

BAB 2

DASAR TEORI

2. 1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian pertama yang dilakukan oleh Sri Hartanto dan Andre Dwi Prabowo (2021) mengungkap judul "Perancangan Sistem Absensi dengan Integrasi Pemeriksaan Suhu Tubuh Berbasis Arduino ATmega2560". Penelitian ini menggabungkan teknologi RFID, sensor suhu, sensor inframerah, Arduino ATmega2560, RTC, NodeMCU, dan LCD untuk menciptakan sistem yang mampu merekam data absensi dengan akurasi tinggi. Sistem ini memanfaatkan informasi suhu tubuh untuk menilai kondisi kesehatan karyawan. Saat suhu tubuh mencapai 37°C, Arduino ATmega2560 memberikan indikasi bahwa karyawan dalam keadaan sehat, menjadikan sistem ini sebagai indikator kesehatan karyawan. Namun, jika suhu tubuh melebihi 37°C, sistem secara otomatis menolak entri absensi dan memberikan peringatan bahwa karyawan dalam kondisi tidak sehat. Pendekatan ini bertujuan untuk mencegah penyebaran COVID-19 di lingkungan kerja. Dengan adanya pemeriksaan suhu tubuh sebagai langkah pencegahan, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat absensi, tetapi juga sebagai alat keamanan kesehatan yang penting selama pandemi global. Fokus utama penelitian ini adalah menjaga integritas data dan responsivitas sistem untuk memastikan keberhasilan implementasi konsep ini dalam mendukung upaya menjaga kesehatan dan keamanan di tempat kerja [6].

Tandini Ulfa Urbach dan Wildian (2019) melakukan penelitian kedua yang berjudul "Pengembangan Sistem Monitoring dan Kontrol Temperatur Pemanasan Zat Cair Menggunakan Sensor Inframerah MLX90614". Dalam studi ini, data suhu zat cair diproses melalui mikrokontroler yang terintegrasi dalam modul Arduino Uno R3 dengan menggunakan bahasa pemrograman IDE Arduino. Keunggulan alat ini dalam pengukuran suhu tanpa kontak menarik minat, dengan tingkat akurasi mencapai 99,24%, menunjukkan presisi yang tinggi. Dibandingkan dengan pengukuran menggunakan termometer air-raksa, alat ini hanya memiliki tingkat kesalahan sebesar 0,76%, menunjukkan tingkat ketidakakuratan yang minimal. Fungsi utama sistem ini didasarkan pada prinsip penginderaan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh objek yang diukur. Pendekatan tanpa kontak memungkinkan

alat memberikan hasil pengukuran tanpa perlu bersentuhan langsung dengan zat cair tersebut, meningkatkan kenyamanan dan efisiensi dalam penggunaannya. Dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler dan prinsip penginderaan inframerah, penelitian ini menciptakan terobosan dalam pengembangan alat pengukur suhu yang presisi, inovatif, dan efektif untuk aplikasi tanpa kontak pada zat cair [7].

Phisca Aditya Rosyady dan Lutfi Ihza Mahendra Abdullatif (2022) melakukan penelitian ketiga yang berjudul "Pengembangan Alat Pengukur Suhu Tubuh Manusia Menggunakan Termometer Digital Berbasis Arduino". Dalam perancangan sistem ini, sensor suhu GY-906 dipilih sebagai inti teknologi yang digunakan. Melalui penggunaan sensor ini, penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan alat pengukur suhu tubuh yang akurat. Hasil perbandingan antara alat yang dikembangkan dengan alat pengukur suhu tubuh yang sudah ada di pasaran menunjukkan tingkat akurasi sebesar 99,6%, dengan perbedaan hanya 0,4%. Selain itu, sistem ini tidak hanya unggul dalam akurasi pengukuran, tetapi juga memungkinkan pengiriman data suhu tubuh secara otomatis. Integrasi dengan aplikasi Telegram sebagai media pengiriman data menambahkan aspek kemudahan dan kecepatan dalam mendapatkan informasi suhu tubuh. Inovasi ini berpotensi menjadi solusi yang efektif dalam pemantauan suhu tubuh secara real-time, memberikan kontribusi pada upaya pemantauan kesehatan yang lebih proaktif [8].

Penelitian yang keempat dilakukan oleh H Fuadi, Susilawati, A Doyan, M Taufik, Azhar and L S Hudha (2022) dengan judul "Digital thermometer innovation as a body temperature measuring tool for FKIP Mataram university employees during the covid-19 pandemic". Pendekatan pengembangan termometer dalam penelitian ini dimulai dengan tahap studi literatur untuk memahami prinsip-prinsip dasar dan teknologi terkini yang dapat diterapkan. Spesifikasi alat kemudian dirinci untuk memastikan kecocokan dengan konteks pengukuran suhu tubuh karyawan di lingkungan kerja pada dua waktu berbeda, yaitu pagi dan sore hari. Proses perancangan perangkat keras dan perangkat lunak menjadi langkah kritis untuk memastikan termometer berkinerja optimal. Pada tahap pengujian, termometer digital yang dikembangkan menunjukkan hasil yang signifikan. Hasil pengukuran

suhu tubuh karyawan pada pagi hari menunjukkan rata-rata sebesar 33,36 °C, sedangkan pada sore hari rata-rata suhu tubuh adalah 33,96 °C. Temuan ini memberikan gambaran yang jelas tentang variasi suhu tubuh di lingkungan kerja selama waktu yang berbeda dalam sehari. Secara keseluruhan, sistem ini berhasil mengembangkan termometer digital non-kontak yang dapat diandalkan untuk mengukur suhu tubuh pegawai FKIP Universitas Mataram. Dengan menggabungkan aspek perangkat keras, perangkat lunak, dan hasil pengujian, penelitian ini memberikan sumbangan yang berharga dalam pemahaman dan penerapan teknologi pengukuran suhu tubuh di lingkungan kerja [9].

Icha Fatwasauri, Shantiana Tri Erawati, Margi Sasono, dan Rino Ferdian Surakusumah (2021) melakukan penelitian kelima yang berjudul "Evaluasi Ketidakpastian Pengukuran dalam Kalibrasi Termometer Digital Menggunakan Persamaan Regresi Kalibrasi". Metode kalibrasi termometer yang digunakan melibatkan penggunaan chamber atau bath dengan kontrol suhu yang ketat, memberikan stabilitas suhu yang tinggi sebagai dasar kalibrasi. Fokus penelitian ini adalah pada evaluasi ketidakpastian kalibrasi termometer digital, di mana nilai Standard Error of Estimate (SEE) terendah diperoleh pada persamaan daya, yaitu 0,001. Proses kalibrasi termometer dilakukan dengan membandingkan pembacaan termometer yang sedang dikalibrasi dengan pembacaan termometer standar yang telah ditetapkan. Penggunaan persamaan regresi kalibrasi sebagai metode utama untuk menentukan nilai Standar Error of Estimate (SEE) memberikan indikasi sejauh mana ketidakpastian yang mungkin terjadi dalam pembacaan suhu. Temuan penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pemahaman dan peningkatan akurasi pengukuran suhu melalui metode kalibrasi yang teliti dan terkontrol, dengan menggabungkan teknologi chamber suhu dan analisis regresi statistik [10].

Selanjutnya penelitian milik Edo Rega Prasty, Achmad Ali Muayyadi, Basuki Rahmat (2021) yang berjudul "MONITORING DAN PENGUKURAN SUHU TUBUH MANUSIA UNTUK MEMBUKA PINTU SECARA OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS". Jurnal acuan ini menggambarkan signifikansi pengukuran suhu tubuh manusia sebagai acuan utama dalam mengukur kondisi kesehatan, terutama dalam konteks pandemi COVID-19 yang mengubah dinamika kehidupan sehari-hari. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah

alat monitoring dan pengukuran suhu tubuh manusia yang memiliki fungsi tambahan, yaitu membuka pintu secara otomatis. Penggunaan konsep Internet of Things (IoT) dalam alat ini diharapkan dapat memberikan kemampuan untuk melakukan monitoring suhu secara real-time. Pentingnya akurasi dalam pengukuran suhu tubuh dibuktikan melalui pengujian sensor suhu GY-906 yang dilakukan dengan variasi jarak objek. Hasilnya menunjukkan selisih yang dapat diterima, dengan rata-rata selisih sebesar 3.15% pada jarak 3 cm, 5.1% pada jarak 5 cm, dan 7.71% pada jarak 7 cm, dibandingkan dengan termometer yang sudah beredar di pasaran. Selain itu, penelitian ini juga memberikan fokus pada evaluasi performa alat, dengan nilai delay yang berada dalam kategori bagus menurut standar ITU-T G.1010, serta throughput dengan nilai rata-rata sebesar 284 bytes/s. Secara keseluruhan, jurnal acuan ini menciptakan kontribusi dalam menggabungkan teknologi IoT dengan pengukuran suhu tubuh manusia, membuka potensi aplikasi praktis seperti pintu otomatis. Selain itu, pengujian akurasi sensor dan evaluasi performa alat memberikan pemahaman yang mendalam tentang kehandalan alat ini dalam penggunaan sehari-hari [11].

Perbedaan utama antara penelitian terdahulu dan penelitian ini terletak pada penggunaan perangkat teknologi yang berbeda. Penelitian ini memanfaatkan mikrokontroler Arduino Nano dan sensor suhu MLX90614 sebagai elemen kunci dalam pengembangan termometer digital. Keputusan ini diambil sebagai alternatif yang inovatif dan efisien untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dalam pengukuran suhu tubuh. Selain itu, penelitian ini mencakup aspek penting lainnya, yaitu perbandingan keakuratan kalibrasi antara termometer digital berbasis Arduino dengan termometer digital komersial yang sudah ada di pasaran. Analisis ini dirancang untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai tingkat keakuratan dan ketepatan perbandingan keduanya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih dalam tentang performa dan kehandalan termometer digital berbasis Arduino, sehingga pengguna dapat membuat keputusan yang tepat dalam pemilihan alat pengukur suhu sesuai kebutuhan mereka. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi dalam mengisi celah pengetahuan mengenai perbandingan antara teknologi termometer digital berbasis Arduino dan termometer digital komersial yang sudah ada di pasaran.

2. 2 DASAR TEORI

2. 2. 1 TERMOMETER

2. 2. 1. 1 Pengertian Termometer

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu atau perubahan suhu. Termometer bekerja berdasarkan prinsip bahwa sifat fisik tertentu dari suatu bahan akan berubah dengan perubahan suhu. Alat ini dapat mengukur suhu tubuh manusia, lingkungan, benda, dan cairan dengan tingkat akurasi yang bervariasi tergantung pada jenis dan kualitas termometer tersebut. Secara umum, termometer dapat dikategorikan menjadi tiga jenis berdasarkan bahan pengisinya: termometer cair, termometer padat, dan termometer gas. Selain itu, berdasarkan penggunaannya, termometer dapat dibedakan menjadi lima jenis, yaitu termometer klinis yang digunakan untuk mengukur suhu tubuh manusia, termometer ruangan untuk mengukur suhu lingkungan, termometer laboratorium untuk pengukuran di lingkungan laboratorium, termometer digital yang memanfaatkan teknologi digital untuk pengukuran suhu, dan termokopel yang bekerja berdasarkan prinsip konversi suhu menjadi sinyal listrik [11].

Suhu adalah ukuran yang menunjukkan tingkat panas atau dingin suatu benda atau lingkungan. Secara ilmiah, suhu adalah ukuran energi kinetik rata-rata partikel dalam suatu zat. Suhu berhubungan langsung dengan energi termal, yang mempengaruhi pergerakan partikel dalam benda tersebut. Suhu juga merupakan indikator tingkat panas suatu objek. Secara sederhana, semakin tinggi suhu suatu objek, semakin panas, dan semakin rendah suhu suatu objek, semakin dingin. Dari perspektif mikroskopis, suhu mencerminkan tingkat energi yang dimiliki oleh partikel-partikel dalam objek tersebut. Semua atom dalam suatu benda bergerak, baik dalam bentuk perpindahan maupun getaran lokal [11].

Termometer bukanlah barang langka yang hanya dikenal oleh kalangan tertentu. Penemuan termometer telah terjadi sejak berabad-abad yang lalu, tepatnya pada abad ke-16, oleh seorang fisikawan dan astronom Italia bernama Galileo. Namun, termometer yang menggunakan air raksa dan memiliki akurasi yang tinggi baru muncul dua abad kemudian, ketika ditemukan oleh Daniel Gabriel Fahrenheit.

Oleh karena itu, skala Fahrenheit masih banyak digunakan di Amerika Serikat. Seiring dengan perkembangan, termometer juga mengalami evolusi skala, seperti skala 100 oleh astronom Swedia Anders Celsius. Nama Celsius tentu sudah tidak asing bagi masyarakat Indonesia karena sebagian besar termometer yang digunakan menggunakan skala Celsius [13].

Termometer konvensional terdiri dari tabung kaca yang tertutup dan berisi cairan. Cairan yang umum digunakan dalam termometer konvensional adalah Merkuri. Di ujung tabung terdapat garis-garis yang menunjukkan skala suhu. Ketika suhu meningkat, air raksa di dalam tabung akan naik. Titik di mana air raksa berhenti naik menunjukkan suhu tubuh, seperti yang ditunjukkan pada skala suhu. Penting untuk diingat bahwa termometer perlu dikalibrasi sebelum digunakan. Hal ini disebabkan oleh tabung termometer yang sempit, yang mencegah air raksa yang sudah naik untuk turun dengan sendirinya. Satu-satunya cara untuk menurunkan air raksa tersebut adalah dengan menggerakkan termometer dengan tangan. Terus dilakukan pengembangan pada alat ini untuk memberikan kemudahan dan ketepatan yang lebih baik bagi pengguna [14].

Ada banyak jenis termometer, dan masing-masing jenis mempunyai prinsip pengoperasian yang berbeda. Jenis termometer yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

- Termometer kaca

Termometer kaca adalah jenis termometer yang menggunakan pemuaian termal suatu cairan sebagai indikator suhu. Merkuri atau alkohol adalah dua bahan yang umum digunakan. Suhu diukur dengan perubahan volume cairan di dalam batang kaca.

- Termometer Digital

Termometer digital mengukur suhu menggunakan sensor suhu seperti termokopel, termistor, dan sensor inframerah. Nilai suhu ditampilkan di layar dalam format digital. Termometer digital dapat digunakan untuk berbagai tujuan dan seringkali memberikan hasil yang akurat.

- Termometer Inframerah

Termometer inframerah mengukur suhu menggunakan sensor yang mendeteksi radiasi infra merah dari suatu benda. Termometer ini sangat ideal untuk digunakan

dalam industri makanan, kesehatan dan keselamatan karena memungkinkan pengukuran suhu tanpa kontak langsung dengan objek.

- **Termometer Bimetal**

Termometer bimetal menggunakan dua lapisan logam dengan koefisien muai panas berbeda. Ketika suhu berubah, bimetal membengkok, dan pergerakan ini dapat diukur untuk menentukan suhu. Termometer bimetal sering digunakan di rumah dan industri.

- **Termometer Gas**

Termometer gas didasarkan pada prinsip bahwa tekanan gas ideal bervariasi secara linier terhadap suhu pada volume konstan. Termometer gas sering kali mengukur suhu dengan memasukkan gas tertentu ke dalam ruang tertutup dan mengukur tekanannya.

- **Termometer Elektronik**

Termometer elektronik menggunakan sirkuit elektronik untuk mengukur suhu. Beberapa jenis termometer elektronik mengukur perubahan resistansi (termistor), tegangan termal (termokopel), atau sifat listrik lainnya yang berhubungan dengan suhu.

- **Termometer Suhu Tubuh**

Termometer digunakan untuk mengukur suhu tubuh manusia. Termometer ini tergantung pada jenis termometernya, terdapat termometer air raksa, termometer digital, termometer inframerah, dan termometer telinga non-kontak.

- **Termometer Cairan Kristal**

Termometer Cairan Kristal menggunakan cairan yang sifat optiknya bergantung pada suhu. Ketika suhu berubah, cairan ini dapat berubah warna atau menunjukkan perubahan pola kristal yang dapat diartikan sebagai pengukuran suhu. Pemilihan jenis termometer bergantung pada aplikasi khusus, rentang suhu yang diukur, dan tingkat akurasi yang dibutuhkan.

2. 2. 1. 2 Pengertian Termometer Digital

Dengan kemajuan ilmu teknologi, termometer digital telah dikembangkan. Termometer digital adalah sebuah alat yang dirancang khusus dalam bentuk digital untuk memberikan tingkat akurasi yang tinggi dalam menentukan suhu pada benda,

ruangan, atau zat tertentu. Termometer digital termasuk dalam kategori termometer, yaitu alat yang digunakan untuk mengukur suhu suatu benda atau tubuh.

Prinsip kerja termometer digital adalah digital dan tidak manual, yang membuatnya lebih akurat dan canggih. Termometer digital yang umumnya tersedia di pasaran mengandalkan beberapa komponen utama, seperti sensor suhu berupa termokopel, kemudian komparator, analog, display, dan decoder display. Berbeda dengan jenis termometer lainnya, termometer digital mampu memberikan akurasi nilai suhu yang jauh lebih tepat. Selain itu, desainnya yang modern membuatnya sangat praktis digunakan atau dibawa ke mana saja. Termometer ini dapat digunakan di mulut, anus, atau ketiak.

Untuk menggunakan termometer ini, pengguna cukup menekan tombol ON dan menunggu beberapa saat (biasanya sekitar 30 detik) hingga terdengar bunyi beep. Setelah itu, termometer perlu dibersihkan setiap selesai pengukuran, yang disarankan dilakukan dengan mengusapnya menggunakan kapas yang direndam dalam alkohol. Sensor yang digunakan dalam termometer ini adalah termokopel, yang berfungsi untuk membaca nilai tahanan.

Termokopel terdiri dari dua kabel yang terbuat dari logam yang berbeda dan hanya dihubungkan pada satu ujungnya, yang disebut sambungan termal. Jenis logam yang digunakan dalam termokopel bervariasi, yang menentukan rentang suhu yang dapat diukur serta sensitivitasnya. Prinsip kerja termokopel memanfaatkan hubungan antara tegangan dan suhu, dimana setiap jenis logam memiliki tegangan tertentu pada suhu tertentu. Perbedaan tegangan antara dua logam yang berbeda dapat diubah menjadi besaran suhu yang ditampilkan pada layar monitor dalam bentuk angka yang menunjukkan suhu yang dideteksi oleh termokopel.

Kelebihan termometer digital melibatkan keakuratan pengukuran dan kemudahan pembacaan. Termometer ini cenderung memberikan hasil yang lebih konsisten dan dapat dengan cepat menunjukkan nilai suhu secara digital, menghilangkan kebutuhan untuk menginterpretasi posisi menunjuk pada skala. Termometer digital digunakan secara luas dalam berbagai bidang, termasuk industri, laboratorium, dan penggunaan rumah tangga. Penggunaannya dapat mencakup pemantauan suhu proses industri, pengukuran suhu tubuh manusia, atau pengontrol suhu di peralatan elektronik. Beberapa termometer digital modern menggunakan sensor inframerah untuk mengukur suhu. Sensor ini ideal untuk

digunakan dalam industri makanan, kesehatan dan keselamatan karena memungkinkan pengukuran suhu tanpa kontak fisik dengan objek. Termometer digital sering kali menggunakan teknologi pemrosesan sinyal untuk meningkatkan akurasi dan waktu. Pemrosesan sinyal membantu menghilangkan kebisingan dan memperbaiki ketidakpastian yang mungkin terjadi dalam pengukuran. Termometer digital seringkali dapat diintegrasikan ke dalam sistem otomasi, memungkinkan pengendalian suhu otomatis dalam berbagai proses industri. Hal ini meningkatkan efisiensi dan konsistensi operasional [14].

2. 2. 2 ARDUINO

2. 2. 2. 1 Pengertian Arduino

Arduino adalah sebuah platform elektronik yang bersifat open-source, yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang mudah digunakan. Papan Arduino mampu membaca berbagai masukan, seperti sensor cahaya, sentuhan tombol, atau bahkan pesan dari media sosial, dan mengubahnya menjadi keluaran, misalnya menggerakkan motor atau menyalakan lampu LED. Penggunaan bahasa pemrograman Arduino (berbasis kabel) dan lingkungan pengembangan perangkat lunak Arduino (IDE) memungkinkan pengguna untuk menciptakan berbagai proyek, dari yang sederhana hingga yang kompleks. Selama bertahun-tahun, Arduino telah menjadi inti dari ribuan proyek, yang meliputi mulai dari aplikasi sehari-hari hingga perangkat ilmiah yang rumit. Komunitas global pembuat, terdiri dari pelajar, penggemar, seniman, pemrogram, dan profesional, telah berkontribusi dalam pengembangan platform open-source ini. Arduino awalnya dikembangkan di Ivrea Interaction Design Institute sebagai alat prototyping yang mudah digunakan, khususnya untuk siswa yang belum memiliki pengalaman sebelumnya dalam bidang elektronika atau pemrograman. Seiring dengan berkembangnya komunitas, Arduino telah mengalami perubahan untuk menyesuaikan diri dengan kebutuhan dan tantangan baru, dengan meluasnya penggunaan dari papan 8-bit sederhana hingga produk yang digunakan untuk aplikasi IoT, wearable, pencetakan 3D, dan lingkungan embedded.

Perangkat lunak Arduino tidak hanya ramah pengguna bagi pemula, tetapi juga cukup fleksibel untuk pengguna yang lebih mahir. Perangkat lunak ini kompatibel dengan sistem operasi Mac, Windows, dan Linux. Banyak kalangan,

termasuk guru dan siswa, desainer, arsitek, musisi, seniman, serta pencipta, telah menggunakan Arduino untuk berbagai keperluan. Guru dan siswa sering menggunakannya untuk membuat alat ilmiah yang murah, menunjukkan prinsip-prinsip kimia dan fisika, serta mempelajari pemrograman dan robotika. Di sisi lain, desainer dan arsitek sering menggunakan Arduino untuk membuat prototipe interaktif, sedangkan musisi dan seniman menggunakannya untuk menciptakan dan menguji alat musik baru. Banyak proyek yang dibuat dengan Arduino dipamerkan di berbagai acara seperti Maker Faire. Arduino adalah alat yang penting dalam proses pembelajaran dan eksperimen baru. Dengan instruksi yang mudah diikuti dan berbagi ide secara online, siapa pun dapat mulai menciptakan dengan Arduino, mulai dari anak-anak hingga penggemar teknologi, seniman, dan pemrogram. Meskipun ada banyak mikrokontroler dan platform serupa yang tersedia, seperti Parallax Basic Stamp, BX-24 Netmedia, Phidgets, dan Handyboard MIT, Arduino tetap menjadi pilihan yang populer karena kemudahan penggunaannya dan dukungan komunitas yang besar.

Arduino ini mengandung beberapa komponen penting. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing komponen Arduino:

1. Mikrokontroler

Komponen pertama yang menjadi inti dari Arduino adalah mikrokontroler. Mikrokontroler merupakan sebuah chip yang bertanggung jawab dalam memungkinkan pengguna untuk memprogram Arduino serta memproses keluaran berdasarkan masukan yang diterima. Mikrokontroler dapat dianggap sebagai "otak" dari Arduino, karena ia menjalankan instruksi-instruksi yang telah diprogramkan untuk mengatur perilaku Arduino sesuai dengan kebutuhan pengguna. Jenis mikrokontroler yang digunakan bervariasi tergantung pada model atau jenis Arduino yang digunakan.

2. Kaki

Pin pada Arduino berfungsi sebagai penghubung antara Arduino dan berbagai komponen yang akan digunakan dalam proyek. Terdapat dua jenis pin pada Arduino, yaitu pin digital dan pin analog. Pin digital pada Arduino dapat menerima atau mengirim sinyal digital, yang berarti sinyal tersebut dapat bernilai 1 (HIGH) atau 0 (LOW). Mayoritas model Arduino memiliki 14 pin input dan output digital.

Sementara itu, pin analog pada Arduino digunakan untuk menerima input analog. Pin ini dapat menerima tegangan analog dalam rentang 0V hingga 5V. Biasanya, setiap jenis Arduino memiliki setidaknya satu pin analog. Setiap pin pada Arduino dapat dikonfigurasi dalam dua mode, yaitu mode input dan mode output. Dalam mode input, pin akan diatur untuk menerima sinyal input, sedangkan dalam mode output, pin akan diatur untuk mengirim sinyal keluaran.

3. Konektor

Arduino sendiri memiliki dua jenis konektor yang sangat penting yaitu konektor power dan konektor serial. Power Connector adalah konektor yang digunakan untuk memberi daya pada Arduino. Catu daya ini digunakan untuk memberi daya pada Arduino serta perangkat lain yang terhubung dengannya, seperti sensor dan layar pemantauan. Serial Connector Konektor serial ini biasa digunakan untuk menghubungkan Arduino dengan perangkat seperti komputer atau laptop. Konektor ini menggunakan port USB standar pada Arduino. Selain itu, konektor ini juga dapat digunakan sebagai konektor daya. Namun konektor serial hanya diterapkan pada perangkat Arduino yang lebih baru [15].

2.2.2.2 Macam-macam Arduino

1. ARDUINO UNO

Arduino Uno adalah jenis Arduino yang paling sering digunakan, terutama oleh pemula. Ini disarankan karena ketersediaan tutorial yang luas dan sumber daya yang melimpah untuk mempelajarinya. Arduino Uno R3, versi finalnya, ditenagai oleh ATMEGA328 sebagai mikrokontroler utama. Arduino Uno R3 memiliki 14 pin input-output digital dan 6 pin input analog. Untuk mendownload kode program ke Arduino Uno, Anda hanya perlu menggunakan kabel data USB A ke USB Type B, yang hampir sama dengan yang digunakan pada Smart USB.

2. ARDUINO DUE .

Terkontrastasi dengan Arduino sebelumnya yang mengandalkan ATMEGA sebagai prosesor utama, Arduino Due mengadopsi chip dengan spesifikasi yang lebih tinggi, terutama dengan prosesor ARM Cortex. Arduino Due memiliki 54 pin input output digital dan 12 pin input analog. Untuk mengunduh kode sumber, Anda hanya perlu menggunakan koneksi Micro USB.

3. ARDUINO MEGA

Arduino Mega merupakan mikrokontroler yang menggunakan basis ATmega2560. Arduino Mega memiliki 54 pin input/output digital, 15 pin output PWM (Pulse Width Modulation), 16 input analog, 4 port UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter), koneksi USB, koneksi daya, tombol reset, dan header ICSP (In-Circuit Serial Programming). Hampir semua kebutuhan untuk mendukung mikrokontroler tersedia di dalamnya, dan Anda hanya perlu menghubungkannya ke komputer menggunakan koneksi USB untuk mengaktifkannya. Papan Mega 2560 dilengkapi dengan pelindung yang dirancang khusus untuk kompatibilitas dengan Arduino Uno dan Duemilanove.

4. ARDUINO LEONARDO

Arduino Leonardo mirip dengan Arduino Uno dalam hal pin input/output, yang memiliki nomor yang sama. Hal yang sama juga berlaku untuk input analog. Yang membedakan Arduino Leonardo dengan Arduino Uno adalah koneksinya yang menggunakan port micro USB.

5. ARDUINO FIO

Arduino Fio memiliki bentuk yang unik terutama pada bagian socket-nya, tetapi jumlah pin input dan outputnya sama seperti Arduino Leonardo dan Arduino Uno. Arduino Fio dilengkapi dengan soket tipe XBee yang memungkinkan penggunaannya untuk proyek tanpa kabel.

6. ARDUINO LILYPAD

Arduino Lilypad memiliki desain melingkar yang unik yang memungkinkannya digunakan untuk proyek-proyek kreatif, seperti pembuatan baju besi Iron Man. Arduino Lilypad ditenagai oleh ATmega 168 dan dilengkapi dengan 14 pin input-output digital dan 6 pin input analog.

7. ARDUINO NANO

Arduino Nano adalah versi kecil dan sederhana dari papan Arduino. Dilengkapi dengan fitur FTDI untuk komunikasi melalui konektor micro USB. Arduino Nano memiliki 14 pin input-output digital dan 8 pin input analog. Mikrokontrolernya dapat ditenagai oleh ATmega168 atau ATmega328, tergantung pada versi yang dipilih.

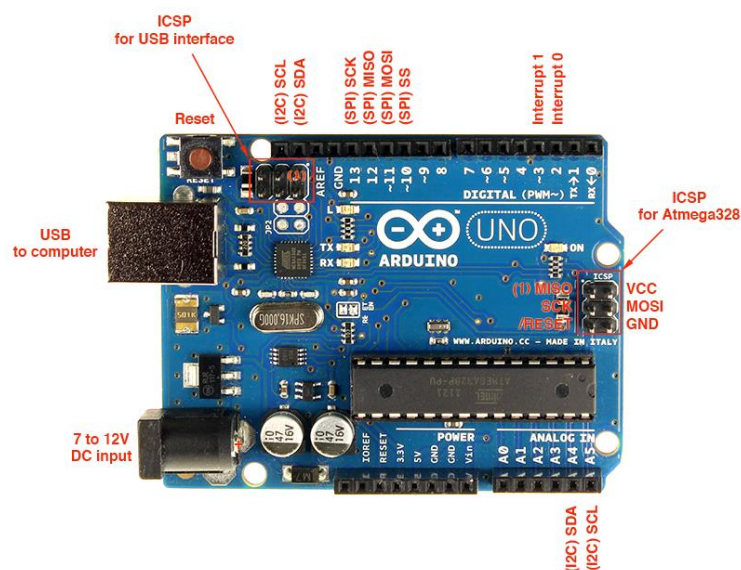
8. ARDUINO MICRO

Arduino Micro memiliki desain yang mirip dengan Arduino Nano dan Mini, meskipun ukurannya sedikit lebih panjang. Arduino Micro menawarkan kemudahan penggunaan yang lebih besar dengan 20 pin input-output digital dan 12 pin input analog [16].

2. 2. 3 ARDUINO UNO R3

2. 2. 3. 1 Pengertian Arduino UNO R3

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328. Fiturnya mencakup 14 pin input/output digital, 6 pin input PWM, 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, port USB, port daya, header ICSP, dan tombol reset. Untuk menggunakan mikrokontroler, Anda dapat menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau menyala menggunakan adaptor AC-DC atau baterai. Setiap pin digital dapat diatur sebagai input/output menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`, beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat menangani arus hingga 40 mA dan memiliki resistor pull-up 20-50 kOhm secara default. Arduino Uno pertama kali dikembangkan oleh Hernando Barragan pada tahun 2005 sebagai bagian dari tesis pascasarjana di Italia, kemudian diperbaiki oleh Massimo Banzi dan David Cuartielles, dan diberi nama Arduino. Nama itu kemudian diubah menjadi Arduino, yang berarti "teman pemberani" dalam bahasa Italia. Salah satu tujuan pengembangan Arduino adalah menciptakan produk yang terjangkau dan kompatibel dengan berbagai sistem operasi [17].



Gambar 2. 1 Bagian-bagian Arduino Uno [17].

Tabel 2. 1 Fungsi dan kegunaan bagian-bagian Arduino Uno [17].

Fungsi	Kegunaan
Power USB	Memberikan catu daya ke Papan Arduino dan untuk upload sketch/kode program menggunakan kabel USB dari komputer.
Power (Barrel Jack)	Memberikan catu daya ke Papan Arduino langsung dari sumber daya AC
Voltage Regulator	Mengatur tegangan yang diberikan ke papan Arduino serta menjaga agar tegangan DC yang digunakan oleh prosesor dan komponen lainnya tetap stabil.
Crystal Oscillator	Membantu Arduino dalam hal yang berhubungan dengan waktu.
Arduino Reset	Ada dua cara untuk mengulang proses Arduino Uno dari awal. Pertama, Anda dapat menggunakan tombol reset (17) yang ada di papan Arduino. Kedua, Anda bisa menambahkan reset eksternal ke pin Arduino yang berlabel RESET (5).
Pin 3.3V, 5V, GND, Vin	<ul style="list-style-type: none"> • 3.3V (6) – Supply 3.3 output volt • 5V (7) – Supply 5 output volt • Arduino bekerja dengan baik pada tegangan 3.3 volt dan 5 volt. • GND (8) – Ground • Vin (9) – Digunakan untuk memberi daya ke papan Arduino dari sumber daya eksternal, seperti sumber daya AC.
Input/output Analog	Pin Analog
Main microcontroller/IC	Sebagai pusat utama pengolahan Arduino.
Pin ICSP	ICSP (In-Circuit Serial Programming) (12) adalah AVR, sebuah header pemrograman kecil untuk Arduino yang berisi pin MOSI, MISO, SCK, RESET, VCC, dan GND. Ini sering disebut sebagai SPI (Serial Peripheral Interface), yang bisa dianggap sebagai "ekspansi" dari output. Pada dasarnya, kita menghubungkan perangkat output ke bus master SPI.
Power LED Indicator	LED ini harus menyala jika menghubungkan Arduino ke sumber daya. Jika LED tidak menyala, maka terdapat sesuatu yang salah dengan sambungannya.
TX dan RX	Pin yang digunakan untuk melakukan komunikasi serial adalah TX (Transmit) dan RX (Receive). Pada papan Arduino Uno, pin TX dan RX muncul di dua lokasi yang berbeda.

Fungsi	Kegunaan
Input/Ouput Digital	Pin Digital
AREF	AREF singkatan dari Analog Reference. Kadang-kadang, AREF dapat digunakan untuk mengatur tegangan referensi eksternal, yang dapat diterapkan sebagai batas atas untuk pin input analog, berada di kisaran antara 0 dan 5 Volt.

2.2 4 ARDUINO IDE (INTEGRATED DEVELOPMENT ENVIRONMENT)



Gambar 2. 2 Arduino IDE [18].

Perangkat Lunak Arduino Integrated Development Environment (IDE) mencakup beberapa elemen, seperti editor teks untuk menulis kode, panel pesan, konsol teks, toolbar dengan tombol untuk fungsi umum, dan sejumlah menu. Untuk mulai bekerja, hubungkan dengan perangkat keras Arduino dan Genuino untuk mengunggah program dan berkomunikasi dengan papan sirkuit Arduino. Program yang dibuat menggunakan IDE Arduino disebut sketch, dan biasanya disusun dalam editor teks yang menyimpannya dengan ekstensi file .ino. Editor ini memiliki fitur standar seperti pemotongan, penempelan, pencarian, dan penggantian teks. Area pesan memberikan umpan balik dan menampilkan kesalahan selama penyimpanan dan ekspor. Konsol menampilkan output teks menggunakan IDE Arduino, termasuk pesan kesalahan dan informasi lainnya. Di bagian kanan bawah jendela, terdapat kartu dan port serial yang telah dikonfigurasi. Tombol pada toolbar memfasilitasi tinjauan, pengunggahan program, pembuatan sketch baru, membuka dan menyimpan file, serta membuka monitor serial [18].

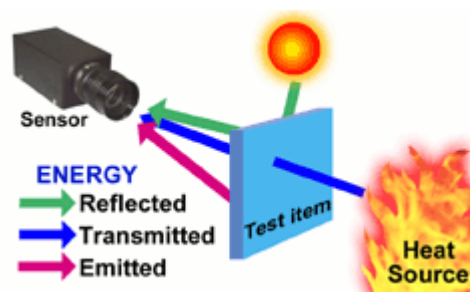
2. 2. 5 SENSOR SUHU MLX90614

Sensor MLX90614 adalah sensor suhu non-kontak yang beroperasi berdasarkan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh objek. Sensor ini dapat mendeteksi gelombang elektromagnetik dalam rentang 700 nm hingga 14.000 nm dan mampu mengukur suhu tubuh manusia dengan akurat pada jarak 5 cm. Rentang pengukuran suhu benda yang dapat diukur oleh sensor MLX90614 adalah -70°C hingga 380°C . Sensor ini memiliki dua keluaran, yaitu suhu lingkungan dan suhu objek.



Gambar 2. 3 Sensor Suhu MLX90614 [19].

Modul sensor MLX90614 dilengkapi dengan chip deteksi termoelektrik IR yang sensitif dan ASIC pengkondisi sinyal yang terintegrasi dalam paket sensor model TO-39. Pengondisian sinyal ini mencakup penguat dengan kebisingan rendah, ADC 17-bit, dan unit DSP yang kuat untuk mencapai tingkat akurasi dan resolusi termometer yang tinggi. Sensor ini telah dikalibrasi menggunakan keluaran SMBus digital yang memungkinkan pengukuran seluruh rentang suhu dengan resolusi setinggi $0,02^{\circ}\text{C}$.



Gambar 2. 4 Prinsip Kerja Sensor Suhu MLX90614 [19].

Dalam proses pengukuran, ada tiga jenis energi inframerah yang berinteraksi dengan item uji: energi yang dipancarkan (*emitted*), dipantulkan (*reflected*), dan ditransmisikan (*transmitted*). Energi yang dipancarkan (*emitted*) adalah radiasi inframerah yang berasal dari panas internal objek itu sendiri. Energi yang dipantulkan (*reflected*) adalah radiasi yang datang dari sumber lain dan kemudian dipantulkan oleh permukaan objek uji. Energi yang ditransmisikan (*transmitted*) adalah radiasi yang melewati objek uji dan diterima oleh sensor.

Sensor MLX90614 ditempatkan untuk menerima radiasi inframerah ini. Sensor ini dilengkapi dengan elemen detektor yang sangat sensitif terhadap radiasi inframerah, dan ketika radiasi mengenai sensor, elemen detektor menghasilkan sinyal listrik yang proporsional dengan jumlah radiasi yang diterima. Sensor ini kemudian mengolah sinyal tersebut menggunakan algoritma khusus yang memperhitungkan faktor-faktor seperti emisivitas objek, yang merupakan kemampuan objek untuk memancarkan radiasi inframerah. Dengan demikian, sensor dapat mengukur dan menghitung suhu objek dengan akurat.

Proses ini memungkinkan pengukuran suhu tanpa perlu kontak fisik dengan objek, yang sangat berguna dalam berbagai aplikasi, termasuk pemantauan suhu tubuh, pengukuran suhu industri, dan kontrol lingkungan. Sensor MLX90614 juga terkenal karena akurasinya yang tinggi, respons cepat, dan kemampuan untuk mengukur suhu dari jarak yang relatif jauh.

Fitur utama dari sensor MLX90614 adalah mengukur suhu inframerah (IR) yang dihasilkan oleh objek target. Sensor ini dapat mengukur suhu dalam rentang suhu tertentu dan menghasilkan keluaran berupa suhu dalam bentuk sinyal analog atau digital. Sensor ini sangat berguna dalam situasi di mana kontak langsung dengan objek pengukuran tidak diinginkan atau tidak mungkin dilakukan, seperti pada peralatan medis, mobil, atau pengukuran suhu tubuh manusia. Sensor MLX90614 memiliki dua versi utama, yaitu versi yang dapat mengukur suhu objek dan suhu lingkungan secara terpisah (MLX90614) dan versi yang hanya mengukur suhu objek tanpa mempertimbangkan suhu (MLX90614E). Sensor ini juga biasa digunakan dalam aplikasi keamanan termal, deteksi gerakan, dan otomasi industri. Keberhasilan sensor ini terletak pada keakuratannya dalam mengukur suhu suatu

benda tanpa kontak langsung, sehingga berguna dalam berbagai konteks pengukuran suhu non-kontak [19].

2. 2. 6 SENSOR ULTRASONIC HC-SR04

HC-SR04 adalah perangkat yang banyak digunakan untuk mengukur jarak atau mendeteksi objek menggunakan gelombang ultrasonik. Prinsip kerja sensor ini didasarkan pada pengiriman gelombang suara ultrasonik pada frekuensi 40 kHz yang dipancarkan melalui sebuah transduser. Gelombang ini kemudian dipantulkan kembali saat mengenai objek dan diterima oleh penerima pada sensor. Waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk kembali ke penerima dihitung dan digunakan untuk menentukan jarak antara sensor dan objek.

Sensor HC-SR04 memiliki spesifikasi teknis yang meliputi tegangan operasional 5V DC, arus operasional sekitar 15mA, dan rentang deteksi efektif dari 2 cm hingga 400 cm dengan akurasi ± 3 mm. Sudut deteksi sensor ini sekitar 15 derajat, menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan pengukuran jarak presisi. Beberapa aplikasi umum dari sensor ini mencakup robotika, di mana sensor digunakan untuk navigasi dan penghindaran rintangan, serta sistem keamanan untuk mendeteksi intrusi atau pergerakan di area tertentu. Selain itu, sensor HC-SR04 juga digunakan dalam alat bantu parkir untuk mengukur jarak antara kendaraan dan objek di sekitarnya, serta dalam sistem pengukuran jarak untuk menentukan ketinggian cairan dalam tangki atau jarak ke permukaan tanah.

Sensor HC-SR04 memiliki empat pin: VCC, Trig, Echo, dan GND. Pin VCC digunakan untuk sumber daya (biasanya 5V), pin Trig menerima sinyal pemicu untuk memulai pengukuran, pin Echo menghasilkan sinyal pulsa yang durasinya sebanding dengan waktu tempuh gelombang ultrasonik, dan pin GND adalah ground. Ketika pin Trig menerima sinyal high selama minimal 10 mikrodetik, sensor mengirimkan delapan siklus burst gelombang ultrasonik dari transmitter. Setelah gelombang dipantulkan kembali dan diterima oleh receiver, pin Echo akan menghasilkan sinyal high. Durasi sinyal high pada pin Echo diukur oleh mikrokontroler, yang kemudian menggunakan durasi tersebut untuk menghitung jarak [19].



Gambar 2. 5 Sensor Ultrasonic HC-SR04 [20].

Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 [20].

Spesifikasi	Keterangan
Input Tegangan	5V DC
Arus	15 mA
Frekuensi Kerja	40KHz
Jarak Maksimum	4m
Jarak Minimum	2cm
Sudut Pengukuran	15°
Input Sinyal <i>Trigger</i>	10us pulsa TTL
Output Sinyal Echo	Sinyal level TTL
Dimensi	45*20*15mm

2. 2. 7 BUZZER



Gambar 2. 6 Buzzer [3].

Buzzer merupakan modul komponen elektronik kategori transduser yang mengubah sinyal listrik menjadi gelombang suara. Buzzer biasanya digunakan sebagai sinyal alarm. Biasa digunakan sebagai indikator kondisi dalam proyek penelitian. Sederhananya, buzzer memiliki dua cabang, yaitu cabang positif dan negatif. Untuk mempermudah, dapat diberi tegangan positif dan negatif dari 3 hingga 12V. Cara kerja buzzer yaitu ketika arus mengalir melalui rangkaian yang menggunakan elemen piezoelektrik atau ketika tegangan mengalir melaluinya.

Buzzer piezoelektrik bekerja dengan baik dan menghasilkan frekuensi mulai dari 1 hingga 6 kHz hingga 100 kHz. Buzzer elektronik ini berfungsi sebagai alarm bila ada pegawai yang tidak hadir, indikator berbunyi sebagai tanda suhu tubuh manusia di luar batas normal/normal, buzzer elektronik ini berbunyi “bip” [3].

2. 2. 8 KALIBRASI

2. 2. 8. 1 Pengertian Kalibrasi

Kalibrasi adalah proses penting yang memastikan alat kesehatan berfungsi dengan benar dan memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan. Proses ini melibatkan pengukuran dan penyesuaian alat kesehatan agar sesuai dengan standar yang diketahui, sehingga alat tersebut memberikan hasil yang konsisten dan sesuai dengan spesifikasinya. Kalibrasi sangat penting untuk memastikan keakuratan pengukuran, menjaga keamanan pasien, memenuhi persyaratan regulasi, dan memperpanjang umur pakai alat kesehatan.

Proses kalibrasi meliputi beberapa tahap, dimulai dari persiapan yang mencakup pengumpulan informasi tentang alat yang akan dikalibrasi. Langkah berikutnya adalah pengukuran awal untuk mengevaluasi kinerja alat sebelum dilakukan penyesuaian. Setelah itu, penyesuaian dilakukan agar alat sesuai dengan standar yang ditetapkan, yang mungkin melibatkan penyesuaian perangkat keras atau perangkat lunak. Selanjutnya, dilakukan pengukuran ulang untuk memastikan bahwa kalibrasi telah berhasil. Semua langkah dalam proses kalibrasi ini didokumentasikan dengan baik, termasuk hasil pengukuran sebelum dan sesudah kalibrasi.

Berbagai alat kesehatan memerlukan kalibrasi rutin, seperti termometer klinik, monitor tekanan darah, glucometer, respirator, dan infus pump. Termometer klinik, misalnya, harus dikalibrasi untuk memastikan keakuratan pengukuran suhu tubuh. Monitor tekanan darah memerlukan kalibrasi agar dapat memberikan pembacaan tekanan darah yang tepat. Glucometer yang digunakan untuk mengukur kadar gula darah juga harus dikalibrasi untuk memberikan hasil yang akurat. Respirator, alat bantu pernapasan, harus dikalibrasi untuk memastikan bahwa aliran udara yang diberikan sesuai dengan pengaturan yang ditentukan. Infus pump, yang mengatur

laju infus ke dalam tubuh pasien, juga memerlukan kalibrasi untuk memastikan dosis yang tepat.

Tujuan utama dari kalibrasi adalah untuk mengidentifikasi dan mengoreksi setiap kesalahan atau deviasi yang mungkin muncul selama penggunaan rutin. Alat kesehatan, seperti termometer, monitor tekanan darah, mesin EKG, dan alat-alat laboratorium, dapat mengalami perubahan kinerja akibat berbagai faktor, seperti penggunaan terus-menerus, kondisi lingkungan, keausan mekanis, atau bahkan kesalahan manufaktur. Tanpa kalibrasi yang teratur, alat-alat ini dapat memberikan hasil yang tidak akurat, yang dapat berdampak negatif pada diagnosis dan pengobatan pasien.

Proses kalibrasi melibatkan beberapa langkah penting. Pertama, alat yang akan dikalibrasi diperiksa dan dibandingkan dengan standar referensi. Setiap perbedaan atau deviasi yang terdeteksi dicatat. Selanjutnya, penyesuaian dilakukan pada alat tersebut untuk memastikan bahwa hasil pengukurannya sesuai dengan standar referensi. Setelah penyesuaian, alat diuji kembali untuk memastikan bahwa koreksi telah berhasil dan alat memberikan hasil yang akurat.

Kalibrasi harus dilakukan oleh teknisi yang terlatih dan menggunakan peralatan yang sesuai. Banyak negara memiliki regulasi dan standar yang mengatur kalibrasi alat kesehatan, yang dikeluarkan oleh badan-badan pengawas seperti Badan Pengawas Obat dan Makanan (FDA) di Amerika Serikat atau Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) di Indonesia. Mematuhi regulasi ini sangat penting untuk menjamin kualitas dan keselamatan perawatan kesehatan yang diberikan kepada pasien.

Selain itu, kalibrasi juga memainkan peran penting dalam menjaga reputasi dan keandalan fasilitas kesehatan. Rumah sakit, klinik, dan laboratorium yang secara rutin melakukan kalibrasi menunjukkan komitmen mereka terhadap kualitas dan keselamatan. Hal ini tidak hanya meningkatkan kepercayaan pasien tetapi juga meminimalkan risiko hukum yang mungkin timbul dari penggunaan alat yang tidak akurat.

Dalam konteks laboratorium medis, kalibrasi sangat penting untuk memastikan keakuratan hasil tes diagnostik. Misalnya, dalam pengukuran kadar glukosa darah, ketidakakuratan alat dapat mengarah pada kesalahan diagnosis diabetes, yang

berpotensi menyebabkan komplikasi serius bagi pasien. Begitu pula dalam pengukuran tekanan darah, kesalahan pengukuran dapat mengakibatkan pengobatan hipertensi yang tidak tepat.

Secara keseluruhan, kalibrasi alat kesehatan adalah langkah kritis dalam menjaga kualitas perawatan medis. Ini memastikan bahwa peralatan medis berfungsi dengan benar, memberikan hasil yang akurat, dan memenuhi standar regulasi yang ketat, sehingga mendukung praktik medis yang aman dan efektif.

Di Indonesia, metrologi legal diatur oleh Undang-undang Metrologi Legal No.2 Tahun 1981. Semua alat ukur yang akan digunakan untuk transaksi harus didaftarkan dan diawasi oleh Departemen Umum Metrologi Departemen Perindustrian dan Perdagangan. Pelanggaran terhadap peraturan ini dapat mengakibatkan tuntutan pidana. Sementara itu, kalibrasi untuk pengukuran teknis bersifat lebih fleksibel dan umumnya bergantung pada rekomendasi produsen alat. Jangka waktu kalibrasi ditentukan berdasarkan kebutuhan dan frekuensi penggunaan alat tersebut.

Ketika alat ukur memiliki tingkat ketelitian yang tinggi atau digunakan sebagai alat kendali, maka jangka waktu kalibrasinya akan lebih pendek. Jika terdapat masalah pada penunjukan alat ukur, kalibrasi ulang harus dilakukan untuk mengambil tindakan perbaikan. Hal ini karena hasil pengukuran yang akurat, tepat, dan dapat diandalkan sangat penting dalam banyak aplikasi.

Setiap alat ukur teknis harus dikalibrasi sebelum digunakan, sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Alat ukur standar yang digunakan dalam kalibrasi harus memiliki tingkat ketelitian yang lebih tinggi atau setara dengan alat ukur yang akan dikalibrasi [21].

2.2.8.2 Kalibrasi Termometer Digital

Kalibrasi termometer digital adalah proses memeriksa dan menyesuaikan pembacaan yang dihasilkan oleh termometer digital agar sesuai dengan standar referensi atau nilai yang diketahui. Tujuan utama kalibrasi ini adalah untuk menjamin keakuratan dan konsistensi pengukuran termometer sehingga hasilnya dapat diandalkan.

Berikut beberapa langkah umum dalam proses kalibrasi termometer digital:

- **Kombinasi:** Pastikan termometer digital disetel ke nol atau suhu awal sebelum memulai proses kalibrasi.
- **Sesuaikan dengan standar acuan:** Tempatkan termometer digital dengan atau bersentuhan dengan standar acuan yang nilai suhunya diketahui. Jika termometer menunjukkan suhu berbeda dari nilai referensi, sesuaikan atau kalibrasi termometer agar sesuai dengan nilai yang benar.
- **Prosedur kalibrasi:** Menguji termometer digital pada beberapa titik suhu berbeda dalam rentang pengukuran yang dapat digunakan dalam aplikasi sehari-hari. Bandingkan pembacaan termometer dengan nilai yang diketahui atau standar acuan pada setiap titik suhu.
- **Koreksi Penyimpangan:** Jika terdeteksi penyimpangan atau perbedaan antara pembacaan termometer dan nilai referensi, perbaiki atau sesuaikan pembacaan termometer.
- **Tes ulang:** Lakukan tes ulang untuk memastikan bahwa termometer digital kini memberikan pembacaan yang akurat dan memenuhi standar.
- **Dokumentasi:** Catat hasil kalibrasi, termasuk penyimpangan yang ditemukan dan tindakan perbaikan yang dilakukan (jika diperlukan). Tandai termometer yang telah dikalibrasi dengan tanggal kalibrasi.
- **Periode Kalibrasi Berkala:** Menetapkan jadwal berkala untuk melakukan kalibrasi termometer digital secara berkala sesuai dengan persyaratan atau standar industri serta persyaratan pabrikan. Prosedur kalibrasi termometer digital ini penting dalam berbagai konteks, termasuk penggunaan di laboratorium, industri, atau rumah. Kalibrasi rutin membantu memastikan keakuratan dan ketepatan termometer dalam memberikan informasi suhu yang diperlukan [21].

2.2.8.3 Metode Kalibrasi Termometer Digital

Kalibrasi termometer digital adalah proses penting untuk memastikan akurasi dalam pengukuran suhu. Ada berbagai metode kalibrasi yang dapat digunakan tergantung pada kebutuhan dan aplikasi. Berikut adalah penjelasan yang lebih rinci tentang masing-masing metode kalibrasi:

➤ Kalibrasi Titik Tunggal (Single Point Calibration)

Kalibrasi titik tunggal adalah metode yang paling sederhana dan cepat. Dalam metode ini, termometer digital dikalibrasi pada satu titik suhu yang sudah diketahui.

Prosedur:

- **Pilih Titik Kalibrasi:** Biasanya menggunakan titik suhu yang mudah dikontrol, seperti titik beku air (0°C) atau suhu kamar (-25°C).
- **Persiapkan Media Referensi:** Untuk titik beku, bisa menggunakan es yang mencair dalam air suling. Pastikan es tersebut murni dan air tidak mengandung kotoran.
- **Masukkan Termometer:** Celupkan probe termometer ke dalam media referensi, pastikan probe sepenuhnya terendam dan stabil di dalam media.
- **Tunggu Stabilitas:** Biarkan pembacaan stabil untuk beberapa menit.
- **Kalibrasi:** Sesuaikan pembacaan termometer agar sesuai dengan titik referensi. Jika termometer memiliki fitur kalibrasi internal, gunakan untuk menyetel pembacaan.

Keunggulan:

- Cepat dan mudah dilakukan.
- Tidak memerlukan peralatan khusus.

Keterbatasan:

- Tidak memberikan akurasi di seluruh rentang suhu.
- Hanya cocok untuk aplikasi yang membutuhkan akurasi pada satu titik suhu tertentu.

➤ **Kalibrasi Multi-Titik (Multi-Point Calibration)**

Kalibrasi multi-titik melibatkan penyesuaian termometer pada beberapa titik suhu yang berbeda untuk memastikan akurasi di seluruh rentang suhu.

Prosedur:

- **Pilih Beberapa Titik Kalibrasi:** Misalnya, titik suhu rendah, menengah, dan tinggi yang relevan dengan penggunaan termometer.
- **Persiapkan Media Referensi untuk Setiap Titik:** Gunakan berbagai media seperti es mencair, air pada suhu kamar, dan pemandian suhu yang dikontrol.
- **Masukkan Termometer ke Setiap Media:** Tempatkan probe dalam media referensi yang sesuai dan biarkan stabil.

- Tunggu Stabilitas dan Catat Pembacaan: Tunggu hingga pembacaan termometer stabil pada setiap titik suhu.
- Kalibrasi dan Penyesuaian: Sesuaikan pembacaan termometer pada setiap titik referensi. Jika termometer mendukung kalibrasi multi-titik, gunakan fungsi tersebut untuk mengatur setiap titik.

Keunggulan:

- Memberikan akurasi yang lebih baik di seluruh rentang suhu.
- Cocok untuk aplikasi yang memerlukan keakuratan tinggi pada berbagai suhu.

Keterbatasan:

- Lebih memakan waktu dan kompleks.
- Memerlukan peralatan referensi yang lebih banyak.

➤ **Kalibrasi Perbandingan (Comparison Calibration)**

Metode ini melibatkan membandingkan termometer digital dengan termometer referensi yang sudah dikalibrasi dan diketahui akurasinya.

Prosedur:

- Siapkan Termometer Referensi: Termometer referensi harus sudah dikalibrasi dan memiliki akurasi yang terjamin.
- Tempatkan Kedua Termometer dalam Kondisi yang Sama: Letakkan termometer digital dan referensi dalam kondisi suhu yang sama, seperti dalam pemandian suhu atau lingkungan yang terkontrol.
 - Tunggu Hingga Stabil: Biarkan kedua termometer mencapai kestabilan suhu.
 - Catat dan Bandingkan Pembacaan: Catat pembacaan dari kedua termometer. Perbedaan antara keduanya menunjukkan kesalahan pada termometer digital.
 - Kalibrasi: Sesuaikan pembacaan termometer digital agar sesuai dengan termometer referensi.

Keunggulan:

- Akurat karena menggunakan alat referensi yang terkalibrasi.
- Dapat dilakukan di berbagai suhu sesuai kebutuhan.

Keterbatasan:

- Memerlukan termometer referensi yang terkalibrasi.
- Lebih kompleks dan membutuhkan waktu lebih lama.

➤ **Kalibrasi dengan Pemandian Suhu (Temperature Bath Calibration)**

Metode ini menggunakan pemandian suhu yang dikendalikan dan sangat stabil untuk kalibrasi.

Prosedur:

- Siapkan Pemandian Suhu: Gunakan pemandian air atau minyak yang dikontrol pada suhu tertentu.
- Masukkan Termometer ke Pemandian: Tempatkan probe termometer dalam pemandian, pastikan probe terendam sepenuhnya.
- Tunggu Hingga Stabil: Biarkan termometer mencapai kestabilan dalam pemandian suhu.
- Catat Pembacaan dan Bandingkan: Catat pembacaan dari termometer digital dan bandingkan dengan suhu pemandian yang diketahui.
- Kalibrasi: Sesuaikan pembacaan termometer agar sesuai dengan suhu pemandian.

Keunggulan:

- Sangat akurat dan stabil.
- Cocok untuk kalibrasi di berbagai suhu yang dikontrol dengan presisi.

Keterbatasan:

- Memerlukan peralatan khusus seperti pemandian suhu.
- Prosesnya bisa lebih panjang.

➤ **Kalibrasi In Situ (In Situ Calibration)**

Metode ini dilakukan di lokasi penggunaan termometer tanpa perlu memindahkannya ke laboratorium kalibrasi.

Prosedur:

- Persiapkan Alat Kalibrasi Portable: Gunakan sumber suhu referensi yang portable atau termometer referensi.
- Aplikasikan Suhu Referensi pada Termometer: Tempatkan sumber suhu referensi dekat dengan termometer digital.
- Tunggu Hingga Stabil: Biarkan termometer dan sumber suhu referensi mencapai kestabilan suhu.

- **Bandungkan dan Catat Pembacaan:** Catat pembacaan dari termometer digital dan referensi.
- **Kalibrasi:** Sesuaikan pembacaan termometer digital berdasarkan pembacaan referensi.

Keunggulan:

- Tidak memerlukan pemindahan alat.
- Menghemat waktu dan biaya.
- Praktis untuk termometer yang terpasang permanen.

Keterbatasan:

- Mungkin kurang akurat dibanding metode laboratorium.
- Tergantung pada kualitas alat kalibrasi portable.

➤ **Kalibrasi dengan Blok Kalibrasi (Dry Block Calibration)**

Metode ini menggunakan blok logam yang dipanaskan atau didinginkan ke suhu tertentu untuk kalibrasi.

Prosedur:

- **Siapkan Blok Kalibrasi:** Gunakan dry block yang dapat dipanaskan atau didinginkan ke suhu yang diinginkan.
- **Masukkan Termometer ke Dalam Blok:** Tempatkan probe termometer ke dalam lubang pada blok kalibrasi.
- **Tunggu Hingga Stabil:** Biarkan suhu dalam blok mencapai kestabilan dan termometer menyesuaikan.
- **Catat Pembacaan dan Bandungkan:** Catat pembacaan dari termometer digital dan bandungkan dengan suhu blok kalibrasi.
- **Kalibrasi:** Sesuaikan pembacaan termometer digital agar sesuai dengan suhu blok kalibrasi.

Keunggulan:

- Praktis dan cepat.
- Stabil dan akurat.
- Ideal untuk kalibrasi lapangan.

Keterbatasan:

- Memerlukan peralatan khusus seperti dry block.
- Mungkin kurang cocok untuk rentang suhu yang sangat luas.

Setiap metode kalibrasi memiliki keunggulan dan keterbatasan tersendiri, dan pemilihan metode yang tepat bergantung pada kebutuhan spesifik, jenis termometer, dan tingkat akurasi yang diinginkan. Kalibrasi termometer digital secara teratur penting untuk memastikan hasil pengukuran yang akurat dan andal.

2.2.8.4 Akurasi Kalibrasi Termometer Digital

Kalibrasi termometer digital adalah proses untuk memastikan bahwa pengukuran suhu yang dilakukan oleh termometer tersebut akurat dan andal. Dua metrik utama yang digunakan dalam kalibrasi adalah kesalahan (*error*) dan akurasi (*accuracy*). Kesalahan dalam kalibrasi dapat diukur dalam dua bentuk: kesalahan absolut dan kesalahan relatif. Kesalahan absolut adalah perbedaan antara nilai yang diukur oleh termometer digital dan nilai referensi yang diketahui.

Formula kesalahan absolut:

$$\text{Kesalahan Absolut} = |\text{Nilai Terukur} - \text{Nilai Referensi}| \quad (1.1)$$

Kesalahan relatif adalah kesalahan absolut yang dinyatakan sebagai persentase dari nilai referensi.

Formula kesalahan relative:

$$\text{Kesalahan Relatif} = \left(\frac{\text{Kesalahan Absolut}}{\text{Nilai Referensi}} \right) \times 100\% \quad (1.2)$$

Akurasi adalah ukuran seberapa dekat nilai yang diukur oleh termometer digital dengan nilai sebenarnya.

Formula Akurasi:

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Kesalahan Relatif} \quad (1.3)$$

Kalibrasi rutin dan tepat sangat penting untuk memastikan termometer digital berfungsi dengan baik dan memberikan hasil yang akurat, yang sangat penting untuk diagnosis dan perawatan yang benar dalam berbagai aplikasi medis [22].

2. 2. 9 SUHU TUBUH MANUSIA

Suhu tubuh manusia merupakan indikator penting dari kesehatan dan keseimbangan fisiologis. Suhu tubuh inti, yaitu suhu di dalam tubuh, biasanya dijaga pada sekitar 37°C (98.6°F) oleh sistem termoregulasi. Ini adalah suhu

optimal untuk menjalankan berbagai proses biokimia yang penting bagi kelangsungan hidup. Tubuh manusia memiliki kemampuan untuk mengatur suhu ini melalui berbagai mekanisme, termasuk produksi panas oleh otot dan jaringan aktif lainnya, serta distribusi panas melalui sirkulasi darah.

Pada umumnya, suhu tubuh tidak merata di seluruh bagian tubuh. Terdapat perbedaan suhu antara inti tubuh dan permukaan kulit, dengan suhu inti yang cenderung lebih tinggi. Perbedaan ini bisa mencapai sekitar 4°C. Perbedaan suhu tersebut sangat penting untuk memastikan bahwa organ-organ dalam dapat berfungsi secara optimal sementara bagian luar tubuh bisa beradaptasi dengan suhu lingkungan.

Sistem termoregulasi tubuh juga harus mampu mengelola gradien suhu antara permukaan tubuh dan lingkungan. Pertukaran panas antara tubuh dan lingkungan sekitar terutama terjadi melalui kulit dan organ pernapasan. Dalam kondisi panas, tubuh menghasilkan keringat yang menguap dari permukaan kulit, membantu menurunkan suhu tubuh. Sebaliknya, dalam kondisi dingin, tubuh akan mengurangi aliran darah ke permukaan kulit untuk mengurangi kehilangan panas.

Fungsi termoregulasi ini penting untuk menjaga homeostasis tubuh dan memastikan semua sistem bekerja dengan baik, terutama dalam kondisi ekstrem seperti cuaca sangat panas atau sangat dingin. Perubahan yang signifikan dalam suhu tubuh bisa mengindikasikan masalah kesehatan, seperti demam yang menunjukkan adanya infeksi atau hipotermia yang menunjukkan paparan suhu dingin yang berlebihan. Oleh karena itu, memahami dan menjaga suhu tubuh yang sehat sangat penting bagi kesejahteraan manusia [22].