

Dead Weight Tester Untuk Penggunaan Internal PLTG Tanjung Uncang

Zulferi Syahputra, Eben Ezer Situmorang, Renaldi Pamungkas,
Qoriyatul Fitriyah, Muhammad Prihadi Eko Wahyudi*

Batam Polytechnics
Power Plant Engineering Technology Study Program
Jl Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia
*E-mail: prihadieko@polibatam.ac.id

Abstrak

Di dalam dunia industri banyak peralatan instrument yang dipasang sebagai alat-alat dan peranti (device) yang dipakai untuk pengukuran dan pengendalian dalam suatu sistem yang lebih besar dan lebih kompleks khususnya di Pembangkit Listrik Tenaga Gas Tanjung Uncang Batam. Untuk memastikan keakuratan alat ukur maupun perangkat instrument berfungsi dengan baik maka diperlukan perawatan atau kalibrasi ulang yang di lakukan secara berkala. Pada umumnya setiap pengkalibrasian alat ukur itu di lakukan oleh pihak eksternal perusahaan, dan itu memerlukan biaya tambahan operasional perusahaan. Dari hasil observasi di lapangan penulis mencoba membuat salah satu alat kalibrasi sederhana yaitu pressure gauge dead weight tester yang difungsikan untuk penggunaan internal perusahaan saja. Alat ini dapat bekerja dengan rentang ukuran tekanan 0-100 psi dengan menggunakan pemberat sebesar 1 kg sampai 17 kg. yang telah di uji untuk mengkalibrasi alat ukur tekanan tipe C bourdon 2,5 bar dan 7 bar dengan error yang kecil yaitu pada rentang nilai 0% - 3% dengan menggunakan metode regresi linear dan polynomial, data yang dihasilkan pada pengujian alat ini mendekati nilai 1 (R Square) yang mana hal ini dapat dijadikan acuan untuk proses kalibrasi pressure gauge dengan rentang 0 - 7 bar.

Kata kunci: *dead weight tester, kalibrasi, pressure gauge*

Abstract

In the industrial world, many instruments are installed as tools and devices used for measurement and control in a larger and more complex system, especially at the Tanjung Uncang Gas Power Plant in Batam. To ensure the accuracy of measuring instruments and instrument devices are functioning properly, periodic maintenance or recalibration is required. In general, every calibration of the measuring instrument is carried out by an external party to the company, and it requires additional operational costs for the company. From the results of observations in the field, the author tries to make one simple calibration tool, namely the pressure gauge dead weight tester which is only used for internal company use. This tool can work with a pressure range of 0-100 psi using a weight of 1 kg to 17 kg. which has been tested to calibrate the pressure gauge type C bourdon 2.5 bar and 7 bar with a small error between 0% - 3% and by analysis using linear and polynomial regression methods, the data generated in testing this tool is close to a value of 1 (R Square) which can be used as a reference for the pressure gauge calibration process with a range of 0 - 7 bar.

Keywords: *dead weight tester, calibration, pressure gauge.*

1. Pendahuluan

Di pembangkit listrik tenaga gas PT ELB (PT Energi Listrik Batam) yang mengoperasikan 2 unit gas turbin dengan kapasitas 2x35 MW beserta peralatan pembantu lainnya terdapat peralatan instrumentasi pendukung operasional gas turbin yang berkaitan langsung terhadap operasional PLTG. Alat instrumentasi yang bekerja sebagai pendukung tersebut lebih mengacu sebagai alat pengukuran fisik yang saling terkait pada sistem yang bekerja pada gas

turbin [1]. Alat ukur yang dimaksud bisa berupa indikator tekanan, indikator suhu, indikator aliran fluida,dll. Menurut Eze A. U. E [2] validitas dan akurasi sensor variabel sangat menentukan keamanan dan keandalan proses. Untuk mencapai pengukuran yang akurat, instrumen yang menggunakan sensor dengan presisi tinggi dan rentang/karakteristik dinamis yang sangat baik perlu digunakan.

Untuk mengetahui sejauh mana keakuratan dan ketelitian alat ukur maka perlu dilakukan kalibrasi. Kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan

kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang mampu ditelusuri (traceable) ke standar nasional untuk satuan ukuran dan/atau internasional [3]. Salah satu alat ukur dari sekian banyak alat pengukuran yang bisa dikalibrasi adalah indikator tekanan analog.

Deadweight tester atau alat kalibrasi indikator tekanan ini difokuskan agar dapat memenuhi kebutuhan pekerjaan kalibrasi indikator tekanan analog tanpa memakan waktu yang lama, karena bisa dilakukan secara langsung di lapangan tanpa menggunakan pihak ketiga atau perusahaan yang bergerak di bidang kalibrasi lainnya yang mempunyai laboratorium kalibrasi yang diakreditasi oleh badan KAN, KAN memberikan akreditasi untuk Laboratorium Kalibrasi (LK) [4]. Sebagai inovasi yang mengedepankan efisiensi biaya, material dan juga kualitas alat yang dibuat, alat kalibrasi indikator tekanan dengan metode Deadweight Tester diharapkan dapat membantu pekerjaan kalibrasi tanpa mengeluarkan biaya dan waktu terlalu banyak.

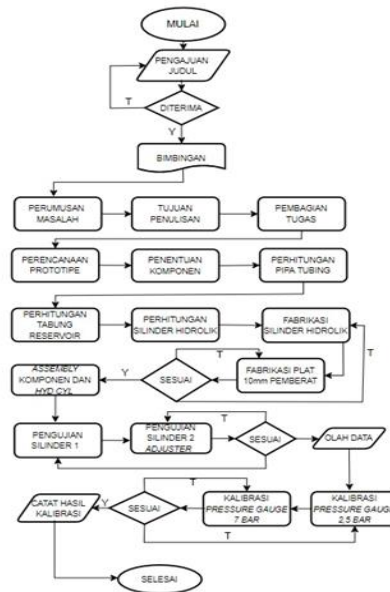
Oleh karena itu, disusunlah suatu alat kalibrasi indikator tekanan yang memiliki konstruksi yang sederhana yang mudah dalam pembuatan maupun dalam perawatannya dan juga diharapkan akan bisa menjadi salah satu pilihan untuk memenuhi kebutuhan kalibrasi indikator tekanan di lingkungan PT ELB Tanjung ungang yang berjudul “Rancang Bangun Dead weight tester Untuk Penggunaan Internal PLTG Tanjung Ungang.

2. Metode

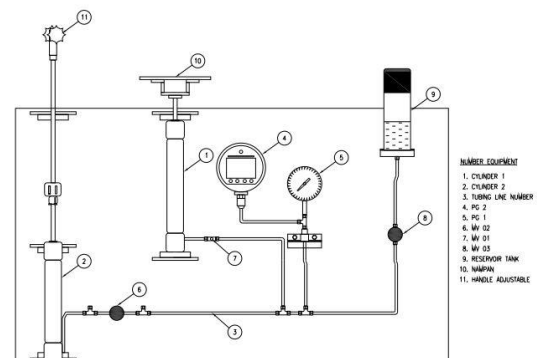
2.1 Rancangan Sistem

Menurut Richard S. Figliola & Donald E. Beasley [5] Deadweight tester memanfaatkan langsung definisi dasar tekanan sebagai gaya per satuan luas untuk membuat dan menentukan tekanan di dalam ruang tertutup. Keseimbangan statis terjadi ketika tekanan eksternal yang diberikan oleh piston pada fluida menyeimbangkan tekanan ruang. Tekanan piston eksternal ini diciptakan oleh gaya kebawah yang bekerja di atas area ekuivalent piston, dimana bobot piston ditambah bobot tambahan dari massa yang terkalibrasi ini digunakan untuk memberikan gaya eksternal. Pada kesetimbangan statis, piston mengapung dan tekanan ruang dapat disimpulkan sebagai P (tekanan) = F (gaya) / A (Area).

Teori tersebut juga didukung dengan prinsip Hukum pascal : “ Jika tekanan eksternal diberikan pada sistem tertutup, tekanan pada setiap titik pada fluida tersebut akan meningkat sebanding dengan tekanan eksternal yang di berikan”. dinyatakan oleh seorang filsuf sekaligus ilmuwan Prancis, Blaise pascal (1623-1662) [6]



Gambar 1 Blok diagram perancangan sistem alat kalibrasi Deadweight tester



Gambar 2 Skema Alat Deadweight tester

Skema alat Dead Weight Tester dapat dilihat pada gambar 2. Alat terdiri dari 2 silinder tekan, 2 alat ukur tekanan, 1 tangki reservoir dan beberapa komponen penunjang lainnya.

Perancangan mekanikal sistem alat kalibrasi Deadweight tester dimulai dengan menentukan ukuran silinder, ukuran tubing header dan menentukan ukuran tabung reservoir beserta peralatan pendukungnya seperti terlampir pada diagram alur di atas.

2.2 Menentukan Ukuran Silinder

Hidrolik silinder yang digunakan pada alat ini mempunyai dimensi OD (Outer diameter) 20 mm, ID (Inner diameter) 18 mm, panjang rod 300 mm.



Gambar 3 Silinder Piston

Dengan menggunakan persamaan hukum pascal yaitu P (Pressure) = F/A (Gaya dibagi luas area) maka ditentukanlah ukuran hidrolik silinder yang akan digunakan. Sehingga bila ditulis dalam bentuk rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

P : Pressure (N/m²)

F : Gaya (Newton)

A : Area penampang piston (m²)

Dan untuk mendapatkan nilai gaya (F) yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan berikut :

$$F = m \cdot g \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

F : Gaya (Kg m/s² atau Newton)

m : Massa benda (Kg)

g : Percepatan gravitasi bumi (9,80665 m/s²)

Untuk mendapatkan nilai tekanan dengan menggunakan persamaan 1 dan 2 dibutuhkan persamaan untuk mendapatkan nilai area (A) sebagai berikut :

$$A = \frac{\pi}{4} \times d^2 \dots\dots\dots(3)$$

2.2 Menentukan Ukuran Tubing Header

Tubing yang digunakan pada alat ini adalah jenis tubing stainless steel seamless dengan data sheet terlampir pada tabel 1.

Tabel 1 Data Tube Wall Thickness
(inch)

| Tube OD In. | Tube Wall Thickness, in | | | | | | | | | | Swagelok Fitting Series |
|-------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------|
| | 0.010 | 0.012 | 0.014 | 0.016 | 0.020 | 0.028 | 0.035 | 0.49 | 0.065 | 0.083 | |
| | Working Pressure, psig | | | | | | | | | | |
| 1/16 | 5600 | 6800 | 8100 | 9400 | 12000 | | | | | | 100 |
| 1/8 | | | | | | 8500 | 10900 | | | | 200 |
| 3/16 | | | | | | 5400 | 7000 | 10200 | | | 300 |
| 1/4 | | | | | | 4000 | 5100 | 8000 | | | 400 |
| 5/16 | | | | | | | 4000 | 5800 | | | 500 |

Dari tabel 1, dapat disimpulkan bahwa tubing yang dapat digunakan berukuran ¼ inch dengan ketebalan 0.035 inch dan bekerja sampai pada tekanan 5100 psig.

2.3 Menentukan Ukuran Tabung Reservoir

Tangki penampungan fluida yang terpasang pada alat ini berfungsi sebagai bak penampungan fluida dengan dimensi : Diameter 50 mm dan Panjang 140 mm dan menggunakan koneksi *thread* 1/4 inch.



Gambar 4 tabung reservoir oli

Pada gambar 4 dapat dilihat tipe reservoir yang digunakan pada sistem ini. Dengan menggunakan perhitungan volume tabung, tabung ini mempunyai kapasitas 0,2748 liter yang dapat memenuhi kebutuhan sistem alat ini.

3. Hasil dan Pengujian

3.1. Hasil alat yang sudah jadi



Gambar 5 Alat Deadweight tester

Pada gambar 5 alat *deadweight tester* diatas dapat dijelaskan beberapa bagiannya yaitu :

1. Silinder 1 atau silinder beban (*Load*).
2. Silinder 2 atau silinder *adjustable* sebagai pembangun tekanan awal.
3. *Tubing line header* sebagai jalur aliran fluida.
4. *Pressure gauge 2* penampil tekanan (Digital) sistem.
5. *Pressure gauge 1* sebagai penampil tekanan (Analog) sistem.
6. Manual valve Sebagai pemutus dan penyambung aliran tekanan fluida.
7. Reservoir sebagai penampungan fluida sistem.

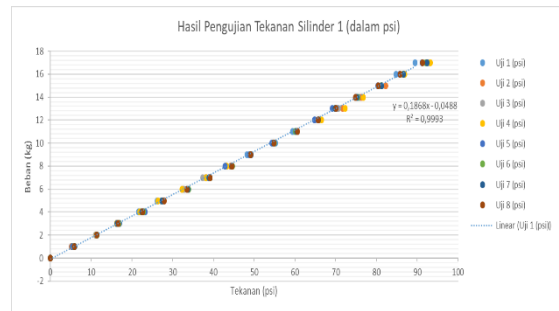
3.2. Pengujian silinder 1

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan sebanyak delapan kali dengan cara memberikan beban yang diletakkan pada nampun silinder 1, dimulai dengan berat 1 kg dinaikkan per satu kilogram setiap pengujian sampai dengan jumlah beban maksimum 17 kg. Data hasil pengujian silinder 1 diolah dengan menghitung tingkat akurasi menggunakan perbandingan *error factor* antara data hasil pengujian dengan data perhitungan. Data hasil pengujian silinder 1 diperlihatkan pada tabel 2.

Tabel 2 Pengujian silinder 1

| Hasil Pengujian Tekanan (dalam psi) dan Nilai Akurasi Silinder 1 | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------------|
| Load (kg) | (psi) | Uji 1 (psi) | Akurasi | Uji 2 (psi) | Err | Uji 3 (psi) | Err | Uji 4 (psi) | Err | Uji 5 (psi) | Err | Uji 6 (psi) | Err | Rata-rata akurasi |
| 0 | 0 | 0 | 100,00% | 0 | 100,00% | 0 | 100,00% | 0 | 100,00% | 0 | 100,00% | 0 | 100,00% | 100,00% |
| 1 | 5,92 | 5,30 | 89,00% | 5,20 | 87,00% | 5,60 | 94,00% | 5,40 | 91,00% | 5,90 | 99,49% | 6,00 | 101,00% | 95,83% |
| 2 | 11,83 | 11,20 | 94,65% | 11,20 | 94,65% | 11,10 | 93,82% | 11,30 | 95,43% | 11,40 | 96,36% | 11,40 | 96,36% | 96,00% |
| 3 | 17,74 | 16,20 | 91,37% | 16,20 | 91,37% | 16,90 | 95,26% | 16,20 | 91,37% | 16,90 | 95,26% | 16,90 | 95,26% | 93,00% |
| 4 | 23,65 | 21,60 | 91,37% | 21,60 | 91,37% | 22,80 | 96,83% | 21,90 | 92,64% | 23,20 | 97,91% | 23,20 | 97,91% | 95,80% |
| 5 | 29,56 | 26,20 | 88,63% | 26,20 | 88,63% | 27,10 | 91,68% | 26,40 | 89,31% | 27,60 | 93,37% | 27,40 | 92,68% | 92,42% |
| 6 | 35,47 | 32,40 | 91,37% | 32,40 | 91,37% | 32,80 | 92,71% | 33,60 | 94,72% | 33,90 | 95,55% | 33,70 | 94,72% | 93,25% |
| 7 | 41,38 | 38,20 | 92,31% | 38,20 | 92,31% | 39,10 | 94,49% | 39,20 | 94,49% | 39,90 | 96,42% | 39,90 | 96,42% | 94,41% |
| 8 | 47,29 | 43,20 | 91,37% | 43,20 | 91,37% | 43,30 | 91,37% | 44,20 | 93,67% | 44,50 | 94,31% | 44,50 | 94,31% | 93,71% |
| 9 | 53,20 | 48,20 | 90,62% | 48,20 | 90,62% | 48,90 | 91,91% | 49,10 | 92,29% | 49,20 | 92,67% | 49,10 | 92,29% | 92,12% |
| 10 | 59,11 | 55,20 | 93,39% | 54,70 | 92,54% | 54,80 | 92,72% | 54,90 | 92,89% | 54,70 | 92,54% | 54,80 | 92,72% | 93,44% |
| 11 | 65,02 | 60,40 | 92,91% | 60,40 | 92,91% | 60,50 | 93,06% | 60,10 | 91,82% | 60,10 | 91,82% | 60,60 | 93,24% | 93,93% |
| 12 | 70,93 | 66,90 | 94,31% | 66,90 | 94,31% | 67,20 | 94,74% | 67,30 | 95,12% | 67,10 | 94,74% | 67,20 | 94,74% | 95,69% |
| 13 | 76,84 | 72,80 | 94,72% | 72,80 | 94,72% | 73,30 | 95,26% | 73,40 | 95,34% | 73,50 | 95,42% | 73,40 | 95,34% | 95,94% |
| 14 | 82,75 | 78,70 | 95,13% | 78,70 | 95,13% | 79,20 | 95,70% | 79,30 | 95,78% | 79,40 | 95,86% | 79,30 | 95,78% | 96,29% |
| 15 | 88,66 | 84,60 | 95,43% | 84,60 | 95,43% | 85,10 | 95,99% | 85,20 | 96,07% | 85,10 | 95,99% | 85,20 | 96,07% | 96,64% |
| 16 | 94,57 | 90,50 | 95,74% | 90,50 | 95,74% | 91,00 | 96,11% | 91,10 | 96,19% | 91,00 | 96,11% | 91,10 | 96,19% | 97,00% |
| 17 | 100,48 | 96,40 | 95,94% | 96,40 | 95,94% | 96,90 | 96,42% | 97,00 | 96,50% | 96,90 | 96,42% | 97,00 | 96,50% | 96,61% |
| Rata-rata total Akurasi = 97,70% | | | | | | | | | | | | | | |

Dari hasil tabel diatas perbandingan nilai *error* antara hasil perhitungan dengan pengujian bernilai 97,7%. Sehingga dapat dikatakan memenuhi tingkat akurasi yang baik. Pada gambar 6 dapat dilihat grafik yang ditunjukkan oleh data pengujian silinder 1.



Gambar 6 Grafik pengujian silinder 1

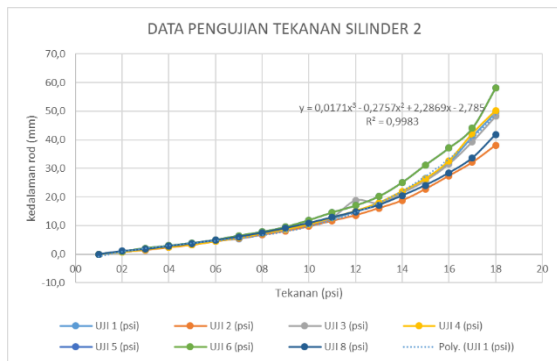
Dari gambar 6 mengenai grafik pengujian silinder 1 terlihat linearitas setiap kenaikan tekanan per kilogram bebannya mendekati nilai R^2 yang baik yaitu 0.99 atau mendekati 1 di setiap pengujian. Hal ini membuktikan bahwa konsistensi kenaikan tekanan setiap kilogram penambahan beban sangat baik.

3.3. Hasil pengujian silinder 2 (Adjustable cylinder)

Pengujian silinder 2 dilakukan sebanyak delapan kali dengan cara menurunkan tinggi rod secara bertahap dari 0 mm sampai kedalaman 17 mm dimana silinder 2 berfungsi sebagai pemberi tekanan awal pada sistem. Pengujian ini dimaksudkan untuk mencari (*tuning*) tekanan awal yang akan dihasilkan silinder 2 pada kedalaman tertentu. Data hasil pengujian silinder 2 diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 3 Pengujian silinder 2

| DATA PENGUJIAN TEKANAN (psi) SILINDER 2 | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| Kedalaman | UJI 1 (psi) | UJI 2 (psi) | UJI 3 (psi) | UJI 4 (psi) | UJI 5 (psi) | UJI 6 (psi) | UJI 7 (psi) | UJI 8 (psi) | Average (psi) |
| 0 mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1 mm | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 1,0 | 0,7 | 1,1 | 0,9 |
| 2 mm | 1,6 | 1,4 | 1,6 | 1,6 | 1,4 | 2,1 | 1,5 | 1,8 | 1,8 |
| 3 mm | 2,5 | 2,4 | 2,7 | 2,5 | 2,4 | 3,0 | 2,4 | 2,8 | 2,7 |
| 4 mm | 3,4 | 3,2 | 3,4 | 3,3 | 3,6 | 3,9 | 3,2 | 3,8 | 3,6 |
| 5 mm | 4,7 | 4,5 | 4,7 | 4,5 | 4,9 | 5,0 | 4,1 | 4,9 | 4,8 |
| 6 mm | 5,4 | 5,5 | 5,9 | 5,7 | 6,1 | 6,5 | 5,5 | 6,1 | 6,0 |
| 7 mm | 6,8 | 6,8 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,8 | 6,7 | 7,5 | 7,4 |
| 8 mm | 8,6 | 8,1 | 8,5 | 8,7 | 8,8 | 9,5 | 8,3 | 9,1 | 8,9 |
| 9 mm | 10,2 | 9,7 | 10,6 | 10,4 | 10,8 | 11,9 | 10,2 | 10,9 | 10,8 |
| 10 mm | 12,4 | 11,7 | 12,8 | 12,8 | 12,6 | 14,6 | 12,2 | 12,9 | 13,0 |
| 11 mm | 14,9 | 13,6 | 18,8 | 15,1 | 14,9 | 17,0 | 15,0 | 14,9 | 15,8 |
| 12 mm | 17,7 | 16,1 | 17,9 | 18,0 | 18,1 | 20,2 | 17,6 | 17,2 | 18,3 |
| 13 mm | 21,8 | 18,8 | 21,4 | 22,0 | 21,9 | 25,1 | 21,5 | 20,5 | 22,1 |
| 14 mm | 26,5 | 22,8 | 25,7 | 26,4 | 27,0 | 31,2 | 25,9 | 24,1 | 26,7 |
| 15 mm | 32,0 | 27,4 | 31,5 | 32,6 | 33,8 | 37,1 | 31,8 | 28,4 | 32,5 |
| 16 mm | 41,1 | 32,1 | 39,3 | 42,1 | 39,8 | 44,0 | 38,9 | 33,6 | 39,9 |
| 17 mm | 49,5 | 38,1 | 48,2 | 50,2 | 48,9 | 58,1 | 48,9 | 41,8 | 48,0 |



Gambar 7 Grafik pengujian silinder 2

Dari grafik pengujian silinder 2 pada gambar 7, dengan metode regresi linear melalui pendekatan *polynomial* terlihat hubungan antar variabel data yang ditunjukkan dengan nilai (R^2) mendekati nilai yang baik yaitu 1, dengan kata lain data pengujian yang tersaji dapat dikatakan baik.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan sebanyak delapan kali pada silinder 2, terlihat data hasil pengujian yaitu pada tabel 2 mempunyai hubungan antar data yang baik (R^2). Sehingga data ini akan digunakan sebagai acuan penulis saat melakukan kalibrasi indikator tekanan.

3.4. Pengujian Kalibrasi *pressure gauge* 2,5 bar dan 7 bar

Pengujian kalibrasi dilakukan sebanyak 4 kali di masing-masing titik tekanan uji. Pengujian pertama menguji pembacaan *pressure* di titik uji 25% dari total nominal indikator tekanan. Kedua, di titik uji 50%, ketiga, di titik uji 75% pembacaan *pressure* dan selanjutnya di titik uji 100% nominal tekanan sebuah indikator tekanan. Data hasil pengujian *pressure gauge* pertama dengan nominal tekanan 2,5 Bar yang dikalibrasi diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4 Pengujian kalibrasi *pressure gauge* 2,5 bar pertama

| No | Titik uji (%) | Nilai <i>Pressure gauge</i> (bar) | Beban Silinder 1 (kg) | Kedalaman Silinder 2 (mm) | Press. Indicator 1 (bar) | Press. Indicator 2 (bar) | Persentase akurat (%) |
|----|---------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1 | 25% | 0,62 | 1 | 3 | 0,63 | 0,6 | 96,77% |
| 2 | 50% | 1,25 | 3 | 0 | 1,24 | 1,2 | 96,00% |
| 3 | 75% | 1,87 | 4 | 3 | 1,87 | 1,8 | 96,26% |
| 4 | 100% | 2,5 | 6 | 2 | 2,49 | 2 | 80,00% |

Dari data pengujian pertama pada *pressure gauge* 2.5 bar didapat hasil yang cukup baik pada titik uji 25%, 50%, dan 75% tetapi *error*-nya meningkat di titik uji 100%. Untuk memastikan apakah data yang

dikeluarkan alat kalibrasi akurat, maka dilakukan pengujian ke-2 untuk *pressure gauge* 2,5 bar yang hasilnya ditampilkan pada tabel 5.

Tabel 5 Pengujian kalibrasi *pressure gauge* 2,5 bar kedua

| No | Titik uji (%) | Nilai <i>Pressure gauge</i> (bar) | Beban Silinder 1 (kg) | Kedalaman Silinder 2 (mm) | Press. Indicator 1 (bar) | Press. Indicator 2 (bar) | Persentase akurat (%) |
|----|---------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1 | 25% | 0,62 | 1 | 3 | 0,63 | 0,6 | 96,77% |
| 2 | 50% | 1,25 | 3 | 0 | 1,24 | 1,2 | 96,00% |
| 3 | 75% | 1,87 | 4 | 3 | 1,87 | 1,8 | 96,26% |
| 4 | 100% | 2,5 | 6 | 2 | 2,49 | 2 | 80,00% |

Dari data hasil pengujian kalibrasi *pressure gauge* 2,5 bar yang dilakukan sebanyak 2 kali (Tabel 3 dan 4), dapat diambil kesimpulan bahwa *pressure gauge* yang dikalibrasi tidak bisa digunakan kembali. Hal ini dibuktikan dengan nilai *error* yang tinggi (20%) pada titik uji maksimum yaitu 100% (2.5 bar).

Selanjutnya proses kalibrasi *pressure gauge* dilakukan pada objek *pressure gauge* dengan nilai maksimum 7 bar. Data hasil pengujian *pressure gauge* diperlihatkan pada tabel 6.

Tabel 6 Pengujian kalibrasi *pressure gauge* 7 bar pertama

| No | Titik uji (%) | Nilai <i>Pressure gauge</i> (bar) | Beban Silinder 1 (kg) | Kedalaman Silinder 2 (mm) | Press. Indicator 1 (bar) | Press. Indicator 2 (bar) | Persentase akurat (%) |
|----|---------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1 | 25% | 1,75 | 4 | 1 | 1,75 | 1,8 | 97,20% |
| 2 | 50% | 3,5 | 9 | 1 | 3,49 | 3,5 | 100,00% |
| 3 | 75% | 5,25 | 14 | 0 | 5,21 | 5,2 | 99,05% |
| 4 | 100% | 7 | 17 | 2 | 7,01 | 6,9 | 98,57% |

Hasil dari kalibrasi pertama pada *pressure gauge* 7 bar di atas terlihat bahwa *error* yang dihasilkan tidak terlalu signifikan yaitu di kisaran angka 2-3%. Agar mendapat hasil yang lebih baik, maka dilakukanlah pengujian kalibrasi kedua pada *pressure gauge* 7 bar.

Tabel 7 Pengujian kalibrasi *pressure gauge* 7 bar kedua

| No | Titik uji (%) | Nilai <i>Pressure gauge</i> (bar) | Beban Silinder 1 (kg) | Kedalaman Silinder 2 (mm) | Press. Indicator 1 (bar) | Press. Indicator 2 (bar) | Persentase akurat (%) |
|----|---------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1 | 25% | 1,75 | 4 | 1 | 1,75 | 1,8 | 97,20% |
| 2 | 50% | 3,5 | 9 | 1 | 3,49 | 3,5 | 100,00% |
| 3 | 75% | 5,25 | 14 | 0 | 5,21 | 5,2 | 99,05% |
| 4 | 100% | 7 | 17 | 2 | 7,01 | 6,9 | 98,57% |

Berdasarkan hasil pengujian kalibrasi dengan objek *pressure gauge* 7 bar yang kedua, maka dapat diambil kesimpulan bahwa *pressure gauge* tersebut menunjukkan hasil yang baik karena *error* yang dihasilkan tidak terlalu besar dengan rentang *error* 0%-2%.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan data-data yang dihasilkan dari beberapa pengujian dan dengan membandingkan antara hasil perhitungan dengan pengujian, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Alat ini telah berhasil dirancang dan telah diuji dengan membandingkan nilai perhitungan dengan nilai pengujian dan menghasilkan nilai *error* yang kecil yaitu pada rentang nilai 0%-3% pada hasil kalibrasi *pressure gauge* dengan rentang 0-2,5 bar dan 0-7 bar.
2. Berdasarkan metode Regresi linear dan *polynomial*, data yang dihasilkan pada pengujian alat ini mendekati nilai 1 (*R Square*) yang mana hal ini dapat dijadikan acuan untuk proses kalibrasi *pressure gauge* dengan rentang 0-7 bar di lingkungan PT Energi Listrik Batam.

Dengan alat ini, maka PT. Energi Listrik Batam dapat menggunakan kalibrasi secara mandiri tanpa melibatkan pihak ketiga dan mampu menghemat biaya jasa kalibrasi.

4.2. Saran

Berdasarkan hasil pengujian, dan analisa percobaan data dan berdasarkan kesimpulan yang penulis buat Terdapat beberapa saran yaitu :

1. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambahkan peralatan pendukung, seperti filter oli, untuk memastikan kebersihan oli yang masuk kedalam komponen yang dilewati oleh fluida (oli).
2. Penambahan perangkat elektronik sebagai peralatan pendukung (Sensor & Kontrol) contohnya, dengan memasang pengatur tekanan otomatis pada silinder 2 sebagai *adjuster* untuk menghasilkan tekanan yang akurat pada pengujian alat kalibrasi *pressure gauge* dan sebagainya.

Pengakuan

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Medco Power Indonesia dan P.T. Energi Listrik Batam khususnya kepada Bapak Eka Satria, Bapak Bambang

Urip Setiawan sebagai Direktur PT Energi Listrik Batam, Bapak Alex Agung Mardwiyanto, Bapak Kamalruzaman dan Bapak Moenasor Mursidi

Daftar Pustaka

- [1]. G. a. G. P. & W. Electric, Manual Operation and Maintenance, Mexico: Electric, General and GE Power & Water, 2012.
- [2]. O. C. V. E. O. D. F. Eze A. U. E, "Drift Estimation in Offshore Process Measurand," Science and Technology 2017, 7(2): 35-40, pp. 35-40, 2017.
- [3]. K. LIPI, "DEFINISI KALIBRASI," 14 November 2014. [Online]. Available: <https://ipqi.org/definisi-kalibrasi/>.
- [4]. K. A. Nasional, "kan.or.id," 29 10 2017. [Online]. Available: <http://kan.or.id/index.php/programs/sni-iso-iec-17025/laboratorium-medik2/13-akreditasi/59-laboratorium-kalibrasi>.
- [5]. D. E. B. Richard S. Figliola, Theory and Design for Mechanical Measurements, 7th Edition, 7 penyunt., vol. 7, Nigeria: Scientific & Academic, 2017, p. 324.
- [6]. Studiobelajar.com, "Studio Belajar," 17 Juli 2022. [Online]. Available: <https://www.studiobelajar.com/hukum-pascal/>.
- [7]. A. Vickar Ega dan R. Anggoro Samodro, "PENENTUAN PARAMETER HASIL KALIBRASI DEAD WEIGHT," PPI-KIM, vol. 43, pp. 126-138, 2017.
- [8]. N. Anwer dan L. Mathieu, "Manufacturing Technology From reverse engineering to shape engineering in mechanical design," CIRP Annals - Manufacturing Technology, 65, vol. 1, pp. 165-168, 2016.
- [9]. A. Salah Tahir, "Deadweight piston gauge," Mechanical fluid experiment number six, 13 November 2013. *Decision and Control*, Tampa-Florida, USA, pp.xx-xx, 1998.