

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Kajian pustaka ini bertujuan untuk meninjau penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait dengan penelitian dengan judul monitoring tempat sampah berbasis IoT. Hal tersebut bertujuan untuk memahami kontribusi penelitian terdahulu dan mengidentifikasi kesenjangan terhadap penelitian yang akan dilakukan. Adapun penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Sebuah penelitian sebelumnya tentang topik ini [15] membuat teknologi yang dapat digunakan untuk menjaga kebersihan, dengan berfokus pada tempat sampah pintar. Sistem otomatisasi notifikasi tempat sampah berfungsi untuk memberi tahu pengguna ketika tempat sampah sudah penuh, mencegah penumpukan sampah yang dapat menyebabkan penyebaran penyakit. Empat tahap pelaksanaan penelitian ini adalah analisis kebutuhan, desain dan implementasi, pengujian, dan analisis masalah. Analisis masalah dan kebutuhan disajikan dalam bagian ini, dengan sub bagian yang berbeda yang membahas desain, implementasi, dan pengujian. Mikrokontroler WeMos D1 Mini digunakan oleh sensor ultrasonik tempat sampah pintar untuk mendeteksi objek dan menentukan apakah tempat sampah sudah penuh atau belum. Selanjutnya, platform Blynk, sebuah aplikasi untuk sistem operasi seluler iOS dan Android, digunakan untuk memonitoring modul WeMos D1 Mini, bersama dengan Arduino Uno IDE. Perangkat lunak Arduino ini digunakan untuk memprogram Arduino Uno, yang memungkinkannya untuk terhubung dengan sensor dan modul yang diperlukan dan mengunggah kode program ke perangkat WeMos D1 Mini.
2. Dalam studi “Sistem Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT Menggunakan Aplikasi Blynk,” peneliti membuat tempat sampah otomatis baru yang menggunakan aplikasi smartphone untuk mendeteksi asap dan memantau kapasitas sampah. NodeMCU 8266 berfungsi sebagai unit kontrol utama untuk tempat sampah pintar, yang juga menggunakan sensor ultrasonik untuk

mengukur ketinggian sampah dan benda-benda di sekitarnya. Tutup tempat sampah dibuka secara otomatis oleh motor servo, dan ketika sensor asap MQ-2 mendeteksi adanya asap, sensor ini akan membunyikan peringatan melalui buzzer. Pemberitahuan juga dapat dikirim melalui internet dengan modul Wi-Fi ESP 8266. Dengan menggunakan aplikasi Blynk, pengguna dapat memonitoring tempat sampah. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa tutup tempat sampah akan terbuka secara otomatis ketika ada objek yang berjarak antara 1 cm sampai dengan 10 cm. Sensor mendeteksi bahwa tempat sampah sudah penuh ketika sampah berada di antara 1 cm sampai dengan 5 cm dari sensor. Selanjutnya, sensor MQ-2 mengirimkan notifikasi melalui Blynk ke ponsel pintar petugas kebersihan ketika tingkat asap melebihi 325 ppm [16].

3. “Rancang Bangun Monitoring Tempat Sampah Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Raspberry Pi 3B+ dengan BOT Telegram dan Notifikasi Gmail”. Tempat sampah yang dibuat oleh peneliti ini dapat membuka dan menutup sendiri, dapat dipantau secara real time melalui Telegram, dan dapat mengirimkan notifikasi Gmail jika tempat sampah sudah penuh. Mikroprosesor yang digunakan adalah Raspberry Pi 3B+, ditambah dengan output motor servo, LCD I2C 16x2, Telegram, serta sensor ultrasonik dan fotodiode IR untuk mendeteksi objek. Tutup tempat sampah digerakkan oleh motor servo, dan LCD I2C 16x2 menunjukkan status tempat sampah secara visual. Telegram menyediakan pemantauan kondisi melalui Telegram Bot yang mengirimkan data. Selain itu, prototipe ini memiliki fungsi perekaman suara yang aktif setelah pengguna membuang sampah, yang dikendalikan oleh modul ISD1820. Ketika tempat sampah mencapai kapasitas penuh, program akan mengirimkan notifikasi melalui Gmail, dan LCD I2C 16x2 akan menampilkan pesan “FULL” [17].
4. Penerapan teknologi IoT untuk memonitoring kapasitas tempat sampah dari penelitian sebelumnya yaitu, “Penerapan IoT dalam Menciptakan Tempat Sampah Pintar untuk Rumah Kos.” Dengan menggunakan sistem pemantauan melalui website, teknologi ini memudahkan petugas untuk memeriksa tempat sampah yang digunakan oleh penghuni kos. Tempat sampah pintar ini juga memiliki sensor kelembaban untuk mengidentifikasi kapan sampah basah harus

segera dibuang. Untuk menangani bahaya kebakaran dari bahan yang menghasilkan gas, termasuk asap rokok atau asap dari kertas yang dibakar, sistem ini juga memiliki mekanisme deteksi kebakaran. Sensor Ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian sampah dengan persentase kesalahan 0,2%, menurut data pengujian. perbedaan minimum 0 cm dengan kesalahan 0%, dan persentase kesalahan rata-rata 0,13%. Sensor DHT22 menunjukkan persentase kesalahan 10%, perbedaan minimum -2. Sedangkan sensor MQ135 menunjukkan selisih maksimum sebesar 7 ppm dengan error 4,61%, selisih minimum sebesar 1 ppm dengan error 0,57%, sehingga menghasilkan persentase error rata-rata sebesar 2,28% [18].

5. Penelitiannya berikutnya berjudul “Merancang Prototipe Pemilahan Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Panel Surya 100 WP sebagai Sumber Energi Terbarukan”. Dengan menggunakan panel surya 100 WP sebagai sumber energi yang berkelanjutan, para peneliti menciptakan prototipe sistem pemilahan sampah otomatis yang memisahkan sampah organik dan anorganik. Tujuan dari prototipe ini adalah untuk memisahkan sampah secara otomatis ke dalam tempat sampah organik dan anorganik. Dengan menggunakan panel surya 100 WP untuk sumber listrik, konsep ini dirancang untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan meningkatkan keamanan lingkungan dengan mengurangi polusi CO² [19].

2.2. Pengertian Sistem

Sistem adalah sebuah satu kesatuan yang terdiri dari beberapa komponen yang saling terkait yang bekerja sama untuk memfasilitasi pertukaran informasi. Sistem ini memiliki atribut atau fitur tertentu, termasuk bagian, batasan, antarmuka, input, output, prosedur, dan tujuan [20].

2.2.1. Sistem Monitoring

Sistem monitoring adalah pemantauan proses pengumpulan informasi atau data yang diperoleh dari proses implementasi suatu sistem. Data yang diperoleh nantinya akan dapat memberikan informasi dengan tujuan untuk memaksimalkan hasil dari tujuan yang diinginkan sebagai berikut:

1. Memastikan proses sesuai dengan diagram alir sistem (*flowchart*) atau sesuai prosedur.
2. Mengidentifikasi hasil yang sesuai dari data yang diterima.

2.3. *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah dimana berbagai benda yang berbeda dapat berkomunikasi satu sama lain dengan memiliki konektivitas internet. IoT memungkinkan data ditransfer antara penyedia layanan, sumber informasi, dan perangkat lain yang terhubung dengan sistem, yang telah meningkatkan keuntungan. Perangkat keras yang telah digabungkan dengan elektronik, perangkat lunak, sensor, dan jaringan membentuk perangkat fisik dalam infrastruktur IoT. IoT memudahkan segala sesuatu karena berbagai manfaatnya [7].

2.3.1 *Arsitektur IoT*

Ada beberapa arsitektur dalam pembentukan IoT yang mendasar, seperti kecerdasan buatan, konektivitas, sensor, keterlibatan aktif, dan perangkat yang kecil, membentuk fondasi arsitektur Internet of Things. Berikut adalah beberapa ilustrasi dari setiap blok bangunan:

1. **Kecerdasan Buatan**
Karena Internet of Things telah membuat mesin menjadi lebih pintar, kemajuan teknologi AI dapat memberikan manfaat bagi semua aspek kehidupan. Pengumpulan data, algoritma AI, dan jaringan yang dapat diakses digunakan untuk mencapai hal ini.
2. **Konektivitas**
Konektivitas IoT yang tidak terbatas pada penyedia layanan besar dapat dibangun berkat IoT. Alih-alih menjadi besar dan mahal, jaringan ini mungkin memiliki cakupan yang sederhana dan ekonomis.
3. **Sensor**
Salah satu karakteristik yang membedakan IoT dari perangkat canggih lainnya adalah penggunaan sensor. Sensor ini memungkinkan Internet of Things untuk berubah dari jaringan pasif yang terstandarisasi menjadi sistem aktif yang dapat digunakan dalam aktivitas sehari-hari.

4. Keterlibatan Aktif
Sebagian besar teknologi biasanya beroperasi dengan keterlibatan pasif, tetapi IoT memperkenalkan pendekatan baru dengan interaksi aktif antara konten, produk, dan layanan.
5. Perangkat berukuran kecil
Para ahli dalam teknologi telah memprediksi bahwa seiring berjalannya waktu, perangkat elektronik akan semakin kecil, semakin murah, dan semakin canggih. Tingkat presisi, skalabilitas, dan kemampuan beradaptasi yang tinggi dimungkinkan oleh IoT dengan memanfaatkan perangkat kecil dan khusus ini.

2.3.2 Elemen IoT

Ada 5 elemen pada IoT yang penting dalam pembentukan sebuah sistem IoT agar dapat bekerja yaitu:

1. *Smart devices*
Smart devices akan mengumpulkan data dari lingkungan dan kemudian mengirimkan kepada *layer* selanjutnya, pengiriman data melalui jaringan koneksi *wireless*.
2. *Gateway*
Layer ini berfungsi untuk mengatur data *traffic* antara jaringan dengan protokol yang berbeda. *Gateway* akan mengumpulkan data yang diterima dari sensor dan akan melakukan proses enkripsi pada semua data yang diterima. *Layer* ini juga berfungsi sebagai pengaman sistem antara *devices* dan *clouds*.
3. *Cloud*
Cloud merupakan salah satu tools yang dapat menyimpan data secara real time data. Data di dalam *cloud* juga dapat diolah dan diakses dari mana saja ketika dibutuhkan. IoT akan menghubungkan sistem dengan *devices*, sensor, *gateway*, *data storage*, dan menyediakan *analytics predictive*.
4. *Analytics*
Ini adalah proses melakukan konversi data analog dari *devices* dan sensor menjadi hal yang dapat di analisis terperinci. *Smart analytics* akan

membantu teknikal mendeteksi adanya masalah atau tidak sehingga dapat mengambil langkah pencegahan.

5. *User interface*

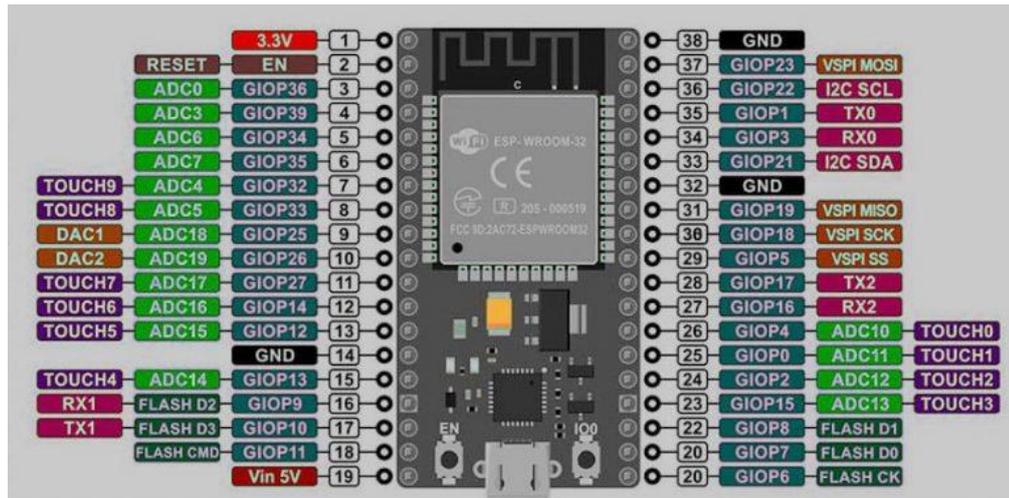
Ini adalah layer terakhir yang langsung berhubungan dengan pengguna. Biasanya berbentuk aplikasi atau web untuk pengguna agar dapat menerima informasi.

2.4. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah chip tunggal yang berisi semua komponen dari keseluruhan sistem komputer, termasuk memori, perangkat input/output, pengontrol yang dapat diprogram, dan inti CPU. Biasanya, mikrokontroler digunakan untuk mengelola perangkat listrik dengan penekanan pada ekonomi. Dikenal sebagai “pengontrol kecil”, perangkat ini memungkinkan penghapusan berbagai komponen tambahan, seperti sirkuit terintegrasi TTL dan CMOS, dengan memusatkan kontrol di dalam mikrokontroler itu sendiri [21].

2.4.1. Esp32

Nodemcu ESP32-WROOM digunakan dalam penelitian ini. Untuk kontrol dan komunikasi online, ESP32 sangat efisien. Esp32 dapat bekerja sendiri atau bersama-sama dengan mikrokontroler lain, seperti Arduino Uno. NodeMCU menggabungkan ESP32 ke dalam *board* kecil dengan WiFi, chip koneksi USB-ke-serial, dan kemampuan mikrokontroler. Untuk memprogram Esp32 hanya perlu kabel data USB-kabel yang sama dengan yang digunakan untuk mengisi daya ponsel. NodeMCU ESP32 adalah *board* interaktif berbasis LUA dengan RAM 4MB. Papan ESP32 dapat ditenagai oleh adaptor AC-DC atau sumber tegangan lain, dapat dihubungkan dengan USB ke komputer atau menggunakan baterai [22]. Berikut ini Gambar 2.1 *Board* nodemcu Esp32 yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.1 Board Nodemcu Esp32 [22]

2.5. Sensor ultrasonik

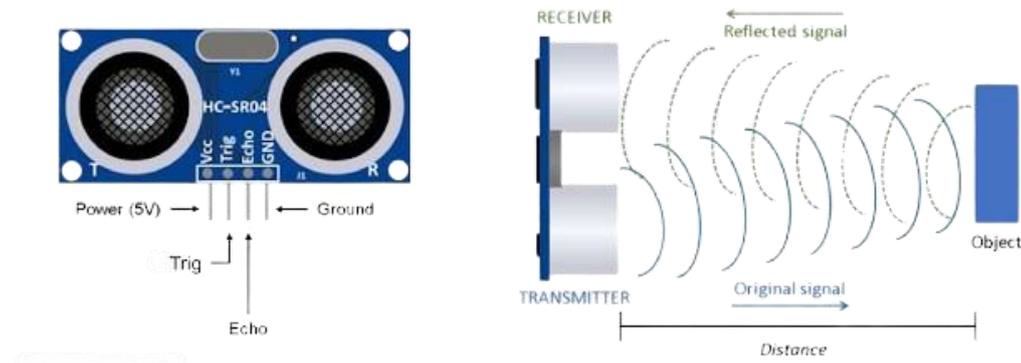
Alat yang mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi sinyal listrik disebut sensor ultrasonik. Alat ini dapat mengukur keberadaan (jarak) suatu objek pada frekuensi tertentu karena alat ini bekerja berdasarkan pantulan gelombang suara. Karena menggunakan gelombang ultrasonik, yang sering dikenal sebagai suara frekuensi tinggi, alat ini disebut sebagai “sensor ultrasonik” [23]. Berikut ini Tabel 2.1 Spesifikasi HC-SR04 yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 2. 1 Spesifikasi HC-SR04

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>	10µs pulsa TTL
Output Sinyal <i>Echo</i>	Sinyal level TTL

HC-SR04 mampu mengukur jarak antara 2 cm sampai 4 m, dan menghasilkan panjang pulsa output yang proporsional dengan jarak objek. Pin *trigger* dan *echo* adalah satu-satunya dua pin I/O yang diperlukan agar sensor ini

dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler. Mikrokontroler harus memberikan pulsa positif melalui pin Trigger setidaknya selama $10\ \mu\text{s}$ untuk mengaktifkan HC-SR04. Kemudian, tergantung pada seberapa jauh, HC-SR04 mengirimkan pulsa positif melalui pin Echo yang berlangsung selama $100\ \mu\text{s}$ hingga $18\ \text{ms}$ [23]. Berikut ini Gambar 2.2 Sensor Ultrasonik HC-SR04 yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2. 2 Sensor Ultrasonik HC-SR04 [24]

Tabel 2. 2 Pin Sensor Ultrasonik HC-SR04

Nama Pin	Penjelasan
VCC	Pin sumber tegangan positif 5V
<i>Trig</i>	<i>Trigger</i> / Penyulut. Digunakan untuk membangkitkan sinyal ultrasonik
<i>Echo</i>	<i>Receiver</i> / Indikator. Digunakan untuk mendeteksi sinyal pantulan ultrasonik
GND	<i>Ground</i> / 0V

HC-SR04 beroperasi berdasarkan pancaran pulsa ultrasonik pada frekuensi $20\ \text{kHz}$ oleh pemancarnya. *Receiver* menerima pulsa yang dipantulkan dan menghitung perbedaan waktu antara *transmitter* dan *receiver* jika ada benda di depan sensor. Mikrokontroler dipasang pada pin *trigger* dan *echo*. Sensor memancarkan gelombang ultrasonik ketika mikrokontroler memberikan sinyal tinggi ke pin pemicu setidaknya selama $10\ \mu\text{s}$, yang memulai proses pengukuran jarak. Pin *echo* memberikan sinyal *high* ke mikrokontroler sebagai *input* ketika suara yang dipantulkan mencapai sensor lagi. Durasi pulsa yang dihasilkan oleh

sensor bervariasi berdasarkan jarak objek, mulai dari 100 μ s hingga 18 ms. Berapa lama sinyal *high* dari pin echo digunakan untuk menghitung jarak antara sensor dan objek [24].

2.6. Sensor gas MQ-4

Dengan menghasilkan data sinyal analog, sensor gas MQ-4 merupakan perangkat semikonduktor yang stabil dan sangat sensitif terhadap gas, terutama metana. Biasanya, sensor MQ-4 memiliki sirkuit driver yang mudah. Sensor ini memiliki jumlah komponen internal yang sederhana dan dibuat dari tabung keramik aluminium oksida mikro (Al_2O_3) dengan lapisan timah dioksida (SnO_2) yang sensitif. Enam pin membentuk MQ-4; dua pin digunakan untuk respons pemanasan atau pembakaran, sedangkan empat pin lainnya digunakan untuk pensinyalan [25]. Berikut ini bentuk dari sensor gas MQ-4 pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Sensor Gas MQ-4 [25]

Dengan rentang tegangan 0,2V hingga $\pm 5,0V$ AC/DC, sensor MQ-4 mampu mendeteksi konsentrasi gas mulai dari 300 hingga 4000 ppm, dengan fokus khusus pada gas alam dan metana. Penggunaan pemanasnya kurang dari 750 mW, dan resistansi pemanasnya berkisar dari 5Ω hingga $\pm 33\Omega$. Selain itu waktu pemanasanya bisa 24 jam. Sensor menghasilkan data analog menurut prinsip operasi yang serupa dengan yang lain. Sensor akan secara otomatis bereaksi terhadap sinyal dan menghasilkan data numerik atau nilai ketika timah dioksida (SnO_2) merespons panas dan jika berada di dekat sumber gas. Transfer energi dan pergerakan elektron menghasilkan tegangan dan data yang dapat dibaca [12].

2.7. *Solar Cell*

Salah satu jenis teknologi semikonduktor yang ditujukan untuk pembangkit listrik adalah *solar cell* (fotovoltaik, atau PV). Mekanisme kerja dasarnya sebanding dengan persimpangan p-n dioda cahaya (*fotodioda*), dan merupakan kebalikan dari LED (*Light Emitting Diode*), yang mengubah energi listrik menjadi cahaya. Ketika energi foton yang datang lebih besar dari celah energi ini, maka foton akan diserap oleh semikonduktor untuk membentuk pasangan *elektron-hole* sebagai pembawa muatan (*carrier*).Selanjutnya *elektron* dan *hole* bergerak berturut-turut ke arah lapisan semikonduktor p dan semikonduktor n sehingga timbul beda potensial dan *photocurrent* (arus yang dihasilkan oleh cahaya) [19].

2.8. *Solar Charge Controller*

Perangkat listrik yang disebut *solar charge controller* digunakan untuk mengontrol arus searah yang mengisi daya baterai dan menyediakan listrik ke beban dari baterai. Dengan mencegah pengisian daya yang berlebihan dan tegangan berlebih dari panel surya atau sel surya, alat ini membantu memperpanjang usia baterai dengan mencegah tingkat tegangan yang lebih tinggi dan pengisian daya. Teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) digunakan oleh *solar charge controller* untuk secara efisien mengontrol proses pengisian daya baterai dan aliran arus dari baterai ke beban. Tegangan *output* panel surya biasanya berkisar antara 16 hingga 21 volt. Karena baterai biasanya diisi pada tegangan antara 14 dan 14,7 volt, baterai akan rentan terhadap kerusakan akibat pengisian daya yang berlebihan dan ketidakstabilan tegangan tanpa *solar charge controller* [26].

2.9. *Database Firebase Real-time*

Database yang dapat menyimpan data secara online salah satunya adalah *Firebase Realtime Database*. Setiap klien yang terhubung dapat melakukan sinkronisasi data secara real-time, yang disimpan dalam format JSON [27]. Tiga elemen utama dari layanan ini adalah:

1. *Real-time*
Semua klien yang terhubung akan segera melihat perubahan apa pun yang ada pada database.
2. *Offline*
Aplikasi yang menggunakan fungsi ini akan tetap bekerja dengan baik meskipun tidak ada koneksi internet. Hal ini dimaksudkan agar data dan modifikasi yang dilakukan pada penyimpanan lokal klien dapat dipertahankan oleh Firebase SDK (*Software Development Kit*). Firebase SDK segera mengubah catatan perubahan data pada penyimpanan klien untuk mencerminkan kondisi Firebase Server saat ini ketika klien terhubung kembali ke internet.
3. *Accessible from client devices*
Layanan ini memudahkan untuk mengakses *Firebase Realtime Database* langsung dari browser web atau perangkat seluler, tanpa memerlukan server aplikasi.

Karena basis data Firebase bersifat non-relasional, atau NoSQL, basis data ini menyimpan data di *cloud*, bukan secara lokal di perangkat dan tidak menggunakan pendekatan berbasis tabel untuk penyimpanan data. Selain itu, basis data Firebase memiliki sejumlah fitur dan pengoptimalan yang membedakannya dari basis data relasional.[27].

2.10. Statistika

Statistik merupakan sekumpulan data, baik numerik maupun tidak, yang telah disusun atau disajikan dengan cara tertentu (biasanya dalam tabel atau grafik) untuk merepresentasikan situasi atau masalah disebut sebagai data statistik. Sedangkan statistika mencakup semua informasi dan prosedur yang terkait dengan pengumpulan, pengorganisasian, pemrosesan, dan evaluasi data serta berbagai pendekatan untuk analisis data [28].

1. Rumus perpindahan
Untuk mendapatkan nilai ketinggian sampah yang di ukur oleh sensor ultrasonik menggunakan rumus perpindahan berikut ini:

$$\Delta s = (s_2 - s_1) \quad (2.1)$$

Di mana:

Δs = tinggi sampah

s_2 = tinggi tempat sampah

s_1 = jarak yang terukur oleh sensor ultrasonik

- Perhitungan menentukan nilai persentase kesalahan

Untuk mendapatkan nilai persentase kesalahan menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{persentase kesalahan} = \frac{|\text{nilai asli} - \text{nilai pengukuran}|}{\text{nilai asli}} \times 100 \quad (2.2)$$

- Perhitungan menentukan nilai rata-rata

Untuk mendapatkan nilai rata-rata menggunakan rumus berikut ini:

$$x = \frac{\sum x}{N} \quad (2.3)$$

Di mana:

X = nilai rata-rata

$\sum x$ = jumlah data

N = banyaknya data

- Merubah nilai menjadi persentase

Untuk mendapatkan nilai ketinggian sampah dalam bentuk persentase menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{persentase} = \left(\frac{\text{data terukur}}{\text{data total}} \right) \times 100 \quad (2.4)$$

- Perhitungan untuk mengetahui keakuratan alat

$$x = \frac{\sum x}{N} \quad (2.5)$$

Di mana:

X = Rata-rata persentase kesalahan

$\sum x$ = Total persentase kesalahan

N = Total pengujian

$$Y = 100\% - X \quad (2.6)$$

Di mana:

Y = Keakuratan alat

X = Rata-rata persentase kesalahan