

DESAIN SISTEM CONTROL OTOMATIS MOTOR AC MESIN COORUGATOR BERBASIS FUZZY LOGIC

Sumiati¹, Muhamad Uu Sutisna²

Program Studi Teknik Informatika - Universitas Serang Raya

¹sumiati82@yahoo.com, ²muusutisna@gmail.com

Abstrak – PT. INDAH KIAT PULP & PAPER Tbk, Serang Mill. Adalah suatu perusahaan terbesar se-Asia dalam produksi kertas, dimana perusahaan ini memproduksi kertas yang benar-bener berkualitas dan berdaya saing tinggi, dimana banyak produksi kertasnya menggunakan mesin-mesin yang berdaya teknologi, Oleh karena itu penulis menciptakan suatu hal-hal yang baru untuk memanfaatkan alat-alat yang sudah tidak terpakai (bekas) untuk dimanfaatkan sebagai barang yang bisa dimanfaatkan, disini penulis mendesain suatu control otomatis untuk motor AC dimesin *coorugator* berbasis *fuzzy logic*, dimana main motor AC *coorugator* ini *running* dalam 24 jam non stop berproduksi. Oleh karena itu agar motor ini tercontrol dengan baik maka diperlukan suatu alat untuk memonitoring temperatur motor AC yaitu *Microcontroler TZN4S Fuzzy Logic*, karena selama ini motor sering *overheat* temperatur dan life timnya motor, mungkin sangat mengganggu sekali dalam berproduksi mesin jika mesin sering stop akibatnya kerugian besar dalam produksi kertas diperusahaan. Dengan tercontrolnya motor AC oleh alat temperatur ini menggunakan sistem *fuzzy logic* maka dapat dicontrol dalam kecepatan dan voltase mesin *coorugator* dan juga operator produksi dapat mengetahui suhu temperatur motor AC mesin *coorugator*.

Kata Kunci : Desain Sistem, *Mikrocontroler TZN4S Fuzzy Logic*, Motor AC.

I. PENDAHULUAN

Dengan melihat beberapa ulasan di atas maka pada penyusun Tugas Akhir ini mengambil judul “**Desain Sistem Control Otomatis Motor Ac Mesin Coorugator Berbasis Fuzzy Logic.**”, dimana alasan menggunakan *logik fuzzy* sebagai metode pengendalian sistem karena metode *fuzzy* cukup efisien dalam memilah data menjadi beberapa kategori yang diinginkan. Dan *fuzzy logic* juga sangat ampuh untuk membuat sebuah keputusan (*decision*) yang nantinya juga akan ditanamkan pada sistem pengendali ini. Sedangkan *LogikaFuzzy* mampu memberikan nilai secara kontinu antara 0 sampai dengan 1.

1. Oleh karena itu ada beberapa alasan yang mendasari dalam penyusunan menggunakan *logika fuzzy*, Yaitu
2. Konsep *logika fuzzy* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti
3. *LogikaFuzzy* sangat fleksibel
4. *LogikaFuzzy* memiliki toleransi terhadap data - data yang tidak tepat
5. *LogikaFuzzy* mampu memodelkan fungsi fungsi sin

onlinier yang sangat kompleks

6. *Logika Fuzzy* dapat bekerja sama dengan teknik – teknik kendali secara konvensional
7. *Logika Fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.
8. *Logika Fuzzy* dapat diterapkan pada sebuah perangkat keras untuk mengambil keputusan saat suatu proses sedang berlangsung. *Logika fuzzy* dapat menghasilkan proses yang beroperasi secara otomatis dan memiliki efektifitas yang mendekati dengan kontrol yang dilakukan oleh manusia secara manual. Lalu terdapat juga Jaringan Saraf Tiruan. Sebuah perangkat yang menggunakan Jaringan Saraf Tiruan akan mempunyai kemampuan berfikir seperti otak manusia.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu persiapan, pengumpulan data, analisis data, perancangan. Langkah – langkah dalam Metode pengumpulan data dan informasi yang berhubungan dengan penelitian ini adalah: observasi, studi pustaka, Pembuatan Plant Simulasi, pengujian dan Analisa. Dalam Metode Analisis Data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif dengan melakukan perbandingan terhadap tingkat akurasi dan ketelitian hasil yang diperoleh dengan berdasarkan Fuzzy Inference Systems dengan metode Mamdani. Metode Pengembangan Sistem yang dilakukan dalam penelitian ini adalah Analisis, Perancangan, Pengkodean dan Uji coba.

III. DASAR TEORI

3.1 Tinjauan Pustaka

I Putu Sutawinaya, 2013 “Pengembangan Model Fuzzy Mamdani Untuk Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Metode *Kontrol Field Oriented*”. Pada tulisan ini dikembangkan suatu *control fuzzy logic* model mamdani pada sistem pengendalian motor induksi tiga fasa menggunakan metode field oriented control sebagai pengendali arus torsi. Harapannya, motor induksi bekerja seperti mesin DC penguat terpisah, torsi dan fluksi dikontrol secara terpisah dengan membuat sistem pengendalian ini disimulasikan menggunakan perangkat lunak *Matlab/ Simulink*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan metode *fuzzy logic* mamdani ini, lonjakan dan waktu pemulihan pencapaian setpoint relative kecil.

3.2 Fuzzy Logic

Salah satu komponen pembentuk kajian *soft computing* adalah logika fuzzy yang diperkenalkan pertama kali pada tahun 1965 oleh Lotfi A. Zadeh. Logika fuzzy digunakan sebagai suatu cara memetakan

permasalahan dari input menuju ke output yang diharapkan. Peranan derajat keanggotaan merupakan hal terpenting dalam sebuah himpunan fuzzy untuk menentukan keberadaan elemen tertentu [13],[14].

Beberapa operasi dasar yang paling sering digunakan untuk mengkombinasikan dan memodifikasi himpunan fuzzy adalah, operasi gabungan (*union*), operasi irisan (*Intersection*) dan operator komplemen (*Complement*). Cara kerja fuzzy logic meliputi beberapa tahapan sebagai berikut (lihat gambar 1) [15]:

- 1) Proses fuzzyfikasi
- 2) Pembentukan basis pengetahuan Fuzzy (Rule dalam bentuk IF ... THEN)
- 3) Mesin inferensi (fungsi implikasi Max-Min atau *Dot-Product*)
- 4) Defuzzyfikasi, yang bisa dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya adalah

- a. Metode rata-rata (*Average*)

$$z^* = \frac{\sum \mu_i z_i}{\sum \mu_i}$$

- b. Metode titik tengah (*Center of Area*)

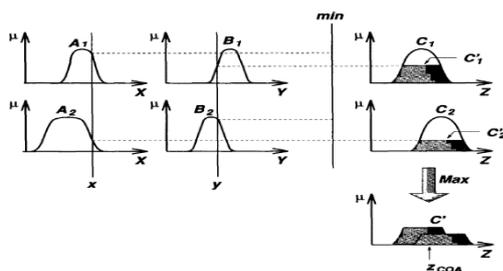
$$z^* = \frac{\int \mu(z)zdz}{\int \mu(z)zdz}$$



Gambar 1. Struktur sistem inferensi fuzzy

3.2.1 Metode mamdani

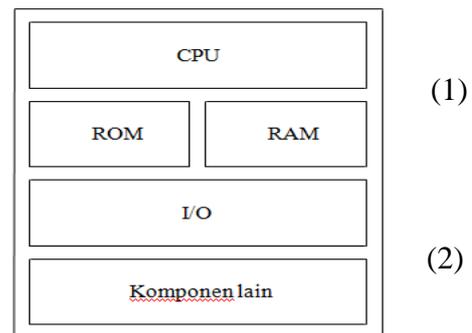
Dalam membangun sebuah sistem fuzzy dikenal beberapa metode penalaran antara lain: metode Tzukumoto Instrument) metode Mamdani dan metode Sugeno. Untuk perancangan sistem untuk menentukan *voltage, speed dan temperatur* menggunakan metode fuzzy mamdani. Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode *Max-Min*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan *output*, diperlukan 4 tahapan : 1. Menentukan Variabel fuzzy atau *Fuzzyfication* 2. Proses implikasi MIN dan MAX 3. Komposisi aturan rulenya 4. Penegasan *defuzzyfication*.



Gambar 2 Aplikasi fungsi Implikasi MIN dan Rule menggunakan fungsi MAX

3.3 Gambaran Microcontroller

Mikrokontroler merupakan suatu IC yang di dalamnya berisi CPU, ROM, RAM, dan I/O. Dengan adanya CPU tersebut maka mikrokontroler dapat melakukan proses berfikir berdasarkan program yang telah diberikan kepadanya. Mikrokontroler banyak terdapat pada peralatan elektronik yang serba otomatis, mesin fax, dan peralatan elektronik lainnya. *Mikrokontroler* dapat disebut pula sebagai komputer yang berukuran kecil yang berdaya rendah sehingga sebuah baterai dapat memberikan daya. *Mikrokontroler* terdiri dari beberapa bagian seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini :



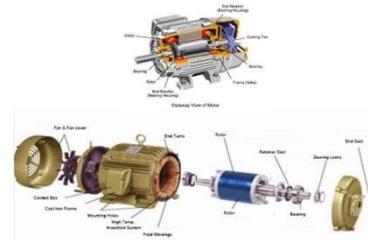
Gambar 3. Susunan Mikrokontroler

3.3.1 Microcontroller TZN4S

TZN4S merupakan salah satu modul temperature controller yang digunakan untuk mengatur panas dari suatu elemen pemanas. Salah satu sensor yang digunakan untuk temperature control yang sama untuk memperbaharui rangkaian ini yaitu menggunakan thermocouple. Namun banyak lagi pada penggunaannya lebih banyak memakai jenis thermocouple tipe-K yang dihubungkan langsung ke body motor AC adapun untuk suhu temperature mencapai 1000 derajat celcius.

3.3.2 Konstruksi Motor AC

Secara umum, motor AC terdiri dari stator, rotor, dan penutup. Stator dan rotor merupakan rangkaian listrik yang akan menghasilkan elektromagnet. Stator adalah bagian yang diam dan secara umum bagian ini terdiri dari kumparan stator dan inti. Kumparan stator merupakan kumpulan lilitan kawat penghantar yang terisolasi dan dimasukkan ke dalam inti stator.



Gambar 4 Komponen Motor AC

3.3.3 Visual Basic 6

Visual Basic adalah sebuah bahasa pemrograman komputer untuk menghasilkan satu aplikasi program-program berbasis windows. Visual Basic 6 juga merupakan suatu bahasa pemrograman OOP, yaitu pemrograman yang berorientasi pada objek, dimana Visual Basic menyediakan objek-objek yang berguna dan mudah dipakai.

3.4 ANALISA PERANCANGAN

3.4.1 Analisa Fuzzy

Pengguna Aplikasi Sistem ini Variabel dan Semesta Pembicara Pada proses analisis data, terdapat dua jenis input yang akan di masukan ke dalam sistem yaitu:

a. *Input Fuzzy dan Output Fuzzy*

Terdapat beberapa kriteria dari variabel yang telah di tentukan pada tabel sebagai berikut:

No	Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan	Keterangan
1	Input	Kecepatan	[20 - 100] M/S	Nilai rata - rata untuk katagori kecepatan pada Motor Ac di Mesin Coorugator
		Tegangan	[5 - 50] Voltage	Nilai rata - rata untuk katagori control tegangan Motor Ac
2	Output	Temperature	[25 - 75] ^o Celcius	Nilai rata - rata untuk katagori temperature yang ditentukan

Gambar 1. Semesta Pembicaraan

No	Fungsi	Nama Variabel	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
1	Input	Kecepatan	Lambat	[20 - 100] M/S	[20 - 40]
			Sedang		[20 - 100]
			Cepat		[80 - 100]
		Tegangan	Low	[5 - 50] Voltage	[5 - 20]
			Medium		[5 - 50]
			Hight		[40 - 50]
2	Output	Temperature	Normal	[25 - 75] ^o C	[25 - 40]
			Hangat		[25 - 75]
			Panas		[60 - 75]

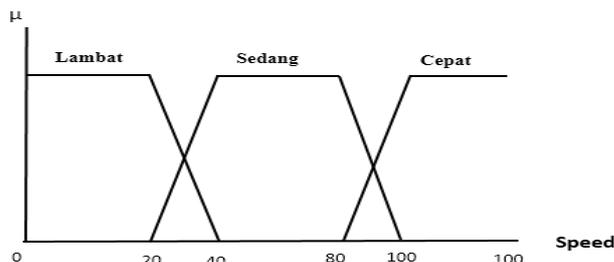
Gambar 2. Himpunan Fuzzy

3.4.2 Fungsi Keanggotaan

Pada sistem ini, setiap variabel fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan trapesium sebagai pendekatan untuk memperoleh derajat keanggotaan suatu nilai dalam himpunan fuzzy. Berikut adalah variabel dengan fungsi keanggotaanya:

1. Variabel Speed

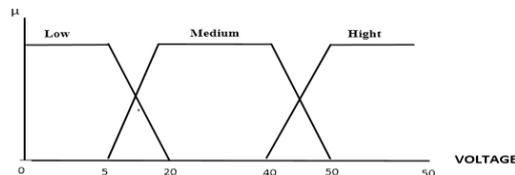
Variabel Speed memiliki tiga himpunan fuzzy, yaitu: LAMBAT, SEDANG dan CEPAT. Grafik variabel Speed dapat dilihat pada Gambar berikut ini



Gambar 3. Grafik Speed

2. Variabel Voltage

Variabel Voltage memiliki tiga himpunan fuzzy diantaranya : LOW, MEDIUM dan HIGHT. Grafik variabel Voltage dapat dilihat pada gambar berikut ini.



3.4.3 Perhitungan Fuzzy

Perhitungan fuzzy dilakukan untuk menentukan hasil pengecekan untuk mendeteksi keadaan motor AC yang sebenarnya, yang dilakukan oleh orang-orang maintenance. Variabel yang telah di tentukan akan dihitung fungsi keanggotaannya.

a. **Variabel Speed : Lambat, Sedang dan Cepat.**

a) $(x - b) / (b - a)$, $a < x \leq b$, dimana $x = 30$; $a = 20$; dan $b = 40$, sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{LAMBAT} &= (30 - 40) / (40 - 20) \\ &= 10 / 20 \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

b) Derajat keanggotaan untuk Sedang dihitung persamaan :

$(x - a) / (a - d)$, $a \leq x \leq d$, dimana $x = 60$; $a = 20$; dan $d = 100$, sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{SEDANG} &= (60 - 20) / (20 - 100) \\ &= 40 / 80 \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

Derajat keanggotaan untuk Sedang dihitung persamaan

$(x - c) / (c - d)$, $c < x \leq d$, dimana $x = 90$; $c = 80$; dan $d = 100$, sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{CEPAT} &= (90 - 80) / (80 - 100) \\ &= 10 / 20 \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

b. **Variabel Voltage**

- c) Dari kasus diatas, dapat diketahui bahwa nilai Voltage berada pada nilai linguistic Low , Medium dan Hight.
- d) Derajat keanggotaan untuk Low dihitung persamaan: $(x - b) / (b - a)$, $a < x \leq b$, dimana $x = 15$; $a = 5$; dan $b = 20$, sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{LOW} &= (15 - 20) / (20 - 5) \\ &= 5 / 1 \\ &= 0,3 \end{aligned}$$

- Derajat keanggotaan untuk Medium dihitung persamaan:

$(x - a) / (a - d)$, $a < x < d$, dimana $x = 35$; $a = 5$; dan $d = 50$, sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{MEDIUM} &= (35 - 5) / (5 - 50) \\ &= 30 / 45 \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

- Derajat keanggotaan untuk Hight dihitung persamaan: $(x - c) / (c - d)$, $c < x \leq d$, dimana $x = 45$; $c = 40$; dan $d = 50$, sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{HIGHT} &= (45 - 40) / (40 - 50) \\ &= 5 / 10 \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

c. Aturan Rule

Dengan aturan fuzzy tersebut didapatkan 9 aturan fuzzy yaitu :

1. IF (Speed is lambat) and Voltage is low then Temperature normal.....(1)
1. IF (Speed is lambat) and Voltage is medium then Temperature normal.....(2)
2. IF (Speed is lambat) and Voltage is hight then Temperature normal.....(3)
3. IF (Speed is sedang) and Voltage is low then Temperature normal.....(4)
4. IF (Speed is sedang) and Voltage is medium then Temperature hangat.....(5)
5. IF (Speed is sedang) and Voltage is hight then Temperature hangat.....(6)
6. IF (Speed is cepat) and Voltage is low then Temperature hangat.....(7)
7. IF (Speed is cepat) and Voltage is medium then Temperature panas.....(8)
8. IF (Speed is cepat) and Voltage is hight then Temperature panas.....(9)

Dengan menggunakan metode inferensi mamdani, diperoleh proses infrensi terhadap aturan tersebut sebagai berikut :

Gunakan aturan *Conjunction* (^) untuk mengambil nilai / derajat keanggotaan **minimum** dari nilai-nilai linguistic yang dihubungkan oleh ^ untuk mencari status normal, sehingga diperoleh.

1. If Speed is Sedang (0,5) AND Voltage is Low (0,3) Then Temperatur normal (0,3)

2. If Speed is Sedang (0,5) AND Voltage is Medium (0,7) Then Temperatur hangat (0,5)
3. If Speed is Cepat (0,5) AND Voltage is Low (0,3) Then Temperature hangat (0,3)
4. If Speed is Cepat (0,5) AND Voltage is Medium (0,7) Then Temperature Panas (0,5)

Dari perhitungan di atas, diperoleh beberapa nilai linguistic dengan nilai derajat keanggotaan yang sama yaitu : **Temperature Normal (0,3), Hangat (0,3) Hangat (0,5) dan Panas (0,5)**

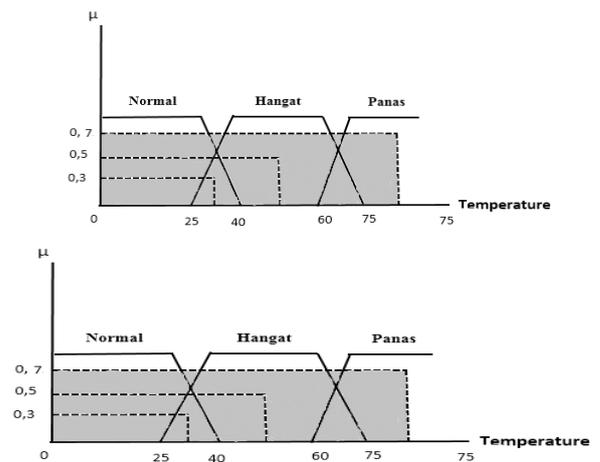
Dan selanjutnya menggunakan aturan *disjunction* (v) untuk menentukan nilai derajat keanggotaan maxsimum dari nilai linguistic yang dihubungkan oleh (v) :

Dari perhitungan di atas, dapat di ketahui bahwa nilai **MAX Panas = (0,7)**

3.4.4 ProsesDefuzzification Model Mamdani

Dengan menggunakan proses *clipping* pada mamdani dapat digambarkan 3 fuzzy set dalam bentuk grafik sesuai dengan derajat keanggotaan sebagai berikut :

Setelah itu, proses *composition* dari 2 *fuzzy* set diatas sehingga menghasilkan fuzzy set tunggal. dari itu titik-titik pada area abu-abu pemilihannya secara acak sehingga akan didapatkan satu titik pusat area (*Center of Area atau Center of Grafity*) inilah titik-titiknya sebagai berikut : 35, 45, ,55 , 65, 70, 75.



Gambar 5. Grafik Output (*temperature*)

Dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$y^* = \frac{\sum y \mu_R(y)}{\sum \mu_R(y)}$$

$$Y^* = \frac{(35 + 45 + 55) \cdot 0,3 + (65 + 70 + 75) \cdot 0,7}{0,3 + 0,3 + 0,3 + 0,7 + 0,7 + 0,7}$$

$$Y^* = \frac{40,5 + 147}{3}$$

$$Y^* = 62,05$$

Jadi dengan menggunakan model mamdani dengan melihat nilai akhir perhitungan MAX, dimana nilai *input speed* dan *voltage* diinputkan dengan nilai MAX maka akan menghasilkan *output* nilai 62.05 berada di *temperature* Panas dengan menyalahnya lampu merah, tandanya

Akan segera dilanjutkan untuk melakukan pengecekan terhadap motor pada saat preventif.

IV. HASIL/IMPLEMENTASI

Setelah dianalisis dan dirancang secara rinci dan teknologi telah diseleksi dan dipilih. Tiba saatnya, sistem untuk diimplementasikan. Tahap implementasi sistem merupakan tahap meletakkan sistem supaya siap untuk dioperasikan.

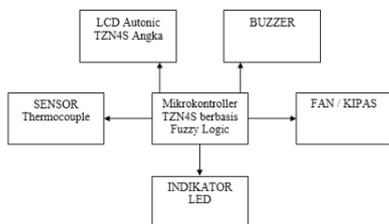
4.1 Instalasi Sistem

A. Konfigurasi SQL 2000

Langkah awal untuk menjalankan aplikasi ini, tentu terlebih dahulu harus membuat server lokal, penulis membuat server lokal dengan menginstalasi SQL 2000 SQL Tools, dan juga Crystal Report.

B. Konfigurasi Aplikasi Temperatur

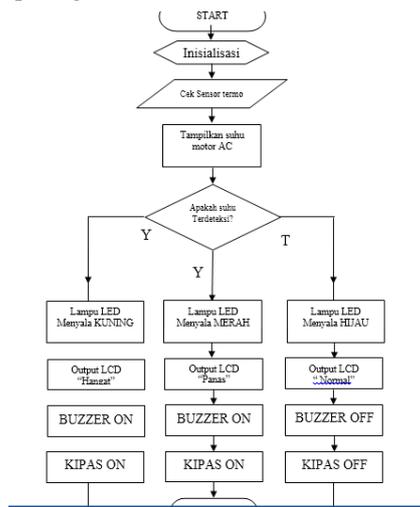
Setelah menginstal semua aplikasi SQL 2000 langkah terakhir adalah mengkonfigurasi sistem.



Gambar 1. Konfigurasi Sistem Temperature

A. Perancangan Sistem

Didalam perancangan sistem ini, penulis menggunakan Flowchart Diagram untuk menggambarkan serangkaian instuksi yang dibuat untuk menggerakkan perangkat. Seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2. Flowchart Temperature

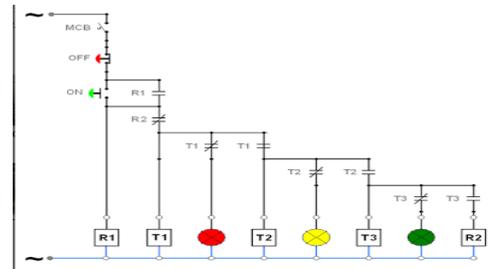
4.2 Instalasi Sistem

Instalasi Desain sistem Control otomatis ini dilakukan dengan memasang beberapa komponen utama maupun pendukung yang dibutuhkan diantaranya database SQL

2000, Crystal Report, Komponen Listrik dan Ms. Visual Basic 6.0 Dalam desain controlnya.

a. Instalasi Microcontroller Hardware

- Langkah awal untuk menjalankan aplikasi ini, tentu terlebih dahulu harus mendesain hardware Controlnya ini gambar dalam pembuatan hardwarenya :Pertama kita buat desain diagram pengawatan instalasinya berikut gambar diagramnya !



Gambar 3. Diagram Pengawatan

- Instalasi hardware pengontrol otomatis temperature untuk Motor AC seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 3. Diagram Penginstalan control

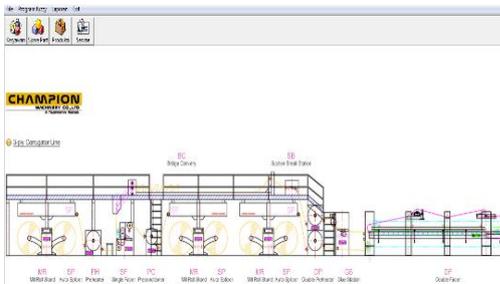
- Selanjutnya Proses percobaan instalasi control otomatis temperature Motor AC, berikut ini gambarnya.



Gambar 3. Pengujian sistem

• Form Menu Utama

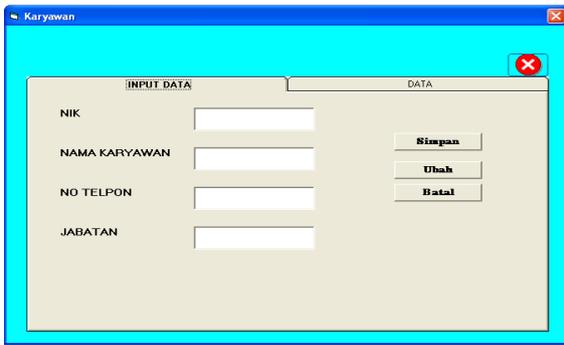
Form Menu Utama berfungsi sebagai induk/parent dari seluruh form yang ada dalam sistem, sehingga user dapat memanggil semua form yang lain di menu utama. Form menu utama ini juga adalah form dimana mesin-mesin produksi.



Gambar 4. Form Menu Utama

• **Form Daftar Karyawan**

Form Data Karyawan merupakan Data untuk mengetahui karyawan Maintenance dan Produksi

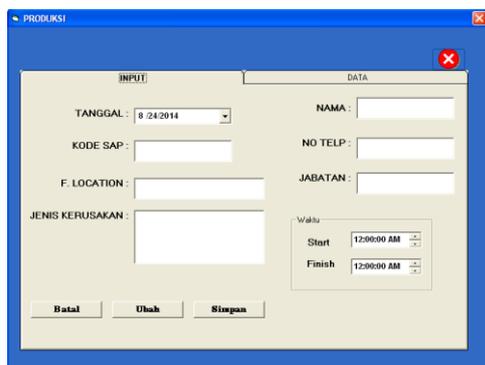


• **Form EntrySpare Part**

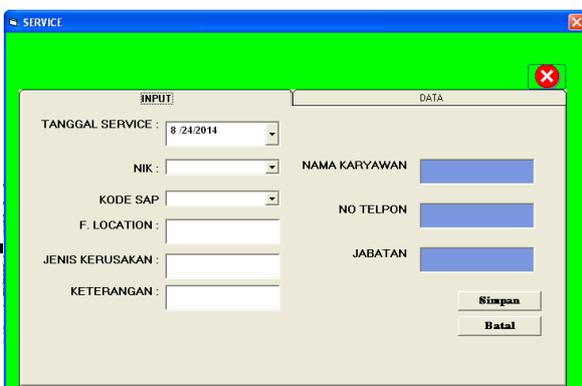
FormEntrySpare Part berfungsi sebagai form inputing data-data Spare Part. Karena form Spare Part ini sangat penting sekali dalam menunjang kelancaran mesin-mesin produksi.



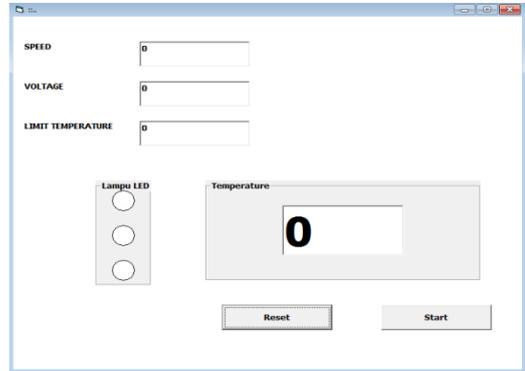
Gambar 6. Form Spare Part



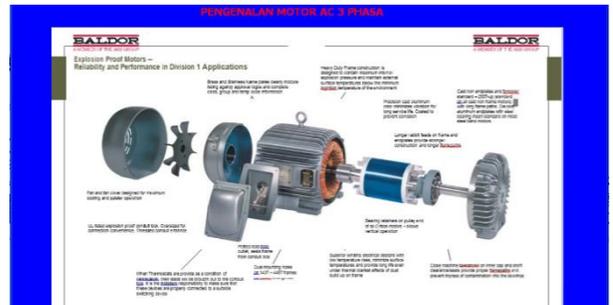
Gambar 7. Form Entry Pengaduan Produksi



Gambar 8. Form Maintenance



Gambar 9. Form Simulasi program



Gambar 10. Konstruksi Motor AC

• **Form Program Fuzzy**

Form Program Fuzzy Logic adalah suatu program dimana program ini dibuat untuk mengetahui seberapa besar temperature yang ditimbulkan terhadap motor AC yang ada pada mesin *coorugator*, perhitung *fuzzy* ini sesuai dengan apa yang penulis teliti yaitu mengontrol input *voltage* dan *speed* dimana control ini terdapat di mesin *coorugator* tersebut. Dengan perhitungan *fuzzy* akan menentukan indikasi yang ditimbulkan yaitu temperature normal, hangat dan panas.



Gambar 16. Program Fuzzy

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Dengan sistem yang telah ditentukan dengan fuzzy logic mamdani maka dari itu ditentukan suatu variabel input dan output untuk mencari derajat keanggotaan atau membership function untuk mengetahui himpunan – himpunannya.
2. Sudah terstandarisasi perusahaan untuk menentukan jumlah limit yang telah ditentukan oleh pihak industryMotor AC tersebut. Maka dari itu dalam penelitian ini supaya dalam mengendalikan motor agar bener-bener terkontrol dan dirawat dengan baik.
3. Pada motor listrik tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik, diluar bodi motor AC pada mesin coorugator telah ditempelkan suatu alat pendetek sensor temperature, sensor akan memberikan sinyal ke control mikrokontroler TZN4S yang sudah dibuat sebelumnya dan akan memunculkan angka temperature yang sesuai temperature motor tersebut.
4. Dengan pengaplikasian Database dan secara terkomputerisasi, supaya mudah dikontrol data-data pengechekan motor Ac

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka penulis mencoba memberikan saran adapun saran yang penulis kemukakan adalah sebagai berikut :

- a. Tidak menutup kemungkinan akan diadakannya pembaharuan secara berkala terhadap aplikasi iniatau melengkapi kelemahan-kelemahan program ini, agar

aplikasi selalu berjalan optimal dan sejalan dengan perkembangan data dan teknologi;

- b. Penulis mengharapkan setelah diimplementasikannya Perancangan control otomatis motor Ac ini akan berdampak positif terhadap kinerja dalam mengontrol / maintenance terhadap mesin , juga kedepannya bisa merencanakan jadwal overhaul motor AC, supaya motor AC dapat bekerja dengan optimal pada saat produksi.karena bisa meningkatkan produksi tinggi di perusahaan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Adi Kurniadi, “Pemrograman Microsoft Visual Basic 6”, Elex Media Komputindo, Jakarta.
2. Bambang Widodo, “Simulasi Pengendalian P.I.D. Fuzzy Pada item pengaturan Kecepatan Motor Arus Searah” Jakarta 2011
3. Basu, Srismrita.,2012, *Realization of FuzzyLogic Temperature Controller*,International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineerin.
4. ERA PURWANTO. “PENGEMBANGAN ALAT PEMUTAR BALL MILL MENGGUNAKAN SISTEM CONTROL LOGIKA FUZZY”. SURABAYA 2014
5. I Putu Sutawinaya,“Pengembangan Model Fuzzy Mamdani Untuk Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa Berbasis Metode *Kontrol Field Oriented*”. Bali 2013
6. Kusumadewi, Sri dan Purnomo. “Aplikasi Logika fuzzy Untuk Pendukung Keputusan”, Graha Ilmu, Yogyakarta,.
7. Muhamad Ridwan. “Detektor kebocoran gas lpg berbasis *mikrokontroler ATMEGA 8535*”. Banten 2011