

Pengujian Performa Pada Variasi Tekanan dan Diameter Outlet Nozzle pada Mesin Dry Leak Test

Mohammad Azwar Amat^{1,a}, Badruzzaman^{2,b}, Leo Van Gunawan^{3,c}, Ardy Karjo^{4,d}

^{1,2,4}Program Studi D4 Perancangan Manufaktur, Politeknik Negeri Indramayu, Indonesia

³Program Studi D3 Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu, Indonesia

^aazwar.amat@polindra.ac.id

Abstrak.

Mesin Dry Leak Test adalah alat yang digunakan untuk menguji kebocoran pada suatu komponen tanpa menggunakan cairan. Nozzle merupakan komponen yang paling berpengaruh pada mesin dry leak test karena mendistribusikan aliran udara pada komponen yang akan di uji. Pada penelitian ini dilakukan rancang-bangun mesin dry leak test dengan nozzle dan dies spesifik yang akan digunakan pada lampu reflektor mobil Avanza. Kemudian pengujian performa mesin dilakukan dengan memvariasikan lubang outlet nozzle dengan dimensi \varnothing 2/3/4 mm dan tekanan input pada rentang 1 – 5 Bar. Diameter outlet 2 dan 3 mm memiliki performa yang baik hingga 3 Bar. Sedangkan dia. 4 mm hanya bisa digunakan pada tekanan 1 Bar.

Kata kunci: *Mesin dry leak test, nozzle, tekanan, performa, outlet.*

Abstract.

The Dry Leak Test Machine is a tool used to test components for leaks without using liquid. The nozzle is the component that has the most influence on the dry leak test machine because it distributes air flow to the component to be tested. In this research, the design and construction of a dry leak test machine was carried out with a specific nozzle and dies that will be used on the reflector lights of the Avanza car. Then machine performance testing was carried out by varying the nozzle outlet hole with dimensions \varnothing 2/3/4 mm and input pressure in the range 1 – 5 Bar. Outlet diameters of 2 and 3 mm have good performance up to 3 Bar. Meanwhile dia. 4 mm can only be used at 1 Bar pressure.

Keywords: *Dry leak test machine, nozzle, pressure, performance, outlet.*

Pendahuluan

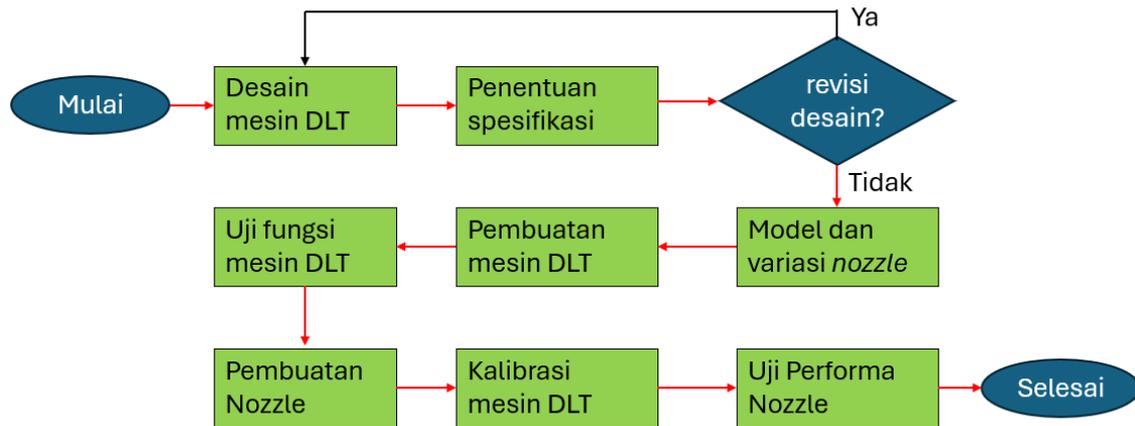
Mesin Dry Leak Test adalah alat yang digunakan untuk menguji kebocoran pada suatu komponen atau sistem tanpa menggunakan cairan (seperti air atau minyak). Pengujian ini dilakukan dengan udara atau gas tertentu dalam kondisi kering. Udara atau gas (misalnya nitrogen atau helium) dimasukkan ke dalam komponen yang diuji hingga mencapai tekanan yang telah ditentukan [1-3]. Setelah pengisian, sistem dibiarkan dalam waktu tertentu untuk memastikan tekanan dalam komponen stabil. Mesin akan memantau apakah terjadi perubahan tekanan atau kebocoran gas dari komponen yang diuji. Ada dua metode utama dalam deteksi ini yaitu: (1) Pressure Decay Method mendeteksi penurunan tekanan dalam waktu tertentu dan (2) Mass Flow Method mengukur jumlah gas yang bocor menggunakan sensor aliran massa [4-6]. Untuk menganalisa hasil dilakukan pemantauan terhadap tekanan. Jika tekanan tetap stabil, berarti komponen aman dari kebocoran. Jika ada penurunan tekanan yang signifikan, berarti ada kebocoran pada komponen tersebut. Keuntungan mesin dry leak test adalah tidak meninggalkan sisa cairan, cocok untuk produk elektronik atau komponen sensitif. Lebih cepat dibandingkan dengan metode leak test berbasis air. Lebih akurat dalam mendeteksi kebocoran kecil. Mesin ini sering digunakan dalam industri otomotif, elektronik, peralatan medis, dan manufaktur untuk memastikan kualitas produk sebelum dikirim ke pelanggan [7-9].

Terdapat dua penelitian yang sudah mengembangkan mesin dry leak test diantaranya oleh Syahril Adi dan Setyowati [10], penelitian ini membahas perancangan sistem kendali mesin air leak test menggunakan PLC Omron CJ2M untuk mendeteksi kebocoran pada komponen HVAC. Mesin ini menggunakan prinsip kerja differential pressure air leak test, yaitu metode yang membandingkan tekanan udara yang diberikan ke produk dan master produk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin mampu mendeteksi kebocoran dengan parameter sebesar 2,23 ml/menit. Soeleman dan Ikbal Sutia [11], penelitian ini membahas perancangan mesin pressure test yang digunakan untuk menganalisis kebocoran pada botol plastik menggunakan sistem pneumatik. Sistem ini dirancang untuk menggerakkan mesin pressure test dalam rentang waktu 5–10 detik, dengan tujuan memudahkan analisis kebocoran pada botol plastik. Tidak banyak di temukan artikel penelitian di Indonesia yang mengembangkan mesin dry leak test, dan belum ada yang membahas dari sistem keseluruhan hingga perancangan nozzle untuk air intake ke part yang akan di cek.

Nozzle merupakan part atau komponen yang paling berpengaruh mendistribusikan aliran udara menuju part, jika ukuran nozzle tidak sesuai dengan part yang dituju akan mengakibatkan terjadinya kebocoran udara saat proses uji. Oleh karena itu, perancangan nozzle pada dry leak test menjadi sangat penting. Pada penelitian ini dilakukan rancang-bangun mesin dry leak test dengan nozzle dan dies spesifik yang akan digunakan pada lampu reflektor mobil Avanza. Pada penelitian terdahulu, peneliti telah membuat sistem mesin RSW celah ganda dengan sistem penggerak pneumatik dan sistem kontrol berbasis timer kontrol [12]. Sehingga pada mesin ini akan menggunakan sistem pneumatik sebagai aktuator, timer kontrol untuk mengatur lama waktu masukan udara dan arduino sebagai sistem kontrol untuk pembacaan sensor tekanan sebagai pressure decay detector.

Metode

Pembuatan desain gambar kerja 3D menggunakan perangkat lunak *Solidworks*. Pada tahap perancangan dan pembuatan mesin *dry leak test* terdapat empat komponen yang menjadi pertimbangan dalam proses rancang-bangun yaitu: Standar parameter dan dimensi reflektor (untuk membuat dies reflektor), sistem aktuator pneumatik, sistem kontrol dan elektrik, sistem mekanisme holder dan *nozzle*. Pada penelitian ini lebih berfokus pada hasil uji performa dari tiga variasi diameter *nozzle* (dia. 2/3/4 mm) pada lima jenis tekanan (1 – 5 Bar). Detil desain dan proses manufaktur tidak akan ditampilkan, hanya *3D model assembly*, bentuk mesin DLT yang sudah jadi dan desain, pembuatan, dan pengujian performa *nozzle* yang menjadi fokus pada penelitian ini.



Gambar 1. Diagram alir perancangan, pembuatan dan uji performa mesin *dry leak test* (DLT)

Gambar 1 adalah diagram alir proses perancangan, pembuatan hingga uji performa mesin *dry leak test*. Tabel 1 merupakan data material mekanik dan komponen kimia yang digunakan untuk *nozzle*. Gambar 2 adalah reflektor yang digunakan dalam penelitian, dimensi lubang reflektor menjadi pertimbangan dalam menentukan ukuran diameter *nozzle*. Terlihat diameter dalam reflektor adalah 3.88 mm (4 mm tanpa ulir) dan diameter luar adalah 10 mm.



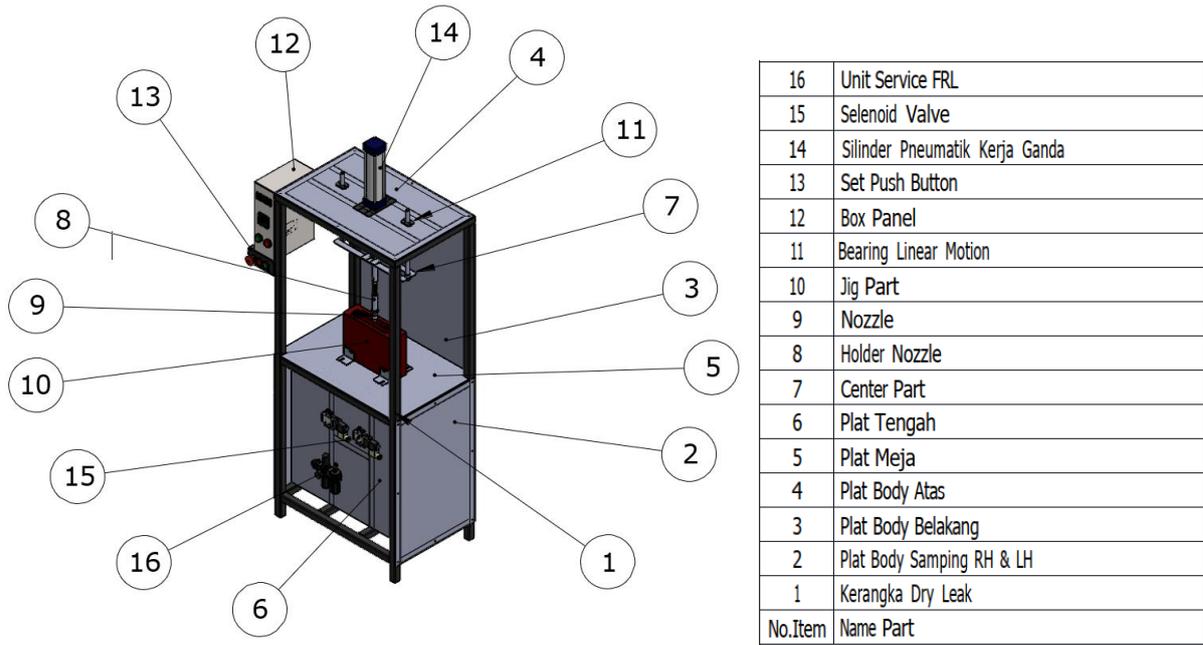
Gambar 2. Dimensi lubang lampu reflektor

Tabel 1. Spesifikasi material dan komposisi bahan kimia *Nozzle* (AISI 1045)

<i>Mechanical Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>Component Elements Properties</i>	<i>Metric</i>
<i>Hardness, Brinell</i>	163	Carbon, C	0.40 – 0.50 %
<i>Modulus of Elasticity</i>	206 Gpa	Iron, Fe	98.51 – 98.98 %
<i>Poissons Ratio</i>	0.29	Manganese, Mn	0.60 – 0.90 %
<i>Shear Modulus</i>	80.0 Gpa	Phosphorus, P // Sulfur, S	<= 0.050 %

Design and Manufacture

Komponen *assembly* mesin *dry leak test* dibagi menjadi 16 *unit part* yang dapat dilihat di Gambar 3 Unit komponen nomor 9 yaitu *nozzle* dapat dilihat pada Gambar 4 Bentuk mesin *dry leak test* yang sudah dibuat dapat dilihat di Gambar 4.

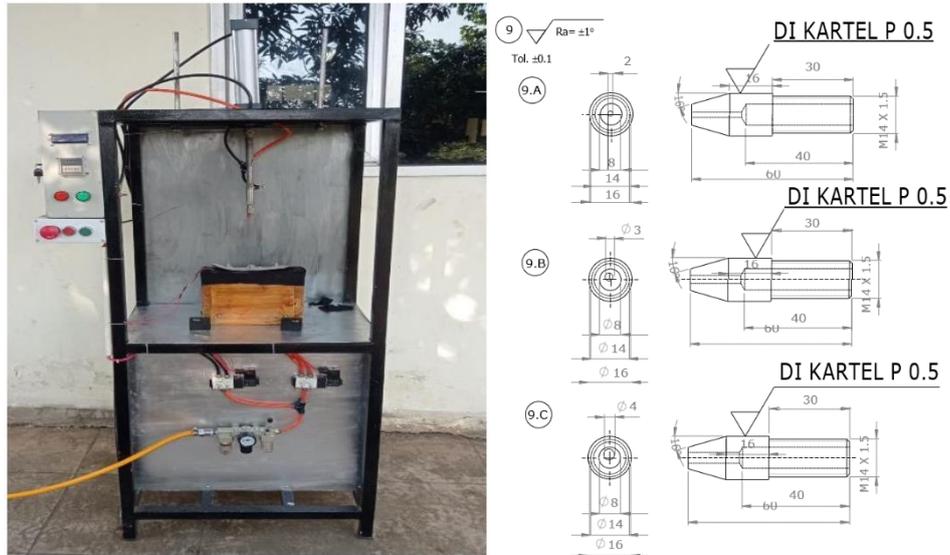


Gambar 3. Desain perakitan mesin *dry leak test*

Sebelum dilakukan uji performa, terlebih dahulu dilakukan uji fungsi, terdapat 10 jenis kinerja yang di uji, dapat dilihat pada Tabel 2 Sedangkan Tabel 3 adalah QC dimensi dari *nozzle* yang telah dibuat.

Tabel 2. Jenis kinerja yang di uji pada mesin *dry leak test*

No.	Jenis kinerja yang diuji	No.	Jenis kinerja yang diuji
1	<i>Input dan ouput</i> udara pada silinder pneumatik berjalan dengan baik	6	<i>Input dan output</i> udara pada <i>selenoid valve</i> berjalan dengan baik
2	<i>FRL (Filter Regulator Lubricator)</i> dapat digunakan dengan baik	7	<i>Settingan</i> kontrol waktu pada <i>timer</i> telah berjalan dengan baik
3	<i>Input</i> udara pada sensor <i>pressure</i> berjalan dengan baik	8	Layar pada LCD dapat membaca tekanan angin dengan baik
4	Lampu merah dan hijau menyala dengan baik	9	Tombol (<i>Star, Stop, Emergency</i>) berfungsi dengan baik
5	<i>Limit switch</i> pada jig berfungsi dengan baik	10	Pergerakan <i>holder nozzle</i> ke bawah berjalan dengan baik



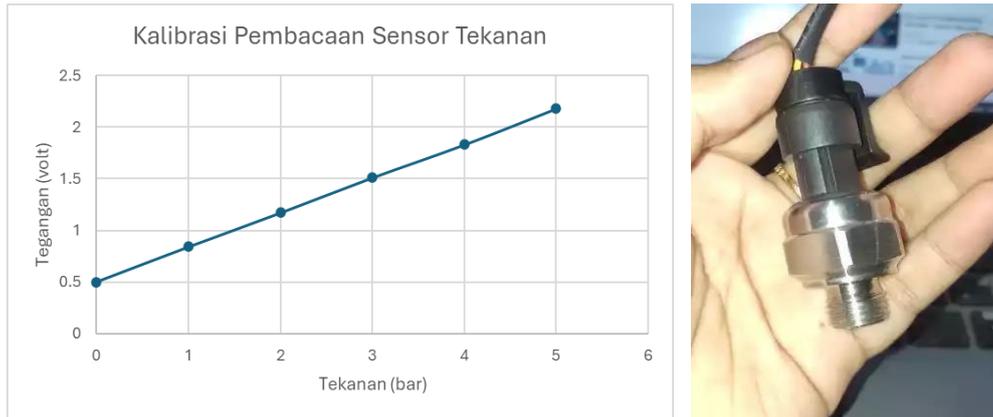
Gambar 4. Mesin *dry leak test* (kiri) dan tiga variasi desain *Nozzle* (kanan)

Tabel 3. Hasil manufaktur *nozzle* dan QC dimensi *outlet*

No	Dimensi	Ø 2 mm	Ø 3 mm	Ø 4 mm
	<i>Hole Outlet</i>			
	Dia. 2 mm			
	Dia. 3 mm			
	Dia. 4 mm			
Keterangan		<i>Deviation</i> 2.05 mm (> 0.05)	<i>Deviation</i> 3.04 mm (> 0.04)	<i>Deviation</i> 4.01 mm (> 0.01)
		OK	OK	OK

Machine Testing Performance

Sebelum melakukan uji performa, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi pembacaan sensor pada arduino. Walaupun proses kalibrasi tidak dilakukan dengan metode terstandar, tetapi metode ini cukup valid untuk dilakukan pada skala Lab. Jenis sensor yang digunakan adalah *pressure sensor* pada daerah kerja 1 – 12 Bar (0 – 1.2 MPa). Gambar 5 adalah hasil pengambilan data voltase terbaca pada arduino dan bentuk fisik sensor tekanan yang digunakan. Metode kalibrasi menggunakan Air Filer FRL AC 2000-02 1/4 inch sebagai pengatur udara yang masuk ke sensor dengan selang. Standar *source code* pada arduino menggunakan `x = analogRead(A0);` dan `v = x*(5.0/1023.0);` untuk membaca voltase.



Gambar 5. Data kalibrasi sensor (kiri) dan *pressure sensor* (kanan)

Kemudian data tegangan dan tekanan dibuat regresi linier untuk mendapatkan Eq. 1 yang digunakan pada *source code* arduino untuk menginterpolasi tekanan pada rentang 1 – 5 Bar. Persamaan tersebut sekaligus mengkonversi *output* pembacaan dalam bentuk kilo Pascal (kPa).

$$\text{Konversi tekanan} = (\text{volt} * 2.9758 - 1.4835) * 100 \text{ [kPa]} \tag{1}$$

Dilakukan konversi dari tegangan menjadi tekanan dalam bentuk kilo pascal seperti pada Tabel 4 Kemudian dilakukan pengujian performa pada tiga variasi diameter (\varnothing 2/3/4 mm) dan lima variasi tekanan (1 – 5 Bar). Tabel 5 adalah contoh pembacaan tekanan pada layar LCD dengan tekanan input pada FRL sebesar 1 Bar. Proses pengisian berlangsung selama 10 detik sejak tombol ditekan, relay aktif, solenoid valve terbuka, time control menghitung mundur, lama waktu stroke pneumatik berkisar 1 – 2 detik. Tekanan pada $t = 0s$ yang terbaca pada arduino berkisar 3 detik setelah tombol ditekan dan $t = 5s$ berkisar 8 detik. Pada waktu 10 detik, timer control akan mematikan relay dan menutup solenoid valve.

Tabel 4. Konversi tekanan dari voltase hasil kalibrasi

Input Tekanan dari Regulator	Pembacaan Sensor Tekanan	Konversi Tekanan
Tekanan [bar]	Tegangan [volt]	[kPa]
0	0.5	0.4
1	0.84	101.6
2	1.17	199.8
3	1.51	301.0
4	1.83	396.2
5	2.18	500.4

Tabel 5. Contoh pembacaan data performa *nozzle* dengan variasi diameter

Diameter 2 mm		Diameter 3 mm		Diameter 4 mm	
kPa	OK/NG	kPa	OK/NG	kPa	OK/NG
109,09	OK	107,63	OK	110,54	OK

Pengujian dilakukan kepada lampu reflektor yang sudah teruji (lulus QC). Sedangkan pengujian kebocoran ditunjukkan untuk melihat apakah ujung *nozzle* dan lubang angin pada lampu reflektor memiliki kerapatan yang baik atau tidak. Jika “seal” antara ujung *nozzle* dan lubang angin tidak sempurna maka tekanan akan turun, sehingga terjadi kebocoran pada proses memasukan angin ke lampu reflektor.

Tabel 6. Data performa *nozzle* dengan variasi diameter dan tekanan

Performa Dimensi Outlet Nozzle						
Bar	Dia. Outlet Nozzle	Tekanan (kpa)		LR (Bar)	Keterangan	
		P0 (t = 0s)	P1 (t = 5s)			
1	2 mm	109,09	109,09	> 1 Bar	Tidak Bocor	Sesuai
	3 mm	107,63	107,63	> 1 Bar	Tidak Bocor	Sesuai
	4 mm	110,54	110,54	> 1 Bar	Tidak Bocor	Sesuai
2	2 mm	206,54	206,54	> 2 Bar	Tidak Bocor	Sesuai
	3 mm	205,08	203,63	> 2 Bar	Bocor Tipis	Sesuai
	4 mm	206,54	203,63	> 2 Bar	Bocor Tipis	Sesuai
3	2 mm	302,53	302,53	> 3 Bar	Tidak Bocor	Sesuai
	3 mm	306,89	305,44	> 3 Bar	Bocor Tipis	Sesuai
	4 mm	260,35	258,9	< 3 Bar	Bocor	Tidak Sesuai
4	2 mm	389,8	389,8	< 4 Bar	Bocor Tipis	Tidak Sesuai
	3 mm	350,53	350,53	< 4 Bar	Bocor	Tidak Sesuai
	4 mm	362,16	326,16	< 4 Bar	Bocor	Tidak Sesuai
5	2 mm	452,34	452,34	< 5 Bar	Bocor	Tidak Sesuai
	3 mm	453,79	450,88	< 5 Bar	Bocor	Tidak Sesuai
	4 mm	415,98	415,98	< 5 Bar	Bocor	Tidak Sesuai

Tabel 6 menunjukkan untuk semua variasi *nozzle* pada tekanan input 1 bar tidak mengalami kebocoran yang terlihat dari tekanan stabil selama 5 detik, dan tekanan sesuai dengan input > 1 Bar. Saat diberikan input tekanan > 2 Bar, *nozzle* 2 mm tidak bocor dan tekanan sesuai, tetapi pada ukuran 3 mm dan 4 mm terjadi bocor tipis pada “seal” yang terlihat dari tekanan turun sedikit. Walaupun bocor tipis tekanan pembacaan masih sesuai (>200 kPa). Saat input tekanan ditingkatkan menjadi 3 Bar, *nozzle* 2 mm masih baik performanya, *nozzle* 3 mm bocor tipis dan masih sesuai tekanannya (>300 kPa). Saat dinaikan menjadi 4 Bar, semua ukuran *nozzle* mengalami kebocoran dan terdapat ketidak sesuaian pada tekanan pembacaan yang seharusnya (>400 kPa), walaupun begitu *nozzle* 2 mm masih berfungsi dengan cukup baik dengan pembacaan ~390 kPa. Pada input tekanan 5 Bar semua ukuran *nozzle* mengalami kebocoran pada “seal”, walaupun tekanan stabil dalam kurun waktu 5 detik tetapi angin terasa keluar dari seal input *nozzle*.

Kesimpulan

Proses rancangan bangun mesin dry leak test terlaksana dengan baik, semua jenis kinerja yang diuji berjalan dengan baik. Proses kalibrasi menunjukkan hasil yang cukup baik untuk skala Lab dengan metode yang sederhana. Pembacaan sensor linier terhadap tekanan dan di konversi dengan menggunakan Eq. 1. Hasil pengujian performa memperlihatkan diameter outlet 2 dan 3 mm memiliki performa yang baik hingga 3 Bar. Sedangkan dia. 4 mm hanya bisa digunakan pada tekanan 1 Bar.

Daftar Pustaka

- [1] Information on <https://atequsa.com/basic-guide-helium-leak-testing/> (retrive on 6 Februari 2025)
- [2] S. Mukesh, et al. Leak Machine Testing for a Blow-Molded Component Using Programmable Logic Controller, *Innovations in Power and Advanced Computing Technologies, i-PACT 2023*, code 197662
- [3] M. A. Amat dan Muhammad Luthfi. Teknik Pemrosesan Gambar Digital pada Hasil Pengelasan TIG Aluminium Paduan untuk Aplikasi Pengukuran Lebar Manik Las, *Journal of Applied Mechanical Technology*, 2(1), pp. 10-18, 2023.
- [4] Information on <https://www.ndt.net/article/ecndt98/offshore/268/268.htm> (retrive on 6 Februari 2025)
- [5] M. Nalini, et al. Enhanced Quality Analysis of Fuel Tank Using Pressure Drop Method Using PLC and SCADA, *Proceedings of the 2021 4th International Conference on Computing and Communications Technologies, ICCCT 2021*, pp. 444-447
- [6] W. Li dan Q. Fu. Pipeline leak detection and localization based on the flow balance and negative pressure wave methods, *AIP Advances*, 14(11), 115203, 2024.
- [7] W. G. Bley. Industrial vacuum leak detection with intelligent gas leak detectors: Not just a mass spectrometer, *Vakuum in Forschung und Praxis*, 18(supp.1), pp. 24-29, 2006.
- [8] Information on <https://www.uson.com/blog/leak-testing-an-automotive-perspective> (retrive on 6 Februari 2025)
- [9] A. Yazdi, et al. Low Flow Rate Measurement and Leak Detection for Health Monitoring of Water Equipment, *Lecture Notes in Civil Engineering*, 270, pp. 963-971, 2023
- [10] S. Adi dan Setyowati. Disain Sistem Kendali Mesin Air Leak Test Menggunakan Sistem Kendali PLC Omron CJ2M di HVAC (Heating, Ventilating, And Air Conditioning) Line 6, *SINERGI*, 19(1), pp. 7-12, 2015.
- [11] S. Soeleman, I. Sutia, Perancangan Mesin Pressure Test untuk Analisa Hasil Kebocoran Pada BotolPlastik, *SINTEK*, 9(2), pp. 17-23, 2015.
- [12] M. A. Amat, dkk. Pengaruh Insulasi pada Resistance Spot Weld dengan Elektroda Titik Ganda Celah Paralel Satu Sisi, *Journal of Applied Mechanical Technology*, 3(1), pp. 1-9, 2024.