

Desain dan Implementasi Alat Uji Kebocoran Botol PET Berbasis Detektor Tekanan Diferensial

Jan Setiawan¹, Heri Kusnadi², Fauzan Habibi¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspatek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

²Teknik Elektro Kampus Kota Serang, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

²Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183, Indonesia

¹dosen01647@unpam.ac.id,

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 3 Februari 2024
revisi : 8 April 2024
diterima : 1 Mei 2024
dipublish : 31 Mei 2024

ABSTRAK

Penambahan populasi manusia berbanding lurus dengan konsumsi berbagai jenis makanan dan minuman yang akan diikuti pula dengan peningkatan penggunaan kemasan plastik yang menyertainya salah satu contohnya ialah penggunaan botol PET untuk kemasan minuman. Peningkatan penggunaan botol plastik sebagai kemasan minuman telah menciptakan kebutuhan akan alat pendeteksi kebocoran kemasan botol sebelum produk sampai ke konsumen. Alat tersebut akan terintegrasi pada proses produksi sehingga jika terdapat kebocoran pada kemasan botol tidak akan mengganggu proses produksi selanjutnya. Oleh sebab itu diperlukan alat yang akurat untuk mendeteksi kebocoran dengan menggunakan sensor perbedaan tekanan MPX 5100DP sehingga proses pendeteksian tersebut akan lebih akurat, cepat dan terintegrasi dengan mikrokontroler dan pneumatik.

Kata Kunci : botol PET, sensor tekanan, mikrokontroler, pneumatik

ABSTRACT

The increase in the human population is directly proportional to the consumption of various types of food and beverages which will also be followed by an increase in the use of plastic packaging which one example is the use of PET bottles for beverage packaging. Increased use of plastic bottles as beverage packaging has created a need for bottle packaging leak detectors before the product reaches consumers. The tool will be integrated in the production process so that if there is a leak in the bottle packaging it will not interfere with the next production process. Therefore an accurate tool is needed to detect leaks using MPX 5100DP pressure difference sensor so that the detection process will be more accurate, faster and integrated with microcontrollers and pneumatics.

Keywords: PET bottles, pressure sensors, microcontrollers, pneumatics.

PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan botol plastik sebagai kemasan minuman dan makanan telah menciptakan kebutuhan akan alat pendeteksi kebocoran yang lebih canggih dan sensitif jika dibandingkan dengan pendeteksian secara visual. Kebutuhan akan alat pendeteksi kebocoran ini memicu banyak penelitian dan pengembangan di banyak jenis perangkat pengujian kemasan agar menjadi lebih baik lagi. Salah satu perangkat pengujian tersebut bernama *bottle leak detector* yang berfungsi untuk mendeteksi kebocoran pada botol plastik jenis PET. Perangkat pengujian kebocoran botol PET dimaksudkan untuk menawarkan inspeksi 100% keandalan dalam mendeteksi kebocoran selama proses produksi minuman dalam botol. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektifitas penggunaan unit pendeteksi kebocoran tersebut pada botol PET agar integritas dari botol PET tersebut tetap utuh dan tidak ada kebocoran sebelum produk minuman tersebut sampai kekonsumen.

Sistem kerja alat uji kebocoran botol FET menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 yang berfungsi untuk mengkonversi keluaran dari sensor MPX 5100Dp yang berupa sinyal analog menjadi sinyal digital agar dapat terbaca oleh komputer dan ditampilkan di LCD. Oleh sebab itu akan dibangun sistem “Uji Kebocoran Botol PET Berbasis Detektor Tekanan Diferensial” yang diharapkan dapat menjadi alat pembelajaran dalam mempelajari mikrokontroler.

TEORI

Pada dasarnya tekanan udara atmosfer tidak tetap. Hal ini sangat tergantung terhadap lokasi gelogis dan cuaca. Tekanan udara dikatakan vakum apabila tekanan udara didalam suatu benda lebih kecil dari tekanan udara di atmosfer. Jadi daerah vakum ini dibatasi dengan garis nol dibawahnya serta garis tekanan atmosfer di atasnya. Bila ditinjau dari segi kerja hukum pascal dan tekanan pascal yang akan di pergunakan sebagai metode dalam pembuatan alat ini pun tidak jauh berbeda, karena tekanan angin pada dasar wadah tentu saja lebih besar dari tekanan angin pada bagian atasnya. Semakin kebawah, semakin besar tekanan angin tersebut. Sebaliknya, semakin mendekati permukaan atas wadah, maka semakin kecil tekanan zat cair tersebut. Untuk besarnya tekanan sebanding dengan $p.g.h$, dimana: p sebagai massa jenis, g sebagai percepatan gravitasi dan h merupakan ketinggian/kedalaman benda.

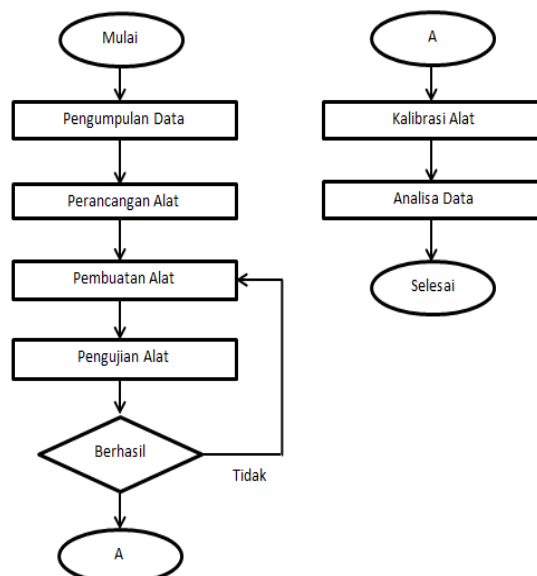
Perancangan dan pembuatan alat pengujian kebocoran pada botol ini menggunakan metode tekanan pascal, botol dipompa menggunakan kompressor sampai tekanan yang telah ditetapkan, kemudian sensor *differential pressure* tipe MPX 5100DP membaca tekanan dalam botol dan hasil pengukuran tekanan diolah oleh mikrokontroler. Ketika ada botol yang dilewatkan pada sensor dan mempunyai tekanan yang telah ditetapkan, maka botol tersebut dapat dinyatakan lolos uji kebocoran. Sedangkan, apabila dilakukan uji tekanan pada botol dan tekanan yang dihasilkan tidak sesuai, maka botol tersebut dinyatakan bocor dan tidak lolos uji kebocoran.

Sensor *differential pressure* tipe MPX 5100DP merupakan sebuah sensor tekanan yang menyediakan ukuran tekanan dari 0 sampai 100kPa. Sensor ini didalamnya terdapat sirkuit jembatan wheatstone yang menyediakan keluaran tegangan Milivolt (mV) secara stabil. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi penurunan tekanan pada saat botol di tekan dan mengalami kebocoran. Sensor *differential pressure* ini menggunakan prinsip perbedaan tekanan udara dengan menjumlahkan tekanan udara pada saat seal botol normal dan pada saat seal botol mengalami kebocoran. Untuk menggunakannya tekanan bawah sensor harus dalam keadaan vakum atau ruang hampa.

Pada dasarnya tekanan udara atmosfer ini tidak tetap. Hal ini sangat tergantung sekali terhadap lokasi geografis dan cuaca. Tekanan udara dikatakan vakum jika tekanan udara didalamnya lebih kecil dari tekanan udara di atmosfer. Jadi daerah vakum ini dibatasi dengan nol di bawahnya serta garis tekanan atmosfer di atasnya. Pneumatik tersebut bekerja dengan memanfaatkan udara yang disumbatkan. Dalam hal ini, udara yang disumbatkan akan didistribusikan kepada sistem yang ada sehingga kapasitas sistem terpenuhi, maka dari itu pada sistem pneumatik diperlukan kompresor untuk dapat menghasilkan udara bertekanan agar udara sampai pada tekanan kerja yang diinginkan.

METODOLOGI

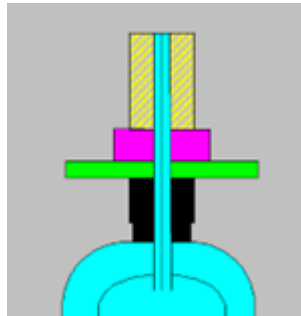
Rancang bangun alat uji kebocoran botol PET diawali dengan persiapan dan mempelajari literatur komponen dan program Arduino Uno R3 yang akan digunakan. Selanjutnya dilakukan perancangan dan pembuatan perangkat keras serta perangkat lunaknya, termasuk membuat program untuk Arduino tersebut. Proses tersebut dilakukan dengan mencari informasi dengan studi pustaka pada beberapa jurnal ilmiah.



Gambar 1. Diagram alur

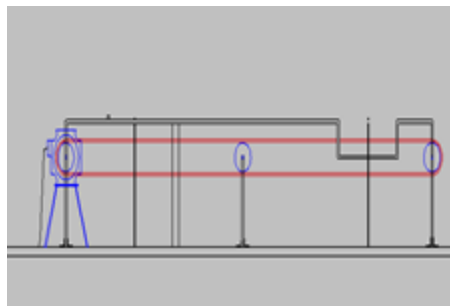
Dalam dunia industri membuat perancangan mekanik merupakan tahap awal pembuatan suatu mesin atau alat industri. Pembuatan alat pendeteksi kebocoran botol ini dalam perancangan mekanik yang dilakukan adalah:

1. Rancangan dudukan penekan botol



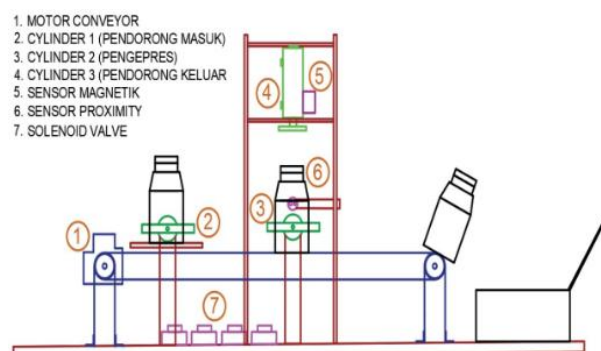
Gambar 2. Dudukan penekan botol

2. Perancangan Mini Konveyor



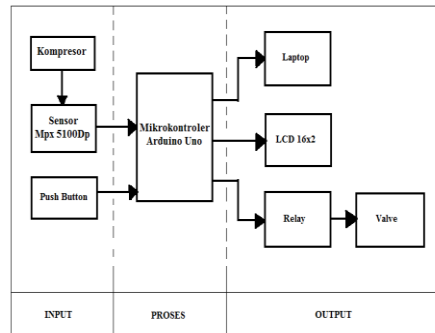
Gambar 3. Desain mini konveyor

3. Perancangan Kerangka Alat



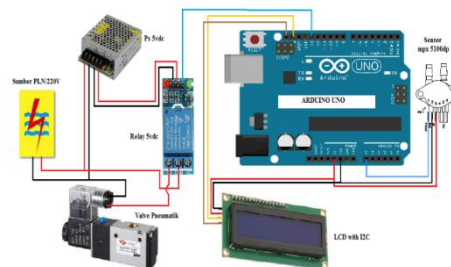
Gambar 4. Desain kerangka alat

Desain perangkat keras dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar 5. Blok diagram alir perancangan perangkat keras

Pada tahap ini dilakukan penginstalan agar perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) saling menginisialisasi dan membuat seluruh perangkat akan saling terintegrasi. Adapun cara program mikrokontroler dengan *software* Arduino IDE. Adapun skema perancangannya:



Gambar 6. Skema pembuatan alat

Sebagai penunjang dalam pelaksanaan kegiatan pembuatan, pengukuran, pengamatan dan pengujian alat uji Kebocoran Botol PET maka diperlukan alat-alat sebagai berikut:

1. Multimeter
2. Solder
3. Bor listrik
4. Obeng plus dan minus
5. Tang potong dan tang kombinasi
6. *Cutter*
7. Gerinda
8. Gergaji besi
9. Dudukan PCB
10. Laptop
11. Pressure Gauge
12. Skun kabel
13. Kompresor

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian pembuatan alat uji kebocoran botol PET adalah sebagai berikut:

1. Sensor *differential pressure* tipe MPX 5100DP
2. Arduino Uno dengan Atmega 328p
3. Plat Besi dengan ketebalan 2mm (sebagai plat penekan dan penampang atas)
4. Besi Siku (sebagaiudukan *pressure regulator* dan *solenoid valve*)
5. Akrilik Size 3mm (sebagaiudukan PLC, switch on, push button dan emergency stop)
6. Plat Aluminium dengan ketebalan 2mm (Sebagai alas penampang)
7. As drat dengan diameter 8mm dan 6mm (sebagaiudukan aktuator)
8. Kayu balok tebal 3cm sebagai kerangka penyangga
9. Silinder *double actuator*
10. *Pressure regulator*
11. Karet dengan tebal 5 mm (sebagai bantalan penekan)
12. Sensor *Reed switch*
13. *Push button* dan emergency stop
14. Lampu indikator
15. Sensor *proximity*
16. Katub 3/2 dan 2/2
17. Selang dan naple pneumatik
18. Kabel *jumper*
19. Motor DC 12Vdc
20. Relay 24Vdc dan 5Vdc
21. LCD 16x2 dengan I2C

Pada tahapan ini dilakukan pengujian alat untuk mengetahui keakurasian alat dan tingkat kesalahan yang dibaca oleh sensor MPX 5100DP. pengujian tersebut diantaranya adalah:

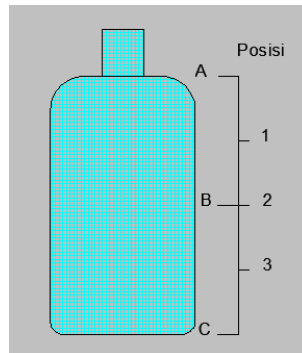
1. Pengujian pembacaan tekanan oleh sensor MPX 5100DP pada botol PET yang bocor ketika diberikan tekanan 1 bar (100kPa)
2. Pengujian tegangan yang dihasilkan oleh sensor MPX 5100DP saat pembacaan botol PET yang bocor.
3. Pengujian *respon time* saat sensor MPX 5100 membaca bahwa botol PET dalam keadaan bocor.

Pengumpulan data dilakukan dengan memberikan udara bertekanan 1 bar dari kompressor ke dalam botol PET kemudian sensor tekanan MPX 5100DP mengukur tekanan yang terbaca dalam botol setelah kompressor dalam keadaan *off* dan mengukur tegangan yang dihasilkan oleh sensor MPX 5100DP dalam membaca tekanan tersebut.

1. Posisi lubang pada botol

Pada pengujian kebocoran botol PET ini penulis melakukan percobaan dengan melubangi botol PET pada pada setiap varian botol tersebut. Masing-masing lubang berdiameter 1mm. Gambar 7 Berikut merupakan posisi lubang pada setiap varian botol

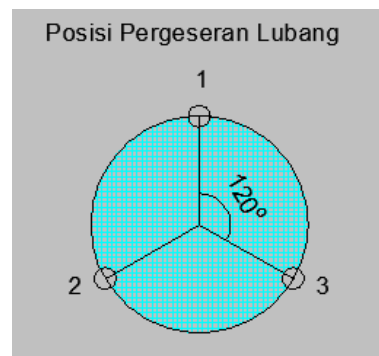
PET. Dimana posisi 1 yaitu setengah dari jarak A-B, posisi 2 yaitu setengah dari jarak A-C dan posisi 3 yaitu setengah jarak B-C.



Gambar 7. Posisi lubang pada botol

2. Posisi pergeseran lubang

Pada pengujian kebocoran botol PET ini penulis juga melakukan pengujian dengan melakukan pergeseran posisi lubang, dimana setiap botol PET penulis lubangi dengan pergeseran lubang 120° pada setiap lubang yang akan di jadikan titik uji.



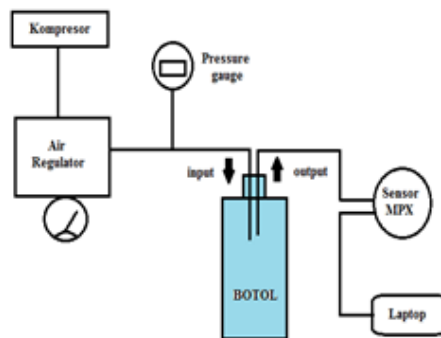
Gambar 8. Pergeseran Lubang

3. Botol PET sebagai subjek pengujian

Pengujian dilakukan dengan 3 varian botol PET, setiap varian botol PET dilakukan pengujian sebanyak 10 kali, yaitu pengujian kebocoran pada botol PET kondisi tidak bocor dan kondisi saat diberi 1 lubang di posisi 1,2 dan 3. Lalu pada 2 lubang di posisi 1,2 dan 3. Dan terakhir pada 3 lubang di posisi 1,2 dan 3. Maka jumlah botol yang di uji sebanyak 30 botol PET.

4. Titik pengukuran

Pengambilan data dilakukan pada saat kompresor mengalir udara bertekanan ke dalam botol. kemudian *Pressure gauge* tersebut membaca tekanan yang masuk (input) kedalam botol, dan udara yang keluar dari botol (output) tersebut masuk kedalam sensor MPX 5100DP.



Gambar 9. Teknik pengambilan data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara garis besar percobaan Pengujian ini dilakukan sebanyak 30 kali yaitu percobaan terhadap 3 varian botol PET yang diberi lubang berdiameter 1mm dan dengan jumlah lubang serta posisi lubang yang berbeda.



Gambar 10. Alat uji kebocoran botol PET

Pengujian tekanan pada botol bocor PET varian A dilakukan seperti terlihat pada Gambar 11 dan hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 1.



Gambar 11. Botol varian A (60ml)

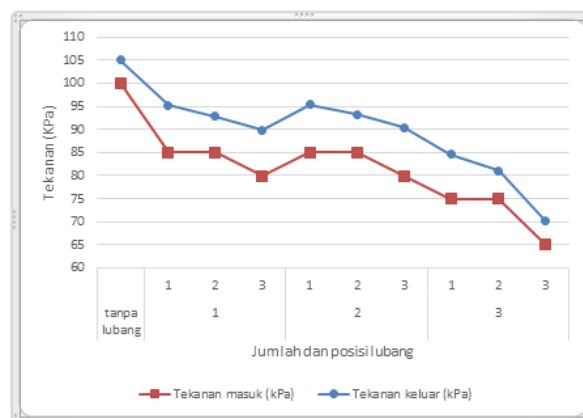
Tabel 1. Pengujian kebocoran botol varian A (60ml) dengan diamter lubang 1mm

No.	Jumlah Luring	Posisi Luring	Waktu Pengisian (detik)	Tekanan		Tegangan Terbaca (V)
				Masuk (kPa)	Keluar (kPa)	

1	Tanpa Luring		3	100	105	4,95
2		1	3	85	95,3	4,49
3	1	2	3	85	92,8	4,31
4		3	3	80	89,9	4,12
5		1	3	85	95,4	4,48
6	2	2	3	85	93,3	4,39
7		3	3	80	90,4	4,27
8		1	3	75	84,6	4,00
9	3	2	3	75	81,0	3,84
10		3	3	65	70,2	3,40

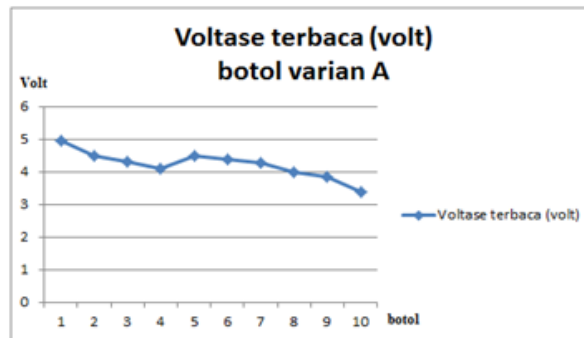
Ket : posisi lubang 1 = atas, posisi lubang 2 = tengah, posisi lubang 3= bawah.

Gambar 12 grafik pengujian ke 1 merupakan pengujian pembacaan botol bagus yaitu botol tidak memiliki lubang, ketika udara dari kompresor mensuplay udara 1 bar selama 3 detik. maka tekanan input yang diterima botol adalah 1 bar dan tekanan output yang keluar dari botol adalah 105 kpa (1.05bar) pengujian ini menandakan bahwa botol tersebut dalam kondisi baik.



Gambar 12. Grafik pengujian input dan output botol PET varian A

Pengujian selanjutnya yaitu pada ketika botol diberi 1 lubang, 2 lubang dan 3 lubang dengan masing-masing lubang di posisi yang berbeda (posisi 1 berada di atas botol, posisi 2 berada di tengah botol, dan posisi 3 berada di bawah botol) maka akan didapati bahwa semakin bawah posisi lubang maka udara yang hilang/terbuang akan semakin cepat dan tekanan yang terbaca akan semakin berkurang sampai 65kPa - 70.2 kPa.



Gambar 13. Pengujian tegangan sensor

Dari Gambar 13 terlihat bahwa posisi lubang pada botol semakin bawah maka akan semakin rendah tegangan yang akan terbaca oleh sensor MPX 5100DP yaitu 3.4V pada botol nomer 10. Pengujian tekanan pada botol bocor varian B dilakukan seperti terlihat pada Gambar 14 dan hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 2.



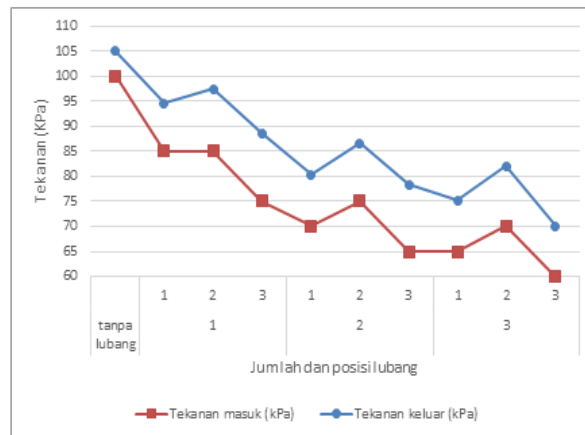
Gambar 14. Botol varian B (130ml)

Tabel 2. Pengujian kebocoran botol varian B (130ml) dengan diamter lubang 1mm

No.	Jumlah Luring	Posisi Luring	Waktu Pengisian (detik)	Tekanan		Tegangan Terbaca (V)
				Masuk (kPa)	Keluar (kPa)	
1	Tanpa Luring		3	100	105	4,96
2		1	3	85	96,4	4,40
3		2	3	85	97,4	4,58
4		3	3	75	88,6	4,12
5	2	1	3	70	80,3	3,83
6		2	3	75	86,6	4,10
7		3	3	65	78,3	3,71
8	3	1	3	65	75,2	3,60
9		2	3	70	82.0	3,91
10		3	3	60	70,1	3,39

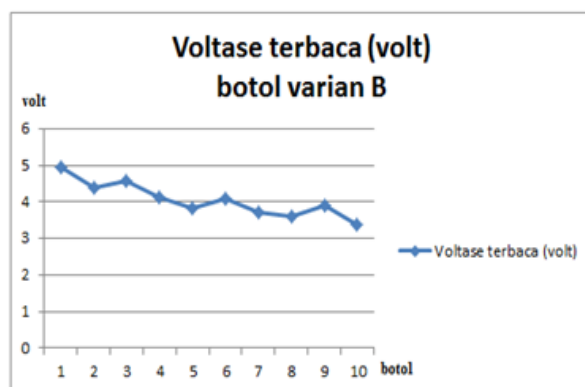
Ket : posisi lubang 1 = atas, posisi lubang 2 = tengah, posisi lubang 3 = bawah.

Gambar 15 grafik pengujian ke 1 merupakan pengujian pembacaan botol bagus yaitu botol tidak memiliki lubang, ketika udara dari kompresor mensuplay udara 1 bar selama 3 detik. maka tekanan input yang diterima botol adalah 1 bar dan tekanan output yang keluar dari botol adalah 105 kpa (1.05bar) pengujian ini menandakan bahwa botol tersebut dalam kondisi baik.



Gambar 15. Grafik pengujian input dan output botol PET varian B

Pengujian selanjutnya yaitu pada ketika botol diberi 1 lubang, 2 lubang dan 3 lubang dengan masing-masing lubang di posisi yang berbeda (posisi 1 berada di atas botol, posisi 2 berada di tengah botol, dan posisi 3 berada di bawah botol) maka akan didapati bahwa semakin bawah posisi lubang maka udara yang hilang/terbuang akan semakin cepat dan tekanan yang terbaca akan semakin berkurang sampai 60 kPa – 70.1 kPa.



Gambar 16. Pengujian tegangan sensor

Dari Gambar 16 terlihat bahwa posisi lubang pada botol semakin bawah maka akan semakin rendah tegangan yang akan terbaca oleh sensor MPX 5100Dp yaitu 3.39V pada botol nomer 10. Pengujian tekanan pada botol bocor varian B dilakukan seperti terlihat pada Gambar 17 dan hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 3.



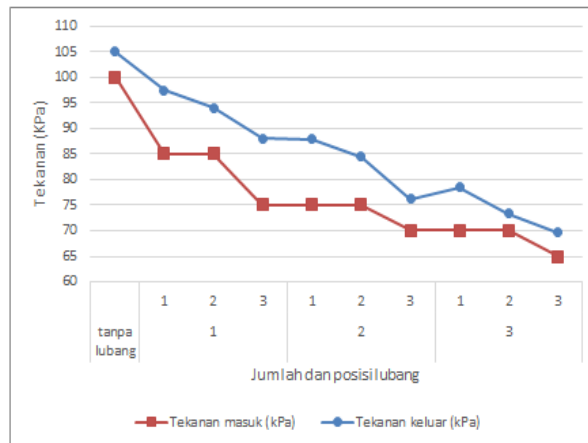
Gambar 17. Botol varian C (180ml)

Tabel 3. Pengujian kebocoran botol varian C (180ml) dengan diamter lubang 1mm

No.	Jumlah Luring	Posisi Luring	Waktu Pengisian (detik)	Tekanan		Tegangan Terbaca (V)
				Masuk (kPa)	Keluar (kPa)	
1	1	Tanpa Luring	3	100	105	4,96
2		1	3	85	97,5	4,56
3		2	3	85	94,0	4,43
4		3	3	75	88,0	4,16
5	2	1	3	75	87,9	4,15
6		2	3	75	84,5	4,01
7		3	3	70	76,2	3,58
8	3	1	3	70	78,5	3,58
9		2	3	70	73,4	3,50
10		3	3	65	69,7	3,26

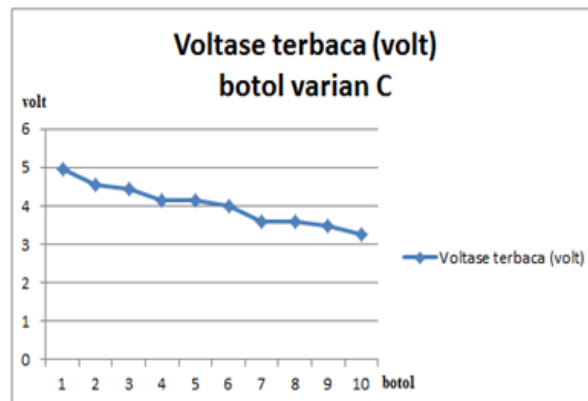
Ket : posisi lubang 1 = atas, posisi lubang 2 = tengah, posisi lubang 3= bawah.

Gambar 18 grafik pengujian ke 1 merupakan pengujian pembacaan botol bagus yaitu botol tidak memiliki lubang, ketika udara dari kompresor mensuplay udara 1 bar selama 3 detik. maka tekanan input yang diterima botol adalah 1 bar dan tekanan output yang keluar dari botol adalah 105 kpa (1.05bar) pengujian ini menandakan bahwa tidak ada udara yang hilang dan menandakan bahwa botol tersebut dalam kondisi baik.



Gambar 18. Grafik pengujian input dan output botol PET varian C

Pengujian selanjutnya yaitu pada ketika botol diberi 1 lubang, 2 lubang dan 3 lubang dengan masing-masing lubang di posisi yang berbeda (posisi 1 berada di atas botol, posisi 2 berada di tengah botol, dan posisi 3 berada di bawah botol) maka akan didapati bahwa semakin bawah posisi lubang maka udara yang hilang/terbuang akan semakin cepat dan tekanan yang terbaca akan semakin berkurang sampai 65 kPa – 69.7 kPa.



Gambar 19. Pengujian tegangan sensor

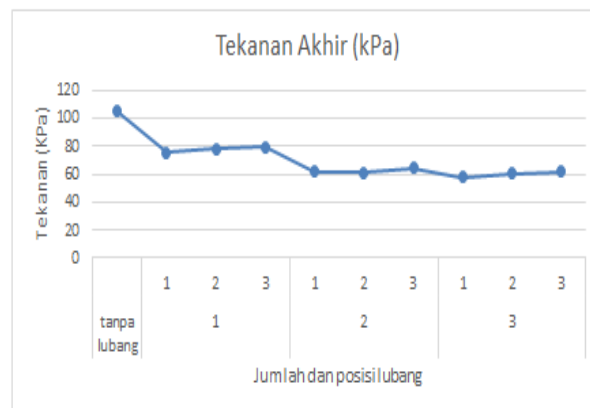
Gambar 19 terlihat bahwa posisi lubang pada botol semakin bawah maka akan semakin rendah tegangan yang akan terbaca oleh sensor MPX 5100Dp yaitu 3.26 volt pada botol nomer 10.

Pengujian respon time sensor pada botol varian A dilakukan untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan sensor MPX 5100DP dapat menyatakan bahwa Botol PET tersebut bocor sampai tekanannya berkurang dan stabil.

Tabel 4. Uji *respon time* sensor pada botol varian A (60ml)

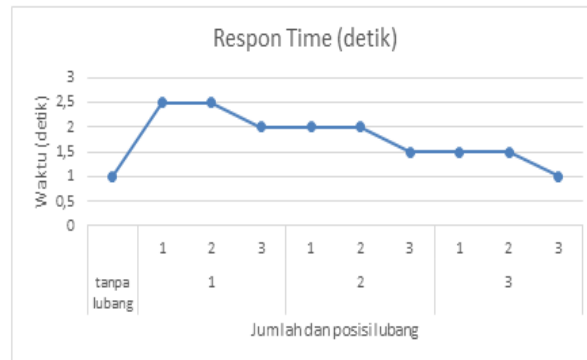
No.	Jumlah Luring	Posisi Luring	Tekanan		Respon Time (detik)
			Masuk (kPa)	Keluar (kPa)	
1	Tanpa Luring		100	105	1,0
2		1	100	75,3	2,5
3		2	100	78,3	2,5
4		3	100	79,7	2,0
5	2	1	100	61,7	2,0
6		2	100	61,4	2,0
7		3	100	64,5	1,5
8		1	100	57,7	1,5
9	3	2	100	60,6	1,5
10		3	100	61,6	1,0

Ket : posisi lubang 1 = atas, posisi lubang 2 = tengah, posisi lubang 3= bawah.



Gambar 20. Tekanan akhir pada botol varian A

Dari Gambar 20 grafik menunjukkan bahwa pada botol 1 udara akan stabil di 105kPa sebab tidak ada lubang pada botol 1 tersebut. Namun pada botol 2 dengan 1 lubang, udara akan stabil di posisi 75kPa dan akan terus naik pada botol 3 dan botol 4. Begitu pula pada pengujian botol 2 lubang di posisi 5, 6 dan 7 udara pada lubang posisi 1 akan terus naik sampai di posisi lubang ke 3. Dan botol 8, 9, dan 10 pun sama. Itu artinya pembacaan oleh sensor MPX 5100DP udara akan cenderung lebih cepat stabil ketika lubang botol berada diposisi 3 (dibagian bawah).



Gambar 21. Respon time sensor pada Botol varian A

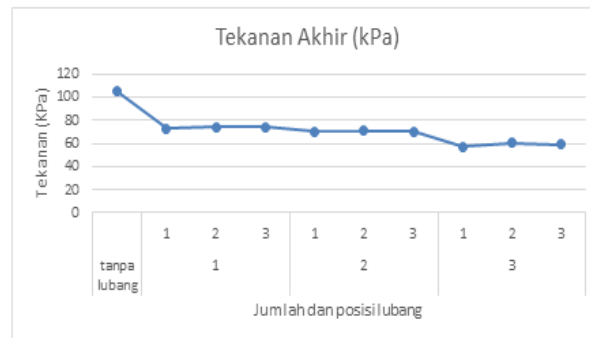
Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa sensor akan lebih cepat membaca dan menyatakan bahwa tekanan didalam botol yang bocor tersebut stabil ketika botol tersbut memiliki lubang di posisi 3 (dibagian bawah) yaitu 1 detik dan begitu pun sebaliknya jika lubang pada posisi 1 dan 2 maka sensor akan lebih lama untuk membaca dan menyatakan bahwa botol tersebut bocor yaitu lebih dari 1 detik.

Pengujian respon time sensor pada botol varian B dilakukan untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan sensor MPX 5100DP dapat menyatakan bahwa Botol PET tersebut bocor sampai tekanannya berkurang dan stabil.

Tabel 5. Uji *respon time* sensor pada botol Varian B (130ml)

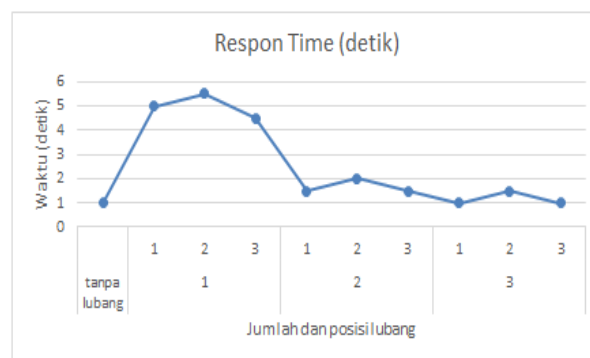
No.	Jumlah Luring	Posisi Luring	Tekanan		Respon Time (detik)
			Masuk (kPa)	Keluar (kPa)	
1	Tanpa Luring		100	105	1,0
2		1	100	72,7	5,0
3		2	100	74,3	5,5
4		3	100	73,9	4,5
5	1	1	100	70,5	1,5
6		2	100	70,7	2,0
7		3	100	70,2	1,5
8	2	1	100	56,9	1,0
9		2	100	60.4	1,5
10		3	100	59,1	1,0

Ket : posisi lubang 1 = atas, posisi lubang 2 = tengah, posisi lubang 3= bawah.



Gambar 22. Tekanan akhir pada botol varian B

Gambar 22 grafik menunjukkan bahwa pada botol 1 udara akan stabil di 105kPa sebab tidak ada lubang pada botol 1 tersebut. Namun pada botol 2 dengan 1 lubang, udara akan stabil di posisi 73kPa dan akan terus naik pada botol 3 dan turun lagi pada botol 4. Begitu pula pada pengujian botol 2 lubang di posisi 5, 6 dan 7 udara pada lubang posisi 1 akan terus naik sampai di posisi lubang ke 2 dan turun di posisi lubang ke 3. Dan botol 8, 9, dan 10 pun sama. Itu artinya pembacaan oleh sensor MPX 5100DP udara akan cenderung lebih stabil ketika lubang botol berada diposisi 3 (dibagian bawah).



Gambar 23. Respon time sensor pada Botol varian B

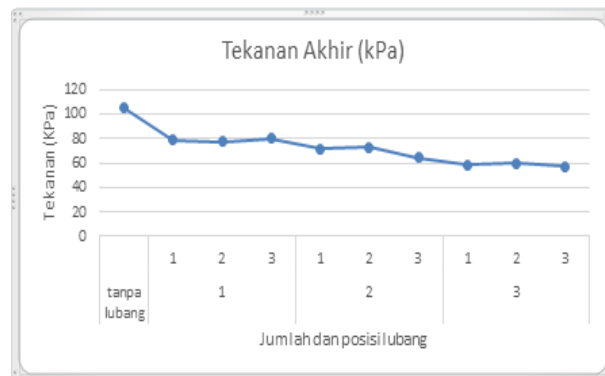
Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa sensor akan lebih cepat membaca dan menyatakan bahwa tekanan didalam botol yang bocor tersebut stabil ketika botol tersebut memiliki lubang di posisi 3 (dibagian bawah) yaitu 1 detik, begitu pun sebaliknya jika lubang pada posisi 1 dan 2 maka sensor akan lebih lama untuk membaca dan menyatakan bahwa botol tersebut bocor yaitu lebih dari 1 detik.

Pengujian respon time sensor pada botol varian C dilakukan untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan sensor MPX 5100DP dapat menyatakan bahwa Botol PET tersebut bocor sampai tekanannya berkurang dan stabil.

Tabel 6. Uji *respon time* sensor pada botol Varian C (180ml)

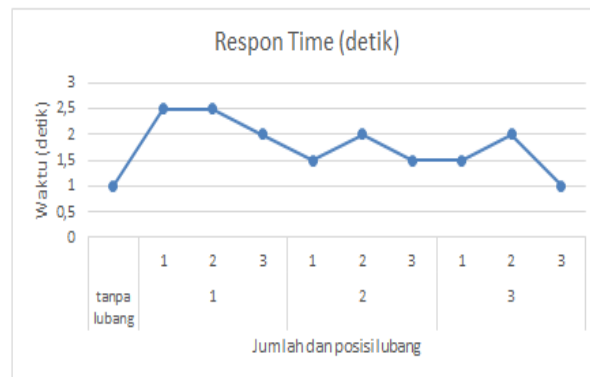
No.	Jumlah Luring	Posisi Luring	Tekanan		Respon Time (detik)
			Masuk (kPa)	Keluar (kPa)	
1	Tanpa Luring		100	105	1,0
2		1	100	78,7	2,5
3		2	100	77,3	2,5
4		3	100	79,8	2,0
5	2	1	100	71,7	1,5
6		2	100	72,7	2,0
7		3	100	64,2	1,5
8		1	100	58,6	1,5
9	3	2	100	60,0	2,0
10		3	100	57,4	1,0

Ket : posisi lubang 1 = atas, posisi lubang 2 = tengah, posisi lubang 3= bawah.



Gambar 24. Tekanan akhir pada botol varian C

Gambar 3.4 grafik menunjukkan bahwa pada botol 1 udara akan stabil di 105kPa sebab tidak ada lubang pada botol 1 tersebut. Namun pada botol 2 dengan 1 lubang, udara akan stabil di posisi 78kPa dan akan terus turun pada botol 2 dan naik lagi pada botol 4. Begitu pula pada pengujian botol 2 lubang di posisi 5, 6 dan 7 udara pada lubang posisi 1 akan terus naik sampai di posisi lubang ke 2 dan turun di posisi lubang ke 3. Dan botol 8, 9, dan 10 pun sama. Untuk waktu pembacaan sensor bisa dilihat pada grafik dibawah:



Gambar 25. *Respon time* sensor pada Botol varian C

Dari Gambar 25 dapat diketahui bahwa sensor akan lebih cepat membaca dan menyatakan bahwa tekanan didalam botol yang bocor tersebut stabil ketika botol tersebut memiliki lubang di posisi 3 (dibagian bawah) yaitu 1 detik, begitu pun sebaliknya jika lubang pada posisi 1 dan 2 maka sensor akan lebih lama untuk membaca dan menyatakan bahwa botol tersebut bocor yaitu lebih dari 1 detik.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian diketahui bahwa perancangan menggunakan sensor MPX 5100DP sebagai pendeteksi tekanan udara yang ada didalam botol PET kemudian sinyal dari sensor tersebut diolah oleh Arduino Uno yang hasilnya akan menjadi sinyal inputan untuk sistem PLC.
2. Pengujian kali ini mendeteksi tekanan udara didalam botol PET yang terbaca oleh sensor MPX 5100DP yang kemudian diproses oleh Arduino Uno, jika tekanan yang terbaca tidak mencapai target yang telah ditentukan yakni 1bar (100kPa) maka Arduino akan menghidupkan Pin 13 sebagai sinyal (reject) untuk input PLC kemudian akan menggerakkan solenoid valve.
3. Pada pengujian kebocoran varian botol PET didapati bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk dapat mendeteksi kebocoran botol adalah 1-3 detik pada setiap varian botol PET, dan tekanan akan semakin rendah jika botol memiliki lubang pada posisi 3 (lubang berada dibawah) yakni kurang dari 60kPa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Hanya kata terima kasih yang dapat saya sampaikan kepada dosen pembimbing, atas bimbingannya dan tak lupa juga untuk semua rekan teknik elektro Unpam yang telah

banyak memberikan motivasi serta orang tua tercinta yang tak henti menyemangati atas terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Perancangan mesin pressure test untuk analisa hasil kebocoran pada botol plastik. Ikbali, Soeleman. Jakarta : Universitas Muhammadiyah Jakarta, 2011.
- Aditya, putra Surakusumah. Pengisian botol otomatis. Depok : Universitas Indonesia, 2009.
- Kemenperin. kemenperin.go.id. [Online] [Dikutip: 13 Mei 2019.] <http://www.kemenperin.go.id/artikel/6262/>.
- Riza Kurnia Akbar, S.Pd. Dasar Pneumatik. s.l. : Direktorat Pembinaan SMK, 2010.
- Data sheet sensor MPX 5100. alldatashett. [Online] [Dikutip: 12 Mei 2019.] <http://www.alldatashett.com>.
- PET Seal Quality Testing using an on-line Pressure Differential Detector. Raspante., vijaykrishna s & F. s.l. : Journal of Food Engineering, 2006.
- Aplikasi PLC dan sistem Pneumatik pada Industri. Said, H. Yogyakarta : Andi offset, 2012.
- Santoso, Hari. Panduan Praktis Arduino Untuk Pemula. Malang : www.elangsakti.com, 2015.
- PETform. Strecth blow moulding PET bottles. PetForm. [Online] 2014. [Dikutip: 12 Mei 2019.] <http://www.petform.net/styled/Stretch-Blow-Moulding-PET-Bottles/Stretch-Blow-Moulding-PET-Bottles.html>.