₂, HCl, H₂SO₄, CaCl₂, K₂S, NaCl, dan lain-lain.

Beberapa jenis agen aktivasi yang umum digunakan adalah H₃PO₄, KOH, dan ZnCl₂. Penggunaan masing-masing agen aktivasi dalam sintesis karbon aktif memiliki mekanisme aktivasi yang berbeda, dengan karakteristik karbon aktif yang dihasilkan berbeda pula. Menurut Alothman et al (2011), ZnCl₂ berfungsi sebagai asam Lewis yang meningkatkan terjadinya reaksi kondensasi aromatik (polimerisasi), dan menghambat pembentukan senyawa volatil, sehingga meningkatkan perolehan karbon aktif (Alothman et al, 2011).

Hal ini lah yang menyebabkan perolehan karbon aktif pada sintesis dengan menggunakan ZnCl₂ lebih besar dibandingkan dengan KOH. Hal ini disebabkan karena KOH bersifat sebagai katalis yang mendorong reaksi oksidasi biomassa pada proses karbonisasi (Yang dan Lua, 2003).

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Cangkang Kelapa Sawit, Zinc Klorida (ZnCl₂), dan aquades..

Peralatan yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah cawan, gelas ukur, timbangan analitik, oven, *furnace (Muffle Furnace Carbolite)*, desikator, pH meter, kertas indikator, kertas saring, labu ukur 500 mL, erlenmeyer 150 mL, mortal dan alu, ayakan 200 mesh, magnetic stirrer (*Thermo Scientific Cimarec*), dan termometer.

Cara Kerja

a. Preparasi Larutan Aktivasi dan Sampel

Larutan aktivator yang digunakan adalah ZnCl₂ masing-masing 5N, 7,5N, 10N.

Cangkang kelapa sawit sudah dibersihkan dan dikeringkan menjadi *Palm Kernel Shell*. Cangkang kelapa sawit dimasukkan dan ditimbang sebanyak setengah cawan yaitu 350,46 gram. Dikeringkan dalam oven selama 17 jam dengan suhu 45°C. setelah dikeringkan, didinginkan di desikator hingga sama dengan suhu ruang dan ditimbang kembali.

b. Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit

Pembuatan karbon aktif terbagi dalam 3 tahapan sesuai metode Masitoh dan Sianita (2013), yaitu sebagai berikut:

- Dehidrasi: Cangkang dihilangkan kadar air dengan dipanaskan dalam *furnace* selama 1 jam dengan cawan terbuka pada suhu 105°C.
- Karbonisasi: Cawan ditutup dan dikarbonisasi selama 3 jam dalam *furnace* pada suhu 550°C.
- Cangkang kelapa sawit kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang kembali.
- Aktivasi: 40 gram karbon dimasukkan ke dalam masing-masing 2 gelas kimia 500 mL kemudian ditambahkan masing-masing larutan aktivator 5N, 7,5N, 10N dengan volume yang sama yaitu sebanyak 400 mL. Kemudian direndam selama 24 jam dan disaring dengan kertas saring sambil dicuci dengan aquades hingga mencapai pH netral. Dikeringkan karbon aktif dalam oven selama 20 jam pada suhu 105°C.

Proses selanjutnya diambil 10 gram per sampel untuk diuji analisis sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

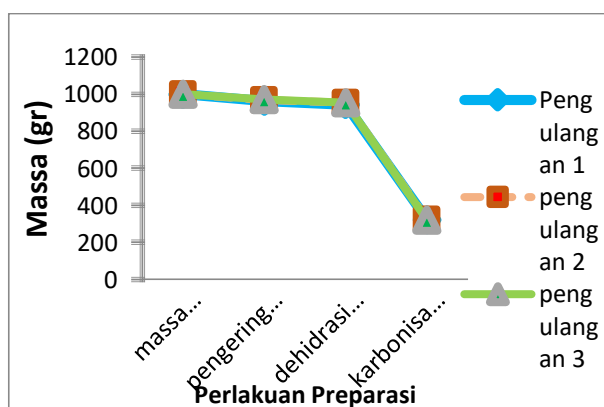
Pembuatan Karbon Aktif

Pembuatan karbon aktif melalui beberapa tahap yang pertama yaitu proses pemanasan permukaan, dehidrasi, karbonisasi, aktivasi dan penetralan juga pengeringan. Dapat dilihat pada proses pengurangan massa seperti tabel dibawah ini

Tabel 1. Pembuatan Karbon (pengeringan – karbonisasi)

| N o. | Massa Awal Cangkang kelapa sawit (gr) | Massa setelah Pengerangan 45 °C 17 jam (permuakaan) | Massa setelah Pengerangan 105°C 1 jam (dehidrasi permukaan) | Massa setelah Karbonisasi 550 °C 3 jam (gr) |
|------|---------------------------------------|---|---|---|
| 1. | 1000 | 962,1 (96,21 %) | 942,87 (94,28 %) | 322,3 (34,18 %) |
| 2. | 1000 | 969,34 (96,93 %) | 954,6 (95,46 %) | 324,33 (33,97 %) |
| 3. | 1000 | 970,47 (97,04 %) | 954,91 (95,49 %) | 320,83 (33,59 %) |

Dari data tabel 1 dapat dirangkum hasil data dalam bentuk grafik dibawah ini dibawah ini yang menyatakan pengurangan massa dari proses pengeringan – karbonisasi :



Gambar 1. Grafik Pengurangan Massa Dari Pembuatan Karbon

Pada proses pembuatan karbon dari massa awal berupa cangkang kelapa sawit dilakukan 3 kali pengulangan yang hasilnya menyerupai tujuannya dilakukan 3 kali pengulangan untuk persiapan sample yang cukup banyak dan melihat seberapa akurat

pengaruh dari metode yang dilakukan apakah hasil yang valid didapatkan. Dari hasil rangkuman gambar grafik diatas dapat dinyatakan Pengaruh dari pengeringan permukaan dimana kondisi pada keadaan atmosfer ada pengotor yang menempel pada permukaan cangkang sehingga perlu dilakukan pemanasan untuk menghilangkan pengotor yang hasilnya massa awal cangkang berkurang menjadi 962,1- 970,47 gram, proses kedua yaitu dehidrasi permukaan cangkang dengan pemanasan suhu 105 °C menggunakan oven yang tujuannya untuk menghilangkan kadar air yang merupakan pengganggu/pengotor pada cangkang sehingga seharusnya dihilangkan. Tahap selanjutnya pembuatan Cangkang kelapa sawit menjadi Karbon dengan proses karbonisasi menggunakan suhu 550°C selama 3 jam dan hasil yang didapatkan berdasarkan tabel 1 dalam 322,3 – 320,83 dalam 3 kali percobaan hasil yang dilakukan sama dalam rentang (33,59%-34,18%). Menurut Sudrajat (1994), Pada suhu 310-500°C terjadi peruraian lignin, dihasilkan lebih banyak tar, gas CO₂ menurun sedangkan gas CO dan CH₄ dan H₂ meningkat kemudian pada suhu 500-1000°C merupakan tahap dari pemurnian arang atau kadar karbon. Sehingga produk yang terbentuk adalah karbon dari *biomassa* dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2. Karbon hasil Karbonisasi

Kemudian dilakukan proses aktivasi. Proses aktivasi ini bertujuan untuk membuka pori dari karbon dan memperluas permukaan dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa Karbonisasi (Kurniati, 2008). sehingga memiliki pori yang aktif dan lebih besar dibandingkan dengan karbon saja tanpa proses aktivasi. Proses aktivasi terdiri beberapa model namun kali ini menggunakan proses aktivasi secara kimia dengan larutan ZnCl₂ dari sumber referensi Gilar,etal (2013) pembuatan karbon aktif dengan larutan aktivator ZnCl₂ menghasilkan distribusi karbon yang baik dari pengaruh variasi

konsentrasi hasilnya terjadi kenaikan luas permukaan yang meningkat pergaruh aktivitas dengan menggunakan larutan aktivator ZnCl₂ dalam % larutan. dan dari data percobaan penelitian kali menggunakan larutan aktivator ZnCl₂ dalam konsentrasi Normalitas dan hasilnya dapat diketahui dari tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Hasil Proses Aktivasi

| No | Konsentrasi | Massa Awal (gr) | Massa Akhir (gr) | pH |
|----|-------------|-----------------|------------------|------|
| 1. | AC 5 N | 150 | 149,75 | 7,5 |
| 2. | AC 7,5 N | 150 | 148,6 | 6,39 |
| 3. | AC 10 N | 150 | 142,18 | 6,65 |

Dari pengaruh aktivasi terhadap perubahan massa dari tabel 2 dimana hasilnya terjadi pengurangan massa yang kali ini dapat diidentifikasi merupakan pengotor sisa dari proses karbonisasi setelah pencucian mendekati pH normal rentang (6,3-7). Proses pencucian menggunakan aquadest ini bertujuan untuk menghasilkan karbon dalam kondisi pH yang netral sehingga tidak akan mempengaruhi proses pengaplikasiannya, dan juga dikeringkan menggunakan oven suhu 105°C selama 20 jam hal ini juga bertujuan mengeringkan karbon yang sudah diaktivasi dan menghilangkan kadar air dari proses pencucian menggunakan aquadest dengan suhu 105°C karena pada suhu tersebut air akan menguap dari permukaan karbon aktif yang dihasilkan.

Karbon aktif yang dihasilkan selanjutnya diuji sesuai dengan standar Industri Indonesia (SII No. 0258-79) apakah karbon yang dihasilkan memenuhi dari standar karbon aktif dari hasil uji coba didapatkan data berupa berikut pada tabel 3

Tabel 3. Uji mutu standar Karbon Aktif

| Keterangan | AC 5N (%) | AC 7,5N (%) | AC 10N (%) | Standar (Dalam Serbuk) (%) |
|-----------------------------|-----------|-------------|------------|----------------------------|
| Kadar Air | 0,727 | 3,131 | 2,001 | Max 15 |
| Kadar Zat Menguap | 25,003 | 8,2935 | 15,004 | Max 25 |
| Kadar Abu | 8,442 | 9,429 | 8,888 | Max 10 |
| Fix Carbon (Karbon Terikat) | 65,512 | 79,146 | 74,107 | Min 65 |

Dari hasil analisa uji mutu standar karbon aktif yang dilakukan hasilnya dari ketiga karbon aktif (AC) dengan pengaruh variasi konsentrasi Aktivator ZnCl₂ dalam konsentrasi 5N, 7,5N dan 10N hasilnya sesuai ketiga sample tersebut dalam standar (SII No. 0258-79). Memenuhi standar kadar air dibawah 15%, kadar zat menguap dibawah 25%, kadar abu 10% dan karbon terikat minimal 65% sesuai dengan hasil standar yang ditetapkan.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini yaitu :

1. Telah terperolehnya karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dengan variasi konsentasi ZnCl₂ yang sesuai SII No. 0258-79
2. Karbon Aktif yang paling optimal yaitu dengan menggunakan larutan activator 10 N yaitu kadar air 2,001 %, Kadar zat menguap 15,004%, kadar abu 8,888%, Fixed Carbon 74,107%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alothman, Z. A.; Habila M. A. dan Ali R., Preparation of Activated Carbon Using the Copyrolysis of Agricultural and Municipal Solid Wastes at a Low Carbonization Temperature, International Conference on Biology, Environment and Chemistry, Singapore 2011, hal 67-72.
- Arifin. 2010. "Dekolorisasi Air yang Mengandung Zat Warna Tekstil Dengan Metode Koagulasi Poly Aluminium Chloride dan Adsorpsi Arang Aktif". Tangerang : PT. Tirta Kencana Cahaya Mandiri.
- Atkins, P. W., 1999, Kimia Fisika, (diterjemahkan oleh : Kartahadioprojo Irma I), edisi ke-2, Erlangga, Jakarta
- Bismo,S., A. S. Azhariyah dan A.
- Pradyasti. 2017. "Potensi Karbon Aktif sebagai Penyangga Katalis Dekomposisi Ozon". Seminar Nasional Integrasi Proses 2017:
- BSN, 1995. Mutu dan Cara Uji Arang Aktif Teknis. SNI 06-7370-1995. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- Djarmiko, B., S.Ketaren dan S.Setyahartini,. 2008. Pengolahan Arang dan Kegunaannya. Agro Industri Press. Bogor.
- Karimnezhad, L., M.Haghighi dan E.Fatehifar . "Adsorption of benzene and toluene

- from waste gas using activated carbon activated by $ZnCl_2$ ". *Front. Environ. Sci. Eng.*, 2014, 8(6), 835–844.
- Naswir, M dan I. Lestari. 2014. "Characterization Active Carbon and Clum Shell In Reducing pH, Color, COD, Fe and Organic Matter On Peat Water". *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE)*. ISSN: 2349-2163.
- Rahmanpour S.H., M. Sharifirad Koohyar F., and Vahidifar M. 2012. "Preparation of Activated Carbon from Phragmites Australis": Equilibrium Behaviour Study. *Research Journal of Chemical Sciences* ISSN 2277-2502 Vol. 1(8), 10-16.
- Sam, C.A., U. Olsbye dan K.J. Jens. 2018. "Low temperature methanol synthesis catalyzed by copper nanoparticle". *Sciencedirect*.
- Tri Kurnia Dewi, Arif Nurrahman, Edwin Permana. 2009. Pembuatan Karbon Aktif Dari Kuli Ubi Kayu (*Mannihot esculenta*) Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya *Jurnal Teknik Kimia*, No. 1, Vol. 16.
- Yang, T. dan Lua A. C., Characteristics of activated carbons prepared from pistachio-nut shells by potassium hydroxide activation, *Microporous and Mesoporous Materials*, 2003, 63(1-3), 113-124.

PEDOMAN PENULISAN NASKAH

Bahasa

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris yang baku.

Susunan Naskah

Susunan naskah memuat judul, abstract, intisari, pendahuluan, metode, pembahasan, kesimpulan, dan daftar pustaka dan ditulis tanpa menggunakan nomor sub judul. Judul singkat dan jelas menunjukkan isinya, ditulis bold dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Di bawah dicantumkan nama penulis (tanpa gelar) dan instansi, serta alamat email.

ABSTRACT dalam bahasa Inggris dan ditulis italic, dilengkapi dengan intisari berbahasa Indonesia yang memuat permasalahan, metodologi dan hasil. *Abstrac* dan Intisari memuat maksimal 300 kata dan dilengkapi dengan *keywords* atau kata kunci sebanyak 3-5 kata.

PENDAHULUAN berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, metodologi (jika ada) serta tinjauan pustaka dan landasan teori yang relevan, tanpa menggunakan sub judul. Sumber rujukan ditunjuk dengan menuliskan di dalam kurung: nama akhir penulis dan tahun penerbitan.

PEMBAHASAN menguraikan hasil analisis kualitatif dan/atau kuantitatif dengan penekanan pada jawaban atas permasalahan.

KESIMPULAN berisi pernyataan singkat tentang hasil yang disarikan dari pembahasan. Saran dapat dituliskan pada bagian paling akhir.

DAFTAR PUSTAKA hanya memuat pustaka yang relevan dengan naskah dan disusun menurut abjad.

Buku:

Buschow, K. H. J. dan F. R. De Boer, (2004), *Physics Of Magnetism And Magnetic Materials*, Kluwer Academic Publisher, New York.

Artikel online:

Clay, R. (2008, June). Science vs. ideology: Psychologists fight back about the misuse of research. *Monitor on Psychology*, diunduh dari: <http://www.apa.org/monitor/> tanggal 10 Agustus 2012

Jurnal:

Kahani, S.A., dan M.Jafari, (2009), A new method for preparation of magnetite from iron oxyhydroxide or iron oxide and ferrous salt in aqueous solution, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Volume 321 no.3, hlm.1951–1954.

Teknik Penulisan

Naskah diketik dengan jarak 1 spasi, pada format ukuran A4 (210 x 297 mm), halaman. Jenis huruf Arial 10 point, margin atas 2,5 cm, bawah 2.5 cm, kiri 3 cm, dan kanan 2.5 cm, Jumlah halaman 7-10 tanpa footnote. Gambar/Foto merupakan gambar digital (hasil scanner) yang menyatu dalam teks, menggunakan warna *greyscale*. Penomoran tabel (di atas tabel), gambar (di bawah gambar) dengan nomor urut. Gunakan angka arab (1,2, 3 dst) untuk penomoran gambar, . Persamaan dituliskan dengan angka arab pada tepi kanan diantara tanda kurung.

PENDAHULUAN, PEMBAHASAN, KESIMPULAN dan DAFTAR PUSTAKA dibuat dengan 2 kolom dengan jarak antar kolom 1 cm.

Pengiriman Naskah

Naskah dikirim ke Redaksi melalui laman journal.akprind.ac.id/index.php/jurtek secara *online*. Melakukan registrasi (di menu daftar) terlebih dahulu kemudian mengunggah makalah dan Surat Pernyataan tertulis belum pernah dimuat dalam penerbitan lain.

Biodata Penulis

Bagian akhir makalah disertakan biodata penulis mencakup: nama lengkap, tempat tanggal lahir, alamat korespondensi (rumah/kantor dan email), tahun lulus dan bidang ilmu untuk S-1, atau S-2, atau S-3 spesialisasi dan minat keilmuan serta hal-hal lain yang dianggap perlu dicantumkan.

Redaksi berhak menolak naskah yang tidak memenuhi kriteria/persyaratan teknis, mengadakan perubahan susunan naskah, memperbaiki bahasa dan berkonsultasi dengan penulis sebelum naskah dimuat.

