

RANCANG BANGUN ALAT PENGGILING BATU KAPUR MENGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY

Bambang Yuwono¹, Renny Rakhmawati², Hendik Eko Hadi S.³

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Industri

² Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

³ Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – ITS

Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

e-mail: bayou.true@gmail.com

Abstrak

Dalam perkembangan teknologi yang semakin maju, motor induksi dapat digunakan di berbagai industri, termasuk dalam proses penggilingan batu kapur. Dalam skala kecil, motor induksi yang digunakan adalah motor induksi satu fasa. Untuk mengoptimalkan kerja dari motor induksi pada proses penggilingan batu kapur, dapat digunakan metode kontrol logika fuzzy untuk mengatur kecepatan motor yang digunakan untuk menggerakkan mesin penggiling. Dimana kontrol logika fuzzy yang digunakan bertujuan untuk mengatur kecepatan motor sesuai dengan beban yang ada pada motor. Pada pengontrolan kecepatan motor induksi satu fasa, digunakan inverter untuk mengatur frekwensi pada beban sementara tegangan keluaran tetap dijaga konstan sebesar 220 Volt. Untuk frekwensi motor sebesar 50 Hz, putaran motor yang dicapai mendekati maksimum. Dengan pengaturan ini bila terjadi pembebanan, kecepatan motor induksi akan turun. Kontrol logika fuzzy akan menyesuaikan kecepatan pada saat motor terbebani untuk lebih cepat atau lebih lambat sesuai dengan kecepatan nominal pada set point kecepatan awal.

Kata kunci: sensor level, kontrol fuzzy, motor ac, konveyor

1. Pendahuluan

Pada perkembangan teknologi di zaman sekarang ini berjalan dengan sangat cepat. Berbagai macam karya teknologi diciptakan untuk memudahkan manusia dalam menjalankan segala macam bentuk aktivitas sehari-hari. Di Indonesia, khususnya di Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur, yang merupakan daerah penghasil batu kapur, masih banyak dijumpai orang yang bekerja sebagai penghancur batu kapur secara tradisional, yakni setelah proses pembakaran batu kapur, kemudian memberi air pada batu kapur tersebut. Hal ini menjadi wajar jika pada daerah itu tersedia sumber air yang mencukupi. Yang menjadi masalah adalah bagaimana jika persediaan air pada daerah, yang biasanya adalah bukit-bukit, itu menipis. Ini sering terjadi ketika musim kemarau tiba. Sementara para pekerja tidak memiliki alat penggiling yang memadai untuk skala kecil. Berdasarkan alasan itulah, untuk mengatasi keterbatasan diatas, diperlukan adanya alat penggiling batu kapur otomatis. Alat ini diharapkan mampu menghasilkan serpihan batu kapur yang hasilnya sama halusya dengan metode konvensional.

1.1 Tujuan

Proyek ini bertujuan untuk membuat suatu alat penggiling otomatis pada batu kapur yang dapat menggantikan proses penghancuran batu kapur secara tradisional.

1.2. Pustaka Pendukung

Dalam studi pustaka kali ini penulis menggunakan referensi berupa buku-buku, informasi wacana serta diskusi di internet yang digunakan untuk pengumpulan data, informasi, gambar-gambar sehubungan dengan permasalahan yang berkaitan dengan mesin penggiling dan sistem kontrolnya yang bisa dijadikan acuan untuk bagian-bagian tertentu dari tugas akhir ini. Sebagian dari referensi tersebut diantaranya “Simulasi Mesin Penggiling Singkong Menggunakan Motor Stepper dan Mikrokontroler 89C51 Dengan Kendali Program Pascal 7 dan Macro Assembler 8051” dan “Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 1 Fasa Dengan Menggunakan Kontrol PI Fuzzy Untuk Beban Pembersih Kecambah”.

2. Dasar Teori dan Perancangan Sistem

2.1 Mikrokontroler AVR ATmega 16

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur *RISC* (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt internal* dan *eksternal*,

serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*, ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI.

ATMega16.

ATMega16 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz membuat disainer sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses. Beberapa keistimewaan dari AVR ATMega16 antara lain:

1. Advanced RISC Architecture

- 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution

- 32 x 8 General Purpose Fully Static Operation

- Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz

- On-chip 2-cycle Multiplier

2. Nonvolatile Program and Data Memories

- 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash

- Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits

- 512 Bytes EEPROM

- 512 Bytes Internal SRAM

- Programming Lock for Software Security

3. Peripheral Features

- Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Mode

- Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes

- One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode

- Real Time Counter with Separate Oscillator

- Four PWM Channels

- 8-channel, 10-bit ADC

- Byte-oriented Two-wire Serial Interface

- Programmable Serial USART

4. Special Microcontroller Features

- Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection

- Internal Calibrated RC Oscillator

- External and Internal Interrupt Sources

- Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Powerdown, Standby and Extended Standby

5. I/O and Package

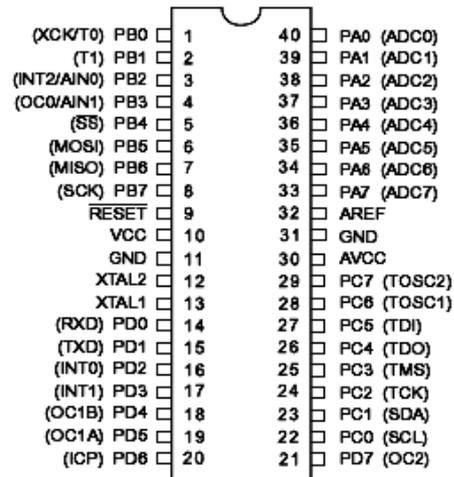
- 32 Programmable I/O Lines

- 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad MLF

6. Operating Voltages

- 2.7 - 5.5V for Atmega16L

- 4.5 - 5.5V for Atmega16



Gambar1. Pin-pin ATMega16 kemasan 40 pin. Pin-pin pada ATMega16 dengan kemasan 40-pin DIP (*dual inline package*) ditunjukkan oleh gambar 1. Guna memaksimalkan performa, AVR menggunakan arsitektur *Harvard* (dengan memori dan bus terpisah untuk program dan data).

Port sebagai input/output digital

ATMega16 mempunyai empat buah port yang bernama *PortA*, *PortB*, *PortC*, dan *PortD*. Keempat port tersebut merupakan jalur *bidirectional* dengan pilihan *internal pull-up*. Tiap port mempunyai tiga buah register bit, yaitu *DDxn*, *PORTxn*, dan *PINxn*. Huruf 'x' mewakili nama huruf dari port sedangkan huruf 'n' mewakili nomor bit. Bit *DDxn* terdapat pada I/O address *DDRx*, bit *PORTxn* terdapat pada I/O address *PORTx*, dan bit *PINxn* terdapat pada I/O address *PINx*.

Bit *DDxn* dalam register *DDRx* (*Data Direction Register*) menentukan arah pin. Bila *DDxn* diset 1 maka *Px* berfungsi sebagai pin output. Bila *DDxn* diset 0 maka *Px* berfungsi sebagai pin input. Bila *PORTxn* diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin input, maka resistor *pull-up* akan diaktifkan. Untuk mematikan resistor *pull-up*, *PORTxn* harus diset 0 atau pin dikonfigurasi sebagai pin output. Pin port adalah *tri-state* setelah kondisi reset. Bila *PORTxn* diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 1. Dan bila *PORTxn* diset 0 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 0. Saat mengubah kondisi port dari kondisi *tri-state* (*DDxn=0*, *PORTxn=0*) ke kondisi *output high* (*DDxn=1*, *PORTxn=1*) maka harus ada kondisi peralihan apakah itu kondisi *pull-up enabled* (*DDxn=0*, *PORTxn=1*) atau kondisi *output low* (*DDxn=1*, *PORTxn=0*). Biasanya, kondisi *pull-up enabled* dapat diterima sepenuhnya, selama lingkungan impedansi tinggi tidak memperhatikan perbedaan antara sebuah *strong high driver* dengan sebuah *pull-up*. Jika

ini bukan suatu masalah, maka bit PUD pada register SFIOR dapat diset 1 untuk mematikan semua *pull-up* dalam semua port. Peralihan dari kondisi *input dengan pull-up* ke kondisi *output low* juga menimbulkan masalah yang sama. Kita harus menggunakan kondisi *tri-state* (DDxn=0, PORTxn=0) atau kondisi output high (DDxn=1, PORTxn=0) sebagai kondisi transisi.

Tabel 1 Konfigurasi pin port

DDxn	PORTxn	PUD (In SFIOR)	I/O	Pull-up	Comment
0	0	X	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
0	1	0	Input	Yes	Pxn will source current if ext. pulled low.
0	1	1	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
1	0	X	Output	No	Output Low (Sink)
1	1	X	Output	No	Output High (Source)

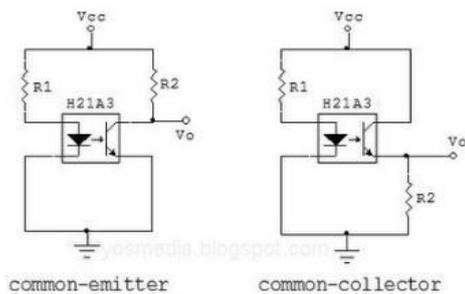
Bit 2 – PUD : *Pull-up Disable*

Bila bit diset bernilai 1 maka *pull-up* pada port I/O akan dimatikan

walaupun *register* DDxn dan PORTxn dikonfigurasi untuk menyalakan *pull-up* (DDxn=0, PORTxn=1).

2.2 Sensor Kecepatan

Sensor kecepatan digunakan untuk mensensing kecepatan putar yang dihasilkan oleh motor pada penggiling dengan spesifikasi motor 220 Volt 125 Watt. Untuk dapat membuat pendeteksi kecepatan putaran motor pada exhaust dipergunakan photo-interrupter seri OPB 848.



Gambar 3.10 Rangkaian Sederhana Pendeteksi Kecepatan Putar Motor

Dalam perancangan sensing kecepatan yang digunakan menggunakan common-collector. Untuk menentukan nilai resistansi dari R1 dan R2 berdasarkan pada perhitungan seperti berikut:

1. Transmitter

Bagian transmitter photo-interrupter terbuat dari sebuah LED infra merah (IR LED) yang mempunyai rating $V_f=1,7V$ dan $I_f=20mA$ (berdasar datasheet OPB 848).

Sehingga dibutuhkan hambatan input (R_{in}) sebesar:

$$R1 = Rin \geq \frac{V_{cc} - V_f}{I_f} = \frac{5 - 1,7}{20mA} \geq 165\Omega$$

Nilai resistansi yang digunakan disesuaikan dengan nilai yang ada di pasaran yaitu 180 Ω .

2. Receiver

Bagian receiver photo-interrupter terbuat dari phototransistor dengan rating $V_{ce(sat)} = 0,4V$ dan $I_{c(on)}=1mA$ (berdasar datasheet OPB 848).

$$R2 = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{I_{c(on)}} = \frac{5 - 0,4}{1mA} = 4,6k\Omega$$

Gambar berikut merupakan rangkaian perangkat keras dari sensor kecepatan putar motor menggunakan optocoupler U seri OPB 848.



Gambar 3.11 Rangkaian Optocoupler U seri OPB 848

2.3 Motor AC

Motor yang digunakan untuk konveyor feeder adalah motor AC satu fasa dengan kapasitas 125 Watt dan sebagai penggerak mesin penggiling adalah motor AC satu fasa dengan kapasitas 350 Watt.

2.4 Inverter

Konverter DC ke AC dinamakan inverter. Fungsi sebuah inverter adalah mengubah tegangan *input* DC menjadi tegangan *output* AC. Tegangan outputnya bisa tertentu dan bisa pula diubah-ubah dengan frekuensi tertentu atau frekuensi yang diubah-ubah. Tegangan output variabel didapat dengan mengubah-ubah tegangan input DC dan agar gain inverter konstan. Disisi lain, apabila tegangan input DC adalah tertentu dan tidak bisa diubah-ubah, bisa didapatkan tegangan output yang variabel dengan mengubah-ubah gain dari inverter, yang biasanya dilakukan

dengan kontrol PWM didalam inverter. Gain inverter didefinisikan sebagai rasio tegangan output AC terhadap tegangan input DC. Inverter yang digunakan dalam metode ini adalah full bridge inverter satu fasa. Full Bridge inverter ditunjukkan pada gambar 2. Inverter ini terdiri dari 2 pasang inverter tipe half bridge dan lebih banyak digunakan untuk rating daya besar. Dengan tegangan input dc yang sama, tegangan output maksimum menjadi dua kali dari half bridge inverter.

Gambar 2. Rangkaian Full bridge Inverter satu fasa

Tegangan keluaran rms bisa didapatkan dari :

$$V_0 = \left[\frac{2}{T_0} \int_0^{T_0/2} V_s^2 dt \right]^{1/2} = V_s \dots \dots \dots 2.4.1$$

Dari persamaan (2.4.1) dapat dikembangkan untuk menyatakan tegangan keluaran sesaat dalam deret Fourier sebagai :

$$v_o = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4V_s}{n\pi} \sin n\omega t \dots \dots \dots 2.4.2$$

dan untuk n =1, persamaan (2.4) memberikan nilai rms komponen fundamental sebagai :

$$V_1 = \frac{4V_s}{n\sqrt{2}} = 0,9 V_s \dots \dots \dots 2.4.3$$

Persamaan arus beban sesaat i_o untuk beban RL adalah

$$i_o = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4V_s}{n\pi \sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}} \sin(n\omega t - \theta_n) \dots \dots \dots 2.4.4$$

Dimana

$$\theta_n = \tan^{-1}(n\omega L / R) \dots \dots \dots 2.4.5$$

Dan pada proyek ini desain inverter yang digunakan adalah :

-Daya Output Inverter : 125 Watt

-Arus Output : $\frac{P_{out}}{V_{out}} = \frac{125}{220} = 0,568 A$

-Effisiensi(dianggap 75%)

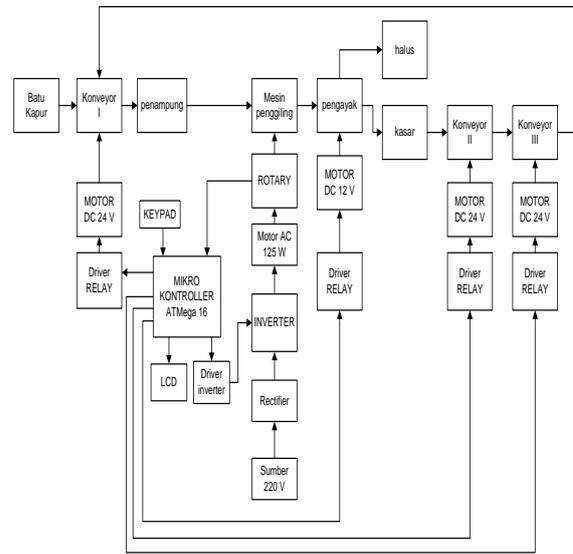
- o $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$
- o $0,75 = \frac{125}{P_{in}}$
- o $P_{in} = 166,67 \text{ Watt}$

-Arus Input

o $I_{in} = \frac{P_{in}}{V_{in}} = \frac{166,67}{220} = 0,75 A$

-R = $\frac{V}{I} = \frac{220}{0,568} = 387,32 \Omega \approx 390 \Omega$

2.5. Blok Diagram Sistem



2.6 Fuzzy Logic Controller

Merupakan logical system yang mengikuti cara penalaran manusia yang cenderung menggunakan ‘pendekatan’ dan bukan ‘eksak’. Sebuah pendekatan terhadap ketidakpastian yang mengkombinasikan nilai real [0 - 1] dan operasi logika.

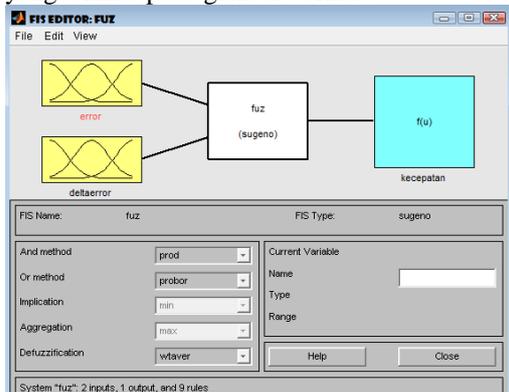
Dalam control fuzzy, dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu:

- Fuzzification : merupakan suatu proses untuk mengubah suatu peubah masukan dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi peubah fuzzy (*variable linguistik*) yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaannya masing-masing.
- Inference: merupakan peroses penalaran menggunakan fuzzy input dan fuzzy rules yang telah ditentukan sehingga menghasilkan fuzzy output.
- Defuzzifikasi merupakan proses pengubahan besaran fuzzy yang disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan fuzzy keluaran dengan fungsi keanggotaannya untuk mendapatkan kembali bentuk tegasnya.
- Parameter input terdiri dari perubahan temperature terhadap waktu dan perubahan tegangan terhadap waktu
- Sedangkan parameter output berupa besar duty cycle ratio.

3. Pembahasan

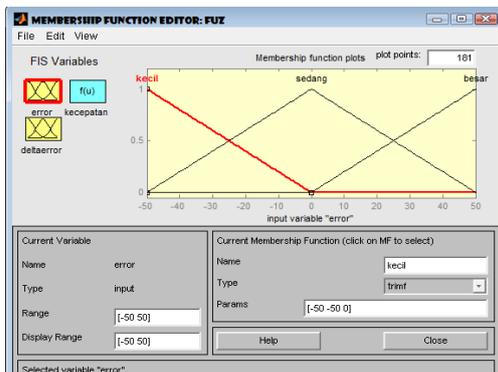
Berikut adalah hasil simulasi pengontrolan motor AC menggunakan fuzzy logic controller dengan menggunakan sensor kecepatan :

input dari logika fuzzy yang digunakan adalah input error dan delta error. Metode yang digunakan pada logika fuzzy ini adalah menggunakan metode Sugeno seperti yang terlihat pada gambar berikut:



Input Logika Fuzzy

Berikut merupakan data input dari error kecepatan yang dibagi menjadi 3 golongan atau range yaitu error kecil, error sedang, error besar. Error kecil berkisar antara [-50 -50 0] rpm, error sedang memiliki range antara [-50 0 50] rpm, sedangkan error besar berkisar antara [0 50 50] rpm, seperti yang terlihat pada Gambar



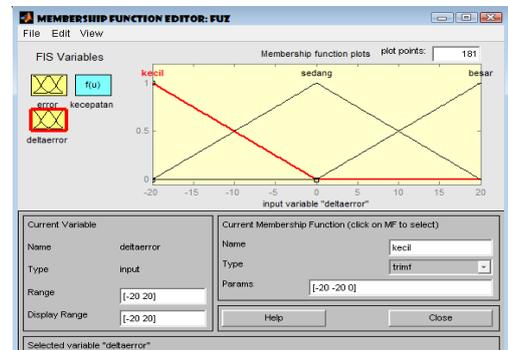
Gambar Data Input Error

Sedangkan untuk data input delta error terbagi menjadi tiga golongan atau range yaitu kecil, sedang dan besar. Dalam logika ini, range keseluruhan intensitas delta error dibatasi dari range -20 - 20 rpm. Klasifikasi range seperti pada data di bawah ini:

- Range kecil
=[-20 20 - 0] rpm
- Range sedang
=[-50 0 50] rpm

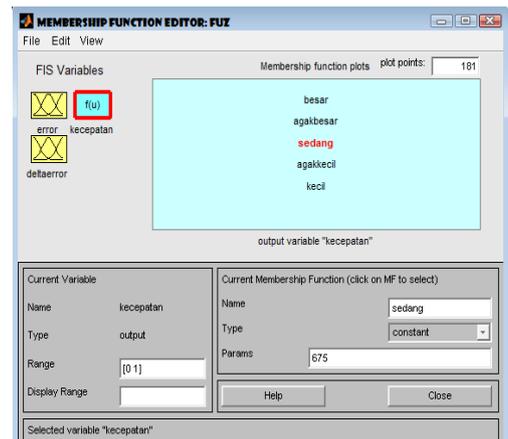
- Range besar
=[0 50 50] rpm

Data simulasi seperti ditampilkan pada Gambar 3.18 berikut:

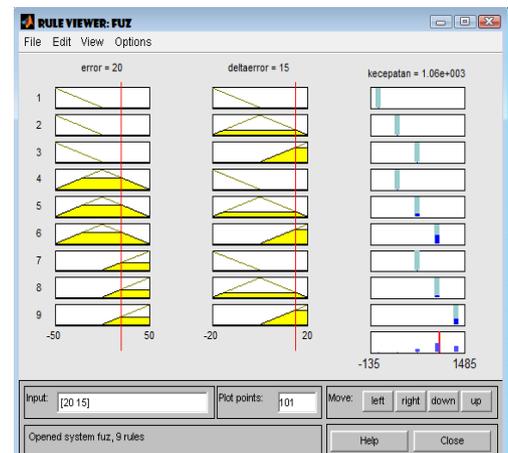


Gambar 3.18 Data Input Delta error

Dari dua input error dan delta error yang telah dimasukkan ke dalam logika fuzzy, dapat dilihat output dari kecepatan motor yang nantinya akan menjadi output dari system seperti pada Gambar dibawah



Data Output Kecepatan Motor



Rule Viewer Sistem

4. Kesimpulan

1. Integrasi sistem dapat berjalan cukup baik namun output tegangan dari inverter masih berada pada range sekitar 290 Volt dan belum mampu diturunkan menjadi 220 Volt sesuai dengan spesifikasi tegangan yang dibutuhkan motor.
2. Dengan melakukan pengaturan frekwensi variabel, output kecepatan motor dapat diatur sesuai dengan nilai frekwensi. Semakin besar nilai frekwensi yang di inputkan, maka kecepatan motor akan semakin besar.

5. Daftar Pustaka

- [1] Harsapranata, Agni Isador, *Simulasi Mesin Penggiling Singkong Menggunakan Motor Stepper dan Mikrokontroler 89C51 Dengan Kendali Program Pascal 7 dan Macro Assembler 8051*, Semarang, Universitas Abadi Kaya Indonesia.
- [2] Jacob, J. M, *Industrial Control Electronics*, Prentice Hall International, 1989
- [3] Rashid, M H, *Power Electronics: Circuits, Devices and Applications*, Prentice Hall International, 1993
- [4] Simpson. C. D, *Industrial Electronics.*, Prentice Hall International, 1996.