



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**RANCANG BANGUN TEST BED KALIBRASI  
TEKANAN (STUDI KASUS KALIBRASI MANOMETER)**

**TUGAS AKHIR**

**MOCHAMMAD ULILABSHAR**

**40040218650060**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV**

**REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK**

**SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**NOVEMBER 2022**



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**RANCANG BANGUN TEST BED KALIBRASI  
TEKANAN (STUDI KASUS KALIBRASI MANOMETER)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan

**MOCHAMMAD ULILABSHAR**

**40040218650060**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV**

**REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK**

**SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**NOVEMBER 2022**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Proyek Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Mochammad Ulilabshar

NIM : 40040218650060

Tanda Tangan :

Tanggal : 8 Desember 2022



## **SURAT TUGAS PROYEK AKHIR**

104/PA/RPM/VIII/2022

Dengan ini diberikan Tugas Akhir untuk mahasiswa berikut :

Nama : Mochammad Ulilabshar  
NIM : 40040218650060  
Program Studi : Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik  
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun *Test Bed* Kalibrasi Tekanan  
(Studi Kasus Kalibrasi Manometer)

Isi Tugas :

1. Rancang bangun mesin kalibrasi dengan menggunakan *test bed* tekanan.
2. Pembahasan Pengukuran Tekanan pada Alat kalibrasi tekanan.
3. Untuk mengetahui faktor – faktor yang berpengaruh terhadap hasil kalibrasi alat ukur tekanan.

Semarang, 13 September 2022

Menyetujui,  
Ketua Program Studi  
Rekayasa Perancangan Mekanik

Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.  
NIP. 19711030 199802 1 001

## HALAMAN PERSETUJUAN

Telah disetujui Laporan Proyek Akhir mahasiswa Program Studi Sarjana Terapan  
Rekayasa Perancangan Mekanik yang disusun oleh:

Nama : Mochammad Ulilabshar  
NIM : 40040218650060  
Judul PA : Rancang Bangun *Test Bed* Kalibrasi Tekanan (Studi Kasus  
Kalibrasi Manometer)

Disetujui pada tanggal : 8 Desember 2022

Semarang, 8 Desember 2022

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing

Bambang Setyoko, S.T., M.Eng  
NIP. 196809011998021001

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Mochammad Ulilabshar  
NIM : 40040218650060  
Judul PA : Rancang Bangun *Test Bed* Kalibrasi Tekanan (Studi Kasus Kalibrasi Manometer)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Vokasi Universitas Diponegoro.

### TIM PENGUJI

### TTD

Pembimbing	: Bambang Setyoko, S.T., M.Eng	(	)
Penguji 1	: Bambang Setyoko, S.T., M.Eng	(	)
Penguji 2	: Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes.	(	)
Penguji 3	: Dr. Drs. Wiji Mangestiyono, M.T.	(	)

Semarang,

Menyetujui,  
Ketua Program Studi  
Rekayasa Perancangan Mekanik

Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.  
NIP. 19711030 199802 1 001

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mochammad Ulilabshar  
NIM : 40040218650060  
Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik  
Fakultas : Sekolah Vokasi  
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (None Exclusive Royalty Free Right) atas karya saya yang berjudul: “ **Rancang Bangun Test Bed Kalibrasi Tekanan (Studi Kasus Kalibrasi Manometer)**” Dengan Hak Bebas Royalti / Non Eksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihkan media / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Proyek Akhir saya, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 8 Desember 2022

Yang Menyatakan

( Mochammad Ulilabshar)

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat serta karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul "Rancang Bangun *Test Bed* Kalibrasi Tekanan (Studi Kasus Kalibrasi Manometer)".

Tugas akhir wajib ditempuh oleh mahasiswa Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang Sarjana Terapan. Selain itu pembuatan Laporan Proyek Akhir ini juga bertujuan untuk mengembangkan wawasan, menambah pengetahuan yang berhubungan dengan metrologi instrumentasi khususnya kalibrasi alat ukur dan mengembangkan disiplin ilmu yang diperoleh dibangku kuliah.

Kelancaran dalam mempersiapkan dan menyelesaikan laporan ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis haturkan kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Budiyo, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
2. Bapak Dr. Seno Darmanto, ST. MT. selaku Kepala Program Studi STr. Rekayasa Perancangan Mekanik Universitas Diponegoro Semarang
3. Bapak Bambang Setyoko, ST. M.Eng., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi semangat dalam kegiatan penyusunan Laporan Proyek Akhir.

4. Bapak Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes., Selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi semangat dalam kegiatan penyusunan Proposal Proyek Akhir.
5. Bapak Didik Ariwibowo, S.T., M.T. Selaku dosen wali kelas angkatan 2018
6. `Bapak dan Ibu Dosen pengajar mata kuliah Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Fakultas Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang
7. Ibu, Bapak dan Adik saya yang sudah memberikan support sehingga Proposal Proyek Akhir dapat diselesaikan.
8. Teman-teman mahasiswa seperjuangan angkatan 2018
9. Semua pihak yang telah membantu sampai dengan terselesaikannya tugas akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT memberikan balasan serta melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya dan kelapangan hati atas segala kebaikan yang mereka berikan. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak terdapat kekurangannya, untuk itu sangat diharapkan saran dan kritik yang sekiranya dapat menambah pengetahuan serta lebih menyempurnakan laporan ini. Semoga apa yang telah penulis buat ini dapat bermanfaat bagi kita semua

Semarang, 10 September 2022

Mochammad Ulilabshar

## ABSTRAKSI

Akurasi pembacaan alat ukur sangat perlu karena error yang terjadi akibat dari ketidak-akuratan pada alat ukur dapat berakibat fatal, misalnya saja pada saat membuat suatu instrumen, ketidakakuratan pengukuran material penyusunnya dapat membuat kerja dari instrumen tersebut tidak optimal. Tujuan pelaksanaan tugas akhir ini adalah untuk mencari Standar Deviasi dan Standar Error dengan metode kalibrasi tekanan dari empat manometer uji dengan variabel beban 5 kg - 23 kg dengan rentang 2 kg pada 10 kali pengukuran. Data yang dihasilkan secara teori berdasarkan rumus tekanan yang berlaku, yaitu  $P=F/A$ . Hasil dari perhitungan pada ke empat manometer menunjukkan bahwa manometer uji masih bisa di toleransi dengan nilai rata - rata standar deviasi sebesar 3.78%, sedangkan untuk perhitungan standar eror menunjukkan bahwa manometer uji memiliki nilai rata – rata sebesar  $0.5 \text{ kg/cm}^2$ .

**Kata kunci** : Rancang Bangun, Manometer, Standar Deviasi, Standar Error.

## **ABSTRACT**

*Accurate reading of measuring instruments is very necessary because errors that occur as a result of inaccuracies in measuring instruments can be fatal, for example when making an instrument, inaccuracies in measuring the constituent materials can make the performance of the instrument not optimal. The purpose of carrying out this final project is to find Standard Deviation and Standard Error with the pressure calibration method of four test manometers with a variable load of 5 kg - 23 kg with a range of 2 kg in 10 measurements. The theoretically generated data is based on the applicable pressure formula, namely  $P=F/A$ . The results of the calculations on the four manometers show that the test manometer can still be tolerated with an average standard deviation value of 3.78%, while the standard error calculation shows that the test manometer has an average value of 0.5 kg/cm<sup>2</sup>.*

**Keywords :** *Design, Manometer, Standard Deviation, Standard Error.*

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
SURAT TUGAS PROYEK AKHIR.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAKSI .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR/ <i>GRAFIK</i> .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Luaran.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 <i>Four Major Process Variables</i> .....	4
2.2 Pengertian Kalibrasi Tekanan.....	5
2.1.1 Faktor Lingkungan.....	8
2.1.2 Faktor Alat Ukur / Benda Ukur .....	8
2.1.3 Faktor Kondisi Manusia.....	9
2.2 Sistem Hidrolik.....	10
2.3 Dasar Perhitungan kalibrasi tekanan .....	15
2.3.1 Prinsip Hukum Pascal .....	15
2.4 <i>Dead Weight Tester</i> .....	16
2.4.1 Prinsip Kerja .....	17
2.6 Standar Error .....	18

2.7 Standar Deviasi.....	19
BAB III .....	20
METODOLOGI PROYEK AKHIR .....	20
3.1 Pemilihan Alat dan Bahan .....	20
3.1.1 <i>Test Bed</i> Tekanan.....	20
3.2.1 Proses Persiapan Alat.....	25
3.2.2. Proses Perakitan, .....	26
3.2.3 Finishing .....	26
3.2.4. Pengujian Alat.....	27
3.3 <i>Flow Chart</i> .....	28
3.4 Pengumpulan Data .....	29
3.3.1 Proses Pengisian Minyak Hidrolik Pada Saluran .....	29
3.3.2 Proses Pengambilan Data Tekanan.....	30
BAB IV .....	33
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Hasil.....	33
4.2.1 Perbandingan Hasil Teori dengan Hasil Pengujian Alat .....	38
4.2.1.1. Hasil Pengujian Teori Silinder 25.4 mm dengan beban 5-23 kg. .	39
4.2.1.2. Hasil Pengujian Manometer TEKIRO 0-4 Kg/cm <sup>2</sup> .....	40
4.2.1.3. Hasil Pengujian Manometer IWT 0-25 Kg/cm <sup>2</sup> .....	41
4.2.1.4. Hasil Pengujian Manometer Wipro 0-25 Kg/cm <sup>2</sup> .....	42
4.2.1.5. Hasil Pengujian Manometer Ransburg 0-10 Kg/cm <sup>2</sup> .....	43
4.2.2. Menghitung Standar Deviasi .....	44
4.2.2.1. Standar Deviasi Manometer Tekiro 0-4 Kg/cm <sup>2</sup> .....	44
4.2.2.2. Standar Deviasi Manometer IWT 0-25 Kg/cm <sup>2</sup> .....	46
4.2.2.3. Standar Deviasi Manometer Wipro 0-25 Kg/cm <sup>2</sup> .....	48
4.2.2.4. Standar Deviasi Manometer Ransburg 0-10 Kg/cm <sup>2</sup> .....	50
4.2.3. Menghitung Standar Error.....	52
4.2.3.1. Standar Error Manometer Tekiro 0-4 Kg/Cm <sup>2</sup> .....	52
4.2.3.1. Standar Error Manometer IWT 0-25 Kg/Cm <sup>2</sup> .....	54
4.2.3.1. Standar Error Manometer Wipro 0-25 Kg/Cm <sup>2</sup> .....	55
4.2.3.2. Standar Error Manometer Ransburg 0-10 Kg/Cm <sup>2</sup> .....	57

## DAFTAR GAMBAR/GRAFIK

Gambar 2.1 Sistem Hidrolik .....	11
Gambar 2.2 Silinder Hidrolik Penggerak Ganda .....	12
Gambar 2.3 Aktuator Rotasi .....	13
Gambar 2.4 Bagian – Bagian Pengendalian Hidrolik .....	14
Gambar 2.5 Katup Pengatur Tekanan .....	15
Gambar 2.6 Prinsip Hukum Pascal .....	15
Gambar 2.7 Bagian-Bagian alat Kalibrasi Berbasis DWT .....	16
Gambar 3.1 Silinder Torak.....	21
Gambar 3.2 Manometer .....	21
Gambar 3.3 Katup .....	22
Gambar 3.4 <i>Elbow</i> Siku .....	22
Gambar 3.5 Sambungan T.....	23
Gambar 3.6 Sambungan Lurus.....	23
Gambar 3.7 Dudukan Tempat Beban.....	23
Gambar 3.8 <i>Reservoir Tank</i> .....	24
Gambar 3.9 Minyak Hidrolik.....	25
Gambar 3.10 <i>Flow Chart</i> .....	28
Gambar 4.1 Hasil pengukuran Tekiro dan Ransburg 5 kg.....	34
Gambar 4.2 Hasil pengukuran Wipro dan IWT 5 kg.....	35
Gambar 4.2 Hasil pengukuran Ransburg dan Wipro 7 kg.....	35
Gambar 4.2 Hasil pengukuran IWT dan Tekiro 7 kg.....	36
Grafik 4.1 Grafik Hasil Perhitungan Teori .....	39
Grafik 4.2 Perbandingan Hasil Pengujian Manometer Tekiro 0-4 Kg/cm <sup>2</sup> dengan Hasil Perhitungan Teori .....	40
Grafik 4.3 Perbandingan Hasil Pengujian Manometer IWT 0-25 Kg/cm <sup>2</sup> dengan Hasil Perhitungan Teori .....	41
Grafik 4.4 Perbandingan Hasil Pengujian Manometer Wipro 0-25 Kg/cm <sup>2</sup> dengan Hasil Perhitungan Teori .....	42
Grafik 4.5 Perbandingan Hasil Pengujian Manometer Ransburg 0-10 Kg/cm <sup>2</sup> dengan Hasil Perhitungan Teori.....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.2 Spesifikasi Manometer.....	34
Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran .....	36
Tabel 4.5 Perbandingan hasil teori dengan pengujian alat.....	39
Tabel 4.5 Standar Deviasi Manometer Tekiro .....	44
Tabel 4.6 Standar Deviasi Manometer IWT. ....	46
Tabel 4.7 Standar Deviasi Manometer Wipro.....	48
Tabel 4.8 Standar Deviasi Manometer Ransburg .....	50
Tabel 4.9 Standar Error Manometer Tekiro .....	52
Tabel 4.10 Standar Error Manometer IWT .....	54
Tabel 4.11 Standar Error Manometer Wipro.....	55
Tabel 4.12 Standar Error Manometer Ransburg.....	57

## DAFTAR LAMPIRAN

lampiran 1. Alat Kalibrasi Tekanan .....	64
Lampiran 2. Manometer Yang Digunakan.....	65

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan teknologi, penciptaan peralatan pendukung untuk menunjang mesin-mesin canggih semakin banyak dan beragam, dari sekian banyak alat control, hal yang dibahas umumnya mengenai pengukuran, baik pengukuran tekanan, suhu, kecepatan dan masih banyak yang lainnya. Alat Pengukur tekanan adalah instrumen penting yang digunakan oleh industri untuk mengukur tekanan dalam suatu sistem, alat pengukur tekanan memantau cairan, gas, dan uap untuk mengetahui adanya kebocoran atau peningkatan tekanan dalam suatu sistem. Persaingan industri peralatan ukur sekarang sangatlah berat, hal ini mengakibatkan alat ukur harus dipertahankan kualitas produknya, melakukan kalibrasi alat ukur adalah salah satu cara untuk memastikan alat ukur berfungsi dengan baik.

Pengukuran besaran proses (*flow, level, pressure dan temperature*) mencakup prinsip-prinsip dasar yang diterapkan untuk melakukan pengukuran dan berbagai modifikasi rancang bangun alat kalibrasi. Untuk setiap pengukuran besaran proses yang ditinjau, pembahasan kali ini merujuk pada alat ukur dalam mengukur tekanan. Alat ukur tekanan memiliki berbagai macam tipe dalam pengukurannya. Dalam pembahasan kali ini penulis akan membahas mengenai standar primer seperti *Dead Weight Tester* (DWT). DWT memiliki ketelitian yang tinggi dalam pengukuran tekanan. Dalam suatu pengukuran tidak hanya terbatas pada kuantitas fisik, tetapi juga dapat diperluas untuk mengukur hampir semua

benda yang bisa dibayangkan, seperti tingkat ketidakpastian. Untuk merealisasikan hal tersebut saya membuat suatu alat peraga pengukur tekanan yang diberi nama "Pressure Converter" yang mempunyai arti bahwa suatu *weight* atau berat suatu benda yang ditimbang akan dikonversikan menjadi satuan tekanan yang menggunakan media fluida oli serta menggunakan torak hidrolik sebagai alat penekannya. Dalam hal ini saya berorientasi kepada acuan atau referensi rumus-rumus yang sekiranya berpengaruh kepada hasil perhitungan akhir dari sistem peraga tersebut

## **1.2 Perumusan Masalah**

Tugas akhir ini, merancang instalasi alat ukur tekanan dengan media fluida cair yang ditempatkan di dalam pipa. Elemen perasa utama digunakan alas atau tatakan dimana digunakan sebagai tempat untuk meletakkan beban, dengan adanya beban dan pengaruh gaya gravitasi maka akan menekan alas, kemudian hasil tekanan akan menghasilkan gaya dorong ke bawah oleh alas, dan memampatkan fluida cair di dalam pipa yang akan menyebabkan adanya gaya tekan pada fluida, selanjutnya fluida akan diukur tekanannya menggunakan manometer tekanan. Proses pembuatan disesuaikan dengan kondisi biaya dan tenaga. Adapun rumusan masalahnya yaitu:

- a. Bagaimana mekanisme kerja instrumentasi pengukuran tekanan fluida cair?
- b. Bagaimana performa dan unjuk kerja instrumentasi pengukuran tekanan fluida cair?

### **1.3 Batasan Masalah**

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan permasalahan dari alat ukur yang dirancang ini yaitu:

1. Rancangan bangun *test bed* kalibrasi tekanan
2. Pembahasan Pengukuran Tekanan pada Alat kalibrasi tekanan.
3. Dilakukan monitoring perubahan tekanan pada variable beban 5 kg, 7 kg, 9 kg, 11 kg, 13 kg, 15 kg, 17 kg, 19 kg, 21 kg, dan 23 kg.

### **1.4 Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini dengan judul "Rancang Bangun *Test Bed* Kalibrasi Tekanan (Studi Kasus Kalibrasi Manometer)" adalah sebagai berikut:

1. Membuat alat peraga kalibrasi manometer
2. Menganalisa kerja manometer pengukuran tekanan fluida cair
3. Menganalisa standar deviasi dan standar eror pada manometer

### **1.5 Luaran**

Pelaksanaan Proyek Akhir akan menghasilkan luaran, yaitu:

1. Laporan Proyek Akhir
2. Alat *Test Bed* Kalibrasi Tekanan.
3. Jurnal Karya Ilmiah

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Four Major Process Variables*

Instrumentasi adalah seni dan ilmu pengetahuan dalam penerapan alat ukur dan sistem pengendalian pada suatu obyek untuk tujuan mengetahui harga numerik variabel suatu besaran proses dan juga untuk tujuan mengendalikan besaran proses supaya berada dalam batas daerah tertentu atau pada nilai besaran yang diinginkan (*set point*). Operasi di industri proses seperti kilang minyak (*refinery*) sangat bergantung pada pengukuran dan pengendalian besaran proses. Beberapa besaran proses yang harus diukur dan dikendalikan pada suatu industri proses, misalnya aliran (*flow*) di dalam pipa, tekanan (*pressure*) didalam sebuah *vessel*, suhu (*temperature*) di unit *heat exchange*, serta permukaan (*level*) zat cair di sebuah tangki.

Pengukuran besaran proses (*flow, level, pressure dan temperature*) mencakup prinsip-prinsip dasar yang diterapkan untuk melakukan pengukuran dan berbagai modifikasi rancang bangun alat kalibrasi.

1. Tekanan
2. Temperatur

Pada umumnya prinsip kerja Termometer raksa dan alkohol sama. Ketika suhu meningkat, alkohol atau air raksa yang berada di dalam wadah akan memuai sehingga panjang kolom alkohol atau air raksa akan bertambah. Sebaliknya, ketika suhu menurun, panjang kolom alkohol atau air raksa akan berkurang.

### 3. Flow Meter

Pengukuran flow secara tidak langsung adalah juga merupakan pengukuran laju alir ( flow rate ) Bila pengukuran fluid velocity dilakukan pada tengah pipa maka hasil yang didapat akan lebih besar dari laju alir aktual oleh karenanya nilai fluid velocity yang digunakan haruslah fluid velocity rata-rata.

### 4. Level Meter

Ngukuran level mempunyai metode seperti berikut ini :

#### 1) Direct Methods

A) Hook Type

B) Sight Glass

C) Float Gauging

#### 2) Servo – Level Gauging

#### 3) Capacitive Probes

#### 4) Pressure Operated Gauging

#### 5) Nucleonic Gauging

#### 6) Ultrasonic Gauging

## 2.2 Pengertian Kalibrasi Tekanan

Kalibrasi atau penteraan merupakan kegiatan untuk perbaikan (*setting*) pengukuran berdasarkan peralatan yang standar, metoda dalam kalibrasi antara lain: Simulasi dan Perbandingan, berdasarkan perbedaan fasa. Yang umum dan banyak digunakan dalam kalibrasi menggunakan metode kalibrasi perbandingan yaitu dengan membandingkan standar alat ukur (*kalibrator*) terhadap beban ukur yang dipakai, baru dilakukan perhitungan deviasi berdasarkan standar yang berlaku.

Pengukuran tekanan yang akurat dan presisi sangat dibutuhkan di berbagai bidang, misal militer, minyak dan gas bumi, dan aviasi. Di bidang militer, pengukuran tekanan pada senjata berkaliber besar sangat penting, karena akan menentukan keseimbangan antara keselamatan kru dan efektivitas tempur (Choi, Yang, & Woo, 2018). Ketetapan dalam standar mutu modern seperti ISO 9000 untuk sistem manajemen mutu menjadikan ketertelusuran pengukuran menjadi bagian yang sangat penting dari jaminan mutu. Kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengukuran yang akurat juga menyebabkan kebutuhan ketertelusuran melalui proses kalibrasi menjadi semakin meningkat. Berbagai penelitian dan pengembangan dilakukan untuk dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas metode yang ada selain meningkatkan akurasi diseminasi ke Sistem Internasional (SI) yang diberikan melalui layanan kalibrasi peralatan ukur.

Mengukur adalah proses mengaitkan sesuatu angka secara empirik dan obyektif pada sifat-sifat obyek atau kejadian nyata sedemikian rupa sehingga angka tadi dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai obyek atau kejadian tersebut.

Manfaat :

1. Membuat gambaran/deskripsi
2. Memperkirakan/meramalkan
3. Mengadakan komunikasi
4. Memutuskan
5. Mengatur/mengendalikan

Komponen pengukuran dapat dibagi menjadi beberapa kelompok standar atau acuan yaitu benda ukur, peralatan, metode pengukuran, lingkungan, dan personil atau perilaku pengukuran. Ada dua jenis ketidakpastian pengukuran

berdasarkan *ISO Guide* yaitu ketidak pastian tipe A dan tipe B, tipe A dievaluasi dengan menggunakan metoda statistik yang baku untuk menganalisis satu himpunan atau sejumlah himpunan pengukuran, dan mencakup jenis kesalahan yang disebut kesalahan acak. Kesalahan ini dicirikan oleh taksiran variasi atau simpangan baku, nilai rata-rata dan derajat kebebasan. Tipe B dievaluasi dengan cara selain analisis statistik pada sejumlah pengamatan. Ketidakpastian ini mencakup kesalahan yang. Dicirikan oleh taksiran variasi atau simpangan baku, nilai ratarata dan derajat kebebasan.

Tekanan adalah besarnya gaya yang bekerja tiap satuan luas permukaan atau bidang tekan. Tekanan timbul sebagai akibat dari gaya tekan yang bekerja pada benda per satuan luas permukaan dengan arah yang tegak lurus. Tekanan sangat bergantung pada besarnya gaya. Semakin besar gaya yang diberikan, maka semakin besar pula tekanan yang dihasilkan. Artinya, tekanan berbanding lurus dengan gaya. Namun, tekanan berbanding terbalik dengan luas permukaan. Dapat ditarik kesimpulan jika luas permukaan bidang tekan diperbesar, maka tekanan akan mengecil. Kalibrasi tekanan sendiri adalah suatu tindakan yang dilakukan untuk memastikan bahwa adanya nilai *Zero*, *Span*, *Accuracy*, atau *Linearity* dari sebuah alat ukur tekanan haruslah sesuai dengan nilai tekanan yang sebenarnya atau sesuai dengan standar yang ada. Suatu *Accuracy* atau akurasi sendiri adalah sebuah cara perbandingan pembacaan alat ukur tekanan dengan sebuah standar tes alat ukur atau *Test Gauge Standard* yang dilakukan untuk beberapa titik pembacaan. Kalibrasi yang dilakukan disini dapat dilakukan dengan cara acak. Terdapat beberapa penyebab yang sering menimbulkan penyimpangan pengukuran yaitu faktor lingkungan, faktor alat ukur / benda ukur, dan faktor kondisi Manusia.

### **2.1.1 Faktor Lingkungan**

Hasil pengukuran tidak mungkin mencapai kebenaran yang absolut karena keterbatasan dari berbagai faktor termasuk faktor lingkungan, lingkungan yang kurang tepat akan mengganggu jalannya proses pengukuran.

### **2.1.2 Faktor Alat Ukur / Benda Ukur**

Jika kesalahan dalam pengukuran tidak diperhatikan maka sifat-sifat merugikan ini tentu akan menimbulkan banyak kesalahan dalam pengukuran. Oleh karena itu, untuk mengurangi terjadinya penyimpangan pengukuran sampai seminimal mungkin maka alat ukur yang akan dipakai harus dikalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi ini diperlukan disamping untuk mengecek kebenaran skala ukurnya juga untuk menghindari sifat-sifat yang merugikan dari alat ukur, seperti kestabilan nol, kepasifan, pengambangan, dan sebagainya. Tidak semua benda ukur berbentuk pejal yang terbuat dari besi, seperti rol atau bola baja, balok dan sebagainya. Kadang-kadang benda ukur terbuat dari bahan aluminium, misalnya kotak-kotak kecil, silinder, dan sebagainya. Benda ukur seperti ini mempunyai sifat elastis, artinya bila ada beban atau tekanan dikenakan pada benda tersebut maka akan terjadi perubahan bentuk. Bila tidak hati-hati dalam mengukur benda-benda ukur yang bersifat elastis maka penyimpangan hasil pengukuran pasti akan terjadi. Oleh karena itu, tekanan kontak dari sensor alat ukur harus diperkirakan besarnya. Kadang-kadang diperlukan juga penjepit untuk memegang benda ukur agar posisinya mudah untuk diukur. Pemasangan penjepit ini pun harus diperhatikan betul-betul agar pengaruhnya terhadap benda kerja tidak menimbulkan perubahan bentuk sehingga bisa menimbulkan penyimpangan pengukuran.

Alat ukur yang digunakan menggunakan konsep *Dead Weight Tester* (DWT). Dimana, *Dead weight tester* digunakan untuk mengukur tekanan yang diberikan oleh gas atau cairan dan juga dapat menghasilkan tekanan uji untuk kalibrasi berbagai instrumen tekanan.

Dalam *Dead Weight Tester*, penerapan penempatan ada bobot pada tiang dudukan (wadah beban) , beban wadah berat adalah bobot referensi yang akan dikalibrasi dan selanjutnya diterapkan tekanan dengan menggerakkan piston, “ketika tekanan yang diterapkan dan bobot referensi (Tekanan) sama pada kondisi ini berat referensi akan nol (Mati)“. oleh karena itu disebut *Dead Weight Tester*.

### **2.1.3 Faktor Kondisi Manusia**

Kondisi badan yang kurang sehat dapat mempengaruhi proses pengukuran yang akibatnya hasil pengukuran juga kurang tepat. Contoh yang sederhana, misalnya pengukur diameter poros dengan jangka sorong. Bila kondisi badan kurang sehat, sewaktu mengukur mungkin badan sedikit gemetar, maka posisi alat ukur terhadap benda ukur sedikit mengalami perubahan. Akibatnya, kalau tidak terkontrol tentu hasil pengukurannya juga ada penyimpangan. Atau mungkin juga penglihatan yang sudah kurang jelas walau pakai kaca mata sehingga hasil pembacaan skala ukur juga tidak tepat. Jadi, kondisi yang sehat memang diperlukan sekali untuk melakukan pengukuran, apalagi untuk pengukuran dengan ketelitian tinggi. Bagaimanapun presisinya alat ukur yang digunakan tetapi masih juga didapatkan adanya penyimpangan pengukuran, walaupun perubahan bentuk dari benda ukur sudah dihindari. Hal ini kebanyakan disebabkan oleh faktor manusia yang melakukan pengukuran. Manusia memang mempunyai sifat-sifat tersendiri dan juga mempunyai keterbatasan. Sulit diperoleh hasil yang sama dari dua orang

yang melakukan pengukuran walaupun kondisi alat ukur, benda ukur dan situasi pengukurannya dianggap sama. Kesalahan pengukuran dari faktor manusia ini dapat dibedakan antara lain sebagai berikut: kesalahan karena kondisi manusia, kesalahan karena metode yang digunakan, kesalahan karena pembacaan skala ukur yang digunakan. Alat ukur dalam keadaan baik, badan sehat untuk melakukan pengukuran, tetapi masih juga terjadi penyimpangan pengukuran. Hal ini tentu disebabkan metode pengukuran yang kurang tepat. Kekurangtepatan metode yang digunakan ini berkaitan dengan cara memilih alat ukur dan cara menggunakan atau memegang alat ukur.

## **2.2 Sistem Hidrolik**

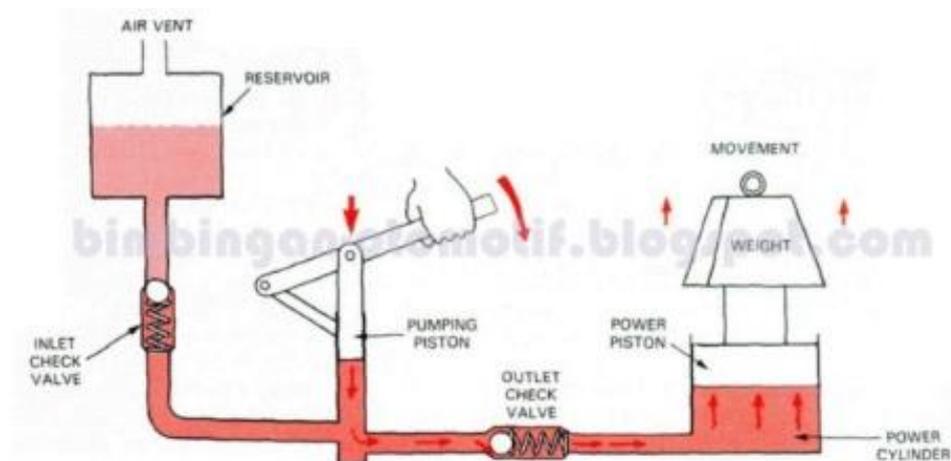
Dalam sistem Hidrolik Fluida Cair berfungsi sebagai penerus gaya. Minyak mineral adalah jenis fluida yang sering dipakai. Para prinsipnya bidang *hidromekanik* (mekanika fluida) dibagi menjadi dua bagian sebagai berikut :

1. *Hidrostatik* : yaitu mekanika fluida diam
2. *Hidrodinamik* : yaitu mekanika fluida yang bergerak contohnya adalah perubahan dari energi aliran dalam turbin pada jaringan tenaga hidroelektrik.

Jadi perbedaan yang menonjol dari dua sistem diatas yaitu perbedaan fluida cair itu sendiri. Apakah fluida cair itu bergerak karena dibangkitkan oleh suatu pesawat utama (pompa hidrolik) atau karena beda potensial permukaan fluida cair yang mengandung energi (pembangkit tenaga hidro)

Secara singkat alat ukur hidrolik adalah alat ukur yang memanfaatkan tekanan cairan atau fluida. Fungsinya yaitu untuk mengukur, membantu memastikan tidak ada kebocoran yang nantinya akan berpengaruh terhadap kondisi sistem hidrolik yang sedang dijalankan. Ide dasar pada sistem hidrolik yaitu fluida cair yang ada

dalam sistem memiliki tekanan yang berasal dari satu sisinya dengan perbedaan luas. Yang perlu diingat adalah perbandingan terbalik antara gaya yang dikeluarkan dengan luas tekannya. Tekanan tersebut mendorong terhadap sebuah piston yang berada dari sisi lain sebuah wadah. Hal ini menyebabkan pemindahan *energy* ke dalam piston yang memaksanya untuk mengangkat sesuatu ke atas. Karena tekanan di dalam air tidak akan membiarkannya mengalir ke belakang, piston tidak pernah bisa bergerak dengan arah yang berlawanan kecuali jika tekanan tersebut dilepaskan. Ini berarti bahwa bagaimanapun piston mengangkat, hal ini aman sampai operator sistem memperbolehkan untuk dilepaskan. Contohnya, jika piston mengangkat tangan forklift (tangan yang untuk mengangkat barang), mereka akan tetap terus terangkat sampai tekanan hidrolik dilepaskan.



Gambar 2.1 Sistem Hidrolik  
(James E. Duffy, 1999)

Komponen utama sistem hidrolik tidak jauh dengan pnumatik. Adapun komponen utama sistem hidrolik, antara lain :

#### 1. Pompa hidrolik

Pompa hidrolik berfungsi untuk mengisap fluida oli hidrolik yang akan disirkulasikan dalam sistem hidrolik. Sistem hidrolik merupakan siklus yang

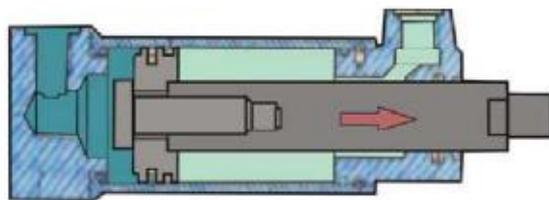
tertutup, karena fluida oli disirkulasikan ke rangkaian hidrolik selanjutnya dikembalikan ke tangki penyimpanan minyak.

## 2. Aktuator hidrolik

Aktuator hidrolik dapat berupa silinder hidrolik. Silinder hidrolik bergerak secara translasi sedangkan motor hidrolik bergerak secara rotasi. Dilihat dari daya yang dihasilkan aktuator hidrolik memiliki tenaga yang lebih besar (mencapai 400 bar) dibandingkan dengan pneumatik.

## 3. Silinder Hidrolik Penggerak Ganda

Silinder hidrolik penggerak ganda akan melakukan gerakan maju mundur akibat adanya aliran fluida hidrolik yang dimasukkan. gerakan maju mundur dari gerakan stang torak ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan dalam proses produksi. Silinder hidrolik penggerak ganda ini biasanya digunakan pada alat berat.

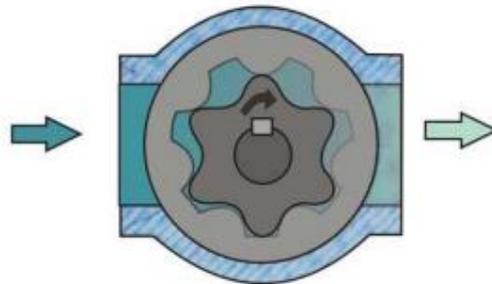


Gambar 2.2 Silinder Hidrolik Penggerak Ganda  
(Fery Rusdianto, 2017)

## 3. Aktuator Rotasi

Motor hidrolik merupakan alat untuk mengubah tenaga aliran fluida menjadi gerak rotasi. Motor hidrolik ini prinsip kerjanya berlawanan dengan roda gigi hidrolik. Aliran minyak hidrolik yang bertekanan tinggi akan terus memutar

roda gigi yang terdapat dalam ruangan pompa selanjutnya akan dirubah menjadi gerak rotasi untuk berbagai macam keperluan.

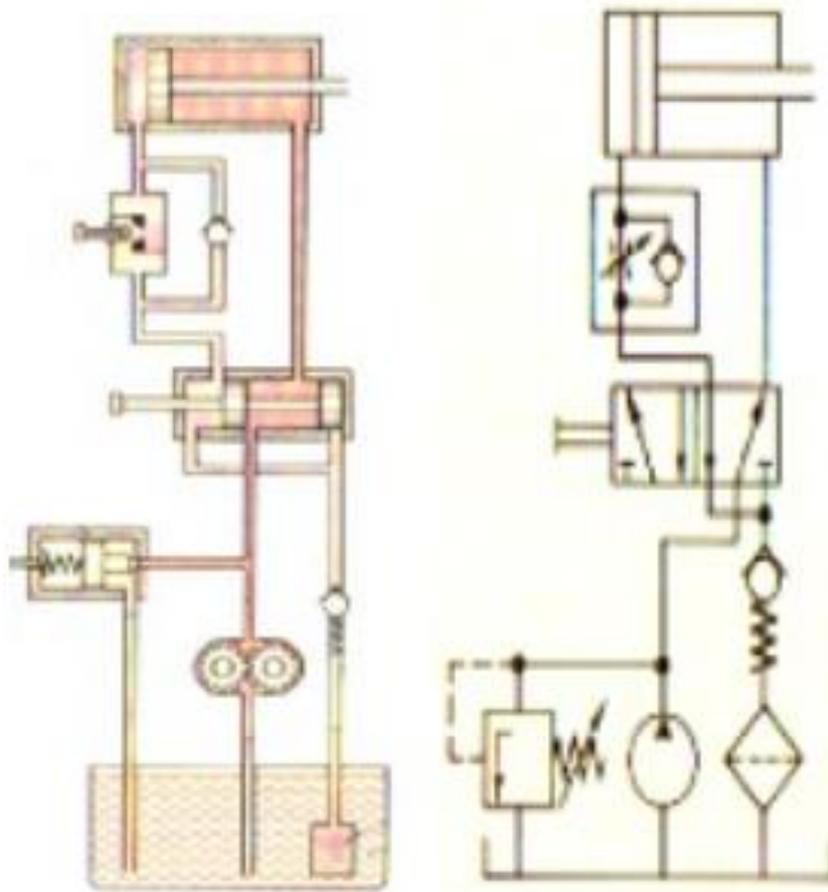


Gambar 2.3 Aktutor Rotasi  
(Fery Rusdianto, 2017)

#### 4. Pengendalian Hidrolik

##### a. Klasifikasai pengendalian hidrolik

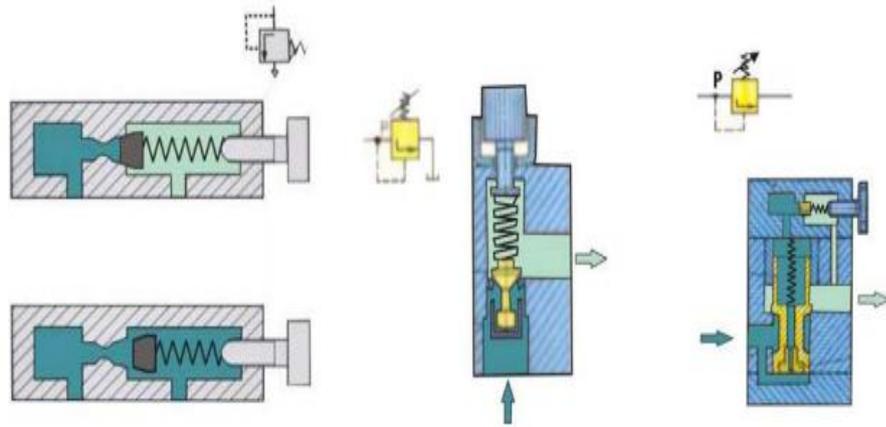
Sistem hidrolik terdiri dari beberapa bagian, diantaranya bagian tenaga (*power pack*) bagian sinyal, pemroses sinyal, dan pengendalian sinyal. Bagian tenaga terdiri dari pompa hidrolik, katup pengatur tekanan, dan katup satu arah. Secara garis besar dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.4 Bagian – Bagian Pengendalian Hidrolik  
(Fery Rusdianto, 2017)

b. Katup Pengatur Tekanan

Katup pengatur tekanan terdapat beberapa model, misalnya : katup pembatas tekanan, katup ini dilengkapi dengan pegas yang dapat diatur. Bila tekanan hidrolik berlebihan, maka pegas akan membuka dan mengalirkan fluida ke saluran pembuangan.

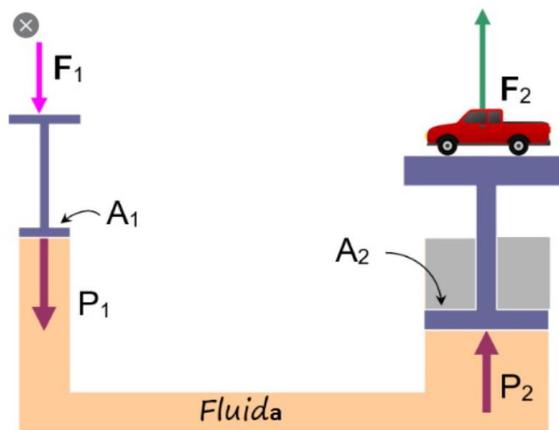


Gambar 2.5 Katup Pengatur Tekanan (Fery Rusdianto, 2017)

### 2.3 Dasar Perhitungan kalibrasi tekanan

#### 2.3.1 Prinsip Hukum Pascal

Perhitungan gaya hidrolis torak pada bejana berhubungan dengan luas penampang berbeda,



Gambar 2.6 Prinsip Hukum Pascal (Hasby Mustani, 2019)

$$P_1 = P_2 = P_e = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \text{ Atau } \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \dots\dots\dots(1)$$

<sup>1</sup>Handrizal, D., & Setyoko, B. (2015). Rancang Bangun Alat Peraga Pengukur Tekanan. Semarang: Undip Respiratory.

Dimana,

$P = \text{Pressure}$

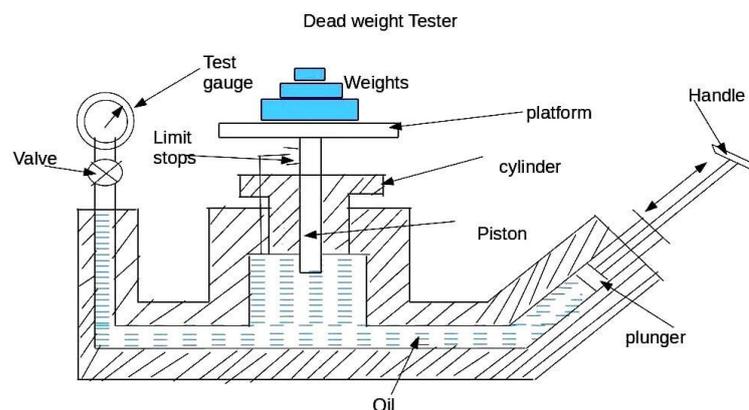
$F = \text{Force}$

$A = \text{Area}$

## 2.4 *Dead Weight Tester*

*Dead weight tester* memiliki prinsip yang sama dengan hidrolik tetapi pada kali ini digunakan untuk mengukur tekanan yang diberikan oleh gas atau cairan dan juga dapat menghasilkan tekanan uji untuk kalibrasi berbagai instrumen tekanan. Prinsip dasar DWT, bahwa  $P = F / A$ , di manatekanan ( $P$ ) bekerja pada area yang diketahui dari piston tertutup ( $A$ ), menghasilkan gaya ( $F$ ). Gaya piston ini kemudian dibandingkan dengan gaya yang digunakan dengan bobot yang dikalibrasi. Penggunaan bahan berkualitas tinggi menyebabkan ketidakpastian kecil pada pengukuran dan stabilitas jangka panjang yang baik.

*Dead Weight Tester* merupakan alat untuk memproduksi dan mengukur tekanan. DWT digunakan untuk mengkalibrasi *Pressure Gauge*. Kalibrasi *Pressure Gauge* merupakan perbandingan antara *pressure* yang secara akurat telah diketahui dari beban, dengan *pressure* yang ditunjukkan pada *gauge* yang akan dikalibrasi.



Gambar 2.7 Bagian-Bagian alat Kalibrasi Berbasis DWT

(Hasby Mustani, 2019)

### 2.4.1 Prinsip Kerja

Cara kerjanya yaitu sebagai berikut: Pertama, *valve* nya ditutup lalu tempatkan beban di *platform*. Setelah itu, dengan mengoperasikan *plunger*, tekanan dari fluida bekerja pada sisi piston yang lain hingga dapat mengangkat piston-beban kombinasi. Ketika itu terjadi, beban pada piston kombinasi mengapung bebas hingga silinder mencapai *limit stops*. Pada kondisi setimbang ini, kekuatan tekanan dari fluida akan menyeimbangkan melawan gaya gravitasi dari beban ditambah *friction drag* :

$$P = mg + \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana,

P = Tekanan

m = Massa (kg)

g = Percepatan Gravitasi ( $m/s^2$ )

F = Force (N)

A = Area ( $m^2$ )

Dengan demikian, tekanan P yang disebabkan karena beban yang ditempatkan pada *platform* dapat dihitung. Setelah perhitungan P, *plunger* dapat di release. Sekarang *Pressure Gauge* yang akan dikalibrasi dipasang pada *Dead Weight Tester*. Lalu beban yang telah diketahui *pressure* nya ditempatkan pada *platform*. Karena berat, piston bergerak ke bawah dan mengerahkan tekanan P pada fluida. Kemudian, *valve* pada alat ini dibuka sehingga tekanan fluida P ditransmisikan ke *gauge* yang digunakan untuk mengukur nilai tekanan pada *gauge*. Nilai pada *Pressure Pressure Gauge* ini harus sama dengan nilai P yang

---

<sup>2</sup>*Op. Cit*, Handrizal, D. Hal. 6

telah diketahui berdasarkan beban. Demikianlah cara pengkalibrasian dengan DWT.

## 2.6 Standar Error

Perhitungan standar error adalah estimasi kesalahan alat ukur dihitung dengan cara membandingkan kinerjanya dengan alat serupa yang telah baku. Dalam hal ini mengukur manometer dengan bandul timbangan, karena bandul timbangan sudah diasumsikan memiliki berat yang standar atau baku, maka bandul timbangan dijadikan media kalibrasi manometer.

Rumus Standar error:

$$SE = \sqrt{\frac{SYY - \frac{(SXY)^2}{SXX}}{n - 2}}$$

$$SXX = \sum X - \frac{(\sum X)^2}{n}$$

$$SYY = \sum Y - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

$$SXY = \sum XY - \frac{\sum X \cdot \sum Y}{n} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

SE = Standar Error

SXX = Hasil kali data yang kurang baku

SYY = Hasil data yang baku

SXY = Hasil kali data antara yang baku dengan yang tidak baku

---

<sup>3</sup>Op. Cit, Handrizal, D. Hal. 15

## 2.7 Standar Deviasi

Perhitungan standar deviasi adalah pembakuan dari penyimpangan nilai pada distribusi data yang dihitung dengan dari *mean*-nya, selanjutnya dinamakan simpangan baku. Sehingga didapatkan hasil tingkat ketelitian serta tingkat kesalahan suatu alat dalam hal ini manometer, Perhitungan akan dilakukan selama sepuluh kali pengukuran dengan variasi beban yang berbeda.

Rumus Standar Deviasi:

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{N}$$

$$D = X - \bar{X}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\Sigma D^2}{N-1}} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

SD = Standar Deviasi

D = Selisih nilai rata – rata dengan nilai data yang sebenarnya

$\Sigma D^2$  = Jumlah dari selisih nilai rata – rata dengan nilai data yang sebenarnya yang telah dikuadratkan

X = Nilai data yang ada

$\bar{X}$  = Rata – rata dari data yang ada

$\Sigma X$  = Jumlah dari data yang ada

N = Jumlah Data

---

<sup>4</sup>*Op. Cit* Handrizal, D. Hal. 16

## **BAB III**

### **METODOLOGI PROYEK AKHIR**

#### **3.1 Pemilihan Alat dan Bahan**

Dalam pembahasan kali ini, kami berorientasi pada pembuatan alat peraga pengukur tekanan dan temperatur dimana alat ini berkerja berdasarkan tekanan yang diberikan oleh sebuah beban yang kemudian akan dimanipulasi oleh alat ukur menjadi skala atau ukuran baku. Untuk mewujudkannya diperlukan perancangan alat yang sesuai agar kinerja alat dapat efektif dan maksimal.

##### **3.1.1 *Test Bed* Tekanan**

###### **1. Silinder Torak**

Silinder Torak adalah suatu alat yang digunakan untuk meneruskan suatu tekanan dari suatu gaya yang disebabkan oleh suatu beban dalam hal ini untuk selanjutnya digunakan untuk menekan fluida. Silinder Torak yang digunakan adalah silinder dengan diameter piston  $\varnothing$  25.4 mm, L 100 mm, digunakan sebagai silinder utama (untuk meneruskan tekanan beban) dan juga silinder dengan diameter piston  $\varnothing$  10 mm, L 50 mm sebagai silinder pendukung (sebagai silinder kalibrasi).



Gambar 3.1 Silinder Torak

## 2. Manometer

Manometer adalah suatu alat yang digunakan sebagai penunjuk ukuran suatu tekanan, pada praktek kali ini menggunakan empat buah manometer sebagai bahan pembanding (variabel). Manometer yang digunakan terdiri dari 4 manometer dengan merk dan rentang manometer yang berbeda.



Gambar 3.2 Manometer

## 3. Katup

*Valve* (Katup/Keran) adalah perangkat mekanik yang mengontrol aliran (fluida) dan tekanan dalam suatu sistem atau proses dengan membuka dan menutup, terdapat 4 katup yang dipakai dalam pembuatan alat ini.



Gambar 3.3 Katup

#### 4. *Elbow*

*Elbowm* merupakan suatu komponen yang digunakan sebagai penyambung pipa dengan tujuan untuk membentuk aliran pipa berbentuk siku-siku, terdapat 2 *elbow* dalam pembuatan alat ini.



Gambar 3.4 *Elbow* Siku

#### 5. Sambungan T

Sambungan T adalah suatu komponen yang digunakan untuk menghubungkan atau menyambung tiga buah pipa menjadi satu dengan sambungan menyerupai bentuk huruf T, terdapat 3 buah sambungan T dalam pembuatan alat ini.



Gambar 3.5 Sambungan T

#### 6. Sambungan Lurus

Sambungan lurus (*fitting* drat dalam) adalah suatu komponen yang digunakan untuk menyambung atau menghubungkan dua buah saluran fluida, dari pipa dan dari *reservoir tank* dalam alat peraga ini.



Gambar 3.6 Sambungan Lurus

#### 7. Dudukan Tempat Beban

Dudukan tempat beban merupakan alat yang digunakan untuk menopang tempat beban sekaligus media penyambung dari tempat beban terhadap batang silinder.



Gambar 3.7 Dudukan Tempat Beban

## 8. Bandul Timbangan

Bandul timbangan merupakan media yang digunakan sebagai penekan torak pada alat tersebut, bandul yang digunakan terbuat dari tembaga dengan berat masing – masing terdiri dari satu buah bandul dengan berat 1 kg, dua buah bandul dengan berat 2 kg, dan dua buah bandul dengan berat 5 kg.

## 9. *Reservoir Tank*

*Reservoir tank* merupakan suatu alat yang digunakan sebagai penampung oli sementara.



Gambar 3.8 *Reservoir Tank*

## 10. Minyak Hidrolik

Minyak hidrolik merupakan suatu fluida cair yang sifatnya melapisi apa yang berkontak langsung dengannya, disini minyak hidrolik digunakan sebagai media utama, karena minyak hidrolik digunakan sebagai penyalur tekanan yang diberikan oleh beban menuju manometer.



Gambar 3.9 Minyak Hidrolik

### 11. Pipa *Stainless Steel*

Pipa *stainless steel* adalah bahan yang digunakan sebagai media penghubung atau saluran dimana oli dapat dihubungkan dengan komponen lainnya.

## 3.2 Pembuatan Alat

Pembuatan alat dikerjakan sesuai dengan desain alat yang tertera pada BAB II. Tahap selanjutnya mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan agar proses pembuatan alat dapat dirakit dengan beberapa praktek permesinan yang diantaranya melakukan kegiatan pemotongan, pengelasan, pembubutan, pengeboran, dan lain sebagainya.

### 3.2.1 Proses Persiapan Alat

Setelah dilakukan *design* Alat dan pembuatan alat maka persiapkan alat sesuai dengan keterangan berikut :

a. Periksa apakah bahan sudah layak untuk digunakan, karena kita tahu proses sebelum dilakukan perakitan antarlain pemotongan. pengalasan, dll. yang kurang

sempurna yang dapat menyebabkan kinerja alat menjadi kurang sempurna, sehingga diperlukan inspeksi setiap bahan setelah dilakukan pengerjaan bahan,

- b. Bersihkan bahan dari kotoran,
- c. Siapkan alat-alat yang dibutuhkan,
- d. Perhatikan keselamatan kerja.

### **3.2.2. Proses Perakitan,**

Di dalam proses pembuatan alat pengukur tekanan, karena media yang digunakan adalah fluida, maka hal yang terpenting adalah fluida harus berada dalam kondisi yang kedap, sehingga pembuatan alat diharuskan alat tidak boleh bocor.

Berikut adalah proses pembuatan alat.

- a. Pasang pipa pada sambungan yang sudah ditentukan,
- b. Pasang *fitting* piston, *reservoir tank*, sekrup kalibrasi, dan juga manometer dengan yang sudah ditentukan,
- c. Pasang selang dengan *fitting* yang telah terpasang dengan piston. *reservoir tank*, sekrup kalibrasi, dan juga manometer.

### **3.2.3 Finishing**

Dalam proses ini dilakukan pengerjaan merapikan benda kerja meliputi pengecatan, pengamplasan, pengecekan kebocoran selang maupun komponen lain, serta pemotongan clamp-clamp.

### **3.2.4. Pengujian Alat**

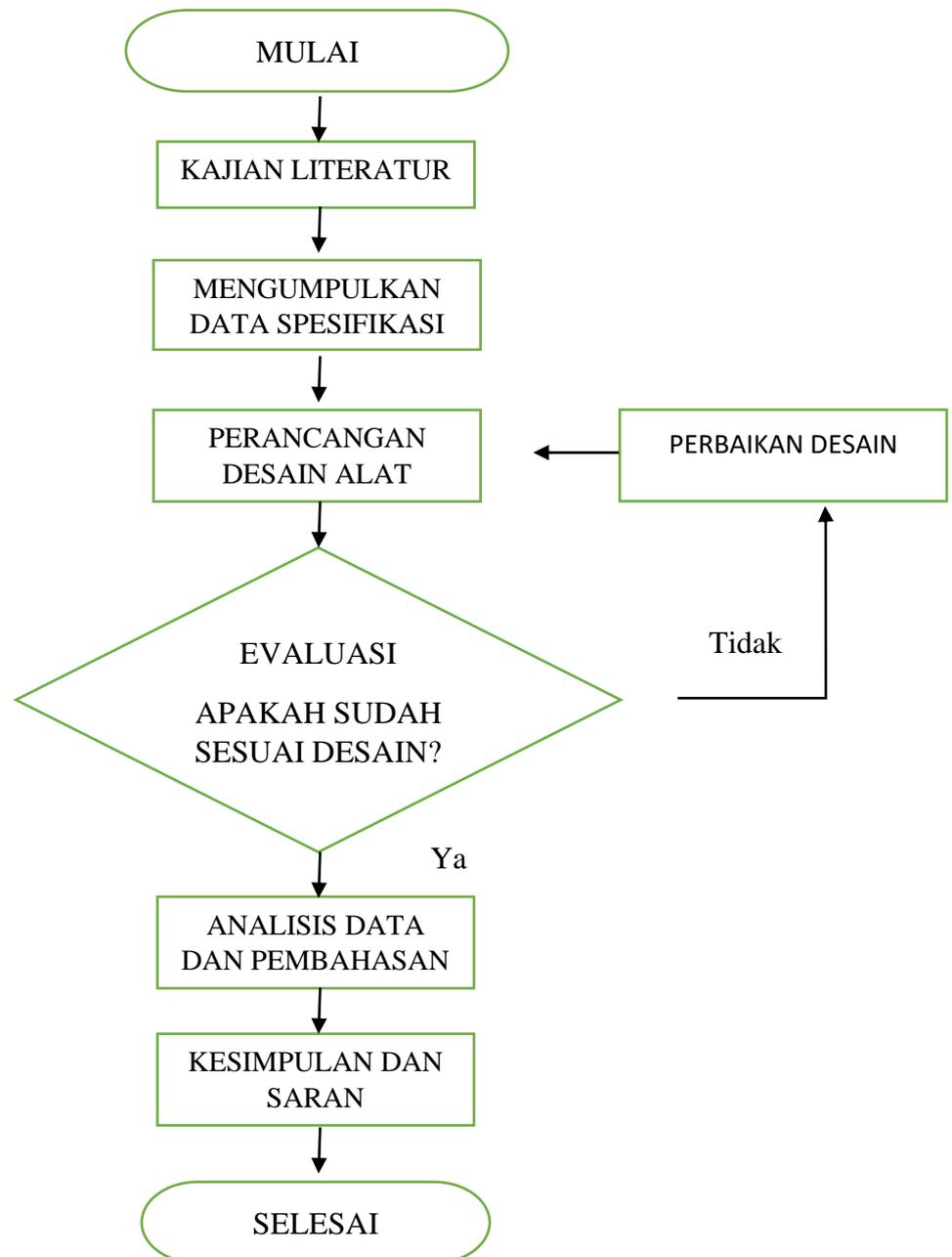
Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui hasil pembuatan alat, sehingga pembuatan alat dapat dikatakan sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Pengujian dilakukan dengan beberapa tahap

Tahap yang pertama adalah pengujian dengan beban yang sudah diketahui beratnya sehingga dengan menggunakan beberapa rumus dapat diketahui apakah pengukuran alat sesuai dengan teori.

Tahap yang ke dua adalah dengan membandingkan dengan beberapa beban sehingga didapat deviasi pengukuran dan standar error pada alat tersebut.

### 3.3 Flow Chart

Untuk mencapai tujuan dari Proyek Akhir, tahapan kegiatan disusun,  
Meliputi :



Gambar 3.10 Flow Chart

### 3.4 Pengumpulan Data

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui hasil pembuatan alat, sehingga pembuatan alat dapat dikatakan sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Pengujian dilakukan dengan beberapa tahap

Tahap yang pertama adalah pengujian dengan beban yang sudah diketahui beratnya sehingga dengan menggunakan beberapa rumus dapat diketahui apakah pengukuran alat sesuai dengan teori.

Tahap yang ke dua adalah dengan membandingkan dengan beberapa beban sehingga didapat deviasi pengukuran dan standar error pada alat tersebut.

Berikut akan dijelaskan proses pengujian alat secara rinci.

#### 3.3.1 Proses Pengisian Minyak Hidrolik Pada Saluran

Dalam tahap pengujian ini diharapkan ukuran nilai hasil pengujian alat sama dengan ukuran nilai rumus. Berikut adalah langkah-langkah pengujian.

1. Pastikan oli sudah terisi penuh dengan cara menarik dan menekan piston sehingga fluida gas dapat terdesak keluar melalui selang menuju *reservoir* karena adanya beda tekanan *massa* jenis.
2. Posisikan silinder utama dan silinder kalibrasi pada posisi TMA (titik mati atas). Kemudian tutup selang yang menuju ke *reservoir* agar fluida cair tidak masuk lagi ke *reservoir*. Kemudian tekan sedikit silinder utama sehingga manometer dapat melewati nol. Kemudian putar berlawanan arah jarum jam baut pada silinder kalibrasi sampai jarum pada manometer menunjuk tepat pada titik nol. Setelah itu tutup katup yang berada di antara silinder utama dan *reservoir* sehingga aliran fluida cair hanya

menghubungkan silinder utama dan manometer, hal ini dilakukan agar tekanan yang diberikan piston hanya mengarah menuju manometer.

3. Setelah alat siap, letakkan beban dengan variasi beban 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 secara bertahap sehingga didapat sepuluh buah data pada setiap manometer, letakkan diatas *handling* beban, dan ukur tekanan yang dihasilkan, kemudian bandingkan dengan hasil perhitungan rumus.

### 3.3.2 Proses Pengambilan Data Tekanan

1. Pastikan oli sudah terisi penuh dengan cara menarik dan menekan piston sehingga fluida gas dapat terdesak keluar melalui selang menuju reservoir karena adanya beda tekanan massa jenis.
2. Posisikan silinder utama dan silinder kalibrasi pada posisi TMA (titik mati atas). Kemudian tutup selang yang menuju ke *reservoir* agar fluida cair tidak masuk lagi ke *reservoir*. Kemudian tekan sedikit silinder utama sehingga manometer dapat melewati nol. Kemudian putar berlawanan arah jarum jam baut pada silinder kalibrasi sampai jarum pada manometer menunjuk tepat pada titik nol. Setelah itu tutup katup yang berada di antara silinder utama dan *reservoir* sehingga aliran fluida cair hanya menghubungkan silinder utama dan manometer, hal ini dilakukan agar tekanan yang diberikan piston hanya mengarah menuju manometer.
3. Setelah alat siap, letakkan beban dengan variasi beban 5 kg, 7 kg, 9 kg, 11 kg, 13 kg, 15 kg, 17 kg, 19 kg, 21 kg, dan 23 kg secara bertahap, tiap beban dilakukan pengujian 4x dengan empat manometer sehingga

didapat empat puluh data, letakkan diatas *handling* beban, dan ukur tekanan yang dihasilkan.

4. Setelah nilai pertama didapat langkah selanjutnya adalah mengganti manometer dengan cara tutup selang yang berada diantara manometer dan silinder penekan agar oli atau minyak tidak mengalir kearah manometer, kemudian melepas sambungan pada manometer dengan selangnya, kemudian dilakukan penggantian manometer ke dua dengan cara menyambung selang manometer dengan selang yang dilepas tadi, kemudian dilakukan kalibrasi ulang dengan cara membuka semua katup, kecuali katup buang, posisikan silinder penekan dan silinder kalibrasi pada posisi titik mati bawah, kemudian iringkan instalasi alat sehingga posisi katup buang berada diatas manometer, TMB (titik mati bawah) silinder penekan dan TMB (titik mati bawah) silinder kalibrasi agar minyak dapat mengisi seluruh lubang selang, lalu buka selang buang minyak agar minyak dan udara yang terjebak di dalam selang dapat keluar, kemudian apabila aliran minyak yang mengalir keluar selang sudah terlihat lancar maka dapat diasumsikan seluruh bagian dalam selang dapat terisi semua, kemudian tutup kembali katup buang minyak. setelah itu posisikan kembali alat pada posisi horizontal, posisikan silinder penekan pada posisi titik mati atas kembali dengan cara menariknya ke atas, dan posisikan juga silinder kalibrasi pada posisi titik mati atas juga. Tutup katup *reservoir tank* untuk menutup aliran yang menuju *reservoir tank*, kemudian lihat manometer, posisikan manometer pada posisi nol sehingga fluida di dalam instalasi bebas dari

tekanan, dengan cara apabila jarum manometer menunjukkan di atas nol maka fluida masih memiliki tekanan, sehingga fluida harus diberi tambahan ruang agar tekanan pada fluida dapat berkurang maka selinder kalibrasi harus diputar melawan arah jarum jam agar piston dapat naik. Putar sampai jarum menunjukkan posisi nol. Setelah itu ukur lagi. Setelah data didapat kemudian ulangi penggantian dan perhitungan dengan manometer yang berbeda sampai pada manometer yang keempat.

5. Kemudian hitung standar deviasi dan standar eror.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil

Pada pengujian kali ini dilakukan pengukuran beberapa beban yang selanjutnya akan digunakan untuk menekan fluida pada sebuah instalasi tertutup dimana akan dihubungkan sebuah manometer sehingga manometer dapat menunjukkan skala atau ukuran tekanan beban tersebut. Adapun variable pengukuran yaitu:

- a. Beban yang akan diukur adalah sebuah bandul timbangan yang sudah diketahui beratnya dengan variasi berat yaitu 5 kg, 7 kg, 9 kg, 11 kg, 13 kg, 15 kg, 17 kg, 19 kg, 21 kg, dan 23 kg. dan bandul yang digunakan ada beberapa buah karena dari bandul dapat mewakili setiap variasi beban, bandul tersebut yaitu bandul dengan berat 1 kg, 2 kg, 2 kg, 5 kg, dan 10 kg.

Tabel 4.1 Variabel Beban

Variabel Beban (Kg)	Dapat Digantikan dengan Beban (Kg)
5	2 + 2 + 1
7	5 + 2
9	5 + 2 + 2
11	5 + 5 + 1
13	5 + 5 + 2 + 1
15	5 + 5 + 2 + 2 + 1
17	5 + 5 + 5 + 2
19	5 + 5 + 5 + 2 + 2
21	5 + 5 + 5 + 5 + 1
23	5 + 5 + 5 + 5 + 2 + 1

- b. Manometer yang digunakan sebagai manometer uji ditujukan pada tabel dengan ukuran *range* atau skala dan merek yang berbeda.

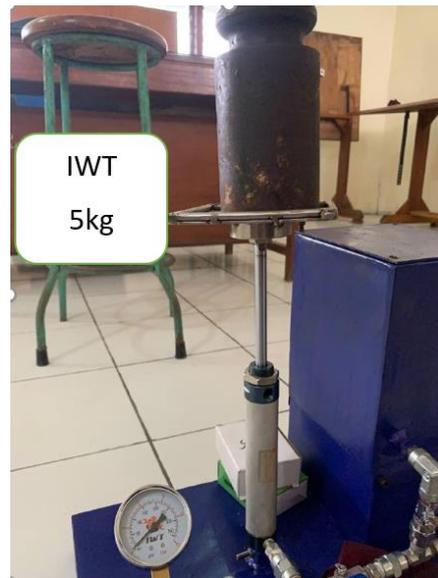
Tabel 4.2 Spesifikasi Manometer

Merk	Satuan (Kg/cm <sup>2</sup> )	Satuan Psi
<b>TEKIRO</b>	<b>4</b>	<b>60</b>
<b>IWT</b>	<b>25</b>	<b>350</b>
<b>WIPRO</b>	<b>25</b>	<b>350</b>
<b>RANSBURG</b>	<b>10</b>	<b>150</b>

- a. Hasil pengukuran dari tiap manometer



Gambar 4.1 Hasil pengukuran Tekiro dan Ransburg 5 kg



Gambar 4.2 Hasil pengukuran Wipro dan IWT 5 kg



Gambar 4.2 Hasil pengukuran Ransburg dan Wipro 7 kg



Gambar 4.2 Hasil pengukuran IWT dan Tekiro 7 kg

Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran

No.	Beban (Kg)	TEKIRO (0 – 4 kg/cm <sup>2</sup> )	IWT (0 – 25 kg/cm <sup>2</sup> )	WIPRO (0 – 25 kg/cm <sup>2</sup> )	RANSBURG (0 – 10 kg/cm <sup>2</sup> )
1.	5	1.0	0.9	1.0	1.2
2.	7	1.30	1.25	1,25	1.3
3.	9	1.85	1.50	1.75	1.7
4.	11	2.25	1.82	2.10	2.1
5.	13	2.65	2.15	2.50	2.4
6.	15	2.80	2.50	2.85	2.7
7.	17	3.35	2.85	3.25	3.1
8.	19	3.80	3.35	3.70	3.3
9.	21	4.25	3.70	4.20	3.8
10.	23	4.60	4.10	4.55	4.5

## 4.2 Pembahasan

Silinder piston yang digunakan yaitu silinder hidrolik kerja positif dengan diameter ruang kompresi 25.4 mm, panjang langkah piston 100 mm, kekuatan maksimal penekanan 0.9 Mpa. Beban yang digunakan yaitu beban yang tertera pada tabel diatas.

Maka :

Rumus Tekanan

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana,

$$P = \text{Tekanan} \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

$$F = \text{Berat} \quad (\text{Kg})$$

$$A = \text{Luasan} \quad (\text{cm}^2)$$

A = luasan permukaan silinder lingkaran, maka :

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \dots\dots\dots(6)$$

$$A = \frac{3,14}{4} \times 2,54^2$$

$$A = 5.064 \text{cm}^2$$

Rumus Tekanan dengan asumsi nilai kerugian kecil, sehingga kerugian diabaikan.

---

<sup>5</sup>Op. Cit, Handrizal, D. Hal. 6

<sup>6</sup>Op. Cit, Handrizal, D. Hal. 43

Maka :

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{5}{5.064}$$

$$P = 0.9875 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan

Beban (kg)	Nilai Hasil (kg/cm <sup>2</sup> )
5	0.9875
7	1.3823
9	1.7772
11	2.172
13	2.567
15	2.966
17	3.352
19	3.751
21	4.146
23	4.541

#### 4.2.1 Perbandingan Hasil Teori dengan Hasil Pengujian Alat

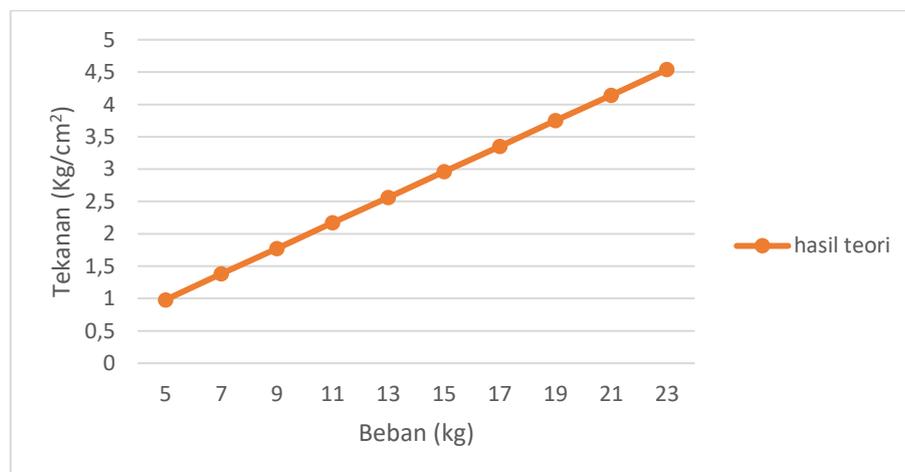
Dari data yang telah didapat maka dapat dibandingkan antara hasil perhitungan teori dengan masing-masing manometer. Manometer yang digunakan berjumlah empat buah, dengan masing-masing memberikan data 10 kali pengukuran. Data hasil perhitungan teori dan juga hasil pengujian empat buah manometer dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.5 Perbandingan hasil teori dengan pengujian alat

No.	Beban (Kg)	TEKIRO (0 – 4 kg/cm <sup>2</sup> )	IWT (0 – 25 kg/cm <sup>2</sup> )	WIPRO (0 – 25 kg/cm <sup>2</sup> )	RANSBURG (0 – 10 kg/cm <sup>2</sup> )	Hasil perhitungan (X) (kg/cm <sup>2</sup> )
1.	5	1.0	0.9	1.0	1.2	0.98
2.	7	1.30	1.25	1,25	1.3	1.38
3.	9	1.85	1.50	1.75	1.7	1.77
4.	11	2.25	1.82	2.10	2.1	2.17
5.	13	2.65	2.15	2.50	2.4	2.56
6.	15	2.80	2.50	2.85	2.7	2.96
7.	17	3.35	2.85	3.25	3.1	3.35
8.	19	3.80	3.35	3.70	3.3	3.75
9.	21	4.25	3.70	4.20	3.8	4.14
10.	23	4.60	4.10	4.55	4.5	4.54

Pengukuran dilakukan sepuluh kali pengukuran dengan urutan mulaidari 5 kg, 7 kg, 9 kg, 11 kg, 13 kg, 15 kg, 17 kg, 19 kg, 21 kg dan 23 kg. Untuk setiap kali penguran posisi torak mula-mula harus berada pada posisi TMA (Titik Mati Atas) hal ini dilakukan agar tekanan mula-mula pada fluida di dalam instalasi selalu sama sehingga hasil pengukuran dapat diminimalkan tingkat kesalahannya.

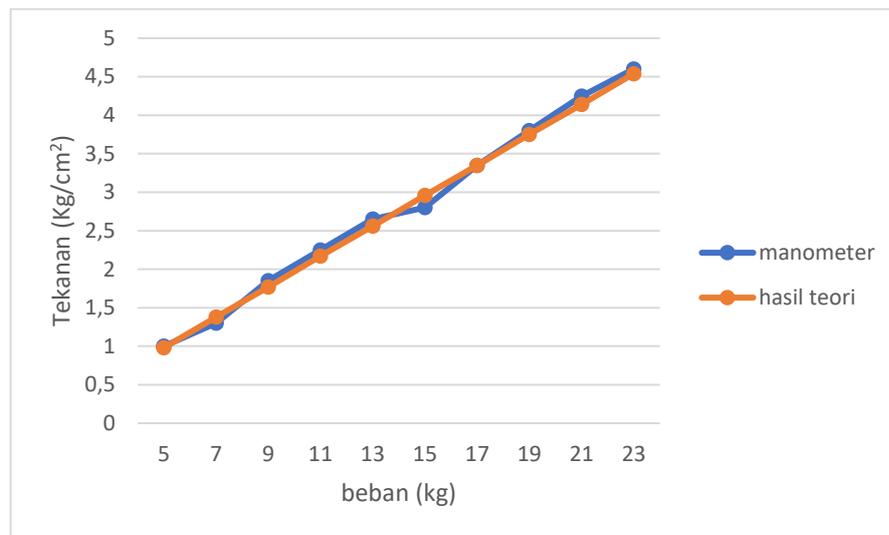
#### 4.2.1.1. Hasil Pengujian Teori Silinder 25.4 mm dengan beban 5-23 kg.



Grafik 4,1 Grafik Hasil Perhitungan Teori

Pada grafik tersebut menunjukkan kenaikan data yang konstan, maka dapat disimpulkan dengan pembebanan sesuai kajian memberikan kenaikan tekanan yang konstan sehingga dapat digambarkan dengan grafik yang lurus keatas dengan kemiringan yang konstan.

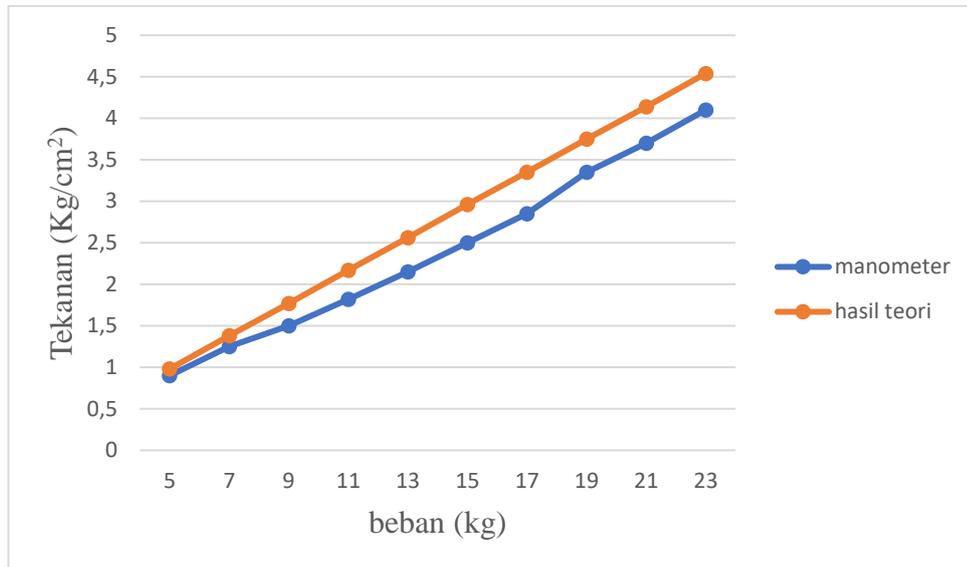
#### 4.2.1.2. Hasil Pengujian Manometer TEKIRO 0-4 Kg/cm<sup>2</sup>



Grafik 4.2 Perbandingan Hasil Pengujian Manometer Tekiro 0-4 Kg/cm<sup>2</sup> dengan Hasil Perhitungan Teori

Pada grafik menunjukkan perbedaan antara hasil pengukuran manometer dengan hasil penghitungan rumus, pada pengukuran hasil pengujian menunjukkan tekanan yang dihasilkan rata-rata kurang dari hasil perhitungan rumus, akan tetapi hasil pengukuran tidak berselisih jauh dengan hasil teori. hal ini menunjukkan bahwa terdapat losses atau kerugian di dalam instalasi alat, antara lain disebabkan oleh gesekan antara seal torak dengan dinding silinder, dan untuk terdapatnya udara yang terjebak didalam instalasi alat kemungkinan sangat kecil sehingga tidak berpengaruh besar terhadap pengukuran

#### 4.2.1.3. Hasil Pengujian Manometer IWT 0-25 Kg/cm<sup>2</sup>



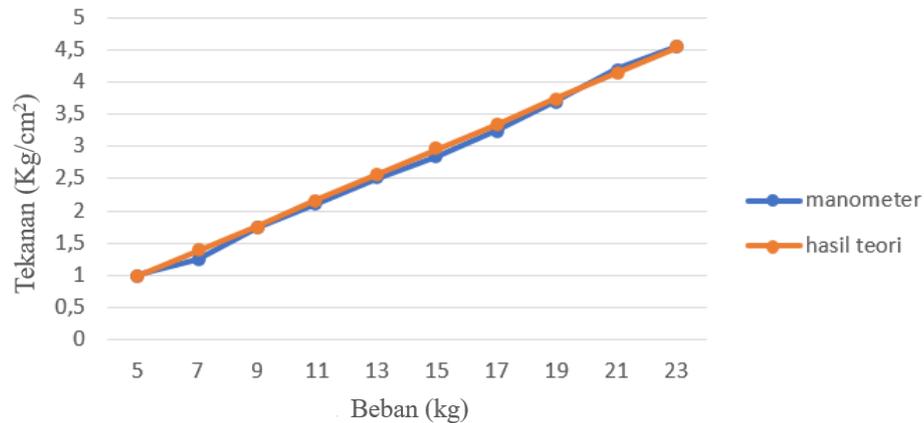
Grafik 4.3 Perbandingan Hasil Pengujian Manometer IWT 0-25 Kg/cm<sup>2</sup> dengan Hasil Perhitungan Teori

Pada grafik tersebut menunjukkan perbedaan antara hasil pengukuran manometer dengan hasil penghitungan rumus, pada pengukuran hasil pengujian menunjukkan tekanan yang dihasilkan rata-rata kurang dari hasil perhitungan rumus, hal ini menunjukkan bahwa terdapat losses atau kerugian di dalam instalasi alat, faktor-faktor kerugian antara lain disebabkan oleh gesekan antara seal torak dengan dinding silinder, dan juga terdapatnya udara yang terjebak didalam instalasi alat, nilai kompresi gas lebih kecil daripada fluida cair, karena fluida gas apabila dimampatkan fluida gas dapat berubah volume, sedangkan fluida cair apabila dimampatkan fluida cair tidak dapat berubah volume.

Pada setiap percobaan menunjukkan penurunan nilai hasil pengukuran hal ini disebabkan oleh semakin besarnya tekanan di dalam silinder sehingga untuk tekanan fluida cair yang berada mendekati titik mati atas torak tekanan dorongnya lebih kecil dari tekanan yang berada di sekitar atau mendekati titik mati bawah torak

silinder sehingga hasil perhitungan beban tidak selalu konstan akan tetapi cenderung akan menurun dari perhitungan teori.

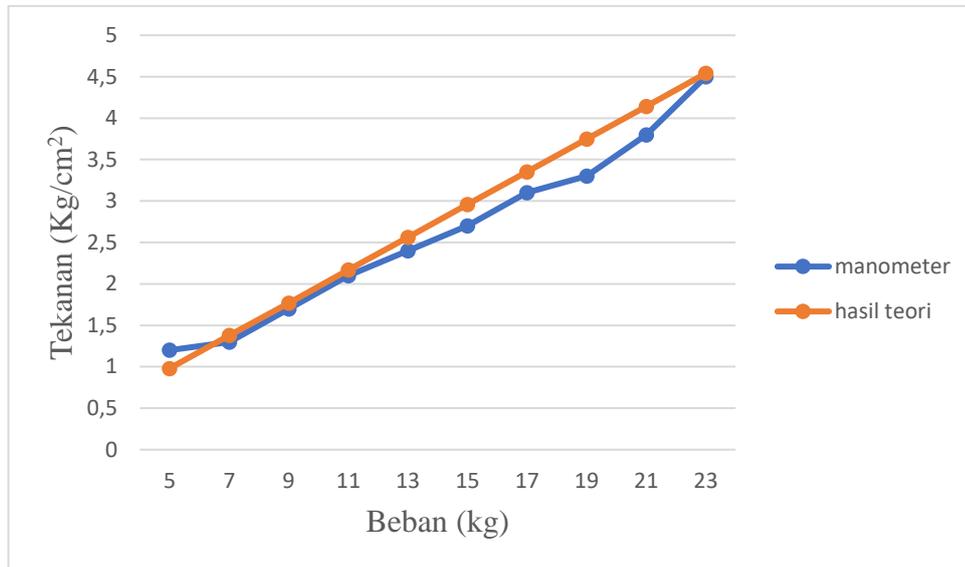
#### 4.2.1.4. Hasil Pengujian Manometer Wipro 0-25 Kg/cm<sup>2</sup>



Grafik 4.4 Perbandingan Hasil Pengujian Manometer Wipro 0-25 Kg/cm<sup>2</sup> dengan Hasil Perhitungan Teori

Pada grafik menunjukkan antara hasil pengukuran manometer dengan hasil penghitungan rumus, pada pengukuran hasil pengujian menunjukkan tekanan yang dihasilkan rata-rata kurang dari hasil perhitungan rumus, hal ini menunjukkan bahwa terdapat losses atau kerugian di dalam instalasi alat, faktor-faktor kerugian antara lain disebabkan oleh gesekan antara seal torak dengan dinding silinder, dan juga terdapatnya udara yang terjebak didalam instalasi alat, nilai kompresi gas lebih kecil daripada fluida cair, karena fluida gas apabila dimampatkan fluida gas dapat berubah volume, sedangkan fluida cair apabila dimampatkan fluida cair tidak dapat berubah volume.

#### 4.2.1.5. Hasil Pengujian Manometer Ransburg 0-10 Kg/cm<sup>2</sup>



Grafik 4.5 Perbandingan Hasil Pengujian Manometer Ransburg 0-10 Kg/cm<sup>2</sup> dengan Hasil Perhitungan Teori

Pada grafik tersebut menunjukkan perbedaan antara hasil pengukuran manometer dengan hasil penghitungan rumus, pada pengukuran hasil pengujian menunjukkan tekanan yang dihasilkan rata-rata kurang dari hasil perhitungan rumus, akan tetapi pada percobaan 1 dan empat hasil pengukuran mendekati nilai perhitungan teori. hal ini menunjukkan bahwa terdapat factor lain untuk pengujian 1 dan 4, yaitu dimungkinkan terdapatnya kejutan saat peletakan beban sehingga menambah gaya dorong untuk menekan torak.

Faktor-faktor kerugian antara lain disebabkan oleh gesekan antara seal torak dengan dinding silinder, dan juga terdapatnya udara yang terjebak didalam instalasi alat, nilai kompresi gas lebih kecil daripada fluida cair, karena fluida gas apabila dimampatkan fluida gas dapat berubah volume, sedangkan fluida cair apabila dimampatkan fluida cair tidak dapat berubah volume.

#### 4.2.2. Menghitung Standar Deviasi

Tabel 4.5 Standar Deviasi Manometer Tekiro

No.	Teori	Uji (X)	D = Teori - Uji	D <sup>2</sup>
1	0.98	1.0	-0.02	0.0004
2	1.38	1.30	0.08	0.0064
3	1.77	1.85	-0.05	0.0025
4	2.17	2.25	-0.08	0.0064
5	2.56	2.65	-0.09	0.0081
6	2.96	2.80	0.16	0.0025
7	3.35	3.35	0	0
8	3.75	3.80	-0.05	0.0025
9	4.14	4.25	-0.11	0.0121
10	4.54	4.60	-0.06	0.0036
Σ	-	27.85	0.22	0.067

Perhitungan standar deviasi adalah suatu alat ukur (manometer) dimana alat ukur tersebut akan dilakukan pengukuran selama beberapa kali dalam hal ini dilakukan sepuluh kali pengukuran, sehingga deviasi atau tingkat kesalahan pengukuran manometer dapat diketahui. Sehingga didapatkan hasil tingkat ketelitian serta tingkat kesalahan suatu alat dalam hal ini manometer.

##### 4.2.2.1. Standar Deviasi Manometer Tekiro 0-4 Kg/cm<sup>2</sup>

Menghitung rata-rata simpangan

$$\bar{D} = \frac{\sum D}{N} \dots\dots\dots(7)$$

<sup>7</sup>Op.Cit, Handrizal, D. Hal. 16

$$\bar{D} = \frac{0.22}{10}$$

$$\bar{D} = 0.22 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung standar deviasi

$$SD = \sqrt{\frac{\sum D^2}{N-1}} \dots\dots\dots(8)$$

$$SD = \sqrt{\frac{0.067}{10 - 1}}$$

$$SD = 0.086 \text{ kg/cm}^2$$

Catatan :

Nilai Standar Deviasi semakin kecil mempunyai implementasi semakin baik. SD.

Diusahakan tidak melebihi 5% dari nilai rata-ratanya,

Nilai rata-rata dari 5% yaitu :

$$\frac{5\%}{x} = \frac{100\%}{2.785}$$

$$100\% (x) = 5\% (2.785)$$

$$x = 0.139 \text{ kg/cm}^2$$

Nilai persentase dari standar deviasi  $0.086 \text{ kg/cm}^2$  yaitu

$$\frac{x}{0.086} = \frac{100\%}{2.785}$$

---

<sup>8</sup>*Ibid*

$$x = \frac{0.086 \cdot (100\%)}{2.785}$$

$$x = 3\%$$

Implementasi :

Standar Deviasi  $0.086 \text{ kg/cm}^2$  adalah baik karena yang lazim diterima maksimal pada 5% ( $0.139 \text{ kg/cm}^2$ ). Dengan SD. Sebesar  $0.086 \text{ kg/cm}^2$  maka manometer Tekiro akan mempunyai hasil pengukuran sebesar 3%

#### 4.2.2.2. Standar Deviasi Manometer IWT 0-25 Kg/cm<sup>2</sup>

Tabel 4.6 Standar Deviasi Manometer IWT.

No.	Teori	Uji (X)	D = Teori - Uji	D <sup>2</sup>
1	0.98	0.9	0.08	0.0064
2	1.38	1.25	0.13	0.0169
3	1.77	1.5	0.27	0.0729
4	2.17	1.92	0.35	0.1225
5	2.56	2.15	0.41	0.1681
6	2.96	2.50	0.46	0.2116
7	3.35	2.85	0.5	0.250
8	3.75	3.35	0.40	0.160
9	4.14	3.70	0.44	0.1936
10	4.54	4.10	0.45	0.2025
Σ	-	24.12	3.49	2.21

Menghitung rata-rata simpangan

$$\bar{D} = \frac{\sum D}{N}$$

$$\bar{D} = \frac{3.45}{10}$$

$$\bar{D} = 0.345 \text{ Kg/cm}^2$$

Menghitung standar deviasi

$$SD = \sqrt{\frac{\sum D^2}{N - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{2.21}{10 - 1}}$$

$$SD = 0.495 \text{ kg/cm}^2$$

Catatan :

Nilai Standar Deviasi semakin kecil mempunyai implementasi semakin baik. SD.

Dusahakan tidak melebihi 5% dari nilai rata-ratanya,

Nilai rata-rata dari 5% yaitu :

$$\frac{5\%}{x} = \frac{100\%}{2.412}$$

$$100\% (x) = 5\% (2.412)$$

$$X = 0.120 \text{ kg/cm}^2$$

Maka nilai implementasi dari  $SD = 0.495 \text{ kg/cm}^2$  yaitu :

$$\frac{x}{0.495} = \frac{100\%}{2.412}$$

$$x = \frac{0.495 \cdot (100\%)}{2.412}$$

$$x = 20\%$$

implementasi :

SD sebesar 0.183 kg/cm<sup>2</sup> adalah terlalu besar karena yang lazim diterima maksimal adalah 5% (0.0451 kg/cm<sup>2</sup>). Dengan SD sebesar 0.183 kg/cm<sup>2</sup> berarti manometer IWT 0-25 kg/cm<sup>2</sup> akan mempunyai penyimpangan hasil pengukuran sebesar 20%.

#### 4.2.2.3. Standar Deviasi Manometer Wipro 0-25 Kg/cm<sup>2</sup>

Tabel 4.7 Standar Deviasi Manometer Wipro

No.	Teori	Uji (X)	D = Teori - Uji	D <sup>2</sup>
1	0.98	1	-0.002	0.0004
2	1.38	1.25	0.13	0.0169
3	1.77	1.75	0.02	0.0004
4	2.17	2.1	0.06	0.0036
5	2.56	2.5	0.06	0.0036
6	2.96	2.85	0.11	0.121
7	3.35	3.25	0.10	0.01
8	3.75	3.7	0.05	0.0025
9	4.14	4.2	0.1	0.01
10	4.54	4.55	0.01	0.0001
Σ	-	27.15	0.62	0.03485

Menghitung rata-rata simpangan

$$\bar{D} = \frac{\sum D}{N}$$

$$\bar{D} = \frac{0.62}{10}$$

$$\bar{D} = 0.062 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung standar deviasi

$$SD = \sqrt{\frac{\sum D^2}{N - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum D^2}{N - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{0.3485}{10 - 1}}$$

$$SD = 0.196 \text{ kg/cm}^2$$

Catatan :

Nilai Standar Deviasi semakin kecil mempunyai implementasi semakin baik. SD.

Dusahakan tidak melebihi 5% dari nilai rata-ratanya,

Nilai rata-rata dari 5% yaitu :

$$\frac{5\%}{x} = \frac{100\%}{2.715}$$

$$100\% (x) = 5\% (2.715)$$

$$x = 0.135$$

nilai persentase dari  $SD = 0.196 \text{ kg/cm}^2$  yaitu :

$$\frac{x}{0.196} = \frac{100\%}{2.715}$$

$$x = \frac{0.196 \cdot (100\%)}{2.715}$$

$$x = 7.25 \%$$

implementasi :

Standar Deviasi  $0.196 \text{ kg/cm}^2$  adalah baik karena yang lazim diterima maksimal pada 5% ( $0.135 \text{ kg/cm}^2$ ). Dengan SD. Sebesar  $0.196 \text{ kg/cm}^2$  maka manometer Tekiro akan mempunyai hasil pengukuran sebesar 7.25 %

#### 4.2.2.4. Standar Deviasi Manometer Ransburg 0-10 Kg/cm<sup>2</sup>

Tabel 4.8 Standar Deviasi Manometer Ransburg

No.	Teori	Uji (X)	D = Teori - Uji	D <sup>2</sup>
1	0.98	1.2	-0.22	0.0484
2	1.38	1.3	0.08	0.0064
3	1.77	1.7	0.07	0.0049
4	2.17	2.1	0.07	0.0049
5	2.56	2.4	0.16	0.0256
6	2.96	2.7	0.26	0.0676
7	3.35	3.1	0.24	0.0576
8	3.75	3.3	0.25	0.0625
9	4.14	3.8	0.64	0.4096
10	4.54	4.5	0.04	0.0016
Σ	-	26.1	1.59	0.69

Menghitung rata-rata simpangan

$$\bar{D} = \frac{\sum D}{N}$$

$$\bar{D} = \frac{1.59}{10}$$

$$\bar{D} = 0.0159 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung standar deviasi

$$SD = \sqrt{\frac{\sum D^2}{N - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{0.69}{10 - 1}}$$

$$SD = 0.0766 \text{ kg/cm}^2$$

Catatan :

Nilai Standar Deviasi semakin kecil mempunyai implementasi semakin baik. SD.

Diusahakan tidak melebihi 5% dari nilai rata-ratanya,

Nilai rata-rata dari 5% yaitu :

$$\frac{5\%}{x} = \frac{100\%}{2.61}$$

$$100\% (x) = 5\% (2.61)$$

$$x = 0.130 \text{ kg/cm}^2$$

nilai persentase dari  $SD = 0.0766 \text{ kg/cm}^2$  yaitu :

$$\frac{x}{0.076} = \frac{100\%}{2.61}$$

$$x = \frac{0.076 \cdot (100\%)}{2.61}$$

$$x = 2.9 \%$$

Implementasi :

Standar Deviasi  $0.076 \text{ kg/cm}^2$  adalah baik karena yang lazim diterima maksimal pada 5% ( $0.130 \text{ kg/cm}^2$ ). Dengan SD. Sebesar  $0.076 \text{ kg/cm}^2$  maka manometer Tekiro akan mempunyai hasil pengukuran sebesar 2.9%

### 4.2.3. Menghitung Standar Error

Perhitungan standar error manometer uji (X) dengan pembandingan hasil perhitungan tekanan secara teori (Y).

#### 4.2.3.1. Standar Error Manometer Tekiro 0-4 Kg/Cm<sup>2</sup>

Tabel 4.9 Standar Error Manometer Tekiro

No.	Uji (X)	Teori (Y)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	1.0	0.98	0.98	1	0.9604
2	1.30	1.38	1.794	1.69	1.904
3	1.85	1.77	3.274	3.42	3.132
4	2.25	2.17	4.815	5.06	4.708
5	2.65	2.56	6.784	7.02	6.553
6	2.80	2.96	8.228	7.84	8.761
7	3.35	3.35	11.222	11.22	11.22
8	3.80	3.75	14.25	14.44	14.06
9	4.25	4.14	17.595	18.06	17.13
10	4.60	4.54	20.884	21.16	20.61
Σ	27.85	28.51	89.886	90.91	88.174

Menghitung hasil kali data yang kurang baku (SXX)

$$SXX = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N} \dots\dots\dots(9)$$

$$SXX = 90.91 - \frac{(27.85)^2}{10}$$

$$SXX = 13.35$$

Menghitung hasil kali data yang baku (SYY)

$$SYY = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{N} \dots\dots\dots(15)$$

<sup>9</sup>Op. Cit, Handrizal, D. Hal. 60

$$SYY = 88.174 - \frac{(28.51)^2}{10}$$

$$SYY = 6.892$$

Menghitung hasil kali data antara yang baku dan yang tidak baku (SXY)

$$SXY = \sum xy^2 - \frac{\sum x \sum y}{N} \dots\dots\dots(16)$$

$$SXY = 89.886 - \frac{87.85 \times 28.51}{10}$$

$$SXY = 10.486$$

Menghitung Stadar Error

$$SE = \sqrt{\frac{SYY - \frac{(SXY)^2}{SXX}}{N-2}} \dots\dots\dots(10)$$

$$SE = \sqrt{\frac{6.89 - \frac{(10.486)^2}{13.35}}{10 - 2}}$$

$$SE = 0.40$$

Implementasi :

SE. Sebesar 0,40 memberi arti bahwa setiap pengukuran yang dilakukan oleh manometer dari grup X memiliki tingkat kesalahan sebesar 0.40

---

<sup>10</sup> *Ibid*

#### 4.2.3.1. Standar Error Manometer IWT 0-25 Kg/Cm<sup>2</sup>

Tabel 4.10 Standar Error Manometer IWT

No.	Uji (X)	Teori (Y)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	0.9	0.98	0.882	0.81	0.9604
2	1.25	1.38	1.725	1.562	1.904
3	1.5	1.77	2.655	2.25	3.132
4	1.92	2.17	3.94	3,312	4.708
5	2.15	2.56	5.50	4.62	6.553
6	2.50	2.96	7.40	6.25	8.761
7	2.85	3.35	9.54	8.122	11.22
8	3.35	3.75	12.56	11.222	14.06
9	3.70	4.14	15.31	13.69	17.13
10	4.10	4.54	18.614	16.81	20.61
Σ	24.12	28.51	78.126	62.398	88.174

Menghitung hasil kali data yang kurang baku (SXX)

$$SXX = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$$

$$SXX = 62,398 - \frac{(24.12)^2}{10}$$

$$SXX = 4.22$$

Menghitung hasil kali data yang baku (SYY)

$$SYY = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{N}$$

$$SYY = 88.174 - \frac{(28.51)^2}{10}$$

$$SYY = 6.892$$

Menghitung hasil kali data antara yang baku dan yang tidak baku (SXY)

$$SXY = \sum xy^2 - \frac{\sum x \sum y}{N}$$

$$SXY = 78.174 - \frac{24.12 \times 28.51}{10}$$

$$SXY = 9.35$$

Menghitung Stadar Error

$$SE = \sqrt{\frac{syy - \frac{(SXY)^2}{SXX}}{N - 2}}$$

$$SE = \sqrt{\frac{6.89 - \frac{(9.35)^2}{4.22}}{10 - 2}}$$

$$SE = 1.3$$

Implementasi :

SE. Sebesar 1.3 memberi arti bahwa setiap pengukuran yang dilakukan oleh manometer dari grup X memiliki tingkat kesalahan sebesar 1.3

#### 4.2.3.1. Standar Error Manometer Wipro 0-25 Kg/Cm<sup>2</sup>

Tabel 4.11 Standar Error Manometer Wipro

No.	Uji (X)	Teori (Y)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	1	0.98	0.98	1	0.9604
2	1.25	1.38	1.725	1.56	1.904
3	1.75	1.77	3.097	3.06	3.132
4	2.1	2.17	4.557	4.41	4.708
5	2.5	2.56	6.4	6.25	6.553
6	2.85	2.96	8.436	8.12	8.761
7	3.25	3.35	10.887	10.56	11.22
8	3.7	3.75	13.875	13.69	14.06
9	4.2	4.14	17.38	17.64	17.13
10	4.55	4.54	20.657	20.70	20.61
Σ	27.15	28.51	87.987	86.93	88.174

Menghitung hasil kali data yang kurang baku (SXX)

$$SXX = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$$

$$SXX = 86.93 - \frac{(27.15)^2}{10}$$

$$SXX = 13.21$$

Menghitung hasil kali data yang baku (SYY)

$$SYY = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{N}$$

$$SYY = 88.174 - \frac{(28.51)^2}{10}$$

$$SYY = 6.892$$

Menghitung hasil kali data antara yang baku dan yang tidak baku (SXY)

$$SXY = \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{N}$$

$$SXY = 87.987 - \frac{27.15 \times 28.51}{10}$$

$$SXY = 10.58$$

Menghitung Stadar Error

$$SE = \sqrt{\frac{syy - \frac{(SXY)^2}{SXX}}{N - 2}}$$

$$SE = \sqrt{\frac{6.89 - \frac{(10.58)^2}{13.21}}{10 - 2}}$$

SE = 0.19

Implementasi :

SE. Sebesar 0.19 memberi arti bahwa setiap pengukuran yang dilakukan oleh manometer dari grup X memiliki tingkat kesalahan sebesar 0.19

#### 4.2.3.2. Standar Error Manometer Ransburg 0-10 Kg/Cm<sup>2</sup>

Tabel 4.12 Standar Error Manometer Ransburg

No.	Uji (X)	Teori (Y)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	1.2	0.98	1.76	1.44	0.9604
2	1.3	1.38	1.79	1.69	1.904
3	1.7	1.77	3	2.89	3.132
4	2.1	2.17	4.55	4.41	4.708
5	2.4	2.56	6.14	5.76	6.553
6	2.7	2.96	7.99	7.29	8.761
7	3.1	3.35	10.38	9.61	11.22
8	3.3	3.75	12.37	10.89	14.06
9	3.8	4.14	15.73	14.44	17.13
10	4.5	4.54	20.43	20.25	20.61
Σ	26.1	28.51	83.589	78.76	88.174

Menghitung hasil kali data yang kurang baku (SXX)

$$SXX = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$$

$$SXX = 78.76 - \frac{(26.1)^2}{10}$$

$$SXX = 10.639$$

Menghitung hasil kali data yang baku (SYY)

$$SYY = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{N}$$

$$SYY = 88.174 - \frac{(28.51)^2}{10}$$

$$SYY = 6.892$$

Menghitung hasil kali data antara yang baku dan yang tidak baku (SXY)

$$SXY = \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{N}$$

$$SXY = 83.589 - \frac{26.21 \times 28.51}{10}$$

$$SXY = 9.177$$

Menghitung Stadar Error

$$SE = \sqrt{\frac{syy - \frac{(SXY)^2}{SXX}}{N - 2}}$$

$$SE = \sqrt{\frac{6.89 - \frac{(9.177)^2}{10.639}}{10 - 2}}$$

$$SE = 0.12$$

Implementasi :

SE. Sebesar 0.12 memberi arti bahwa setiap pengukuran yang dilakukan oleh manometer dari grup X memiliki tingkat kesalahan sebesar 0,12

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Dari penulisan laporan ini, penulis dapat menyimpulkan beberapa hal, yaitu :

1. Hasil pengujian alat menunjukkan nilai tekanan yang mendekati data hasil perhitungan teori yang dihitung berdasarkan Hukum Pascal. Penyimpangan pengukuran ditunjukkan oleh perbandingan antara grafik hasil pengukuran masing-masing manometer (Tekiro, IWT, Wipro, dan Ransburg) dengan hasil perhitungan teori dari variabel beban 5 kg sampai dengan 23 kg.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa simpangan pengukuran manometer bisa di toleransi dengan nilai rata - rata standar deviasi sebesar 3.78%, sedangkan untuk perhitungan standar eror menunjukkan bahwa manometer uji memiliki nilai rata – rata sebesar 0.5 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **5.2 SARAN**

1. Alat yang dibuat mempunyai kekurangan pada sisi aktuator yang memiliki sambungan selang dari bahan plastik dikarenakan diameter mur atau lubang baut yang terlalu kecil. Alangkah baiknya jika sering diganti secara berkala untuk menghindari kebocoran yang terjadi pada saluran ini.
2. Perlu ditambahkan kunci pas yang sesuai untuk melakukan bongkar pasang manometer pada saat melakukan kalibrasi tekanan.

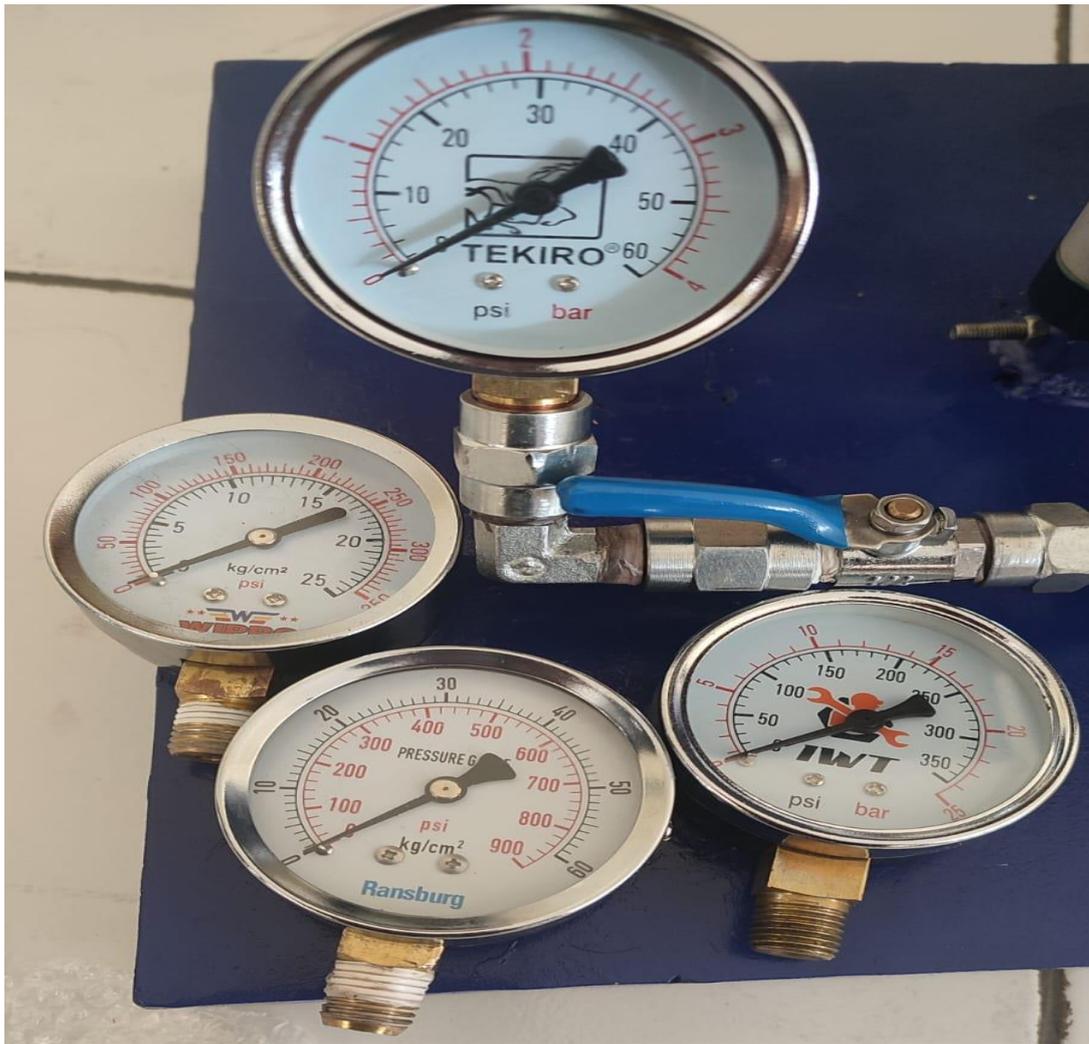
## DAFTAR PUSTAKA

- (2012). Diambil kembali dari Exact Science: <http://id.shvoong.com/exact-sciences/physics/-pengertian-barometer>
- Drs. Wiji Mangestiyono, M. (2007). *Dasar Instrumentasi dan Proses Kontrol* . Balongan: Bimbingan Profesi Sarjana Teknik (BPST) Direktorat Pengolahan Angkatan XVII.
- Handrizal, D. & Setyoko, B. (2015). *Rancang Bangun Alat Peraga Pengukur Tekanan*. Semarang: Undip Respiratory.
- Hidayanti, F., & Sugeng. (2015). Rancang Bangun Sistem Kalibrasi Alat Ukur. *Jurnal Ilmiah GIGA*, 35-42.
- muchta, a. (2018). *prinsip sistem hidrolis*. Diambil kembali dari auto expose: <https://www.autoexpose.org/2018/01/prinsip-sistem-hidrolik.html>
- Prasetyo, F. (2012). Diambil kembali dari sensorland.com: <http://whatisinstrumentation.blogspot.co.id/2012/12/advantages-of-field-calibration-vs.html>
- Ramadhan, A. E. (2017). *Kalibrasi Pressure Gauge dengan Menggunakan Dead Weight Tester*. Malang: UMM. Library.
- Widodo, H. (2019). *Kalibrasi Tekanan*. Bandung: LIPI .

## LAMPIRAN



lampiran 1. Alat Kalibrasi Tekanan



Lampiran 2. Manometer Yang Digunakan