

Sistem Cerdas Variabel Motor Pendingin Pelumasan Mesin Menggunakan Metode *Fuzzy* dan Kontrol Arduino

1st Bagus Priambada
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia
if16.baguspriambada@mhs.ubpkarawang.ac.id

2nd Sutan Faisal
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia
Sutan.faisal @ubpkarawang.ac.id

3rd Adi Rizky Pratama
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia
Adi.rizky@ubpkarawang.ac.id

Abstract— Kebutuhan akan nilai produktivitas mesin yang tinggi pun menjadi sebuah tuntutan perusahaan. PERUM PERURI sebagai satu-satunya industri percetakan uang dan kertas berharga di Indonesia. Adakalanya setiap mesin tidak dalam performansi yang ideal dalam artian mesin pada kondisi rusak. Dari data *historis* pada *Departemen Maintenance* Uang Logam Januari-desember tahun 2018, frekuensi *downtime* terbesar terjadi pada Cetak Uang Logam. Pada proses cetak uang logam sering terjadi *downtime* terbesar pada mesin CC 71420-00-010. Masalah tersebut terjadi dikarenakan buruknya sistem pendingin pelumasan (*cooling lubrication system*) yang terpasang pada mesin sehingga mengakibatkan temperature oli terlalu tinggi/panas. Berdasarkan permasalahan tersebut penulis melakukan perbaikan kondisi dengan membuat sistem pelumasan mesin dengan menggunakan fuzzy logic berbasis Arduino UNO. Permasalahan *oil lubrication machine* pada mesin tahun 2020 berkurang menjadi *zero defect* dari sebelumnya pada tahun 2019 sebesar 15 kali dengan *breakdown time* 28 jam. Kerusakan pada mesin tahun 2020 berkurang 76,67% dari 30 kali menjadi 7 kali dan *breakdown time machine* berkurang 87,90% dari 31 jam menjadi 3,75 jam dari sebelumnya pada tahun 2019.

Kata kunci — Produktivitas, performansi, *downtime*, *cooling lubrication system*, *fuzzy logic*, Arduino UNO.

I. PENDAHULUAN

Didalam suatu perusahaan, kemampuan produktifitas sangat mempengaruhi laba/rugi perusahaan. Sehingga perusahaan mencari solusi cara untuk menghasilkan atau meningkatkan hasil produk setinggi mungkin dengan cara memanfaatkan sumber daya seefisien mungkin pada proses produksinya. PERUM PERURI atau Perusahaan Umum Percetakan Uang Republik Indonesia adalah badan usaha milik negara (BUMN) yang bertugas untuk memproduksi uang rupiah. Selain itu PERUM PERURI, juga mencetak produk sekuriti lainnya, termasuk mencetak kertas berharga non uang dan logam non uang.

Dalam proses produksi pencetakan uang logam di PERUM PERURI (Perusahaan Umum Percetakan Uang Republik Indonesia) sering terjadi *downtime* pada mesin CC 71420-00-010. Masalah tersebut terjadi dikarenakan buruknya sistem pendingin pelumasan (*cooling lubrication system*) yang terpasang pada mesin sehingga mengakibatkan temperature oli terlalu tinggi/panas. Salah satu faktor penyebab berubahnya sifat-sifat mekanis serta bentuk dari komponen permesinan adalah panas yang berlebih. Sifat serta komponen mesin bila telah berubah akan menyebabkan kinerja mesin terganggu dan mengurangi usia mesin [1].

Berdasarkan fenomena tersebut penulis mempunyai gagasan untuk memperbaiki *cooling lubrication system* berbasis Arduino UNO dengan memanfaatkan *input* dari modul MAX3186 sebagai *amplifier* sensor suhu PT100 dan *dimmer zero crossing* sebagai pengatur putaran motor *oil cooler*. Dengan menggunakan sistem cerdas pengatur kecepatan motor/*variable motor speed*(VMS) menggunakan metode *fuzzy logic*. Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328, 14 *pin input* dari *output* digital dimana 6 *pin input* [2]. *Variable motor speed*(VMS) / dikenal juga dengan *Variable speed drive* / *variable frekuensi drive* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor induksi (AC) dengan mengontrol frekuensi daya listrik yang dipasok ke motor [3]. Motor arus bolak-balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu [4]. Stator adalah bagian dari motor yang tidak bergerak dan rotor adalah bagian yang bergerak yang bertumpu pada bantalan poros terhadap stator[5]. *Fuzzy logic* adalah suatu logika yang merepresentasikan cara berpikir manusia dalam bentuk matematis yang dapat mengolah ketidakpastian dan variabel-variabel linguistik[6]. *Fuzzy Logic Controller* merupakan suatu metode kendali yang pada dasarnya menyerupai pola pikir manusia dalam mengambil suatu keputusan secara tidak pasti (samar) yaitu nilai yang terletak antara 0 dan 1 [7]. Atas dasar tersebut, penelitian ini akan membahas mengenai sistem cerdas variabel motor pendingin pelumasan mesin menggunakan metode *fuzzy* dan kontrol arduino yang diterapkan pada mesin cetak uang logam di PERUM PERURI.

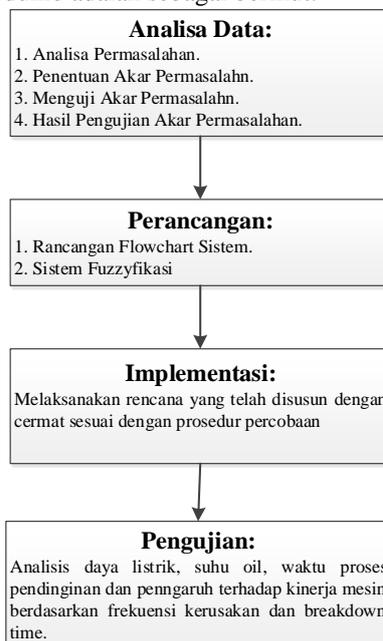
II. DATA & METODE

A. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah merancang *cooling lubrication system* dengan menggunakan *fuzzy logic* berbasis Arduino UNO dengan variabel efisiensi proses waktu pendinginan, suhu oli dan daya listrik serta variabel efektivitas mengurangi *breakdown time* dan frekuensi kerusakan yang dapat di terapkan pada mesin. Penelitian ini dilakukan di PERUM PERURI pada mesin cetak tipe MRV 150. Lokasi Penelitian dilaksanakan di *Workshop Elektrikal Maintenance Dept.* Teknik SBU PERUM PERURI Karawang sejak bulan Januari 2020.

B. Prosedur Percobaan

Penelitian ini dimulai dengan menganalisis dan mengumpulkan data yang di peroleh dari penelitian. Hasil informasi yang di dapat berupa data permasalahan permesinan, penyebab permasalahan, dan analisa perbaikan. Kemudian selanjutnya adalah membuat perancangan alat yang ingin di buat. Lalu pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja perangkat. Berikut merupakan prosedur eksperimen yang dilakukan dalam pelaksanaan praktikum mengenai sistem cerdas variabel motor pendingin pelumasan mesin menggunakan metode *fuzzy* dan kontrol arduino adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Prosedur Percobaan

C. Analisa Data

Pada penelitian ini akan dilakukan serangkaian proses, tahapan serta teknik dalam rangka mencapai tujuan penelitian untuk ditarik kesimpulannya. Tahapan analisa data penelitian yang terlihat pada Gambar 1 akan dijelaskan lebih rinci dan mendalam dengan rincian sebagai berikut :

1) Analisa Permasalahan

Dari hasil pengumpulan permasalahan data yang diterima akan disusun kedalam diagram *ishikawa*. Diagram *ishikawa*/diagram sebab akibat adalah alat bantu yang menunjukkan hubungan sistematis antara *buruknya lubrication system* pada mesin dengan hubungan penyebab kemungkinannya.

2) Menentukan Akar Permasalahan

Pada langkah ini dilakukan analisa akar permasalahan yang didapat dari diagram *ishikawa*. Analisa yang dilakukan guna mendapat akar permasalahan yang menjadi penyebab *buruknya lubrication system* pada mesin.

3) Menguji Penyebab Akar Permasalahan

Pengujian akar permasalahan yang bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah *buruknya lubrication system*. Dalam pengujian yang didasarkan pada keyakinan bahwa akar masalah tersebut memang berperan terhadap permasalahan yang terjadi. Berikut merupakan rumus untuk menentukan nilai korelasi permasalahan :

$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}$	<p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> > x merupakan variabel bebas. > y merupakan variable terikat. > \bar{y} dan \bar{x} merupan nilai mean.
---	---

(1)

4) Hasil Pengujian Akar Permasalahan

Pada tahapan hasil pengujian akar permasalahan ini akan dilakukan penggolongan akar permasalahan berdasarkan nilai korelasi yang didapat. Dari hasil tersebut kemudian dapat diambil kesimpulan apakah akar permasalahan tersebut berhubungan dengan permasalahan yang timbul. Berikut merupakan penggolongan akar permasalahan :

Tabel 2 Hubungan Korelasi

Koefisien Korelasi	Hubungan Korelasi
0	Tidak ada hubungan antar dua variabel
$0 < r \leq 0,25$	Keeratan hubungan sangat lemah
$0,25 < r \leq 0,5$	Keeratan hubungan cukup
$0,5 < r \leq 0,75$	Keeratan hubungan kuat
$0,75 < r < 1$	Keeratan hubungan sangat kuat
1	Korelasi sempurna (hubungan sangat erat)

D. Perancangan

Rencana perbaikan berfokus menganalisa pada cara kerja *fuzzy*, sensor akan membaca data *input* kemudian melalui proses *fuzzifikasi* data akan di proses lalu masuk ke dalam proses *system inference* data akan diseleksi *IF- THEN* kemudian menghasilkan hasil lalu dilakukan proses *defuzzifikasi* setelah itu *output* akan keluar yaitu nilai dari hasil yang telah di proses. Dalam rencana perbaikan ini membahas juga perihal rancangan dan skema alat.

1) Rancangan Flowchart Sistem

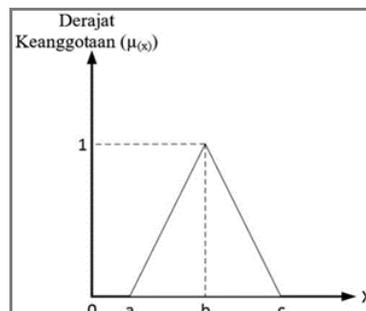
Rancangan Flowchart Sistem ini berfokus pada cara kerja alat secara umum. Dimulai dari start kemudian sinyal ready dari PLC akan dikombinasikan dengan sensor suhu dengan logika *AND*. Setelah proses tersebut *fuzzy* akan menyeleksi data *input* kemudian diproses dan diteruskan ke *output dimmer* dengan *refrensi* dari sensor PT100.

2) Fuzzy Logic Controller

Fuzzy Logic Controller merupakan suatu metode kendali yang pada dasarnya menyerupai pola pikir manusia dalam mengambil suatu keputusan secara tidak pasti (samar) yaitu nilai yang terletak antara 0 dan 1 [7]. *Fuzzy Logic Controller* diciptakan oleh Zadeh pada tahun 1965. Sistem ini berisi variable linguistik yang menggantikan model matematis sistem dinamis [10].

i. Fuzzifier

Fuzzifier atau fuzzifikasi merupakan suatu proses yang dapat mengubah nilai-nilai numerik menjadi kelas keanggotaan set *fuzzy*. Untuk memutuskan pergantian kondisi setiap aturan sesuai dengan input, blok fuzzifikasi harus sesuai dengan kondisi aturan dan data input. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai atau derajat keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi [7].



Gambar 2 Kurva fungsi segitiga

Persamaan pada fungsi keanggotaan segitiga adalah sebagai berikut :

$$f(x) = \begin{cases} 0; & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \\ 0; & x > c \end{cases} \quad (2)$$

ii. Inference Engine

Inference Engine atau *Fuzzy Inference* merupakan proses pemetaan dari input dalam bentuk himpunan *Fuzzy* ke *output* dengan menggunakan *Fuzzy Logic* [7]. Proses ini dibagi menjadi dua bagian yaitu *data base* dan *rule base*. *Data base* berisi parameter-parameter *Fuzzy* dan *rule base* berisi aturan- aturan *Fuzzy Logic* [7].

iii. Defuzzifier

Defuzzifier atau defuzzifikasi merupakan proses *computing* dengan berbagai metode untuk mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai *crisp* [7].

E. Implementasi

Rancangan Implementasi kegiatan yang dilakukan dengan perencanaan dan mengacu kepada tujuan mengatasi permasalahan *buruknya lubrication system machine*. Implementasi dapat dilakukan bila tahapan rencana atau konsep sistem cerdas variabel motor pendingin pelumasan mesin menggunakan metode *fuzzy* dan kontrol arduino telah selesai dilalui.

F. Pengujian

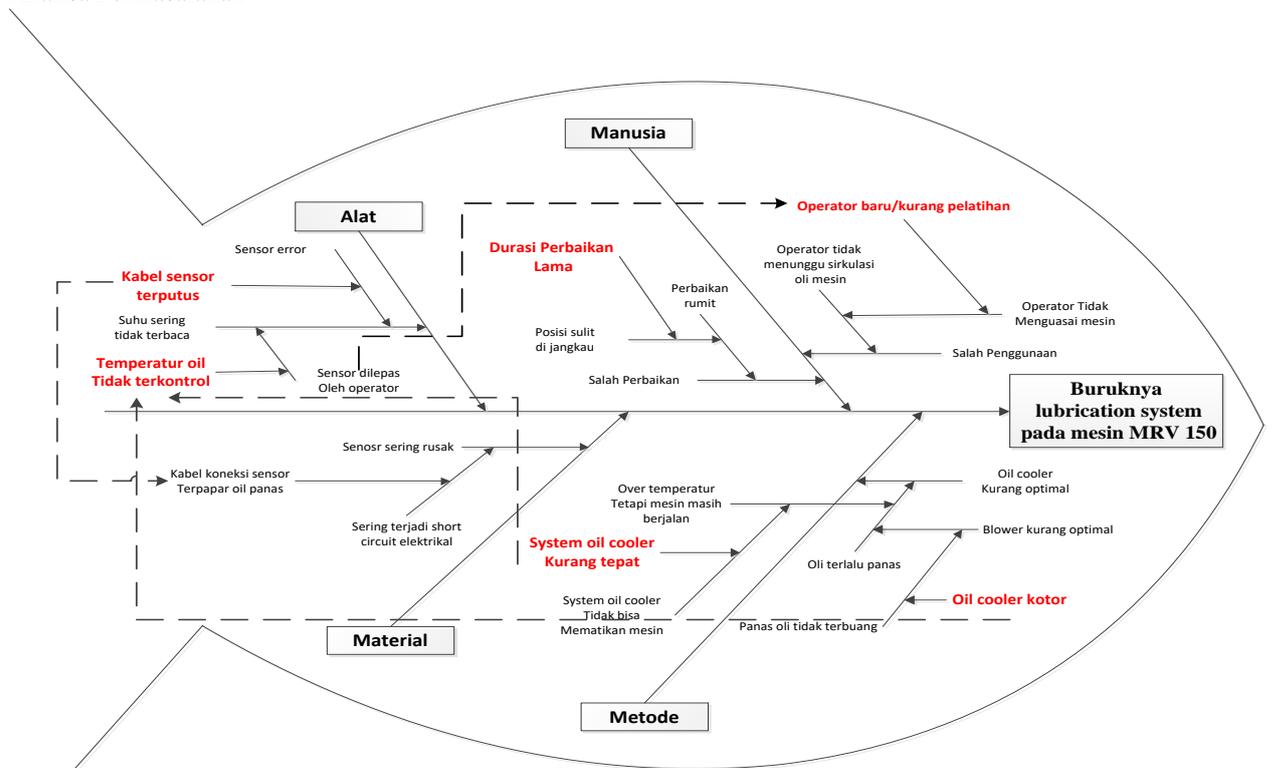
Percobaan akan dilakukan dengan cara melakukan simulasi uji coba *prototype*, fungsi *variable speed oil cooler with arduino controller*. Kemudian akan dibuat perbandingan analisis daya listrik, suhu oil, waktu proses pendinginan dan pengaruh terhadap kinerja mesin berdasarkan frekuensi kerusakan dan *breakdown time*.

III. HASIL & PEMBAHASAN

A. Analisa Data

Tahapan analisa evaluasi dari pengumpulan data performa dan evaluasi mesin utama yang dilakukan berdasarkan sistem ERP/*Enterprise Resource Planning* oleh penulis, antara Januari 2019 s/d Desember 2019 Departemen Cetak Uang Logam.

1) Analisa Permasalahan



Gambar 4 Diagram Ishikawa

2) Menentukan Akar Permasalahan

Berdasarkan analisa permasalahan menggunakan diagram *ishikawa* didapat akar permasalahan *buruknya lubrication system machine MRV 150*, sebagai berikut:

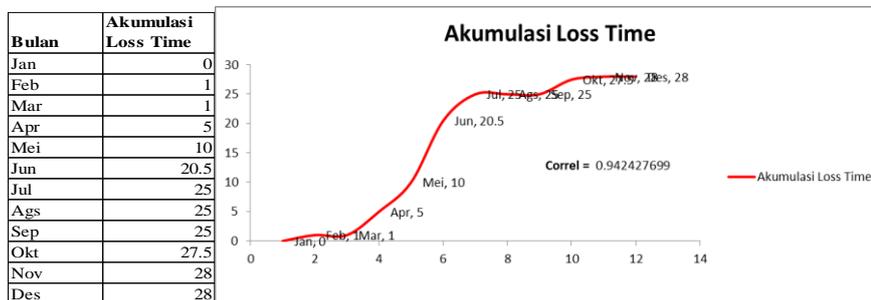
Tabel 2 Analisa Kondisi Kejadian

Akar Permasalahan	Analisa Kondisi Kejadian	Effect
1. Operator kurang terlatih.	operator kurang memahami prinsip kerja <i>oil cooler</i> sehingga sering terjadi permasalahan <i>oil lubrication</i> yang disebabkan operator melepas sensor oil.	oil temperatur terlalu panas
2. Durasi perbaikan lama.	volume oil yang banyak menimbulkan lamanya proses pendinginan jika terjadi <i>over temperature</i>	proses perbaikan lama dikarenakan menunggu suhu oil normal kembali
3. Kabel sensor	dikarenakan kabel sensor sering terpapar panas dari oli	proses perbaikan lama dikarenakan

sering terputus.	mengakibatkan rentan rusak	menunggu suhu oil normal kembali
4.Temperatur oil tidak terkontrol.	kurang tepatnya kinerja <i>oil cooler</i> yang tidak bisa mendinginkan oli dengan cepat	oil temperatur terlalu panas
5.System <i>oil cooler</i> kurang tepat.	sistem <i>oil cooler</i> yang bekerja pada suhu 41° celcius sering mengakibatkan proses pendinginan lama dan menimbulkan error	oil temperatur terlalu panas
6. <i>Oil cooler</i> kotor.	<i>oil cooler</i> cepat kotor dikarenakan saat tidak bekerja banyak debu logam yang menempel pada <i>oil cooler</i>	proses perbaikan lama dikarenakan menunggu suhu oil normal kembali

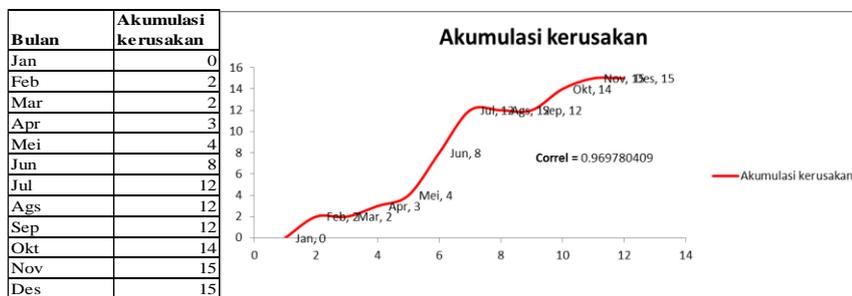
Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk permasalahan 1,4,5 diakibatkan oleh permasalahan yang sama dan untuk permasalahan nomer 2,3,6 diakibatkan oleh permasalahan yang sama. Berdasarkan hal tersebut penulis hanya akan melakukan pengujian 2 akar masalah yaitu:

- i. Durasi perbaikan lama.
 - ii. Temperatur oil tidak terkontrol.
- 3) Menguji Penyebab Akar Permasalahan
- i. Durasi perbaikan lama.



Gambar 5 Diagram Loss Time

- ii. Temperatur oil tidak terkontrol



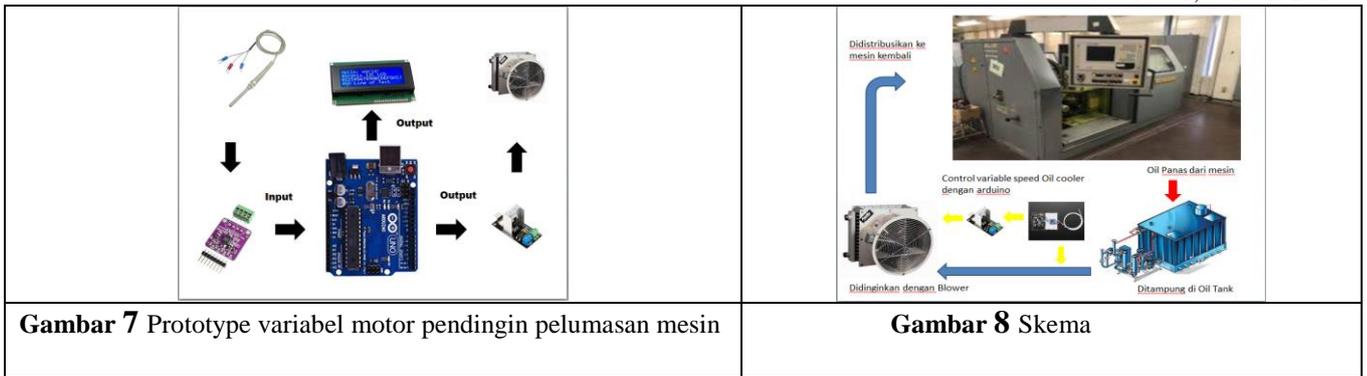
Gambar 6 Diagram Frekuensi Kerusakan

- 4) Hasil Pengujian Akar Permasalahan.
- Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan berdasarkan data *history* kerusakan mesin,dapat disimpulkan sebagai berikut :
- i. Durasi perbaikan lama, predikat dominan dengan korelasi 0.942427699.
 - ii. Temperatur oil tidak terkontrol, predikat dominan dengan korelasi 0.969780409

B. Perancangan

Langkah Pengembangan ini meliputi tahapan pelaksanaan pengembangan yang telah disusun dengan cermat sesuai dengan analisa/rencana perbaikan yang telah dilakukan. Berikut merupakan langkah pengembangan yang dilakukan.

- 1) Flowchart
 - Prototipe variabel motor pendingin pelumasan mesin terdiri dari 3 bagian utama, yaitu blok *input*, blok proses dan blok *output*. Skema rangkaian serta *prototipe* variabel motor pendingin pelumasan mesin dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



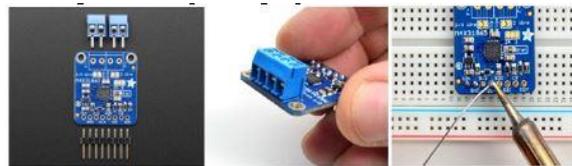
Gambar 7 Prototype variabel motor pendingin pelumasan mesin

Gambar 8 Skema

2) Pengembangan Sistem.

i. Setting Adafruit MAX31865 RTD Amplifier

- Sambungkan semua port dengan pin konektor.



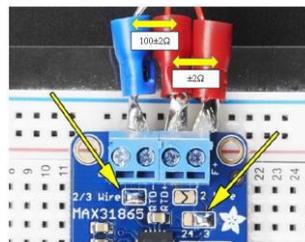
Gambar 9 Adafruit MAX31865 RTD

- Jumper 2/3 wire, putus jumper port 2,4 dan jumper dengan port 3.



Gambar 10 Setting PT100 3 kabel

- Sambungkan PT100 dengan modul MAX31865.



Gambar 11 Sambungkan PT100 3 Kabel Dengan Modul MAX31865

- Konfigurasi Arduino Uno Dengan Adafruit MAX31865.

Adafruit MAX31865 adalah sensor yang mendukung SPI, sehingga dapat dimungkinkan menggunakan hardware maupun software.



- Hubungkan Vin ke catu daya 5V.
- Hubungkan GND ke common power / ground.
- Hubungkan pin CLK ke Digital # 13.
- Hubungkan pin SDO ke Digital # 12.
- Hubungkan pin SDI ke Digital # 11.
- Hubungkan pin CS Digital # 10.

Note : Pin dapat diubah sesuai dengan pin yang digunakan

Gambar 12 Konfigurasi Arduino Uno Dengan Adafruit MAX31865

ii. Menghubungkan LCD 20x4 Dengan IC I2C pada Arduino

Berikut merupakan langkah menghubungkan LCD 20x4 dengan arduino menggunakan I2C melalui pin SCL dan SDA adalah sebagai berikut :

- Konfigurasi Pin I2C Dan Arduino Adalah Sebagai Berikut.



Gambar 13 Konfigurasi Pin I2C Dan Arduino

- Scan Adres I2C.

Setiap *device slave I2C* memiliki *address*, sehingga untuk penggunaanya diwajibkan untuk melakukan/mengetahui *address device* yang digunakan.

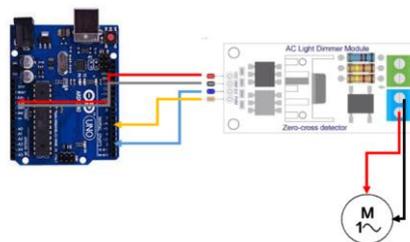
iii. Setting AC Dimming Zero Crossing For Arduino UNO.

- Konfigurasi Pin Dimmer Zero Crossing Detector.

Arduino Uno	Dimmer Zero Crossing Detector.
Pin 2	Pin Zero Crossing
Pin 6	Pin PWM

Note : Pin pada arduino dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan dan pastikan untuk pin PWM pilih arduino pin yang support Digital PWM.

- Konfigurasi Motor Oil Cooler Dengan Dimmer Zero Crossing Detector.



Gambar 14 Konfigurasi Motor Oil Cooler Dengan Modul Dimmer

- Pengujian Fungsi Motor Oil Cooler Dengan Dimmer Zero Crossing Detector.

Pada pengujian ini akan dilakukan percobaan mengatur putaran motor induksi AC 1 phase dengan tujuan mendapatkan nilai yang optimal untuk diterapkan pada fungsi *variable motor speed oil cooler(VMS)*.

	Pengujian I:
Pengujian I: VMS 0% sd 100%.	Dari hasil pengujian pertama dengan VMS 0% sd 100% didapat hasil kurang optimal. Pada kinerja VMS output kurang optimal yang disebabkan frekuensi listrik AC yang tidak stabil.
	Pengujian II:
Pengujian II: VMS 0% sd 75%	Sukses VMS bekerja dengan baik. Sehingga dapat disimpulkan VMS bekerja maksimal pada 0% sd 75%.

3) Sistem Fuzzyfikasi.

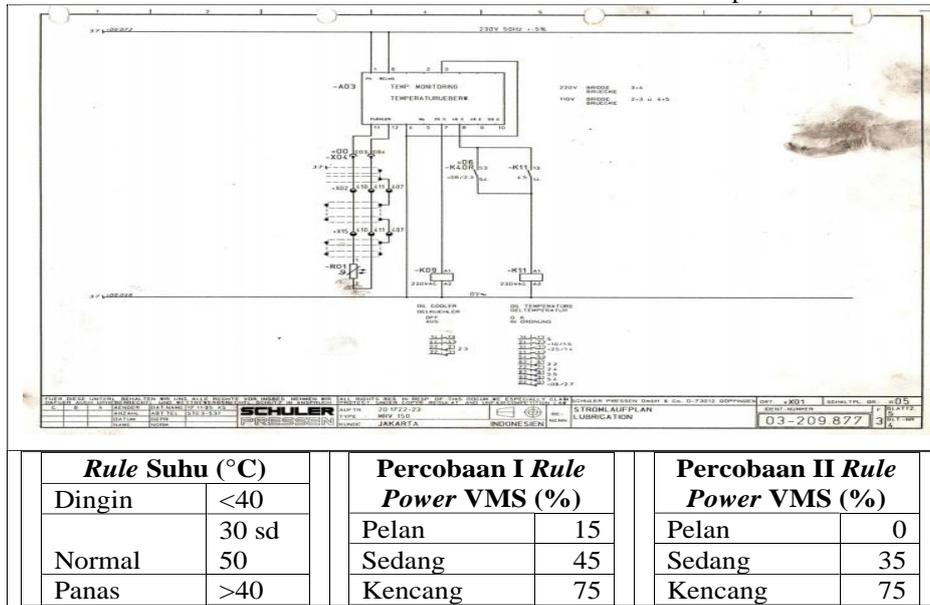
Metode *Fuzzy Logic* VMS ini berfokus pada penerapan metode *fuzzy* dalam penggunaannya pada sistem pendingin oli mesin. Berikut ini adalah percobaan pengujian *Fuzzy Logic* yang dilakukan: dimulai dari tahap *fuzzifikasi*, *inference system* atau *rule base* dan *defuzzifikasi* :

i. Fuzzifikasi

Tahap *fuzzifikasi input* pada sistem cerdas pengatur kecepatan motor pendingin dengan menggunakan arduino yaitu membaca nilai suhu *input modul RTD* kemudian arduino mengklasifikasikanya kedalam membership *function input* suhu dingin, normal dan panas.

ii. Rule Base

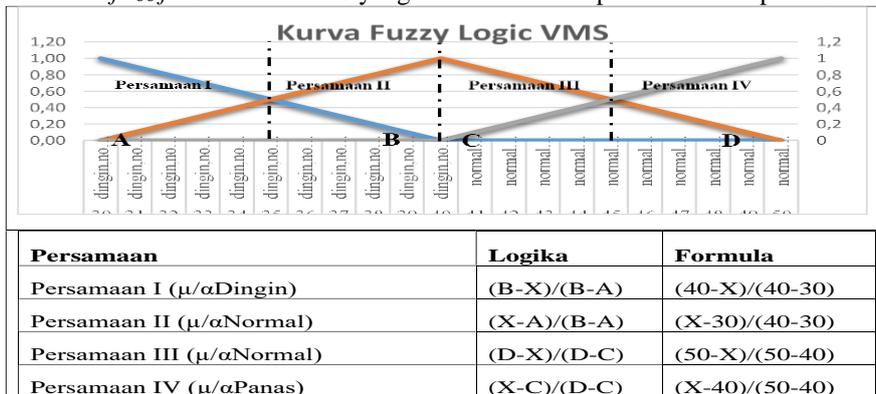
Rule base/aturan-aturan yang mengendalikan sistem *Fuzzy Logic*, serta memetakan *output* yang dihasilkan sesuai dengan *input* yang diberikan. Pada penelitian percobaan yang dilakukan *rule base* dirancang dengan kebutuhan mesin dan standarisasi mesin berdasarkan *maintenance book* pembuat mesin.



Gambar 15 Rule Base VMS

iii. Defuzzifikasi

Hasil dari defuzzifikasi sistem VMS yang dilakukan 2 kali percobaan didapat hasil sebagai berikut:



Gambar 16 Defuzzifikasi VMS

Suhu	Penggolongan	μ/α Dingin	μ/α Normal	μ/α Panas	α Pelan 15	α Sedang 45	α Kencang 75	weighted average
20	dingin	1,00	0	0	15	0	0	15
30	dingin,normal	1,00	0	0	15	0	0	15
31	dingin,normal	0,90	0,1	0	13,5	4,5	0	18
32	dingin,normal	0,80	0,2	0	12	9	0	21
33	dingin,normal	0,70	0,3	0	10,5	13,5	0	24
34	dingin,normal	0,60	0,4	0	9	18	0	27
35	dingin,normal	0,50	0,5	0	7,5	22,5	0	30
36	dingin,normal	0,40	0,6	0	6	27	0	33
37	dingin,normal	0,30	0,7	0	4,5	31,5	0	36
38	dingin,normal	0,20	0,8	0	3	36	0	39
39	dingin,normal	0,10	0,9	0	1,5	40,5	0	42
40	dingin,normal	0,00	1	0	0	45	0	45
41	normal panas	0,00	0,9	0,1	0	40,5	7,5	48
42	normal panas	0,00	0,8	0,2	0	36	15	51

43	normal panas	0,00	0,7	0,3	0	31,5	22,5	54
44	normal panas	0,00	0,6	0,4	0	27	30	57
45	normal panas	0,00	0,5	0,5	0	22,5	37,5	60
46	normal panas	0,00	0,4	0,6	0	18	45	63
47	normal panas	0,00	0,3	0,7	0	13,5	52,5	66
48	normal panas	0,00	0,2	0,8	0	9	60	69
49	normal panas	0,00	0,1	0,9	0	4,5	67,5	72
50	normal panas	0,00	0	1	0	0	75	75
60	panas	0,00	0	1	0	0	75	75

Tabel 4 Percobaan II Fuzzy VMS Fuzzy Logic Model Sugeno

Suhu	Penggolongan	μ/α Dingin	μ/α Normal	μ/α Panas	α Pelan 0	α Sedang 35	α Kencang 75	weighted average
20	dingin	1,00	0	0	0	0	0	0
30	dingin,normal	1,00	0	0	0	0	0	0
31	dingin,normal	0,90	0,1	0	0	3,5	0	3,5
32	dingin,normal	0,80	0,2	0	0	7	0	7
33	dingin,normal	0,70	0,3	0	0	10,5	0	10,5
34	dingin,normal	0,60	0,4	0	0	14	0	14
35	dingin,normal	0,50	0,5	0	0	17,5	0	17,5
36	dingin,normal	0,40	0,6	0	0	21	0	21
37	dingin,normal	0,30	0,7	0	0	24,5	0	24,5
38	dingin,normal	0,20	0,8	0	0	28	0	28
39	dingin,normal	0,10	0,9	0	0	31,5	0	31,5
40	dingin,normal	0,00	1	0	0	35	0	35
41	normal panas	0,00	0,9	0,1	0	31,5	7,5	39
42	normal panas	0,00	0,8	0,2	0	28	15	43
43	normal panas	0,00	0,7	0,3	0	24,5	22,5	47
44	normal panas	0,00	0,6	0,4	0	21	30	51
45	normal panas	0,00	0,5	0,5	0	17,5	37,5	55
46	normal panas	0,00	0,4	0,6	0	14	45	59
47	normal panas	0,00	0,3	0,7	0	10,5	52,5	63
48	normal panas	0,00	0,2	0,8	0	7	60	67
49	normal panas	0,00	0,1	0,9	0	3,5	67,5	71
50	normal panas	0,00	0	1	0	0	75	75
60	panas	0,00	0	1	0	0	75	75

4) Implementasi

<i>Action Plan Analysis</i>					
Why	What	Where	Who	When	How
Durasi perbaikan lama dan Temperatur oil tidak terkontrol	Membuat sistem pendingin pelumasan mesin	Workshop Electrical Maintenance	Penulis (Bagus Priambad)	Feb-20	 <p style="text-align: center;"><i>Smart System Variables Motor Cooling Lubricants Using Fuzzy Method And Arduino Control</i></p>

Gambar 17 Action Plan Analysis

5) Hasil Pengujian Sistem.

Tahapan pengujian sistem ini berfokus pada pengujian fungsi, evaluasi implementasi dan dampak lain-lain dari pengembangan yang telah dilakukan. Berikut merupakan hasil pengujian yang dilakukan :

i. Pengujian Sensor Suhu PT100 dan Adafruit MAX31865.

Tabel 5 Pengujian Sensor Suhu PT100 dan Adafruit MAX31865

No	Sensor PT100 dan Adafruit MAX31865 (°Celcius)	Alat Ukur Omron MC-246 (°Celcius)	Selisih (°Celcius)	Keakurasian
1	32,6	32,7	0,1	99,69%
2	35,8	35,7	0,1	99,72%
3	35,4	35,3	0,1	99,72%
4	35,7	35,3	0,4	98,87%
5	33,2	33,7	0,5	98,52%
6	35	35,3	0,3	99,15%
7	32,6	32,7	0,1	99,69%
Rata-rata				99,34%

Dari hasil pengujian sensor PT100 dan Adafruit MAX31865 dapat disimpulkan memiliki nilai rata-rata keakurasian sebesar 99,34%. Berdasarkan data pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa PT100 dan Adafruit MAX318 dapat diterapkan sebagai sensor suhu pada sistem *Variable Motor Speed Oil Cooler*.

ii. Pengujian Penerapan Metode *Fuzzy* Pada *Oil Cooler*.

Pengujian penerapan metode *fuzzy* pada *oil cooler* ini berfokus pada perbandingan antara sistem *Variable Motor Speed Oil Cooler* dengan kondisi sistem pendingin yang terpasang. Berikut merupakan data pengujian yang dilakukan pada proses pendinginan suhu oli dari 50° celcius sampai dengan 30° celcius:

Tabel 6 Perbandingan Kondisi *Oil Cooler*

Suhu	Percobaan I			Percobaan II			Kondisi Tanpa VMS		
	VMS Oil Cooler	Ampere Oil Cooler	Waktu proses pendinginan	VMS Oil Cooler	Ampere Oil Cooler	Waktu proses pendinginan	Oil Cooler	Ampere Oil Cooler	Waktu proses pendinginan
50	75	1,6	45 Menit	75	1,6	48 Menit	on	1,7	60 Menit
49	72	1,5		71	1,5		on	1,7	
48	69	1,5		67	1,4		on	1,7	
47	66	1,4		63	1,4		on	1,7	
46	63	1,4		59	1,4		on	1,7	
45	60	1,4		55	1,3		on	1,7	
44	57	1,3		51	1,3		on	1,7	
43	54	1,3		47	1,2		on	1,7	
42	51	1,3		43	1,2		on	1,7	
41	48	1,2		39	1,1		on	1,7	
40	45	1,2		35	1		off	0	
39	42	1,2		31,5	0,8		off	0	
38	39	1,1		28	0,7		off	0	
37	36	1		24,5	0,6		off	0	
36	33	0,9		21	0,5		off	0	
35	30	0,8		17,5	0,4		off	0	
34	27	0,7		14	0,3		off	0	
33	24	0,6		10,5	0,3		off	0	
32	21	0,5		7	0,2		off	0	
31	18	0,4		3,5	0,1		off	0	
30	15	0,3	0	0	off	0			

Berdasarkan pengujian metode *fuzzy logic* VMS pertama, kedua dan tanpa VMS dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Percobaan I kurang optimal dikarenakan menghasilkan rentang nilai 15% sd 75% power VMS pada rentang suhu 30° sd 50° celcius, Sehingga motor *oil cooler* masih berputar walaupun suhu oli dingin.
- Percobaan II sangat optimal dikarenakan menghasilkan rentang nilai 0% sd 75% power VMS pada rentang suhu 30° sd 50° celcius, motor *oil cooler* akan berhenti berputar pada suhu 30° celcius.
- Kondisi Tanpa VMS tidak optimal dikarenakan *oil cooler* hanya bekerja pada suhu 41° sd 50° celcius.

6) Evaluasi Implementasi

Evaluasi implementasi ini berfokus pada evaluasi perbandingan kondisi sebelum pengembangan (2019) dan setelah dilaksanakannya pengembangan (2020). Berikut merupakan hasil evaluasi yang dilakukan :

Tabel 5 Evaluasi Akar Permasalahan/Permasalahan *Oil Lubricatin Machine*

	Frekuensi	Breakdown Time (jam)
Sebelum(2019)	15	28
Sesudah(2020)	0	0

Permasalahan *oil lubrication machine* pada mesin tahun 2020 berkurang menjadi *zero defect* dari sebelumnya pada tahun 2019 sebesar 15 kali dengan *breakdown time* 28 jam.

Tabel 5 Evaluasi Kerusakan Permesinan

	Frekuensi	Breakdown Time (jam)
Sebelum(2019)	30	31
Sesudah(2020)	7	3.75

Kerusakan pada mesin tahun 2020 berkurang 76,67% dari 30 kali menjadi 7 kali dan *breakdown time machine* berkurang 87,90% dari 31 jam menjadi 3,75 jam dari sebelumnya pada tahun 2019.

IV. KESIMPULAN & SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yang dimulai dari tahap analisa dan pengumpulan data, perancangan sistem, pengujian sistem serta evaluasi dapat disimpulkan bahwa prototipe sistem cerdas variabel motor pendingin pelumasan mesin menggunakan metode *fuzzy* dan kontrol arduino dapat melakukan mendinginkan oli mesin dengan baik. Metode *Variable motor speed* sangat efisien dalam proses waktu pendinginan. Berdasarkan data pengujian yang dilakukan untuk menurunkan suhu 50° celcius sampai dengan 30° celcius terbukti penerapan *Variable motor speed* dengan menggunakan metode *fuzzy* dapat mendinginkan suhu oli lebih cepat, suhu oli pada mesin menjadi lebih stabil dikarenakan *oil cooler* berkerja secara linier berdasarkan suhu oli dan tidak terjadi lonjakan arus listrik pada *starting motor* sehingga dapat menambah *durability* komponen listrik. Selain itu metode *cooling lubrication system Variable motor speed* sangat efektif diterapkan sehingga kerusakan pada mesin tahun 2020 berkurang 76,67% dari 30 kali menjadi 7 kali dan *breakdown time machine* berkurang 87,90% dari 31 jam menjadi 3,75 jam dari sebelumnya pada tahun 2019.

Saran yang dapat dijadikan referensi untuk pengembangan pada penelitian serupa, RTD PT100 sebagai *input* pada modul MAX3186 sangat sensitif dengan perubahan nilainya, Sehingga disarankan menggunakan koneksi sensor yang baik dengan harapan nilai yang dihasilkan stabil. Kinerja modul *dimmer* sangat dipengaruhi oleh frekuensi arus listrik AC sehingga disarankan menggunakan arus listrik yang stabil guna menjaga kinerja optimal modul *dimmer*

PENGAKUAN

Naskah ilmiah ini adalah sebagian dari penelitian Tugas Akhir milik Bagus Priambada dengan judul Sistem Cerdas Variabel Motor Pendingin Pelumasan Mesin Menggunakan Metode Fuzzy Dan Kontrol Arduino, yang dibimbing oleh Pembimbing I Sutan Faisal dan Pembimbing II Adi Rizky Pratama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prakoso, M. G. A. 2016. *Rancang Bangun Kontrol PID Pada Speed Observer Generator DC Berbasis Arduino Uno R3*. Skripsi. Universitas Jember. Jember.
- [3] Mutammimul, Fatih Wildan, Dkk. 2016. *Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Kontroler PID Berbasis Genetic Algorithm*. Malang : Skripsi Universitas Muhammadiyah Malang
- [3] Y. Badruzzaman. 2015 . *Sistem Monitoring Kendali Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Variable Speed Drive Berbasis Plc Dan Scada*, J. ORBITH. 11 147–152.
- [4] Ismail Muchsin ST.,MT.,*Journal Motor Induksi*, Pusat Pengembangan Bahan Ajar-UMB. 2009.
- [5] Hasrudin Usman dan Bambang Sutopo,*Makalah Aplikasi Mikrokontroler ATMEGA 8535 Sebagai Pembangkit PWM Sinusoida 1 Fasa Untuk Mengendalikan Putaran Motor Sinkron*, UGM, Yogyakarta. Oktober 2009.
- [6] Putri, R. I., Fauziyah, M., & Setiawan, A. 2010. *Penerapan Kontroler Neural Fuzzy Untuk Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Pada Mesin Sentrifugal*. INKOM Journal, 3(1-2), 53-65.
- [7] Fathurrahman, G., Nugraha, R., & Sumaryo, S. 2019. Sistem Kendali Posisi Sel Surya Menggunakan Fuzzy Logic Controller. *E-Proceeding of Engineering* 6(2): 3061-3067.