

TEKNOIN

JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI

ISSN 0853-8697

Volume 17, Nomor 3, September 2011

Analisis dan Perhitungan Tingkat Produktivitas Parsial dengan Metode Cobb-Douglas
(Studi Kasus pada PDAM Kabupaten Kebumen)

Abdul Djalal

Studi Komparasi *Time Series Prediction* Berbasis *Autoregressive Neural Network* dan
Backpropagation Neural Network pada Sistem Kontrol Prediksi Posisi Magnet

Alvin Sahroni

Pengukur Tegangan dan Arus RMS Jala-jala Listrik Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535

Freddy Kurniawan

Optimasi Antrian Kedatangan Kendaraan *Subcontractor* dengan Metode Simulasi
(Studi Kasus di Seksi *Part preparation* Perusahaan Perakitan Motor Jakarta)

Harwati

Pencitraan Bentuk Benda Menggunakan Gelombang Ultrasonic dengan
Interface PPI 8255 dan Mikrokontroler MC74HC595A

Medilla Kusriyanto, Yudi Prayudi, Hartanto

Basic Ergonomics Risk Assessment Implementation on Site Ergonomics Program

Muhammad Ragil Suryoputro

Karakteristik Pembakaran Briket Arang Tempurung Kelapa, Briket Arang Serbuk Gergaji Kayu Jati,
Briket Arang Bonggol Jagung, Briket Arang Batang Jagung, Briket Arang Sekam Padi,
Briket Batubara Karbonisasi dan non Karbonisasi, dan Arang Kayu

Siti Jamilatun

TEKNOIN

Jurnal Teknologi Industri

Jurnal Teknologi Industri TEKNOIN adalah jurnal yang mengkaji masalah yang berhubungan dengan teknologi industri. Penelitian yang dilaporkan dapat berupa penelitian untuk pengembangan keilmuan atau terapan.

Jurnal ini terbit empat kali dalam setahun,
setiap bulan Maret, Juni, September, dan Desember

Pelindung
Gumbolo Hadi Susanto

Pemimpin Umum
Agus Taufiq

Pemimpin Redaksi
M. Ridlwan

Sekretaris Redaksi
Winda Nur Cahyo

Dewan Redaksi
R. Chairul Saleh
Hari Purnomo
Asmanto Subagyo
Sri Kusumadewi
Mauridy Heri Purnomo
Tito Yuwono
Waziz Wildan

Administrasi
Pangesti Rahman
Sarjudi

Alamat Redaksi
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km. 14,5 Yogyakarta 55501
Telp. (0274) 895287, Faks. (0274) 895007
E-mail: teknoin@fti.uii.ac.id

DAFTAR ISI

- 131-137 ANALISIS DAN PERHITUNGAN TINGKAT PRODUKTIVITAS PARSIAL DENGAN METODE COBB-DOUGLAS (Studi Kasus pada PDAM Kabupaten Kebumen)**
Abdul Djalal
- 138-144 STUDI KOMPARASI *TIME SERIES PREDICTION* BERBASIS *AUTOREGRESSIVE NEURAL NETWORK* DAN *BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK* PADA SISTEM KONTROL PREDIKSI POSISI MAGNET**
Alvin Sahroni
- 145-153 PENGUKUR TEGANGAN DAN ARUS RMS JALA-JALA LISTRIK BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 8535**
Freddy Kurniawan
- 154-159 OPTIMASI ANTRIAN KEDATANGAN KENDARAAN *SUBCONTRACTOR* DENGAN METODE SIMULASI (Studi Kasus di Seksi *Part preparation* Perusahaan Perakitan Motor Jakarta)**
Harwati
- 160-168 PENCITRAAN BENTUK BENDA MENGGUNAKAN GELOMBANG *ULTRASONIC* DENGAN *INTERFACE PPI 8255* DAN MIKROKONTROLLER *MC74HC595A***
Medilla Kusriyanto, Yudi Prayudi, Hartanto
- 169-180 BASIC ERGONOMICS RISK ASSESSMENT IMPLEMENTATION ON SITE ERGONOMICS PROGRAM**
Muhammad Ragil Suryoputro
- 181-187 KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BRIKET ARANG TEMPURUNG KELAPA, BRIKET ARANG SERBUK GERGAJI KAYU JATI, BRIKET ARANG BONGGOL JAGUNG, BRIKET ARANG BATANG JAGUNG, BRIKET ARANG SEKAM PADI, BRIKET BATUBARA KARBONISASI DAN NON KARBONISASI, DAN ARANG KAYU**
Siti Jamilatun

Redaksi menerima tulisan yang belum pernah diterbitkan atau dalam proses penerbitan dari kalangan akademisi dan peneliti. Redaksi berhak mengubah tulisan tanpa mengurangi atau mengubah maksudnya. Pedoman penulisan tercantum pada bagian akhir Jurnal ini.

ANALISIS DAN PERHITUNGAN TINGKAT PRODUKTIVITAS PARSIAL DENGAN METODE COBB-DOUGLAS (Studi Kasus pada PDAM Kabupaten Kebumen)

Abdul Djalal

*Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km. 14 Sleman Yogyakarta*

ABSTRACT

Productivity is a benchmark of a company, by conducting certain efficiency a company will meet designated productivity. This research is addressed to notice elasticity index of every production input toward output which is income.

Cobb - Douglas method will be employed as a basic of calculation and analysis to discover the value of elasticity of production input and multiple linier to find out correlation of each applied production input.

The results show that the elasticity of production input achieved by "Perusahaan Daerah Air Minum" (PDAM) for Kebumen Regency in 2004 is $(\beta_1)=0,2087$ for worker's input, $(\beta_2)=0,1968$ for material input, $(\beta_3)=0,7097$ for energy input, $(\beta_4)=0,6250$ for machine input, $(\beta_5)=0,5813$ for land input, $(\beta_6)=0,2727$ for information system input and $(\beta_7)=0,6480$ for managerial input, whereas in 2004, variables of material production input was effected significantly toward revenue. In 2005, the value of elasticity input are described as followed: $(\beta_1)=0,1305$ for worker's input, $(\beta_2)=0,6582$ for material input, $(\beta_3)=0,9628$ for energy input, $(\beta_4)=0,5096$ for machine input, $(\beta_5)=1,1818$ for land input, $(\beta_6)=0,7941$ for information system input and $(\beta_7)=0,6759$ for managerial input, whereas in 2005, variables of material production input was effected significantly toward revenue. In 2006, the value of elasticity input are described as followed: $(\beta_1)=0,3159$ for worker's input, $(\beta_2)=0,5553$ for material input, $(\beta_3)=0,6761$ for energy input, $(\beta_4)=1,1900$ for machine input, $(\beta_5)=1,4599$ for land input, $(\beta_6)=0,2454$ for information system input and $(\beta_7)=1,0719$ for managerial input, with strong positive correlation on worker's input, material, energy toward revenue and strong negative correlation on information system toward revenue. In 2007, the value of elasticity input are described as followed: $(\beta_1)=0,3049$ for worker's input, $(\beta_2)=0,9423$ for material input, $(\beta_3)=0,6063$ for energy input, $(\beta_4)=0,2301$ for machine input, $(\beta_5)=0,7690$ for land input, $(\beta_6)=0,3529$ for information system input and $(\beta_7)=0,4109$ for managerial input, where as in 2007, variables of material input was effected significantly toward revenue

Keywords: *productivity, Cobb-Douglas Method*

1. PENDAHULUAN

Dalam menghadapi persaingan yang semakin kuat di era globalisasi ini, maka keunggulan suatu perusahaan dalam bisnis moderen tidak hanya diukur dari mutu produk saja, tetapi juga dari keseluruhan sistem kerja perusahaan serta keuntungan yang diperoleh perusahaan. Yang menjadi tolak ukur kemajuan perusahaan adalah penggunaan sumber daya secara efektif dan efisien. (Sri Kartini, 2006).

Sampai saat ini masih banyak perusahaan yang belum menyadari bahwa dalam melakukan penilaian kinerja perusahaannya tidak hanya diukur dari hasil atau *output* yang dicapai tetapi juga menggunakan sumberdaya yang efisien dalam menghasilkan barang atau jasa dengan cara yang efektif. Oleh karena itu perusahaan sangat berkepentingan dengan

analisis produktivitas untuk mengetahui produktivitas perusahaan dari waktu ke waktu.

Produktivitas merupakan suatu petunjuk arah dalam usaha pengembangan perusahaan dimasa yang akan datang. Masalah produktivitas dapat didefinisikan sebagai deviasi atau penyimpangan yang terjadi antara produktivitas aktual (hasil ukuran) dan sasaran yang direncanakan atau diharapkan (sasaran produktivitas tertentu). (Vincent Gaspersz, 1998).

Keberhasilan pengelolaan perusahaan tercermin pada pengukuran produktivitas yang dicapai. Pengukuran produktivitas akan membantu kita dalam memahami situasi yang telah terjadi berkenaan dengan pertumbuhan perusahaan dan sebagai petunjuk arah pengembangan perusahaan dimasa yang akan datang.

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pelayanan air minum kepada masyarakat di suatu wilayah tertentu. Salah satu upaya dalam memberikan jaminan untuk mencapai berbagai tuntutan dari konsumen adalah melalui peningkatan produktivitas.

Terdapat berbagai macam metode pengukuran tingkat produktivitas yang memiliki fungsi berbeda-beda. Bahkan pada tiap perusahaan yang biasanya diperlukan modifikasi metode yang disesuaikan dengan kondisi perusahaan.

Penelitian ini akan membahas tentang analisis perhitungan tingkat produktivitas untuk produksi dengan beberapa *input*. Dengan hasil pengukuran tersebut maka dapat melakukan analisis terhadap tingkat produktivitas dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

1.1 Tujuan

1. Mengetahui besarnya elastisitas (besarnya perubahan) *input* produksi terhadap tingkat produktivitas total produksi.
2. Mengetahui variabel *input* yang mempengaruhi atau berkontribusi pada *output* produksi.

2. KAJIAN PUSTAKA

Organisasi industri merupakan salah satu mata rantai dari sistem perekonomian, karena organisasi memproduksi dan mendistribusikan produk (barang dan /atau jasa). Produk merupakan fungsi pokok dalam setiap organisasi, yang mencakup aktivitas yang bertanggung jawab untuk menciptakan nilai tambah produk yang merupakan *output* dari setiap organisasi industri itu.

Sistem produksi merupakan sistem integrasi yang mempunyai komponen struktural dan fungsional. Di dalam sistem produksi moderen sering terjadi suatu proses transformasi nilai tambah yang mengubah *input* menjadi *output* yang dapat dijual dengan harga kompetitif dipasar.

Komponen atau elemen struktur yang membentuk sistem produksi terdiri dari : bahan (material), mesin dan peralatan, tenaga kerja, modal, energi, informasi, tanah dan lain-lain. Sedangkan komponen atau elemen fungsional terdiri dari : supervisi, perencanaan, pengendalian, koordinasi, dan kepemimpinan. Suatu sistem produksi selalu dalam lingkungan, sehingga aspek-aspek lingkungan seperti: perkembangan teknologi, sosial, ekonomi, serta kebijakan pemerintah akan sangat mempengaruhi keberadaan sistem produksi itu. Secara skematis sederhana, sistem produksi dapat digambarkan seperti dalam gambar 2.1.

Elemen-elemen utama dari sistem produksi adalah : *input*, proses dan *output*, serta adanya suatu mekanisme umpan balik untuk pengendalian sistem produksi itu agar mampu meningkatkan perbaikan terus-menerus (*Continuous improvement*).

Produktivitas merupakan suatu petunjuk arah dalam usaha pengembangan perusahaan dimasa yang akan datang. Masalah produktivitas dapat didefinisikan sebagai deviasi atau penyimpangan yang terjadi antara produktivitas aktual (hasil ukuran) dan sasaran yang direncanakan atau diharapkan (sasaran produktivitas tertentu). (Vincent Gaspersz, 1998).

(Mali, 1978) Menyatakan bahwa produktivitas tidak sama dengan produksi, tetapi produksi, performasi kualitas, hasil-hasil, merupakan komponen dari usaha produktivitas. Dengan itu, produktivitas merupakan suatu kombinasi dari efektivitas dan efisien, sehingga produktivitas dapat diukur berdasarkan pengukuran berikut :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{output yang dihasilkan}}{\text{input yang dihasilkan}} = \frac{\text{efektivitas}}{\text{efisiensi}}$$

Produktivitas sering dianggap sebagai suatu pengertian yang sama artinya dengan produksi. Akan tetapi, jelas bahwa produktivitas bukan produksi. Pengertian produksi adalah suatu kegiatan yang berhubungan dengan hasil keluaran dan umunya dinyatakan sebagai *volume* produksi dan dalam satuan *unit*. Sedangkan produktivitas adalah suatu tingkat perbandingan antara besarnya keluaran dengan besarnya masukannya.

Elastisitas adalah derajat kepekaan kuantitas yang diminta (atau ditawarkan) terhadap salah satu faktor yang mempengaruhi fungsi permintaan (atau penawaran). Elastisitas pendapatan adalah presentase perubahan kuantitas barang yang diminta yang disebabkan oleh perubahan pendapatan konsumen. Nilai kritis elastisitas adalah satu, dimana koefisien elastisitas tergantung pada apakah koefisien tersebut lebih besar, sama dengan atau lebih kecil dari satu.

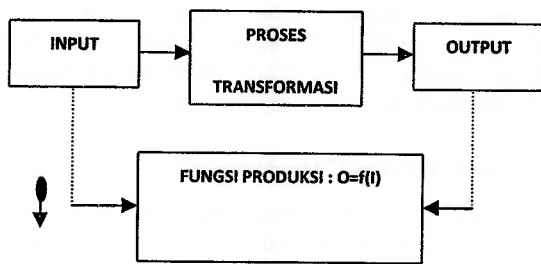
Pengukuran Produktivitas berdasarkan Pendekatan Fungsi Produksi Cobb-Douglas

Input dalam sistem produksi dapat diklasifikasikan kedalam dua jenis, yaitu *input tetap* dan *input variabel*. Dimana *input tetap* adalah suatu *input* bagi sistem produksi yang tingkat penggunaan *input* tidak tergantung pada jumlah *output* yang akan diproduksi. Sangat perlu dipertimbangkan bahwa *input tetap* hanya dipertimbangkan untuk periode jangka pendek (*short run period*), sedangkan untuk periode jangka panjang (*long run*

period) semua *input* bagi sistem produksi dipertimbangkan sebagai *input* variabel. *Input* variabel adalah suatu *input* bagi sistem produksi yang tingkat penggunaan *input* itu tergantung pada jumlah *output* yang akan diproduksi.

Input yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Input* Tenaga Kerja, Material, Energi, Mesin, Tanah, Sistem Informasi dan Manajerial. Dari inputan tersebut nantinya akan diketahui pengaruhnya terhadap produksi (pendapatan) yang diperoleh perusahaan. Bentuk fungsi produksi *Cobb-Douglas* bersifat sederhana dan mudah dalam penerapannya, dimana mampu menggambarkan keadaan skala hasil, apakah nantinya produktivitas itu sedang meningkat, tetap atau menurun. Koefisien fungsi produksi *Cobb-Douglas* secara langsung menggambarkan elastisitas produksi dari setiap *input* yang dipergunakan dan dipertimbangkan untuk dikaji dalam fungsi produksi itu.

Kerangka kerja dari model pengukuran produktivitas berdasarkan pendekatan fungsi *Cobb-Douglas* secara konseptual dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1 Kerangka Kerja : Pengukuran Produktivitas Total Menggunakan Fungsi Pendekatan Cobb-Douglas.

(Sumber: Vincent Gasperz [GAS 98], Manajemen Produktivitas Total)

Untuk menghitung tingkat produktivitas dari perusahaan menggunakan rasio antara *output* dengan *input*, secara matematis sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{output}}{\text{input}}$$

Dengan rumus matematis diatas dapat dihitung masing-masing produktivitas tiap inputan yang digunakan (produktivitas parsial). Hal ini dilakukan perhitungan dalam periode bulanan, dengan periode dasar tahun 2004. Selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan Pendekatan Fungsi Produksi *Cobb-Douglas*.

Model pengukuran produktivitas berdasarkan Pendekatan Fungsi produksi *Cobb-Douglas* memiliki bentuk umum sebagai berikut :

$$Q = \delta \times I^\beta$$

Dimana:

Q = Output

I = Input

δ = indeks efisiensi penggunaan *input* terhadap *output*.

β = elastisitas produksi dari *input*

Penelitian ini menggunakan beberapa *input* sebagai perhitungan, yaitu tenaga kerja, material, energi, mesin, tanah, sistem informasi dan manajerial. Dimana satuan variabel biaya yang digunakan akan dikonversi sama kedalam satuan uang (rupiah).

Dari inputan yang ada dapat dirumuskan dalam perhitungan, sebagai berikut :

$$Q = \delta \times L^{\beta_1} \times M^{\beta_2} \times E^{\beta_3} \times T^{\beta_4} \times U^{\beta_5} \times S^{\beta_6} \times J^{\beta_7}$$

Dimana :

Q = Output

L = *Input* Tenaga Kerja

M = *Input* Material

E = *Input* Energi

T = Tanah

U = Mesin

S = Sistem Informasi

J = Manajerial

δ = indeks efisiensi penggunaan *input* terhadap *output* (indeks produktivitas total)

β_1 = elastisitas produksi dari *input* Tenaga kerja

β_2 = elastisitas produksi dari *input* Material

β_3 = elastisitas produksi dari *input* Energi

β_4 = elastisitas Mesin

β_5 = elastisitas Tanah

β_6 = elastisitas Sistem Informasi

β_7 = elastisitas Manajerial

Dari konsep perhitungan yang menggunakan fungsi produksi *Cobb-Douglas*, data produksi (Q) dan penggunaan inputan tenaga kerja (L), material (M), energi (E), mesin (U), tanah (T), sistem informasi (S) dan manajerial (J) akan ditransformasikan kedalam *logarithm natural* (ln) yang berbilangan dasar e = 2,71828.

$$\ln Q = \sum \ln Q / n \dots\dots\dots(1)$$

$$\ln L = \sum \ln L / n \dots\dots\dots(2)$$

$$\ln M = \sum \ln M / n \dots\dots\dots(3)$$

$$\ln E = \sum \ln E / n \dots\dots\dots(4)$$

$$\ln T = \sum \ln T / n \dots\dots\dots(5)$$

$$\ln U = \sum \ln U / n \dots\dots\dots(6)$$

$$\ln S = \sum \ln S / n \dots\dots\dots(7)$$

$$\ln J = \sum \ln J / n \dots\dots\dots(8)$$

Untuk mencari elastisitas masing-masing *input* menggunakan rumus matematis sebagai berikut :

$$\beta_1 = \frac{\{n \sum (\ln Q)(\ln L) - (\sum \ln Q) \sum \ln L\}}{\{n \sum (\ln L)^2 - (\sum \ln L)^2\}} \dots\dots(9)$$

$$\beta_2 = \frac{\{n \sum (\ln Q)(\ln M) - (\sum \ln Q) \sum \ln M\}}{\{n \sum (\ln M)^2 - (\sum \ln M)^2\}} \dots\dots(10)$$

$$\beta_3 = \frac{\{n \sum (\ln Q)(\ln E) - (\sum \ln Q) \sum \ln E\}}{\{n \sum (\ln E)^2 - (\sum \ln E)^2\}} \dots\dots(11)$$

$$\beta_4 = \frac{\{n \sum (\ln Q)(\ln T) - (\sum \ln Q) \sum \ln T\}}{\{n \sum (\ln T)^2 - (\sum \ln T)^2\}} \dots\dots(12)$$

$$\beta_5 = \frac{\{n \sum (\ln Q)(\ln U) - (\sum \ln Q) \sum \ln U\}}{\{n \sum (\ln U)^2 - (\sum \ln U)^2\}} \dots\dots(13)$$

$$\beta_6 = \frac{\{n \sum (\ln Q)(\ln S) - (\sum \ln Q) \sum \ln S\}}{\{n \sum (\ln S)^2 - (\sum \ln S)^2\}} \dots\dots(14)$$

$$\beta_7 = \frac{\{n \sum (\ln Q)(\ln J) - (\sum \ln Q) \sum \ln J\}}{\{n \sum (\ln J)^2 - (\sum \ln J)^2\}} \dots\dots(15)$$

$$\tau = \overline{\ln Q} - (\beta \overline{\ln I}) \dots\dots\dots(16)$$

$$\ln \delta = \tau \rightarrow \delta = \text{anti} \ln \tau = e^\tau \dots\dots\dots(17)$$

Jadi performansi produktivitas total atau indeks efisiensi dilihat dari δ dan rasio dari dua periode akan menunjukkan seberapa besar perubahan yang terjadi dari periode yang tersebut. Elastisitas dari masing-masing *input* yang digunakan dapat dilihat dari besarnya nilai $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ dan β_7 dan rasio dari dua periode menjadi tolak ukur dari besarnya efisiensi dan perubahan produktivitas apakah tetap, naik atau bahkan turun.

3. METODE PENELITIAN

Objek penelitian yang digunakan adalah Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di Kabupaten Kebumen; Jalan Arumbinang No.12, Kebumen, Jawa Tengah. Dimana PDAM bergerak dalam bidang pelayanan air minum bagi masyarakat di wilayah kabupaten Kebumen. Sebagai bahan penelitian yang akan digunakan adalah data tahunan: pendapatan sebagai *output* yang dihasilkan perusahaan, dan biaya tenaga kerja, biaya material, biaya mesin, biaya energi, biaya tanah, biaya sistem informasi dan biaya manajerial sebagai *input* produksi.

Data primer, data-data hasil dari pencatatan secara langsung pada waktu proses produksi atau bisnis perusahaan dan juga dari data-data lampau (*history*) yang dimiliki perusahaan meliputi:

- a. Data umum perusahaan
- b. Data yang dibutuhkan untuk penelitian

Data sekunder meliputi data-data yang berasal dari sumber lain, misalnya dari buku-buku perpustakaan, majalah-majalah yang memberikan informasi mengenai industri dan bisnis serta literatur pendukung lainnya, yang dalam hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan dan menggali teori-teori yang sekiranya akan mendukung terhadap penelitian untuk memecahkan masalah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya indeks efisiensi dan produktivitas total yang dimiliki perusahaan PDAM Kabupaten Kebumen. Selain itu, penelitian yang dilakukan untuk mengetahui besarnya elastisitas (pengaruh perubahan) *input* terhadap tingkat produktivitas total pada perusahaan. Dengan mengetahui besarnya efisiensi dan produktivitas total dan besarnya elastisitas setiap *input* maka diperlukan suatu langkah atau tindakan yang bisa dilaksanakan perusahaan untuk memperbaiki indeks efisiensi dan produktivitas totalnya dengan menggunakan elastisitas setiap *input* yang ada.

Dari hasil pengolahan data, berdasarkan metode Pendekatan Fungsi Produksi *Cobb-Douglas* pada periode tahun 2004 produktivitas total yang dimiliki perusahaan sebesar 3,2422 dan pada periode berikutnya (tahun 2005) produktivitas total yang dicapai perusahaan sebesar 4,9129, hal ini berarti indeks efisiensi produksi yang dicapai PDAM Kabupaten Kebumen pada tahun 2005 apabila dibandingkan dengan indeks efisiensi produksi pada tahun 2004 adalah sebesar : $4,9129/3,2422 = 1,51$. Kemudian pada tahun 2006 produktivitas total yang dicapai oleh perusahaan sebesar 5,5145 hal ini berarti indeks efisiensi

produksi dari PDAM Kabupaten Kebumen pada tahun 2006 apabila dibandingkan dengan indeks efisiensi produksi pada tahun 2005 adalah sebesar : $5,5145/4,9129 = 1,12$, sedangkan pencapaian produktivitas total pada periode tahun 2007 sebesar 3,6164 yang artinya indeks efisiensi produksi dari perusahaan pada tahun 2007 apabila dibandingkan dengan indeks efisiensi produksi pada tahun 2006 adalah sebesar : $3,6164/5,5145 = 0,66$.

Indeks efisiensi yang dicapai oleh PDAM Kabupaten Kebumen dari periode 2005 sampai dengan 2007 sebesar : 1,51 , 1,12 dan 0,66 , dimana hal ini menunjukkan indeks efisiensi yang dicapai perusahaan mengalami perubahan yang cenderung mengalami penurunan setiap tahunnya, hal ini sangat dipengaruhi oleh kondisi perusahaan dalam mengelola sumber daya yang ada. Dalam hal ini adalah pengelolaan terhadap penggunaan setiap *input* yang digunakan dalam memproduksi.

Besarnya elastisitas setiap *input* dalam tiap periode sebagai berikut:

Periode tahun 2004 $\beta_1 = 0,2087$, $\beta_2 = 0,1968$, $\beta_3 = 0,7097$, $\beta_4 = 0,625$, $\beta_5 = 0,5813$, $\beta_6 = 0,2727$, $\beta_7 = 0,648$, dimana hal ini berarti perubahan setiap nilai elastisitas *input* akan mempengaruhi tambahan *output* sebesar masing-masing nilai elastisitas *input*-nya. Periode ini (tahun 2004) digunakan sebagai periode dasar sebagai pembanding dengan periode berikutnya.

Periode tahun 2005 $\beta_1 = 0,1305$, $\beta_2 = 0,6582$, $\beta_3 = 0,9628$, $\beta_4 = 0,5096$,

$\beta_5 = 1,1818$, $\beta_6 = 0,7941$, $\beta_7 = 0,6759$, dimana hal ini berarti setiap penambahan *output* sebesar 1% dipengaruhi oleh perubahan *input* sebesar masing-masing nilai elastisitasnya, yaitu *input* tenaga kerja = 13,05%, *input* material = 65,82%, *input* energi = 96,28%, *input* mesin = 50,96%, *input* tanah = 118,18%, *input* sistem informasi = 79,41% dan *input* manajerial = 67,59%.

Periode tahun 2006 $\beta_1 = 0,3159$, $\beta_2 = 0,5553$, $\beta_3 = 0,6761$, $\beta_4 = 1,19$, $\beta_5 = 1,4599$, $\beta_6 = 0,2454$, $\beta_7 = 1,0719$, dimana hal ini berarti setiap penambahan *output* sebesar 1% dipengaruhi oleh perubahan *input* sebesar masing-masing nilai elastisitasnya, yaitu *input* tenaga kerja = 31,59%, *input* material = 55,53%, *input* energi = 67,61%, *input* mesin = 119%, *input* tanah = 145,99%, *input* sistem informasi = 24,54% dan *input* manajerial = 107,19%.

Periode tahun 2007 $\beta_1 = 0,3049$, $\beta_2 = 0,9423$, $\beta_3 = 0,6063$, $\beta_4 = 0,2301$, $\beta_5 = 0,769$, $\beta_6 = 0,3529$, $\beta_7 = 0,4109$, dimana hal ini berarti setiap penambahan *output* sebesar 1% dipengaruhi oleh perubahan *input* sebesar masing-masing nilai elastisitasnya, yaitu *input* tenaga kerja = 30,49%, *input* material = 94,23%, *input* energi = 60,63%, *input* mesin = 23,01%, *input* tanah = 76,9%, *input* sistem informasi = 35,29% dan *input* manajerial = 41,09%.

Tabel 4.1 Peningkatan *Input* Produktivitas.

Jenis Input	Periode Dasar	Angka Indeks			Periode Dasar	Angka Indeks			Perubahan Indeks (%)			
		Periode 2004	Periode 2005	Periode 2006		Periode 2007	Periode 2005	Periode 2006	Periode 2007	Periode 2005	Periode 2006	Periode 2007
Variabel	1	2	3	4	5	6	7=(3/2)	8=(4/2)	9=(6/2)	10=(7-6)	11=(8-6)	12=(9-6)
Tenaga Kerja	0,2087	0,1305	0,3159	0,3049	1,00	0,625	1,513	1,46	-3,75%	+51,3%	+64%	
Material	0,1968	0,6582	0,5553	0,9423	1,00	3,344	2,821	4,788	+234,4%	+182,1%	+378,8%	
Energi	0,7097	0,9628	0,6761	0,6063	1,00	1,357	0,963	0,854	+35,7%	-3,7%	-14,6%	
Mesin	0,625	0,5096	1,19	0,2301	1,00	0,815	1,904	0,368	-18,5%	+9,4%	-63,2%	
Tanah	0,5813	1,1818	1,4599	0,767	1,00	2,033	2,511	1,322	+103,3%	+151,1%	+32,2%	
Sistem Informasi	0,2727	0,7941	0,2454	0,3529	1,00	2,911	0,899	1,294	+191,1%	-10,1%	+29,4%	
Manajerial	0,648	0,6759	1,0719	0,4109	1,00	1,043	1,654	0,634	+4,3%	+65,4%	-36,6%	
Produktivitas Total	3,2422	4,9129	5,5145	3,6164	1,00	1,515	1,701	1,115	+51,5%	+70,1%	+11,5%	

Dari tabel 4.1 tersebut diatas dapat diketahui bahwa pada periode tahun 2005 terjadi peningkatan *input* produktivitas material (+234,4), energi (+35,7%), tanah (+103,3%), sistem informasi (+191,1%), dan manajerial (+4,3%). Namun terjadi penurunan *input* produktivitas tenaga kerja (-3,75%) dan produktivitas Mesin (-18,5%). Meskipun demikian produktivitas total perusahaan mengalami perubahan sebesar (+51,5%). Berdasarkan kenyataan ini seyogyanya manajemen perusahaan PDAM Kabupaten Kebumen lebih memfokuskan perhatian kepada penggunaan *input* tenaga kerja dan mesin, sehingga berbagai tindakan dapat diambil agar pada periode berikutnya dapat meningkatkan produktivitas dari *input* tenaga kerja dan mesin.

Periode tahun 2006 terjadi peningkatan *input* produktivitas tenaga kerja (+51,3%), material (+182,1%), tanah (+151,1%), mesin (+9,4%), dan manajerial (+65,4%). Namun terjadi penurunan *input* produktivitas energi (-3,7%) dan produktivitas sistem informasi (-10,1%). Meskipun demikian produktivitas total perusahaan mengalami perubahan sebesar (+70,1%). Berdasarkan kenyataan ini perusahaan PDAM Kabupaten Kebumen untuk lebih memfokuskan perhatian kepada penggunaan *input* energi dan sistem informasi, sehingga berbagai tindakan dapat diambil agar pada periode berikutnya dapat meningkatkan produktivitas dari *input* energi dan sistem informasi.

Untuk periode tahun 2007 terjadi peningkatan *input* produktivitas tenaga kerja (+64%), material (+378,8%), tanah (+32,2%), sistem informasi (+29,4%). Namun terjadi penurunan *input* produktivitas mesin (-63,2%), energi (-14,6%) dan produktivitas manajerial (-36,6%). Meskipun demikian produktivitas total perusahaan mengalami perubahan sebesar (+11,5%). Dengan adanya penurunan produktivitas pada penggunaan *input* mesin, energi dan manajerial maka, PDAM Kabupaten Kebumen harus lebih memfokuskan perhatian terhadap penggunaan *input* mesin, energi dan manajerial agar pada periode berikutnya dapat meningkatkan kembali produktivitas dari *input* mesin, energi dan manajerial.

5. KESIMPULAN

Periode 2004 sebagai periode dasar penelitian, total koefisien elastisitas produksi perusahaan sebesar 3,2422 dengan nilai elastisitas masing-masing *input* sebesar : $\beta_1 = 0,2087$, $\beta_2 = 0,1968$, $\beta_3 = 0,7097$, $\beta_4 = 0,625$, $\beta_5 = 0,5813$, $\beta_6 = 0,2727$, $\beta_7 = 0,648$. Dengan analisis regresi, korelasi positif kuat antara pendapatan dengan *input* tenaga kerja, material dan energi dengan nilai masing-masing 0,785, 0,989,

0,931. *Input* yang cukup signifikan dalam mempengaruhi pendapatan pada tahun 2004 adalah *input* material dan energi.

Periode 2005 total elastisitas produksi perusahaan sebesar 4,9129 dengan elastisitas masing-masing *input* sebesar : $\beta_1 = 0,1305$, $\beta_2 = 0,6582$, $\beta_3 = 0,9628$, $\beta_4 = 0,5096$, $\beta_5 = 1,1818$, $\beta_6 = 0,7941$, $\beta_7 = 0,6759$. Dengan analisis regresi, korelasi positif kuat antara pendapatan dengan *input* tenaga kerja, material dan energi dengan nilai masing-masing 0,819, 0,979, 0,968. *Input* yang cukup signifikan dalam mempengaruhi pendapatan pada tahun 2005 adalah *input* material.

Pada periode tahun 2006 total elastisitas produksi perusahaan sebesar 5,5145, dengan elastisitas masing-masing *input* sebesar: $\beta_1 = 0,3159$, $\beta_2 = 0,5553$, $\beta_3 = 0,6761$, $\beta_4 = 1,19$, $\beta_5 = 1,4599$, $\beta_6 = 0,2454$, $\beta_7 = 1,0719$. Dengan analisis regresi, korelasi positif kuat antara pendapatan dengan *input* tenaga kerja, material dan energi dengan nilai masing-masing 0,785, 0,989, 0,931 dan korelasi negatif kuat antara pendapatan dengan sistem informasi.

Pada periode tahun 2007 total elastisitas produksi perusahaan sebesar 3,6164, dengan elastisitas *input* pada periode ini sebesar : $\beta_1 = 0,3049$, $\beta_2 = 0,9423$, $\beta_3 = 0,6063$, $\beta_4 = 0,2301$, $\beta_5 = 0,769$, $\beta_6 = 0,3529$, $\beta_7 = 0,4109$. Dengan analisis regresi, korelasi positif kuat antara pendapatan dengan *input* tenaga kerja, material dan energi dengan nilai masing-masing 0,546, 0,986, 0,625. *Input* yang cukup signifikan dalam mempengaruhi pendapatan pada tahun 2007 adalah *input* material.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Hadi (2007). *Pemakaian dan Penerapan ISO/IEC 17025:2005*, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Assauri, Sofjan (2000). *Manajemen Produksi dan Operasi*, edisi IV, Jakarta : Lembaga Penelit Kakultas Ekonomi, Universitas Indonesia.
- Eskartrimurti, Dra. (2006). *Pengantar Ilmu Ekonomi*, Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
- Putti (1986). Dalam : Fitridiana, Rahmawati (2004). : *Pengukuran dan Analisis Produktivitas Total*

dan Parsial Perusahaan dengan metode David J. Shumanth, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologo Industri, Universitas Islam Indonesia.

Sri, Kartini (2006). Dalam : *Analisi Produktivitas Dengan Menggunakan American Productivity Center Model*, jtptums-gdl-s1-2007-srikartini-3810 - UMS Digital Library – GDL 4_0.htm.

STUDI KOMPARASI *TIME SERIES PREDICTION* BERBASIS *AUTOREGRESSIVE NEURAL NETWORK* DAN *BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK* PADA SISTEM KONTROL PREDIKSI POSISI MAGNET

Alvin Sahroni

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14.5 Yogyakarta, Email : nomad2805@gmail.com

ABSTRAK

Time series prediction adalah salah satu bidang penelitian yang hingga saat ini memiliki minat pengembangan yang cukup pesat. Sudah banyak penelitian yang dilakukan berkaitan dengan peningkatan performansi *time series prediction*. Salah satu permasalahan dalam aplikasi *time series prediction* adalah sifat non linearitas data, noise, serta jumlah data pelatihan yang sangat besar, sehingga dibutuhkan penelitian yang cukup intensif agar dapat mempolakan data pelatihan dengan tingkat performansi yang baik dengan jumlah iterasi yang tidak terlalu besar. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, jaringan syaraf tiruan (JST) atau Neural Network (NN) adalah salah satu metode yang cukup dikenal baik dan sering digunakan untuk memprediksi nilai di masa depan. Performansi JST/NN dalam memprediksi waktu masa depan tidak terlalu memberikan hasil yang memuaskan dengan mengolah beban komputasi yang sedemikian besar, karena jumlah iterasi yang dibutuhkan sangat besar sehingga sulit untuk mendapatkan performansi yang baik. Tulisan ini akan menjelaskan bagaimana jaringan syaraf tiruan dimodifikasi dengan menggunakan teori-teori pemodelan sistem dinamis agar dapat mengolah jumlah data yang besar, noise yang tinggi, dan sifat non linear pada sistem kontrol prediksi posisi magnet. Dalam tulisan ini juga akan diperlihatkan bahwa dengan pelatihan jaringan syaraf tiruan berbasis *backpropagation* konvensional, yang merupakan algoritma pelatihan paling umum digunakan ternyata membutuhkan iterasi yang sangat besar dengan tingkat performansi > 0.1 . sedangkan dengan metode pelatihan nonlinear autoregressive Neural Network hanya dibutuhkan iterasi < 600 iterasi dengan tingkat performansi mencapai 0.01. Setelah dilakukan pengujian/fitting untuk $t > 1$, didapatkan pola grafik yang cukup memuaskan.

Kata kunci : Neural Network, nonlinear autoregressive, Time series Prediction, Backpropagation, Levitation magnet

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jaringan Syaraf tiruan yang telah diperkenalkan oleh McCulloch dan Pitts pada tahun 1943 menjadi awal diperkenalkannya dasar model dari jaringan syaraf tiruan adalah model McCulloch-Pitts. Sejalan dengan berkembangnya *soft computing* menghasilkan berbagai macam metode seperti *perceptron*, ADALINE, MADALINE, Hebb, LVQ, *Backpropagation* dan masih banyak lagi arsitektur dan algoritma jaringan syaraf tiruan yang dikembangkan saat ini (Jong Jek Siang, 2004). Saat ini jaringan syaraf tiruan lebih menekankan sebuah metode *hybrid* yang bertujuan untuk meningkatkan performansi *Dynamic Non Linear Data Modelling*, seperti Algoritma Genetik, *Autoregressive*, dan beberapa metode kombinasi lain.

Adanya penelitian - penelitian sistem *hybrid* bertujuan untuk meningkatkan pengenalan pola *input* dan target dengan *error* yang seminim mungkin. Salah satu contoh aplikasi pengenalan pola yang cukup fundamental adalah peningkatan performansi *time series prediction*. *Time Series Prediction* menghimpun begitu banyak data, karena data tersebut pada umumnya akan dibagi menjadi 3 bagian, yaitu data pelatihan, data validasi, dan data pengujian (Jingtao, Singapore). Pada prakteknya, Algoritma konvensional seperti *backpropagation* tidak cukup untuk memetakan data yang sangat besar, sehingga diperlukan modifikasi dan kombinasi metode sehingga permasalahan beban komputasi bisa diselesaikan dengan baik oleh jaringan syaraf tiruan.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dan manfaat diadakan penelitian ini adalah :

1. Sebagai komparasi algoritma konvensional dan algoritma *hybrid* pada jaringan syaraf tiruan.
2. Untuk mengembangkan suatu metode baru dalam aplikasi *time series prediction*.
3. Untuk meningkatkan performansi Jaringan Syaraf tiruan dalam menyelesaikan beban komputasi yang besar.

M : massa magnet
g : gaya gravitasi

1.3 Review Penelitian/teknologi terdahulu

Pertanyaan dasar yang muncul disaat kita akan mengaplikasikan sebuah *time series prediction* adalah “ apakah waktu dimasa depan bisa diprediksi dengan sebuah metode matematis? ”. Pertanyaan sangat wajar diajukan dikarenakan prediksi keadaan di masa depan adalah sebuah nilai yang sangat berpengaruh oleh keadaan yang telah terjadi dimasa lalu dan saat ini. Sedangkan *variable - variabel* yang kita gunakan sebagai *predictor* mempunyai keterbatasan variabel dan komponen pendukung.

Time series prediction adalah salah satu bidang penelitian yang cukup berkembang saat ini. Seperti dalam bidang ekonomi, sosial, dan *science*. *Time series Prediction* sangat identik dengan jumlah data yang sangat besar, sehingga beban komputasi akan bertambah dan berakibat dibutuhkannya berbagai macam bentuk modifikasi arsitektur jaringan syaraf tiruan agar dapat memetakan *input* dan *output* dengan baik.

Selain data pelatihan yang besar, penelitian-penelitian yang telah dilakukan di waktu terdahulu untuk mendapatkan prediksi yang tepat maka dibutuhkan pertimbangan - pertimbangan seperti *noise*, ketidakpastian, dan *factor - faktor* eksternal yang akan sangat mempengaruhi keakuratan prediksi dimasa depan. Dalam tulisan ini kita akan dapat mengetahui bagaimana performansi algoritma jaringan syaraf tiruan konvensional yaitu berbasis algoritma *backpropagation* dengan jaringan syaraf tiruan yang telah dimodifikasi dengan metode lain seperti *Autoregressive Neural Network* yang disajikan dalam tulisan ini.

2. METODOLOGI PENELITIAN

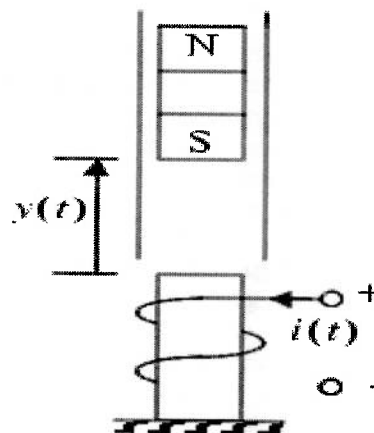
Studi komparasi ini menggunakan data posisi magnet yang dipengaruhi oleh tegangan.

Persamaan dari system tersebut adalah

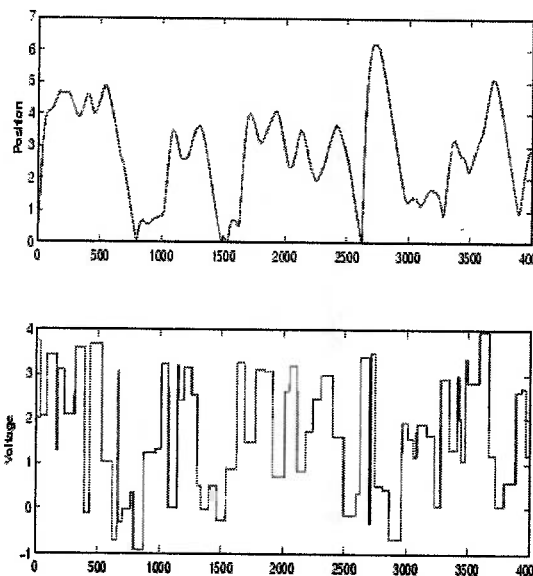
$$\frac{d^2y(t)}{dt^2} = -g + \frac{\alpha i^2(t)}{M y(t)} - \frac{\beta dy(t)}{M dt} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

y(t) : jarak magnet diatas elektromagnet
i(t) : aliran arus di dalam elektromagnet



Gambar 1. Kontrol posisi magnet



Gambar 2. Grafik hubungan posisi dan tegangan

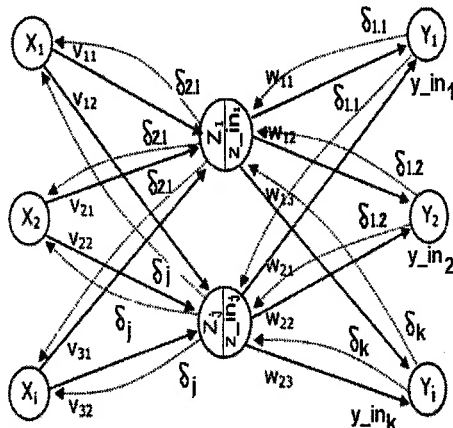
2.1 Data Percobaan

Data percobaan pada penelitian ini akan menggunakan sebanyak 2000 data dan untuk melihat performansi komparasi arsitektur dan metode pelatihan, kedua metode tersebut akan diuji untuk memprediksi 100 data kedepan dengan menggunakan 1900 data sebagai data pelatihannya. Selain itu juga akan dikomparasikan tingkat *error* dari pengujian data pelatihan sebagai simulasi jaringan untuk memprediksi data di waktu mendatang.

Data pelatihan didapatkan dari MATLAB yang sudah mengintegrasikan data pengukuran sistem tersebut dalam *software* MATLAB.

2.2 Backpropagation

Untuk percobaan awal akan digunakan algoritma pembelajaran *backpropagation*. Hal ini dikarenakan *backpropagation* sebagai algoritma yang umum digunakan untuk memetakan berbagai macam pola data. Berbeda dengan algoritma lain yang hanya dapat efektif digunakan beberapa kasus, sedangkan *backpropagation* dapat digunakan di berbagai macam aplikasi jaringan syaraf tiruan. Sehingga algoritma pembelajaran *backpropagation* dapat dikatakan sebagai algoritma yang *universal* dalam implementasi jaringan syaraf tiruan. Selain itu juga dikarenakan algoritma pembelajaran *backpropagation* merupakan salah satu jenis pembelajaran yang terawasi (*supervised learning*).



Gambar 3. Algoritma pembelajaran *backpropagation*

Dalam percobaan ini, akan dicoba 3 konfigurasi pada arsitekturnya yang antara lain :

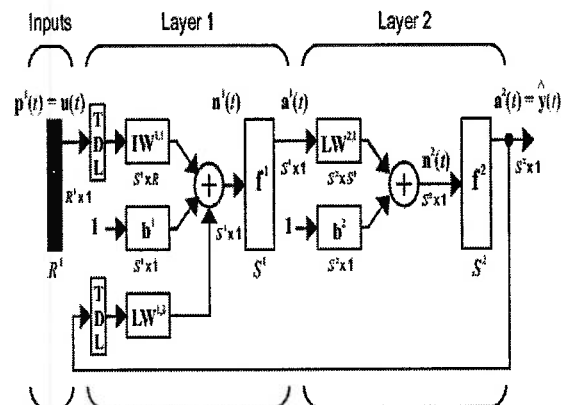
- a. 1 *hidden layer* (100 neuron)
- b. 2 *hidden layer* (100, 50 neuron)
- c. 3 *hidden layer* (200, 100, 50 neuron)

Keseluruhan konfigurasi arsitektur dalam pelatihan tersebut menggunakan algoritma pelatihan *gradient descent* dengan momentum dan *adaptive learning parameter* (Lr).

Maksimum iterasi adalah sebesar 600 iterasi, dan selama percobaan berlangsung, akan menggunakan *learning rate* dan nilai momentum yang bervariasi. Data pelatihan selanjutnya akan disimulasikan kembali untuk mengetahui performansi arsitektur dalam mengenali kembali data yang digunakan sebagai pelatihan, setelah itu akan dilakukan pengujian untuk memprediksi 100 data kedepan secara iteratif.

2.3 Autoregressive Neural Network

Sebagai pembandingan, maka akan digunakan metode hybrid yaitu *Nonlinear Autoregressive Neural Network* yang merupakan sebuah metode gabungan antara teori *autoregressive* yang identik digunakan dalam pemodelan *non linear data series* dan *dynamic modeling*. Arsitektur hanya akan menggunakan 1 *hidden layer* sebanyak 10 neuron dengan maksimum iterasi sebesar 600. Berikut adalah arsitektur *Autoregressive Neural Network*



Gambar 4. Arsitektur *Autoregressive Neural Network*

Persamaan dari pemodelan ini adalah

$$y(t) = f(y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-n_y), u(t-1), u(t-2), \dots, u(t-n_u)) \dots (2)$$

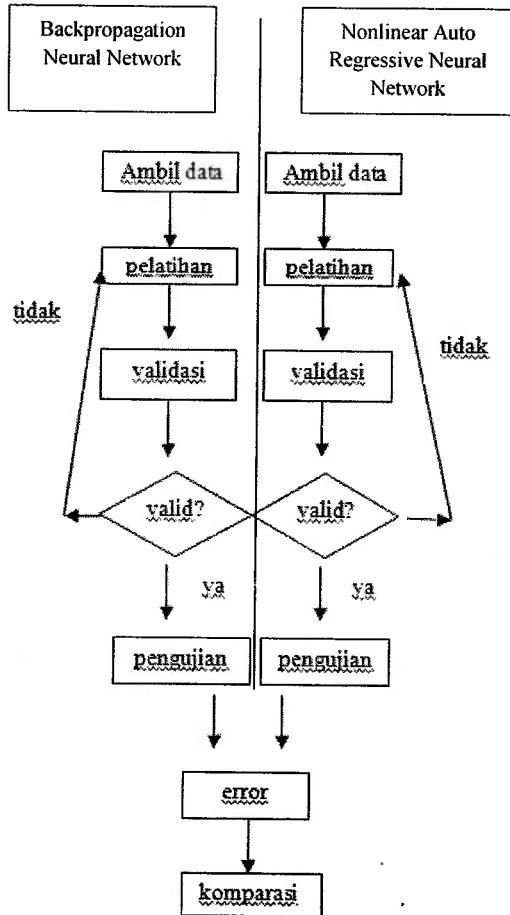
Dari nilai tersebut maka dapat diprediksikan nilai selanjutnya dari *dependent variable* y (t) berdasarkan dari nilai *output* yang sebelumnya. Model *Nonlinear autoregressive neural network* menggunakan propagasi maju (*feedforward*) *neural network* untuk menentukan fungsi f, sedangkan algoritma pelatihan yang digunakan pada jaringan ini adalah dengan menggunakan *Bayes Regulation backpropagation* dan *Levenberg-Marquardt backpropagation*.

2.4 Sistemika Percobaan

Percobaan ini memiliki sistemika sebagai berikut:

1. Proses pelatihan menggunakan 2000 data yang merupakan hubungan antara posisi dan tegangan
2. Pengujian dan validasi arsitektur
3. Pengujian untuk memprediksi 100 data berikutnya menggunakan *backpropagation*
4. Perhitungan nilai *error*

5. Proses pelatihan *autoregressive neural network*
6. Pengujian dan validasi arsitektur
7. Pengujian untuk memprediksi 100 data berikutnya
8. Perhitungan nilai *error*
9. Komparasi *error* antara kedua metode



Gambar 5. Flowchart percobaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pelatihan *Backpropagation*

Percobaan pertama akan dilakukan dengan menggunakan algoritma *backpropagation*. Dalam hal ini akan menggunakan beberapa konfigurasi meliputi *learning rate* dan konfigurasi *hidden layer* beserta jumlah neuronnya. Tabel dibawah ini akan menjadi representasi setiap percobaan yang dilakukan dengan menggunakan algoritma *backpropagation*.

Tabel 1. Konfigurasi Pelatihan algoritma *backpropagation*

No	Fungsi aktivasi	HL/ Neuron	Lr	MC	epoh	Error

Dengan menggunakan 1 *hidden layer* Pada konfigurasi ini akan digunakan 1 *hidden layer*, dan fungsi aktivasi yang digunakan akan dikonfigurasi beserta *learning rate* dan *momentum coefficient*.

Tabel 2. Hasil pelatihan dan pengujian Algoritma *backpropagation* dengan 1 *hidden layer*

No	Fungsi aktivasi	HL/ Neuron	Lr	MC	epoh	Error
1	Tansig-tansig	100	0.8	0.5	600	0.71
2	Tansig-purelin	100	0.4	0.3	600	NaN
3	Logsig-logsig	100	0.9	0.7	600	0.240

Dari tabel diatas terlihat bahwa dengan menggunakan 1 *hidden layer*, performansi dari jaringan syaraf tersebut sangat buruk sehingga pengujian tidak dilanjutkan. Walau menggunakan jumlah neuron yang cukup besar, ternyata tidak cukup untuk membantu beban komputasi pelatihan yang cukup besar yaitu sebesar 2000 data. Hal ini menjadi suatu bukti, bahwa dengan menggunakan 1 *hidden layer* tidak bisa digunakan untuk melatih data yang besar. Untuk melihat bagaimana performansi jaringan dengan menggunakan *hidden layer* lebih dari satu, dan untuk konfigurasi berikutnya, kita akan menggunakan 2 *hidden layer*

Tabel 3. Hasil pelatihan dan pengujian algoritma *backpropagation* dengan 2 *hidden layer*

No	Fungsi aktivasi	HL/ Neuron	Lr	MC	epoh	Error
1	Tansig-Tansig-tansig	200, 100	0.8	0.5	600	0.722
2	Tansig-purelin-purelin	200, 50	0.4	0.3	600	NaN
3	Logsig-logsig-logsig	100, 50	0.9	0.7	600	0.240

Dengan menggunakan 2 *hidden layer* tidak memberikan suatu dampak perubahan yang berarti, bahkan terkesan tidak jauh berbeda dengan menggunakan 1 *hidden layer* berikut akan kita

lakukan percobaan terakhir dengan menggunakan 3 hidden layer.

Tabel 4. Hasil pelatihan dan pengujian algoritma *backpropagation* dengan 3 hidden layer

No	Fungsi aktivasi	HL/ Neuron	Lr	MC	epoh	Error
1	Tansig-Tansig-tansig-tansig	200, 100, 50	0.8	0.5	600	0.651
2	Tansig-tansig-logsig-purelin	200, 150, 50	0.4	0.3	600	2.84
3	Logsig-logsig-logsig-logsig	100, 50, 25	0.9	0.7	600	0.239

Lr : Learning rate ; MC:momentum Coefficient

Dengan menggunakan 3 hidden layer ada sedikit perubahan yang terjadi terkait dengan performansi dari arsitektur jaringan. Akan tetapi perubahan tersebut tidak menjadi terlalu berarti karena perbedaan performansi hanya 0.03 - 0.05. sehingga dapat kita analisis bahwa data yang besar, akan sangat sulit di latih jika menggunakan arsitektur jaringan syaraf konvensional dengan algoritma *backpropagation*. Selanjutnya kita akan melihat arsitektur *autoregressive neural network*.

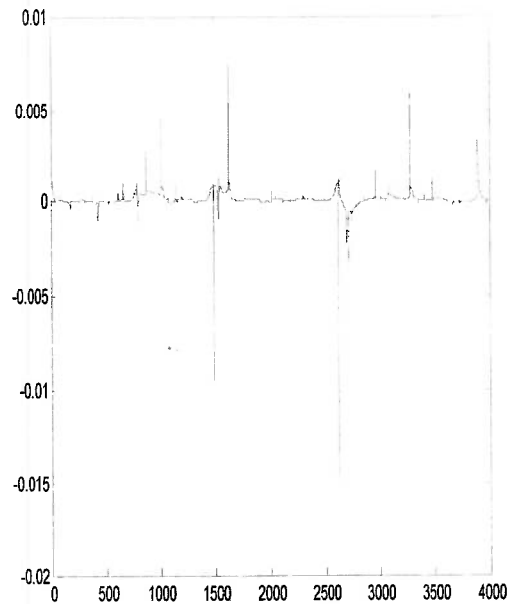
3.2 Pelatihan Autoregressive Neural Network

Pada percobaan ini, tidak akan banyak konfigurasi yang dilakukan. Konfigurasi yang dilakukan hanya terkait pada nilai *learning rate*, dan fungsi pelatihannya. Sedangkan arsitektur hanya menggunakan 1 hidden layer. Berikut adalah hasil percobaan dengan menggunakan *autoregressive neural network*.

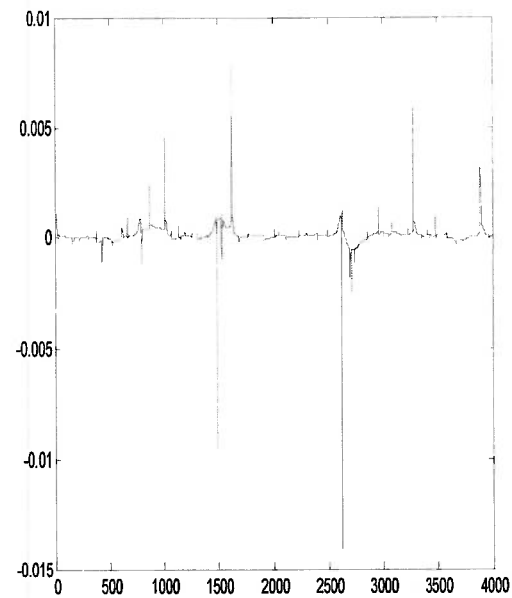
Tabel 5. Hasil pelatihan dan pengujian algoritma *autoregressive neural network* dengan 1 hidden layer

No	Fungsi Pelatihan	Neuron	Lr	Epoh	Error
1	Bayessian Regulation Back Propagation	10	0.6	304	0.00998
2	Bayessian Regulation Back Propagation	10	0.9	35	0.00996
3	Levenberg-Marquardt back propagation.	10	0.8	6	0.016

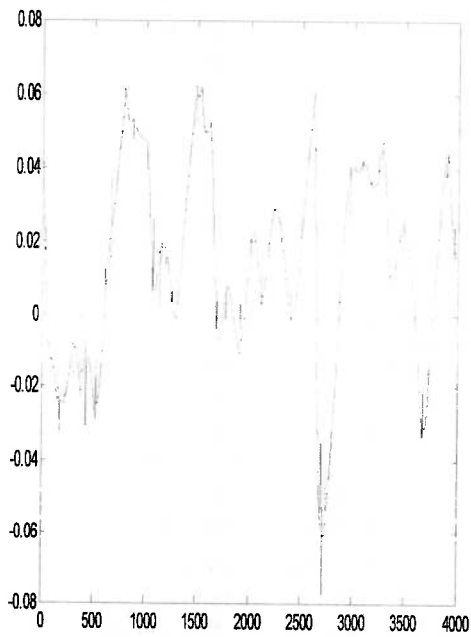
Terlihat dari tabel 5, bahwa dengan menggunakan algoritma *autoregressive neural network* dengan fungsi pelatihan menggunakan *bayessian regulation* pelatihan menjadi lebih cepat yaitu dibawah 600 iterasi dan hasil performansi pelatihannya sendiri menunjukkan bahwa tingkat *error* sangat kecil. Gambar dibawah adalah simulasi data pelatihan dengan tujuan untuk memvalidasi pelatihan yang telah dilakukan telah memberikan hasil yang maksimal.



Gambar 6. Hasil validasi pelatihan 1

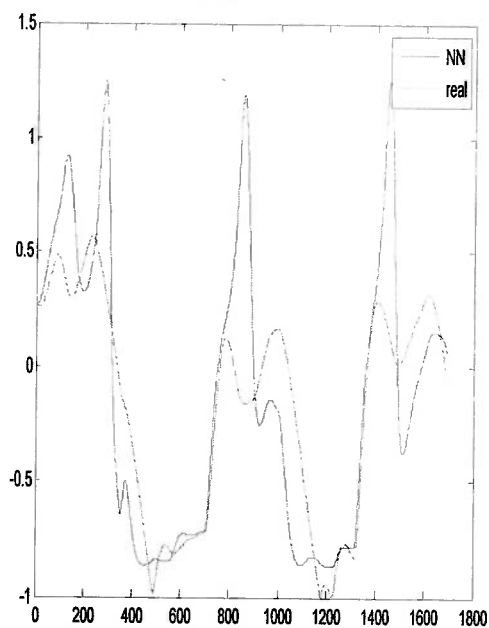


Gambar 7. Hasil validasi menggunakan konfigurasi pelatihan 2



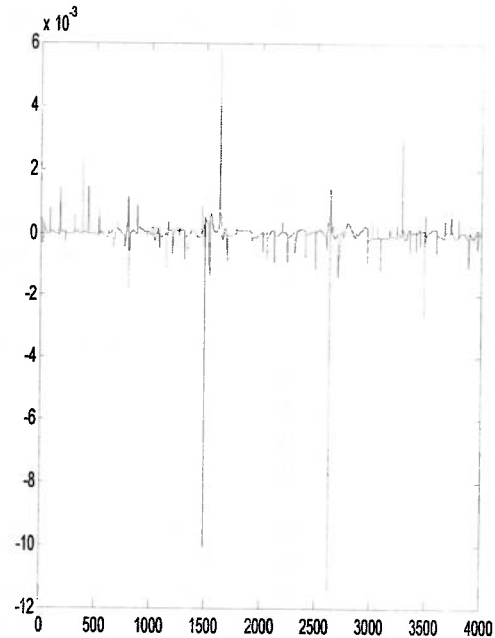
Gambar 8. Hasil validasi dengan konfigurasi pelatihan 3

Arsitektur *Autoregressive neural network* diatas menggunakan 9 waktu *delay* / tunda agar bisa memprediksi waktu masa depan. Setelah melakukan pelatihan, arsitektur tersebut akan diuji menggunakan data *testing* yang telah disediakan. Berikut adalah gambar hasil pengujian dengan menggunakan arsitektur diatas.



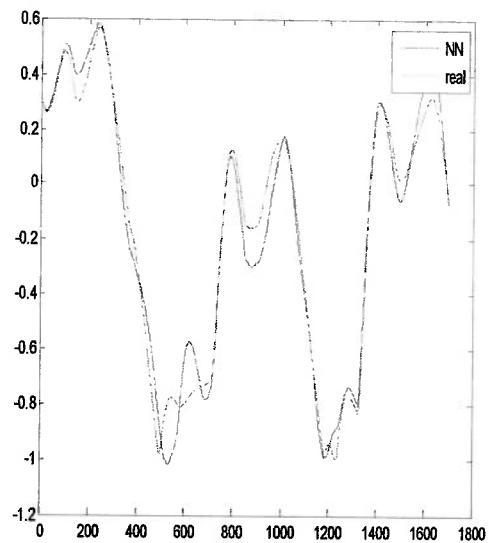
Gambar 9. Hasil Pengujian

Hasil dari pengujian tersebut menunjukkan, prediksi masa depan dapat dikenal cukup baik, walaupun perbedaan antara data prediksi dengan data sebenarnya cukup besar pada beberapa n data. Berikut digunakan arsitektur yang sama tapi pelatihan dan pengujian menggunakan waktu *delay* yang lebih sedikit yaitu 2 data tunda / *delay*.



Gambar 10. Hasil pelatihan menggunakan 2 data *delay*/tunda

Hasil pengujian dari arsitektur ini adalah sebagai berikut:



Gambar 11. Hasil pengujian menggunakan 2 data *delay* / tunda

Dari gambar tersebut, kita dapat membandingkan bagaimana performansi dari pengujian sistem yang telah dilatih untuk memprediksi nilai *output* yang ada di masa mendatang. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang paling optimal didapatkan dengan menggunakan data *delay* yang sekecil mungkin

Dengan menggunakan *autoregressive neural network*, didapatkan sebuah hasil yang baik untuk memprediksi sebuah nilai di masa yang akan datang.

4. KESIMPULAN

Jaringan syaraf tiruan adalah sebuah metode untuk memprediksi nilai yang dimasa mendatang, menggunakan data yang ada dimasa lalu. Dari hasil percobaan diatas maka dapat disimpulkan beberapa hal :

- a. Jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan algoritma *backpropagation* yang merupakan algoritma yang cukup universal digunakan ternyata tidak dapat efektif dalam merekam data - data pelatihan dalam jumlah yang besar.
- b. *Autoregressive neural network* adalah salah satu metode / algoritma yang memadukan antara teori jaringan syaraf tiruan dengan pemodelan regresi sehingga didapatkan sebuah algoritma jaringan syaraf tiruan yang baik dalam memprediksi nilai pada waktu di masa mendatang
- c. Dari hasil percobaan didapatkan pelatihan *backpropagation* membutuhkan waktu yang lama dalam proses iterasi dan performansinya buruk yaitu ± 0.722
- d. Dengan menggunakan *autoregressive neural network* didapatkan performansi yang sangat kecil dan iterasi yang sangat singkat yaitu 0.0001 dan 500 iterasi
- e. Pengujian dari sistem *autoregressive neural network* memberikan hasil yang memuaskan yaitu $MSE = \pm 0.0035$ dengan data yang diprediksi sebanyak 1699 data di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief Heru Kuncoro dan Rinaldy Dalimi (2005), Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Peramalan Beban Tenaga Listrik Jangka Panjang pada Sistem Kelistrikan Indonesia, Program Pascasarjana Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta
- Kristanto, Andri (2004). Jaringan Syaraf Tiruan : Konsep dasar, Algoritma, dan aplikasi. Penerbit Gava Media : Yogyakarta
- Ljung(1999), *System Identification*. Prentice Hall PTR.
- Rosenblatt, F., *Principles of Neurodynamics* (1961), Spartan Press, Washington, DC.
- Touretzky, Dave(2006), *Neural Networks for Time Series Prediction*
- Wei Huang, Shouyang wang, Lean yu, Yukun Bao, and Lin Wang(2006), *A New Computational Method for Input Selection for Stock Market Forecasting with Neural Networks*, Huazhong University of Science and Technology

PENGUKUR TEGANGAN DAN ARUS RMS JALA-JALA LISTRIK BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 8535

Freddy Kurniawan

*Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
Jl. Janti, Blok R, kompleks Lanud Adisutjipto, Yogyakarta
Telpon (0274) 451262, faks. (0274) 451265
Email: freddykurniawan@yahoo.com*

ABSTRACT

Research for the microcontroller-based power quality correction must be preceded by efforts to monitor several quantities of electricity. This was preceded by research to measure the frequency of the grid voltage. The research results in these studies has been developed into a system for measuring true-RMS of voltage and current of grid based on microcontroller.

The system uses 8-bit ADC and sample frequency of 64 times the fundamental frequency of grid voltage. Measurement error caused by quantization error is reduced by using the oversampling and 2.5 VDC offset addition method. Absolute error value of RMS voltage measurement below 0.5% for the range of voltage from 160 volts to 250 volts. And absolute error value of RMS voltage measurement below 4% for the range of currents from 200 mA to 1 A for currents slightly contaminated harmonic components. With a few suggestions for improvement, this system can be developed into the next research of the power quality measurement based on microcontroller.

Keywords: *true-RMS of voltage, true-RMS of current, measurement based on microcontroller.*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perbaikan kualitas daya listrik merupakan salah satu usaha untuk peningkatan efisiensi penggunaan energi listrik. Salah satu usahanya adalah dengan melakukan monitoring besaran tegangan dan arus RMS jala-jala. Penggunaan alat ukur seperti voltmeter dan amperemeter biasa kadang tidak memberikan hasil tepat. Beberapa alat ukur (termasuk alat ukur digital) hanya mengukur nilai rerata yang dikalibrasi untuk menunjukkan nilai RMS. Penentuan nilai RMS yang sesungguhnya untuk berbagai bentuk gelombang harus dilakukan dengan menggunakan alat ukur *digital true - RMS*.

Penggunaan tersebut memberi konsekuensi naiknya harga alat ukur yang harus dibeli. Sehingga untuk keperluan pengukuran nilai besaran tegangan RMS dengan spesifikasi dan ketelitian tertentu sebaiknya digunakan alat ukur berbasis mikrokontroler rakitan sendiri. Untuk keperluan laboratorium dan pengembangan lebih lanjut, alat ukur tersebut harus dapat menentukan nilai RMS untuk gelombang yang terkontaminasi beberapa komponen harmonik.

Implementasi pengukur tegangan dan arus berbasis mikrokontroler ini dilakukan dalam rangka menuju upaya monitoring dan perbaikan kualitas

daya listrik berbasis mikrokontroler. Sehingga hasil aplikasi dari penelitian ini harus mempunyai peluang besar untuk dikembangkan menjadi sistem monitoring dan perbaikan kualitas daya listrik.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Membuat pengukur nilai tegangan dan arus RMS jala - jala listrik berbasis mikrokontroler ATmega8535.
2. Menganalisis ketepatan nilai RMS hasil hitungan.

1.3. Hipotesis

Penelitian ini disusun berdasar hipotesis sebagai berikut.

1. Mikrokontroler ATmega8535 dapat dijadikan komponen utama pengukur nilai tegangan dan arus RMS.
2. Galat hasil pengukuran bernilai di bawah 5 % untuk kisaran lebih dari separuh kisaran maksimal yang dapat diukur.

1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Penghitungan Nilai RMS

Nilai efektif atau *root - mean square (RMS)* suatu isyarat merupakan nilai panas yang dihasilkan oleh sebuah gelombang periodik yang memiliki

beban resistor. Nilai RMS dari suatu gelombang periodik dinyatakan sebagaimana Persamaan (1).

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [v(t)]^2 dt} \dots\dots\dots(1)$$

Nilai V_{rms} merupakan nilai tegangan RMS yang sesungguhnya (*True-RMS*) dan berlaku untuk semua bentuk gelombang. Agar dapat dikerjakan oleh mikrokontroler, Persamaan (1) dijadikan diskret menjadi persamaan (2)

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} v_i^2} \dots\dots\dots(2)$$

N merupakan cacah cuplikan per periode tegangan, sedangkan v_i merupakan nilai tegangan sesaat ke- i . Dari persamaan (2), dapat diindikasikan bahwa untuk menentukan nilai RMS, harus ditentukan terlebih dahulu nilai periode t tegangan.

Agar dapat mengukur nilai RMS dengan memperhitungkan komponen harmonik hingga orde ke- n , maka nilai frekuensi cuplikan minimal harus mengikuti persamaan (3).

$$f_s = 2 \times n \times f_{PLN} \dots\dots\dots(3)$$

1.4.2. Mikrokontroler ATmega8535 sebagai Penghitung Nilai RMS.

Mikrokontroler ATmega8535 merupakan salah satu jenis mikrokontroler keluarga AVR dengan memori (SRAM) 512 byte yang mempunyai fasilitas ADC 8 saluran. Proses konversi pada ADC menggunakan metode *successive approximation* (Atmel, 2006), sehingga waktu konversi ADC atau t_{ADC} bersifat konstan dan tidak terpengaruh oleh nilai tegangan masukan (Tocci, 1998). Meskipun ATmega8535 merupakan mikrokontroler 8 bit, namun ini mikrokontroler mempunyai ADC 10 bit. Nilai resolusi ADC dapat ditentukan menggunakan persamaan (4). (Tocci, 1988).

$$\kappa = \frac{1}{2^n - 1} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Mikrokontroler ini mempunyai tiga buah pewaktu (*timer*), yaitu dua buah pewaktu 8 bit dan sebuah pewaktu 16 bit. Mikrokontroler ini juga dilengkapi dengan fasilitas komunikasi serial USART yang dapat digunakan untuk pengiriman data dari dan ke port serial komputer dengan beberapa variasi pesat bit (*bit rate*). Dengan adanya

beberapa fasilitas tersebut, dapat dibentuk penghitung nilai RMS dengan pelaporan data (*data logging*) ke komputer.

1.4.3. Oversampling

Untuk meningkatkan ketelitian, nilai resolusi dapat diturunkan melakukan *oversampling*. Dengan metode ini, hasil perhitungan seakan mempunyai panjang bit lebih tinggi sehingga mempunyai ketelitian lebih tinggi. Untuk menambah panjang data sebesar m bit, maka nilai frekuensi cuplikan yang harus digunakan mengikuti persamaan (5). (Atmel, 2005).

$$f_{os} = 4^m \times f_s \dots\dots\dots(5)$$

Nilai data keluaran akan 4^m kali data dalam keadaan tidak menggunakan *oversampling*.

1.4.4. Galat Kuantisasi

Hasil konversi ADC dengan panjang n bit akan menghasilkan nilai perbandingan nilai isyarat terhadap derau kuantisasi (SNR) sebagaimana persamaan (6). (Stallings, 1994).

$$SNR = 6.n \text{ dB} \dots\dots\dots(6)$$

Sedangkan galat kuantisasi dapat didekati dengan menggunakan persamaan (7)..

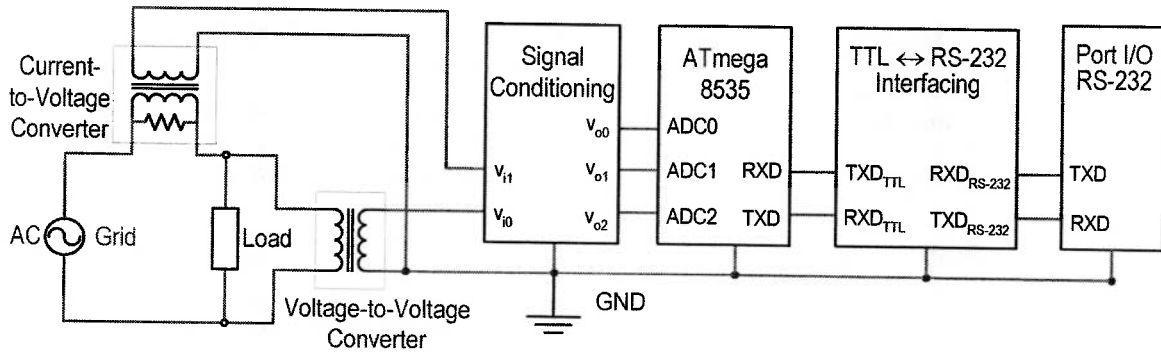
$$Galat = \frac{1}{SNR} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

Agar nilai SNR tinggi, amplitudo isyarat masukan harus cukup tinggi.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Blok Diagram Sistem

Sistem pengukur nilai tegangan dan arus RMS ini dibuat berdasar blok diagram pada Gambar 1. Isyarat masukan bagi sistem ini berupa isyarat tegangan dan arus bolak-balik pada suatu jaringan listrik. Pendeteksian tegangan dan arus tidak menggunakan sensor tegangan dan arus. Pengonversian isyarat tegangan dan arus masukan ke tegangan DC oleh sensor yang kemudian diumpankan ke masukan ADC mikrokontroler (*Edaboard*, 2010) sebagaimana yang banyak digunakan (*AVR Freaks*, 2010), akan menjadikan tegangan dan arus jaringan tidak akan dapat dianalisis lebih lanjut lagi (*Analog Device Team*, 2008).



Gambar 1. Blok diagram system

Tegangan jaringan diumpankan ke konverter tegangan yang berupa transformator penurun tegangan yang akan menurunkan tegangan jaringan ke tegangan bolak-balik v_{i0} . Sedangkan, arus ke beban dilewatkan ke konverter arus ke tegangan yang berupa transformator penaik tegangan yang akan menaikkan tegangan jatuh di belitan primer transformator ke tegangan bolak-balik v_{i1} . Arus jala-jala yang disedot konverter tegangan tidak akan melebihi 1 mA dan tegangan jatuh di konverter arus ke tegangan tidak akan melebihi 0,5 volt.

Blok pengondisi isyarat menjadikan isyarat v_{i0} dan v_{i1} sesuai dengan watak masukan ADC. Isyarat v_{o0} merupakan konversi dari v_{i0} yang ditambah dengan offset DC 2,5 volt. Isyarat tegangan yang diumpankan ke pin ADC0 ini dicuplik oleh ADC untuk ditentukan nilai tegangan RMS jala-jala. Sedangkan isyarat v_{o1} merupakan konversi dari v_{i1} yang ditambah dengan offset DC 2,5 volt. Isyarat tegangan yang diumpankan ke pin ADC1 ini dicuplik oleh ADC untuk ditentukan nilai arus RMS jala-jala. Pemberian offset tepat sebesar $V_{cc} / 2$ ini diharapkan dapat menurunkan nilai galat kuantisasi.

Untuk mencegah adanya ketidaklinearan yang diakibatkan oleh dioda internal di setiap pin I/O mikrokontroler, amplitudo maksimal kedua isyarat tersebut dibatasi sebesar $\frac{1}{\sqrt{2}}$ kali amplitudo

maksimal yang dapat diterima ADC atau 1,77 volt. Dalam kondisi ini tegangan masukan ADC berayun dari 1,73 volt hingga 3,27 volt, dan data ADC yang dihasilkan dari 90 hingga 165. Nilai tersebut dikalibrasi untuk identik dengan tegangan masukan 255 volt dan arus masukan 1 A.

Isyarat v_{o2} merupakan isyarat v_{i0} yang dilewatkan ke resistansi 33 k Ω . Isyarat v_{o2} diumpankan ke ADC 2 untuk membentuk untai zero crossing sehingga tegangan di v_{o2} berbentuk gelombang kotak. Selang waktu terjadinya dua sisi naik gelombang kotak secara berurutan diukur oleh pewaktu 1 ATmega8535 untuk dihitung nilai periode dan frekuensi tegangan jala-jala. Isyarat

v_{o2} juga dijadikan dasar untuk memulai proses pencuplikan atas v_{o0} .

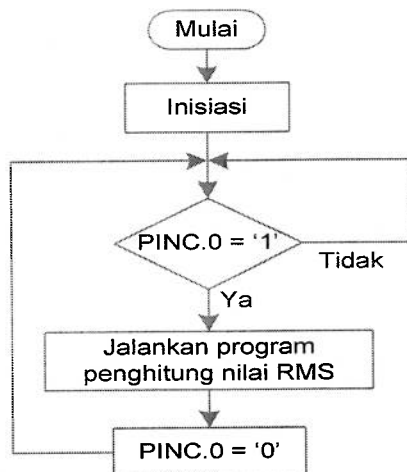
Nilai tegangan dan arus RMS hasil hitungan mikrokontroler secara periodik dikirim ke komputer menggunakan port serial RS-232 dengan pesat bit 9600 bps. Di sini digunakan pengantar-muka aras TTL ke RS-232 menggunakan IC MAX-232.

2.2. Diagram Alir Sistem

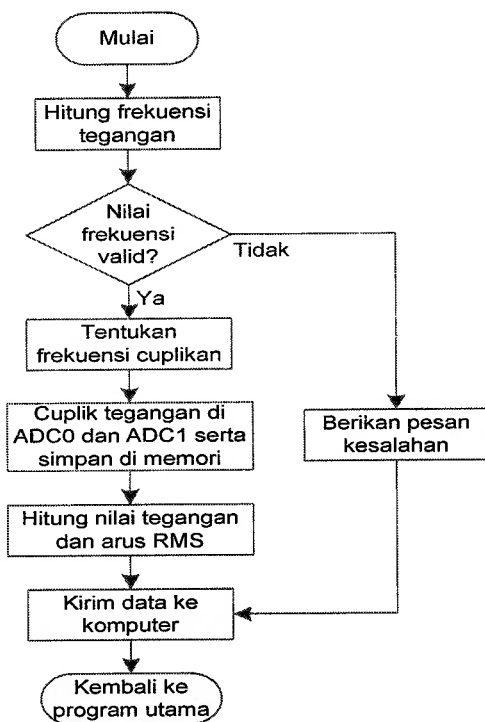
Data RMS diperbarui setiap 500 milidetik, sehingga program penghitung nilai RMS ini dijalankan setiap 500 milidetik. Program ini pun harus selesai dijalankan sebelum 500 milidetik. Agar terlaksana fungsi ini, jalannya program dipicu oleh interupsi yang dibangkitkan oleh pewaktu 0 (T0). Interupsi ini digunakan untuk meng-enable program penghitung nilai RMS dengan jalan menjadikan PINC.0 berlogika 1. Agar selang waktu terjadinya dua interupsi atau periode interupsi bernilai presisi, maka pewaktu 0 dioperasikan dalam mode match compare dengan prescaler = 256. Pewaktu 8 bit ini dioperasikan beberapa kali untuk mencapai waktu tunda sebesar 500 milidetik. Program utama di mikrokontroler ini mengikuti diagram alir pada Gambar (2)..

Selama proses penghitungan nilai RMS, keluaran PINC.0 berlogika tinggi. Keluaran pin tersebut dapat digunakan untuk mengecek ketepatan periode interupsi ini. Dari siklus kerja (duty cycle) gelombang kotak keluaran pin ini dapat dihitung persentase waktu sibuk CPU terhadap total waktu yang tersedia.

Program penghitung nilai RMS mempunyai empat subrutin utama, yaitu: menghitung nilai frekuensi tegangan, melakukan pencuplikan atas isyarat di ADC0 dan ADC1 serta menyimpan hasil cuplikan di memori, menghitung nilai tegangan dan arus RMS, dan mengirim data tegangan dan arus RMS ke komputer. Semua tugas tersebut dituangkan dalam puluhan subrutin yang membentuk listing program yang ditulis dalam bahasa assembler. Diagram alir program ini dapat dilihat pada Gambar (3).



Gambar 2 Diagram alir program utama



Gambar 3 Diagram alir program penghitung nilai RMS

2.3. Penghitungan Nilai Frekuensi Tegangan

Penghitungan nilai frekuensi tegangan dilakukan dengan terlebih dahulu mengukur periode gelombang, yaitu selang waktu antara dua sisi naik gelombang berurutan. ADC mendeteksi saat isyarat di pin ADC2 mulai bernilai di atas nol. Program harus dapat membedakan apakah grafik mulai bernilai di atas nol ataukah nilai tersebut hanya isyarat berfluktuasi singkat (*spike*). Untuk keperluan tersebut, sisi naik gelombang dinyatakan telah

terjadi jika data hasil tiga cuplikan berturut - turut bernilai di atas nol.

Pada saat terjadi sisi naik gelombang, pewaktu 1 (T1) dijalankan dalam *mode normal*. Dan pada saat terjadi sisi naik gelombang berikutnya, pewaktu 1 dihentikan. Pewaktu 16 bit ini dioperasikan dengan *prescaler* = 8, sehingga menggunakan frekuensi operasi $f_{T1} = f_{cpu} / 8 = 1,3842$ MHz. Dari hasil cacahan pewaktu 1 dapat ditentukan nilai periode tegangan (Kurniawan, 2009), dan dari periode tegangan dapat ditentukan nilai frekuensi tegangan jala - jala. Galat maksimal hasil hitungan nilai frekuensi tegangan adalah 0,1 % untuk frekuensi tegangan jala - jala di sekitar 50 Hz (Kurniawan, 2009).

2.4. Penentuan Periode Cuplikan

Sistem ini diharapkan dapat menghitung nilai *true-RMS* isyarat tegangan dan arus, sehingga idealnya sistem ini dapat menghitung nilai RMS isyarat berbentuk apapun. Semua bentuk gelombang dapat diwakili oleh isyarat sinus dengan orde harmonik dari satu sampai tak terhingga. Hasil hitungan nilai RMS harus mencakup frekuensi fundamental hingga orde harmonik ke - 7 yang mempunyai frekuensi 7 kali frekuensi tegangan jala - jala PLN.

Sesuai persamaan (3), Isyarat tegangan harus dicuplik dengan frekuensi cuplikan minimal $f_s = 2 \times n \times f_{PLN} = 14 \times f_{PLN}$. Untuk meningkatkan kepresisian hitungan, dilakukan oversampling sehingga dengan menggunakan data ADC 8 bit diperoleh resolusi virtual ADC 9 bit. Sesuai Persamaan (5), peningkatan resolusi 1 bit ini mengharuskan frekuensi cuplikan minimal menjadi $f_{os} = 4^m \times f_s = 4^1 \times 14 \times f_{PLN} = 56 \times f_{PLN}$.

Pada penelitian ini, isyarat tegangan dan arus dicuplik 64 kali per satu periode atau $f_{os} = 64 \times f_{PLN}$. Periode cuplikan mengikuti 0.

$$t_{os} = \frac{1}{f_{os}} = \frac{1}{64 \times f_{PLN}} = \frac{t_{PLN}}{64} \dots\dots\dots(8)$$

Pada subrutin penghitung frekuensi tegangan telah dihitung nilai periode tegangan dalam satuan siklus pewaktu 1. Dikarenakan pewaktu 1 dioperasikan dengan *prescaler* = 8, maka nilai periode tegangan jala - jala dalam satuan siklus CPU adalah $t_{PLN-CPU} = t_{PLN-T0} \times 8$. Satu periode isyarat tegangan dicuplik sebanyak 64 kali. Periode cuplikan dalam satuan siklus CPU adalah $t_{S-CPU} = (t_{PLN-CPU}) / 64$.

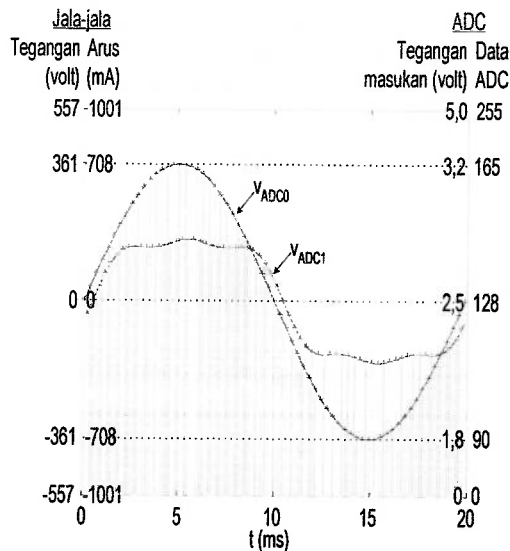
Subrutin pencuplikan oleh ADC dipicu oleh interupsi yang dibangkitkan oleh pewaktu 1.

Pewaktu 16 bit ini dioperasikan dengan *prescaler* = 1 dalam *mode match compare*, dengan nilai OCR1 (*Output Compare Register Timer 1*) = $t_{S-T1} = t_{S-CPU}$. Nilai ini dapat diturunkan dari t_{PLN-T0} sesuai 0.

$$t_{S-T1} = \frac{t_{PLN-CPU}}{64} = \frac{t_{PLN-T0}}{8} \dots\dots\dots(9)$$

2.5. Pencuplikan Tegangan dan Arus

Pencuplikan dilakukan atas isyarat tegangan dan arus secara bergantian sebagaimana Gambar 4. Sehingga frekuensi cuplikan menjadi $f_{os} = 128 \times f_{PLN}$. Gambar 4 merupakan contoh pencuplikan tegangan jala - jala 255 volt dan arus dengan amplitudo komponen fundamental 500 mA yang terkontaminasi orde harmonik ke - 3 dan 5 sebesar $\frac{1}{5}$ dan $\frac{1}{10}$ amplitudo frekuensi fundamental dan tertinggal 11,25°. Isyarat tegangan diumpankan ke pin ADC0 dan isyarat arus diumpankan ke pin ADC1.



Gambar 4 Pencuplikan isyarat tegangan dan arus 50 Hz

Proses pencuplikan dimulai sesaat setelah nilai sesaat tegangan jala - jala di atas nol. Ini berarti, proses ini dimulai sesaat setelah nilai tegangan di ADC0 berada di atas 2,5 volt. Kejadian ini bersamaan dengan terjadinya sisi naik gelombang di ADC2. Proses pencuplikan ini berlangsung selama satu periode gelombang. Dan selama waktu itu, PINC.2 akan berlogika tinggi. Grafik logika di pin ini dapat dijadikan sarana pengecekan program (*debugging*) untuk penepatan durasi proses pencuplikan.

2.6. Pemilihan bit-bit Data ADC yang Digunakan

Meskipun ADC mempunyai resolusi maksimal 10 bit, data ADC yang digunakan tetap 8 bit. Nilai tegangan dan arus sesaat diwakili oleh register 8 bit ADCH dari 10 bit data hasil cuplikan ADC yang telah diatur rata - kiri (*left-adjust*) sebagaimana Gambar 5.

Data ADC	ADCH								ADCL							
	b ₉	b ₈	b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀	0	0	0	0	0	0
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓								
Bit-bit yang digunakan	b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀								

Gambar 5 Bit-bit yang digunakan

2.7. Penghitungan Nilai RMS

Data hasil cuplikan ADC merupakan data berformat tak - bertanda (*unsigned*) 8 bit. Data tersebut diisikan ke variabel v_i pada Persamaan (2) setelah dijadikan data bertanda (*signed*). Pada data bertanda v_i hanya 7 bit yang mewakili nilai. Penguadratan nilai v_i disimpan di variabel v_i^2 dengan format tak-bertanda 14 bit. Meskipun demikian, untuk menyimpan v_i^2 disediakan alokasi memori 16 bit sebagaimana Tabel 1. Sesuai dengan Persamaan (2), nilai v_i^2 diakumulasi menjadi data tak - bertanda $\sum_{i=0}^{63} [v_i]^2$. Hasil akumulasi mempunyai panjang maksimal 20 bit.

Untuk isyarat v_i berbentuk sinusoidal, nilai efektif v_i adalah $\frac{1}{\sqrt{2}}$ nilai maksimalnya. Karena tegangan pada jala - jala akan lebih sering terjadi jatuh sesaat daripada naik sesaat, maka jika isyarat v_i tidak berbentuk sinusoidal, nilai efektif v_i biasanya tidak akan melebihi $\frac{1}{\sqrt{2}}$ dari nilai maksimal v_i .

Sehingga hasil akumulasi v_i yaitu $\sum_{i=0}^{63} [v_i]^2$ tidak akan melebihi $\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{1}{2}$ dari nilai maksimal $\sum_{i=0}^{63} [v_i]^2$.

Dengan demikian panjang bit yang disediakan untuk $\sum_{i=0}^{63} [v_i]^2$ dapat dikurangi satu. Variabel tersebut cukup disimpan dalam data 19 bit.

Tabel 1 Format data yang digunakan

Subrutin	Data (panjang bit maksimal/ alokasi memori)	
	masukan	keluaran
penguadratan data bertanda 8 bit menjadi data takbertanda 16 bit	v_i (8 bit/8 bit)	v_i^2 (14 bit/16 bit)
Pengakumulasian 64 data takbertanda 16 bit menjadi data takbertanda 24 bit	v_i^2 (14 bit/16 bit)	$\sum_{i=0}^{63} [v_i]^2$ (19 bit/24 bit)
pembagian data takbertanda 24 bit dengan 64 menjadi data 16 bit	$\sum_{i=0}^{63} [v_i]^2$ (19 bit/24 bit)	$\frac{1}{8} \sum_{i=1}^{63} [v_i]^2$ (16 bit/16 bit)
Pengakaran data 16 bit menjadi data 8 bit tegangan RMS	$\frac{1}{8} \sum_{i=1}^{63} [v_i]^2$ (16 bit/16 bit)	$\sqrt{\frac{1}{8} \sum_{i=1}^{63} [v_i]^2}$ (8 bit/8 bit)

Sesuai dengan Persamaan (2), selanjutnya nilai ini seharusnya dibagi dengan 64 menghasilkan

$$\frac{1}{64} \sum_{i=1}^{63} [v_i]^2.$$

Perhitungan pada sistem ini menggunakan *oversampling* satu bit sehingga data keluaran menjadi empat kali data jika tidak dilakukan *oversampling*. Data menjadi $\frac{1}{16} \sum_{i=1}^{63} [v_i]^2$.

Tegangan ke masukan ADC dibatasi $\frac{1}{\sqrt{2}}$ dari tegangan maksimal masukan ADC. Tegangan tersebut dikalibrasi untuk ditampilkan sebagai tegangan 255 volt atau arus 1 A. Sehingga tegangan tersebut dikalikan $\frac{1}{\sqrt{2}}$ agar menunjuk nilai

maksimal. Perkalian v_i dengan $\frac{1}{\sqrt{2}}$ cukup

dilakukan dengan mengalikan $\frac{1}{16} \sum_{i=1}^{63} [v_i]^2$ dengan

dua sehingga menjadi $\frac{1}{8} \sum_{i=1}^{63} [v_i]^2$. Dan pembagi

$\sum_{i=1}^{63} [v_i]^2$ dengan delapan cukup dilakukan dengan

menggeser 3 bit ke kanan. Nilai tersebut mempunyai panjang maksimal 16 bit, sehingga nilai

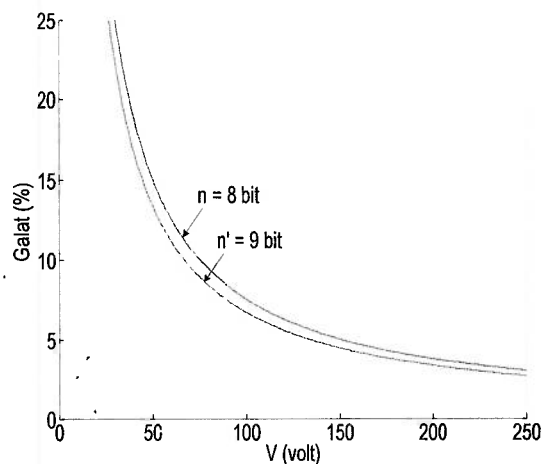
tegangan RMS yang dinyatakan dengan $\sqrt{\frac{1}{8} \sum_{i=1}^{63} [v_i]^2}$

cukup disimpan dalam memori 8 bit sebagaimana Tabel 1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

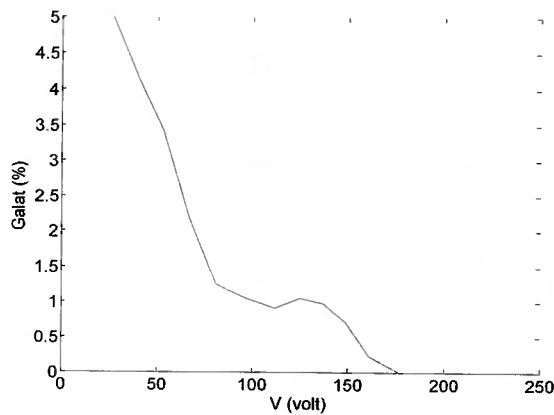
3.1. Pengukuran Tegangan Jala-jala

Data ADC yang digunakan untuk menghitung nilai RMS adalah 8 bit. Sesuai dengan Persamaan (4), nilai resolusi adalah 0,39 %. Nilai ini dapat tercapai jika isyarat tegangan di masukan ADC mempunyai amplitudo skala penuh yaitu 2,5 volt atau kisaran data ADC adalah 0 hingga 255. Namun dikarenakan amplitudo isyarat dibatasi sehingga kisaran data ADC hanya 90 hingga 165, maka nilai resolusi ADC akan lebih tinggi daripada 0,39%. Dengan format data 8 bit, nilai galat kuantisasi mengikuti grafik pada Gambar 6. Dan dengan adanya *oversampling*, maka akan didapat resolusi yang lebih rendah setara dengan format dapat 9 bit, sehingga galat yang dihasilkan akan sedikit menurun.



Gambar 6 Nilai galat kuantisasi

Sistem ini telah dikalibrasi dengan pengukur tegangan dan arus RMS (*true-RMS*) jala-jala listrik. Hasil pengukuran tegangan jala-jala yang sedikit terkontaminasi komponen harmonik menghasilkan nilai galat yang cukup bervariasi untuk berbagai nilai tegangan terukur sebagaimana Gambar 7.



Gambar 7 Galat pengukuran tegangan RMS jala-jala

Seperti pada tampilan alat ukur pengalibrasi, sistem ini mempunyai tampilan tiga digit dengan format XXX volt. Secara umum nilai absolut galat akan cukup kecil pada tegangan tinggi. Pada tegangan di atas 170 volt, nilai tegangan hasil pengukuran selalu sama dengan nilai tegangan terukur alat pengalibrasi. Semakin rendah tegangan masukan, tampilan satuan dapat berbeda satu digit dengan tampilan pengalibrasi. Perbedaan nilai satu digit pada tegangan rendah mengakibatkan presentasi galat membesar.

Sebagaimana Persamaan (7), nilai galat kuantisasi akan semakin rendah dengan naiknya nilai tegangan masukan. Galat kuantisasi selalu bernilai negatif karena pada ADC menggunakan metode *successive - approximation*, sehingga data hasil konversi selalu lebih rendah daripada nilai sesungguhnya. Namun pemberian *offset* tegangan 2,5 volt DC dan penggunaan format bilangan bertanda pada data ADC telah menjadikan nilai absolut data ADC menjadi selalu bernilai sama atau lebih kecil dari nilai aslinya jika tegangan masukan ADC di atas 2,5 volt; selalu bernilai sama atau lebih besar dari nilai aslinya jika tegangan masukan ADC di bawah 2,5 volt. Ini berarti nilai tegangan atau arus jala-jala akan selalu dibulatkan ke bawah baik jika bernilai di atas nol maupun jika bernilai di bawah nol. Pengudratan data ADC v_i menjadi v_i^2 menjadikan nilai total pembulatan sama dengan nol. Sehingga secara teori, galat kuantisasi dapat ditekan menjadi seminim mungkin. Hal inilah yang menurunkan nilai galat cukup berarti sehingga nilai galat pengukuran tegangan pada Gambar 7 jauh lebih rendah daripada galat kuantisasi pada Gambar 6.

Besaran tegangan biasanya cenderung konstan di sekitar nilai normal. Dengan mengambil kisaran pengukuran tegangan dari 160 V hingga 250 V, maka sistem ini dapat dikatakan layak untuk diterapkan sebagai voltmeter digital untuk jala - jala listrik dengan nilai absolut galat di bawah 0,5 %. Dengan menentukan batas galat 5 %, maka sistem

ini dapat mengukur nilai tegangan RMS dari 25 hingga 250 volt atau mempunyai kisaran lebih dari 90 % dari kisaran maksimum yang dapat diukur.

3.2. Pengukuran Arus Jala-jala

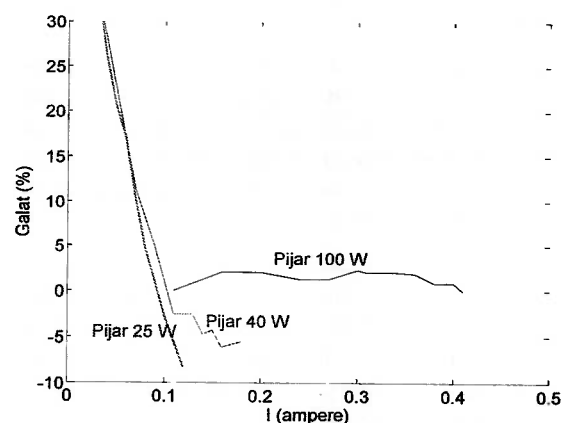
Algoritma penghitungan nilai arus RMS identik dengan algoritma penghitungan tegangan RMS. Sedikit perbedaan hanya terletak pada kalibrasi nilai tampilan. Pengukur arus ini mempunyai format tampilan keluaran XXX mA (resolusi 1 mA). Sementara itu, pengalibrasi mempunyai tampilan X,XX A (resolusi 10 mA).

Arus yang mengalir ke beban akan mempunyai amplitudo komponen harmonik cukup berfluktuasi. Pengujian pengukuran arus dilakukan atas beban dengan tiga tingkat komponen harmonik sesuai Tabel 2. Untuk mendapatkan variasi arus, beban diberi tegangan bervariasi. Secara umum perubahan nilai tegangan tidak mengubah spektrum arus cukup berarti.

Tabel 2 Beban pengujian

Tingkat harmonik	Beban lampu
Rendah	pijar 25 W pijar 40 W pijar 60 W
Sedang	pijar 60 W dan TL 10 W pijar 40+60 W dan TL 10+20 W
Tinggi	TL 20 W TL 10+20 W

Tingkat harmonik pada lampu pijar cukup kecil, nilai faktor daya pun mendekati 1. Nilai galat pengukuran arus RMS cukup kecil sebagaimana grafik pada Gambar 8.

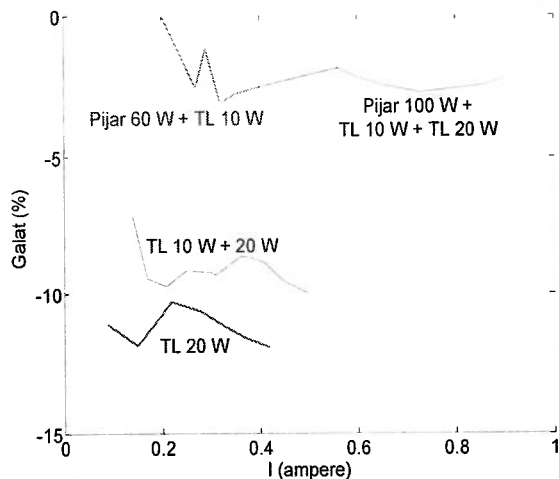


Gambar 8 Galat pengukuran arus RMS beban lampu pijar

Pada arus besar, nilai galat di bawah 2 %. Sedangkan pada arus kecil, nilai galat cenderung membesar. Hal ini disebabkan oleh pembulatan

pada setiap perhitungan pada Tabel 1. Resolusi tampilan pengalibrasi sebesar 10 mA juga memberikan andil memperbesar galat.

Nilai galat pengukuran arus RMS untuk beban dengan tingkat harmonik yang lebih tinggi diperlihatkan pada grafik pada Gambar 9.



Gambar 9 Galat pengukuran arus RMS beban lampu pijar dan TL

Dengan menggunakan $f_{OS} = 64 \times f_{PLN}$, frekuensi cuplikan efektif adalah $64 / 4 \times f_{PLN} = 16 \times f_{PLN}$. Berarti sesuai Persamaan (3), sistem ini hanya dapat memperhitungkan komponen harmonik hingga orde ke-7.

Adanya komponen harmonik di atas orde ke-7 menyebabkan nilai arus RMS terukur lebih rendah daripada nilai arus pada pengalibrasi, sehingga nilai galat menjadi bernilai negatif. Semakin tinggi amplitude komponen harmonik di atas orde ke-7, maka akan semakin bernilai negatif galat pengukuran.

Sebagaimana Gambar 9, pengujian pengukuran arus untuk beban dengan tingkat harmonik sedang menghasilkan galat absolut di bawah 4 %. Dan pengujian pengukuran arus untuk beban dengan tingkat harmonik tinggi menghasilkan galat absolut di bawah 12 %.

Berdasar Gambar 8 dan Gambar 9, pengukur arus RMS ini dapat dikatakan layak untuk mengukur arus untuk beban dengan komponen harmonik cukup kecil menggantikan amperemeter digital. Galat absolut yang terjadi di bawah 4 % untuk arus di atas 100 mA.

Dengan mengambil batas galat absolut 5 %, sistem ini dapat mengukur arus RMS untuk tingkat harmonik rendah dari 0,1 hingga 1 A atau mempunyai kisaran 90 % dari kisaran maksimum yang dapat diukur.

Usaha penurunan galat untuk pengukuran arus dengan komponen harmonik cukup besar dapat dilakukan dengan menaikkan frekuensi cuplikan. Konsekuensi dari usaha ini adalah naiknya kebutuhan memori untuk penyimpanan setiap data hasil cuplikan. Usaha lain adalah tidak menggunakan metode *oversampling*. Namun untuk mempertahankan tingkat ketelitian hasil cuplikan, format data cuplikan harus ditambah sehingga menjadi 9 bit bahkan 10 bit. Konsekuensi dari usaha ini adalah bertambah panjangnya penggunaan memori program karena semua algoritma perhitungan pada Tabel 1 harus dapat digunakan untuk perhitungan data cuplikan 9 atau 10 bit.

Kedua usaha tersebut akan menambah panjang waktu eksekusi program. Sehingga kedua usaha tersebut harus diikuti dengan analisis penjadwalan prosesor sehingga waktu eksekusi program tidak melebihi target yang ditetapkan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dipaparkan di muka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Mikrokontroler ATmega8535 dapat dijadikan komponen utama pengukur nilai tegangan dan arus RMS (hipotesis pertama terbukti).
2. Nilai galat absolut pengukuran tegangan RMS di bawah 0,5 % untuk kisaran tegangan dari 160 volt hingga 250 volt.
3. Nilai galat absolut pengukuran arus RMS di bawah 4 % untuk kisaran arus dari 200 mA hingga 1 A untuk arus yang sedikit terkontaminasi komponen harmonik.
4. Secara umum nilai absolut galat akan semakin besar dengan meningkatnya amplitude dan orde komponen harmonik.
5. Dengan mengambil batas galat 5 %, dalam kondisi tingkat harmonik rendah, sistem ini telah dapat mengukur nilai tegangan dan arus RMS pada kisaran 90 % dari kisaran maksimum yang ditetapkan (hipotesis kedua terbukti).

4.2. Saran

Dari pembahasan yang telah dipaparkan di muka dapat diajukan beberapa saran sebagai berikut.

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan pengukuran arus kecil yang dikalibrasi dengan alat ukur arus RMS jala-jala listrik dengan ketelitian yang lebih tinggi.
2. Perlu diadakan penelitian lanjutan untuk menyelidiki hubungan antara nilai galat

pengukuran dengan amplitudo dan orde komponen harmonik.

3. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan pengukuran daya dan kualitas daya berbasis mikrokontroler setelah kedua saran tersebut dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Stallings, William, 1994, *Data & Computer Communication*, Fourth Edition, Prentice Hall International Inc., Singapore.
- Tocci, Ronald J., Neal S. Widmer, 1988, *Digital Systems*, 7th edition, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, U.S.A.
- Analog Devices Team, 2008, *Integrated Circuit True RMS-to-DC Converter AD536A*, Analog Devices Inc., U.S.A.
- Atmel, 2003, *AVR182: Zero Cross Detector, 8-bit AVR RISC Microcontroller – Application Note*, Atmel Corporation, California, U.S.A.
- Atmel, 2005, *AVR121: Enhancing ADC Resolution by Oversampling – Application Note*, Atmel Corporation, California, U.S.A.
- Atmel, 2006, *ATmega8535 8-bit Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash*, Atmel Corporation, California, U.S.A.
- AVR Freaks, *What is Different Between True RMS and RMS?*, AVR Freaks Forum, online: <http://www.avrfreaks.net/index.php?> Diakses 26 April 2010.
- Edaboard Team, 2010, *Current Sensing and Feeding Value to Microcontroller*, Edaboard.com forum, online: <http://www.edaboard.com/ftopic383869.html>, diakses 28 April 2010.
- Kurniawan, Freddy, 2009, *Implementasi Mikrokontroler sebagai Pencacah Frekuensi Berbasis Pengukuran Periode Isyarat Masukan*, Jurnal Telkomnika, Vol. 7, No. 1, hal 57 – 64.
- Kurniawan, Freddy, 2009, *Implementasi Pengukur Frekuensi dan Beda Fase Tegangan dan Arus Jala-Jala Listrik Berbasis Mikrokontroler AVR*, Jurnal Teknoin, Vol 15, No. 3, hal. 111 – 116.

OPTIMASI ANTRIAN KEDATANGAN KENDARAAN SUBCONTRACTOR DENGAN METODE SIMULASI

(Studi Kasus di Seksi *Part preparation* Perusahaan Perakitan Motor Jakarta)

Harwati

*Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km. 14.5 Jogjakarta
Email : harwati86@gmail.com*

ABSTRACT

Queing is an usual phenomenon in Part Preparation section that liable to receive parts from subcontractors and distributes them to production section. The prime causes is unsuitability of truck's arrival from subcontractors with the settled schedule from company. In other side, insufficient capacity of waiting area for trucks often distrubs the trafic in front of Part Preparation building. This research uses simulation method with software ProModel 4.2. The prime aim of this researh is to get a basic model that can represent the real system, knowing the average queing time and designing some alternative models to reduce that average queing time. Alternative models are built by pressing unsuitability time from 3 hours into 60 and 30 minutes. First model can reduce average queing time about 30.18 % (from 47.81 to 33.38 minutes) and second model reduces about 65.67 % (from 47.81 to 16.41 minutes). Then, this unsuitability number can be used to improve the supply chain relation between company and subcontractors in parts arrival complication.

Keywords: *queing, simulation, arrival, subcontractors*

1. PENDAHULUAN

Perubahan terus - menerus disertai fluktuasi permintaan baik dari segi jumlah maupun variasi memaksa setiap perusahaan untuk senantiasa responsif terhadap perubahan permintaan pasar. Usaha untuk memenuhi jadwal produksi perusahaan harus didukung oleh ketersediaan sarana produksi termasuk didalamnya pasokan *raw material* maupun komponen perakitan dari para *subcontractor* (Chopra dan Meindl, 2001).

Mengatur kedatangan *SC* agar sesuai dengan jadwal produksi perusahaan bukanlah hal yang mudah, demikian pula dengan Seksi *Part Preparation* sebuah perusahaan perakitan motor di Jakarta ini seringkali tidak mampu mengatasi antrian kedatangan kendaraan *SC* yang akan memasok komponen ke perusahaan. Selain kapasitas tempat tunggu yang minim penyebab lain yang menimbulkan antrian adalah waktu kedatangan kendaraan dari perusahaan *SC* yang tidak sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan perusahaan. Rata - rata waktu antri yang dialami oleh kendaraan *SC* bisa mencapai 1 jam dan bahkan disaat jam sibuk, antrian kendaraan ini bisa mencapai waktu 2 jam (*Part Preparation*, 2005)

Berdasarkan hal tersebut, kemudian dilakukan penelitian untuk mengetahui kemungkinan perbaikan - perbaikan aktivitas yang dapat meminimalkan panjang dan waktu antrian, serta memberikan masukan bagi perusahaan untuk

memperbaiki manajemen penyediaan pasokan antara perusahaan dan *SC* dalam hal penjadwalan kedatangan komponen.

Penggunaan metode simulasi untuk menganalisis masalah yang rumit dengan variabel dari model yang sangat banyak memungkinkan untuk mengidentifikasi faktor - faktor penyebab masalah dan solusinya tanpa melakukan perubahan terlebih dahulu pada sistem nyata. (Law dan Kelton, 2000). Hal ini jauh lebih efektif dibandingkan dengan metode analisis biasa. ProModel sebagai salah satu *software* simulasi dapat membantu mensimulasikan berbagai sistem dalam industri manufaktur maupun jasa seperti: *material handling system, logistic analysis, maintenance planning*, dan tentunya sistem antrian seperti pada kasus di atas (Harrell, C., Ghosh B.K., dan Bowden, 2003).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Agar penelitian dapat berjalan secara terarah dan sistematis, maka penelitian ini berjalan sesuai dengan metodologi tertentu. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur dan penelitian di kasus nyata. Dari kegiatan tersebut dapat kemudian dapat disimpulkan masalah dan akar masalah yang menyebabkan terjadinya antrian. Identifikasi masalah dan penetapan tujuan dibuat agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan arah metodologi sehingga tidak melebar ke kegiatan yang tidak sesuai dengan tujuan. Langkah selanjutnya adalah memodelkan sistem nyata yang ada. Model terdiri

dari variabel keputusan yang dicari, kriteria performansi, parameter dan bahasan yang membatasi model. Variabel keputusan dari model ini adalah estimasi waktu ketidaksesuaian kedatangan kendaraan, kriteria performansi yang ditetapkan adalah minimasi rata – rata waktu antri dari kendaraan, sedangkan parameter yang digunakan untuk menyelesaikan model terdiri dari waktu antar kedatangan, jumlah kendaraan, jumlah *gate* penerimaan dan sebagainya.

Setelah model dapat dibangun langkah selanjutnya adalah memverifikasi dan memvalidasi model, hal ini dilakukan untuk memastikan model yang dibangun sudah benar dan sesuai dengan sistem nyata. Untuk memberikan perbaikan terhadap sistem nyata, maka dibangunlah beberapa model alternatif sebagai perbandingan untuk kemudian dibandingkan dengan sistem nyata. Model alternatif yang memberikan solusi terbaik dijadikan sebagai usulan untuk perbaikan terhadap sistem nyata.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Model

Sebelum membangun model dengan menggunakan ProModel terlebih dahulu di tentukan karakteristik sistem dan model yang akan di bangun. Dari data-data yang berhasil di kumpulkan baik melalui observasi langsung maupun studi dokumentasi perusahaan diperoleh karakteristik sistem dan model sesuai dengan karakteristik sistem Murthy, Page, dan Rodin (1990) sebagai berikut :

- Sistem dinamik karena memiliki struktur dan aktivitas yang ditandai dengan pola perilaku yang berubah – ubah sepanjang waktu.
- Model *terminating*, karena simulasi dimulai dan diakhiri pada waktu tertentu yaitu selama jam kerja perusahaan, dan selama waktu ini seluruh *SC* telah memasok komponen yang dibawa.
- Model stokastik, karena ada data - data input yang bersifat *random*.

Sumber ke randoman tersebut berupa data waktu input model simulasi yang terdiri dari tiga jenis, yaitu :

- Data waktu antar kedatangan truk
- Data waktu perpindahan antar lokasi
- Data waktu proses pemindahan *parts*

3.2. Membangun Model

Membangun model simulasi dengan ProModel dilakukan dengan terlebih dahulu membuat model konseptual. Model konseptual dari sistem nyata dapat dilihat pada Gambar 2.

Sedangkan langkah - langkah penyusunan model dalam ProModel (Aliq, 2005) secara singkat adalah sebagai berikut:

a. Membuat *Location*

Location dalam *software* ProModel merupakan tempat yang didalamnya terdapat kegiatan pengolahan dan pemrosesan. Model ini terdiri dari 9 *location* utama yang terdiri dari tiga tempat parkir dan enam *docking* penerima komponen serta dua *location* tambahan yaitu tempat kedatangan dan tempat keluar.

b. Memasukan *Entitas*

Jenis entitas pada model ini berupa truk dari *subcontractors* yang mengangkut berbagai komponen ke perusahaan. Ada 78 truk yang dijadwalkan datang dengan spesifikasi yang berbeda baik dari *cycle issue* dan jenis *docking* yang digunakan untuk membongkar muatan komponen.

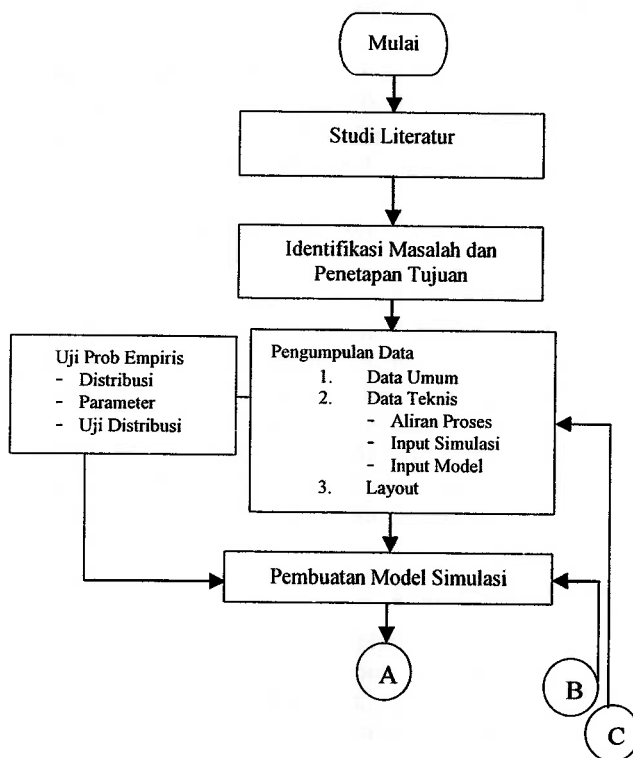
c. Memasukan *Arrival*

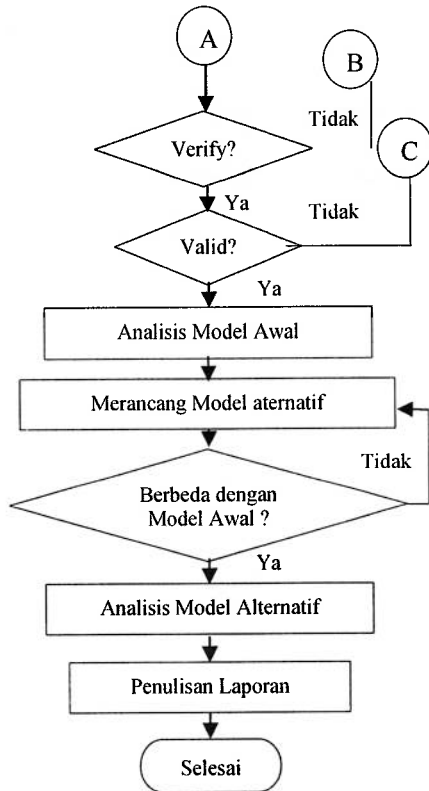
Arrival di sini menunjukkan entitas yang pertama kali datang pada sistem dan di *location* mana entitas tersebut memasuki sistem untuk pertama kalinya

d. Penentuan *Process* dan *Routing*

Process dan *routing* menggambarkan pergerakan entitas di dalam sistem, dari satu *location* ke *location* yang lain.

Secara skematik metodologi penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut :





Gambar 1. Metodologi Penelitian.

3.3. Hasil Simulasi

Running simulasi model awal memberikan hasil sebagai berikut :

- Rata - rata waktu antri kendaraan SC mencapai 47.81 menit
- Antrian kendaraan SC menumpuk di 3 periode yaitu pukul 7.00 hingga pukul 9.00, pukul 10.00 hingga pukul 11.30 dan pada pukul 12.00 hingga 13.00 yang merupakan waktu istirahat operator. (ditunjukkan dalam histogram Gambar 3)

Model Alternatif 1

Jika pada kondisi awal perusahaan memberikan toleransi ketidaksihesuaian sebesar 3 jam, maka pada model alternatif 1 ini akan di coba untuk menaikkan nilai estimasi tersebut menjadi 1 jam atau 60 menit. Hal ini berarti *subcontractor* hanya diijinkan untuk datang lebih dahulu ataupun terlambat sebesar 60 menit dari jadwal yang sudah ditetapkan.

Model Alternatif 2

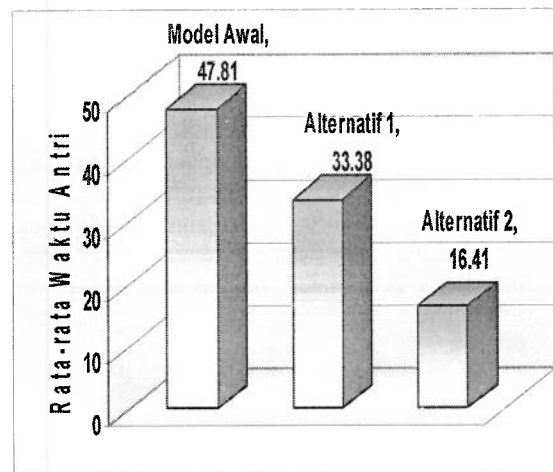
Pada model alternatif 2 nilai estimasi di naikkan menjadi 30 menit. Hal ini berarti SC hanya diijinkan untuk datang lebih dahulu ataupun terlambat sebesar 30 menit dari jadwal yang sudah ditetapkan.

Hasil dari perbandingan 12 kali replikasi antara model awal, model alternatif 1 dan model alternatif 2 ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Model awal, alternatif 1 dan alternatif 2.

Rep	Awal	Alt 1	Selisih	Alt 2	Selisih
1	47.04	32.29	14.74	17.09	29.95
2	48.59	31.68	16.91	14.61	33.98
3	46.05	32.86	13.20	17.72	28.34
4	49.28	33.02	16.26	14.85	34.43
5	45.51	34.68	10.84	17.31	28.21
6	49.97	33.60	16.37	17.45	32.52
7	48.01	31.99	16.03	17.51	30.50
8	45.96	33.72	12.24	15.10	30.86
9	50.37	32.72	17.65	17.74	32.64
10	47.14	34.89	12.25	15.66	31.48
11	48.18	33.51	14.67	15.73	32.45
12	47.66	34.62	13.04	16.11	31.55
Mean	47.81	33.29			
Sd	1.567	1.064			

Sedangkan penurunan rata - rata waktu antrian dapat di lihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan Waktu Antri.

Model Alternatif 3

Model alternatif 3 ini tidak dirancang untuk menurunkan rata - rata waktu antri kendaraan tetapi dibuat untuk mengatasi tingginya antrian kendaraan SC pada periode waktu tertentu. Pada model alternatif 3 ini akan dibuat *buffer* yang berfungsi sebagai tempat penampungan sementara kendaraan yang akan masuk yang berlokasi di depan (seberang jalan) *docking*. Kapasitas *buffer* dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Kap. Buffer} = \text{Kap. Optimal} - \text{Kap. Awal} \dots\dots\dots(1)$$

Kapasitas awal adalah kapasitas area tunggu truk yang ada saat ini, sedangkan kapasitas optimal adalah kapasitas area tunggu yang ideal agar mampu menampung jumlah truk yang antri sehingga tidak mengganggu lalu lintas di depan *docking*. Penentuan kapasitas optimal di lakukan dengan menggunakan fasilitas *SimRunner* yang terdapat pada ProModel.

Optimasi dengan *SimRunner*

Optimasi dengan *SimRunner* ini meliputi lima tahap (Bateman, dkk, 1997) yaitu:

- a. Tahap 1, Membangun sebuah model dari model awal dengan menghilangkan lokasi tempat tunggu tambahan dengan menggunakan ProModel. Kemudian membuat *macros* termasuk di dalamnya *Run Time Interface (RTI)* di data input yang dapat mempengaruhi output model, yaitu kapasitas tempat tunggu 1 dan tunggu 2,
- b. Tahap 2, Membangun *SimRunner* dan memilih faktor input yaitu kapasitas lokasi sebagai faktor uji.
- c. Tahap 3, Membuat fungsi tujuan. Dalam *SimRunner*, fungsi tujuan ini dibagi menjadi dua kategori yaitu *Response Category* dan *Response Statistic*. *Response Category* menunjukkan bagian mana yang ingin dioptimasi dari model sedangkan *Response Statistic* menunjukkan bagian mana dari *output statistic* yang ingin dioptimasi. Kedua kategori ini ditunjukkan lebih detil dalam Tabel 2 :

Tabel 2. Kategori Fungsi Tujuan.

Response Category	Response Statistic
Location	Tunggu_1 Capacity Tunggu_2 Capacity
Multi Capacity Location	Min Tunggu_1 % Full Min Tunggu_2 % Full

Fungsi tujuan model ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

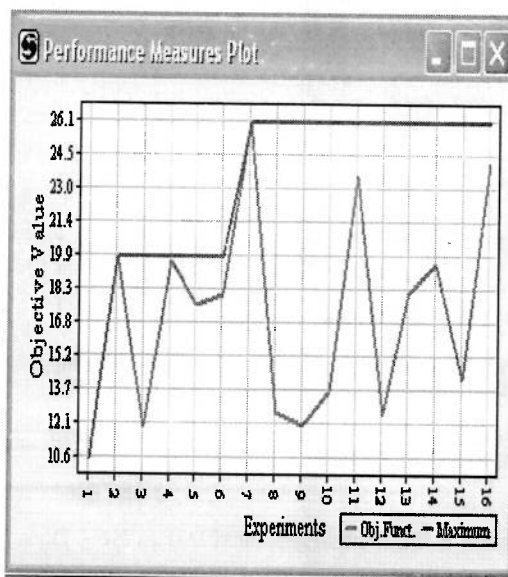
$$f(a) = C_1(\text{Cap}T_1 + \text{Cap}T_2) - C_2(\%FullT_1) - C_3(\%FullT_2) \dots\dots\dots(2)$$

- d. Tahap 4, Memilih profil optimasi antara lain:
 - Cautious*, pencarian solusi optimal dengan lebih detil dan teliti.
 - Menentukan replikasi sebanyak 12 kali
 - Menentukan *confidence level* 95%

- e. Tahap 5, Menjalankan *SimRunner*. Hasil akhir data seluruh eksperimen akan meranking setiap solusi yang diberikan menurut fungsi tujuannya.

Tabel. 3 Hasil *SimRunner*.

Expt	Obj.Function	Tunggu_1 Cap	Tunggu_2 Cap
7	26.061	6	3
16	24.223	3	6
11	23.660	5	3
2	19.907	4	3



Gambar 3. Grafik Performansi Setiap Eksperimen Dalam *Simrunner*.

Kapasitas optimal yang dihasilkan sebesar 9 kendaraan. Sesuai dengan rumus sebelumnya maka kapasitas *buffer* yang dibutuhkan adalah sebesar 3 kendaraan.


Model Alternatif sebagai Rekomendasi Perbaikan

Hasil simulasi dengan menekan batas waktu toleransi kedatangan dapat digunakan perusahaan untuk bernegosiasi dengan para *subcontractor*. Penyampaian informasi dari perusahaan kepada

setiap SC ini termasuk ke dalam proses *Procurement Cycle*, dimana bagian *procurement* perusahaan bertanggung jawab untuk memastikan informasi ini sampai pada SC dan melakukan negosiasi agar SC dapat memasok komponen sesuai jadwal yang telah ditentukan. Penerapan dari ketentuan baru ini dapat dikontrol oleh *procurement* dengan mengevaluasi data aktual kedatangan kendaraan diseksi *part preparation*.

Inti dari hubungan antara *procurement* dan SC adalah bagaimana informasi toleransi yang baru dapat diterima dan diterapkan. Untuk mengkomunikasikan hal ini, dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Negosiasi melalui surat, telepon, atau *electronic mail* yang menginformasikan ketentuan baru dan memastikan setiap SC dapat merespon informasi tersebut.
2. Mencantumkan toleransi yang baru pada BCT yang dicetak oleh *procurement* agar dapat diketahui oleh setiap elemen yang terlibat termasuk didalamnya supir yang membawa kendaraan. Contoh BCT baru dapat dilihat dalam Gambar 4.

PT. SK	
PO NUMBER PA 0059/03/2005	Order Number 200503063985
Received Date 20-03-2005 07.00	
OFFSET: 30 Minutes	
Part Number 15421-035-0100	Quantity 1000
Description SCREEN OIL FILTER	Location SPP1
	SUNTER

Gambar 4. Informasi Toleransi Dalam BCT Baru

Kerjasama yang baik antara Seksi *part preparation*, *procurement* dan *supplier* dalam rantai pasok dapat memastikan bahwa kedatangan kendaraan dari *supplier* dapat memasok komponen menurut jadwal yang telah ditentukan, tanpa menimbulkan antrian.

4. KESIMPULAN

Proses penerimaan komponen pada Seksi *Part Preparation* 1 dapat direpresentasikan dalam bentuk model simulasi dengan menggunakan *software ProModel*.

Rata - rata waktu antri kendaraan SC mencapai 47.81 menit. Antrian kendaraan hanya menumpuk pada tiga periode waktu, yaitu pada pukul 7.00

hingga pukul 9.00, pukul 10.00 hingga pukul 11.30 dan pada pukul 12.00 hingga 13.00 yang merupakan waktu istirahat operator.

Model alternatif 1 dengan toleransi ketidaksesuaian dari 3 jam menjadi 1 jam menunjukkan bahwa rata - rata waktu antri menurun secara signifikan dari 47.81 menit menjadi 33.38 menit atau menurun sebesar 30.18 %, dengan antrian hanya terjadi pada pukul 7.00 – 9.00 dan pada pukul 12.30 -13.00.

Model alternatif 2 dengan toleransi ketidaksesuaian sebesar 30 menit menunjukkan hasil yang lebih baik dengan rata - rata waktu antri menurun sebesar 65.67 %, dengan antrian di minimasi hanya terjadi pada pukul 7.00 -8.00.

Model alternatif 3 dirancang untuk menentukan kapasitas *buffer* penampungan tanpa menurunkan waktu antri. Hasil simulasi dan optimasi dengan *SimRunner* menunjukkan bahwa kapasitas optimum *buffer* sebesar 3 kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliq, M., 2005, *Modul Pelatihan PT. Krakatau Steel*, Edisi ke-3, Lab. Desain Simulasi dan Komputasi Teknik Industri UGM, Yogyakarta.
- Banks, J., Carson, J.S., and Nelson, B.L., and Nicol, D.M., 2000, *Discrete-Event System Simulation*, 2nd edition, Prentice Hall, Inc, New Jersey.
- Bateman, R.E., Bowden, G., Gogg, J., Harrel, C.R., Mott, R.A., 1997, *System Improvement Using Simulation*, 5th edition, ProModel Corporation.
- Chopra, Sunil, and Meindl, Peter 2001, *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*, Prentice Hall, Inc, New Jersey
- Harrell, C., Ghosh B.K., and Bowden R.O., 2003, *Simulation using ProModel*, 2nd ed. McGraw-Hill, New York
- Harwati, 2005, *Tugas Akhir*, Program Studi Teknik Industri, Yogyakarta
- Law, A.M. and Kelton, D.W., 2000, *Simulation Modeling and Analysis*, 3rd ed., McGraw-Hill, New York.
- Murthy, D.N.P., Page, N.W., and Rodin, E.Y., 1990, *Mathematical Modelling*, 1st edition, Pergamon Press, Exeter.
- Part Preparation, 2005, PPIC Department, PT X, Jakarta
- ProModel Corporation, 1998, *ProModel User's Guide Version 3.0*, Utah.

ProModel Corporation, 1997, *Stat.:Fit User's Guide*. Utah

Siagian P, 1987, *Penelitian Operasional: Teori dan Praktek*, Cet I, UI, Jakarta

PENCITRAAN BENTUK BENDA MENGGUNAKAN GELOMBANG ULTRASONIC DENGAN INTERFACE PPI 8255 DAN MIKROKONTROLLER MC74HC595A

Medilla Kusriyanto¹, Yudi Prayudi², Hartanto¹

¹Jurusan Teknik Elektro, ²Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Islam Indonesia Jl. Kaliurang Km. 14.5 Sleman Yogyakarta
Email. medilla@fti.uui.ac.id

ABSTRACT

Image visualization very important in research. For gets an image visualization, it can be capture in many ways witch used of ultrasound wave is one of ways to get an image. In this paper, it will be discuss how an ultrasound wave can be transformed to data in the form of image visualization that man can understand. Image praocessing with ultrasonic wave is an analitik for how ultrasonic wave can be transform in to data. System design for get this data is union from hardware and software. Hardware system consist of ultrasonic receiver and transmitter, microcontroller MC68HC908GP32, shit register MC74HC595A, periperal interface PPI 8255 and PC. Software that used to process thisdata is WinIDE_GP32 and Borland C++ Builder 4th version. This system will work if microcontroller get srespon from PC. This microcontroller will manage data processing. Data will transform in grey scale mode by PC and the result from this data processing is image that get from rebuild data in case pixel sequence. In this research, material used for sample is a candle toys with many form, for example, cubic, ball. Image visualization that build from ultrasonic wave vizualise with 2D graphical system 10x10 pixel and sharpness greyscale image system.

Keywords: image, ultrasonic, microcontroller, PPI 8255, C.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dewasa ini, sejalan dengan kemajuan teknologi telah banyak dikembangkan metode dan peralatan untuk menghasilkan tampilan visualisasi gambar. Penampilan gambar atau objek pada layar monitor komputer merupakan hal yang sangat dibutuhkan untuk penelitian maupun hanya sebagai karya seni. Teknologi yang mutakhir memerlukan suatu tampilan visualisasi yang dapat digunakan untuk mendiagnosis sesuatu.

Salah satu fenomena fisis yang akrab dalam kehidupan sehari-hari adalah gelombang atau sinyal. Topik dari penulisan ini dilatarbelakangi atas upaya untuk mengungkap bagaimana gelombang tersebut berperilaku. Gelombang atau sinyal dapat dimanfaatkan untuk manipulasi lanjut sebagai aplikasi di berbagai bidang. Salah satu contohnya adalah di bidang kedokteran yaitu memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk mendiagnosis penyakit dan menentukan kelainan – kelainan organ tubuh. Untuk diagnosis itulah diperlukan suatu teknologi yang dapat memproses dan menghasilkan gambar objek yang dapat dianalisa.

Prinsip kerja dari peralatan-peralatan ultrasonik sangat menarik untuk dipelajari. Untuk

itu dalam penelitian ini akan diungkapkan bagaimana suatu sinyal yang dalam hal ini adalah gelombang ultrasonik dapat diubah menjadi suatu tampilan visualisasi gambar atau citra agar dapat dianalisa.

1.2. Studi Pustaka

Danang prayoga dalam penelitiannya yang berjudul alat ukur jarak dengan menggunakan ultrasonic memanfaatkan gelombang ultrasonic untuk mengukur jarak horizontal. Dalam penelitiannya, alat ukur juga menggunakan sensor ultrasonic sebagai penginderanya.

Dalam penelitian ini, memanfaatkan penelitian tentang pengukuran jarak dengan ultrasonic sehingga bisa ditentukan bentuk objek yang memantulkan gelombang. Bentuk objek didapat dengan mode scanning untuk beberapa jarak benda dengan sensor.

1.3. Tinjauan Teori

1.3.1. Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi termasuk dalam gelombang longitudinal dimana arah rambatnya sama dengan arah getarnya. Gelombang bunyi selalu memerlukan zat perantara (media) untuk proses perambatannya sehingga selalu disertai getaran zat antara yang dilaluinya. Kecepatan rambat dipengaruhi oleh jenis zat antara yang dilalui gelombang tersebut sedangkan frekuensi ditentukan oleh sumber getaran.

Menurut rentang frekuensinya, bunyi dibedakan menjadi tiga macam yaitu:

- Infrasonik dengan frekuensi ≤ 20 Hz.
- Bunyi yang dapat ditangkap pendengaran normal manusia dengan frekuensi antara 20 hingga 20.000 Hz.
- Ultrasonik dengan frekuensi ≥ 20.000 Hz.

1.3.2. Ultrasonik

Ultrasonik termasuk dalam gelombang bunyi yang memiliki frekuensi di atas 20.000 Hz. Oleh sebab itu sifat – sifat gelombang bunyi pada umumnya juga berlaku padanya. Sifat - sifat penting dari gelombang bunyi tersebut antara lain:

Pemantulan

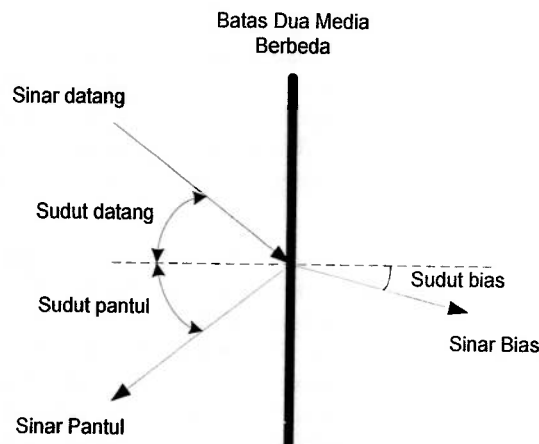
Pemantulan (*reflection*) akan terjadi bila gelombang mengenai suatu rintangan atau ujung media dimana gelombang tersebut berjalan. Paling tidak sebagian dari gelombang tersebut akan dipantulkan. Pantulan gelombang ditunjukkan pada gambar 2.1. Sudut yang dibentuk gelombang masuk atau gelombang datang terhadap permukaan pantul adalah sama dengan sudut yang dibentuk oleh gelombang yang dipantulkan. Sehingga terjadi pengertian bahwa sudut datang sama dengan sudut pantul.

Pembiasan

Pembiasan (*refraction*) terjadi bila setiap gelombang melewati batas media tertentu. Sebagian energi akan dipantulkan dan sebagian lagi akan dipindahkan atau diserap.

Interferensi

Interferensi mengacu pada apa yang terjadi bila dua gelombang melewati daerah ruang yang sama pada waktu bersamaan. Pergeseran resultan pada setiap titik dan waktu adalah penjumlahan dari pergeseran masing – masing secara terpisah.



Gambar 1. Sifat Pemantulan dan Pembiasan

Pelenturan

Pelenturan (*diffraction*) merupakan suatu peristiwa dimana gelombang akan mengalami penyebaran ketika sedang berjalan atau ketika menemui rintangan. Jumlah lenturan bergantung pada panjang gelombang dan ukuran rintangan.

1.3.3. Mikrokontroler MC68HC908GP32

Mikrokontroler MC68HC908GP32 adalah salah satu mikrokontroler yang diproduksi oleh Motorola. MC68HC908GP32 merupakan mikrokontroler 8 bit dari keluarga MC68HC08. Tipe *Microcontroller Unit* (MCU) yang digunakan adalah 40 pin *Plastic Dual In Line Package* (PDIP), yang secara garis besar berfungsi sebagai catu daya, *Central Processor Unit* (CPU) dan *port Input / Output* (*port I/O*) sebagai antarmuka dengan perangkat luar.

1.3.4. Shift Register MC74HC595A

MC74HC595A adalah IC *shift register*. IC ini berfungsi sebagai pengubah data serial ke dalam bentuk aliran data paralel 8 bit. MC74HC595A berhubungan langsung dengan port data serial pada MCU.

1.3.5. Antar Muka PPI 8255

PPI 8255 berfungsi sebagai antarmuka. Istilah antarmuka dapat diartikan sebagai titik yang menghubungkan antara dua lingkungan yang berbeda yaitu antara rangkaian dalam komputer dan rangkaian diluar komputer. Antarmuka sering disebut juga sebagai *port I/O* (*port Input / Output*). PPI 8255 terdiri dari 3 port I/O yaitu Port A, Port B, dan Port C. Masing - masing port terdiri dari 8 bit I/O sehingga total port I/O adalah 24 bit.

1.3.6. C++ Builder

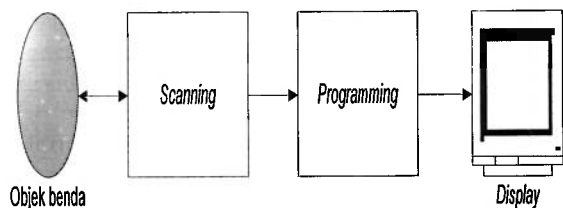
C++ *Builder* adalah perangkat pengembang untuk menghasilkan program aplikasi yang beroperasi dalam lingkungan Windows 9x maupun Windows NT. C++ *Builder* menggunakan bahasa pemrograman C++ yang diproduksi oleh *Borland International, Inc.*

Pada saat ini telah banyak perangkat pengembang yang menggunakan bahasa C++. Seperti halnya *Borland Delphi*, C++ *Builder* digolongkan dalam kelompok RAD (*Rapid Application Development*) yaitu perangkat pengembang yang mampu dengan mudah dan cepat menghasilkan program aplikasi. C++ *Builder* dapat membangun suatu program aplikasi dalam tatanan GUI (*Graphical User Interface*) maupun *Console*. GUI adalah karakter program aplikasi yang menggunakan sarana perantara grafis. Seperti kotak – kotak dialog, tombol, menu dan sebagainya. Sedangkan *console* adalah program yang hanya menekankan kemampuan kerja program dan tampilan kurang diperhatikan.

Salah satu kelebihan C++ dibandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya adalah kemampuannya dalam pengelolaan program yang lebih diarahkan pada pembentukan objek. Pemrograman semacam ini dinamakan pemrograman berarah objek atau lebih dikenal dengan sebutan OOP (*Object Oriented Programming*). Dengan menerapkan konsep ini program akan lebih mudah untuk dikembangkan. Pemrograman prosedural murni yang tidak menerapkan konsep *object oriented* banyak menitikberatkan ke arah pembentukan fungsi – fungsi sehingga di dalam program akan terdapat banyak sekali fungsi dan variabel yang tidak tertata rapi. Dari kelemahan tersebut, dibentuklah bahasa yang menerapkan OOP untuk menyederhanakan fungsi – fungsi dan variabel – variabel ke dalam bentuk obyek.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar, sistem yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Proses Pada Pencitraan Benda.

Obyek berupa benda akan diambil datanya. Data tersebut adalah waktu pantul dari gelombang ultrasonik untuk diubah menjadi tingkatan warna abu – abu yang kemudian ditampilkan menjadi citra yang bisa dilihat pada layar monitor komputer.

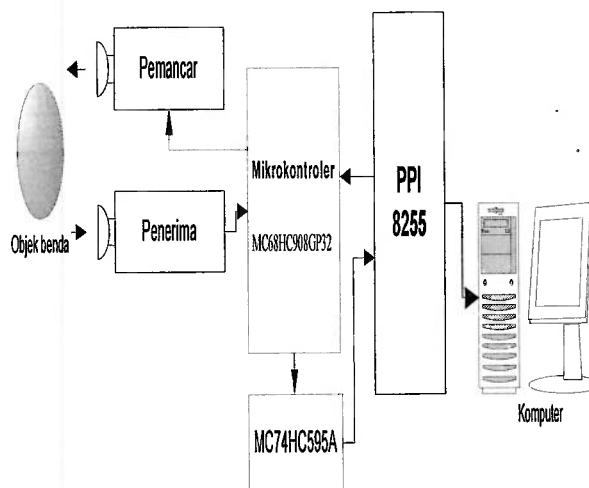
Proses awal dalam diagram blok adalah *scanning*. Pengambilan data dilakukan dengan proses *scanning* terhadap objek benda. *Scanning* yaitu proses untuk pengalamanan lokasi yang spesifik pada sebuah objek. Pengalamanan tersebut menentukan letak piksel – piksel yang kemudian akan ditampilkan pada komputer.

Bagian kedua dari proses adalah *programming*. *Programming* dibagi menjadi dua yaitu pemrograman pada mikrokontroler dan pemrograman untuk tampilan visualisasi agar hasil akhir dari proses yaitu citra dapat ditampilkan dalam sebuah *display* yaitu layar monitor komputer.

2.1 Perangkat Keras Sistem

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pemancar dan penerima ultrasonik.
2. Mikrokontroler MC68HC908GP32.
3. MC74HC595A.
4. PPI 8255.
5. Satu unit komputer dengan prosesor Pentium II 333 MHz yang dilengkapi dengan perangkat lunak *Borland C++ Builder* versi 4. Diagram blok perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Blok Perangkat Keras Sistem.

Obyek benda akan *discanning* oleh perangkat keras yang terdiri atas rangkaian pemancar dan penerima ultrasonik. Pemancar dan penerima tersebut memiliki sensor ultrasonik untuk

pengiriman dan penerimaan sinyal. Sinyal pantul dari proses *scanning* akan diterima mikrokontroler sebagai data. Data yang telah diproses akan dikirim ke komputer melalui *shift register* MC74HC595A dan antarmuka PPI 8255.

2.2 Perangkat Lunak Sistem

Pengoperasian perangkat keras sangat bergantung pada perangkat lunaknya. Ada dua macam perangkat lunak yang digunakan yaitu WinIDE_GP32 dengan bahasa pemrograman assembly untuk pemrograman mikrokontroler dan Borland C++ Builder 4 dengan bahasa pemrograman C++ untuk pengaktifan PPI 8255 dan tampilan visualisasi citra pada komputer.

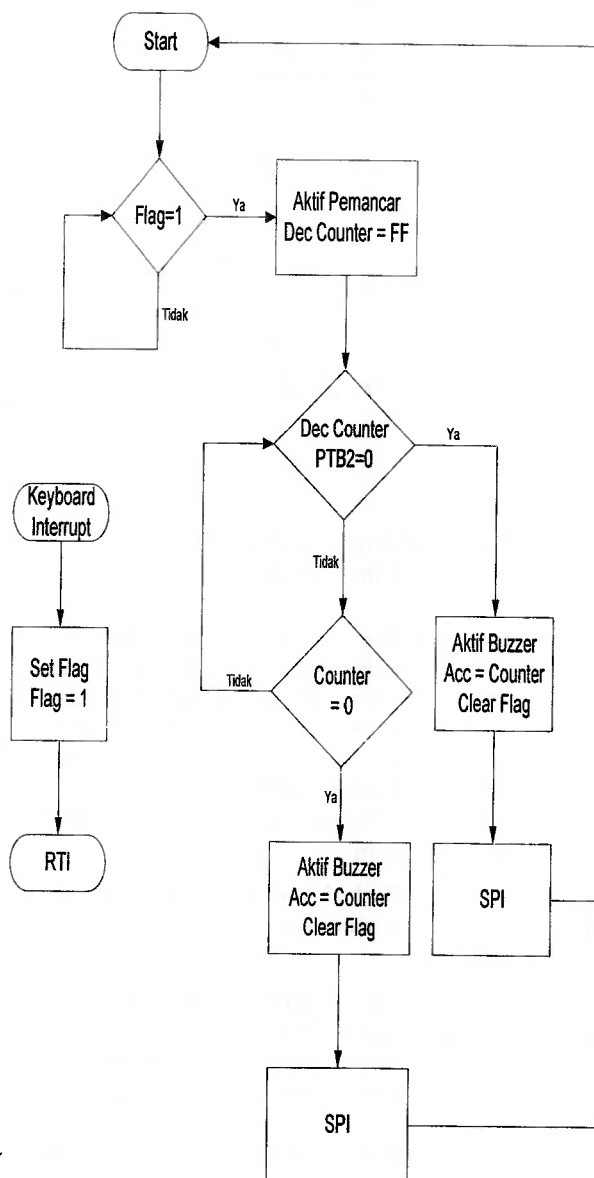
2.3 Perangkat Lunak Mikrokontroler

Pemrograman mikro MC68HC908GP32 menggunakan perangkat lunak WinIDE_GP32 dengan bahasa pemrograman assembly. Mikrokontroler MC68HC908GP32 adalah alat yang berfungsi untuk mengatur sistem dan memproses data sebelum dikirim ke komputer. Fungsi mikrokontroler tersebut diantaranya mengaktifkan dan menonaktifkan pemancar ultrasonik, menghitung waktu pantul ultrasonik, mengaktifkan buzzer dan mengirimkan hasil proses ke dalam komputer. Diagram alir perangkat lunak yang digunakan ditunjukkan pada gambar 4.

Program mikrokontroler terdiri atas dua rutin utama yaitu rutin program utama dan rutin *keyboard interrupt*. Program utama akan selalu aktif untuk menunggu adanya *keyboard interrupt* dari komputer. *Interrupt* berfungsi untuk mengaktifkan program mikrokontroler selanjutnya yaitu mengaktifkan pemancar ultrasonik, mengaktifkan counter penghitung, mengaktifkan buzzer, mengirim data ke komputer melewati SPI (*Serial Peripheral Interface*) dan mematikan pemancar ultrasonik. Jika tidak ada *keyboard interrupt* maka program akan selalu tetap menunggu hingga terjadi adanya *keyboard interrupt*.

Terjadinya *keyboard interrupt* ditandai dengan berubahnya *bit Flag* pada register menjadi 1. Pengaktifan counter penghitung pada mikrokontroler berfungsi untuk mengukur seberapa lama gelombang ultrasonik diterima oleh penerima ultrasonik. Counter akan berhenti jika ada input pada PTB2 dari rangkaian penerima ultrasonik yang menandakan adanya pantulan. Counter akan mengalami penurunan nilai dari 255 sampai dengan 0 sesuai dengan lama waktu pantul. Hasil dari counter yang berhenti akan dikirim ke komputer melalui SPI. Jika tidak ada input pada PTB2, counter akan tetap berhenti jika pengurangan nilai sudah sampai 0. Hal ini menandakan bahwa tidak

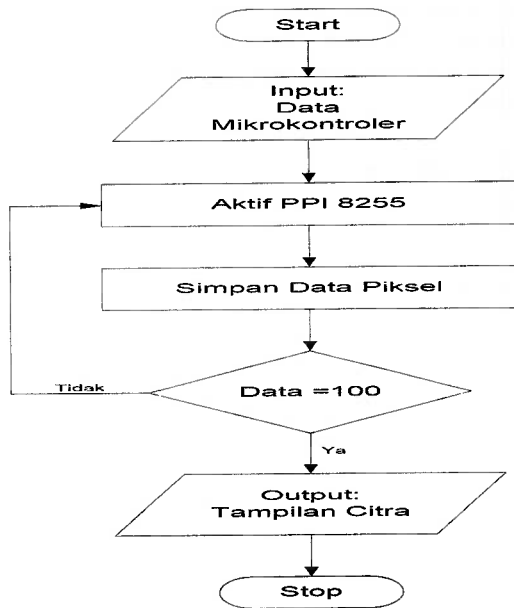
ada sinyal pantul yang diterima oleh rangkaian penerima ultrasonik. Nilai 0 tersebut juga akan dikirim ke komputer melalui SPI sebagai warna hitam.



Gambar 4. Diagram Alir Perangkat Lunak Mikrokontroler.

2.3.1 Perangkat Lunak Tampilan Citra Benda

Perangkat lunak yang digunakan yaitu Borland C++ Builder versi 4. Pemrograman dibagi dalam dua bagian utama. Bagian pertama adalah program pengaktifan PPI 8255 pada slot ISA dan bagian kedua adalah program penampilan citra 2 dimensi pada layar monitor komputer. Diagram alir ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Perangkat Lunak Tampilan Citra Benda.

Pemrograman dimulai dengan pengaktifan PPI 8255 sebagai antarmuka yang mendapatkan input data dari mikrokontroler. Pemrograman PPI 8255 dilakukan sebagai proses inisialisasi port – port penghubung antara perangkat keras dengan komputer. Ada 3 hal pokok yang perlu diperhatikan yaitu penentuan alamat port, mode, dan pengalamatan *control word*.

Untuk modul PPI 8255 dibutuhkan empat buah alamat. Dalam perancangan ini alamat yang digunakan adalah:

Port A = *base address* 280h = 101000000
 Port B = *base address*+1 281h = 101000001
 Port C = *base address*+2 282h = 101000010
 CW = *base address*+3 283h = 101000011

Penentuan mode / protokol komunikasi dipilih memakai mode 0 (protokol sederhana / *basic input - output*) karena hubungan perangkat keras hanya sebagai input atau output saja pada setiap portnya.

Hasil rancangan perangkat keras, dibutuhkan 9 bit (dari 24 bit) saluran input / output pada PPI 8255. Dalam perancangan ini Port B digunakan sebagai input data mikrokontroler 8 bit dan Port C digunakan sebagai output 1 bit untuk *keyboard interrupt* pada mikrokontroler. Dari perancangan letak port tersebut maka konfigurasi untuk *control word* PPI 8255 dipilih konfigurasi 9A (hexadesimal).

Data yang dikirim ke komputer merupakan data piksel yang harus ditampilkan kembali dalam bentuk warna yang tersusun sesuai urutan piksel.

Jika data piksel belum mencapai 100 maka akan dilakukan pengambilan data lagi sesuai perintah *user* sampai mencapai 100 data agar dapat masuk ke program selanjutnya yaitu penampilan citra. Susunan dari piksel – piksel tersebut ditunjukkan pada gambar 6.

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	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Gambar 6. Susunan Letak Pikel Dari Citra Benda.

Proses *scanning* / penembakan ultrasonik dilakukan sesuai dengan urutan piksel pada gambar 6 yaitu dari arah kiri ke kanan dan dari atas sampai ke bawah. Dalam setiap piksel mengandung 16 unsur piksel sebelumnya yang dikonvolusi. Hal ini dimaksudkan agar data dari setiap piksel akan lebih valid dan citra menjadi halus. Piksel – piksel yang berada pada posisi awal dimungkinkan datanya kurang valid karena hanya dikonvolusi kurang dari 16 piksel atau bahkan tidak sama sekali sehingga piksel – piksel tersebut sebenarnya dapat dihilangkan. Penampilan citra pada layar monitor merupakan tahap akhir dari pemrograman C++.

3. PENGUJIAN DAN ANALISA

3.1 Pendahuluan

Komponen utama pencitraan bentuk benda yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari rangkaian pemancar dan penerima ultrasonik, mikrokontroler MC68HC908GP32, PPI 8255 dan seperangkat komputer. Prinsip kerja sistem ini dimulai dari rangkaian pemancar ultrasonik. Pemancar ultrasonik yang digunakan memiliki frekuensi sebesar 20 kHz. Frekuensi ini kemudian dipancarkan ke objek benda. Pantulan gelombang ultrasonik akan diterima oleh sensor penerima yang akan mengubah gelombang ultrasonik tersebut menjadi tegangan AC dengan frekuensi yang lebih tinggi karena bercampur dengan derau. Tegangan tersebut kemudian dikuatkan dan diubah menjadi tegangan DC.

Perubahan tegangan DC ini digunakan sebagai masukan komparator. Tegangan yang diharapkan adalah tegangan tinggi diatas tegangan referensi komparator yang digunakan untuk menghentikan

counter pada mikrokontroler. Hasil nilai counter kemudian dikirim ke komputer melalui PPI 8255.

3.2 Bentuk Gelombang Pemancar dan Penerima

Bentuk gelombang pemancar adalah gelombang kotak. Hal ini disebabkan rangkaian pemancar menggunakan IC pewaktu MC1455 sebagai pembangkit frekuensi. Pada rangkaian penerima ultrasonik, sensor penerima akan menerima pantulan gelombang ultrasonik untuk diubah menjadi tegangan. Pada rangkaian penerima, tegangan diperkuat. Tegangan yang dihasilkan berupa gelombang AC dengan frekuensi 35,71 kHz. Penyearah diperlukan untuk mengubah tegangan AC yang diterima menjadi tegangan DC sebagai input komparator.

3.3 Komparator

Komparator yang digunakan dalam penelitian ini adalah LM 311 dengan range tegangan input ± 15 V. Komparator berfungsi untuk menentukan nilai tegangan referensi pembanding. Tegangan referensi harus di bawah tegangan maksimal dari keluaran rangkaian penerima ultrasonik.

Komparator akan menghasilkan tegangan tinggi ketika mendapat tegangan yang lebih kecil dari rangkaian penerima ultrasonik, dan akan menghasilkan tegangan rendah jika tegangan inputnya lebih tinggi dari tegangan referensi. Tegangan input yang lebih tinggi inilah yang akan memberikan tanda pada mikrokontroler untuk menghentikan counter.

Tabel 1. Pengukuran Tegangan Keluaran Komparator.

Titik Pengukuran	Pemancar tidak aktif	Pemancar aktif
1. Tegangan referensi	5,82 V	5,82 V
2. Input komparator	2,28 V	5,76 - 5,88 V
3. Output komparator	4,94 V	4,76 - 0,11V

3.4 Counter (pewaktu dengan pencacah)

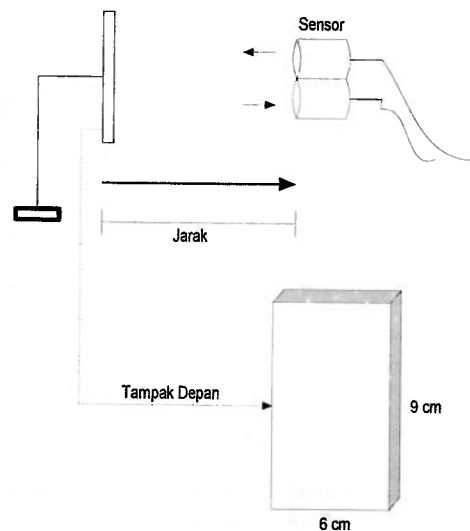
Counter adalah suatu variabel. Data yang dikirimkan ke dalam komputer merupakan nilai dari variabel counter. Counter tersebut merepresentasikan warna grayscale dari 0 - 255. Counter mengalami penurunan sesuai dengan lama waktu pantul.

Tabel 2. Data Waktu Dan Jumlah Cacahan pada Counter.

Nilai Counter	Waktu (ms)	Nilai Counter	Waktu (ms)
255	0	191	81.216
254	1.269	190	82.485
253	2.538	189	83.754
252	3.807	188	85.023
251	5.076	187	86.292
250	6.345	186	87.561
249	7.614	185	88.83

3.5 Penghitungan waktu berdasar jarak pantul

Percobaan ini dilakukan dengan penghalang lilin mainan yang mempunyai luas permukaan rata dengan ukuran 9 x 6 cm dan variasi jarak seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Pengukuran Waktu Pantul Berdasarkan Jarak.

Berdasar pada beberapa percobaan dengan menggunakan alat sebagaimana pada gambar 2, diperoleh data waktu sebagai fungsi jarak dan pencacah mikrokontroler.

Tabel 3. Waktu Pantul Berdasarkan Jarak.

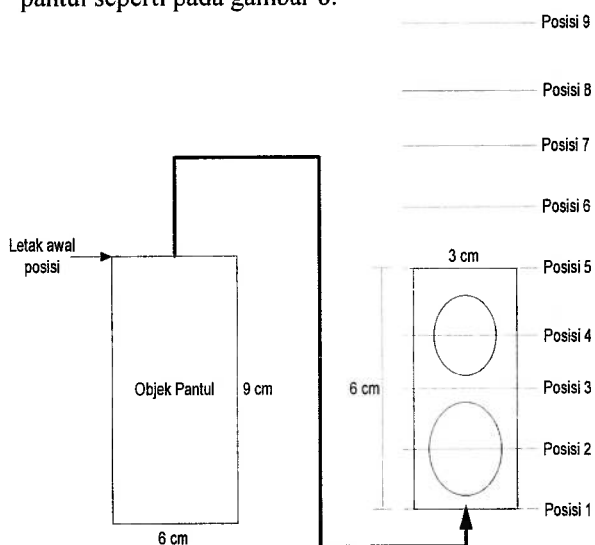
Jarak (cm)	Nilai Counter	Waktu Pantul (ms)
>50	0	≥ 323.595
48	1	322.326
46	3	319.788
44	3	319.788
42	10	310.905
40	15	304.56
38	26	290.601

Pada jarak diatas 50 cm sensor penerima dianggap tidak dapat menerima gelombang pantul. Hal ini disebabkan karena adanya pembatasan waktu pantul oleh program yaitu setelah menempuh waktu 323,595 ms maka waktu pantul dianggap selesai. Jika tanpa ada waktu pembatas maka sensor penerima akan terlalu sensitif dan akan selalu menerima gelombang pantul.

3.6 Waktu Berdasar pada Posisi Pantul

3.6.1. Posisi Pantul atas bawah.

Percobaan ini dilakukan dengan penghalang lilin mainan yang mempunyai permukaan rata dengan ukuran 6 x 4 cm dan variasi posisi objek pantul seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Pengukuran Waktu Pantul Berdasarkan Posisi Atas Bawah.

Berdasar pada percobaan, diperoleh tabel data waktu terhadap jarak sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Waktu Pantul Dari Bawah Ke Atas.

Posisi	Counter		
	9 cm	5 cm	2 cm
1	0	0	0
2	0	0	0
3	1	1	0
4	45	20	30
5	56	32	54
6	43	15	10
7	25	8	0
8	5	0	0
9	0	0	0

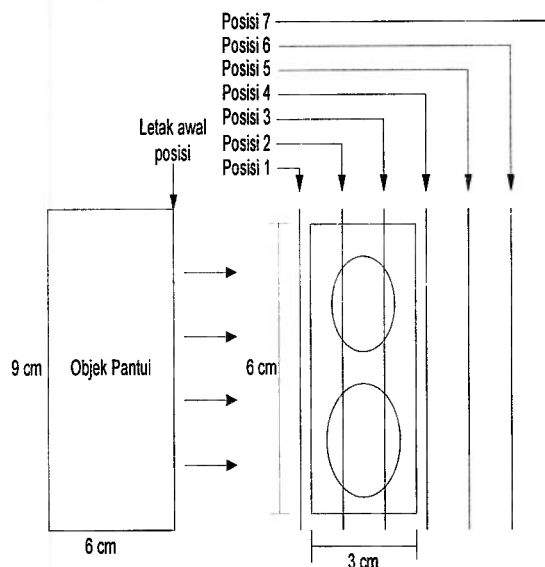
Dari percobaan yang dilakukan dengan beberapa posisi bawah ke atas, waktu pantul yang

paling cepat berada pada posisi 5 dimana objek pantul menutupi seluruh bagian dari sensor pemancar dan penerima. Pada posisi 1 dan 9 tidak memiliki pantulan karena objek benda tidak ada yang menutupi sensor pemancar dan penerima. Posisi yang secara pasti memiliki pantulan adalah posisi objek pantul yang menutupi sebagian atau semua dari sensor pemancar dan penerima.

Pada percobaan posisi 4 dan posisi 6 menunjukkan waktu yang berbeda. Letak sensor pada percobaan tersebut mempengaruhi hasil pantulan dari obyek benda.

3.6.2. Posisi Pantul Kanan Kiri

Percobaan ini dilakukan dengan penghalang lilin mainan yang mempunyai permukaan rata dengan ukuran 6 x 4 cm dan variasi posisi obyek pantul seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Pengukuran Waktu Pantul Berdasarkan Posisi Kiri Kanan.

Dari beberapa percobaan diperoleh data waktu terhadap jarak pantul pada posisi pantul kanan kiri sebagaimana ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Kecepatan Pantul Dari Kiri Ke Kanan.

Posisi	Jarak		
	9 cm	5 cm	2 cm
1	0	0	0
2	7	10	0
3	25	20	20
4	56	32	54
5	25	20	20
6	7	10	0
7	0	0	0

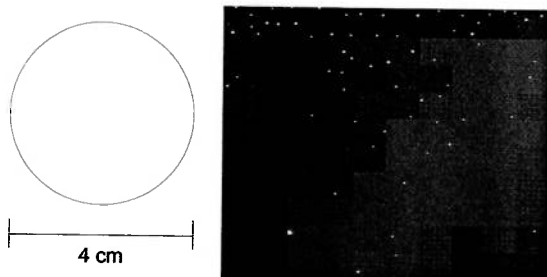
Dari percobaan yang dilakukan dengan beberapa posisi kiri ke kanan, waktu pantul yang paling cepat berada pada posisi 4 dimana obyek pantul menutupi seluruh bagian dari sensor pemancar dan penerima. Pada posisi 1 dan 7 tidak memiliki pantulan karena obyek benda tidak ada yang menutupi sensor pemancar dan penerima. Posisi yang secara pasti memiliki pantulan adalah posisi obyek pantul yang menutupi sebagian atau semua dari sensor pemancar dan penerima.

Pada percobaan posisi 3 dan posisi 5 menunjukkan waktu yang sama. Begitu juga pada posisi 2 dan posisi 6. Letak sensor pada percobaan ini tidak mempengaruhi hasil pantulan dari obyek benda.

3.7 Hasil Citra dari Gelombang pantul

Percobaan ini dilakukan sebagai hasil akhir dari penelitian yaitu menciptakan suatu citra benda dengan program C++. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lilin mainan. Bentuk benda ada 4 macam yaitu: bola, kubus, balok dan prisma. Sedangkan jarak benda dipilih dengan jarak 2 cm, 5 cm, dan 9 cm. Hasil citra sebagaimana ditunjukkan pada gambar dibawah :

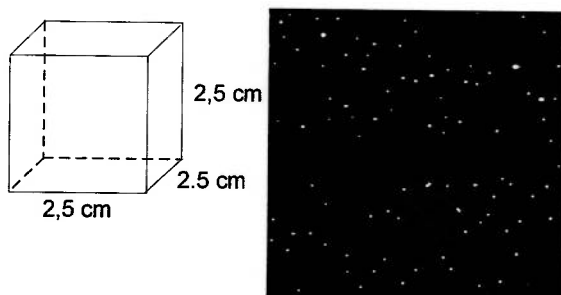
Benda yang digunakan berbentuk bola dengan ukuran diameter 4 cm



Gambar 10. Citra Bola Dengan Jarak 2 Cm.

Citra Kubus

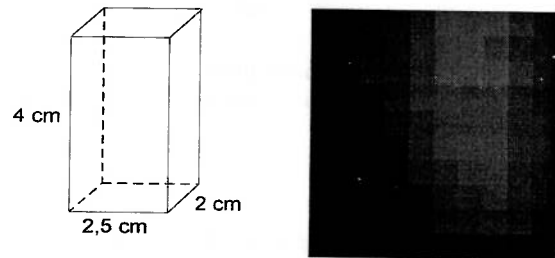
Benda yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran sisi - sisi 2,5 cm



Gambar 11. Citra Kubus Dengan Jarak 2 Cm.

Citra Balok

Benda yang digunakan berbentuk balok dengan ukuran panjang 2,5 cm, lebar 2 cm dan tinggi 4 cm.



Gambar 12. Citra Balok Dengan Jarak 2 Cm.

Dari gambar – gambar citra yang dihasilkan dapat diketahui bahwa tidak semua benda ditampilkan secara jelas. Hal ini disebabkan beberapa faktor yaitu:

- Ruang piksel terlalu besar.
- Pengambilan data yang dimungkinkan tidak sempurna.
- Tingkatan warna abu – abu yang hanya bisa mencapai nilai maksimal sekitar 84.

Berdasarkan percobaan, citra yang dihasilkan memang tidak memiliki bentuk yang sama persis dengan obyek benda aslinya. Tetapi kita dapat menganalisa dimana letak terkuat pantulan yang ditunjukkan pada gambar. Pantulan terkuat direpresentasikan dengan warna yang lebih putih. Secara tidak langsung letak pantulan terkuat dan sekitarnya tersebut hampir membentuk obyek benda seperti aslinya. Seperti halnya alat kedokteran *ultrasonography*. Alat tersebut tidak dapat langsung menampilkan citra persis dengan aslinya melainkan harus dengan analisa dokter berdasarkan analisa citra yang sudah dipatenkan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan pengujian sistem rangkaian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor ultrasonik dalam mendeteksi benda dipengaruhi beberapa faktor yaitu: bentuk benda, jarak benda dan posisi benda.
2. Berdasarkan percobaan, jarak pantul diatas 50 cm dengan obyek benda lilin mainan dengan permukaan rata, dianggap bernilai 0 atau sensor penerima dianggap tidak menerima gelombang pantul dikarenakan adanya pembatasan waktu pantul pada program mikrokontroler yaitu setelah menempuh waktu 323,595 ms maka waktu pantul dianggap selesai.

3. Berdasarkan pengujian kecepatan pantul, letak dan posisi sensor dapat mempengaruhi kecepatan pantul dan pantulan dapat diterima dengan sempurna jika sensor pemancar dan penerima mendapat penghalang obyek benda secara keseluruhan.
4. Hasil percobaan menunjukkan bahwa citra bola dengan jarak 9 cm merupakan hasil citra terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Castleman, Kenneth R. *Digital Image Processing*, Prentice Hall International, Inc 1996.
- Goldberd, Barry MD. Petterson, Holger MD. *ULTRASONOGRAPHY*, The NICER Institute, ISIS Medical Media 1996.
- Jain, Anil K. *Fundamental of Digital Image Processing*, Prentice Hall International, Inc 1989.
- Kadir, Abdul. *Pemrograman C++*, ANDI Yogyakarta 1995.
- Low, Adrian. *Introductory Computer Vision and Image Processing*, Mc Graw Hill International Edition 1991.
- Pramono, Djoko. *Mudah Menguasai C++ Builder Jilid 1 dan 2*, PT Elex Media Komputindo 1997.
- Putra, Agfianto Eko. *Teknik Antarmuka Komputer: Konsep dan Aplikasi*, Graha Ilmu 2002.
- Raharjo, Budi. Heryanto, Imam. *Pemrograman Borland C++ Builder*, Informatika Bandung 2003.
- World Health Organization. *Panduan Pemeriksaan Diagnostik USG*, Penerbit Buku Kedokteran EGC 1996.

BASIC ERGONOMICS RISK ASSESSMENT IMPLEMENTATION ON SITE ERGONOMICS PROGRAM

Muhammad Ragil Suryoputro

*Industrial Engineering Department, Industrial Technology Faculty,
Islamic University of Indonesia, Kaliurang st.14.5, Yogyakarta*

ABSTRACT

Riset ini membahas tentang bagaimana implementasi dari dasar penilaian resiko ergonomi pada program "on-site ergonomics". Hal ini didasari pada jumlah kecelakaan di tempat kerja yang cukup tinggi di Indonesia. Penelitian dimulai dengan penilaian resiko ergonomi secara umum dilanjutkan dengan penilaian resiko dasar.

Metodologi yang digunakan terintegrasi dengan kebijakan perusahaan, penilaian resiko umum dan 4 (empat) penilaian resiko ergonomi dasar sederhana yang dimaksudkan untuk menunjukkan pentingnya penilaian berdasarkan ergonomi dalam suatu perusahaan sehingga dapat diciptakan sistem kerja yang lebih baik.

Berdasarkan data dan bukti terkumpul dan analisis dari penelitian, faktor resiko merupakan varian dari nilai. Tiap faktor resiko yang dapat dilihat pada hasil yang memperlihatkan bahwa analisa ini dapat diterapkan diperusahaan dan cocok untuk program pengembangan, proses pemahaman terhadap pengenalan bahaya dan resiko, mencegah serta menyelesaikan masalah-masalah yang berkaitan dengan ergonomi. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi salah satu panduan dalam menganalisa penilaian resiko pada bidang ergonomi dalam pengajuan program "on-site ergonomics" di Indonesia.

Kata kunci: ergonomi penilaian risiko, faktor risiko, stasiun kerja, penilaian risiko

1. INTRODUCTION

Nowadays, ergonomics issues should be the main concern of company. The basic is that still high numbers on reporting workplace accident in Indonesia. There are also laws / contitution that rules this concern, for example the constitution number 13 year 2003. However, the constitution does not raise the full commitment of the company owner to held ergonomics program and the number on reporting workplace accidents in Indonesia is still high. This mainly due to the perception that ergonomics program is difficult, expensive and not necessary to be done.

There are difficulties in company to start on the ergonomics program. There have not been any basic understanding and awareness been structurally provided. The company would like to start the ergonomics program that structured and detailed in process.

Based on these reasons, this research is aimed to provide a simple basic ergonomics risk assessment for proposing on site ergonomics program.

2. METHODS

For this research, the method is divided into two stages :

General Risk Assessment

The general risk assessment is the begining process to screen the workplaces from the risk involves in every area. In this stage, it is important to train the area worker about the occupational safty and health risk that could be happened in a workplace. The area worker who is work in their area are the most familiar person with the area. After they are trained, the could describe and find the risk in their area.

The steps to take the general risk assessment are shown in Fig.1.

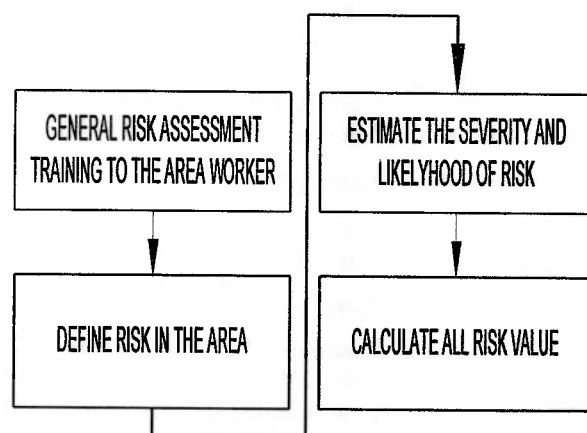


Fig 2.1 General Risk Assessment Process.

After define the risk in every area, the next step is to define the risk value, which consist of severity and likelihood. The severity is divided into five levels : insignificant, minor, moderate, major and catastrophic. The likelihood is also divided into five levels : rare, unlikely, possible, likely and almost certain. To calculate the risk value, the severity and the likelihood is multiplied. After all area have been defined, our next concern is to find risk with the highest risk index value and mitigate the risk.

4 (four) Simple Basic Ergonomics Risk Assessment

The 4 (four) simple basic ergonomics risk assessment is conducted for the risk that would be mitigated. The first priorities is area with the highest risk index value and could also be used for the next value. The 4 (four) steps are identify general ergonomics risk, risk assessment, solution identification, and action tracking. There two examples of the calculation will be shown in this research.

3. RESULTS AND DISCUSSION

General Risk Assessment

The general risk assessment is conducted for all areas of department, and the result shown is the example on the highest risk in production area. Before conducted the assessment, the training conducted was aimed to equip the worker with the basic understanding and a wareness of the ergonomics. The result came with the high understanding of the worker, the worker could well describe the existing risk. This would create better working environment that aware of the safety and health risk in their own area.

After all areas already defined, the area that has the highest risk index value is the liquid production, and been defined that the highest calculated risk is at the manual handling of sugar with potential consequence of 4(four) and likelihood 5(five) (calculated risk is $4 \times 5 = 20$). This has been verified with the company, and the next steps will be focused on this particular task.

Ergonomics Risk Assessment

The first ergonomics risk assessment is conducted on the manual sugar handling process.

Identify General Ergonomics Risk

The general ergonomics risk assessment is how to filter the risk that are in the process. Describe the activity and define the risk involved and the likelihood. This would help to magnify the hazard involved and showing detailed likelihood.

Ergonomics Risk Assessment

The risk assessment consist of two methods, using manual handling assessment and Brief method. Shown that the effect are both from the activity and for the body effects. Ased on the list provided, the task involve holding the load away from the trunk, twisting the trunk, stooping, lifting above shoulder height or off the floor, repetitive handling, team handling, and excessive pulling or pushing.

The individual side of the process require unusual physical attributes, require protective clothing, require special knowledge, and present a hazard to those with a back problem. On the load point of view, the task would present heavy load, large, bulky or unwieldy and difficult to grasp. The environmental constrain would be space constrains preventing good postures, uneven, slippery or unstable walking surfaces, and also there are steps, slopes or changes in level of walk surfaces.

Solution Identification

In the solution identification, had identified two alternatives solutions, the vaceem lifter and change the containment.

Based on the hazard or risk identified from the previous steps, the solution remediation of each risk is identified as below.

Action Tracking

In the action tracking, we define problem identification, action plan and the completion toward the action plan.

Implementation is the key to reflects the result of the assessment. The second ergonomics risk assessment is conducted on the manual sugar handling process.

Identify General Ergonomics Risk

The general ergonomics risk assessment is how to filter the risk that are in the process. Describe the activity and define the risk involved and the likelihood.

Ergonomics Risk Assessment

The risk assessment consist of two methods, using manual handling assessment and Brief method or Reccomended Weight Limit method. Shown that the effect are both from the activity and for the body effects.

In the action tracking, we define problem identification, action plan and the completion toward the action plan. Implementation is the key to reflects the result of the assessment.

The third ergonomics risk assessment is conducted on the fixing lamp process in warehouse.

Identify General Ergonomics Risk

The general ergonomics risk assessment is how to filter the risk that are in the process. Describe the activity and define the risk involved and the likelihood.

ERGONOMIC ASSESSMENT STEP 1 : RISK FILTER			
Process: SUGAR TRANSFERRING			
Activity Description: Lifting sugar sack 7 sack/batch @ 50 kg manually from the floor to the machine mezanine, and then lifted to be pour into the machine.			
Assessors: TYA, DQP,MRS			
HAZARD INFORMATION	R	L	LIKELIHOOD INFORMATION
JOB Define risk factor, if seen one issue, score 1, two issues score 2, three issues score 3, 1. <i>Stooping</i> 2. <i>Stooping, twisting waist</i> 3. <i>Stooping, twisting, overreaching</i> 1. <i>Repetitive motion</i> 2. <i>Repetitive motion/forceful exertion</i> or awkward postures 3. <i>Repetitive motion + force + awkward postures</i>	3	3	FREQUENCY (of activity or item/s handled) 1. Less than weekly 2. Weekly 3. Daily INTENSITY (per shift) 1. Done once 2. Done a few times 3. Continuous
INDIVIDUAL 1. Last <i>manual handling</i> training < 2 years ago 2. Last <i>manual handling</i> training 2-5 years ago 3. Last <i>manual handling</i> training > 5 years ago	3	1	NUMBER OF STAFF WHO CARRY OUT THE TASK 1. < 5 Staff carry out task 2. 5 to 25 Staff carry out task 3. > 25 Staff carry out task
Perceived Exertion 1. No problem encountered by any staff 2. Some staff report having difficulty 3. All staff having difficulty doing task	3	1	DURATION HANDLING ITEM/S or CARRYING OUT ACTIVITY 1. ≤ 25% of Shift 2. > 25% and ≤ 50% of Shift 3. > 50% of shift
ENVIRONMENT (heat, cold, lighting, etc) 1. No workplace constraints 2. Some workplace issues make handling awkward 3. Significant number of workplace issues make handling very difficult	2	1	ACCIDENTS / ILL HEALTH 1. No cases 2. Last case ≥ 2 tahun 3. Last case < 2 tahun
TOTAL 14 x 7 = 98			

Fig 3.1 General Ergonomics Risk Identification.
























Step 1														
Complete Job Information	Job name: Sugar Transferring													
	Date	Dept: Production.....	Shift: 1.....	Product: XYZ.....										
Step 2		Hands and Wrists		Elbows		Shoulders		Neck		Back		Legs		
Identify Risks	 Flexed $\geq 45^\circ$  Extended $> 45^\circ$		 Ulnar deviation  Radial deviation		 Rotated forearm  Fully extended $\geq 135^\circ$		 Arm raised $\geq 45^\circ$  Arm behind body  Shoulders shrugged		 Flexed $\geq 30^\circ$  Extended		 Sideways  Twisted $\geq 20^\circ$		 Flexed $\geq 20^\circ$  Sideways  Twisted  Unsupported  Squat $\geq 45^\circ$  Kneel  Unsupported	
		Left	Right	Left	Right	Left	Right							
2a.	Posture	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√			
	Force	Pinch grip or finger press > 2 lb (0.9 kg) or power grip > 10 lb (4.5 kg)   		≥ 10 lb (4.5 kg) √	≥ 10 lb (4.5 kg) √	≥ 10 lb (4.5 kg) √	≥ 10 lb (4.5 kg) √	≥ 2 lb (0.9 kg) o	≥ 25 lb (11.3 kg) √	≥ 10 lb (4.5 kg) o				
2b.	Duration	≥ 10 sec √	≥ 10 sec √	≥ 10 sec √	≥ 10 sec √	≥ 10 sec √	≥ 10 sec √	≥ 10 sec √	≥ 10 sec o	$\geq 30\%$ day o				
	Frequency	≥ 30 /min o	≥ 30 /min o	≥ 2 /min √	≥ 2 /min √	≥ 2 /min o	≥ 2 /min o	≥ 2 /min √	≥ 2 /min √	≥ 2 /min √				
	Score	3	3	4	4	3	3	3	3	2				
	Risk Rating	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L	H M L				

Fig 3.2 BRIEF Method

Recommended Weight Limit

Task Description Mengangkat gula dari pallet ke tempat mesin				Analyst dr. Suci Lina	
				Date 29-5-2024	
Factor	Code	Origin		Destination	
		Value	Multiplier	Value	Multiplier
Horizontal Distance from the ankle	HM	20 cm	1	30 cm	0,714
Vertical Distance from the floor	VM	70 cm	0,985	100 cm	0,925
Vertical Distance Load Moved	DM	30 cm	0,97	30 cm	0,97
Load Coupling Good, Fair, Poor	CM	poor	0,90	poor	0,90
Frequency (lift/min)	FM	7	0,70	7	0,70
Asymmetry	AM	0°	1	90°	0,712
Load Constant	LC	---	23	---	23
$RWL = HM \times VM \times DM \times CM \times FM \times AM \times LC$					
Recommended Weight Limit	RWL	---	15,8	---	6,6
Load Lifted	L	---	50	---	50

Recommended Weight Limit

Task Description Mengangkat gula dari tempat mesin ke dalam mesin				Analyst dr. Suci Lina	
				Date 29-5-2024	
Factor	Code	Origin		Destination	
		Value	Multiplier	Value	Multiplier
Horizontal Distance from the ankle	HM	25 cm	1	10 cm	2,5
Vertical Distance from the floor	VM	100 cm	0,925	180 cm	0,745
Vertical Distance Load Moved	DM	60 cm	0,895	60 cm	0,895
Load Coupling Good, Fair, Poor	CM	poor	0,30	poor	0,50
Frequency (lift/min)	FM	2	0,65	2	0,65
Asymmetry	AM	0	1	30°	0,904
Load Constant	LC	---	23	---	23
$RWL = HM \times VM \times DM \times CM \times FM \times AM \times LC$					
Recommended Weight Limit	RWL	---	11,139	---	20,286
Load Lifted	L	---	50	---	50

Fig 3.3 Recommended Weight Limit Method.

SOLUTION IDENTIFICATION TABLE	Check if Solution is abate the risk factor	
	Vacuum Lifter	Change containment
Ergonomics hazards identified		
Holding the load away from the trunk	√	√
Twisting the trunk	√	-
Stooping	√	√
Lifting above shoulder height or off the floor	√	√
<i>Repetitive handling</i>	√	-
<i>Team handling</i>	√	-
Excessive pulling or pushing	-	-
Require unusual physical attributes	√	-
Require protective clothing	-	-
Require special training or knowledge	-	-
Present a hazard to those with a back problem	√	√
Heavy	√	-
Large, bulky or unwieldy	√	-
Difficult to grasp	√	-
Sharp, rough, hot or otherwise harmful	√	-
Space constraints preventing good posture	√	√
Uneven, slippery or unstable walking surfaces	√	√
Steps, slopes or changes in level of walk surfaces	√	√

Fig 3.4 Solution Identification Table

ERGONOMIC ASSESSMENT STEP 1 : RISK FILTER

Form survey untuk mengidentifikasi masalah ergonomik yang potensial dan prioritas untuk assessment lanjutan yang lebih detail bila diperlukan. Identifikasi semua aktivitas yang mempunyai potensi bahaya. Mintalah pendapat kepada staf yang bersangkutan, aktivitas mana yang mereka anggap memiliki risiko terhadap ergonomik. Isilah form dibawah ini dengan memberikan skor sesuai dengan kondisi yang ada. Kalikan untuk mendapatkan skor total

Tanggal: 29 Mei 2007

Dept Logistik

Proses Mengutipkan rawa material (gula)

Deskripsi Aktivitas: Mengangkat gula, 14 literang sebagai contoh

Assessor: Etna K.

HAZARD INFORMATION	H	L	LIKELIHOOD INFORMATION
TUGAS 1.ihat factor risiko: Jika terdapat satu faktor, skor 1, dua skor 2, tiga skor 3. 1. Stopping (bending at the waist) / membungkuk 2. Stopping, twisting / membungkuk, badan memutar 3. Stopping, twisting, overreaching / membungkuk, badan memutar, jangkauan yang berlebihan 1. Repetitive motion/low force/neutral posture (Gerakan berulang/kekuatan ringan/postur netral) 2. Repetitive motion/forceful exertion or awkward postures (Gerakan berulang/kekuatan penuh atau postur janggal) 3. Repetitive motion + force + awkward postures (Gerakan berulang + kekuatan penuh + postur janggal)	1 3 3	3 2 1	FREKWENSI (dari aktivitas atau item yang diangsur) 1. Lebih dari 1 minggu 2. Setiap minggu 3. Setiap hari INTENSITAS (per shift) 1. Dilakukan sekali 2. Dilakukan beberapa kali 3. Terus menerus JUMLAH STAF YANG MELAKUKAN PEKERJAAN 1. < 5 Staf 2. 5 to 25 Staf 3. > 25 Staf DURASI MENANGANI ITEM / MELAKUKAN AKTIVITAS 1. ≤ 25% dari Shift 2. > 25% dan ≤ 50% dari Shift 3. > 50% dari the shift KECELAKAAN / GANGGUAN KESEHATAN 1. Tidak ada kasus 2. Kasus terakhir ≤ 2 tahun yang lalu 3. Kasus terakhir > 2 tahun yang lalu
INDIVIDUAL Training Manual Handling terakhir 1. < 2 tahun yang lalu 2. 2 - 5 tahun yang lalu 3. > 5 tahun yang lalu Perceived Exertion/Tenaga dalam bekerja 1. No problems encountered by any staff / Tidak ada masalah dalam bekerja 2. Some staff report having difficulty / Beberapa staf mengalami kesulitan 3. All staff have difficulty doing task / Hampir semua staf sulit dalam melakukan pekerjaan ini	3 3	1 1	
LINGKUNGAN KERJA 1. No workplace constraints / Tidak ada masalah lingkungan kerja 2. Some workplace issues make handling awkward / Terdapat beberapa kasus, menyebabkan posisi kerja janggal 3. Significant number of workplace issues make handling very difficult / Banyak kasus, menyebabkan kesulitan dalam manual handling	2		
TOTAL	11	10	= 110

Fig 3.6 Manual Handling Assessment

Recommended Weight Limit

Task Description			Analyst		
			Date 24 Mei 2007		
Factor	Code	Origin		Destination	
		Value	Multiplier	Value	Multiplier
Horizontal Distance from the ankle	HM	90	0,5	60	0,42
Vertical Distance from the floor	VM	60	1,045	80	0,985
Vertical Distance Load Moved	DM	30	0,963	30	0,963
Load Coupling Good, Fair, Poor	CM	G	1	G	1
Frequency (lift/min)	FM	3	0,28	3	0,28
Asymmetry	AM	0	1	45	0,856
Load Constant	LC	---	23	---	23
$RWL = HM \times VM \times DM \times CM \times FM \times AM \times LC$					
Recommended Weight Limit	RWL	---	10,18	---	6,90
Load Lifted	L	---	50	---	50

Fig 3.7 Reccomended Weight Limit Method Solution Identification

Ergonomics - Solution Identification Table

Bahaya Ergonomik yang teridentifikasi (posisi tubuh yang janggal, mengangkat beban berat, jangkauan berlebihan dll)	Beritanda check bila solusi dapat mengurangi risk factor				
	Solusi 1	Solusi 2	Solusi 3	Solusi 4	Solusi 5
Posisi leher Melayang	✓	-	-	-	-
Angka Bahu Kiri	✓	✓	✓	-	-
Jangkauan belakang	✓	-	-	-	-
Sikap tangan	✓	-	✓	-	-

Fig 3.8 Solution Identification Table Action Tracking

ERGONOMIC ASSESSMENT STEP 1 : RISK FILTER

Formulir untuk mengidentifikasi masalah ergonomi yang potensial dan prioritas untuk assessment lanjutan yang lebih detail bila diperlukan. Identifikasi semua aktifitas yang mempunyai potensi bahaya. Menentukan pendapat kepala shift (jika ada) berdasarkan aktifitas mana yang mereka anggap memiliki risiko terbesar ergonomi. Isilah form di bawah ini dengan memberikan skor sesuai dengan kriteria yang ada. Kriteria untuk melakukan skor total

Tanggal: 22 Jun 2009

Dept: ENIGULRANK

Proses: Mematikan lampu

Daftar Aktivitas: Membutuhkan kopong yang ada di drop warehouse

Assesors: M. RAGU S

HAZARD INFORMATION	H	L	LIKELIHOOD INFORMATION
TUGAS 1. Postur resiko jika terhalang satu faktor skor 1. Jika skor 2, tiga skor 3 1. Sleeping/bending at the waist / membungkuk 2. Sleeping, twisting / membungkuk, badan memutar 3. Sleeping, twisting, overreaching / membungkuk, badan memutar, jangkauan yang berlebihan	1	2	FREQUENSI (dari aktifitas atau item yang ditangani) 1. Lebih dari 1 minggu 2. Setiap minggu 3. Setiap hari INTENSITAS (per shift) 1. Dilakukan sekali 2. Dilakukan beberapa kali 3. Terus menerus
1. Repetitive motions/forceful posture (Gerakan berulang/kekuatan berlebihan/postur tidak baik) 2. Repetitive motion/forceful exertion or awkward posture (Gerakan berulang/kekuatan penuh atau postur janggal) 3. Repetitive motion + force + awkward posture (Gerakan berulang + kekuatan penuh + postur janggal)	2	1	JUMLAH STAF YANG MELAKUKAN PEKERJAAN 1. < 5 Staf 2. 5 to 25 Staf 3. > 25 Staf DURASI MENANGANI ITEM / MELAKUKAN AKTIVITAS 1. < 25% dari Shift 2. > 25% dan < 50% dari Shift 3. > 50% dari Shift
INDIVIDUAL Training Manual Handling terakhir 1. < 2 tahun yang lalu 2. 2 - 5 tahun yang lalu 3. > 5 tahun yang lalu Perceived Exertion/Terasa dalam bekerja 1. No problems encountered by any staff / Tidak ada masalah dalam bekerja 2. Some staff report having difficulty / Beberapa staf melaporkan kesulitan 3. All staff have difficulty doing task / Hampir semua staf sulit dalam melakukan pekerjaan ini	3	3	KECELAKAAN / GANGGUAN KESEHATAN 1. Tidak ada kasus 2. Kasus antara 1-2 tahun yang lalu 3. Kasus antara < 2 tahun yang lalu
LINGKUNGAN KERJA 1. No workplace constraints / Tidak ada masalah lingkungan kerja 2. Some workplace issues make handling awkward / Terdapat beberapa kasus menyebabkan postur kerja janggal 3. Significant number of workplace issues make handling very difficult / Banyak kasus menyebabkan kesulitan dalam manual handling	2	1	
TOTAL	13	6	78

Fig 3.9 General Ergonomics Risk Identification

Ergonomics Risk Assessment

The risk assessment consist of two methods, using manual handling assessment and Brief method. Shown that the effect are both from the activity and for the body effects.

ERGONOMIC ASSESSMENT STEP 2a: MANUAL HANDLING

Department: ENG
 Assessors: M. KASIL S.
 Process: Membetulkan lampu

Date: 22 Juni 2009
 Ref. No:
 Priority number:

Task Description: Membetulkan lampu yg ada di atap warehouse

TASK - Does it involve	Yes	No	Observation
Holding the load away from the trunk	✓		
Twisting the trunk	✓		
Stooping	✓		
Lifting above shoulder height or off the floor	✓		
Carrying long distances		✓	
Repetitive handling	✓		
Team handling		✓	
Excessive pulling or pushing		✓	
Handling whilst seated		✓	
Insufficient rest and recovery time		✓	
Work rate imposed by a process		✓	
Holding a static/awkward posture for long periods		✓	
INDIVIDUAL - Does the operation....			
Require unusual physical attributes	✓		
Require protective clothing		✓	
Requires special training or knowledge	✓		
Present a hazard to those with a back problem	✓		
Restrict movement because of clothing or PPE		✓	
LOAD - Is it....			
Heavy		✓	
Large, bulky or awkward		✓	
Unstable with contents likely to shift		✓	
Difficult to grasp		✓	
Sharp, rough, hot or otherwise harmful		✓	
ENVIRONMENT - Are there....			
Space constraints preventing good posture		✓	
Uneven, slippery or unstable walking surfaces		✓	
Steps, slopes or changes in level of work surfaces		✓	
Extremes of humidity, temperature or air movements		✓	
Poor lighting		✓	
Work heights that could present risk	✓		
Have there been any accidents/near miss reports?		✓	

Fig 3.10 Manual Handling Assessment

Moore-Garg Strain Index

Deskripsi pekerjaan Memindahkan bahu yg ada di atas warehouse	Analisis M. PACH 5
Angkat-gara	DATE 22 Juni 2009

Strain Index	Rating untuk setiap risk factor & kaitan ke nomor faktor tersebut (kiri & kanan)	SI = 3 : Aman SI antara 3 - 5 : Aman, namun hampir terdapat risk SI antara 5 - 7 : Terdapat risk SI > 7 : Berbahaya	Rating	Kiri	Kanan
Risk Factor	Standar Rating	Observasi			
Kekuatan tenaga yang dikeluarkan	Ringan	Hampir tidak menggunakan tenaga (Relaxed effort)	1	3	3
	Agak kuat	Menggunakan tenaga yang normal	3		
	Kuat	Menggunakan tenaga yang besar (Unchanged Expression)	6		
	Sangat kuat	Menggunakan tenaga yang besar (Changed Expression)	9		
	Hampir maksimal	Menggunakan bahu/rangka badan untuk mengeluarkan tenaga	13		
Durasi dari tenaga yang dikeluarkan (% dari cycle)	< 10 % dari cycle		0,5	1,5	1,5
	10 - 29 % dari cycle		1		
	30 - 49 % dari cycle		1,5		
	50 - 79 % dari cycle		2		
	> 80 % dari cycle		3		
Efforts per menit	< 4		0,5	1	1
	4 - 8		1		
	9 - 14		1,5		
	15 - 19		2		
	> 20		3		
Postur tangan / lengan	Sangat baik	Netral	1	3	3
	Baik	Mendekati netral	1		
	Cukup	Tidak netral	1,5		
	Buruk	Nyata terjadi penyimpangan	2		
	Sangat Buruk	Sangat ekstrem	3		
Kecepatan pekerjaan	Sangat pelan	Kecepatan sangat pelan	1	1	1
	Pelan	Ada sedikit jeda waktu	1		
	Cukup	Kecepatan normal	1		
	Cepat	Terburu-buru, tapi masih dapat dilakukan dengan baik	1,5		
	Sangat cepat	Terburu-buru, dan jarang/tidak dapat dilakukan dengan baik	2		
Durasi dari pekerjaan per hari	< 1 jam		0,25	0,5	0,5
	1 - 2 jam		0,5		
	2 - 4 jam		0,75		
	4 - 8 jam		1		
	> 8 jam		1,5		
Total skor				6,750	6,750

Fig 3.11 Moore-Garg Strain Index Method Solution Identification.

Ergonomics - Solution Identification Table

Ergonomics hazards identified (awkward postures, heavy lifting, psychosocial issues, poor coupling, repetitive motions, extended reaches, etc.)	Place a check when the solution abates the risk factor				
	Solusi 1	Solusi 2	Solusi 3	Solusi 4	Solusi 5
Membungkuk	X	X			
Badan memutar	✓	✓			
Jangkauan berlebih	✓	✓			
Gerakan berulang	✓	X			
Postur tubuh janggal	✓	✓			

Fig 3.12 Solution Identification Table

Action Tracking

In the action tracking, we define problem identification, action plan and the completion toward the action plan. Implementation is the key to reflects the result of the assessment. We have to thoroughly monitor and record all the action plan to ensure the implementation and improvement of work station.

The problem identification consist of job or process name and location, potential problem or issue, and initial risk level. The action plan consist of improvement activities, responsible individual and target date, and the completion part consist of completion date, final risk level, and confirmation from supervisor.

4. CONCLUSIONS

It is reasonable to conclude that the basic ergonomics risk assessment implementation on site ergonomics program is suitable for the development program, understanding process of recognizing the hazard and risk and also how to prevent and solve the ergonomics problem. The first step to conduct general assessment could be use for any kind of hazard, for example the ergonomics, workplace, work activity hazard, and hazardous agents. The second step is more detailed risk assessment, for the ergonomics hazard. The general ergonomics risk identification to show the hazard that could be happened as the consequences and likelihood calculated. On the ergonomics risk assessment process, we could use three methods which applied in the company, for example the manual handling assessment we could use Brief method, Reccomended Weight Limit method and Moore-Garg Strain Indez method. The three results shown the effects of ergonomics hazard by the activity and body effects. The solution identification should identify the solution to address the risk and to contend each hazard. After the solution determined it is crucial to follow the track of the solution. The action tracking help us to manage the actualization solution.

Involvement of the worker from bottom to management is good. The worker now already familiar and aware about the risk situated in their area. This would increase the safety and health environment of the company.

Comprehensive analysis and assessment are suggested to be used in every company as the development program, understanding process of recognizing the hazard and risk and also how to prevent and solve the ergonomics problem. Since owner and management have the substantial influence to conduct the program, it is important to involve and get their support.

REFERENCES

- Brauer, Roger L., 1994, *Safety and Health for Engineers*. John Wiley & Son.inc. New York.
- Bridger, R.S., 1995, *Introduction to Ergonomics*. McGraw-Hill.
- Covan, James, *Safety Engineering*, John Wiley & Son.inc. New York.
- Crowl, D.A., 1990, *Chemical Process Safety : Fundamentals with Applications*. Prentice Hall.Englewood Cliffs, NJ.
- Mc. Cormick, Ernest J. and Sanders, Mark S., 1993, *Human Factors in Engineering and Design*. McGraw Hill. Singapore.
- Philips, C. A., 2000, *Human Factors Engineering*. John Wiley & Sons, Inc.
- Rodezno, Rafael Amador, 2003, An overview to CERSSO's self evaluation of the cost-benefit on the investment in occupational safety and health in the textile factories : "A step by step methodology", *Journal of Safety Research – ECON proceedings 36 (2005) 215 -229*, <http://www.elsevier.com/locate/jsr>
- Suryoputro, Muhammad Ragil, 2006, *Analisis Cost dan Benefit untuk rencana implementasi keselamatan dan kesehatan kerja di PT XYZ dengan menggunakan metode modified CERSSO*, Industrial Engineering Dept. Bandung Institute of Technology, Bandung.

KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BRIKET ARANG TEMPURUNG KELAPA, BRIKET ARANG SERBUK GERGAJI KAYU JATI, BRIKET ARANG BONGGOL JAGUNG, BRIKET ARANG BATANG JAGUNG, BRIKET ARANG SEKAM PADI, BRIKET BATUBARA KARBONISASI DAN NON KARBONISASI, DAN ARANG KAYU

Siti Jamilatun

*Jurusan Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan
Jl. Prof. Dr. Soepomo Janturan Yogyakarta
Email : sitijamilatun_uad@yahoo.com*

ABSTRAK

Biomass consists of several components, namely water content (moisture content), volatile substances (volatile matter), carbon - bound (fixed carbon) and ash (ash). Biomass combustion mechanism consists of three stages of drying (drying), devolatilization, and the burning of charcoal (char combustion). The drying process will eliminate the moisture, which is the stage devolatilization will release the volatile pyrolysis and combustion of coal release s carbon bonded, combustion of residual ash. Factors influencing the combustion characteristic is the speed of combustion, calorific value, specific gravity and number of pollutants or volatile levels resulting from the combustion of briquettes.

The purpose of this study to determine the ignition properties of a wide range of biomass briquettes, wood charcoal and coal, including the burning speed, long briquettes burn to ashes, long time early or easy whether ignition, smoke or high number of volatiles produced, calorific value and the length of time to boil 1 liter of water.

By burning 250 grams for each type of briquettes, the most optimum outcome is the longest burning to ashes, from coconut shell 116 minutes with the speed of combustion 126.6 grams / sec and has the highest calorific biomass briquettes among others that is 6779.11 cal/gram and 1 quart water to boil on average takes about the same for all types of briquettes about 5 minutes. If the coconut shell briquette briquettes compared with calorific value of coal which has a 7058 cal/gram of charcoal and wood with a calorific value of 3583 cal/gram of the coconut shell is good enough briquettes as fuel people's choice with a fairly large flame and ignition long enough.

Keywords: *Briquettes, test firing, volatile content and calorific value*

1. PENDAHULUAN

Salah satu cara pengolahan biomassa yang bisa diterapkan pada limbah pertanian adalah dengan proses karbonisasi dan pembriketan dengan terlebih dulu dilakukan karbonisasi maka unsur - unsur pembentuk asap dan jelaga dapat diminimalkan, sehingga gas buangnya lebih bersih. Dengan dibentuk briket maka kebutuhan ruang menjadi lebih kecil, kualitas pembakarannya lebih baik dan pemakaiannya lebih praktis.

Energi alternatif dapat dihasilkan dari teknologi tepat guna yang sederhana dan sesuai untuk daerah pedesaan, yaitu pembuatan briket dengan memanfaatkan limbah biomassa misalnya tempurung kelapa, sekam padi, serbuk gergaji kayu dan lain lainnya menjadi penting mengingat limbah ini sering, bahkan belum di manfaatkan secara maksimal (Amin, 2000).

Briket dengan kualitas yang baik diantaranya memiliki tekstur yang halus, tidak mudah pecah, keras, aman bagi manusia dan lingkungan dan juga

memiliki sifat - sifat penyalaan yang baik, diantaranya adalah : mudah menyala, waktu nyala cukup lama, tidak menimbulkan jelaga, asap sedikit cepat hilang dan nilai kalor yang cukup tinggi. Lama tidaknya menyala akan mempengaruhi kualitas dan efisiensi pembakaran, semakin lama menyala dengan nyala api konstan akan semakin baik (Hartoyo dan Roliadi, 1978).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Di Indonesia beberapa sumber energi terbarukan yang berpotensi besar antara lain energi hidro dan mikrohidro, energi geotermal, energi biomassa, energi surya dan energi angin. Energi biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang sangat menarik untuk dikaji pemanfaatannya, karena Indonesia sebagai Negara agraris yang terletak di daerah tropis, mempunyai sumber energi biomassa yang melimpah. Biomassa dan batubara adalah bahan bakar padat yang memiliki karakteristik yang berbeda saat dibakar. Lihat tabel 1 dibawah ini

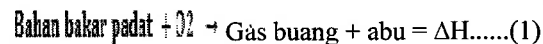
Tabel 1. Perbandingan Sifat Batubara dan Biomassa.

No	Sifat	Batubara	Biomassa
1	Kadar volatil	Rendah, Dibawah 50%	Lebih tinggi, di atas 50%
2	Kadar C tetap	Tinggi	Rendah
3	Kadar abu	Sedang	Tergantung jenis bahan
4	Nilai kalor	Tinggi	Sedang, tergantung jenis dan kadar airnya

Biomassa pada umumnya mempunyai kadar volatil yang tinggi sehingga pembakarannya dimulai pada temperatur yang rendah. Proses *devolatilisasi* pada biomassa umumnya terjadi pada temperatur rendah dan hal ini mengindikasikan bahwa biomassa mudah dinyalakan dan dibakar, meskipun pembakaran yang diharapkan terjadi sangat cepat dan bahkan sulit dikontrol.

Penelitian intensif pada briket campuran biomassa dan batubara telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Bahillo, 2003, Saptohadi,H, 2004). Pembakaran campuran antara batubara dan biomassa terdapat beberapa keuntungan yang dapat diperoleh yakni dengan tingginya kadar zat *volatil* dari mayoritas biomassa dan tingginya kandungan karbon (*fixed carbon*) batubara dapat melengkapi satu sama lain. Namun dilain pihak karena beberapa jenis biomassa mempunyai kadar abu yang tinggi, penggunaan biomassa sebagai bahan bakar dapat menimbulkan kendala tersendiri.

Secara umum pembakaran dapat didefinisikan sebagai proses atau reaksi oksidasi yang sangat cepat antara bahan bakar (*fuel*) dan oksidator dengan menimbulkan panas atau nyala. Reaksi pembakaran bahan bakar padat adalah sebagai berikut :

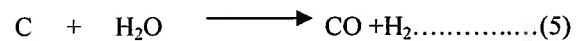
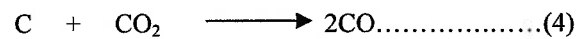
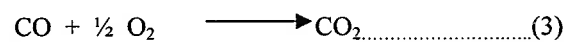
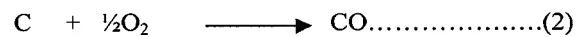


Proses pembakaran padatan terdiri dari beberapa tahap seperti pemanasan, pengeringan, *devolatilisasi* dan pembakaran arang. Selama proses *devolatilisasi*, kandungan *volatile* akan keluar dalam bentuk gas seperti : CO, CO₂, CH₄ dan H₂.

Menurut Pengmei Lv,et all, 2004, komposisi gas selama *devolatilisasi* tergantung pada jenis bahan kayu yang digunakan. Setelah *devolatilisasi* akan terjadi oksidasi bahan bakar padat, laju pembakaran tergantung pada konsentrasi oksigen, temperatur gas, ukuran dan porositas arang (Syamsiro,M dan Harwin Saptoadi, 2007). Kenaikan

konsentrasi oksigen dalam gas menimbulkan laju pembakaran bahan bakar padat yang lebih tinggi. Temperatur pembakaran bahan bakar padat yang lebih tinggi menaikkan laju reaksi dan menyebabkan waktu pembakaran bahan bakar padat yang lebih singkat. Kecepatan gas yang tinggi pada permukaan akan menaikkan laju pembakaran bahan bakar padat, terutama disebabkan karena laju perpindahan massa dari oksigen kepermukaan partikel yang lebih tinggi.

Arang karbon bereaksi dengan oksigen pada permukaan partikel membentuk karbon monooksida dan karbon dioksida. Proses tersebut dinyatakan dalam reaksi – reaksi berikut:



2.1 Karakteristik pembakaran

Samsiro, M., 2007 , meneliti biobriket, dari hasil penelitiannya didapatkan bahwa faktor – faktor yang mempengaruhi karakteristik pembakaran biobriket, antara lain :

- a. Laju pembakaran biobriket paling cepat adalah pada komposisi biomassa yang memiliki banyak kandungan *volatile matter* (zat – zat yang mudah menguap). Semakin banyak kandungan *volatile matter* suatu biobriket maka semakin mudah biobriket tersebut terbakar, sehingga laju pembakaran semakin cepat. Laju pembakaran dapat diukur dari perubahan berat briket dari sebelum dan sesudah dibakar dengan lamanya waktu yang dibutuhkan sampai briket menjadi abu.

Laju pembakaran [5] : $-r_A$ atau dm_A / dt , dimana m_A adalah berat briket yang terbakar
Maka :

$$-r_A = - dm_A / dt = km^n_A$$

Dimana : k = konstanta laju pembakaran
 n = pangkat reaksi

- b. Kandungan nilai kalor yang tinggi pada suatu biobriket saat terjadinya proses pembakaran biobriket akan mempengaruhi pencapaian temperatur yang tinggi pula pada biobriket, namun pencapaian suhu optimumnya cukup lama.
- c. Semakin besar berat jenis (*bulk density*) bahan bakar maka laju pembakaran akan semakin lama. Dengan demikian biobriket yang

memiliki berat jenis yang besar memiliki laju pembakaran yang lebih lama dan nilai kalor lebih tinggi dibandingkan dengan biobriket yang memiliki berat jenis yang lebih rendah. Makin tinggi berat jenis biobriket semakin tinggi pula nilai kalor yang diperolehnya.

2.2 Penelitian ini bertujuan untuk

- Mengetahui sifat – sifat penyalaan dari berbagai macam briket seperti briket dari berbagai macam arang biomassa, yakni tempurung kelapa, serbuk gergaji kayu jati, bonggol jagung, batang jagung, sekam padi, arang kayu dan briket batubara
- Sifat – sifat penyalaan meliputi kecepatan pembakaran dengan mengukur lama waktu briket menyala sampai menjadi abu dan juga menimbang jumlah briket yang terbakar, mudah tidaknya waktu penyalaan awal dengan mengukur lama waktu yang dibutuhkan untuk nyala pertama kalinya, kadar *volatile*-nya dengan mengamati banyak sedikitnya asap dan menganalisis kadar *volatile*-nya, nilai kalornya dengan menganalisis berapa nilai kalor yang dilepas tiap gramnya
- Membandingkan sifat – sifat penyalaan briket biomassa tersebut dengan batubara dan arang kayu, kemudian dapat menentukan briket mana yang paling baik sifat – sifatnya untuk dapat digunakan.

2.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah dengan mengetahui kualitas sifat – sifat penyalaannya pada pembakaran berbagai macam briket biomassa, batubara dan arang kayu, maka dapat memilih bahan biomassa yang memiliki kualitas yang baik jika dibuat briket dan juga untuk memperbaiki briket yang memiliki karakteristik yang kurang baik. Untuk selanjutnya briket dengan sifat penyalaan yang baik, murah dalam pembuatannya, mudah dibuat dan aman bagi lingkungan dapat di produksi secara issal dalam skala komersial.

3. METODOLOGI PENELITIAN

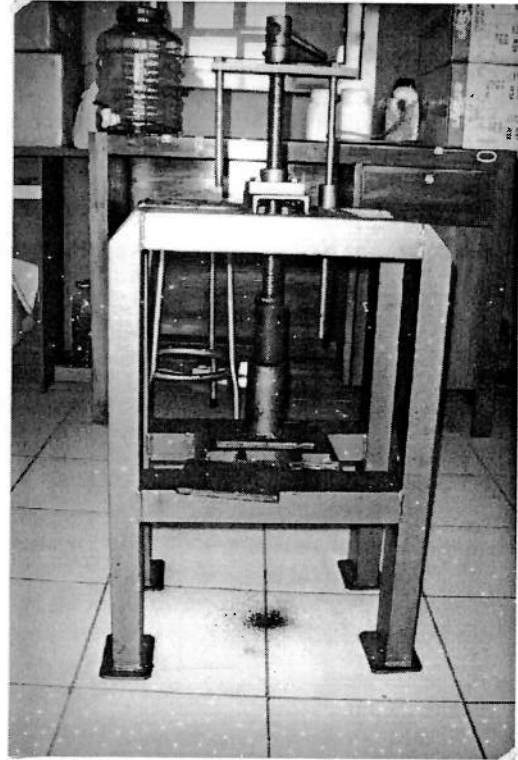
3.1 Alat Dan Bahan

3.1.2 Bahan:

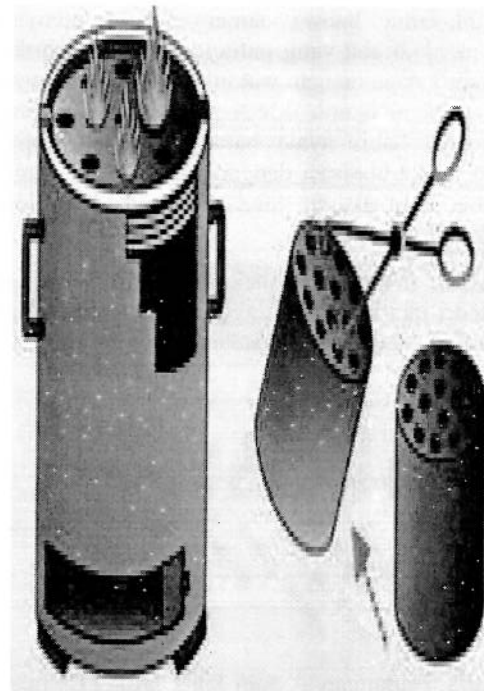
- Tempurung kelapa, serbuk gergaji kayu jati, sekam padi, bonggol jagung, batang jagung, arang kayu dan batubara
- Tepung tapioka
- Air
- Minyak tanah

3.1.3 Alat:

Dapur pengarangan, Alat penumbuk arang, Ayakan, Alat pencetak briket, Oven, Timbangan analitis, Kompor, kapas, Tungku briket, panci, ember, pengaduk, korek api



Gambar 1. Alat Pencetak Briket.



Gambar 2. Pembakaran Briket.

3.2 Cara Penelitian

Penelitian dimulai dengan membersihkan, menyiapkan bahan – bahan untuk pembuatan briket, biomassa diarangkan dengan cara menurut jenis biomassanya, dihaluskan dengan ukuran tertentu, kira - kira 60 mesh, kemudian dicampur dengan perekat tepung kanji yang sudah dilarutkan dengan air panas sehingga menjadi bubur dengan perbandingan arang biomassa: perekat adalah 80 : 20. Setelah itu adonan itu dicetak, hasil cetakan

dikeringkan beberapa hari dengan sinar matahari. Setelah benar - benar kering, masing - masing jenis briket di analisis kadar airnya, kadar *volatil* , kadar karbon, berat jenis dan nilai kalornya.

Pembakaran berbagai jenis briket dengan mengamati sifat - sifat penyalaannya, yakni lama nyala api sampai menjadi abu, berat briket yang terbakar, lama waktu untuk penyalaan awal, banyak sedikitnya asap / *volatil matter*, waktu yang di butuhkan untuk mendidihkan 1 liter air.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

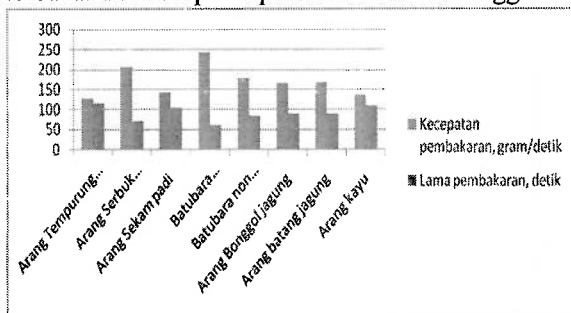
4.1 Pengaruh Jenis Briket dengan kecepatan pembakaran dan lamanya waktu nyala sampai menjadi abu

Tabel 2. Hubungan Jenis Briket Dengan Kecepatan Pembakaran Dan Lamanya Waktu Pembakaran Sampai Menjadi Abu.

No	Jenis Briket	Berat briket yang terbakar (gr)	Lama penyalaan sampai jadi abu (menit)	Kecepatan pembakaran, (gram/detik)
1.	Tempurung kelapa	244,51	116,10	126,60
2.	Serbuk Gergaji kayu jati	244,22	71,05	206,40
3.	Sekam padi	245,25	103,57	141,60
4.	Batubara terkarbonisasi	245,91	60,57	243,00
5.	Batubara non karbonisasi	245,99	83,53	177,00
6.	Bonggol jagung	244,21	89,35	163,80
7.	Batang jagung	246,00	88,00	167,40
8.	Arang kayu	246,22	109,45	135,00

Dari tabel 3 dan gambar 3 hasil percobaan dapat diketahui bahwa lamanya bara menyala sampai menjadi abu yang paling lama adalah briket tempurung kelapa dengan waktu 116,1 menit dengan kecepatan pembakaran 126,6 gram / detik. Yang paling cepat habis nyala baranya adalah briket batubara ter karbonisasi dengan waktu 60,57 menit. Kecepatan pembakaran juga dipengaruhi struktur bahan, kadar karbon

terikat, keras dan lunaknya bahan meskipun secara teori jika kadarnya tinggi maka akan mudah terbakar dan kecepatan pembakaran lebih tinggi



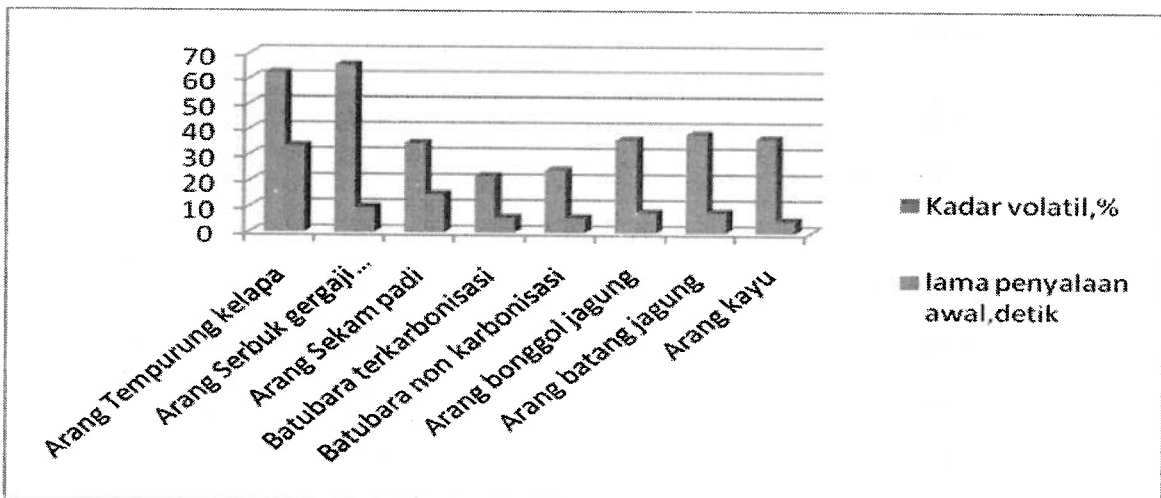
Gambar 3. Hubungan Antara Jenis Briket Dengan Kecepatan Pembakaran Dan Lamanya Pembakaran.

4.2 Pengaruh Jenis Briket dengan Asap (kadar volatil) yang ditimbulkan

Dari tabel 4 dapat diketahui bahwa yang paling lama asap hilang adalah briket tempurung kelapa, sedang yang paling cepat asapnya hilang adalah briket batubara. Jika dilihat dari kadar zat menguap tempurung kelapa dan gergaji kayu jati memiliki kadar yang paling besar sekitar 89,88 %. Banyak sedikitnya asap, warna yang hitam atau putih dipengaruhi oleh komposisi / kandungan dari bahan biomassa untuk pembuatan briket dan dipengaruhi kadar air briket.

Tabel 3. Hubungan Jenis Briket Dengan Kadar *Volatil* Dan Asap Yang Ditimbulkan.

No	Jenis Briket	Kadar volatil (%)	Asap yang ditimbulkan : lama asap hilang (menit)
1.	Tempurung kelapa	62,33	Banyak(hitam); 37,04
2.	Serbuk Gergaji kayu jati	65,54	Banyak(putih) ; 20,08
3.	Sekam padi	34,71	Banyak(hitam); 29,49
4.	Batubara terkarbonisasi	22,1	Banyak(putih ; 4,59
5.	Batubara non karbonisasi	24,3	Banyak(putih) ; 4,06
6.	Bonggol jagung	36,10	Banyak,putih; 17,59
7.	Batang jagung	38,32	
8.	Arang kayu	36,69	Banyak,hitam; 35,54



Gambar 4. Hubungan Antara Jenis Briket Dengan Kadar *Volatil* Dan Lama Penyalaaan Awal.

4.3 Pengaruh Jenis Briket dengan Mudah tidaknya Penyalaaan

Dari tabel 5 dan gambar 4 hasil percobaan di atas dapat diketahui bahwa penyalaaan awal yang paling mudah adalah batubara dengan waktu sekitar 6 detik, dan briket yang penyalaaannya paling susah adalah briket tempurung kelapa dengan waktu 53.57

detik. Karena pada briket batubara kandungan airnya sangat sedikit (kering), sehingga mudah dalam penyalaaannya. Pada briket tempurung kelapa yang paling lama , kemungkinan disebabkan bentuknya yang paling kompak, rapat, keras, berat jenisnya paling besar dan kandungan airnya yang masih cukup besar, hal ini bisa diatasi dengan pengeringan semaksimal mungkin.

Tabel 4. Hubungan Jenis Briket Dengan Kadar Air Dan Lamanya Penyalaaan Awal.

No	Jenis Briket dari arang :	Kadar air (mL/gram)	Lama penyalaaan awal, sampai timbul api (detik)
1.	Tempurung kelapa	8,32	33,57
2.	Serbuk Gergaji kayu jati	7,73	10,00
3.	Sekam padi	3,46	15,00
4.	Batubara terkarbonisasi	6,12	6,10
5.	Batubara non karbonisasi	5,99	6,08
6.	Bonggol jagung	3,82	8,18
7.	Batang jagung	5,16	8,20
8.	Arang kayu	3,26	5,00

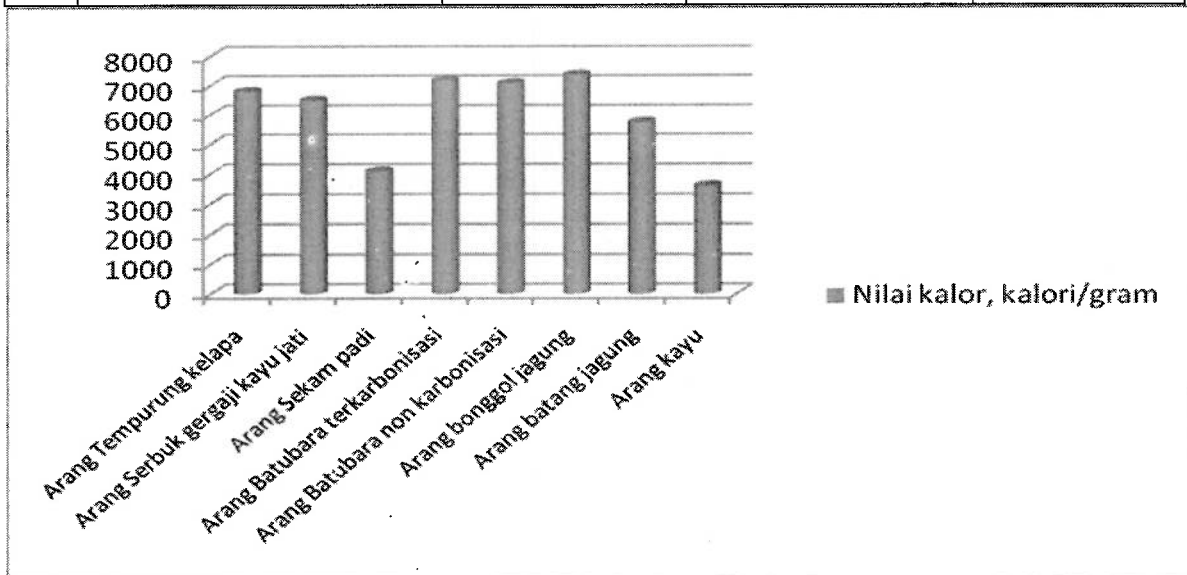
4.4 Pengaruh Jenis Briket dengan Lamanya waktu pendidihan dan nilai kalor

Dari tabel 6, hasil percobaan dapat diketahui bahwa waktu pendidihan air yang paling mudah adalah dengan bahan bakar briket batubara dengan waktu 5 menit. Karena bahannya cukup kering, maka mudah terbakar dengan api yang besar, sehingga mudah mendidih. Untuk memanaskan air 1 liter membutuhkan waktu yang hampir sama pada kisaran 5 - 7 menit.

Dari tabel 6 dan gambar 5 dapat dilihat nilai kalor berbagai macam briket biomassa, briket batubara, kalor tertinggi adalah briket batubara sekitar 7.058,62 kal / gram, sedangkan dari briket biomassa adalah briket dari tempurung kelapa, sekitar 6780 kal / gram, kalor terendah adalah dari arang kayu yakni sekitar 3.583 kal / gram. Briket dari serbuk gergaji kayu jati juga cukup tinggi yakni 6.478,99 kal / gram. Nilai kalor yang tinggi akan membuat pembakaran menjadi lebih efisien karena briket yang dibutuhkan menjadi lebih hemat.

Tabel 5. Hubungan Jenis Briket Dengan Lamanya Waktu Pendidihan Air 1 Liter, Nilai Kalor Dan Besarnya Nyala Api.

No	Jenis Briket	Lama waktu pendidihan (menit)	Nilai Kalor (kal / gram)	Nyala api
1.	Tempurung kelapa	7,19	6.780	Besar
2.	Serbuk Gergaji kayu jati	6,19	6.479	Besar
3.	Sekam padi	5,15	4.073	Besar
4.	Batubara terkarbonisasi	5,00	7.158	Sedang
5.	Batubara non karbonisasi	5,01	7.058	Sedang
6.	Bonggol jagung	5,00	7.351	Besar
7.	Batang jagung	5,1	5.730	Besar
8.	Arang kayu	8,00	3.583	Sedang



Gambar 5. Hubungan Antara Jenis Briket Dengan Nilai Kalor.

5. KESIMPULAN

Dari berbagai macam briket diketahui bahwa briket tempurung kelapa mulai pembakaran awal sampai menjadi abu yang paling lama nyalanya

yakni 116 menit dengan kecepatan pembakaran lebih rendah dibandingkan briket yang lainnya yakni 126,6 gram / detik. Nilai kalori cukup tinggi yakni 6780 kal / gram, nyala api yang paling besar, relatif mudah dinyalakan dan kadar *volatil* yang tinggi

dapat dikondensasi dan dapat dimanfaatkan untuk membuat asap cair sebagai pengawet.

Briket yang asapnya paling cepat hilang dan yang paling mudah dinyalakan adalah batubara yakni lama penyalan awal adalah sekitar 5 detik.

Untuk mendidihkan air sebanyak 1 liter rata-rata membutuhkan waktu yang sama, yakni 5 sampai dengan 7 menit dan besarnya nyala api untuk berbagai macam briket cukup besar dan hampir seragam.

Dari perbandingan sifat – sifat penyalan briketbiomassa dengan arang kayu dan batubara, maka briket tempurung kelapa relatif cukup baik sebagai bahan bakar yang ekonomis. Briket yang baik untuk keperluan rumah tangga adalah briket yang tingkat polutannya rendah, pencapaian suhu maksimalnya paling cepat dan mudah terbakar pada saat penyalannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin,S., 2000, Penelitian berbagai jenis kayu limbah pengolahan untuk pemilihan Bahan Baku briket Arang, Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia 2000, Vol 2,no 1 hal 41 - 46. /HUMAS_BPPT/ANY, www. klipingut.wordpress.com (20 Maret 2008).
- Borman, G.L. dan Ragland, K.W. *Combustion Engineering*, McGrawHill Publishing Co, New York, 1998.
- Bahillo. A., Cabanillas. P.A, Gayan. L.P., De Diego. L., dan Adanez, J., Co-combustion of coal and biomass in FB boilers : *model validation with experimental results from CFB pilot plant, Energy Agency-Fluidized Bed Conversion*, 2003.
- Hartoyo, A .dan Roliadi H., 1978, “ Percobaan Pembuatan Briket Arang dari Lima Jenis Kayu ”, Laporan Penelitian hasil Hutan, Bogor.
- Levenspiel, O., “*Chemical Reaction Engineering*”, John Wiley & Sons, 2nd Edition, Singapore 1972.
- Pengmei Lv, Chang, J., Wang, T., dan Wu, C. A *Kinetic Study on Biomass Fast Catalytic Pyrolysis. Energy & Fuels* 2004, vol 18 hal. 1865 - 1869.
- Saptoadi, H., *The best composition of coalbiomass briquettes, A two day Collaboration Workshop on Energy, Enviromental, and New Trend in Mechanical Engineering*, Department of Mechanical Engineering Brawijaya University_ Keio University, 2004.
- Syamsiro, M. dan Harwin Saptoadi, 2007,“Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao : Pengaruh Temperatur Udara Preheat ”. Seminar Nasional Teknologi 2007 (SNT 2007) Yogyakarta.

PEDOMAN PENULISAN

Lingkup Jurnal. Tulisan yang dapat dimuat adalah yang mengkaji masalah yang berhubungan dengan bidang Teknik Kimia, Teknologi Tekstil, Teknik dan Manajemen Industri, Teknik Informatika, Teknik Elektro serta Teknik Mesin.

Jenis Makalah. Tulisan yang ditampilkan dapat berupa laporan penelitian ataupun makalah ilmiah bukan penelitian seperti laporan studi kasus atau kajian pustaka komprehensif. Laporan penelitian minimal memuat bagian abstrak, pendahuluan (latar belakang, tujuan, hipotesis, konsep-konsep kunci), metodologi penelitian, hasil penelitian dan pembahasan, kesimpulan, serta daftar pustaka. Makalah ilmiah bukan penelitian minimal memuat bagian abstrak, pendahuluan, pembahasan, kesimpulan, dan daftar pustaka.

Panjang tulisan. Panjang tulisan berkisar antara 8-12 halaman berukuran A4 spasi tunggal termasuk tabel dan gambar serta lampiran. Tulisan dapat dikirimkan melalui e-mail ke teknoin@fti.uui.ac.id.

Abstrak. Panjang abstrak maksimum 200 kata dengan disertai dengan 3-5 kata kunci pada bagian akhir abstrak. Untuk tulisan dalam bahasa Indonesia abstrak dibuat dalam bahasa Inggris, dan sebaliknya. Abstrak tidak bersifat matematis dan memuat masalah penelitian, metodologi, hasil, dan kesimpulan.

Tabel dan Gambar. Tabel dan gambar harus diberi nomor dan judul, serta harus diacu dalam tulisan.

Persamaan. Persamaan matematika diberi nomor urut dalam kurun, (x), dengan dituliskan rata kanan.

Kutipan. Cara penulisan sumber kutipan adalah dengan format (nama, tahun) pada akhir

kutipan. Sumber kutipan yang ditulis oleh 2 orang menggunakan format (nama1 dan nama2, tahun), sedangkan yang ditulis oleh 3 orang dan lebih menggunakan format (nama1 dkk., tahun) atau (nama1 et. al., tahun).

Daftar Pustaka. Daftar pustaka diurutkan berdasarkan nama pengarang dan hanya memuat pustaka yang dikutip dalam tulisan. Nama pengarang dituliskan tanpa gelar, serta nama depan dan tengah, jika ada, disingkat. Beberapa contoh penulisan daftar pustaka.

Buku

Elsayed, E.A., dan Boucher, T.O. (1994) *Analysis and Control of Production System*. Prentice Hall, New Jersey.

Buku yang ditulis oleh lembaga

Modern Language Association (1984) *MLA Handbook of Writers of Research Papers, Theses and Dissertations*. Modern Language Association, New York.

Buku suntingan

Mammone, R.J., ed. (1993) *Artificial Neural Network for Speech and Vision*. Chapman and Hall, London.

Bagian dari buku suntingan dengan penulis berbeda

Girosi F. dan Ilotti, G.A. (1993) Rates of Convergence for Radial Basis Functions and Neural Network, dalam Mammone, R.J., ed., *Artificial Neural Network for Speech and Vision*. Chapman and Hall, London, 97-114.

Artikel Jurnal

Chen, S., Cowan, C.F.N., dan Grant, P.M. (1991) Orthogonal Least Squares Learning Algorithm for Radial Basis Function Network. *IEEE Transaction on Neural Network*. Vol.2. No.3. Pp:302-309.

ISSN 0853-8697



9 770853 869710