



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**RANCANG BANGUN TEST BED KALIBRASI TEMPERATUR
(STUDI KASUS KALIBRASI TERMOMETER)**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

MUHAMMAD ARYA REZA

40040218650055

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV

REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

JANUARI 2023



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**RANCANG BANGUN TEST BED KALIBRASI TEMPERATUR
(STUDI KASUS KALIBRASI TERMOMETER)**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan

MUHAMMAD ARYA REZA

40040218650055

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV

REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

JANUARI 2023

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 : Muhammad Arya Reza

NIM : 40040218650055

Tanda Tangan :

Tanggal : 18 Januari 2023



SURAT TUGAS PROYEK AKHIR
104/PA/RPM/VIII/2022

Dengan ini diberikan Tugas Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Muhammad Arya Reza
NIM : 40040218650055
Program Studi : Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun *Test Bed* Kalibrasi Tekanan dan
Temperatur

Isi Tugas :

1. Rancang bangun mesin kalibrasi dengan menggunakan *test bed* temperatur
2. Untuk mengetahui pengaruh temperatur lingkungan terhadap hasil pengukuran yang sudah di kalibrasi.
3. Untuk mengetahui faktor – faktor yang berpengaruh terhadap hasil kalibrasi alat ukur temperatur.

Semarang, 11 Desember 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 : Muhammad Arya Reza
NIM : 40040218650055
Judul PA : Rancang Bangun *Test Bed* Kalibrasi Tekanan dan
Temperatur (Studi Kasus Kalibrasi Termometer)

Disetujui pada tanggal : 7 DESEMBER 2022

Semarang, 11 Desember 2022

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Arya Reza

NIM : 40040218650055

Judul PA : Rancang Bangun *Test Bed* Kalibrasi Temperatur (Studi Kasus Kalibrasi Termometer)

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

TTD

PENGUJI

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 : Drs. Juli Mrihardjono, M.T. ()

Semarang, 2 Januari 2023

Ketua Prodi S.Tr. Rekayasa Perancangan Mekanik

Sekolah Vokasi UNDIP

Dr. Seno Darmanto, S.T, M.T

NIP 197110301998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Muhammad Arya Reza
NIM : 40040218650055
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 Temperatur (Studi Kasus Kalibrasi Termometer)**” 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.

Semarang, 2 Januari 2023

Yang Menyatakan,

Muhammad Arya Reza

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 dan Temperatur".

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, 2 Januari 2023

Muhammad Arya Reza

ABSTRAKSI

Kalibrasi merupakan proses verifikasi / pengecekan dan pengukuran suatu akurasi alat ukur untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan rancangannya atau belum. Kalibrasi biasa dilakukan dengan melakukan perbandingan antara hasil tes alat dan standar acuan yang telah tersertifikasi. Tujuan pelaksanaan tugas akhir ini adalah untuk mencari Standar Deviasi dan Ketidakpastian pengukuran berulang, data yang diperoleh berdasarkan uji dari variabel suhu pengukuran dari 0 - 90 °C rentang 10 °C sampai 10 kali pengukuran. Hasil dari perhitungan Standar Deviasi dan Standar Error termometer digital dapat ditoleransikan karena memiliki standar deviasi yang cukup rendah yaitu 0.3710 °C, dengan standar eror sebesar 0.117320 °C.

Kata kunci : Kalibrasi, Standar Deviasi, Standar Error, Termometer Digital

ABSTRACT

Calibration is a process of verifying / checking and measuring the accuracy of a measuring instrument to find out whether it is in accordance with the design or not. Calibration is usually done by comparing the results of the test equipment with a certified reference standard. The purpose of carrying out this final project is to find the Standard Deviation and Uncertainty of repeated measurements, the data obtained is based on tests of variable temperature measurements from 0 - 90 °C in the range of 10 °C to 10 measurements. The results of calculating the Standard Deviation and Standard Error digital thermometers can be tolerated because they have a fairly low standard deviation of 0.3710 °C, with a standard error of 0.117320 °C.

Keywords : Calibration, Standard Deviation, Standard Error, Digital Thermometer

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	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Luaran yang Diharapkan	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Kalibrasi	5
2.2 Tujuan dan Manfaat Kalibrasi	6
2.3 Metode Kalibrasi	7
2.3.1 Metode standar yang dipublikasikan secara nasional, regional, atau internasional.....	7
2.3.2 Metode terpublikasi	7
2.3.3 Metode yang dikembangkan sendiri oleh laboratorium	7
2.4 Kalibrasi Tekanan.....	8
2.5 Termometer	10
2.5.1 Prinsip kerja Termometer	12
2.5.2 Jenis – Jenis Termometer.....	12

2.6 Standar Deviasi.....	16
2.7 Ketidakpastian Pengukuran Berulang (Standar Error)	17
BAB III	18
METODOLOGI PROYEK AKHIR	18
3.1.1 Observasi Lapangan.....	18
3.1.2 Kajian Literatur.....	18
3.1.3 Wawancara.....	18
3.1.4 Diskusi	18
3.1.5 Metode Praktek	19
3.2 Flow Chart.....	19
3.3 Pengumpulan Data	20
3.3.1 Kalibrasi Pengukuran Temperatur	20
3.4 Pemilihan Alat dan Bahan	21
3.4.1 Test Bed Temperatur	21
3.4.2 Proses Pengambilan Data Temperatur	24
BAB IV	26
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Pemeriksaan Skala.....	26
4.1.1 Nilai Koreksi.....	27
4.2 Kemampuan Baca Kembali.....	27
4.2.1 Pembacaan Termometer pada suhu 0°C	28
4.2.2 Pembacaan Termometer pada suhu 10°C	29
4.2.3 Pembacaan Termometer pada suhu 20°C	30
4.2.4 Pembacaan Termometer pada suhu 30°C	31
4.2.5 Pembacaan Termometer pada suhu 40°C	32
4.2.6 Pembacaan Termometer pada suhu 50°C	33
4.2.7 Pembacaan Termometer pada suhu 60°C	34
4.2.8 Pembacaan Termometer pada suhu 70°C	35
4.2.9 Pembacaan Termometer pada suhu 80°C	36
4.2.10 Pembacaan Termometer pada suhu 90°C	37
4.3 Pembahasan Hasil Pengukuran Berulang	38
BAB V.....	42
PENUTUP.....	42
5.1. Kesimpulan.....	42

5.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
DAFTAR LAMPIRAN	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Termometer Air Raksa	11
Gambar 2.2 Termometer Air Raksa	13
Gambar 2.3 Termometer Alkohol	14
Gambar 2.4 Termometer Digital	14
Gambar 2.5 Termometer Inframerah	15
Gambar 2.6 Termometer Bimetal Mekanik	15
Gambar 3.1 Flow Chart.....	19
Gambar 3.3 Stainless Steel Turkey Pot Electric	22
Gambar 3.4 Solid Jug Teko.....	22
Gambar 3.5 Termometer Digital	23
Gambar 3.6 Termomter air raksa ASTM 12C	24

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Hasil Pemeriksaan Skala	26
Tabel 4.2 Hasil Pembacaan Berulang 0°C	28
Tabel 4.3 Hasil Pembacaan Berulang 10°C	29
Tabel 4.4 Hasil Pembacaan Berulang 20°C	30
Tabel 4.5 Hasil Pembacaan Berulang 30°C	31
Tabel 4.6 Hasil Pembacaan Berulang 40°C	32
Tabel 4.7 Hasil Pembacaan Berulang 50°C	33
Tabel 4.8 Hasil Pembacaan Berulang 60°C	34
Tabel 4.9 Hasil Pembacaan Berulang 70°C	35
Tabel 4.10 Hasil Pembacaan Berulang 80°C	36
Tabel 4.11 Hasil Pembacaan Berulang 90°C	37
Tabel 4.12 Hasil Pengukuran Berulang	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persaingan industri peralatan ukur sekarang sangatlah kompetitif, hal ini berdampak bagus untuk bersaing dalam mempertahankan atau meningkatkan kualitas produk mereka. Untuk mempertahankan kualitas produk diperlukan beberapa alat ukur yang presisi dalam pengukuran agar mendapatkan kualitas produksi yang mendekati *perfect*, Seperti kita ketahui kalibrasi alat ukur adalah salah satu cara untuk mempertahankan alat ukur agar berfungsi dengan baik. Pembahasan kali ini merujuk pada alat ukur dalam mengukur tekanan dan temperatur. Alat ukur tekanan dan temperatur 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. Pembuatan alat ukur ini sangatlah pelik karena harus ditunjang dengan permesinan yang tinggi kepresisiannya. Dalam suatu pengukuran tidak hanya terbatas pada kuantitas fisik, tetapi juga dapat diperluas untuk mengukur hampir semua benda yang bisa dibayangkan, seperti tingkat ketidakpastian. Secara umum, hasil pengukuran hanya merupakan taksiran atau pendekatan nilai besaran ukur, oleh karena itu hasil tersebut akan lengkap bila disertai dengan pernyataan ketidakpastian dari pernyataan tersebut. Ketidakpastian atau asumsi adalah ukuran sebaran yang secara layak dapat dikaitkan dengan nilai terukur, yang memberikan rentang, terpusat pada nilai terukur, dimana di dalam rentang tersebut terletak nilai benar

dengan kemungkinan tertentu. Ketidakpastian atau asumsi hasil pengukuran mencerminkan kurangnya pengetahuan yang pasti tentang nilai besaran alat ukur.

Penggunaan alat ukur tidak dapat memisahkan pengamatan (*observing*) dan pengamat (*observer*). Keakuratan pembacaan instrumen sangat penting dalam dunia observasi karena hasil yang salah akibat ketidakakuratan instrumen dapat berakibat fatal, misalnya saat membaca suhu. Pengukuran bahan penyusun yang tidak akurat dapat menyebabkan peralatan bekerja kurang optimal, atau bahkan tidak dapat dioperasikan.

Kalibrasi diperlukan untuk memastikan bahwa alat ukur bekerja sesuai dengan standar yang ada. Sehingga kemampuan untuk melakukan kalibrasi terhadap alat ukur sangat diperlukan, oleh karena itu kami membuat *test bed* kalibrasi termometer digital dengan alat bantu termometer *American Standard Testing and Material* (ASTM) 12C yang sudah terkalibrasi.

Pengertian kalibrasi menurut *International Standardization Organization* (ISO) / *International Electrotechnical Commission* (IEC) *Guide* 17025:2005 dan *Vocabulary of International Metrology* (VIM) adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh *instrument* ukur atau system pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Dengan kata lain, kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang sudah memenuhi standar nasional maupun internasional.

1.2 Perumusan Masalah

Pada pelaksanaan tugas akhir ini dilakukan pengukuran temperatur dengan cara mempersiapkan alat - alat percobaan yang digunakan untuk pengukuran. Terdapat permasalahan yaitu mengenai bagaimana cara melakukan pembacaan standar dan pembacaan alat serta bagaimana cara mengetahui nilai koreksi dan error regresi dalam proses pengukuran suhu dengan menggunakan termometer digital.

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. Pembahasan Pengukuran Temperatur dengan penggunaan alat ukur Termometer.
2. Dilakukan monitoring perubahan temperatur.
3. Dilakukan monitoring nilai koreksi dari tiap pengukuran.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini dengan judul "Rancangan Bangun Test Bed Kalibrasi Tekanan dan Temperatur (Studi Kasus Kalibrasi Termometer)" adalah sebagai berikut:

1. Untuk memahami cara Kalibrasi Termometer.
2. Untuk mendapat hasil yang akurat pada saat proses pengukuran Temperatur.

1.5 Luaran yang Diharapkan

Luaran yang akan dihasilkan dari pembuatan alat ini, yaitu:

1. Modul Metode Pengukuran Kalibrasi Termometer sebagai acuan prosedur dalam melakukan praktikum pengukuran pengukuran temperatur mata kuliah Metrologi dan Instrumentasi.
2. Alat dan bahan kalibrasi thermometer yang dapat digunakan sebagai alat pembelajaran dalam praktikum mata kuliah Metrologi dan Instrumentasi.
3. Artikel ilmiah tentang prosedur kalibrasi termometer.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Kalibrasi

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.

Pengertian kalibrasi menurut ISO/IEC *Guide* 17025:2005 dan *Vocabulary of International Metrology* (VIM) adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh *instrument* ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Dengan kata lain, kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukan alat ukur dan bahan ukur dengan caramembandingkan terhadap standar ukur yang sudah memenuhi standar nasional maupun internasional. Kalibrasi diperlukan untuk:

1. Perangkat baru
2. Suatu perangkat setiap waktu tertentu
3. Suatu perangkat setiap waktu penggunaan tertentu (jam operasi)

4. Ketika suatu perangkat mengalami tumbukan atau getaran yang berpotensi mengubah kalibrasi
5. Ketika hasil observasi dipertanyakan

2.2 Tujuan dan Manfaat Kalibrasi

Tujuan kalibrasi adalah :

1. Menjamin hasil-hasil pengukuran sesuai dengan standar nasional maupun internasional
2. Untuk mencapai ketertelusuran pengukuran. Hasil pengukuran dapat dikaitkan/ditelusur sampai ke standar yang lebih tinggi/teliti (standar primer nasional dan internasional), melalui rangkaian perbandingan yang tak terputus.

Manfaat dari kalibrasi adalah sebagai berikut:

1. Menjaga kondisi instrumen ukur dan bahan ukur agar tetap sesuai dengan spesifikasinya.
2. Untuk mendukung sistem mutu yang diterapkan di berbagai industri pada peralatan laboratorium dan produksi yang dimiliki.
3. Dengan melakukan kalibrasi, bisa diketahui seberapa jauh perbedaan (penyimpangan) antara harga yang sebenarnya dengan harga yang ditunjukkan oleh alat ukur.

2.3 Metode Kalibrasi

2.3.1 Metode standar yang dipublikasikan secara nasional, regional, atau internasional

Laboratorium memastikan bahwa standar yang digunakan adalah versi terbaru yang dapat diterapkan. Jika perlu, standar harus dilengkapi dengan rincian tambahan untuk memastikan penerapan yang konsisten. Gunakan standar nasional, regional atau internasional yang berisi informasi lengkap dan ringkas untuk melakukan pengujian dan tidak perlu ditambahkan atau ditulis ulang sebagai prosedur internal untuk dapat menggunakannya untuk analisis terkait. Selain itu, dalam proses implementasi, terkadang perlu menambahkan dokumen untuk memiliki langkah yang lebih rinci di bagian langkah metode yang terperinci. Contoh metode yang diterbitkan oleh organisasi standar nasional atau internasional seperti SNI, ISO, ASTM, dll.

2.3.2 Metode terpublikasi

Metode yang diterbitkan adalah metode yang dikembangkan oleh ilmuwan atau insinyur individu dan diterbitkan oleh organisasi teknik terkemuka, atau dari teks atau jurnal yang relevan, atau dari spesifikasi pabrikan perangkat. Penggunaan metode laboratorium yang dipublikasikan harus dikonfirmasi terlebih dahulu.

2.3.3 Metode yang dikembangkan sendiri oleh laboratorium

Penggunaan metode yang dikembangkan laboratorium harus menjadi kegiatan yang direncanakan dan harus dipercayakan kepada personel yang berkualifikasi. Rencana harus diperbarui pada awal pengembangan dan harus

memastikan komunikasi yang efektif antara semua karyawan yang relevan. Metode yang dikembangkan harus divalidasi dengan benar sebelum digunakan. Jika laboratorium dapat melakukan pengujian dan/atau kalibrasi dengan menggunakan lebih dari satu metode, pemilihan metode harus didasarkan pada faktor eksternal seperti jenis sampel yang akan diuji atau barang yang akan dikalibrasi, peraturan perundang-undangan dan faktor internal seperti seperti peralatan, keterampilan pribadi, waktu dan biaya, keselamatan dan kesehatan.

2.4 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

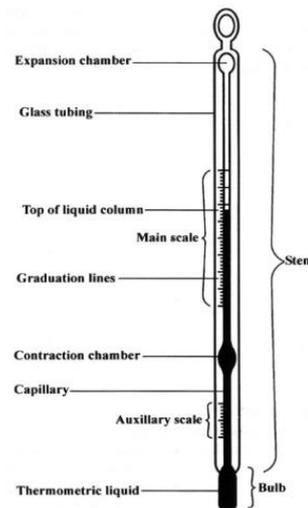
Komponen pengukuran dapat dibagi menjadi beberapa kelompok standar atau acuan yaitu benda ukur, peralatan, metode pengukuran, lingkungan, dan personil atau perilaku pengukuran. Ada dua jenis ketidakpastian pengukuran berdasarkan ISO *Guide* yaitu ketidakpastian tipe A dan tipe B, tipe A dievaluasi dengan 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 rata-rata 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 Standar* 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.

2.5 Termometer

Termometer adalah alat yang dipergunakan untuk mengukur suhu atau alat yang digunakan untuk mengetahui nilai satuan panas suatu benda. Dimana titik suhu yang akan diukur merupakan simulasi dari suhu fluida pada umumnya. Pengukuran tersebut menggunakan alat ukur yang biasa digunakan laboratorium kalibrasi pada umumnya. Dalam kehidupan kita sehari-hari dibutuhkan untuk mengetahui suhu ruangan. Perkembangan teknologi, saat ini memasuki revolusi

industri 4.0 alat pengukur suhu sudah menggunakan media proteksi dengan sinar infrared, yang banyak memiliki kelebihan. Suhu merupakan suatu besaran yang menunjukkan derajat panas dari suatu benda, benda yang panas akan menunjukkan suhu yang tinggi dibandingkan benda yang lebih dingin.



Gambar 2.1 Termometer Air Raksa

Zat cair yang digunakan umumnya raksa atau alkohol jenis tertentu. Raksa memiliki keistimewaan, yaitu warnanya mengkilat dan cepat bereaksi terhadap perubahan suhu. Selain itu, raksa membeku pada suhu rendah (-38 derajat Celcius) dan mendidih pada suhu yang tinggi (lebih dari 350 derajat Celcius) sehingga dapat mengukur suhu pada rentang suhu yang lebar. Namun, raksa sangat beracun, sehingga berbahaya jika termometer pecah. Termometer yang pipa kacanya diisi dengan raksa disebut termometer raksa. Termometer raksa dengan skala celcius adalah termometer yang umum di jumpai dalam keseharian. Jangkauan suhu raksa cukup lebar dan sesuai untuk pekerjaan laboratorium (-40 Derajat Celcius s/d 350 derajat Celcius). Raksa dalam pipa termometer akan memuai jika dipanaskan. pemuai mendorong kolom cairan (raksa) keluar dari pentolan pipa menuju pipa kapiler.

2.5.1 Prinsip kerja Termometer

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. Hal ini berlaku untuk termometer digital juga. Pada bagian luar tabung kaca terdapat angka-angka yang merupakan skala termometer tersebut. Angka yang ditunjukkan oleh ujung kolom alkohol atau air raksa merupakan nilai suhu yang diukur. Termometer air raksa umumnya menggunakan skala suhu Celsius dan Fahrenheit. Celsius memakai dua titik penting pada skalanya: suhu saat es mencair dan suhu penguapan air. Es mencair pada tanda kalibrasi yang sama pada termometer yaitu pada uap air yang mendidih. Saat dikeluarkan termometer dari uap air, ketinggian air raksa turun perlahan. Ini berhubungan dengan kecepatan pendinginan (dan pemuaian kaca tabung). Jadi pengukuran suhu celsius menggunakan suhu pencairan dan bukan suhu pembekuan. Titik didih Celsius yaitu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($212\text{ }^{\circ}\text{F}$) dan titik beku pada $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($32\text{ }^{\circ}\text{F}$). Tetapi peneliti lain - Frenchman Jean Pierre Cristin- mengusulkan versi kebalikan skala celsius dengan titik beku pada $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($32\text{ }^{\circ}\text{F}$) dan titik didih pada $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($212\text{ }^{\circ}\text{F}$). Dia menamakannya *Centrigade*. Adapun cara kerja secara umum adalah sbb. ;

1. Sebelum terjadi perubahan suhu, volume air raksa/alkohol berada pada kondisi awal.
2. Perubahan suhu lingkungan di sekitar termometer direspon air raksa/alkohol dengan perubahan volume.
3. Volume merkuri akan mengembang jika suhu meningkat dan akan menyusut jika suhu menurun.
4. Skala pada termometer akan menunjukkan nilai suhu sesuai keadaan lingkungan.

2.5.2 Jenis – Jenis Termometer

Termometer memiliki banyak jenis, antara lain:

- a. Termometer Air Raksa

Termometer air raksa adalah termometer cair yang menggunakan air raksa sebagai bahan pengisi. Termometer air raksa adalah termometer yang biasa digunakan sebagai pengganti termometer alkohol. Termometer air raksa sering disebut termometer puncak karena dapat mengukur suhu yang sangat tinggi. Jika suhu tinggi, air raksa memuai, dan air raksa dalam tabung gelas naik. Saat suhu turun, merkuri tetap berada di lokasi yang panas. Ini karena kontraksi mencegah merkuri kembali ke keadaan semula. Oleh karena itu, untuk mengembalikan air raksa ke posisi semula, kita harus mengocok termometer dengan kuat.



Gambar 2.2 Termometer Air Raksa

b. Termometer Alkohol

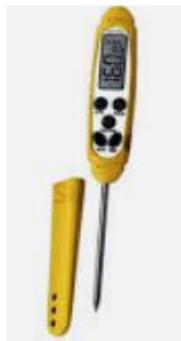
Termometer alkohol adalah termometer cair yang menggunakan alkohol sebagai bahan pengisi. Alkohol ini lebih sensitif daripada merkuri, sehingga ketika mengembang perubahan volume lebih jelas. Termometer alkohol juga dikenal sebagai termometer minimal karena dapat mengukur suhu yang sangat rendah.



Gambar 2.3 Termometer Alkohol

c. Termometer Digital

Termometer digital yaitu sebuah perangkat alat pengukur suhu atau temperatur yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran dengan sangat akurat dan hanya membutuhkan waktu yang singkat.



Gambar 2.4 Termometer Digital

d. Termometer Inframerah

Jenis Termometer inframerah ini digunakan untuk mengukur suhu benda yang sangat panas, benda yang bergerak cepat, atau benda yang tidak bisa disentuh karena berbahaya. Termometer inframerah bisa juga disebut dengan termometer laser, bila menggunakan sinar laser untuk mengukur suhu benda



Gambar 2.5 Termometer Inframerah

e. Termometer Bimetal Mekanik

Termometer bimetal mekanik adalah termometer yang terdiri dari dua bagian logam dengan koefisien muai yang berbeda. Bimetal merupakan gabungan dari dua kata yaitu marmer dan logam. Bi berarti duo dan metal berarti logam. Dua buah logam pada termometer bimetal mekanik akan bengkok ketika terjadi perubahan suhu. Prinsip kerja termometer bimetal adalah bahwa pada suhu tinggi, chip bimetalik akan membengkok ke arah logam dengan koefisien muai yang lebih besar. dan sebaliknya, jika suhunya rendah, lembaran bimetal akan membengkok ke arah logam dengan koefisien muai yang lebih rendah.



Gambar 2.6 Termometer Bimetal Mekanik

2.6 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:

$$\bar{D} = \frac{\sum \text{Koreksi}}{n} \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{D}_i - \bar{D})^2}{n}} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

σ = Standar Deviasi

\bar{D} = Rata – rata koreksi

\bar{D}_i = Nilai koreksi dari data pertama

n = Jumlah data

¹Yulianti, R., E. Cahyani, Y. N. Anggreini, F. M. Yusuf dan M. Prapitasari. 2015. Makalah Farmasi Industri Kalibrasi Termometer. Yogyakarta: UAD *Library*. Hal 8

²*Ibid*, Hal. 9

2.7 Ketidakpastian Pengukuran Berulang (Standar Error)

Ketidakpastian pengukuran merupakan selisih antara hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya dari objek yang diukur. Sifat dari ketidakpastian ialah memungkinkan terjadi dengan selisih maksimal antara nilai ukur dan nilai sebenarnya.

Dalam pengambilan data pengukuran temperatur untuk termometer menggunakan termometer air raksa ASTM 12 C sebagai alat untuk kalibrasi dan termometer digital sebagai alat yang dikalibrasi, karena dinilai termometer air raksa ASTM 12 C memiliki nilai hasil pengukuran yang standar atau baku, maka termometer air raksa dijadikan alat untuk kalibrasi termometer digital.

Rumus Standar error:

$$\bar{D} = \frac{\sum \text{Koreksi}}{n} \dots\dots\dots(3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{D}_i - \bar{D})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(4)$$

$$U_{A1} = \frac{\sigma_{maks}}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

\bar{D} = Rata – rata koreksi

σ = Standar Deviasi

\bar{D}_i = Nilai koreksi dari data pertama

U_{A1} = Standar Error

n = Jumlah data

³*Op. Cit*, Yulianti, R. Hal, 10

⁴*Ibid.*

⁵*Ibid.*

BAB III

METODOLOGI PROYEK AKHIR

3.1 Pengumpulan Data Referensi Penelitian Terkait

Untuk mendapat data – data yang diperlukan, metode pengumpulan data yang dilakukan adalah observasi lapangan, kajian literatur, wawancara, diskusi, dan praktek.

3.1.1 Observasi Lapangan

Melakukan pengamatan terhadap kondisi lingkungan karena dinilai berperan penting dalam proses pengambilan data kalibrasi temperatur. 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.

3.1.2 Kajian Literatur

Kajian literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan data referensi melalui buku, jurnal ilmiah, materi perkuliahan, dan hasil penelitian terkait.

3.1.3 Wawancara

Wawancara bertujuan untuk memperoleh data – data lapangan dan referensi yang lebih lengkap mengenai pemilihan alat dan bahan serta konsep pengambilan data kalibrasi termometer.

3.1.4 Diskusi

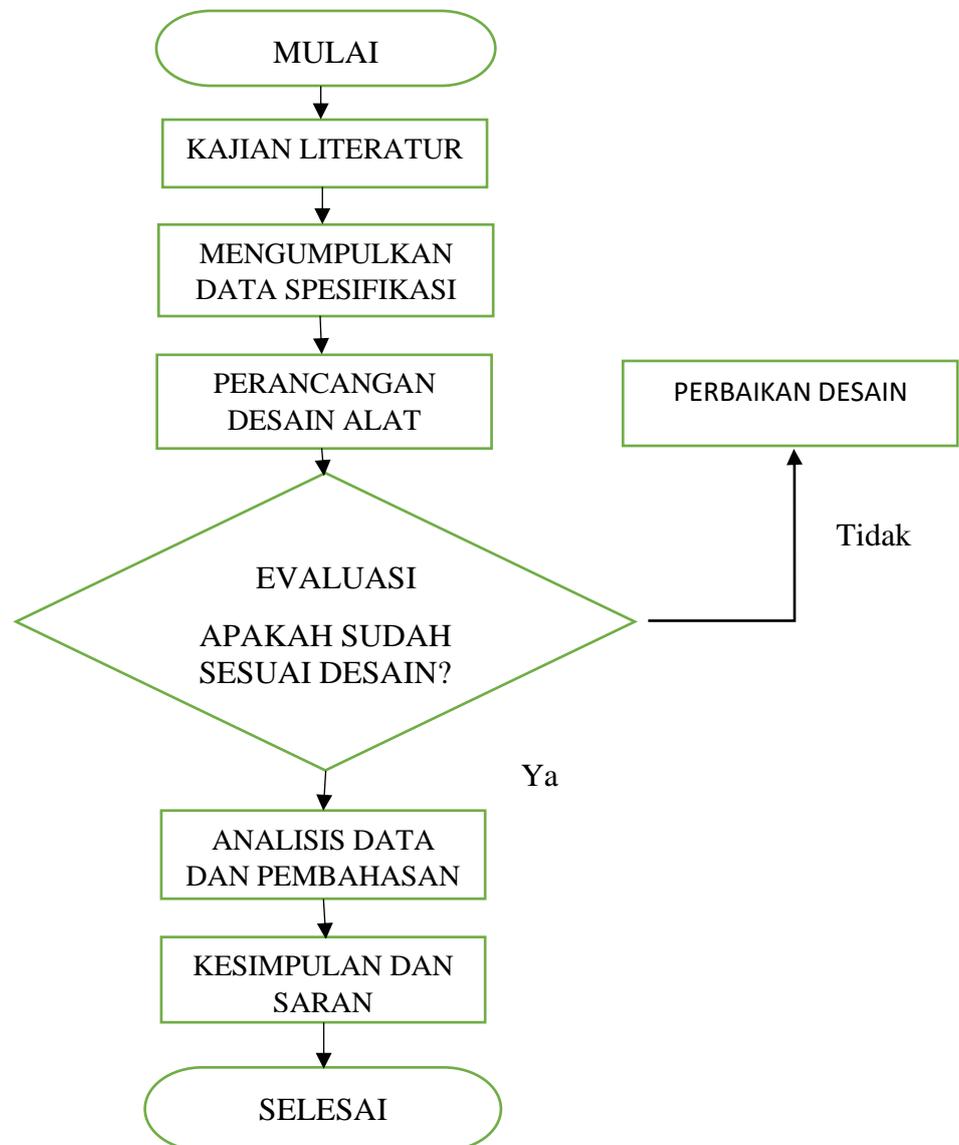
Diskusi merupakan suatu metode yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan proses bertukar pikiran secara kelompok, dalam hal ini

adalah dosen pembimbing dan mahasiswa. Metode diskusi dilakukan untuk menentukan konsep pengambilan data pengukuran.

3.1.5 Metode Praktek

Metode praktek dalam hal ini yaitu melakukan uji coba alat peraga kalibrasi termometer untuk mendapatkan hasil pengukuran dengan cara melakukan pengukuran temperature sesuai dengan SOP (*Standard Operating System*).

3.2 Flow Chart



Gambar 3.1 Flow Chart

3.3 Pengumpulan Data

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

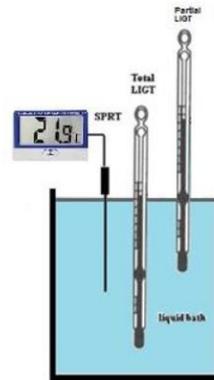
Tahap yang pertama adalah penyediaan media pengukuran suhu panas dan dingin untuk dilakukan proses pengukuran temperatur sesuai dengan modul pengambilan data.

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

3.3.1 Kalibrasi Pengukuran Temperatur

Kalibrasi adalah kegiatan membandingkan antara alat ukur dengan standar ukurnya, dimana standar ukur tersebut sudah terkalibrasi sehingga diketahui nilai koreksi dan ketidakpastiannya. Seperti halnya alat ukur lainnya yang dapat bekerja semakin lambat atau tidak efektif seiring dengan lamanya alat tersebut dipakai, termometer juga dapat berubah menjadi tidak akurat, keakuratan termometer dapat dipengaruhi oleh perubahan suhu yang ekstrem, seperti beralih dari mengukur yang sangat panas ke sesuatu yang dingin, atau karena telah dijatuhkan dengan kasar baik secara sengaja maupun tidak sengaja. Sebagai aturan dasar, teknisi yang akan mengkalibrasi alat ukur harus membaca instruksi pada buku manual termometer untuk mengetahui tata cara yang dianjurkan dalam mengkalibrasi termometer. Kalibrasi merupakan proses verifikasi bahwa nilai keakuratan suatu alat ukur sesuai dengan rancangannya.

Kalibrasi bisa dilakukan dengan membandingkan suatu standar yang terhubung dengan standar nasional maupun international dan bahan - bahan acuan tersertifikasi.



Gambar 3.2 Setup Kalibrasi Termometer

3.4 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.

3.4.1 Test Bed Temperatur

Test Bed Temperatur dapat menggunakan beberapa metode yang beraneka ragam. Pada dasarnya kegunaan *Test Bed* Temperatur adalah wadah untuk mengukur temperatur. Pada kali ini penulis akan mengukur menggunakan test bed sederhana diantaranya :

1. Stainless Steel Turkey Pot Electric

Stainless Steel Turkey Pot Electric merupakan media untuk kalibrasi termometer yang memiliki suhu panas, karena *turkey pot* ini mampu menghasilkan suhu panas untuk keperluan kalibrasi termometer.



Gambar 3.3 Stainless Steel Turkey Pot Electric

2. Solid Jug Teko

Solid jug teko merupakan media kalibrasi termometer untuk pengukuran suhu rendah atau *ice point*, karena bahannya yang terbuat dari kaca memungkinkan pengukur untuk dapat melihat hasil pengukuran.



Gambar 3.4 Solid Jug Teko

3. Termometer Digital

Termometer digital berisi mekanisme komputasi kecil dan resistor. perubahan suhu menyebabkan sensor memberitahu perubahan resistansi. komputer atau sensor mengubah perbedaan resistansi menjadi

perbedaan suhu dan memberikan pembacaan digital dalam derajat celcius atau fahrendeit. Sensor thermoresistor atau disebut juga termistor dapat menggantikan pemutus sirkuit atau sekering untuk mematikan elektronik sensitif terhadap suhu akibat panas berlebih. Pembacaan suhu dalam bentuk sinyal listrik dilakukan melalui sensor termistor untuk diproses lebih lanjut oleh sirkuit listrik, termistor dibuat dari jenis semikonduktor dimana nilai resistansi berubah dengan perubahan suhu.



Gambar 3.5 Termometer Digital KT1 Joil

Spesifikasi

1. *Range* : -50 °C sd. 300 °C (bisa mengukur makanan dingin hingga minyak yang panas)
2. *Display Resolution* : 0,1 °C
3. Tahan bilas! IP66 *Waterproof*
4. *Instant reading* hanya perlu 3-4 detik untuk mendapat hasil
5. Logam pengukur suhu terbuat dari stainless steel 304 yang kuat dan aman untuk makanan
6. Panjang jarum 12 cm. Panjang total 21 cm.
7. Dilengkapi magnet dapat ditempel di permukaan kulkas atau oven

8. Baterai 3V CR2032H
9. Dilengkapi penutupnya
4. Termometer Air Raksa ASTM 12C

Termometer air raksa digunakan sebagai alat bantu kalibrasi termometer digital karena dinilai hasil pengukuran yang dihasilkan dari termometer air raksa ini memiliki hasil yang standar atau baku.



Gambar 3.6 Termometer air raksa ASTM 12C

Spesifikasi:

1. Merk *Alla France*
2. *Range*: - 20 °C sd. 102 °C
3. Ketelitian 0.2 °C
4. Ip 64C *length* 420 mm

3.4.2 Proses Pengambilan Data Temperatur

- a. Atur suhu dari media yang digunakan dimulai dari suhu terendah hingga tertinggi pada rentang ukur kalibrasi.
- b. Siapkan *Solid Jug* dan es batu untuk melakukan proses pengukuran *ice point*.

- c. Siapkan *Turkey Pot* yang telah di isi dengan air keran untuk melakukan proses pengukuran *hot point*.
- d. Setelah suhu media mencapai titik ukur yang diinginkan, tunggu hingga suhu media pada kondisi stabil.
- e. Catat penunjukan suhu dari termometer digital dengan urutan pencatatan dimulai dari penunjukan suhu pada termometer bantu termometer air raksa ASTM 12C, pembacaan tersebut dilakukan dalam sekali interval. Data pengukuran diambil minimal lima kali pada satu titik ukur.
- f. Ulangi langkah kalibrasi point a sampai e untuk pengukuran titik ukur kalibrasi yang lain.
- g. Kemudian hitung standar eror, standar deviasi, dan nilai koreksinya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Skala

Dalam melakukan pemeriksaan skala, diperlukan perbandingan hasil pengukuran antara termometer digital dan termometer ASTM 12C. Pengukuran tersebut dilakukan sebanyak lima kali pada air keran, selisih pada hasil pengukuran kedua termometer tersebut merupakan koreksi pembacaan. Dengan menentukan skala pengukuran, maka nilai variabel yang diukur dengan instrument tertentu dalam bentuk angka sehingga akan lebih akurat, efisien, dan komunikatif. Sebagai contoh dalam laporan ini adalah suhu air keran 30 °C.

Tabel 4.1 Data Hasil Pemeriksaan Skala

Nominal Suhu (°C)	Pembacaan Termometer Digital (°C)	Pembacaan Termometer Raksa (°C)	Koreksi (°C)
30	29.5	29	0.5
	29.4	28.8	0.6
	29.3	28.8	0.5
	29.4	28.8	0.6
	29.2	28.8	0.4

Perbedaan hasil pengukuran pada tabel 4.1 antara kedua termometer dapat terjadi karena faktor lingkungan yang berupa suhu lingkungan. Selain itu belum terkalibrasinya termometer juga menyebabkan perbedaan output yang cukup signifikan.

4.1.1 Nilai Koreksi

Koreksi adalah nilai yang ditambahkan secara aljabar ke hasil pengukuran yang tidak dikoreksi untuk mengoreksi kesalahan sistematis yang diketahui. Kesalahan sistematis, di sisi lain, adalah nilai rata-rata yang dihasilkan dari sejumlah pengukuran berulang yang terbatas dari pengukuran yang sama dikurangi nilai sebenarnya dari besaran ukur.

Berdasarkan tabel 4.1 maka koreksi rata – rata pembacaan alat adalah :

$$\bar{D} = \frac{0.5+0.6+0.5+0.6+0.4}{5}$$

$$\bar{D} = \frac{2.6}{5}$$

$$\bar{D} = 0.52$$

Standar deviasi dari alat dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(D_i - \bar{D})^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0.5-0.52)^2+(0.6-0.52)^2+(0.5-0.52)^2+(0.6-0.52)^2+(0.4-0.52)^2}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{28 \times 10^{-3}}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{5.6 \times 10^{-3}}$$

$$\sigma = 0.07$$

4.2 Kemampuan Baca Kembali

Kemampuan *readback* atau repeatabilitas (*repeatability*) alat ini terkait dengan reproduktifitas yakni kemampuan alat ukur untuk memberikan hasil yang sama dari proses pengukuran yang dilakukan secara berulang-ulang dan identik.

Pengulangan adalah kemampuan suatu alat ukur untuk memberikan hasil yang sama ketika mengulang pengukuran yang sama. Setiap tingkat suhu memiliki nilai koreksi yang berbeda karena perubahan variabilitas pembacaan yang ditampilkan oleh termometer digital. Perbedaan hasil pengukuran dapat disebabkan oleh faktor lingkungan seperti suhu air panas yang tidak merata. Hal ini dikarenakan panas dari heater mengalir ke dalam air, dan air pada pengukuran tidak diaduk, yang dapat menyebabkan perbedaan temperatur pada hasil pengukuran. Selain itu perbedaan suhu pada hasil pengukuran dapat terjadi karena panas dari heater masih mengalir ke air meskipun heater tersebut sudah tidak terhubung dengan sumber listrik. Data hasil pengukuran di ambil dengan rentang waktu 1 menit untuk tiap pengukuran dan dilakukan berulang sampai 5 kali pengambilan data.

4.2.1 Pembacaan Termometer pada suhu 0°C

Tabel 4.2 Hasil Pembacaan Berulang 0°C

No.	Termometer Digital (°C)	Termometer Merkuri (°C)	Nilai Koreksi (°C)
1	0.7	1.2	0.5
2	0.7	1.2	0.5
3	0.9	1.2	0.3
4	0.9	1.2	0.3
5	1	1.4	0.4

Rata-rata pembacaan dihitung dengan cara (misalnya pada saat pembacaan

thermometer standar 0°C):

$$\bar{D} = \frac{0.5+0.5+0.3+0.3+0.4}{5}$$

$$\bar{D} = \frac{2}{5}$$

$$\bar{D} = 0.4$$

Standar deviasi dari alat dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(D_i - \bar{D})^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0.5-0.4)^2 + (0.5-0.4)^2 + (0.3-0.4)^2 + (0.3-0.4)^2 + (0.4-0.4)^2}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{40 \times 10^{-3}}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{8 \times 10^{-3}}$$

$$\sigma = 0.08$$

Dari data pada tabel 4.2 diketahui koreksi minimum dari termometer yang belum terkalibrasi adalah 0.3°C dan koreksi maksimumnya adalah 0.5°C , serta dari hasil perhitungan didapatkan koreksi rata-rata dari pembacaan adalah 0.4°C , dan dengan standar deviasi sebesar 0.08°C .

4.2.2 Pembacaan Termometer pada suhu 10°C

Tabel 4.3 Hasil Pembacaan Berulang 10°C

No.	Termometer Digital ($^\circ\text{C}$)	Termometer Merkuri ($^\circ\text{C}$)	Nilai Koreksi ($^\circ\text{C}$)
1	11.1	10.2	0.9
2	11.2	10.2	0.9
3	10.9	10.4	0.5
4	11.7	10.2	1.5
5	12.3	10.2	2.1

Rata-rata pembacaan dihitung dengan cara (pada saat pembacaan

termometer pada suhu 10°C):

$$\bar{D} = \frac{0.9+0.9+0.5+1.5+2.1}{5}$$

$$\bar{D} = \frac{5.9}{5}$$

$$\bar{D} = 1.18$$

Standar deviasi dari alat dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(D_i - \bar{D})^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0.9-1.18)^2+(0.9-1.18)^2+(0.5-1.18)^2+(1.5-1.18)^2+(2.1-1.18)^2}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1568 \times 10^{-3}}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{313.6 \times 10^{-3}}$$

$$\sigma = 0.56$$

Dari data pada tabel 4.3 diketahui koreksi minimum dari termometer yang belum terkalibrasi adalah 0.5°C dan koreksi maksimumnya adalah 2.1°C, serta dari hasil perhitungan didapatkan koreksi rata-rata dari pembacaan adalah 1.18°C. Terjadi perbedaan hasil pengukuran yang cukup signifikan yang menandakan bahwa alat ukur perlu dilakukan kalibrasi pada suhu 0°C.

4.2.3 Pembacaan Termometer pada suhu 20°C

Tabel 4.4 Hasil Pembacaan Berulang 20°C

No.	Termometer Digital (°C)	Termometer Merkuri (°C)	Nilai Koreksi (°C)
1	20.3	20.2	0.1
2	20.3	20.2	0.1
3	20.3	20.4	0.1
4	20.4	20.2	0.2
5	20.7	20.2	0.5

Rata-rata pembacaan dihitung dengan cara (pada saat pembacaan termometer pada suhu 20°C):

$$\bar{D} = \frac{0.1+0.1+0.1+0.2+0.5}{5}$$

$$\bar{D} = \frac{1}{5}$$

$$\bar{D} = 0.2$$

Standar deviasi dari alat dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\bar{D}_1 - \bar{D})^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0.1-0.2)^2 + (0.1-0.2)^2 + (0.1-0.2)^2 + (0.2-0.2)^2 + (0.5-0.2)^2}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{120 \times 10^{-3}}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{24 \times 10^{-3}}$$

$$\sigma = 0.15$$

Dari data pada tabel 4.4 diketahui koreksi minimum dari termometer yang belum terkalibrasi adalah 0.1°C dan koreksi maksimumnya adalah 0.5°C, serta dari hasil perhitungan didapatkan koreksi rata-rata dari pembacaan adalah 0.2°C, dan dengan standar deviasi sebesar 0.15°C.

4.2.4 Pembacaan Termometer pada suhu 30°C

Tabel 4.5 Hasil Pembacaan Berulang 30°C

No.	Termometer Digital (°C)	Termometer Merkuri (°C)	Nilai Koreksi (°C)
1	29.8	30.2	0.4
2	30.4	30.2	0.2
3	30.5	30.2	0.3
4	30.3	30	0.3
5	30.9	30.4	0.5

Rata-rata pembacaan dihitung dengan cara (pada saat pembacaan termometer pada suhu 30°C):

$$\bar{D} = \frac{0.4+0.2+0.3+0.3+0.5}{5}$$

$$\bar{D} = \frac{1.7}{5}$$

$$\bar{D} = 0.34$$

Standar deviasi dari alat dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\bar{D}_i - \bar{D})^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0.4-0.34)^2+(0.2-0.34)^2+(0.3-0.34)^2+(0.3-0.34)^2+(0.5-0.34)^2}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{52 \times 10^{-3}}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{10.4 \times 10^{-3}}$$

$$\sigma = 0.10$$

Dari data pada tabel 4.5 diketahui koreksi minimum dari termometer yang belum terkalibrasi adalah 0.2°C dan koreksi maksimumnya adalah 0.5°C, serta dari hasil perhitungan didapatkan koreksi rata-rata dari pembacaan adalah 0.10°C, dan dengan standar deviasi 0.10°C.

4.2.5 Pembacaan Termometer pada suhu 40°C

Tabel 4.6 Hasil Pembacaan Berulang 40°C

No.	Termometer Digital (°C)	Termometer Merkuri (°C)	Nilai Koreksi (°C)
1	40.7	40.2	0.5
2	41.2	40.2	1
3	40.9	40	0.9
4	40.4	40	0.4
5	40.4	40	0.4

Rata-rata pembacaan dihitung dengan cara (pada saat pembacaan termometer pada suhu 40°C):

$$\bar{D} = \frac{0.5+1+0.9+0.4+0.4}{5}$$

$$\bar{D} = \frac{3.2}{5}$$

$$\bar{D} = 0.64$$

Standar deviasi dari alat dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(D_i - \bar{D})^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0.5-0.64)^2 + (1-0.64)^2 + (0.9-0.64)^2 + (0.4-0.64)^2 + (0.4-0.64)^2}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{332 \times 10^{-3}}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{66.4 \times 10^{-3}}$$

$$\sigma = 0.25$$

Dari data pada tabel 4.6 diketahui koreksi minimum dari termometer yang belum terkalibrasi adalah 0.4°C dan koreksi maksimumnya adalah 1°C, serta dari hasil perhitungan didapatkan koreksi rata-rata dari pembacaan adalah 0.64°C, dan dengan standar deviasi sebesar 0.25°C.

4.2.6 Pembacaan Termometer pada suhu 50°C

Tabel 4.7 Hasil Pembacaan Berulang 50°C

No.	Termometer Digital (°C)	Termometer Merkuri (°C)	Nilai Koreksi (°C)
1	49.5	48.8	0.3
2	50.1	48.6	1.5
3	49.7	49.2	0.5
4	50.1	49.4	0.7
5	50.3	49.4	0.9

Rata-rata pembacaan dihitung dengan cara (pada saat pembacaan termometer pada suhu 50°C):

$$\bar{D} = \frac{0.3+1.5+0.5+0.7+0.9}{5}$$

$$\bar{D} = \frac{3.9}{5}$$

$$\bar{D} = 0.78$$

Standar deviasi dari alat dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(D_i - \bar{D})^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0.3-0.78)^2+(1.5-0.78)^2+(0.5-0.78)^2+(0.7-0.78)^2+(0.9-0.78)^2}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{848 \times 10^{-3}}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{169.6 \times 10^{-3}}$$

$$\sigma = 0.41$$

Dari data pada tabel 4.7 diketahui koreksi minimum dari termometer yang belum terkalibrasi adalah 0.3°C dan koreksi maksimumnya adalah 1.5°C, serta dari hasil perhitungan didapatkan koreksi rata-rata dari pembacaan adalah 0.41°C, dan dengan standar deviasi sebesar 0.41°C.

4.2.7 Pembacaan Termometer pada suhu 60°C

Tabel 4.8 Hasil Pembacaan Berulang 60°C

No.	Termometer Digital (°C)	Termometer Merkuri (°C)	Nilai Koreksi (°C)
1	61.1	60.4	0.7
2	60.7	60.2	0.5
3	60.9	60.4	0.5
4	60.7	60.2	0.5
5	60.6	60.2	0.4

Rata-rata pembacaan dihitung dengan cara (pada saat pembacaan termometer pada suhu 60°C):

$$\bar{D} = \frac{0.7+0.5+0.5+0.5+0.4}{5}$$

$$\bar{D} = \frac{2.6}{5}$$

$$\bar{D} = 0.52$$

Standar deviasi dari alat dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(D_i - \bar{D})^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0.7-0.52)^2 + (0.5-0.52)^2 + (0.5-0.52)^2 + (0.5-0.52)^2 + (0.4-0.52)^2}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{48 \times 10^{-3}}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{9.6 \times 10^{-3}}$$

$$\sigma = 0.09$$

Dari data pada tabel 4.8 diketahui koreksi minimum dari termometer yang belum terkalibrasi adalah 0.4°C dan koreksi maksimumnya adalah 0.7°C, serta dari hasil perhitungan didapatkan koreksi rata-rata dari pembacaan adalah 0.52°C, dan dengan standar deviasi sebesar 0.09°C

4.2.8 Pembacaan Termometer pada suhu 70°C

Tabel 4.9 Hasil Pembacaan Berulang 70°C

No.	Termometer Digital (°C)	Termometer Merkuri (°C)	Nilai Koreksi (°C)
1	70.7	70.2	0.5
2	70.6	70.2	0.4
3	71.4	70.4	1
4	71.1	70.4	0.7
5	71.6	70.4	1.2

Rata-rata pembacaan dihitung dengan cara (pada saat pembacaan termometer pada suhu 70°C):

$$\bar{D} = \frac{0.5+0.4+1+0.7+1.2}{5}$$

$$\bar{D} = \frac{3.8}{5}$$

$$\bar{D} = 0.76$$

Standar deviasi dari alat dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(D_i - \bar{D})^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0.5-0.76)^2+(0.4-0.76)^2+(1-0.76)^2+(0.7-0.76)^2+(1.2-0.76)^2}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{452 \times 10^{-3}}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{90.4 \times 10^{-3}}$$

$$\sigma = 0.30$$

Dari data pada tabel 4.9 diketahui koreksi minimum dari termometer yang belum terkalibrasi adalah 0.4°C dan koreksi maksimumnya adalah 1.2°C, serta dari hasil perhitungan didapatkan koreksi rata-rata dari pembacaan adalah 0.76°C, dan dengan standar deviasi sebesar 0.30°C

4.2.9 Pembacaan Termometer pada suhu 80°C

Tabel 4.10 Hasil Pembacaan Berulang 80°C

No.	Termometer Digital (°C)	Termometer Merkuri (°C)	Nilai Koreksi (°C)
1	80.1	79.8	0.3
2	80.3	80	0.3
3	80.9	80	0.9
4	81.1	82	0.9
5	80.8	82	1.2

Rata-rata pembacaan dihitung dengan cara (pada saat pembacaan termometer pada suhu 80°C):

$$\bar{D} = \frac{0.3+0.3+0.9+0.9+1.2}{5}$$

$$\bar{D} = \frac{3.6}{5}$$

$$\bar{D} = 0.72$$

Standar deviasi dari alat dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(D_i - \bar{D})^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0.3-0.72)^2+(0.3-0.72)^2+(0.9-0.72)^2+(0.9-0.72)^2+(1.2-0.72)^2}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{648 \times 10^{-3}}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{129.6 \times 10^{-3}}$$

$$\sigma = 0.36$$

Dari data pada tabel 4.10 diketahui koreksi minimum dari termometer yang belum terkalibrasi adalah 0.3°C dan koreksi maksimumnya adalah 1.2°C, serta dari hasil perhitungan didapatkan koreksi rata-rata dari pembacaan adalah 0.72°C, dan dengan standar deviasi sebesar 0.36°C.

4.2.10 Pembacaan Termometer pada suhu 90°C

Tabel 4.11 Hasil Pembacaan Berulang 90°C

No.	Termometer Digital (°C)	Termometer Merkuri (°C)	Nilai Koreksi (°C)
1	92.5	89.6	2.9
2	92.3	89.8	2.5
3	91.9	90	1.9
4	91.8	90.4	1.4
5	91.7	90.4	1.3

Rata-rata pembacaan dihitung dengan cara (pada saat pembacaan termometer pada suhu 90°C):

$$\bar{D} = \frac{2.9+2.5+1.9+1.4+1.3}{5}$$

$$\bar{D} = \frac{10}{5}$$

$$\bar{D} = 2$$

Standar deviasi dari alat dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\bar{D}_1 - \bar{D})^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(2.9-2)^2+(2.5-2)^2+(1.9-2)^2+(1.4-2)^2+(1.3-2)^2}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1920 \times 10^{-3}}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{384 \times 10^{-3}}$$

$$\sigma = 0.61$$

Dari data pada tabel 4.11 diketahui koreksi minimum dari termometer yang belum terkalibrasi adalah 1.2°C dan koreksi maksimumnya adalah 2.9°C, serta dari hasil perhitungan didapatkan koreksi rata-rata dari pembacaan adalah 0.61°C, dan dengan standar deviasi sebesar 0.36°C.

4.3 Pembahasan Hasil Pengukuran Berulang

Berdasarkan dari 10 kali pembacaan alat untuk suhu pembacaan standar tertentu, didapatkan rata – rata pembacaan serta koreksi dari pembacaan standar dengan rata – rata pembacaan alat. Koreksi dihitung dengan :

$$Q = P_{\text{standar}} - P_{\text{alat}} \dots\dots\dots(6)$$

dengan P_{standar} merupakan pembacaan termometer merkuri ASTM 12C dan P_{alat} merupakan pembacaan thermometer digital yang belum dikalibrasi.

Tabel 4.12 Hasil Pengukuran Berulang

Rentang Ukur (°C)	Pembacaan Merkuri (°C)	Pembacaan digital (°C)					Rata - Rata Pembacaan Digital (°C)	Koreksi (°C)
		1	2	3	4	5		
0	1.2	0.7	0.7	0.9	0.9	1	0.84	-0.36
10	10.2	11.1	11.2	10.9	11.7	12.3	11.44	1.24
20	20.2	20.3	20.3	20.3	20.4	20.7	20.4	0.2
30	30.2	29.8	30.4	30.5	30.3	30.9	30.38	0.18
40	40	40.7	41.2	40.9	40.4	40.4	40.72	0.72
50	49	49.5	50.1	49.7	50.1	50.3	49.94	0.94
60	60.2	61.1	60.7	60.9	60.7	60.6	60.8	0.6
70	70.4	70.7	70.6	71.4	71.1	71.6	71.08	0.68
80	80	80.1	80.3	80.9	81.1	80.8	80.64	0.64
90	92	92.5	92.3	91.9	91.8	91.7	92.04	0.04

Rata-rata pembacaan dihitung dengan cara (misalnya pada saat pembacaan thermometer pada suhu 0°C):

$$\bar{D} = \frac{0.7+0.7+0.9+0.9+1}{5}$$

$$\bar{D} = 0.84$$

Koreksi dihitung dengan cara (misalnya pada saat pembacaan termometer pada suhu 0°C):

$$Q = 1.2 - 0.84$$

$$Q = -0.36$$

$$Q = |-0.36|$$

$$Q = 0.36$$

⁶Ibid. Hal, 11

Koreksi rata-rata pengukuran berulang dihitung dengan cara:

$$\bar{D} = \frac{0.36+1.24+0.2+0.18+0.72+0.94+0.6+0.68+0.64+0.04}{10}$$

$$\bar{D} = \frac{5.6}{10}$$

$$\bar{D} = 0.56$$

Berdasarkan data hasil pembacaan ulang pada tabel di atas, maka **standar deviasi (simpangan baku)**:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(D-D')^2}{(n-1)}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1.2392}{10-1}}$$

$$\sigma = 0.3710$$

Menghitung **ketidakpastian pengukuran (standar error)**:

$$U_{A1} = \frac{\sigma_{maks}}{\sqrt{n}}$$

$$U_{A1} = \frac{0.3710}{\sqrt{10}}$$

$$U_{A1} = 0.117320$$

Perbedaan hasil pengukuran dapat disebabkan oleh faktor lingkungan yang berupa tidak meratanya suhu air yang dipanaskan karena pada saat pengukuran tidak dilakukan pengadukan, selain itu perbedaan suhu pada hasil pengukuran dapat terjadi panas dari heater masih mengalir di dalam media pengukuran yang dapat menyebabkan perbedaan suhu tambahan pada hasil pengukuran meskipun heater tersebut sudah tidak terhubung dengan sumber listrik. Berdasarkan tabel 4.12

tersebut didapatkan bahwa standar deviasi sebesar $0.3710\text{ }^{\circ}\text{C}$ sehingga didapatkan ketidakpastian standar sebesar $0.117320\text{ }^{\circ}\text{C}$.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan uraian diatas dan hasil penelitian yang didapatkan, maka penulis dapat menyimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Termometer digital Merk Joil dapat digunakan untuk proses pengukuran temperatur karena standar deviasi dan ketidakpastiannya (standar eror) yang rendah sesuai data spesifikasi alat ukur.
2. Hasil perhitungan pengukuran berulang diperoleh standar deviasi sebesar $0.3710\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan ketidakpastian (standar eror) sebesar $0.117320\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.2. Saran

Berdasarkan pengamatan selama melakukan pengukuran, penulis dapat memberikan saran diantaranya:

1. Proses pengukuran suhu didih sebaiknya dilakukan pengadukan pada air yang dipanaskan agar panas yang dihasilkan dapat merata.
2. Proses pengukuran suhu dingin, faktor lingkungan diperhatikan secara seksama agar tidak mengganggu hasil proses pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Darwis, I. D., E. Basyar, dan A. Adrianto. 2018. Kesesuaian Termometer Digital dengan Termometer Air Raksa dalam Mengukur Suhu Aksila pada Dewasa Muda (Studi Observasional pada Mahasiswa S1 Program Studi Pendidikan Dokter di Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang).
- Kayisu, C. 2021. Analisis Penurunan Tekanan Kompresi pada Kompresor Udara di MV. Patrick Star. (*Doctoral Dissertation*, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- Handrizal, D. dan B. Setyoko. 2015. Rancang Bangun Alat Peraga Pengukur Tekanan (D3 Teknik Mesin FT Undip).
- Hariyadi, S., F. Hidayanti, dan Sunartoto. 2015. Rancang Bangun Sistem Kalibrasi Alat Ukur Tekanan Rendah, 18(2): 35-42.
- Nasional, B. S. SNSU PK. S-01: 2020 Panduan Kalibrasi Termometer Cairan dalam Gelas/*Liquid in Glass Thermometer (LiGT)*.
- Nasional, B. S. SNSU PK. S-02: 2021 Panduan Kalibrasi Termometer Digital.
- Paid, A., E. Y. Rustanto, dan H. W. Junaedi. Kalibrasi Alat Ukur Tekanan untuk Fasilitas Pendingin IEBE-PTBBN.
- Ramadhan, A. E. 2017. Kalibrasi *Pressure Gauge* dengan Menggunakan *Dead Weight Tester*. Malang: UMM. Library.
- Yulianti, R., E. Cahyani, Y. N. Anggreini, F. M. Yusuf dan M. Prapitasari. 2015. Makalah Farmasi Industri Kalibrasi Termometer. Yogyakarta: UAD Library.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Pengukuran Kalibrasi Termometer



Lampiran 2 ASTM °C Series

T 015		A.S.T.M °C Series				Control points °C												
A.S.T.M		Range °C	Div. °C	Imm.	mm													
1C	Partial immersion	-20 +150	1	76 mm	322	-20	0	50	100	150								
2C	Partial immersion	-5 +300	1	76 mm	390	0	75	150	225	300								
3C	Partial immersion	-5 +400	1	76 mm	415	0	100	200	300	370								
5C	Cloud and Pour	-38 +50	1	108 mm	230	-35	0	50										
6C	Low Cloud and Pour	-80 +20	1	76 mm	230	-70	-35	0	20									
7C	Low Distillation	-2 +300	1	TOT	385	0	50	100	150	200	250	300						
8C	High Distillation	-2 +400	1	TOT	385	0	100	200	300	370								
9C	Low Pensky-Martens	-5 +110	0.5	57 mm	290	0	35	70	105									
10C	High Pensky-Martens	+90 +370	2	57 mm	290	100	200	300	370									
11C	Cleveland Open Flash	-6 +400	2	25 mm	310	0	100	200	300	370								
12C	Density-Wide Range	-20 +102	0.2	TOT	420	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
13C	Loss on Heat	+155 +170	0.5	TOT	155	155	163	170										
14C	Wax Melting Point	+38 +82	0.1	79 mm	375	40	50	60	70	80								
15C	Low Softening Point	-2 +80	0.2	TOT	395	0	20	40	60	80								
16C	High Softening Point	+30 +200	0.5	TOT	395	30	60	90	120	150	180	200						
17C	Saybolt Viscosity	+19 +27	0.1	TOT	275	21	25											
18C	Reid vapor pressure	+34 +42	0.1	TOT	275	38	41											
19C	Saybolt Viscosity	+49 +57	0.1	TOT	275	50	54											
20C	Saybolt Viscosity	+57 +65	0.1	TOT	275	60	64											
21C	Saybolt Viscosity	+79 +87	0.1	TOT	275	82	86											
22C	Oxidation Stability	+95 +103	0.1	TOT	275	99	102											
23C	Engler Viscosity	+18 +28	0.2	90 mm	212	20	25											
24C	Engler Viscosity	+39 +54	0.2	90 mm	237	40	50											
25C	Engler Viscosity	+95 +105	0.2	90 mm	212	95	100											
26C	Stab. Test of Sol. Nitroc.	+130 +140	0.1	TOT	463	130	135	140										
27C	Turpentine Distillation	+147 +182	0.5	76 mm	301	155	165	175										
28C	Kinematic Viscosity 37.8°C	+36.6 +39.4	0.05	TOT	305	0	37.8	39										
29C	Kinematic Viscosity 54.4°C	+52.6 +55.4	0.05	TOT	305	0	54.4	55										
33C	Low Aniline Point	-38 +42	0.2	50 mm	420	-35	-20	0	20	40								
34C	Medium Aniline Point	+25 +105	0.2	50 mm	420	25	45	65	85	100								
35C	High Aniline Point	+90 +170	0.2	50 mm	420	100	120	140	160	170								
36C	Titer Test	-2 +68	0.2	45 mm	405	0	15	30	45	65								
37C	Solvents Distillation	-2 +52	0.2	100 mm	395	0	15	30	50									
38C	Solvents Distillation	+24 +78	0.2	100 mm	395	25	40	55	75									
39C	Solvents Distillation	+48 +102	0.2	100 mm	395	50	65	80	100									
40C	Solvents Distillation	+72 +126	0.2	100 mm	395	75	90	105	125									
41C	Solvents Distillation	+98 +152	0.2	100 mm	395	100	115	130	150									
42C	Solvents Distillation	+95 +255	0.5	100 mm	395	100	150	200	250									
43C	Kinematic Viscosity	-51.6 -34	0.1	100 mm	420	-50	-45	-40	-35	0								
44C	Kinematic Viscosity	+18.6 +21.4	0.05	TOT	305	0	20	21										
45C	Kinematic Viscosity	+23.6 +26.4	0.05	TOT	305	0	25	26										
46C	Kinematic Viscosity	+48.6 +51.4	0.05	TOT	305	0	50	51										
47C	Kinematic Viscosity	+58.6 +61.4	0.05	TOT	305	0	60	61										
48C	Kinematic Viscosity	+80.6 +83.4	0.05	TOT	305	0	82.2	83										
49C	Stormer Viscosity	+20 +70	0.2	65 mm	305	20	35	50	70									
52C	Butad. Boiling P.Range	-10 +5	0.1	TOT	162	-10	0	5										
54C	Congealing Point	+20 +100.6	0.2	TOT	310	20	50	75	100									
56C	Bomb Calorimeter	+19 +35	0.02	TOT	595	19	21	23	25	27	29	31	33	35				
57C	Tag Closed Tester, Low R.	-20 +50	0.5	57 mm	287	-20	0	25	50									
58C	Tank	-34 +49	0.5	TOT	305	-30	0	25	45									
59C	Tank	-18 +82	0.5	TOT	305	0	25	55	80									