

Implementasi Logika Fuzzy Inferensi Tsukamoto Pada *Preventive dan Predictive Maintenance Sluge Separator* Berbasis *Smart Meter*

Sunanto¹, Reny Medikawati Taufiq², Rahmat Febri³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Muhammadiyah Riau

¹sunanto@umri.ac.id, ²renymedikawati@umri.ac.id, ³rahmatfebri@gmail.com

Abstract

The clarifier station is also known as a purification station. Its main function is to obtain palm oil in a very pure condition. There are several machines ready to work to refine Crude Palm Oil from palm oil. One of the machines at the refining station is the Sludge Separator which has the function of extracting oil that is still contained in a centrifugal manner where water and NOS with a specific gravity greater than oil will be thrown out and oil will enter the interior. The Sludge Separator method separates oil from water and NOS, namely by rotating (spinning) the bowl that has been installed and released through the nozzle. This rotation is generated from the conveyor motor. To optimize the work of the clarification station, especially on the Sludge Separator machine, a tool and system was created to monitor traffic flow, record the start time of the active Sludge Separator conveyor motor and schedule Preventive and Predictive Maintenance according to the working conditions of the motor, to make the system use the method/algorithm Fuzzy Tsukamoto. And in this research implementation, testing and results will be carried out on a prototype that utilizes the NodeMCU microcontroller (esp32), current and web sensors using hypertext preprocessor.

Keywords: fuzzy tsukamoto, clarification, purification, NOS, preventive, predictive

Abstrak

Stasiun Clarifier dikenal pula sebagai stasiun pemurnian. Fungsi utamanya adalah untuk memperoleh minyak kelapa sawit dalam kondisi yang benar-benar murni. Terdapat beberapa mesin yang siap bekerja untuk memurnikan Crude Palm Oil (CPO) dari kelapa sawit. Salah satu mesin pada stasiun pemurnian adalah Sludge Separator yang memiliki fungsi sebagai mengutip minyak yang masih terkandung dengan cara centrifugal dimana air dan NOS dengan berat jenis yang lebih besar dari minyak akan terlempar keluar dan minyak akan masuk ke bagian dalam. Cara Sludge Separator memisahkan antara minyak dengan air dan NOS yaitu dengan cara berotasi (Putaran) pada mangkuk yang telah dipasang dan dilepaskan keluar melalui nozzle. Putaran ini dihasilkan dari motor konveyor. Untuk mengoptimalkan kerja dari stasiun klarifikasi khususnya pada mesin Sludge Separator maka dibuatlah suatu alat dan sistem untuk memantau traffic arus, mencatat waktu mulai aktifnya motor konveyor Sludge Separator dan penjadwalan Maintenance Preventive dan Predictive sesuai dengan kondisi motor berkerja, untuk membuat sistem tersebut menggunakan metode/algoritma Fuzzy Tsukamoto. Dan pada penelitian ini akan dilakukan implementasi, pengujian dan hasil pada sebuah prototype yang memanfaatkan mikrokontroler NodeMCU (esp32), sensor arus dan web (PHP).

Kata kunci: fuzzy tsukamoto, klarifikasi, pemurnian, NOS, preventive, predictive

©This work is licensed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

1. Pendahuluan

Kelapa sawit adalah salah satu komoditas unggulan Indonesia. Tanaman ini menghasilkan minyak kelapa sawit (CPO – Crude Palm Oil) dan inti kelapa sawit (PKO – Palm Kernel Oil), yang memberikan kontribusi sangat penting bagi perekonomian Indonesia sebagai sumber penghasil devisa non migas. Indonesia juga merupakan Negara penghasil minyak sawit terbanyak di dunia, pada 2019 Indonesia sendiri menghasilkan 43.000 Ton minyak sawit mentah terbagi atas CPO sebesar 68%, PKO sebesar 20%, biodiesel sebesar 3% dan oleokimia sebesar 9%. (IndexMundi-2019). Dihasilkan dari Pabrik kelapa sawit (PKS) BUMN atau pun Swasta yang tersebar di seluruh Indonesia (GAPKI). Minyak sawit mentah atau CPO menurut penelitian yang dilakukan oleh [1] diantaranya mengandung antara lain vitamin E, karotenoid, fitosterol, squalene, phospholipid, Co enzyme, polyphenolic. Pontesi kandungan demikian sangat

cocok digunakan untuk mendukung produk obat-obatan dan industri Farmasi.

Stasiun klarifikasi dikenal pula sebagai stasiun pemurnian atau lebih dikenal dengan proses pengutipan minyak menurut penelitian yang dilakukan oleh [2] pengutipan minyak dengan teknik manual akan mengalami kerugian sekitar 0,36 ton/jam maka pengutipan minyak disarankan menggunakan *sluge separator* maupun *Decanter*. Fungsi utamanya adalah untuk memperoleh minyak kelapa sawit dalam kondisi murni yang memisahkan minyak sawit mentah dari lumpur. Di dalam stasiun ini terdapat beberapa mesin yang siap bekerja untuk memurnikan Crude Palm Oil. Setiap mesin dapat difungsikan sesuai dengan tugas masing masing mesin. Mesin utama pada stasiun pemurnian adalah *Sludge Separator* yang memiliki fungsi sebagai mengutip minyak yang masih terkandung dengan cara centrifugal dimana air dan NOS dengan berat jenis yang lebih besar dari minyak

akan terlempar keluar dan minyak akan masuk ke bagian dalam. cara *Sludge Separator* memisahkan antara minyak dengan air dan NOS yaitu dengan cara berotasi (Putaran) pada mangkuk yang telah dipasang dan dilepaskan keluar melalui *nozzle*. Putaran ini dihasilkan dari motor konveyor, Pada posisi mesin mengutip minyak terjadi putaran antara Permasalahan yang sering terjadi pada stasiun klarifikasi yaitu sering tidak terpantaunya kenaikan Arus dari motor konveyor yang di akibatkan dari kemacetan pada lahar, atau dari kendala lain yang mengakibatkan kenaikan pada Arus motor konveyor, tidak adanya waktu kerja/waktu mulai aktifnya motor konveyor *Sludge Separator* dan tidak adanya sistem penjadwalan *Maintenance Preventive & Maintenance Predictive*, sehingga sering terjadinya kerusakan pada motor konveyor *Sludge Separator* yang mengakibatkan lambatnya proses pengolahan buah kelapa sawit.

Stasiun klarifikasi atau permurnian dan mesin *sluge separtor* digunakan pada proses ini karena proses produksi minyak kelapa sawit melalui beberapa tahapan yang membuat *Crude Palm Oil* atau minyak mentah kelapa sawit tercampur oleh tanah, partikel lainnya pada proses pemanenan, sortasi dan loading ramp. Proses produksi minyak mentah kelapa sawit ini sudah sesuai prosedur semua pabrik kelapa sawit menggunakan *sluge separator* atau *decanter* untuk mengutip minyak atau memisahkan minyak dari lumpur, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [3] bahwa tahapan proses pengepress kulit buah kelapa sawit melalui proses yang panjang dan kontoran dan partikel lain yang seharusnya tidak ada pada produk CPO menjadi ada oleh karena itu diperlukan proses pemurnian meskipun dari proses permurnian tersebut dapat mengurangi hasil produksi.

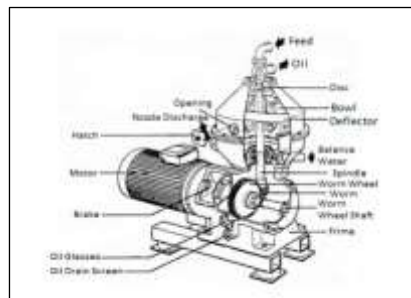


Gambar 1. Stasiun Loading Ramp

Pada stasiun sortasi dan *loading ramp* buah sawit bersentuhan langsung dengan tanah dan beberapa partikel lainnya oleh karena itu di perlukan stasiun permurnian untuk mendapatkan CPO yang sesuai dengan standar pasar dan kesehatan serta layak dikonsumsi.

Semua benda yang bergerak diperlukan perawatan secara berkala menurut penelitian yang dilakukan oleh [4] perawatan adalah suatu usaha atau cara yang dilakukan untuk mempertahankan kondisi mesin dalam

kondisi baik dan dapat digunakan. Setiap industri memiliki prosedur perawatan yang berbeda sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan.



Gambar 2. Sluge Separator Part

Dari permasalahan yang telah diuraikan salah satu cara mengatasinya yaitu dengan adanya suatu sistem untuk memantau *traffic* arus mencatat waktu mulai aktifnya motor konvenyor *Sludge Separator* dan penjadwalan *Maintenance Preventive* dan *Predictive* sesuai dengan kondisi motor listrik yang digunakan untuk memutar *Sluge Separator*. Dalam penelitian ini menggunakan logika *Fuzzy Tsukamoto* karena kompetible dengan bahasa mesin, dapat menyelesaikan masalah dengan unsur ketidakpastian, dan memiliki 2 *input* dan 1 *output*.

Indikator ukur yang digunakan adalah arus listrik menggunakan sensor arus listrik teknologi sensor arus hampir sama dengan teknologi sensor tegangan yaitu dengan menggunakan trafo arus yang dikenal dengan *Current Trafo* (CT) dan dengan menggunakan teknologi efek *hall*. Sensor ini tergolong komponen yang memiliki tingkat stabilitas yang baik. Jenis sensor arus yang banyak dipakai adalah The Yhdc current transformer dikenal sebagai CT sensor, sebuah non-invasive sensor yang dapat mendeteksi aliran arus yang melalui sebuah kawat penghantar. Dalam proses induksi, arus listrik yang melalui kawat sisi primer akan menghasilkan sebuah medan magnet pada inti ferrite CT sensor. Sensor SCT013 ditunjukkan seperti pada Gambar 1. Kawat pada sisi sekunder yang mengelilingi inti tersebut menghasilkan arus listrik kecil yang proporsional. Selanjutnya CT sensor dengan penambahan sebuah resistor kecil (Burden Resistor) akan menghasilkan keluaran berupa tegangan yang dapat diolah oleh mikrokontroler melalui masukan analog to digital converter.

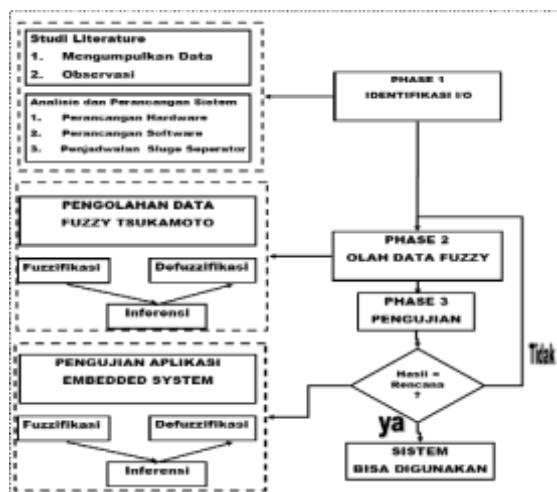


Gambar 3. Current Sensor SCT 013

Sensor arus yang digunakan pada penelitian ini yaitu SCT013-100 yang maksimal mampu mendeteksi arus listrik AC 100 Ampere. Dengan menggunakan SCT013 sebagai sensor arus, tidak perlu dihubungkan secara seri dengan beban namun cukup dengan menggelandkan saja dengan kawat fasa atau netral. Sensor SCT013 dapat juga digunakan untuk melakukan monitoring gardu induk penelitian tersebut dilakukan oleh [3] memberikan kesimpulan bahwa Rangkaian monitoring menggunakan sensor arus SCT-013 di Gardu Induk Lubuk Alung yang dirancang mampu menghasilkan nilai arus yang sama dengan hasil di metering kubikel Gardu Induk Lubuk Alung dan hasil masih dalam standar batas toleransi kenaikan (+5%) dan drop (- 10%).

2. Metode Penelitian

Fuzzy dengan inferensi Tsukamoto menggunakan 3 tahapan utama yang yaitu Fuzzifikasi, inferensi atau penalaran dan Defuzzifikasi menurut penelitian yang dilakukan oleh [5] tahapan utama FIS Tsukamoto memiliki 3 tahapan utama yaitu fuzzifikasi, inferensi dan Defuzzifikasi. Metode Fuzzy dengan Inference Tsukamoto dapat digunakan sebagai kontrol berbasis *Embedded system*. Metode fuzzy dengan penalaran Tsukamoto pada penelitian ini digunakan untuk menghitung nilai ketepatan prediksi untuk mendukung proses preventif dan *predictive maintenance*. Prediksi tersebut didapat dari variabel input berupa arus dan waktu, pengambilan indikator memilih arus komponen utama *sluge separtor* adalah motor listrik yang memutar komponen penyaringnya maka jika terjadi gesekan, moment-moment ini akan membuat peningkatan penggunaan arus listrik.



Gambar 4. Framework

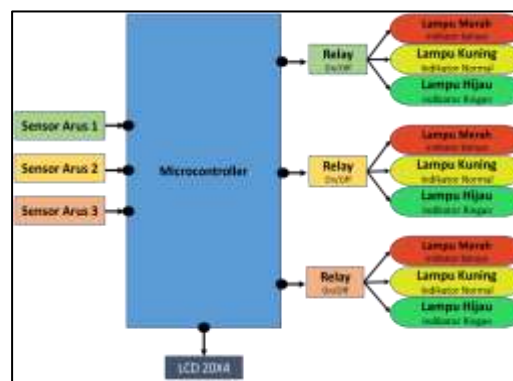
2.1. Tahapan Penelitian

1. Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan inti permasalahan pokok mengapa benda bergerak seperti motor listrik pada peralatan produksi memerlukan perawatan dan perbaikan. Perhitungan prediksi perawatan dan perbaikan biasanya menggunakan perhitungan berbasis RCM seperti

penelitian yang dilakukan oleh [6] yang memberikan kesimpulan bahwa hasil perhitungan yang di peroleh untuk menghindari waktu breakdown yang terlalu lama dan biaya kerugian yang besar adalah dengan interval waktu pemeriksaan /pemeliharaan (*Preventive* dan *Time Based Maintenance*).

2. Observasi dilakukan untuk mengetahui permasalahan lebih *detail* ke pabrik kelapa sawit yang menggunakan sluge separator sebagai alat yang digunakan untuk memisahkan minyak dan lumpur. Penggunaan sluge separator juga dapat digantikan dengan Decanter seperti penelitian yang dilakukan oleh [2] memberikan kesimpulan bahwa Berdasarkan hasil komparasi dapat disimpulkan bahwa penggunaan Decanter 3 fasa lebih baik dibandingkan sludge separator. Kajian industri tentang motor listrik yang digunakan untuk penggerak adalah sebagai berikut [7] perubahan tegangan saja dapat mempengaruhi efisiensi motor listrik 3 phasa apalagi dalam kasus ini penggunaan arus yang meningkat.

3. Perancangan hardware dilakukan untuk membaca input arus menggunakan ESP32 sebagai MCU dan noninvasive current sebagai sensor arus. Bagan konsep perancangan perangkat keras seperti disajikan pada gambar 3. Setiap MCU dipasang 3 sensor arus yaitu sensor arus R, S, T pemasangan ini berdasarkan bahwa motor listrik yang digunakan untuk memutar *Sluge Seperator* motor listrik 3 phasa. Pada prinsipnya motor listrik yang dipakai dipabrik dihidupkan menggunakan *Start Delta* seperti penelitian yang dilakukan oleh [8] *Start Delta* memiliki manfaat penggunaan arus listrik untuk menghidupkan motor listrik tidak langsung sehingga rugi-rugi daya dapat diminimalisir.



Gambar 5. Perencanaan Perangkat Keras

Berdasarkan gambar 3, sensor arus 1, 2, dan 3 akan mendeteksi besar arus pada motor konveyor *Sludge Separator* antara 0 – 50 A dan menghasilkan tegangan *output* sebesar 0 Volt – 5 Volt DC. Tegangan *output* akan menjadi input/masuk ke *Microkontroller* untuk di proses oleh program yang sudah tertanam sistem perhitungan Algoritma Fuzzy Tsukamoto. Fuzzy dengan inferesi Tsukamoto dijadikan pengetahuan untuk mendekteksi perubahan kondisi arus seperti penelitian yang dilakukan oleh [9] Fuzzy logic untuk mendeteksi jumlah pengendara lalu lintas di jalan raya. Kemudian akan memerintahkan *relay* untuk bekerja

on/off. dan relay yang bekerja akan sesuai dengan arus sensor sebagai indikator *input*. LCD 20x4 menjadi *output* untuk menampilkan berapa arus motor conveyor yang di dapat dari hasil 3 *input sensor* menggunakan sensor arus *noninvasive*.

4. Perancangan Perangkat lunak yang digunakan adalah desain berbasis web untuk melakukan *monitoring* dan memberikan laporan secara berkala jadwal pelaksanaan *Preventive Maintenance*. Sedangkan pemrograman berbasis *Embedded* menggunakan perangkat lunak *sketch* dan perangkat keras nya menggunakan ESP32. Efektivitas penggunaan *Embedded system* menurut penelitian [10] memberikan kesimpulan bahwa Sistem *Embedded* dapat digunakan untuk mengendalikan hidup matinya peralatan elektronik tersebut bila tidak digunakan. Hasil dari pengujian selama 5 hari (per hari 9 jam) dengan menggunakan sistem tertanam cerdas tersebut didapatkan efisiensi sebesar 28.71% dibandingkan dengan keadaan tidak menggunakan sistem tersebut. Penetapan proses *Preventive Maintenance* menggunakan Fuzzy dengan inference Tsukamoto memiliki kualitas yang baik menurut penelitian yang dilakukan oleh [11] selain dapat digunakan sebagai pengolahan data embedded fuzzy logic juga dapat digunakan untuk melihat tingkat kepuasan mahasiswa terhadap pelayanan akademi, tentunya melalui beberapa tahapan yaitu penetapan Fuzzifikasi input berupa arus listrik serta perubahan waktu kenaikan arus listrik sedangkan variable output waktu atau jam dilakukannya *Preventive Maintenance*.

5. Proses pengujian menggunakan Inferensi Fuzzy Tsukamoto apakah data sesuai dengan data yang direncanakan dengan data yang dihasilkan untuk memberikan keputusan dilakukan *Preventive Maintenance* atau tidak.

3. Hasil dan Pembahasan

Beberapa hal yang akan dibahas diantaranya adalah proses uji coba dan hasil uji coba alat yang digunakan. Untuk uji coba alat yang digunakan pada prototipe system otomatis untuk mendapatkan jadwal *maintenance preventive* dari motor konveyor kode program yang dibuat di jalakan mengguakan Arduino IDE menggunakan Bahasa pemrograman *sketch*. Metode yang digunakan adalah logika Fuzzy Tsukamoto.

3.1. Tahapan Fuzzy dengan FIS

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi *input* dan *output* untuk smart meter, input diambil dari arus dan waktu perubahan pada peningkatan penggunaan arus listrik sedangkan output nya adalah *Preventive Maintenance* dalam satuan jam.

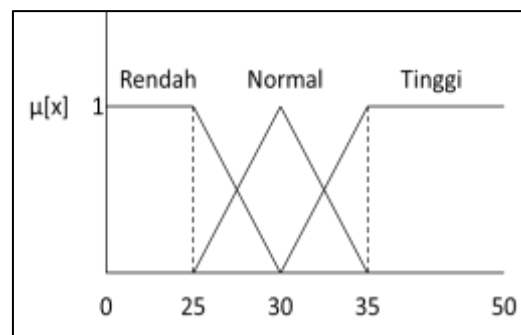
1) Variabel Arus

Penentuan variabel arus didasarkan pada komponen motor listrik yang terpasang yaitu penggunaan arus

maksimum nya adalah 50 Amper jika penggunaan tersebut terjadi antaran 30 sampai dengan 50 Amper maka penggunaan arus masuk pada kategori tinggi.

Tabel 1. Fuzzyfikasi Variabel Arus

No	Rentang Arus	Tingkatan Fuzzy	Indeks
1	0 – 30 A	Rendah	Rn
2	25- 35 A	Normal	Nr
3	30- 50 A	Tinggi	Tt



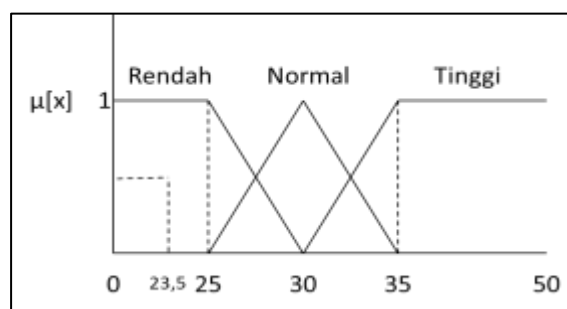
Gambar 6. Derajat Keanggotaan Variable Input Arus

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; 0 \leq x \leq 25 \\ (25 - x)/(30 - 25) & ; 25 < x < 30 \\ 0 & ; x \geq 30 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{cases} (x - 25)/(30 - 25) & ; 25 < x < 30 \\ 1 & ; x = 30 \\ (35 - x)/(35 - 30) & ; 30 < x < 35 \\ 0 & ; x \leq 25 \text{ atau } x \geq 35 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 25 \\ (x - 30)/(35 - 30) & ; 25 < x < 30 \\ 1 & ; x \geq 30 \end{cases} \quad (3)$$

Data uji yang diberikan adalah 23,5 dalam waktu 40 menit nilai pembobotan pada variabel arus adalah sebagai berikut. Data ujia 23,5 Arus terhadap persamaan pada nomer 1, 2 dan 3. Sedangkan waktu 40 menit berdasarkan persamaan 4, 5 dan 6.



Gambar 7. Arus 23,5 Am

Maka hasil pembobotan arus adalah, uji coba pada menggunakan arus pada kategori rendah dengan nilai derajat keanggotaan sebagai berikut :

$$\mu_{rendah}(23) = 1$$

$$\mu_{normal}(23) = 0$$

$$\mu_{tinggi}(23) = 0$$

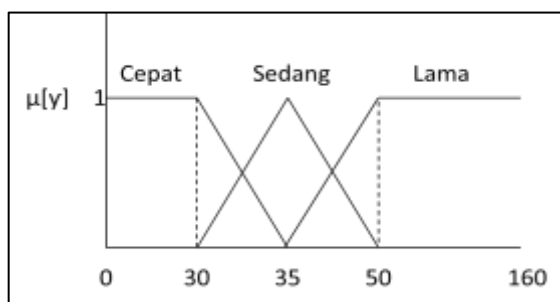
pada arus 23 amper tidak memiliki perpotongan pada nilai normal dan tinggi arus tersebut muttlak rendah.

2) Variabel Waktu Perubahan Arus

Waktu perubahan arus listrik digunakan untuk menjadi indikator perubahan arus berapa lama terjadi pada kurun waktu tertentu. Jika terjadi pada waktu yang lama maka perlu dilakukan pengecekan secara langsung terhadap unit. Perbaikan yang harus disegerakan.

Tabel 2. Fuzzifikasi Waktu Perubahan Arus

No	Rentang Arus	Tingkatan Fuzzy	Indeks
1	0 – 35 Menit	Cepat	Cp
2	30 – 55 Menit	Sedang	Sd
3	35 – 160 Menit	Lama	Lm



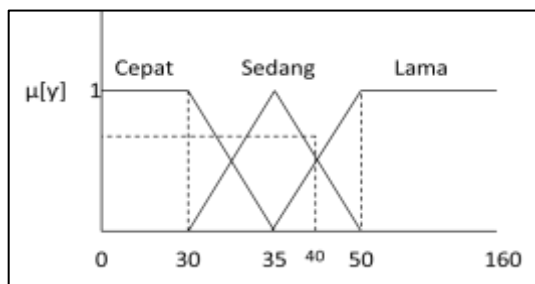
Gambar 8. Derajat Keanggotaan Variable Input Perubahan Arus

$$\mu_{Cepat}(y) = \begin{cases} 1 & ; 0 \leq y \leq 30 \\ (35 - y)/(35 - 30) & ; 30 < y < 35 \\ 0 & ; y \geq 35 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{Sedang}(y) = \begin{cases} (y - 30)/(35 - 30) & ; 30 < y < 35 \\ 1 & ; y = 35 \\ (50 - y)/(50 - 35) & ; 35 < y < 50 \\ 0 & ; y \leq 30 \text{ atau } y \geq 50 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{Lama}(y) = \begin{cases} 0 & ; y \leq 35 \\ (y - 35)/(160 - 35) & ; 35 < y < 160 \\ 1 & ; y \geq 160 \end{cases} \quad (6)$$

Dari derajat keanggotaan variabel input perubahan Arus dilakukan nilai uji coba waktu yaitu 40 menit dan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 9. Keanggotaan Variable Waktu 40 Menit

Nilai yang didapat dari derajat keanggotaan dari waktu 40 menit adalah sebagai berikut :

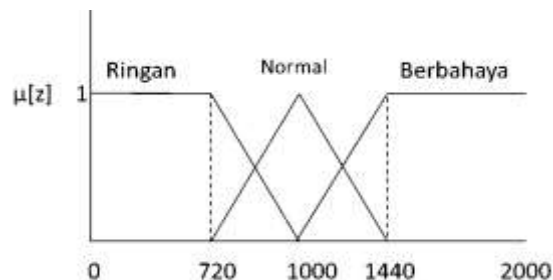
$$\begin{aligned} \text{Cepat}(40) &= 0 \\ \text{Sedang}(40) &= \frac{50-40}{50-35} = \frac{10}{15} = 0,666 \quad (10) \\ \text{Lama}(40) &= \frac{40-35}{50-35} = \frac{5}{15} = 0,333 \end{aligned}$$

3) Variabel waktu tindakan Preventive Maintenance

Variabel waktu ini digunakan untuk tindakan maintenance jika ringan hanya perlu perbaikan rutin, jika sedang perlu dilakukan predictive maintenance sedangkan jika berat perlu dilakukan perbaikan segera dengan menyiapkan peralatan yang dibutuhkan.

Tabel 3. Waktu Preventive Maintenance

No	Rentang Hours	Tingkatan Fuzzy	Indeks
1	0 – 1000 hours	Ringan	Rn
2	720 – 1440 hours	Sedang	Sd
3	1000 – 2000 hours	Berbahaya	Bb



Gambar 10. Derajat Keanggotaan Variabel Output Waktu Maintenance

$$\mu_{Ringan}(Z) = \begin{cases} 1 & ; 0 \leq y \leq 720 \\ (1000 - z)/(1000 - 720) & ; 720 < y < 1000 \\ 0 & ; y \geq 1000 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{Normal}(Z) = \begin{cases} (y - 720)/(1000 - 720) & ; 720 < y < 1000 \\ 1 & ; y = 1000 \\ (1440 - y)/(1440 - 1000) & ; 1000 < y < 1440 \\ 0 & ; y \leq 720 \text{ atau } y \geq 1440 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{Berbahaya}(Z) = \begin{cases} 0 & ; z \leq 1000 \\ (z - 1000)/(2000 - 1000) & ; 1000 < z < 2000 \\ 1 & ; z \geq 2000 \end{cases} \quad (9)$$

4) Inferensi rules Preventive Maintenance

Rules pada logika fuzzy dengan inferensi tsukamoto digunakan untuk melakukan analogi data secara linguistic yang selanjutnya rules ini dihubungkan menggunakan 3 hubungan atau konjungsi yaitu and, or dan not. Jika and nilai terkecil yang diambil, jika or nilai terbesar dan jika not $1 - \alpha$ predikat.[12] pola menentukan hubungan disesuaikan dengan konteks permasalahan yang dihadapi pada persoalan yang akan diselesaikan.

Tabel 4. Inferensi Rule FIS

No	Arus	Waktu	Maintenance
1	Rendah	Cepat	Rendah
2	Rendah	Sedang	Rendah
3	Rendah	Lama	Sedang
4	Normal	Cepat	Sedang
5	Normal	Sedang	Sedang
6	Normal	Lama	Sedang
7	Tinggi	Cepat	Sedang
8	Tinggi	Sedang	Berbahaya
9	Tinggi	Lama	Berbahaya

Tabel 5. Uji Inferensi Konjungsi AND Operator

No	Arus		Waktu		α	MP	
1	Rn	1	Cp	0	0	Rn	1000
2	Rn	1	Sd	0,66	0,66	Rn	475
3	Rn	1	Lm	0,33	0,33	Sd	812
4	Nr	0	Cp	0	0	Sd	1000
5	Nr	0	Sd	0,66	0	Sd	1000
6	Nr	0	Lm	0,33	0	Sd	1000
7	Tt	0	Cp	0	0	Sd	1000
8	Tt	0	Sd	0,66	0	Bb	1000
9	Tt	0	Lm	0,33	0	Bb	1000

5) Defuzzifikasi

$$Z = \frac{\alpha_1 \cdot z_1 + \alpha_2 \cdot z_2 + \alpha_3 \cdot z_3 + \alpha_4 \cdot z_4 + \alpha_5 \cdot z_5 + \alpha_6 \cdot z_6 + \alpha_7 \cdot z_7 + \alpha_8 \cdot z_8 + \alpha_9 \cdot z_9}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7 + \alpha_8 + \alpha_9}$$

$$\frac{(0.1000) + (0.66.475) + (0.33.812) + (0.1000) + (0.1000) + (0.1000)}{0 + 0,666 + 0,33 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0}$$

$$\frac{581,46}{1} = 581,46$$

2. Aplikasi Pemantau Waktu Maintenance

Pada sistem ini, perangkat lunak yang digunakan adalah Arduino IDE, MySQL dan PHP. Arduino IDE merupakan software yang digunakan untuk memogram ESP32 agar dapat membaca data dari sensor Arus serta meghubungkan dengan database MySQL melalui jaringan wifi yang sama serta menampilkan data pada web yang telah terhubung dengan database MySQL tampilan aplikasi tersebut di tunjukan pada gambar 11 berikut :



Gambar 11. Sistem Monitoring Arus Sluge Separator

ESP32 yang dijadikan *master control unit* (MCU) memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah memiliki processor 32 bit, memiliki memory ROM dan dapat dipogram hapus sebanyak 1000 kali pernyataan ini didasarkan oleh penelitian yang dilakukan oleh [13] pengujian performa ESP 32 untuk mendeteksi citra gambar berdasarkan kualitas nya, memberikan kesimpulan bahwa ESP32 dapat digunakan sebagai alat deteksi objek hanya jika kamera diam, dalam pencahayaan yang cukup dan hanya bertugas mendeteksi objek berukuran besar. Kecepatan deteksi adalah 3 sampai 4 detik per frame.

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah logika fuzzy dengan inferensi tsukamoto dapat digunakan untuk melakukan prediksi dan pejadwalan perbaikan dari unit sluge separator yang ada pada stasiun permurnian berikut adalah tabel uji sistem monitoring menggunakan sensor arus dan ESP32 sebagai master kontrol unit.

Tabel 6. Hasil Pengujian

No	Arus		Waktu		MP	Status
1	10	Rn	20	Cp	1274	Ringan
2	15	Rn	30	Cp	1280	Ringan
3	20	Nr	40	Sd	1440	Normal
4	25	Nr	50	Sd	1440	Normal
5	35	Tt	75	Sd	1674	Berbahaya
6	45	Tt	80	Cp	1774	Berbahaya
7	50	Tt	90	Cp	1878	Berbahaya

Dari tabel 6 didapatkan data prediksi angka yang dilakukan pada status ringan perhitungan waktu dan penggunaan arus masih relative kecil berskisar antara 10 sampai dengan 15 Amper sedangkan jika penggunaan arus sudah beranjak dari 15 amper sampai ke 25Amper maka status perbaikan masih normal. Sedangkan pada perubahan arus dari 30 – 50 Amper hal ini dapat terjadi jika pergerseran poros sluge separator lebih dominan dapat dikategorikan perbaikan harus segera dilakukan.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian tentang sistem monitoring arus dan waktu kerja mesin *sluge separator*, menggunakan sensor arus dengan SCT013 berbasis MCU ESP32 maka aplikasi ini dapat dijadikan sebagai acuan *maintenance preventive* dan *predictive* dengan menggunakan metode logika fuzzy tsukamoto pada sistem *microcontroller* yang telah dilakukan uji coba menunjukan bahwa komponen yang digunakan pada *prototype* bekerja dengan menghasilkan jadwal perbaikan sesuai dengan ketentuan penggunaan mesin tersebut. preventif dan prediktif sesuai yang diharapkan, dan metode fuzzy tsukamoto yang diterapkan sebagai perhitungan sistem dapat bekerja sesuai yang di harapkan.

Model pemantauan pada perubahan arus listrik terhadap alat yang digunakan dipabrik kelapa sawit dapat diterapkan pada semua mesin yang menggunakan motor listrik sebagai komponen utama penggerak nya. Jika semua motor listrik yang dipasang pada pabrik kelapa sawit dalam kondisi baik potensi rugi rudi daya dan daya cadangan tidak akan dipergunakan. Namun bukan hanya motor listriknya yang perlu diperhatikan tapi mekanikal yang diputar oleh motor listrik apakah normal, center dan simetris. Jika tidak normal tidak center dan simetris maka terjadi pergesekan inilah yang membuat perubahan arus pada motor listrik.

Daftar Rujukan

- [1] Fauziati, Hermanto, and Fitriani, "Peluang Minyak Mentah Sawit Sebagai Bahan Sediaan Farmasi Opportunities For Crude Palm Oil Pharmaceutical Preparations," *J. Ris. Teknol. Ind.*, pp. 314–324, 2019.

-
- [2] A. Nasution, M. A. Nasution, M. Rivani, H. Lydiasari, and A. Wulandari, "Kajian Komparasi Kinerja Sludge Separator Dan Dekanter 3 Fasa Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Comparison Study of Sludge Separator and 3 Phase Decanter Performance in Palm Oil Mill (POM)," vol. 30, no. 1, pp. 1–14, 2022.
- [3] Kartiria, Erhaneli, and Sitti Amalia, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Arus 3-Phasa Menggunakan Sensor SCT-013 berbasis Mikrokontroler Arduino," *J. Tek. Elektro Inst. Teknol. Padang*, vol. 10, no. 2, pp. 71–76, 2021.
- [4] M. Widyantoro, A. Munawir, U. Bhayangkara Jakarta Raya, J. Perjuangan, and M. Mulya Bekasi, "Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Stationery Spot Welding," vol. 7, no. 2, pp. 1–5, 2021.
- [5] A. Masnur and M. K. Anam, "RABIT : Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab Volume 4 No . 1 | Januari 2019 : 1-7 ISSN CETAK : 2477-2062 ISSN ONLINE : 2502-891X Implementasi Logika Fuzzy Dengan Inferensi Tsukamoto Pada Deteksi Kegagalan Sistem Transfer Cake Breaker Conveyor (C," vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2019.
- [6] S. Sunaryo, J. Japri, Y. Yuhelson, and L. Hakim, "Implementasi RCM pada mesin diesel Deutz 20 kVA," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 1, 2021, doi: 10.24127/trb.v10i1.1451.
- [7] A. Kurnia Pratama, E. Zondra, and H. Yuvendius, "Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Phasa Akibat Perubahan Tegangan," *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 35–43, 2020.
- [8] F. Addawami and A. Y. Wibisono Putra, "Sistem Kerja Rangkaian Kontrol Star Delta Pada Motor 3 Fasa," *J. Tek. Mesin, Ind. Elektro Dan Inform.*, vol. 1, no. 4, pp. 56–65, 2022, doi: 10.55606/jtmei.v1i4.793.
- [9] R. P. Prasetya, "Implementasi Fuzzy Mamdani Pada Lampu Lalu Lintas Secara Adaptif Untuk Meminimalkan Waktu Tunggu Pengguna Jalan," *J. Mnemon.*, vol. 3, no. 1, pp. 24–29, 2020, doi: 10.36040/mnemonic.v3i1.2526.
- [10] R. Adriman, M. Asfianda, A. A, and Y. Away, "Sistem Embedded Cerdas Menggunakan Logika Fuzzy Untuk Efisiensi Konsumsi Energi Listrik," *J. Ilm. Tek. Elektro Komput. dan Inform.*, vol. 4, no. 1, p. 58, 2018, doi: 10.26555/jiteki.v4i1.9945.
- [11] F. Dristyan, Y. Apridonal, and M. Meri, "Analisis Kepuasan Siswa Terhadap Pelayanan Program Studi Menggunakan Logika Fuzzy (Studi Kasus: STMIK Royal Kisaran)," *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 389–395, 2022, doi: 10.37859/coscitech.v3i3.4271.
- [12] W. Buana, "Penerapan Fuzzy Mamdani Untuk Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Telepon Seluler," *Edik Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 138–143, 2017, doi: 10.22202/ei.2015.v2i1.1455.
- [13] A. Noerifanza, "Analisa Kelayakan Modul Esp32 Sebagai Kamera untuk Pengenalan Objek Sehari-hari," *J. Comput. Electron. Telecommun.*, vol. 3, no. 2, 2022, doi: 10.52435/complete.v3i2.263.
-