

Sistem Pengolahan Data Produksi Berbasis SCADA Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dilengkapi dengan Fuzzy Decision Pada Automatic Filling Bottle Machine

Sherly Prastica Della¹, Adianto², Didik Sukoco³

¹²³Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

E-mail : sherlyprastica@student.ppns.ac.id

Abstrak

Peningkatan produksi pada industri sangatlah penting untuk memenuhi *demand* atau permintaan konsumen. OEE atau singkatan dari *Overall Equipment Effectiveness* merupakan sebuah metode yang sering digunakan pada industri untuk menganalisa kegiatan produksi. Namun, penggunaan OEE di beberapa industri masih dilakukan secara manual. Oleh karena itu, penulis merancang sebuah sistem pengolahan data produksi menggunakan metode OEE yang dilengkapi dengan metode *Fuzzy* dalam pengambilan keputusannya berdasarkan 3 kategori OEE (*Availability*, *Performance*, *Quality*). Sistem ini diterapkan pada mesin *Filling bottle* otomatis. *Human Machine Interface* dirancang dalam bentuk *Website* sebagai *interface* dalam memantau data. Pada sistem ini dirancang juga sebuah komunikasi *Modbus TCP/IP* menggunakan *python* antara PLC sebagai Server dengan PC sebagai Client. Pada penelitian ini, akurasi perhitungan OEE yang dirancang yaitu sebesar 99,836 % dengan *error average* sebesar 0,163531322 %. Sedangkan *fuzzy decision* yang telah dirancang memiliki akurasi sebesar 99,897 % dengan *error average* sebesar 0,103 %. Sistem komunikasi *Modbus TCP/IP* antara PLC dengan PC dapat bekerja dengan baik dan dapat menampilkan data pada *website* secara *real-time* serta data-data tersebut telah tersimpan pada *database*. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat membantu *manager* produksi dalam menganalisa kegiatan produksi.

Kata Kunci : *Fuzzy Decision*, *Modbus TCP/IP*, *Overall Equipment Effectiveness*, PLC, SCADA

1. PENDAHULUAN

Penerapan SCADA di industri sangat membantu dalam kegiatan *troubleshooting*. Sehingga dengan begitu kinerja kegiatan produksi menjadi baik dan juga efisien [1].

Peningkatan produktivitas dari sebuah industri sangatlah penting untuk mencapai keberhasilan permintaan atau *demand* pada suatu perusahaan. Namun pada kenyataannya, kurang baiknya fasilitas produksi pada suatu industri menjadi salah satu mayoritas problematika yang menyebabkan aktivitas produksi terganggu [2]. *Six Big Losses*, merupakan suatu hal yang harus dihindari oleh setiap industri. *Six Big Losses* ini terdiri dari *unplanned stops*, *planned stops*, *small stops*, *slow cycle*, *production reject* dan *startup rejects*.

OEE yang merupakan singkatan dari *Overall Equipment Effectiveness* merupakan salah satu metode yang sering digunakan oleh industri untuk mengatasi permasalahan pada proses produksi. Dengan adanya metode ini keefektifitasan penggunaan atau pemanfaatan suatu mesin, peralatan, waktu serta material

dalam sebuah sistem operasi dapat diketahui. Namun pada kenyataannya, penggunaan OEE di industri masih dilakukan secara manual.

Dari latar belakang tersebut, penulis memiliki inovasi untuk membuat sebuah sistem SCADA yang dilengkapi dengan sistem pengolahan data menggunakan metode OEE. Sistem pengolahan data tersebut akan diimplementasikan pada sistem *Filling bottle* otomatis dengan memanfaatkan beberapa sensor dan aktuator yang terintegrasi ke *controller* berupa PLC. *Output* dari perhitungan otomatis ini akan dapat dilihat langsung hasil persentasenya. Selain itu, hasil perhitungan dari 3 variabel penyusun OEE yaitu *Performance*, *Availability*, dan *Quality* akan diproses menggunakan metode *Fuzzy* untuk melihat kategori keberhasilannya sesuai dengan standar nilai OEE. Hasil pengolahan data ini nantinya akan dapat diakses secara *real time* melalui HMI berupa *Website* oleh *user* di suatu industri menggunakan komunikasi *Modbus TCP/IP*.

Penelitian ini akan berfokus pada perancangan sistem SCADA untuk

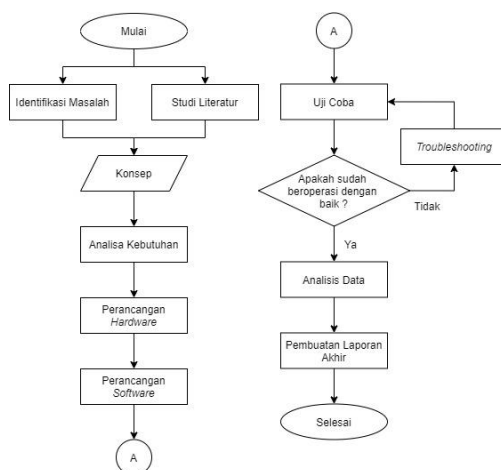
perhitungan OEE secara otomatis dan pengambilan keputusan kategori OEE menggunakan metode *fuzzy*. Sistem ini diterapkan pada *automatic filling bottle machine*.

Automatic filling bottle machine yang dirancang merupakan sebuah *prototype* untuk botol berukuran 500 ml dengan berat tetap pengisian sebesar 388 gram bertoleransi $\pm 10\%$.

Keluaran dari penelitian ini diharapkan dapat membantu *manager* industri dalam menganalisa kegiatan produksi.

2. METODE

Sistematika alur penelitian ini direpresentasikan pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.6 Flowchart Alur Penelitian

Berdasarkan *flowchart* alur penelitian pada gambar diatas, penjelasan secara rinci dijelaskan pada sub-bab berikut:

2.1 Studi Literatur

Pada tahap ini, studi literatur meliputi mempelajari, memahami dan menganalisa materi yang terkait dengan penelitian ini, seperti komunikasi *Modbus TCP/IP* [3], Teori OEE [4], Teori *fuzzy* [5], konsep dasar *load cell* [6] dan PLC Siemens S7-1200 yang merupakan materi penting pada penelitian ini. Pencarian referensi terkait didapatkan berdasarkan jurnal, *proceeding*, buku, *datasheet* dan beberapa sumber penelitian sebelumnya [7], [8] yang membahas tentang pentingnya eneraan metode OEE dan implementasi FIS dan NN dalam perhitungan OEE.

2.2 Observasi

Pada tahap ini dilakukan observasi atau studi lapangan dengan melakukan eksplorasi kepustakaan. Permasalahan yang terjadi pada suatu perusahaan manufaktur menyebabkan penulis menetapkan untuk melakukan penelitian ini sebagai langkah atau solusi dalam mengatasi permasalahan tersebut. Permasalahan tersebut telah di jelaskan pada *point* 1 yaitu pada pendahuluan.

2.3 Analisa Kebutuhan

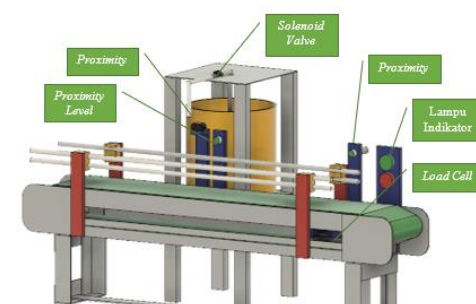
Pada tahap ini, dilakukan analisa kebutuhan sistem. Analisa kebutuhan sistem ini meliputi pendataan komponen-komponen pembangun sistem yang akan dibuat. Komponen tersebut tertera pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Komponen yang Digunakan

<i>Hardware</i>	<i>Software</i>
PLC S7-1200	<i>Visual Studio Code</i>
PC	TIA Portal V15
Sensor <i>Proximity</i>	XAMPP
Motor DC (Motor conveyor)	Matlab
Motor Pompa	
<i>Solenoid Valve</i>	
<i>Load Cell</i>	
<i>Belt Conveyor</i>	
Lampu Indikator	

2.4 Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* meliputi pembuatan desain alat yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem beserta perancangan *wiring* dari seluruh komponen yang digunakan. Pada **Gambar 2.2** merupakan desain alat beserta peletakkan komponen yang digunakan pada *Automatic Filling Bottle Machine*.

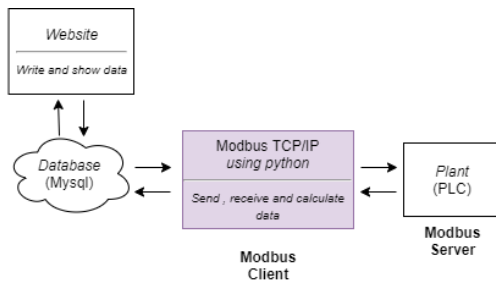


Gambar 2.7 Desain Hardware

2.5 Perancangan Software

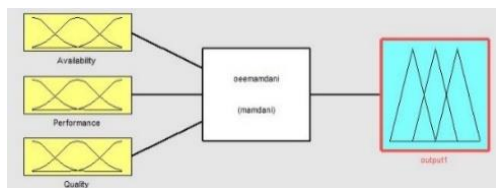
Perancangan *software* meliputi pembuatan sistem SCADA dan HMI berupa *website*. Secara sederhana diagram alur proses komunikasi direpresentasikan pada **Gambar**

2.3 berikut.



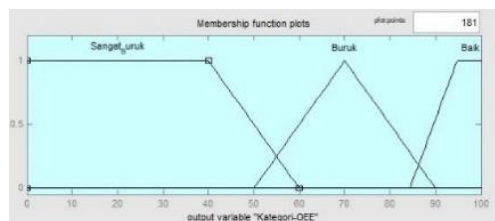
Gambar 2.3 Diagram Blok Sistem Komunikasi

Selain itu, meliputi juga perancangan sistem menggunakan metode OEE dan metode *Fuzzy*. Metode *Fuzzy* yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *Mamdani* dengan jenis defuzzifikasi *centroid*. Berdasarkan **Gambar 2.4** *Fuzzy* pada sistem ini memiliki 3 *Input* yaitu *Avaibility Rate (A)*, *Performance Rate (P)* dan *Rate of Quality (R)* dengan jumlah *membership* di setiap *Input* berjumlah 3. Sedangkan *Output* pada sistem ini berjumlah 1 *Output* yang memiliki 3 *membership* berisikan kategori OEE.

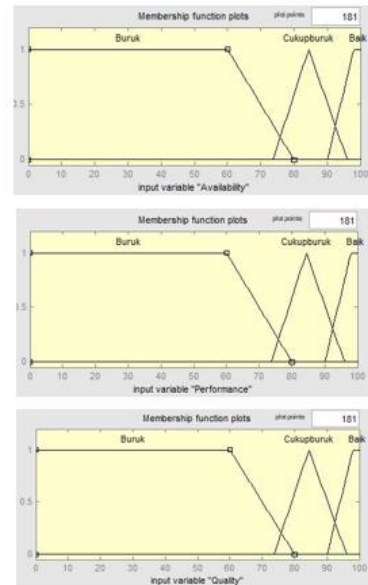


Gambar 2.4 Diagram Blok Input dan Output Fuzzy

Gambar 2.5 merupakan grafik *output fuzzy*. Sedangkan, **Gambar 2.6** merupakan grafik *input fuzzy*



Gambar 2.6 Grafik Output Fuzzy



Gambar 2.7 Grafik Input Fuzzy

2.6 Uji Coba

Pada tahap ini dilakukan pengujian produk dengan mengoperasikan keseluruhan sistem. Dari proses ini diperoleh data performa kegiatan produksi. Jika belum sesuai, akan dilakukan *troubleshooting* untuk mengetahui asal kegagalan tersebut sebelum dilakukan perbaikan. Pengujian yang dilakukan pada tahap ini meliputi pengujian *sequence* alat saat berjalan, pengujian keakuratan perhitungan OEE, pengujian *fuzzy decision* dan pengujian komunikasi.

2.7 Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan analisis data dari data-data yang telah diperoleh pada tahap uji coba. Hasil analisa data pada tahap ini akan digunakan untuk menarik kesimpulan dari penelitian ini.

2.8 Pembuatan Laporan Akhir

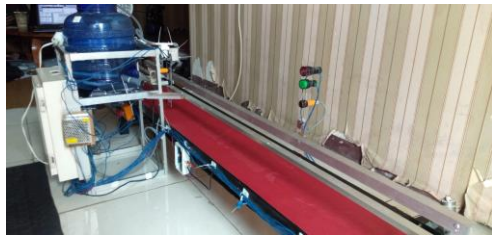
Penyusunan laporan akhir bertujuan sebagai bentuk tanggung jawab dan otentik atas terselenggaranya penelitian ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Hardware

Perancangan *Hardware* pada penelitian ini meliputi perancangan mekanik untuk sistem *Automatic Filling Bottle Machine*. Peletakkan sensor dan aktuator pada perancangan mekanik ini telah disesuaikan dengan kebutuhan penelitian ini. **Gambar 3.1** merupakan tampak keseluruhan sistem *Automatic Filling Bottle Machine* yang digunakan sebagai objek

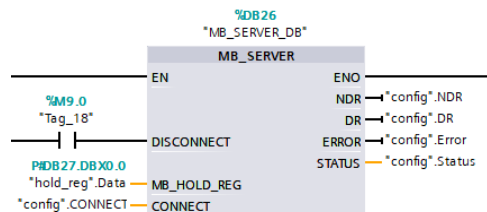
penelitian ini.



Gambar 3.1 Penampakan *Hardware*

3.2 Perancangan SCADA

Pada penelitian ini, penulis menggunakan PLC Siemens S7-1200 CPU 1212C AC/DC/RLY sebagai kontroller yang akan mengontrol setiap pergerakan proses *Filling*. Konfigurasi Modbus Server pada PLC ditunjukkan pada **Gambar 3.2** dan **Gambar 3.3** berikut.



Gambar 3.3 *Ladder Diagram Modbus Server*

config (snapshot created: 6/18/2021 2:52:10 PM)

Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Write...	Visible in ...	Setpoint
CONNECT	Bool	False					
Interface	Interface						
ID	Byte	1					
ConnectionType	Byte	11					
ActiveEstablished	Bool	False					
RemoteAddress	IP_V4						
ADDR	Array(1..4) of Byte						
ADDR[1]	Byte	192					
ADDR[2]	Byte	168					
ADDR[3]	Byte	0					
ADDR[4]	Byte	5					
RemotePort	UInt	0					
LocalPort	UInt	502					
NDR	Bool	False					
DR	Bool	False					
Error	Bool	False					
Status	Word	16#0					

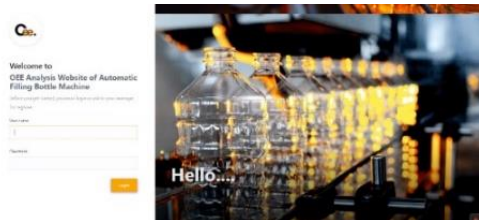
Gambar 3.4 Konfigurasi *Modbus Server*

Komunikasi yang diterapkan pada sistem ini menggunakan *Modbus TCP/IP* dengan PLC sebagai *server* dan PC (*library python Modbuspy*) sebagai *client*. Pada komunikasi ini digunakan alamat *Holding Register* yang berfungsi sebagai alamat untuk mengirimkan dan menerima data pada *plant* menuju *website* dan sebaliknya. Pada **Tabel 3.1** berikut merupakan alamat *Holding Register* yang digunakan pada *library python*.

Tabel 3.1 Alamat *Holding Register*

No	Alamat <i>Holding Register</i>	Data
1.	40001-40004	Pembacaan data waktu <i>loading time</i>
2.	40005-40008	Pembacaan data waktu <i>cycle time</i>
3.	40009-40012	Pembacaan data waktu <i>downtime</i>
4.	40013-40016	Pembacaan data <i>good product</i>
5.	40017-40020	Pembacaan data <i>actual Output</i>

Perancangan *interface Website* bertujuan untuk memudahkan *user* dalam *monitoring* dan *controlling*. *Website* pada penelitian ini dirancang menggunakan *framework Code Igniter 4*. *Website* yang telah dirancang terdapat 3 bagian yang terdiri dari halaman *login*, halaman *monitoring* dan *controlling* data serta halaman *database* yang akan menampilkan keseluruhan data secara *real-time*. Berikut merupakan halaman yang terdapat pada *interface website* yang telah dibuat.



Gambar 3.5 Halaman *Login*



Gambar 3.6 Halaman *Insert Data*



Gambar 3.7 Halaman Monitoring

Gambar 3.8 Halaman Database

3.3 Pengujian Perhitungan OEE

Pada pengujian OEE akan dilakukan perbandingan data antara perhitungan OEE manual dengan perhitungan OEE pada sistem dengan data yang sama. Pada perhitungan manual digunakan persamaan berikut.

$$A (\%) = \frac{OT}{LT} \times 100 \% \\ = \frac{LT-DT}{LT} \times 100\% \quad (3.1)$$

$$P (\%) = \frac{CT \times AO}{OT} \times 100 \% \\ = \frac{CT \times AO}{LT-DT} \times 100\% \quad (3.2)$$

$$Q (\%) = \frac{GO}{AO} \times 100 \% \quad (3.3)$$

Keterangan :

Operating Time (OT) : Waktu mesin beroperasi yang didapatkan dari hasil pengurangan *Loading Time* dengan *Downtime*. (menit)

Loading Time (LT) : Waktu yang tersedia (menit)

Downtime (DT) : Waktu ketika mesin berhenti beroperasi (*setup* dan *adjustment*) (menit)

Actual Output (AO) : Jumlah unit yang diproduksi (unit)

Standar Output (SO) : Didapatkan dari hasil pengurangan *operating time (OT)* dengan *cycle time*. (unit/menit)

Cycle Time (CT) : Waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi 1 unit. (menit)

Good Output (GO) : Jumlah produk yang berhasil. Didapatkan dari hasil pengurangan *Actual Output (AO)* dan produk yang gagal. (unit)

Tabel 3.2 merupakan data-data yang telah dikolektif untuk digunakan sebagai acuan data dalam pengujian perhitungan OEE ini dan **Tabel 3.3** merupakan data pengujian keakuratan perhitungan OEE pada sistem

Tabel 3.24 Data Acuan Pengujian Perhitungan OEE

No	Data				
	<i>Loading Time (Menit)</i>	<i>Cycle Time (Menit)</i>	<i>Downtime (Menit)</i>	<i>Good Output</i>	<i>Actual Product</i>
1.	100	1	20	36	50
2.	90	1	8	78	80
3.	60	1.5	10	27	30
4.	30	1.25	2	12	15
5.	17	0.41666	0.566666667	30	30
6.	25	0.5	1	43	45

Tabel 3.3 Data Pengujian Keakuratan Perhitungan OEE

No	Data yang Digunakan Pada Tabel 3.2	OEE (Manual) (%)	OEE (Sistem) (%)	Error (%)
1.	Data 1	36	36.09625668	0.267379679
4.	Data 2	86.66666667	87.05357143	0.446428571
7.	Data 3	67.5	67.5	0
10.	Data 4	50	50	0
13.	Data 5	73.52941176	73.52941176	0
16.	Data 6	86	86.22994652	0.2666666
Rata-rata Error OEE (%)				0.163412475

Dari hasil perbandingan **Tabel 3.3** dapat disimpulkan secara keseluruhan perhitungan OEE pada sistem sudah cukup akurat dan dapat berjalan dengan baik dengan persentase *error* sebesar 0,163531322 %.

3.4 Pengujian Fuzzy Decision

Pada pengujian *Fuzzy Decision* akan dilakukan perbandingan hasil *Fuzzy* antara perbandingan hasil *Fuzzy* menggunakan *Toolbox Fuzzy* pada *software* Matlab dengan hasil *Fuzzy* pada sistem menggunakan *library python*. **Tabel 3.4** merupakan tabel

perbandingan hasil pengujian *Fuzzy Decision* antara perhitungan Matlab dengan sistem yang telah dibuat menggunakan *library Python* dan juga dilakukan perbandingan *Fuzzy* pada sistem dengan *Fuzzy* perhitungan manual untuk melihat tingkat akurasi *Fuzzy* yang dirancang pada sistem.

Dari data pengujian pada tabel dibawah dapat disimpulkan bahwa *Fuzzy Decision* yang telah dirancang menggunakan *library Python* pada penelitian ini sudah cukup akurat. Hal tersebut dikarenakan rata-rata *error* yang didapatkan dalam pengujian ini yaitu sebesar 0,103 %.

Tabel 3.4 Data Perbandingan Pengujian Fuzzy Decision Sistem dengan Matlab

No	Data (Input Fuzzy)			Output Fuzzy (Matlab)	Output Fuzzy (Sistem)	Error (%)
	Availability	Performance	Quality			
1.	79.946	62.709	72.0	27.8 (Sangat Buruk)	28.04288 (Sangat Buruk)	0.866
2.	91.071	98.039	97.5	93.5 (Baik)	93.226 (Baik)	0.293
3.	83.333	90.0	90.0	70 (Buruk)	70 (Buruk)	0
4.	93.333	66.964	80.0	37.9 (Sangat Buruk)	38.188 (Sangat Buruk)	0.756
5.	96.666	76.064	100.0	76.8 (Buruk)	76.526 (Buruk)	0.357
6.	95.989	94.011	95.555	89.4 (Baik)	89.088 (Baik)	0.349
Rata-rata Error (%)						0.103

Tabel 3.5 merupakan tabel perbandingan perhitungan *fuzzy* secara manual dengan perhitungan *fuzzy* pada sistem. Berdasarkan perbandingan *fuzzy* tersebut, *fuzzy* pada sistem

yang dirancang pada Tugas Akhir ini dapat dikatakan cukup akurat dalam mengambil keputusan hasil OEE. Hal tersebut dikarenakan *error* yang didapatkan hanya sebesar 0,32 %.

Tabel 3.5 Data Perbandingan Pengujian Fuzzy Decision Sistem dengan Perhitungan Manual Fuzzy

No	Data (Input Fuzzy)			Output Fuzzy (Manual)	Output Fuzzy (Sistem)	Error (%)
	Availability	Performance	Quality			

1.	79.946	62.709	72.0	28,055 (Sangat Buruk)	28.04288 (Sangat Buruk)	0.04
2.	91.071	98.039	97.5	93,22 (Baik)	93.22 (Baik)	0
3.	83.333	90.0	90.0	70 (Buruk)	70 (Buruk)	0
4.	93.333	66.964	80.0	38,75 (Sangat Buruk)	38.188 (Sangat Buruk)	1,45
5.	96.666	76.064	100.0	76,55 (Buruk)	76.526 (Buruk)	0,03
6.	95.989	94.011	95.555	88,715 (Baik)	89.088 (Baik)	0.4
Rata-rata Error (%)						0.32

3.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada pengujian ini dilakukan selama 3 kali percobaan dengan jumlah *Output* yang berbeda dan berat isi botol yang sama. **Tabel 3.6** merupakan tabel data OEE yang diperoleh secara *real time* dari sistem yang dijalankan. Berdasarkan tabel dibawah dapat disimpulkan

bahwa sistem yang dirancang memiliki kinerja yang cukup buruk. Hal tersebut dikarenakan hasil OEE menunjukkan persentase yang kurang dari 85% yang merupakan nilai minimum OEE yang memiliki kinerja yang baik [9].

Tabel 3.6 Data Pengujian Keseluruhan Sistem

No	Berat (Gram)	Jumlah Input Botol	Availability (%)	Performance (%)	Quality (%)	OEE (%)	Fuzzy Decision
1.	388	30	96.4516	85.2843	83.33	69.33 (Buruk)	70 (Buruk)
2.		50	97.125	92.911	88.0	79.41 (Buruk)	78.5 (Buruk)
3.		70	98.463	84.397	92.857	77.2 (Buruk)	77.9 (Buruk)

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat di ambil yaitu sebagai berikut.

- Dari pengujian keseluruhan, sistem yang telah dirancang pada Tugas Akhir ini memiliki nilai OEE yang buruk. Namun, hal tersebut bukanlah hasil yang tetap, baik ataupun buruk nilai OEE tergantung pada kondisi *Plant* saat pengujian.
- Komunikasi *Modbus TCP/IP* menggunakan program *python* telah berjalan dengan baik serta HMI berupa *Website* telah dapat menampilkan data sesuai dengan kondisi *Plant* sebenarnya secara *real-time* dan data tersebut telah dapat tersimpan pada *Database. Library python (Modbuspy)* yang digunakan untuk komunikasi *Modbus TCP/IP* pada sistem

ini menggunakan alamat *Holding Register* yaitu 40001-40020.

- Perhitungan OEE pada sistem ini memiliki *error* sebesar 0.163412475 % terhadap perhitungan OEE manual dan *error* pada *Fuzzy Decision* yaitu sebesar 0,103 %. Hal ini dapat disimpulkan bahwa perhitungan
- OEE dan *Fuzzy Decision* pada sistem ini telah bekerja dengan baik.

4.2 Saran

Dalam pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dan dikembangkan lagi untuk penelitian selanjutnya yaitu pemilihan *membership function* pada penerapan *fuzzy decision* yang lebih akurat dan tepat sangat disarankan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. H. Hadi and M. Y. Sallom, "Pneumatic Control System of Automatic Production Line Using SCADA Implement PLC," in *4th Scientific International Conference Najaf, SICN 2019*, Apr. 2019, pp. 37–42, doi: 10.1109/SICN47020.2019.9019356.
- [2] D. H. Triwardani, A. Rahman, C. Farela, and M. Tantrika, "ANALISIS OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) DALAM MEMINIMALISASI SIX BIG LOSSES PADA MESIN PRODUKSI DUAL FILTERS DD07 (Studi kasus: PT. Filtrona Indonesia, Surabaya, Jawa Timur) ANALYSIS OF OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS TO REDUCE SIX BIG LOSSES ON PRO," vol. 07, pp. 379–391.
- [3] K. Wang, D. Peng, L. Song, and H. Zhang, "Implementation of Modbus communication protocol based on ARM Coretx-M0," in *Conference Proceedings - 2014 International Conference on System Science and Engineering, ICSSE 2014*, Jul. 2014, pp. 69–73, doi: 10.1109/ICSSE.2014.6887907.
- [4] R. Ramlan, Y. Ngadiman, S. S. Omar, and A. M. Yassin, "Quantification of machine performance through Overall Equipment Effectiveness," *2nd Int. Symp. Technol. Manag. Emerg. Technol. ISTMET 2015 - Proceeding*, pp. 407–411, 2015, doi: 10.1109/ISTMET.2015.7359068.
- [5] M. Y. H. Setyawan and M. F. Nikica, *Monograf Pengendalian Anggaran Dengan Metode Fuzzy Logic Sugeno Dan Fuzzy Logic Mamdani Dan Implementasinya Pada Aplikasi Web*. 2020.
- [6] D. Priyo Sasmoko, "ALAT PENGHITUNG BERAT BADAN MANUSIA DENGAN STANDART BODY MASS INDEX (BMI) MENGGUNAKAN SENSOR LOAD CELL BERBASIS ARDUINO MEGA 2560 R3," *GEMA Teknol.*, vol. 18, no. 3, pp. 100–104, 2015, Accessed: Dec. 21, 2020. [Online]. Available: https://ejournal.undip.ac.id/index.php/gema_teknologi/article/view/21931/14651.
- [7] K. Krachangchan and N. Thawesaengskulthai, "Loss time reduction for improve Overall Equipment Effectiveness (OEE)," in *2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2018*, Jun. 2018, pp. 396–400, doi: 10.1109/IEA.2018.8387132.
- [8] M. F. Sari and S. A. Darestani, "Fuzzy overall equipment effectiveness and line performance measurement using artificial neural network," *J. Qual. Maint. Eng.*, vol. 25, no. 2, pp. 340–354, 2019, doi: 10.1108/JQME-12-2017-0085.
- [9] Leanproduction.com, "OEE Measures Improvements in Productivity." <https://www.leanproduction.com/oe.html> (Diakses pada 21 Desember 2020).