

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUJI KEBOCORAN BOTOL PLASTIK BERBASIS PLC SECARA *ONLINE*

Rizky Laila Maghfiroh¹, Yuning Widiarti², Isa Rachman³

¹²³Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

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

Abstrak

Pada perusahaan penghasil kemasan botol, perusahaan harus memastikan bahwa kemasan botol yang telah diproduksi tidak mengalami kecacatan seperti kebocoran. Oleh karena itu, dirancang sebuah sistem yang dapat mendeteksi kebocoran dari kemasan botol plastik hanya dalam waktu 4 detik untuk sekali proses pengujian, dilengkapi dengan sistem analisa *Total Productive Maintenance* (TPM) menggunakan perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Sensor *pressure transmitter* TPS20-G22F8 pada sistem ini memiliki tingkat akurasi sebesar 100% dalam mengidentifikasi tekanan pada botol bocor maupun tidak. Sistem ini memanfaatkan *Programmable Logic Controller* (PLC) sebagai *controller* dan dilengkapi dengan *Human Machine Interface* (HMI). Sistem yang telah dirancang memiliki persentase nilai OEE sebesar 86,84 % dengan persentase *Availability* sebesar 90,54 %, *Performance of efficiency* sebesar 98,11 % dan *Rate of quality product* sebesar 97,85 %. Tingkat akurasi perhitungan tersebut sebesar 99,99 % terhadap perhitungan manual dalam 12 kali pengujian. Keluaran dari penelitian ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam *quality control* botol secara otomatis dan mempermudah dalam analisa efektivitas mesin.

Kata Kunci : *Leak Test, Overall Equipment Effectiveness* (OEE), PLC, Sistem Monitoring

1. PENDAHULUAN

Perusahaan penghasil kemasan botol sangat dianjurkan untuk memastikan bahwa botol tidak mengalami kerusakan. Kerusakan pada kemasan botol biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya dapat diakibatkan oleh kurangnya perawatan atau perbaikan yang tidak berkelanjutan, material yang digunakan dalam pembuatan botol dan lingkungan industri itu sendiri. Selain itu, kelalaian manusia dalam menjalankan tugasnya dapat mengakibatkan kecacatan umum yang biasa terjadi pada botol seperti lubang dan retakan kecil. Sebagai contoh, pada PT. Melsaf Perkasa Indonesia uji kebocoran botol masih dilakukan secara manual. Pada kenyataannya kebocoran dan keretakan tersebut sulit dikenali oleh mata manusia, sehingga hal tersebut tidak dapat dibiarkan begitu saja dikarenakan botol yang rusak menyebabkan hilangnya air, minyak, dan juga dapat mengakibatkan kerusakan pada produk yang ada didalam botol itu sendiri, seperti berubahnya warna, rasa, dan yang lainnya [1].

Selain itu, Tingkat efektivitas suatu produksi sangat mempengaruhi keberlangsungan suatu perusahaan. *Total Productive Maintenance* (TPM) merupakan metode penting dalam menghindari

kemungkinan dari kerugian yang mungkin ditimbulkan oleh beberapa faktor yaitu *Six Big Losses* yang harus dihindari oleh semua perusahaan untuk menghindari kerugian. *Six Big Losses* terdiri dari *unplanned stops, planned stops, small stops, slow cycle, production reject* dan *startup rejects*. Adapun juga metode 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.

Dari latar belakang tersebut, penulis memiliki inovasi merancang alat pengujian kebocoran botol plastik secara otomatis dengan menggabungkan beberapa sensor diantaranya yaitu sensor *photoelectric* dan *pressure transmitter* yang terintegrasi dengan *controller* berupa *Programmable Logic Controller* (PLC) dan dilengkapi dengan perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mengetahui persentase efektivitas alat pengujian kebocoran botol plastik ini, serta hasil pengolahan data ini nantinya akan dapat diakses secara real time melalui *Human Machine Interface* (HMI) oleh user di industri.

Sistem ini dapat menguji kebocoran dengan waktu kurang lebih 4 detik.

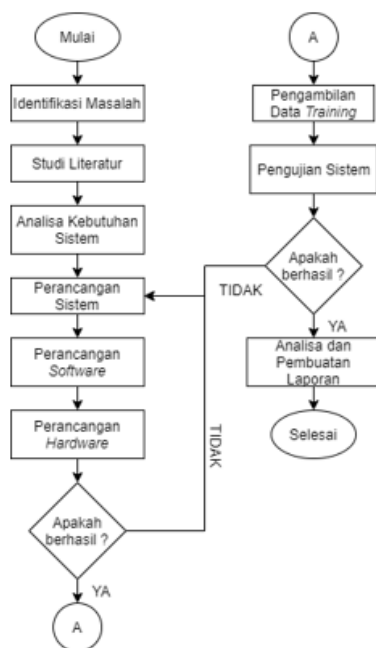
Penelitian ini akan berfokus pada perancangan sistem pendeteksi kebocoran botol secara otomatis yang terintegrasi dengan HMI menggunakan komunikasi serial (modbus) dan sistem perhitungan OEE dilengkapi dengan analisa TPM.

Sistem pendeteksi kebocoran ini akan diuji keakuratannya menggunakan 3 jenis botol berukuran 600 ml, 750 ml dan 1100 ml. Selain itu, sistem ini hanya dapat digunakan pada botol dengan diameter lubang maksimal 5 cm.

Keluaran dari penelitian ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam *quality control* botol secara otomatis dan mempermudah dalam analisa efektivitas mesin.

2. METODE

Sistematika alur penelitian ini direpresentasikan pada **Gambar 2.1** berikut:



Gambar 2.1 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 teori OEE [2], SCADA [3], protokol komunikasi *Modbus* [4], PLC Mitsubishi FX3G-24MR/ES-A [5], HMI [6] dan *pressure*

transmitter yang merupakan materi dasar pada penelitian ini. Pencarian refrensi terkait didapatkan berdasarkan jurnal, *proceeding*, buku, *datasheet* dan beberapa sumber penelitian sebelumnya seperti [7] yang merupakan penelitian perancangan uji kebocoran pada botol menggunakan mikrokontroler *ATMEGA 8535* dengan hasil waktu yang dibutuhkan dalam menguji kebocoran botol yaitu sebesar 17,53 detik. Lalu terdapat juga penelitian oleh [1] yang merupakan penelitian perancangan uji kebocoran botol menggunakan kontroler PLC dengan hasil waktu yang dibutuhkan dalam menguji kebocoran yaitu sebesar 4 detik.

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.

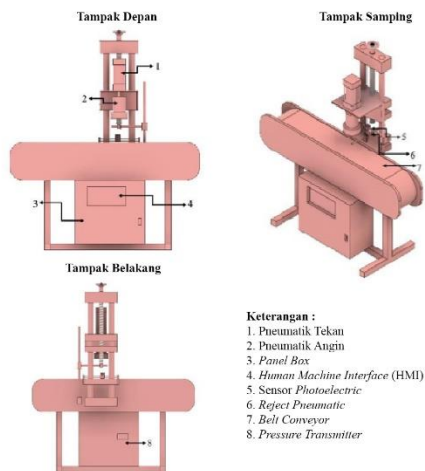
Tabel 2. 1 Komponen yang Digunakan

Hardware	Software
6. PLC Mitsubishi FX3G-24MR/ES-A	4. <i>Visual Studio Code</i>
7. PC	5. <i>GX-Works2</i>
8. Motor AC 3 Fasa	6. <i>XAMPP</i>
9. <i>Belt Conveyor</i>	7. <i>Easy Builder-Pro</i>
10. Sensor <i>Photoelectric</i> BJ300-DDT-P	
11. <i>Pressure Transmitter</i> TPS20-G22-F8	
12. <i>Inverter</i> Delta VFD-L	
13. <i>Cylinder Pneumatic</i>	
14. <i>Solenoid Valve</i>	

- | |
|---------------------------|
| 15. Kompresor |
| 16. Push Button |
| 17. Selector Switch |
| 18. HMI Weintek MT-8051iP |

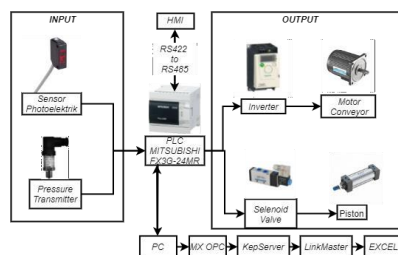
2.4 Perancangan Hardware

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 Sistem Pengujian Kebocoran Botol Plastik.



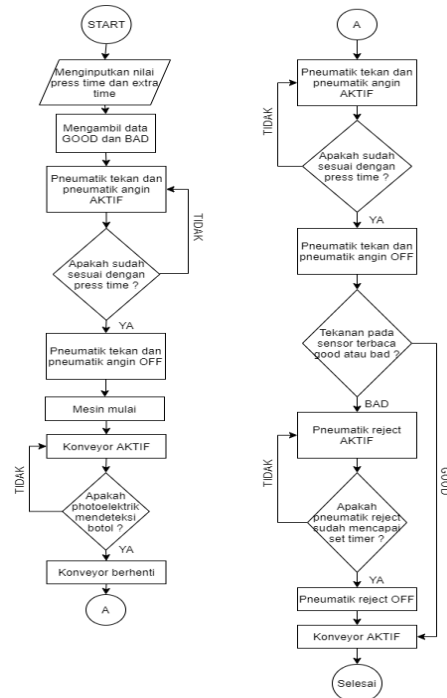
Gambar 2.2 Desain Hardware

Secara sederhana sistem yang diterapkan pada penelitian ini terdiri dari *input*, *process* dan *output*. Data keluaran dari sensor tekanan akan diproses untuk mendapatkan sebuah keputusan yang tepat. **Gambar 2.3** merupakan diagram blok keseluruhan sistem yang dirancang.



Gambar 2.3 Diagram Blok Keseluruhan Sistem

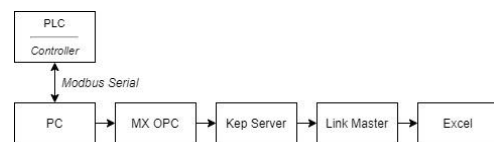
Alur kerja sistem ini direpresentasikan pada **Gambar 2.4** berikut.



Gambar 2.4 Flowchart Kerja Sistem

2.5 Perancangan Software

Perancangan *software* meliputi pembuatan sistem SCADA (*Data Logger*) dan HMI. Secara sederhana diagram alur proses komunikasi direpresentasikan pada **Gambar 2.5** berikut.



Gambar 2.5 Diagram Blok Sistem Komunikasi

2.6 Uji Coba

Pada tahap ini dilakukan pengujian produk dengan mengoperasikan keseluruhan sistem. Jika sistem belum berjalan sesuai apa yang diinginkan, akan dilakukan *troubleshooting* untuk mengetahui asal kegagalan tersebut sebelum dilakukan perbaikan. Pengujian yang dilakukan pada tahap ini yaitu pengujian *sequence* alat saat berjalan, pengujian keakuratan dan perhitungan OEE, 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

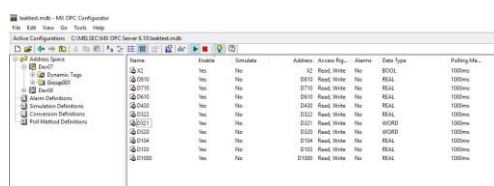
Perancangan *Hardware* pada penelitian ini meliputi perancangan mekanik untuk sistem pengujian kebocoran botol. Peletakkan sensor dan aktuator pada perancangan mekanik ini telah disesuaikan dengan kebutuhan penelitian ini. **Gambar 3.1** merupakan tampak keseluruhan sistem pengujian kebocoran botol yang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



Gambar 3.1 Penampakan *Hardware*

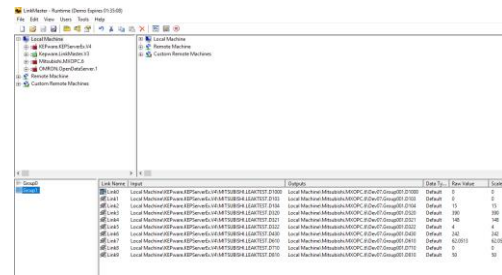
3.2 Perancangan SCADA (Data Logger)

Pada perancangan di MX OPC Configurator dan KepServerEx, pertama-tama dengan menentukan tipe device driver yaitu fX3g Serial, karena perangkat komunikasi yang digunakan adalah RS 232 USB to Serial. **Gambar 3.2** merupakan perancangan *Tag Label Input* dan *Output* pada MX OPC configurator.



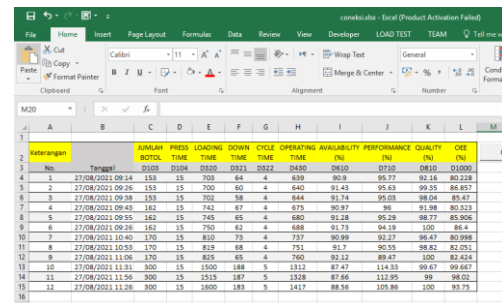
Gambar 3.2 Perancangan *Tag Label Input* Dan *Output* Pada MX OPC Configurator.

Software LinkMaster yang digunakan berfungsi sebagai sebuah perantara penghubung karena LinkMaster menyediakan sarana untuk menghubungkan data antara server OPC, sehingga bertindak sebagai perantara universal untuk sistem OPC dan DDE yang memungkinkannya bertindak sebagai perantara antara sistem DDE lama dan aplikasi baru yang mendukung OPC. **Gambar 3.3** merupakan konfigurasi grup pada *LinkMaster*.



Gambar 3.3 Konfigurasi Grup pada *LinkMaster*

Grup tautan digunakan untuk membentuk kumpulan item OPC yang akan dipindahkan antar server OPC dengan kecepatan tertentu. Penulis menggunakan dua grup tautan ditunjukkan pada **Gambar 3.4** berikut.



Gambar 3.4 Data Logger pada *Excel*

3.3 Perancangan HMI

Hardware HMI yang digunakan pada sistem ini yaitu HMI Weintek MT-8051iP. Desain *interface* pada HMI ini dibuat menggunakan *software EasyBuilder Pro*. HMI yang telah dirancang ini bermaksud untuk memudahkan *user* dalam *controlling* dan *monitoring*. *Interface* yang dirancang ini memiliki 3 halaman utama yaitu halaman *controlling*, halaman *setting*, halaman pengambilan sampel data dan halaman *monitoring* OEE. Berikut merupakan tampilan halaman yang terdapat pada HMI.

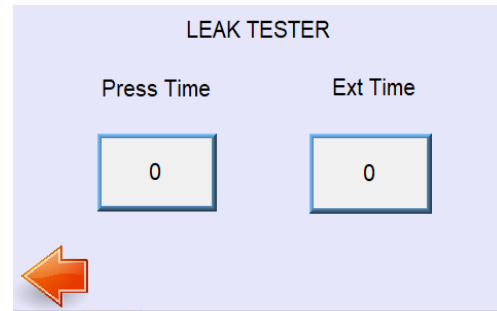


Gambar 3.5 Halaman Utama *Controlling*

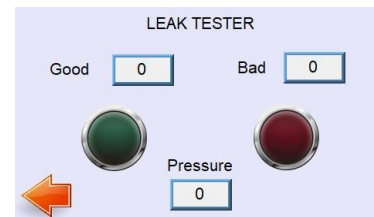
Fungsi setiap tombol pada halaman utama *controlling* dijelaskan pada **Tabel 3.1** berikut.

Tabel 3.1 Fungsi Komponen pada Tampilan Halaman Utama Controlling

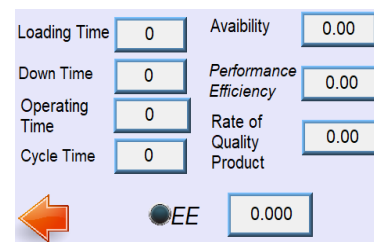
Komponen	Fungsi
Display Number (Pressure)	Menampilkan nilai tekanan dari setiap botol yang dibaca oleh <i>pressure transmitter</i> .
Display Number (Press Time)	Menampilkan nilai dari lamanya waktu pneumatik tekan bekerja.
Display Number (Count)	Menampilkan nilai dari jumlah botol yang telah diuji meliputi botol bocor dan botol yang tidak bocor.
Display Number (GOOD)	Menampilkan nilai dari jumlah botol yang lolos uji kebocoran atau dengan kata lain botol tersebut tidak mengalami kebocoran pada kemasannya.
Display Number (BAD)	Menampilkan nilai dari jumlah botol yang gagal uji kebocoran atau dengan kata lain botol tersebut mengalami kebocoran pada kemasannya.
Tombol 1	Start (Menjalankan mesin sesuai dengan program yang telah dibuat pada GX WORK 2
Tombol 2	Membuka halaman pengaturan
Tombol 3	Membuka halaman pengambilan sampel data
Tombol 4	Membuka halaman Monitoring Overall Equipment Effectiveness (<i>OEE</i>) beserta <i>Komponennya</i>



Gambar 3.6 Halaman *Setting* (Input Press Time dan Extra Time)



Gambar 3.7 Halaman Pengambilan Sampel Data



Gambar 3.8 Halaman *Monitoring* OEE

3.4 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 (menit)

	<i>Loading Time</i> dengan <i>Downtime</i> .				untuk memproduksi 1 unit.
<i>Loading Time (LT) :</i>	Waktu yang tersedia	(menit)		<i>Good Output (GO) :</i>	Jumlah produk yang berhasil.
<i>Downtime (DT) :</i>	Waktu ketika mesin berhenti beroperasi	(menit)			Didapatkan dari hasil pengurangan
	(<i>setup dan adjustment</i>)				<i>Actual Output (AO)</i> dengan produk yang gagal.
<i>Actual Output (AO) :</i>	Jumlah unit yang diproduksi	(unit)			
<i>Standar Output (SO) :</i>	Didapatkan dari hasil pengurangan	(unit/ menit)			
	(<i>operating time</i> dengan <i>cycle time</i>).				
<i>Cycle Time (CT) :</i>	Waktu yang dibutuhkan	(menit)			

Tabel 3.2 merupakan data-data yang telah dikolektif untuk digunakan sebagai acuan data dalam pengujian perhitungan OEE ini dan **Tabel 3.4** merupakan data pengujian keakuratan perhitungan OEE pada sistem menggunakan data yang terdapat pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Data Acuan Pengujian Perhitungan OEE

No.	Ukuran Botol yang Diuji (mL)	Pengujian ke-	Data				
			<i>Loading Time (Detik)</i>	<i>Cycle Time (Detik)</i>	<i>Downtime (Detik)</i>	<i>Good Output</i>	<i>Actual Product</i>
1.	600	Ke-1	703	4	64	141	153
2.	600	Ke-2	700	4	60	152	153
3.	600	Ke-3	702	4	58	150	153
4.	750	Ke-4	742	4	67	149	162
5.	750	Ke-5	745	4	65	160	162
6.	750	Ke-6	750	4	62	162	162
7.	1100	Ke-7	810	4	73	164	170
8.	1100	Ke-8	819	4	68	168	170
9.	1100	Ke-9	825	4	65	170	170
10.	600,750 & 1100	Ke-10	1500	5	188	299	300
11.	600,750 & 1100	Ke-11	1515	5	187	297	300
12.	600,750 & 1100	Ke-12	1600	5	183	300	300

Data-data pada **Tabel 3.2** digunakan untuk mengetahui persentase komponen penyusun *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Data-data yang digunakan untuk mendapatkan nilai persentase OEE ditunjukkan pada **Tabel 3.3**

berikut. Pengambilan data ini dilakukan langsung pada sistem. **Tabel 3.4** merupakan tabel perbandingan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) system dengan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) world standart.

Tabel 3.3 Persentase Komponen Penyusun OEE di Setiap Percobaan

No.	Ukuran Botol yang Diuji (mL)	Availability (system) %	Performance Efficiency (system) %	Rate of Quality Product (system) %
1.	600	90,90	95,77	92,16
2.	600	91,43	95,63	99,35
3.	600	91,74	95,03	98,04
4.	750	90,97	96,00	91,98
5.	750	91,28	95,29	98,77
6.	750	91,73	94,19	100,00
7.	1100	90,99	92,27	96,47
8.	1100	91,70	90,55	98,82
9.	1100	92,12	89,47	100,00
10.	600,750&1100	87,47	114,33	99,67
11.	600,750&1100	87,66	112,95	99,00
12.	600,750&1100	88,56	105,86	100,00
Rata-rata		90,54	98,11	97,85

Tabel 3.4 Tabel Perbandingan OEE dengan OEE World Standart

No.	KETERANGAN	STANDART	SYSTEM
1.	Availability	≥90	90.54
2.	Performance	≥95	98.11
3.	Quality	≥99	97.85
4.	OEE	≥84,66	86.84

Tabel 3.5 Data Pengujian Keakuratan Perhitungan OEE

No.	Ukuran Botol yang Diuji (mL)	OEE (Manual) (%)	OEE (Sistem) (%)	Error (%)
1.	600	80.22	80.23	0.01
2.	600	86.86	86.86	0.00
3.	600	85.47	85.47	0.00
4.	750	80.32	80.32	0.00
5.	750	85.91	85.91	0.00
6.	750	86.40	86.40	0.00
7.	1100	80.99	80.99	0.00
8.	1100	82.05	82.05	0.00
9.	1100	82.41	82.42	0.02
10.	600,750&1100	99.67	99.67	0.00
11.	600,750&1100	98.02	98.02	0.00
12.	600,750&1100	93.74	93.75	0.01
Rata-rata (%)		86.293	86.840	0.01

Dari hasil perbandingan **Tabel 3.5** dapat disimpulkan secara keseluruhan perhitungan OEE pada sistem bersifat akurat dan dapat berjalan dengan baik dengan persentase *error* sebesar 0,01 %.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai

berikut:

1. Sistem yang dirancang sudah cukup efektif dengan dibuktikan oleh persentase rata-rata *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang mencapai 86,84%.
2. Komunikasi *Modbus RTU* yang digunakan untuk menghubungkan *PLC* dengan *HMI* telah berjalan dengan baik serta *HMI* berupa telah dapat

menampilkan data sesuai dengan kondisi *plant* sebenarnya secara *real time*.

3. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada sistem ini memiliki *error* sebesar 0,01% jika dibandingkan dengan perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) secara manual.
4. Hasil analisa *Total Productive Maintenance* (TPM) didapatkan rata-rata kerugian tertinggi diakibatkan oleh faktor *downtime losses* yaitu *setup and adjustment* sebesar 9,9%, kerugian kedua diakibatkan oleh faktor *speed losses* yaitu *idling and minor stoppages* sebesar 1,8%, dan kerugian ketiga diakibatkan oleh faktor *quality losses* yaitu *defect losses* sebesar 1,8% dan *yield losses* sebesar 0,38%.

ARM Coretx-M0,” *Conf. Proc. - 2014 Int. Conf. Syst. Sci. Eng. ICSSE 2014*, pp. 69–73, 2014, doi: 10.1109/ICSSE.2014.6887907.

- [5] M. Setiyawan, “Analisis Program Pid (Proportional Integral Derivatif Controller) Pada Plc Mitsubishi Fx3G Analisis Program Pid (Proportional Integral,” Institut Bisnis dan Informatika STIKOM Surabaya, 2018.
- [6] N. Naibaho and A. Supriyono, “Rancang Bangun Sistem Pengisian Air Menggunakan Sensor YF- S401 Berbasis HMI,” *J. Ilm. Elektrokrisna*, vol. 8, no. 3, pp. 89–96, 2020.
- [7] H. A. Prasetya, “Rancang Bangun Alat Uji Kebocoran pada Botol Air Mineral Berbasis Mikrokontroler,” *Jur. Tek. Komput. Unikom, Bandung*, pp. 1–6, 2016.

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 pada sistem ini data logger hanya berupa excel, bila ingin mengembangkannya agar dapat terkoneksi dengan website disarankan menggunakan jenis PLC MITSUBISHI type lain yang menyediakan fasilitas komunikasi RS485 seperti PLC MITSUBISHI FX3U untuk dapat memonitoring data secara online melalui web monitoring.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. G. Ramachandra, N. Janan, and B. C. Ashok, “Automatic Identification of Bottle Leakages by Comparing Pressure Differences,” vol. 5, no. 2, pp. 1212–1217, 2018.
- [2] 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.
- [3] B. A. Fadlilah, “Rancang Bangun Standalone SCADA Pada Sistem Sortir Kemasan Bumbu Mie Instan Berbasis PLC SIEMENS S7-1200 dan Modbus TCP/IP,” Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2020.
- [4] K. Wang, D. Peng, L. Song, and H. Zhang, “Implementation of Modbus Communication Protocol Based on