

REKAYASA LEAK TEST MACHINE BERBASIS PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER)

Slamet Pambudi^{1*}, Tri Rahayu Kuwat Lestari², Agung Prasetyo¹

¹Program Studi S1 Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi "Warga" Surakarta, Surakarta, Indonesia

²Program Studi D3 Teknik Elektronika Sekolah Tinggi Teknologi "Warga" Surakarta, Surakarta, Indonesia

*Email: pambudi@sttw.ac.id

ABSTRAK

Leak Test Machine adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengetahui tingkat kebocoran dengan memberikan tekanan udara tertentu pada bahan yang diuji. Alat ini didesain untuk pengujian kemasan botol plastik. Tujuan dari penelitian ini merancang *Leak Test Machine* otomatis untuk mengetahui kebocoran pada botol. Selanjutnya dilakukan pengujian tekanan udara dengan memvariasikan waktu dan diameter lubang, sehingga didapatkan parameter waktu dan diameter lubang yang tepat pada tekanan udara yang optimal. Urutan kerja dari *Leak Test Machine* ini menggunakan PLC dan sistem penggerak konveyor menggunakan motor induksi 3 phase. Pengaturan kecepatan konveyor menggunakan *inverter*, sedangkan untuk pengaturan tekanan udara menggunakan *Pressure Vacuum Controller*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada diameter lubang 2 mm diperoleh data rata-rata tekanan udara pada botol 185,2 kPa selama 3 detik, 155 kPa selama 5 detik, dan 135 kPa selama 7 detik. Diameter lubang 4 mm diperoleh data rata-rata tekanan udara pada botol 170,8 kPa selama 3 detik, 139,4 kPa selama 5 detik, dan 121,2 kPa selama 7 detik. Diameter lubang 6 mm diperoleh data rata-rata tekanan udara pada botol 153,4 kPa selama 3 detik, 123,6 kPa selama 5 detik, dan 113,4 kPa selama 7 detik. Semakin besar kebocoran pada botol uji, maka diperoleh tekanan udara pada botol uji mengecil. Semakin lama waktu pengujian kebocoran pada botol uji maka tekanan mengecil.

Kata kunci: *inverter; PLC; leak test machine; pressure vacuum controller*

ABSTRACT

A Leak Testing Machine is a tool that determines the leakage level by applying a specific air pressure to the material being tested. This tool is designed for packaging plastic bottles. This research aims to create an automatic Leak Testing Machine to detect bottle leaks. In addition, air pressure testing is carried out by varying the time and hole diameter to obtain the correct time parameters and hole diameter at optimal air pressure. The work sequence of this Leak Testing Machine uses a PLC and a conveyor drive system using a 3-phase induction motor. Conveyor speed regulation uses an inverter, while air pressure regulation uses a Pressure Vacuum Controller. The research showed that at a hole diameter of 2 mm, the average air pressure data obtained in the bottle was 185.2 kPa for 2 seconds, 155 kPa for 5 seconds, and 135 kPa for 7 seconds. With a hole diameter of 4 mm, the average air pressure data on the bottle is 170.8 kPa for 3 seconds, 139.4 kPa for 5 seconds, and 121.2 kPa for 7 seconds. With a hole diameter of 6 mm, the average air pressure data on the bottle is 153.4 kPa for 2 seconds, 123.6 kPa for 5 seconds, and 113.4 kPa for 7 seconds. The greater the leak in the test bottle, the smaller the air pressure in the test bottle. The longer the leak testing time on the test bottle, the lower the pressure.

Keywords: *inverter; PLC; leak test machine; pressure vacuum controller*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan elektronika di dunia industri sangat pesat. Berbagai alat diciptakan dan dikembangkan untuk mendapatkan berbagai peralatan hasil produksi yang cepat dan berkualitas. Kondisi ini juga mempermudah pekerjaan manusia dalam melakukan proses

produksi dengan hasil yang lebih maksimal dan efisien. Selain itu, berkembangnya elektronika juga dapat mempercepat proses produksi serta meningkatkan keamanan sehingga menghasilkan produk yang aman dan berkualitas [1]. Teknologi membantu manusia untuk menciptakan sebuah inovasi yang dapat membantu keseharian manusia sehari-hari dan mempermudah suatu pekerjaan.

Kualitas menjadi salah satu faktor yang terpenting dalam suatu produk, khususnya *blow molding*. Produk yang baik dihasilkan dari pengendalian kualitas yang baik pula. Pada umumnya, variasi produk kemasan dari industri tidak semuanya berkualitas baik (15->) [2]. Salah satu mesin pengendali kualitas yaitu *Leak Test Machine*.

Sistem automasi *Leak Test Machine* mencakup berbagai perangkat mekanis, elektronik, dan komputer. Perangkat mekanis berupa konveyor dan pneumatik, sedangkan perangkat elektronik digunakan PLC dan *Pressure Vacuum Controller*. Perangkat komputer digunakan untuk membuat *ladder diagram* PLC (10->) [3].

Titik tolak dari permasalahan kualitas botol yang bervariasi agar dapat digunakan sesuai standar, maka perlu dilakukan uji kebocoran. Tujuan dari penelitian ini merancang *Leak Test Machine* otomatis untuk mengetahui kebocoran pada botol. Selanjutnya dilakukan pengujian tekanan udara dengan memvariasikan waktu dan diameter lubang, sehingga didapatkan parameter waktu dan diameter lubang yang tepat pada tekanan udara yang optimal.

2. METODE

Jenis alat peraga pembelajaran dalam proses penyampaian materi pembelajaran sangat penting. Hal ini karena mahasiswa lebih mudah memahami materi pembelajaran. Selain itu, alat peraga tersebut berfungsi untuk menggambarkan hal-hal abstrak diberikan secara visual dan dapat dijadikan sumber belajar yang mendukung pencapaian tujuan pembelajaran [3]. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Soeleman dan Sutia [4] menyatakan bahwa alat peraga *Leak Test Machine* digunakan untuk mengetahui tingkat kebocoran dari botol, volume, dan berat botol yang beragam. Keadaan ini kadang menyulitkan dalam menganalisis secara manual mengenai kebocoran pada botol. Untuk itu dibuat suatu mesin *pressure* yang penggerakannya menggunakan motor induksi 3-phase dan *inverter* untuk mengatur frekuensi keluaran. Dalam mengubah frekuensi tersebut dapat *disetting* langsung melalui tombol *setting* pada *inverter*.

2.1. Inverter

Inverter berfungsi sebagai pengubah arus maupun tegangan *direct current* (DC) menjadi arus maupun tegangan *alternating current* (AC). Keluaran *inverter* dapat berupa tegangan yang dapat diatur dan tegangan yang tetap. Sumber tegangan input *inverter* dapat menggunakan baterai, *cell* bahan bakar, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain [5]. Ada beberapa topologi *inverter* yang ada saat ini, teknologi *inverter* menghasilkan tegangan keluaran kotak bolak-balik (*push-pull inverter*) hingga *inverter* yang mampu menghasilkan tegangan sinus murni (tanpa harmonisa). *Inverter* satu fasa, tiga fasa sampai dengan multifasa. Selain itu, *inverter* yang berjenis *multilevel* yaitu kapasitor *split*, *diode clamped* dan susunan kaskade.

Ada beberapa cara teknik kendali yang digunakan agar *inverter* mampu menghasilkan sinyal sinusoidal. Hal yang paling sederhana adalah dengan cara mengatur keterlambatan sudut penyalaan *inverter* di tiap lengannya. *Inverter* terbaik yaitu *inverter* yang mampu menghasilkan gelombang sinusoidal murni, harmonisa yang rendah, dan *drop* tegangan yang kecil [6].

Pada dunia automasi industri, *inverter* sangat banyak digunakan. Aplikasi ini biasanya terpasang untuk proses linier (parameter yang bisa diubah-ubah). Proses linier

berupa grafik sinus, atau untuk sistem *axis* (servo) membutuhkan putaran/aplikasi yang presisi. Cara yang paling umum digunakan adalah dengan *Pulse Width Modulation* (PWM). Sinyal kontrol penyaklaran di dapat dengan cara membandingkan sinyal referensi (sinusoidal) dengan sinyal *carrier* (sinyal segitiga). Dengan cara ini frekuensi dan tegangan fundamental mempunyai frekuensi yang sama dengan sinyal referensi sinusoidal. *Inverter* seringkali disebut sebagai *Variabel Speed Drive* (VSD) atau *Variable Frequency Drive* (VFD). VSD atau VFD adalah suatu alat yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor listrik AC dengan mengontrol frekuensi daya listrik yang dimasukkan ke motor [7].

2.2. PLC

PLC adalah komputer elektronik yang mudah digunakan (*user friendly*). Alat ini memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe dan tingkat kesulitan yang beraneka ragam. PLC merupakan suatu peranti yang dibuat sebagai pengganti kumpulan relai-relai mekanik yang digunakan dalam sistem kendali [8].

PLC pada dasarnya adalah sebuah komputer yang khusus dirancang untuk mengontrol suatu proses atau mesin. Proses yang dikontrol ini dapat berupa regulasi variabel secara kontinu, seperti pada sistem-sistem servo atau hanya melibatkan kontrol dua keadaan (*On/Off*). Hal ini dilakukan secara berulang-ulang seperti pada mesin pengeboran, sistem konveyor, dan lain sebagainya [9]. PLC beroperasi secara digital dan didesain untuk pemakaian di lingkungan industri. Sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi spesifik, seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan, dan operasi aritmetika. Instruksi ini untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog.

Berdasarkan namanya konsep PLC adalah sebagai berikut:

- 2.2.1. *Programmable*, menunjukkan kemampuan memori untuk menyimpan program yang telah dibuat dengan diubah-ubah fungsi atau kegunaannya.
- 2.2.2. *Logic*, menunjukkan kemampuan dalam memproses *input* secara aritmetika dan *logic*, yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, negasi, *AND*, *OR*, dan lain sebagainya.
- 2.2.3. *Controller*, menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan *output* yang diinginkan.

PLC ini dirancang untuk menggantikan suatu rangkaian *relay sequential* dalam suatu sistem kontrol. Selain dapat diprogram, alat ini juga dapat dikendalikan, dan dioperasikan oleh orang yang tidak memiliki pengetahuan di bidang pengoperasian komputer secara khusus. PLC ini memiliki bahasa pemrograman yang mudah dipahami. PLC juga dapat dioperasikan bila program yang telah dibuat dengan menggunakan *software* sesuai jenis PLC.

Alat ini bekerja berdasarkan *input-input* yang ada dan bergantung pada keadaan suatu waktu tertentu. Selanjutnya, PLC menghidupkan atau mematikan *output-output*. Angka 1 menunjukkan bahwa keadaan yang diharapkan terpenuhi, sedangkan angka 0 berarti keadaan yang diharapkan tidak terpenuhi. PLC juga dapat diterapkan untuk pengendalian sistem yang memiliki banyak *output*.

Perbedaan PLC dan *relay* yaitu nomor kontak *relay* (NC atau NO). Pada PLC dapat digunakan berkali-kali untuk semua instruksi dasar, selain instruksi *output*. Jadi dalam suatu pemrograman PLC tidak diizinkan menggunakan *output* dengan nomor kontak yang sama. Keistimewaan PLC dibandingkan dengan sistem kendali konvensional adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan PLC dengan sistem kendali konvensional

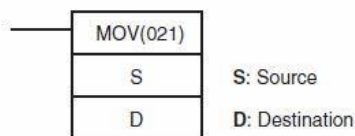
No	Sistem PLC	Sistem kendali konvensional
1	<i>Wiring</i> relatif sedikit	<i>Wiring</i> relatif kompleks
2	<i>Maintenance</i> relatif mudah	<i>Maintenance</i> membutuhkan waktu yang lebih lama
3	Pelacakan kesalahan sistem lebih sederhana	Pelacakan kesalahan <i>system</i> sangat kompleks
4	Konsumsi daya relatif rendah	Konsumsi daya relatif tinggi
5	Dokumentasi gambar sistem lebih sederhana dan mudah dimengerti	Dokumentasi gambar lebih banyak
6	Modifikasi sistem lebih sederhana	Modifikasi sistem lebih kompleks

Pada bagian *input* dan *output*, beberapa instruksi PLC yang penulis gunakan dalam penyusunan *diagram ladder* pembuatan alat *Leak Test Machine* bagian proses konveyor antara lain: KEEP, MOV, DAN TIM.

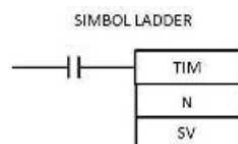
Instruksi *Keep* adalah sebuah perintah plc yang berfungsi sebagai coil untuk menjaga atau mengunci alamat pada coil tersebut. Bisa diartikan menyederhanakan sebuah rangkaian pengunci atau *relay lets* tanpa perlu kontak bantu, jadi hanya tombol *on* dan *off*. Perintah *KEEP* untuk tombol *ON* adalah *Set* sedangkan *OFF* adalah *Reset*. Skema ini dapat dilihat pada Gambar 1.

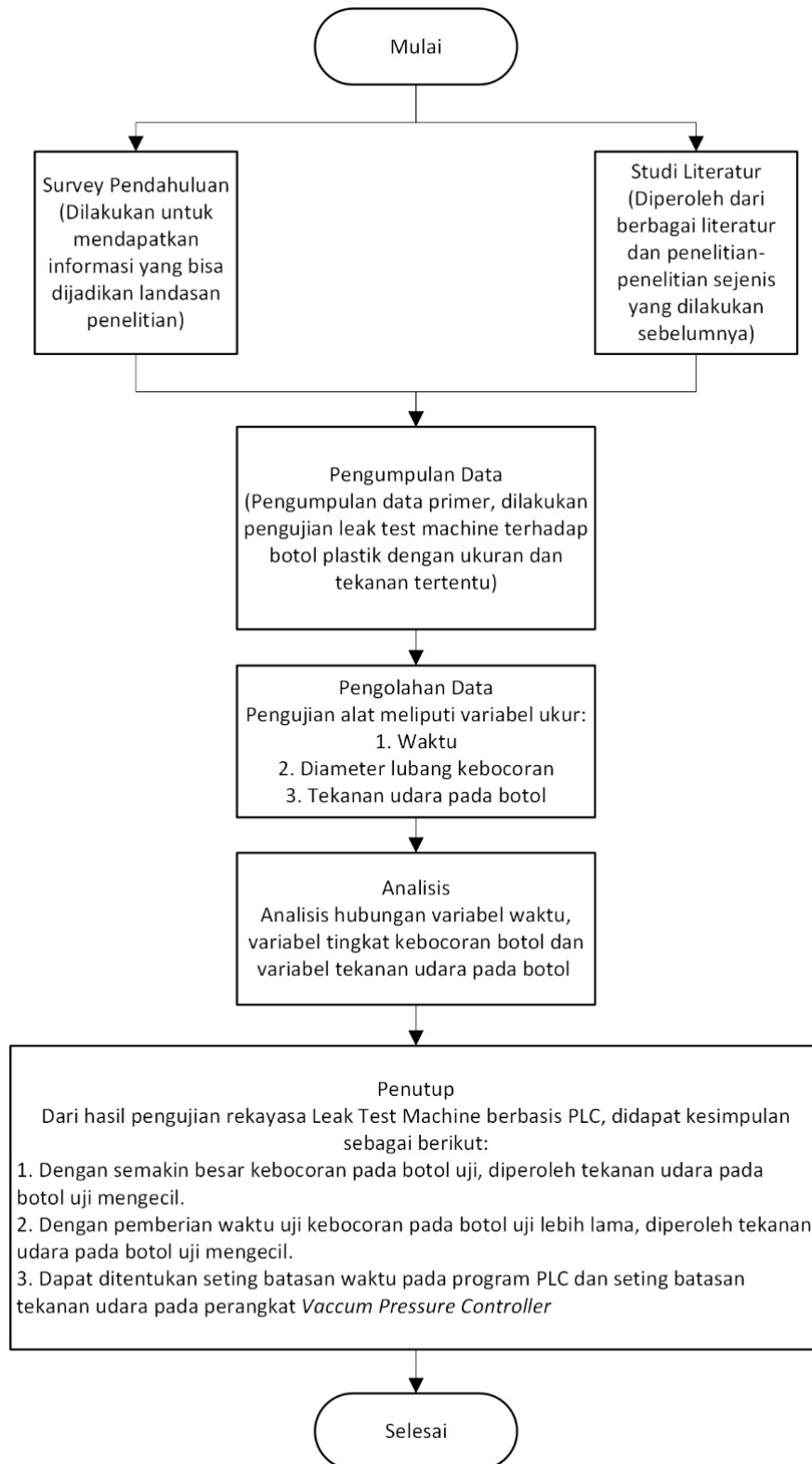
**Gambar 1.** Simbol instruksi *Keep*

Instruksi *MOV* digunakan untuk menyalin / mengcopy data. Instruksi *MOV* memiliki dua parameter yaitu *source* dan *destination*. *Source* merupakan alamat dari data yang akan disalin, sedangkan *destination* merupakan tujuan dari data yang disalin. Data akan disalin dari *source* ke *destination* saat *input* instruksi *MOV* dalam keadaan *ON*. Instruksi ini dapat dilihat pada Gambar 2.

**Gambar 2.** Simbol instruksi *MOV*

Instruksi *timer* dapat digunakan sebagai *timer On-delay* pada rangkaian *relay*. *Timer number* (N) merupakan memori *timer* yang akan *ON* ketika sinyal masukan *TIM ON* dan terus *ON* sepanjang waktu yang ditentukan oleh SV (*set value* dengan *time base* 0,1 detik). Dengan kata lain *timer* N akan *ON* tertunda selama SV detik ketika sinyal *TIM ON* dan saat sinyal *TIM OFF* maka N juga akan *OFF*. Simbol dari instruksi *timer* di dalam *ladder diagram* dapat dilihat pada Gambar 3. Tahapan penelitian pada naskah ini dapat dilihat pada Gambar 4.

**Gambar 3.** Simbol instruksi *timer*



Gambar 4. Tahapan penelitian *Leak Test Machine*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Automasi untuk *Leak Test Machine* yang digunakan untuk menguji kebocoran botol dengan memvariasikan waktu penekanan dan diameter lubang botol sudah dapat beroperasi seperti yang direncanakan. Rata-rata tekanan udara pada waktu 3 detik dan diameter lubang 2 mm, 4 mm, dan 6 mm masing-masing sebesar 185,2 kPa, 170,8 kPa, dan 150,4 kPa. Tabel 2 menunjukkan bahwa tekanan udara pada botol selama 3 detik diperoleh diameter lubang botol semakin besar, maka tekanan udara semakin kecil.

Tabel 2. Variabel pengujian tekanan udara pada botol selama 3 detik

Eksperimen ke- n	Variabel		Tekanan Udara pada botol (kpa)	Rata-rata Tekanan udara (kPa)
	Waktu (detik)	Diameter lubang (mm)		
1	3	2	188	185,2
2	3	2	185	
3	3	2	186	
4	3	2	184	
5	3	2	183	
6	3	4	172	170,8
7	3	4	173	
8	3	4	170	
9	3	4	170	
10	3	4	169	
11	3	6	155	153,4
12	3	6	155	
13	3	6	153	
14	3	6	152	
15	3	6	152	

Rata-rata tekanan udara pada waktu 5 detik dan diameter lubang 2 mm, 4 mm, dan 6 mm masing-masing sebesar 155 kPa, 139,4 kPa, dan 123,6 kPa. Tabel 3 menunjukkan bahwa tekanan udara pada botol selama 5 detik diperoleh data bahwa jika diameter lubang botol semakin besar mendapatkan hasil tekanan udara semakin kecil.

Tabel 3. Variabel pengujian tekanan udara pada botol selama 5 detik

Eksperimen ke-n	Variabel			Tekanan Udara Pada Botol (kpa)	Rata-rata tekanan udara (kPa)
	Waktu (detik)	Diameter (mm)	Lubang		
1	5	2		156	155
2	5	2		155	
3	5	2		156	
4	5	2		154	
5	5	2		154	
6	5	4		141	139,4
7	5	4		140	
8	5	4		139	
9	5	4		139	
10	5	4		138	
11	5	6		124	123,6
12	5	6		125	
13	5	6		124	
14	5	6		123	
15	5	6		122	

Rata-rata tekanan udara pada waktu 7 detik dan diameter lubang 2 mm, 4 mm, dan 6 mm masing-masing sebesar 135 kPa, 121,2 kPa, dan 113,4 kPa. Tabel 4 menunjukkan bahwa tekanan udara pada botol selama 7 detik diperoleh data bahwa jika diameter lubang botol semakin besar mendapatkan hasil tekanan udara semakin kecil.

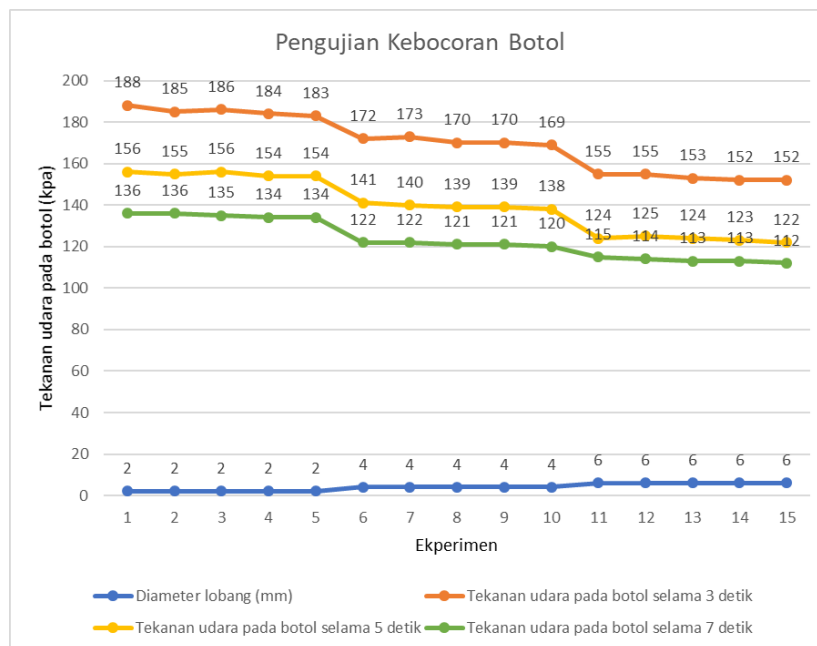
Tabel 4. Variabel pengujian tekanan udara pada botol selama 7 detik

Eksperimen ke-n	Variabel			Tekanan Udara Pada Botol (kpa)	Rata-rata tekanan udara (kPa)
	Waktu (detik)	Diameter (mm)	Lubang		
1	7	2		136	135
2	7	2		136	
3	7	2		135	
4	7	2		134	
5	7	2		134	
6	7	4		122	121,2
7	7	4		122	
8	7	4		121	
9	7	4		121	
10	7	4		120	
11	7	6		115	113,4
12	7	6		114	
13	7	6		113	
14	7	6		113	
15	7	6		112	

Gambar 5 menunjukkan bahwa pemberian waktu penekanan pada botol semakin besar, maka nilai tekanan udara semakin kecil. Hasil penelitian ini serupa dengan Soelaiman [4] yang menyatakan bahwa waktu penekanan botol antara 5 – 10 detik (s).

Selain itu, semakin besar diameter lubang pada botol, maka nilai tekanan udara semakin kecil. Hal ini karena semakin besarnya kebocoran udara pada botol yang melalui

lubang, sehingga nilai tekanan udaranya menjadi semakin kecil. Hasil penelitian ini sesuai dengan [3] yang menyatakan bahwa sistem pengujian kebocoran pada botol secara otomatis dapat dilakukan dengan udara bertekanan.



Gambar 5. Grafik hasil eksperimen perlakuan tekanan botol

Berdasarkan hasil penelitian ini yang memvariasikan waktu penekanan dan diameter lubang maka, dapat ditentukan *setting* batasan waktu pada program PLC dan *setting* batasan tekanan udara pada perangkat *Vacuum Pressure Controller*.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian rekayasa *Leak Test Machine* berbasis PLC, didapat kesimpulan bahwa semakin besar diameter lubang kebocoran pada botol uji, diperoleh tekanan udara pada botol uji mengecil. Selain itu, pemberian waktu kebocoran pada botol uji lebih lama, diperoleh tekanan udara pada botol uji mengecil. Dengan demikian, dapat ditentukan *setting* batasan waktu pada program PLC dan *setting* batasan tekanan udara pada perangkat *Vacuum Pressure Controller*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada bagian ini, peneliti menyatakan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektronika yang telah memberi dukungan fasilitas di Laboratorium *Workshop* untuk penelitian yang penulis lakukan. Juga kepada para Dosen Teknik Elektronika yang memberi dukungan serta motivasi, sehingga penelitian ini selesai sesuai waktunya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Ardi and S. Setyowati, "Desain Sistem Kendali Mesin Penguji Kebocoran Udara Menggunakan Sistem Kendali Plc Omron Cj2M Di Hvac (Heating, Ventilating, and Air Conditioning)," J. Tek. Mesin, vol. 5, no. 4, p. 19, 2017, doi: 10.22441/jtm.v5i4.1219.

- [2] Ramachandra C. G, Nakul J & Ashok B. C “Automatic Identification of Bottle Leakages by Comparing Pressure Differences,” vol. 5, issue 2, April-June 2018, E ISSN 2348-1269.
- [3] A. Maritsa, U. Hanifah Salsabila, M. Wafiq, P. Rahma Anindya, and M. Azhar Ma'shum, “Pengaruh Teknologi Dalam Dunia Pendidikan,” *Al-Mutharahah J. Peneliti. dan Kaji. Sos. Keagamaan*, vol. 18, no. 2, pp. 91–100, 2021, doi: 10.46781/al-mutharahah. v18i2.303.
- [4] Soeleman and I. Sutia, “Perancangan Mesin Pressure Test untuk Analisa Hasil Kebocoran pada Botol Plastik,” *Sintek*, vol. 9, no. 2, pp. 17–23, 2015.
- [5] A. M. Prasetya and Sofian, “Implementasi Inverter Pure Sine Wave Untuk Pemanfaatan Energi Surya,” *Theta Omega J. Electr. Eng. Comput. Inf. Technol.* e-ISSN 2745-6412, p-ISSN 2797-1740., vol. 2, no. 1, pp. 50–54, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/thetaomega/article/view/3953>
- [6] M. Furqan, M. Syukri, Syukriyadin, and Alfisyahrin, “Analisis Simulasi Perubahan Frekuensi Switching Pada Inverter Satu Fasa 220 Volt/50 Hz,” *KITEKTRO J. Komputer, Teknol. Informasi, dan Elektro*, vol. 7, no. 2, p. 2022, 2022.
- [7] Atmam, A. Tanjung, and Zulfahri, “Analisis Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi,” *J. SainETIn*, vol. 2, no. 2, pp. 52–59, 2018.
- [8] A. Susanto, “Modul Programmable Logic Controller (PLC) Berbasis Arduino Severino,” vol. 1, no. 2, 2017.
- [9] I. Setiawan, “Programmable Logic Controller dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol,” Penerbit Andi Yogyakarta, pp. 1–14, 2006.
- [11] Vijaykrishna. S, Anish M, and Melvina P, “Leak Detection in Polyethylene Terephthalate Bottles Filled with Water and Pulped and Unpulped Orange Juice Using a Vacuum Decay System.” *Journal of Food Protection*, Vol. 70, No. 10, 2007, Pages 2365–2372 Copyright, International Association for Food Protection
- [12] Capiel. 1982, “Programmable Logic Controller”. Artikel Ilmiah. Website: www.academia.edu. Diakses pada tanggal 24 januari 2020.
- [13] Rullan, A., Programmable Logic Controllers versus Personal Computers for Process Control, *Computers ind. Engineering*, 1997; 1-2: 421-424.
- [14] Ardi, S., Lin Prasetyani, Reza Guntur Budianto, Pokayoke Control System Design using Programmable Logic Controller (PLC) on Station Final Check Propeller Shaft, *Proceeding Annual Engineering Seminar*, Yogyakarta, Indonesia. 2013; C74 – C80
- [15] Nadia R.A, Renanda N, dan Aditya M., Pengendalian Kualitas Untuk Mengurangi Botol Bocor Pada Departemen Blow Molding Di Industri Packaging, *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application*, e-ISSN No.2654-8631.