

RANCANG BANGUN ALAT UJI KEBOCORAN *TUBE SKIN CARE* DENGAN SISTEM PERBANDINGAN PRESSURE UDARA (DRY *LEAK TEST*) MENGGUNAKAN ARDUINO UNO R3 ATMEGA 328

Bayu ari wibowo¹, Gede Yudharma*²

^{1,2}, Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa
Kalibaru Timur Kel. Kalibaru Medan Satria Kota Bekasi

Email: ¹ bayu.dti@gmail.com ² gyudharma123@gmail.com

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem alat uji kebocoran untuk tube *Plastic Barrier Laminate* (PBL). Tujuan dari perancangan alat ini adalah untuk menciptakan sistem yang efektif dalam mendeteksi kebocoran pada tube PBL. Pengembangan sistem ini menggunakan beberapa komponen utama seperti Mikrokontroler yang dipasang di papan arduino uno menggunakan keluarga Atmega328p. intruksi yang telah diprogram akan simpan kedalan chip tersebut. Sistem kontrol meliputi berbagai komponen diantaranya komponen sensor, sistem kontrol, serta komponen buzzer dan LCD Arduino Uno ATmega328, sensor pressure, serta valve solenoid yang dapat mendukung optimalisasi dari fungsi alat. Rangkaian sensor digunakan untuk membaca tekanan (*pressure*). Sensor yang digunakan adalah sensor Wisner WPT-83G-E4G4 (*Pressure Transmitter*). Untuk pembacaan tekanan pada arduino maka diperlukan konversi dari volt ke satuan tekanan (Bar). Hasil kalibrasi sensor dan regulator tekanan memiliki hubungan $y = 0.9729x - 1.1022$ dengan faktor korelasi $R^2 = 0.9916$. Sedangkan hasil pembacaan sensor dan regulator tekanan memiliki hubungan $y = 1.002x + 0.0018$ dengan faktor korelasi $R^2 = 0.9999$. Nilai tertinggi *margin of error* dari pengukuran tekanan 1 bar, 1.5 bar, dan 2 bar adalah 0.8 %. Nilai ini masih dalam kategori “OK” karena dibawah nilai yang sudah ditetapkan dalam perusahaan yaitu 1%. Dari hasil uji produk “ Bocor “ sebanyak 15 kali uji, semua hasil menunjukkan bahwasanya alat test dapat mendeteksi dengan baik, tidak terjadi kesalahan *judgement*. Perbandingan antara sample defect yang telah di uji dengan metode *Water immersion bubble test* dengan metode *dry leak test* memiliki hasil yang sama. Sistem Dry leak test mampu mendeteksi defect dengan tepat. Hasil perancangan menunjukkan bahwa alat uji

kebocoran ini dapat mendeteksi kebocoran dengan akurat, baik pada produk yang lolos uji maupun yang bocor.

Keywords— *Dry leak test*, sensor tekanan arduino, Alat Uji Kebocoran Tekanan, Kebocoran Tube, Sistem Perbandingan Tekanan, Arduino UNO R3

Pendahuluan

Tube skin care merupakan kemasan yang biasa dipakai untuk kebutuhan produk perawatan tubuh atau perawatan kulit. Kemasan ini biasanya digunakan untuk produk yang setengah cair seperti pasta gigi, lotion, hand cream, body butter atau cream gel. Kemasan bisa terbuat dari aluminium atau plastik (*Plastic barrier laminate*). Keunggulannya adalah isinya tidak mudah keluar kecuali kita menekan atau memencetnya. Produk industri yang digunakan saat ini sudah melalui proses *quality control* agar memenuhi syarat hygiene[1].

Dalam proses produksi *Tube skin care*, banyak terdapat produk *reject* bocor pada saat proses *filling bulk* maupun pada saat pembuatan tube. Saat ini metode pengontrolan kualitas yang banyak dipakai adalah sampling kebocoran dengan *bubble test* [2]. Test ini hanya bisa digunakan untuk test sampling saja, dan tidak bisa untuk melakukan cek kebocoran di proses produksi semuanya. Tube akan terkontaminasi air dan harus di buang karena produk tidak memenuhi syarat hygiene.

Perkembangan teknologi kontrol proses saat ini, juga sangat membantu dalam meningkatkan efisiensi proses produksi dengan memakai mikrokontroler Arduino UNO. Arduino UNO merupakan sebuah board yang berbasis mikrokontroler pada ATmega328, dapat digunakan untuk mengembangkan obyek interaktif dengan cara mengambil masukan dari berbagai switch atau sensor [26]. Mikrokontroler Arduino sudah banyak diaplikasikan seperti dalam *design and development of a PV-T test bench based on Arduino* [6], *A low cost controller of PV system based on Arduino board and INC algorithm* [7] dan *Development of a Prototype Test Rig for Leak Detection in Pipelines* [8].

Sehubungan dengan permasalahan ini, dilakukan perancangan peralatan test kebocoran produk *Tube skin care* dengan dry leak test berbasis kontrol Arduino. Pengembangan sistem ini menggunakan beberapa komponen utama seperti Arduino Uno ATmega328, sensor pressure, valve solenoid dan beberapa komponen lainnya yang dapat mendukung optimalisasi dari fungsi alat.

Teori dan Metoda Penelitian

a. Sensor pressure

Sensor adalah alat yang digunakan untuk mengubah suatu besaran fisis menjadi besaran Listrik sehingga dapat dianalisis dengan rangkaian listrik tertentu [9]. Sensor yang digunakan pada system uji kebocoran ini adalah *pressure transmitter*. Pemancar tekanan (*Pressure transmitter*) adalah jenis sensor atau perangkat yang sangat cocok untuk mengukur Tingkat tekanan dalam system proses, Dimana rentang pengukuran tekanan antara 0 bar dan 12 bar [10].

Transduser tekanan berfungsi untuk menghubungkan sistem kontrol dengan faktor fisik yang mengatur sistem. Ini mengubah tekanan yang dibangun dalam sistem menjadi sinyal listrik melalui deformasi fisik strain gages, yang diikat ke dalam diafragma dan dihubungkan ke konfigurasi kontrol elektronik. Transduser tekanan 5 V DC yang rentang tekanan kerja dan arusnya masing-masing antara 0-1,2 MPa dan ≤10 mA.

b. Metode pengujian kebocoran

Ada dua jenis metode umum yang digunakan untuk pengujian kebocoran[2].

- Pengujian kering
- Pengujian basah

Pengujian Kering- metode ini paling banyak digunakan dan merupakan metode awal pengujian komponen tertutup. Dalam metode ini, komponen yang akan diuji terlebih dahulu ditutup seluruhnya dan udara bertekanan dilewatkan melaluinya, udara bertekanan di dalam komponen dipantau. Perlu diperhatikan bahwa jika tekanan meningkat secara merata pada komponen tertutup, berarti komponen tersebut baik-baik saja. Namun jika tekanan tiba-tiba turun berarti komponen tersebut retak, maka komponen tersebut ditolak.

Pengujian Basah- metode ini paling banyak digunakan dan merupakan metode sekunder untuk menguji komponen tertutup apa pun. Pada metode ini, komponen yang akan diuji terlebih dahulu ditutup seluruhnya dan udara bertekanan dilewatkan melaluinya, udara bertekanan pada komponen dipantau setelah dimasukkan ke dalam bak air atau bejana yang berisi air. Perlu diperhatikan bahwa jika tekanan meningkat secara merata pada komponen tertutup, berarti komponen tersebut baik-baik saja. Namun jika tekanan tiba-tiba turun dan terjadi gelembung-gelembung berarti komponen tersebut retak, maka komponen tersebut ditolak. Metode uji kebocoran yang paling umum digunakan adalah *under water bubble test, bubble soap paint, pressure and vacuum decay, and tracer gas detectors (halogen, helium and hydrogen)* [2].

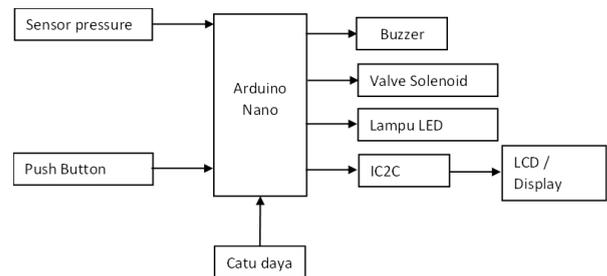
c. Arduino uno R3

Dalam perancangan serta pembentukan alat ukur kebocoran (leak test) ini, penelitian menggunakan Board Arduino Uno R3. Pada pasaran, Arduino Uno R3 mempunyai dua tipe Atmega, ialah Arduino Uno SMD serta Arduino Uno DIP. Untuk resolusi ADC pada board Arduino Uno ialah 10 bit, yang berarti mampu memetakan hingga 1024 discrete analog level ($2^n = 2^{10} = 1024$). Beberapa jenis microcontroller lain memiliki resolusi 8 bit, 256 discrete analog level, bahkan ada yang memiliki resolusi 16 bit, 65536 discrete analog level.

Perancangan Alat

Diagram blok sistem perancangan alat

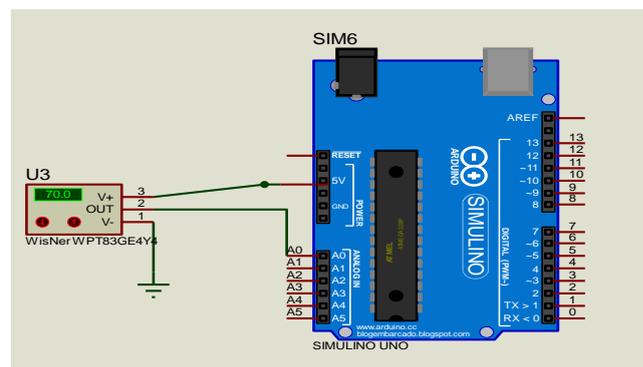
Gambar 1 merupakan diagram blok desain alat uji kebocoran tube skin care dengan system perbandingan presure udara (*dry leak test*) menggunakan Arduino uno R3 Atmega 328 adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram blok perancangan alat

Desain rangkaian sensor pressure

Rangkaian *sensor* digunakan untuk membaca tekanan (*pressure*) seperti terlihat pada gambar 2. Sensor yang digunakan adalah sensor Wisner WPT-83G-E4G4 (*Pressure Transmitter*) . Sensor ini akan merubah dari besaran tekanan menjadi tegangan output yang akan dibaca ke dalam Arduino. Besar kecilnya tekanan yang dibaca akan dibandingkan dengan data tekanan yang diset sebagai parameter pembanding (standard minimum tekanan) .

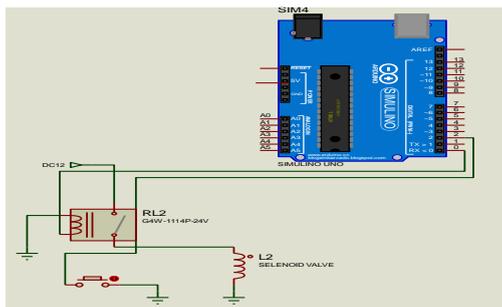


Gambar 2. Desain rangkaian sensor pressure

Desain rangkaian relay, push button dan solenoid valve

Rangkaian *relay* digunakan sebagai saklar pada solenoid seperti pada gambar 3. Setelah tombol start ditekan, sinyal akan diproses oleh Arduino menjadi keluaran ke relay sesuai dengan

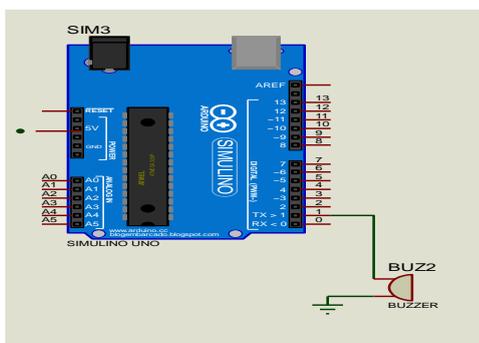
pogram yang suda dibuat. Relay akan berada pada kondisi *on* atau *off* sesuai dengan *set point* yang sudah ditetapkan.



Gambar 3. Rangkaian *relay*, *push button* dan *solenoid*

Desain rangkaian buzzer

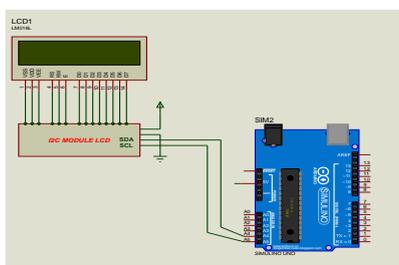
Rangkaian *buzzer* seperti terlihat pada gambar 4, digunakan sebagai penanda bahwa produk tersebut OK atau bocor. Data tekanan yang terbaca oleh sensor akan diproses oleh Arduino menjadi keluaran yang diteruskan ke buzzer sesuai dengan program yang sudah dibuat. Buzzer akan berada pada kondisi *on* atau *off* sesuai dengan *set point* yang sudah ditetapkan.



Gambar 4. Rangkaian *buzzer*

Desain rangkaian LCD

Rangkaian LCD ini menggunakan LCD i2c 16x2 berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran tekanan yang terbaca oleh sensor Wisner WPT-83G-E4G4 dan hasil judgement dari pembacaan tekanan tersebut. Data tekanan yang berupa bilangan biner akan diteruskan ke LCD oleh mikrokontroler. Proses transfer data berupa *shift register* melalui pin SDA (*Serial Data*) dan SCL (*Serial clock*) yang terdapat pada arduino.

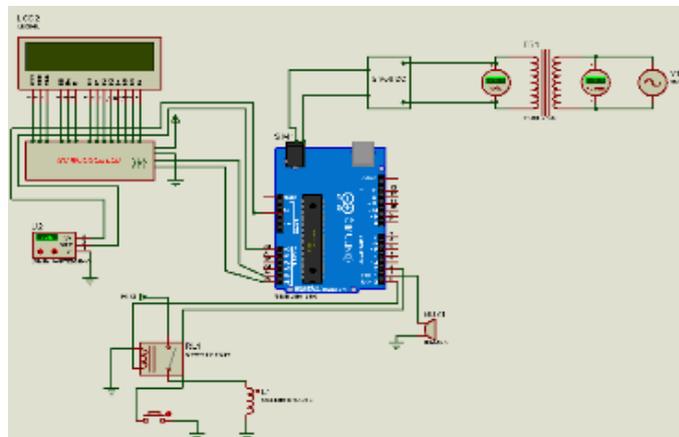


Gambar 5. Rangkaian LCD

Desain wiring system leak test

Desain keseluruhan alat merupakan gabungan dari rangkaian tiap komponen sehingga tercipta sistem control seperti

terlihat pada gambar 6. Udara yang masuk kedalam tube selama beberapa waktu akan terbaca oleh sensor akan ditampilkan pada LCD I2C. Setelah Valve tertutup sensor akan membaca kembali besarnya tekanan yang terjerebab dalam tube. Apabila tekanan dibawah nilai yang sudah ditentukan maka buzzer berbunyi dan secara bersamaan pada display akan tertera judgement *OK* atau *Reject* dari produk tersebut.



Gambar 6. Rangkain wiring system dry leak test

Pengujian Alat

Uji fungsi rangkaian catu daya

Untuk memastikan tegangan dari catu daya ini stabil maka akan dilakukan uji tegangan output catu daya baik dalam keadaan tanpa beban maupun dengan keadaan ada beban. Dari hasil percobaan, selisih yang pembacaan yang besar (diatas 0.5 volt) akan berpengaruh terhadap kestabilan pembacaan pada system. Hasil pengujian catu daya dengan adalah seperti table 1 berikut:

Tabel 1. Pengujian output rangkaian catu daya

Test	Tanpa Beban (Volt)	Dengan beban / system dijalankan (Volt)	Selisih
1	5.23	5.07	0.16
2	5.23	5.07	0.16
3	5.25	5.10	0.15
4	5.23	5.07	0.16
5	5.25	5.07	0.18
Max	5.25	5.1	0.18
Min	5.23	5.07	0.15
Average	5.24	5.08	0.16
Dev	0.011	0.013	0.011

Uji fungsi sensor tekanan dan kalibrasi

Output dari sensor tekanan adalah tegangan, dengan rentang tegangan 0.5 Volt (saat 0 pressure) – 5 Volt (12 Bar). Untuk pembacaan tekanan pada arduino maka diperlukan konversi dari volt ke satuan tekanan (Bar). Untuk memastikan hasil ukur sesuai dengan nilai referensi, maka dilakukan kalibrasi pembacaan. Kalibrasi dilakukan dengan merubah nilai float nilai kalibrasi pada program Arduino. Percobaan untuk mencari nilai kalibrasi seperti table 2 dibawah ini :

Tabel 2. Nilai referensi kalibrasi sensor

Percobaan Ke	Nilai referensi (bar)	Nilai Kalibrasi	Hasil pembacaan (bar)
1	2	2.5	1.571
2	2	2.6	1.625
3	2	2.7	1.687
4	2	2.8	1.75
5	2	2.9	1.811
6	2	3	1.879
7	2	3.1	1.937
8	2	3.2	2.002
9	2	3.3	2.079
10	2	3.4	2.141
11	2	3.5	2.215



$$Error (\%) = \frac{Error\ nilai\ pembacaan}{Nilai\ pressure\ gauge} \times 100\%$$

Untuk tekanan 1 bar

$$Error (\%) = 0.8\%$$

Untuk tekanan 1.5 bar

$$Error (\%) = 0.7\%$$

Untuk tekanan 2 bar

$$Error (\%) = 0.4\%$$

Nilai tertinggi margin of error dari pengukuran tekanan 1 bar, 1.5 bar, dan 2 bar adalah 0.8 %. Nilai ini masih dalam kategori “OK” karena dibawah nilai yang sudah ditetapkan dalam perusahaan yaitu 1%.

Uji fungsi system leak test

Pengujian fungsi program judgement dilakukan untuk memastikan bahwasanya hasil judgement pada system yang sudah di program sesuai dengan parameter yang ditetapkan. Dalam pengujian ini, kami menggunakan 4 sample produk dengan diameter tube 40 mm yang telah di uji sebelumnya dengan metode *Water immersion bubble test* :

1. Produk Tidak bocor (OK)
2. Produk bocor kecil
3. Produk bocor sedang

Pengujian dengan produk sebanyak 15 kali uji berikut pembacaan pada system saat test berlangsung:

- Apabila tekanan setelah valve tertutup ≥ 1.6 bar maka judgement “ OK “
- Apabila tekanan setelah valve tertutup < 1.6 bar maka judgement “ Bocor “

1) Produk tidak bocor (OK)

Pada table 4 terlihat hasil uji produk “ OK “ sebanyak 15 kali uji, semua hasil menunjukkan bahwasanya alat test dapat mendeteksi dengan baik, tidak terjadi kesalahan judgement .

Dari hasil trial untuk mencari nilai kalibrasi di atas, maka nilai yang pembacaannya mendekati nilai referensi pembacaan alat ukur adalah 3.2. Hasil pembacaan nilai kalibrasi 3.2 dengan nilai referensi memiliki selisih yang paling sedikit (paling akurat). Untuk itu dalam system dilakukan setting dengan nilai kalibrasi 3.2.

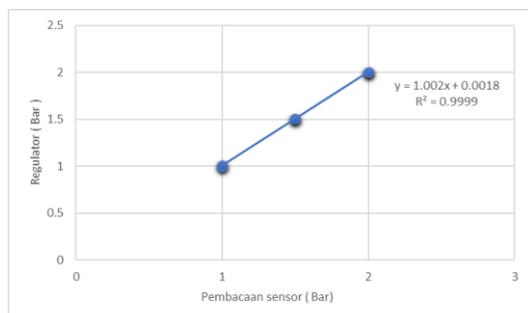
Uji fungsi program pembacaan tekanan

Uji fungsi program pembacaan sensor tekanan dilakukan dengan membandingkan pembacaan alat ukur yang sudah terkalibrasi (regulator festo) dengan hasil baca dari sensor tekanan. Tujuan uji ini untuk memastikan kestabilan pembacaan dari sensor yang sebelumnya sudah dilakukan kalibrasi.

Tabel 3. Hasil uji pembacaan tekanan

No	Tekanan (Bar)	Pembacaan dari sensor (Bar)	Diff (Bar)
1	1	0.992	0.008
2	1	1.008	-0.008
3	1.5	1.507	-0.007
4	1.5	1.507	-0.007
5	1.5	1.507	-0.007
6	1.5	1.507	-0.007
7	2	2.006	-0.006
8	2	2.004	-0.004
9	2	2.004	-0.004
Selisih Minimum			-0.008
Selisih Maximum			0.008
Rata - rata			-0.005

Dari data yang didapat seperti terlihat pada tabel 3, tercatat antara sensor dengan pembanding (regulator) memiliki selisih rata-rata -0,005 bar. Pada regulator udara jika tercatat tekanan 1 bar maka pembacaan tekanan disensor yaitu 1,008 bar . Sehingga diasumsikan data yang terbaca sudah sesuai. Pada Gambar 7 dapat dilihat hasil kalibrasi sensor dan regulator tekanan dengan nilai $y=1.002x + 0.0018$ dan $R^2 = 0.9999$.



Gambar 7. Koefisien korelasi

Prosentase error dalam pengujian didapat dari selisih nilai baca dengan pembanding (regulator) kemudian dikalikan dengan 100 %. Berdasarkan rumus tersebut, hasil perhitungan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil pengetesan produk OK

No	Pressure saat Open Valve (Bar) waktu 3sec	Pressure saat close valve (Bar) waktu 2 sec	Selisih baca (Bar)	Judgemen
1	2.016602	1.623535	0.393067	OK
2	2.016602	1.623535	0.393067	OK
3	2.016602	1.623535	0.393067	OK
4	2.016602	1.623535	0.393067	OK
5	2.016602	1.623535	0.393067	OK
6	2.016602	1.623535	0.393067	OK
7	1.999512	1.623535	0.375977	OK
8	2.016602	1.623535	0.393067	OK
9	2.016602	1.623535	0.393067	OK
10	2.016602	1.623535	0.393067	OK
11	2.016602	1.623535	0.393067	OK
12	2.033691	1.640625	0.393066	OK
13	2.016602	1.623535	0.393067	OK
14	1.999512	1.623535	0.375977	OK
15	2.016602	1.623535	0.393067	OK

2) Produk bocor kecil

Pada table 5 terlihat hasil uji produk “ Bocor “ sebanyak 15 kali uji, semua hasil menunjukkan bahwasanya alat test dapat mendeteksi dengan baik, tidak terjadi kesalahan judgement .

Tabel 5. Hasil pengetesan produk bocor kecil

No	Pressure saat Open Valve (3sec)	Pressure saat close valve (2 sec)	Selisih baca (Bar)	Judgemen
1	1.982422	1.059570	0.922852	Bocor
2	1.982422	1.076660	0.905762	Bocor
3	1.982422	1.076660	0.905762	Bocor
4	1.982422	1.076660	0.905762	Bocor
5	1.982422	1.076660	0.905762	Bocor
6	1.982422	1.076660	0.905762	Bocor
7	1.982422	1.076660	0.905762	Bocor
8	1.982422	1.076660	0.905762	Bocor
9	1.982422	1.076660	0.905762	Bocor
10	1.982422	1.076660	0.905762	Bocor
11	1.982422	1.076660	0.905762	Bocor
12	1.982422	1.076660	0.905762	Bocor
13	1.982422	1.076660	0.905762	Bocor
14	1.982422	1.076660	0.905762	Bocor
15	1.982422	1.059570	0.922852	Bocor

3) Produk bocor sedang

Pada table 6 terlihat hasil uji produk “ Bocor “ sebanyak 15 kali uji, semua hasil menunjukkan bahwasanya alat test dapat mendeteksi dengan baik, tidak terjadi kesalahan judgement .

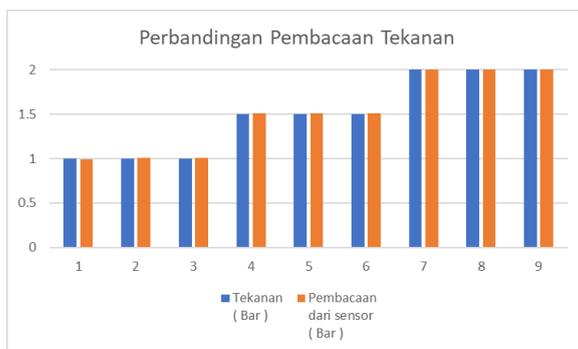
Tabel 6. Hasil Pengetesan produk bocor sedang

No	Pressure saat Open Valve (3sec)	Pressure saat close valve (2 sec)	Selisih baca (Bar)	Judgemen
1	0.957031	-0.017090	0.974121	Bocor
2	0.957031	-0.017090	0.974121	Bocor
3	0.957031	-0.017090	0.974121	Bocor
4	0.957031	-0.017090	0.974121	Bocor
5	0.957031	-0.017090	0.974121	Bocor
6	0.957031	-0.017090	0.974121	Bocor
7	0.957031	-0.017090	0.974121	Bocor
8	0.957031	-0.017090	0.974121	Bocor
9	0.957031	-0.017090	0.974121	Bocor
10	0.957031	-0.017090	0.974121	Bocor
11	0.957031	-0.017090	0.974121	Bocor
12	0.957031	-0.017090	0.974121	Bocor
13	0.974121	-0.017090	0.991211	Bocor
14	0.957031	-0.017090	0.974121	Bocor
15	0.957031	-0.017090	0.974121	Bocor

Analisa akurasi pembacaan tekanan antara *pressure gauge* vs *dry leak test*

Analisa dari hasil pengujian dan pengambilan data deteksi yang telah dilakukan dan dapat dilihat dari grafik gambar 8 dibawah ini.

Gambar 8 Grafik perbandingan pembacaan sensor vs regulator



Tabel 7 Kalibrasi (ketidak pastian)

Nominal	Perhitungan Ketidakpastian										
	Penunjukan Alat					x rata-rata	s std dev	Resolusi	koreksi. Alat	Koreksi Std	Satuan
	1	2	3	4	5						
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0048	0.0072	0.100	0.6277	0.6325	bar
1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5070	0.0000	0.100	0.5552	0.5622	bar
2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0044	0.0009	0.100	0.4876	0.4920	bar

Dari grafik perbandingan dan table 7 ketidakpastian di atas, akurasi pembacaan tekanan pada system dry leak test terhadap regulator tekanan memiliki nilai koreksi yang sangat kecil. Dengan nilai koreksi tersebut dapat dinyatakan bahwasanya lat tersebut dapat mengukur dengan akurat. Ada banyak faktor yang memengaruhi dalam pengukuran termasuk kualitas instrumen yang buruk, instrumen yang tidak dikalibrasi, metode pengumpulan data yang tidak memadai, dan inefisiensi atau kurangnya pengalaman operator.

Analisa hasil test antara *methode Water immersion test* dengan *methode dry leak test*

Analisa dari perbandingan sample defect dengan hasil ukur dari system dry leak test telah dilakukan dan dapat dilihat pada tabel perbandingan. Semua defect pada sample dapat terdeteksi dengan baik oleh dry leak tester yang dibuat. Produk OK, bocor kecil, bocor sedang, dan bocor besar dapat terdeteksi dan dijudgement reject pada sistem.

Tabel 8. Perbandingan hasil test

No	Water immersion bubble test	Dry Leak test	Miss judgement
1	OK	OK	No
2	Bocor Kecil	Reject / bocor	No
3	OK	OK	No
4	Bocor sedang	Reject / bocor	No
5	OK	OK	No
6	Bocor Besar	Reject / bocor	No

Dari table 8 diatas dapat dilihat perbandingan *judgement* antara sample *defect* yang telah diuji dengan metode *Water immersion bubble test* dengan metode *dry leak test* memiliki hasil yang sama. Sistem *Dry leak test* mampu mendeteksi *defect* dengan tepat.

Analisa konsistensi output dengan *capability process*

Untuk memastikan konsistensi hasil dari pembacaan tekanan, maka dilakukan analisa kestabilan dari pembacaan alat uji leak test tersebut. Dilakukan percobaan terhadap 1 tube yang “ OK ” dan dilakukan test sebanyak (n) = 15 kali. Dari data pembacaan tersebut dilakukan analisa kapability proses (CP) menggunakan matlab, seperti terlihat pada table 9.

Rumus penghitungan cp:

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6 \times Standard Deviation}$$

Dimana USL : merupakan standard minimum
LSL : merupakan standard maximum

Tabel 9. Hasil pengujian pembacaan

Jumlah Pengujian (n=)	Pembacaan
1	2.016602
2	2.016602
3	2.016602
4	2.016602
5	2.016602
6	2.016602
7	1.999512
8	2.016602
9	2.016602
10	2.016602
11	2.016602
12	2.033691
13	2.016602
14	1.999512
15	2.016602
Max	2.033691
Min	1.999512
Average	2.015381
Std dev	0.007822571
Std Max	2.05
Std Min	1.95
Cp	2.1

Dari hasil perhitungan capability didapatkan cp sebesar 2,1. Dengan cp 2.1 tersebut dapat disimpulkan bahwasanya kapabilitas dari mesin leak test memiliki kapabilitas yang baik hal ini berdasarkan dari standard capability yang ada:

Jika nilai Cp > 1 maka proses performance masih baik (capable)
 Jika nilai Cp < 1 maka proses performance tidak baik (not capable). Jika $1 < Cp < 1.33$ maka proses memerlukan kendali

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perancangan pendeteksi kebocoran kering (*dry leaktester*) pada tube skin care berbasis Arduino dan sensor tekanan maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk pembacaan tekanan pada arduino maka diperlukan konversi dari volt ke satuan tekanan (Bar). Hasil kalibrasi sensor dan regulator tekanan memiliki hubungan $y = 0.9729x - 1.1022$ dengan faktor korelasi $R^2 = 0.9916$. Sedangkan hasil pembacaan sensor dan regulator tekanan memiliki hubungan $y = 1.002x + 0.0018$ dengan faktor korelasi $R^2 = 0.9999$.
2. Nilai tertinggi margin of error dari pengukuran tekanan 1 bar, 1.5 bar, dan 2 bar adalah 0.8 %. Nilai ini masih dalam kategori “OK” karena dibawah nilai yang sudah ditetapkan dalam perusahaan yaitu 1%.ari hasil uji produk “ Bocor “ sebanyak 15 kali uji, semua hasil menunjukkan bahwasanya alat test dapat mendeteksi dengan baik, tidak terjadi kesalahan judgement.
3. Perbandingan antara sample *defect* yang telah di uji dengan metode *Water immersion bubble test* dengan metode dry leak test memiliki hasil yang sama. Sistem Dry leak test mampu mendeteksi *defect* dengan tepat.
4. Hasil perancangan menunjukkan bahwa alat uji kebocoran ini dapat mendeteksi kebocoran dengan akurat, baik pada produk yang lolos uji maupun yang bocor.
5. Dari hasil perancangan dapat diketahui bahwa hasil ukur akan dipengaruhi terhadap kestabilan udara yang masuk. Apabila terjadi penurunan tekanan maka dapat mempengaruhi nilai judgement produk.

Referensi

1. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan. Tersedia online : <https://peraturan.go.id/files/bn1259-2022.pdf> (Diakses

- 28 Desember 2023)
2. Katarkar, A., Bhosale, R. S., Kumbhar, P. P., Mahajan, K. S., Yachkal, A. K., & Anil Katarkar, P. (2017). Study on Leak Testing Methods. In *IJSRD-International Journal for Scientific Research & Development* (Vol. 5). www.ijsrd.com
3. Ardi, S., Program Studi Teknik Produksi dan Proses Manufaktur, S., & Manufaktur Astra, P. (2016). DESAIN SISTEM KENDALI MESIN PENGUJI KEBOCORAN UDARA MENGGUNAKAN SISTEM KENDALI PLC OMRON CJ2M DI HVAC (HEATING, VENTILATING, AND AIR CONDITIONING). In *Jurnal Teknik Mesin (JTM)* (Vol. 05).
4. Abdulshaheed, A., Mustapha, F., & Ghavamian, A. (2017). A pressure-based method for monitoring leaks in a pipe distribution system: A Review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 69, pp. 902–911). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.024>
5. Ilham, M., Assidiq, M., & Zady, I. (2021). PENDETEKSI GAS BOCOR DI RUANGAN TERTUTUP MENGGUNAKAN ARDUINO. *Journal Pegguruang: Conference Series*, 3(1), 239. <https://doi.org/10.35329/jp.v3i1.1642>
6. Ulloa, C., María Nuñez, J., Suárez, A., & Lin, C. (2017). Design and development of a PV-T test bench based on Arduino. *Energy Procedia*, 141, 71–75. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.014>
7. Oussalem, O., Kourchi, M., Rachdy, A., Ajaamoum, M., Idadoub, H., & Jenkal, S. (2020). A low cost controller of PV system based on Arduino board and INC algorithm. *Materials Today: Proceedings*, 24, 104–109. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.689>
8. Daniyan, I. A., Dahunsi, O. A., Oguntuase, O. B., Daniyan, O. L., & Mpofu, K. (2019). Development of a prototype test rig for leak detection in pipelines. *Procedia CIRP*, 80, 524–529. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.01.016>
9. Budiarmo, Z. (2011). Sistem Monitoring Tingkat Ketinggian Air Bendungan Bebasis Mikrokontroler. *Jurnal Dinamika Informatika*, 3(1).
10. Ardy Vista Yudha. (2016). Rancang Bangun Pressure monitoring system pada mini plant air conditioner berbasis arduino Atmega 328. https://repository.its.ac.id/76414/1/2413031023-Non_Degree.pdf
11. Dr. Muhammad Yusro, . MT. (2016). Modul Teori dan Praktikum Mikrokontroler Platform Arduino. *Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta* .
12. Abdul Kadir. (2016). Simulasi Arduino. Jakarta : PT. Elex Media Komputindo
13. What Is Arduino? Available online: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> (Diakses 28 Des 2023).
14. Kondaveeti, H. K., Kumaravelu, N. K., Vanambathina, S. D., Mathe, S. E., & Vappangi, S. (2021). A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. In *Computer Science Review* (Vol. 40). Elsevier Ireland Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100364>
15. Jati widyo Leksono., Humaidillah, .Elly Indahwati.

- ,Nandao Yanuansa. ,Imamatul U. (2019). Modul Belajar Arduino Uno. *Universitas Hasyim Asy'ari*.
16. ARFIAN DZAKI DANURWENDA. (2020). Rancang Bangun Alat Pengukuran Gas Metana Menggunakan Arduino Uno Pada Septic Tank. 7–43.
<https://digilib.pancabudi.ac.id/article/19246/rancang-bangu-alat->
17. <https://www.kitomaindonesia.com/article/9/solenoid-valve-pneumatic-prinsip-kerja>
18. Efrianto Ridwan dan Iman Fahruzi.(2016). Sistem Pengaman Motor Menggunakan Smartcard. Politeknik Negeri Batam. Vol. 8, No. 1, April 2016, Hlm. 1-5.
19. <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>. (2023). Data sheet Arduino® UNO R3. Product Reference Manual, 1 (diakses tgl 8 desember 2023)