

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Menurut penelitian Rossi Prabowo dan Renan Subantoro tahun 2019 yang berjudul “Analisis Tanah Sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Lahan Budidaya Pertanian Di Kota Semarang” meneliti tentang analisis indikator tingkat kesuburan tanah dengan penggunaan pupuk kimia dan pestisida secara terus menerus. Tujuannya untuk mengetahui parameter kesuburan tanah pada lahan budidaya pertanian di Semarang dengan cara pengambilan dan uji sampel dari beberapa parameter salah satunya pH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel tanah masih mengandung unsur hara yang tercantum itu parameter pH bernilai negatif yang artinya memiliki tingkat keasaman yang tinggi [7].

Penelitian yang dilakukan Tukadi dan Adi Nugroho pada tahun 2022 yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Tanah Pada Pot Tanaman Berbasis *Internet of Things* (IoT)” ini mengenai tanaman hias anggrek. Pada penelitian ini merancang monitoring kualitas tanah tanah berbasis IoT dengan aplikasi web dan android. disini menggunakan sensor ultrasonik, Arduino Uno sebagai mikrokontrolernya, sensor DHT11, sensor pH tanah, sensor kelembapan (y1-69) dan Wemos D1 mini yang terintegrasikan modul WiFi. Hasil pengujiannya dapat menampilkan data kuantitatif rata-rata keakurasian dalam setiap sensor [8].

Selanjutnya menurut penelitian Somantri dan Cep Mamun tahun 2021 yang berjudul “Sistem Monitoring Pemeliharaan Tanaman Cabe Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan *Mobile Apps*” yang menjelaskan cara memelihara tanaman cabai menggunakan sensor pH, DHT11, dan kelembaban tanah (YL-69). Untuk melakukan penelitian ini, sensor dikalibrasi dan dibandingkan dengan perangkat pengukuran yang standar industri saat ini dan tersedia untuk dibeli. Hasil pengujian data kemudian akan diunggah ke *Thingspeak* Web sehingga pengguna dapat melacaknya menggunakan aplikasi yang dibuat dengan *MIT App Inventor* dan dipasang di smartphone Android [9].

Menurut penelitian Rufhotuz Zuhrotul Wardah, Farida Arinie S, dan Waluyo pada tahun 2019, yang membahas tentang “Deteksi Kadar Keasaman

Media Tanah Untuk Penanaman Kembali Secara Telemonitoring”. Dalam penelitian ini, evaluasi pH dan kelembaban kondisi tanah merupakan teknik terbaik untuk memastikan nilai variabel yang mempengaruhi kondisi tanah yang sempurna. Dengan ini akan dibuat sistem pemantauan berdasarkan tingkat keasaman dan kelembaban menggunakan sensor berbasis web. Menurut hasil penelitian, tanah berpasir dengan nilai kelembaban 7-8 dan nilai pH 6,5-7,5 merupakan media tanah terbaik untuk tanaman cabai. Keterlambatan rata-rata dalam mengirimkan data dari perangkat ke web digolongkan sebagai indeks 3, yang menandakan bahwa prosesnya cukup rumit. Rata-rata waktu komunikasi antara *node* dan website adalah 344 ms, yang selanjutnya akan distandarisasi oleh TIPHON [10].

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Tanah

Menurut E. Saifudin Sarief, tanah adalah benda alam yang terdapat di permukaan bumi. Tersusun atas bahan mineral hasil pelapukan batuan dan bahan organik hasil pelapukan sisa tumbuhan dan hewan, keduanya menjadi media tumbuh-tumbuhan dengan sifat tertentu sebagai akibat dari beberapa faktor, antara lain faktor alam, iklim, bahan induk, jasad hidup, bentuk kawasan, dan lama waktu pembentukan tanah. Lapisan paling atas dari kerak bumi disebut tanah, dan terdiri dari partikel lepas dan remah-remah yang terbuat dari berbagai unsur, termasuk Si, Al, Ca, Mg, dan Fe. Biasanya memiliki ketebalan antara film tipis dan lebih dari 3 meter, tidak dilapisi, dan berbeda dari bahan dasarnya dalam hal warna, karakteristik fisik, karakteristik kimia, dan karakteristik biologis [11].

Tanah sawah, di sisi lain mengacu pada tanah yang telah disisihkan untuk budidaya tanaman padi dataran rendah dan di mana banjir biasanya terjadi selama atau dekat waktu pertumbuhan padi. Tanah lahan basah, juga dikenal sebagai tanah sawah lahan basah, diklasifikasikan sebagai tanah lahan basah tetapi berbeda dari tanah rawa (tanah Mars), tanah terendam (*waterlogged soils*), dan tanah *subaquatic* (tanah *subaquatic*) dalam hal pengelolaan karena tidak tergenang secara permanen. Lapisan oksidasi di bawah permukaan air akibat difusi O₂ setebal 0,8-1,0 cm inilah yang membedakan tanah sawah dengan tanah tergenang lainnya. Lapisan ini diikuti oleh lapisan reduksi, dengan ketebalan 25 sampai 30 cm, dan terakhir lapisan tapak bajak tahan air. Selain itu, akar tanaman padi mengeluarkan oksigen selama proses

pertumbuhan, memberikan tampilan yang khas pada tanah sawah. Pengelolaan tanah ini meliputi (i) meratakan tanah dan pematang bangunan (ii) mengotori, mencangkul, dan melumat tanah dengan air jenuh (iii), (iv) menggenangi tanah dengan air setinggi 5-10 cm selama 4-5 bulan (v), (iv) menguras air dan mengeringkan lahan saat panen, dan (v) menggenangi kembali lahan setelah selang waktu beberapa minggu sampai 8 bulan [12].

Tanah dapat dikatakan subur apabila tanah memiliki kandungan unsur hara yang cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Kandungan unsur hara yang cukup dalam tanah akan membantu pertumbuhan tanaman sehingga tanaman mampu menghasilkan produk dengan kualitas dan kuantitas baik. Berikut indikator kesuburan tanah dari karakteristik sifat fisik, kimia, dan biologi tanahnya. Secara fisik, 50% dari tanah tersusun atas mineral dan bahan organik, sedangkan 50% sisanya terdiri atas ruang pori yang terisi air dan udara. Tanah yang subur pada umumnya memiliki tekstur pasir, lempung dan debu yang seimbang. Pasir akan mengalirkan udara masuk ke dalam tanah sehingga dapat membantu akar tanaman untuk bernafas. Persentase pasir di dalam tanah perlu diimbangi dengan lempung yang dapat mengikat air untuk diserap tanaman dan debu yang merupakan serpihan bahan organik yang secara tidak langsung mampu memperkaya unsur hara untuk kepentingan tumbuh kembang tanaman.

Indikator penting lainnya dalam menentukan kesuburan tanah adalah sifat kimia yang terdiri atas derajat keasaman tanah (pH), kandungan unsur hara dan kandungan bahan organik (BO). Tingkat keasaman (pH) sangat berpengaruh terhadap kandungan unsur hara dan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Tanah yang dikatakan subur adalah tanah yang memiliki pH sekitar 6 – 7,5 atau pada pH netral, karena pada pH tersebut kebanyakan unsur hara mudah larut dalam air dan mikroorganisme dapat berkembang dengan baik. Selain derajat keasaman, kandungan bahan organik dalam tanah memiliki peran untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara dan meningkatkan kesuburan tanah. Dengan kata lain penyerapan unsur hara lebih maksimal karena bahan organik dapat meningkatkan muatan negatif sehingga akan meningkatkan kapasitas tukar kation unsur haranya akan menjadi optimal.

Dilihat dari sifat biologinya, dalam tanah subur yang terdapat adanya aktivitas mikroorganisme. Mikroorganisme sangat berperan penting dalam pembentukan kesuburan tanah, mikroorganisme akan membantu proses perombakan atau dekomposisi bahan organik menjadi humus yang baik untuk tumbuh kembang tanaman. Selain itu, banyaknya aktivitas mikroorganisme mampu menghasilkan CO₂ dan membantu aerasi tanah sehingga dapat membantu proses fotosintesis dari tanaman yang tumbuh di atasnya. Maka dari itu, tanah dapat dikatakan subur apabila didalamnya terdapat mikroorganisme baik yang membantu menyuburkan tanah [13].

2.2.2 Kesuburan Tanah

Kemampuan suatu tanah untuk terus menyediakan unsur hara dalam jumlah tertentu dan seimbang untuk mendukung pertumbuhan jenis tanaman tertentu dalam suatu lingkungan dengan faktor pertumbuhan lain dalam kondisi yang menguntungkan dikenal sebagai kesuburan tanah. Semakin banyak unsur hara yang tersedia, semakin subur tanah tersebut, begitu pula sebaliknya. Tergantung pada musim, pengolahan tanah, dan varietas tanaman, jumlah unsur hara dalam tanah selalu berfluktuasi [14].

Produktivitas suatu tanah tercermin dari kesuburannya. Kapasitas tanah untuk memberikan tingkat nutrisi yang cukup dan seimbang untuk menopang pertumbuhan tanaman dikenal sebagai kesuburan tanah. Menurut beberapa temuan penelitian, bagaimanapun, tanah dianggap subur bukan hanya karena adanya unsur hara, tetapi juga karena tanaman juga membutuhkan faktor lain untuk pertumbuhan yang optimal, seperti ketersediaan air yang cukup, pengkondisian udara tanah, dan adanya mikroorganisme tanah yang berperan sebagai pemecah bahan organik. Hal ini mengandung arti bahwa untuk menciptakan kondisi tanah yang sehat harus ada kesuburan fisik dan biologi tanah [15].

Ada beberapa cara untuk menentukan kesuburan tanah. Konsep tanah subur adalah kemampuan tanah untuk menyediakan unsur hara bagi tanaman dalam kondisi tersedia, cukup, dan seimbang. Pengertian kesuburan tanah didasarkan pada kebutuhan unsur hara tanaman.

- Ketersediaan: keadaan dimana unsur hara dapat diserap oleh akar dan dapat dicerna oleh akar.

- Cukup: Kondisi nutrisi ini sesuai dengan kebutuhan tanaman pada setiap tahap pertumbuhan.
- seimbang: merupakan suatu kondisi ketika unsur hara, baik makro maupun mikro, terkonsentrasi dalam jumlah yang cukup seimbang. Sedangkan kesuburan tanah ada dua kategori:[16]
 - a. Kesuburan tanah aktual (alami) mengacu pada kapasitas tanah untuk memasok tanaman dengan unsur hara, udara, dan udara pada waktu dan lingkungan tertentu.
 - b. Kesuburan tanah potensial adalah kapasitas tanah untuk memasok tanaman dengan unsur hara, air, dan air pada waktu dan lokasi tertentu setelah hambatan apa pun telah diatasi sepenuhnya. untuk meningkatkan kesuburan tanah yang ada menjadi kesuburan tanah potensial.

2.2.3 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah jaringan yang menghubungkan berbagai item dengan identitas dan alamat IP sehingga mereka dapat berkomunikasi dan berbagi data tentang diri mereka sendiri dan lingkungan yang mereka rasakan. Objek IoT dapat menggunakan atau menyediakan layanan dan berkolaborasi untuk mencapai tujuan bersama. IoT telah mengubah definisi internet dari komputasi di mana saja, kapan saja menjadi apa saja, siapa saja, dan layanan apa saja berkat kemampuan ini. Kemampuan untuk mengidentifikasi objek adalah salah satu fitur implementasi. Serangan pada keamanan IoT dapat menargetkan jaringan komunikasi, label RFID, dan privasi data. Tindakan dan prosedur keamanan diperlukan untuk menghentikan dan mengalahkannya [17] .

2.2.4 *Wireless Fidelity (WiFi)*

Berdasarkan spesifikasi IEEE 802.11, *Wireless Fidelity* adalah sekumpulan standar teknologi jaringan *Wireless Local Area Network (WLAN)*. Standar IEEE 802.11a menetapkan bahwa teknologi Wi-Fi dapat beroperasi antara 5,1 GHz dan 5,9 GHz. Penelitian dilakukan pada frekuensi 5,4 GHz pada pita frekuensi ini. [18].

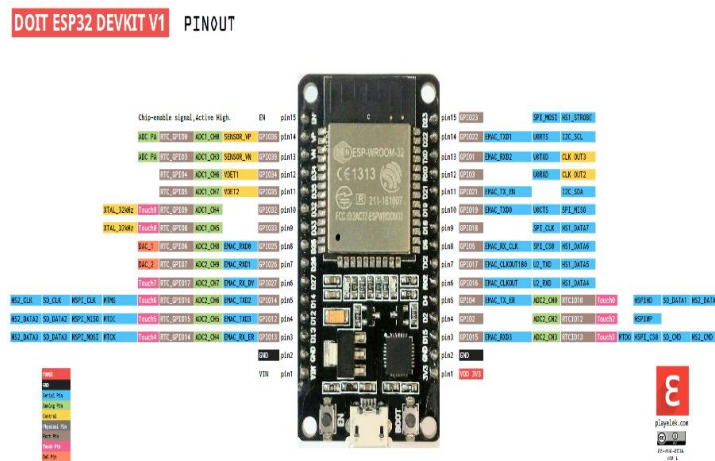
Wireless Fidelity dikenal sebagai WiFi. WiFi adalah teknik berbagi data secara nirkabel yang dapat dimanfaatkan oleh berbagai perangkat elektronik, antara lain komputer, ponsel, tablet, dan lain sebagainya. WiFi menawarkan sejumlah manfaat yang mengangkatnya ke status diva komunitas. Protokol adalah

seperangkat pedoman, metode, atau standar yang digunakan dalam jaringan komputer untuk mengkomunikasikan data antar perangkat elektronik. Protokol mengontrol atau mengizinkan asosiasi, dialog, dan pertukaran data antara dua atau lebih komputer. Kombinasi perangkat lunak dan perangkat keras dapat digunakan untuk mengimplementasikan protokol.

WiFi memiliki sejumlah manfaat, seperti memungkinkan penggunaanya untuk bergerak lebih leluasa, mempermudah akses jaringan internet, dan memanfaatkan listrik dengan signal lebih baik. Terlepas dari keunggulan teknologi ini, ada juga kelemahan yang melekat, seperti jaringan yang kurang aman yang dapat disadap, gadget yang mahal, dan terkadang kualitas sinyal yang buruk. Hal ini sejalan dengan gagasan bahwa tingkat keamanan dalam sistem informasi itu sendiri berbanding terbalik dengan seberapa mudah informasi dapat diakses. Mengingat hal tersebut di atas, menarik untuk membicarakan tentang keamanan jaringan [19].

2.2.5 Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP 32 yang diperkenalkan oleh *Espressif System* adalah pengganti mikrokontroler ESP8266. Modul WiFi untuk mikrokontroler ini sudah terpasang di dalam *chip*, menjadikannya alat yang hebat untuk mengembangkan sistem aplikasi *Internet of Things*. Pin out dari ESP32 dapat dilihat pada gambar di bawah ini. LCD, lampu, dan bahkan motor DC dapat dihidupkan atau dimatikan menggunakan pin ini sebagai input atau *output* [20].



Gambar 2. 1 ESP32 dan bagian-bagian pinnya [20]

Pada Gambar 2.1 ini dijelaskan secara lengkap gambaran tampilan dari mikrokontroler ESP32 beserta dengan bagian-bagian dan letak pinnya. Dari berbagai mikrokontroler pastinya terdapat kelebihan dan kekurangan dari masing-

masing mikrokontroler. Tabel 2.1 dijelaskan mengenai perbedaan mikrokontroler ESP32 dengan mikrokontroler yang lainnya sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Perbedaan ESP32 dengan Mikrokontroler lain

Spesifikasi	Arduino Uno	Node MCU (ESP8266)	ESP 32
Tegangan	5 Volt	3.3 Volt	3.3 Volt
CPU	ATmega328 - 16MHz	Xtensa single core L106 - 60 MHz	Xtensa dual core LX6 - 160MHz
Arsitektur	8 bit	32 bit	32 bit
Flash Memory	32kB	16MB	16MB
SRAM	2kB	160kB	512kB
GPIO Pin (ADC/DAC)	14 (6/-)	17 (1/-)	36 (18/2)
Bluetooth	Tidak ada	Tidak ada	Ada
WiFi	Tidak ada	Ada	Ada
SPI/I2C/UART	1/1/1	2/1/2	4/2/2

Pada Tabel 2.1 menjelaskan spesifikasi beberapa mikrokontroler mulai dari *pin out* yang lebih banyak, pin analog yang lebih banyak, memori yang lebih besar, hadirnya Bluetooth 4.0 *low energy* dan WiFi, serta kemampuan implementasi *Internet of Things*, terlihat perbedaan yang membuat mikrokontroler ESP32 lebih unggul dari mikrokontroler lainnya.

2.2.6 Arduino IDE

Arduino IDE adalah alat yang berguna untuk membuat program, menyusunnya, dan sekaligus mengunggahnya ke papan Arduino. Program-program ini dikenal sebagai sketsa di Arduino. *Arduino Software (IDE)* termasuk menu, toolbar dengan tombol untuk operasi tipikal, kotak pesan, konsol teks, dan editor teks untuk menulis kode. mengunggah program ke dan berkomunikasi dengan perangkat Genuino dan Arduino melalui koneksi [21].



Gambar 2. 2 Arduino IDE [21]

Gambar 2.2 membahas mengenai Arduino IDE fungsinya untuk memudahkan pemula dalam mempelajari cara memprogram dari awal, bahasa pemrograman Arduino (*Sketch*) telah dimodifikasi. Program *Bootlader*, yang berfungsi sebagai jembatan antara kompiler Arduino dan mikrokontroler, diintegrasikan ke dalam IC mikrokontroler Arduino sebelum tersedia untuk dibeli. Java adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat Arduino IDE. Pustaka C/C++ yang disebut *Wiring* yang menyederhanakan operasi input dan *output* juga disertakan dengan Arduino IDE.

Perangkat lunak Pemrosesan, yang diubah menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman Arduino, menjadi dasar pengembangan Arduino IDE ini. Terdapat semacam *message box* berwarna hitam pada *Software* Arduino IDE yang berfungsi untuk menampilkan informasi status seperti pesan *error*, *compile*, dan *upload* program. Papan yang dikonfigurasi dan *Port* COM yang digunakan ditampilkan di sudut kanan bawah perangkat lunak Arduino IDE [22].

2.2.7 LCD (*Liquid Crstal Display*)

Sebagai pengganti penggunaan *seven segment*, *liquid crystal display* (LCD) merupakan perangkat yang sering digunakan untuk menampilkan data. LCD digunakan untuk berkomunikasi dengan orang dengan menulis atau menunjukkan gambar. Pin pada LCD dan *port* pada mikrokontroler perlu dikonfigurasi untuk menghubungkan mikrokontroler ke LCD [23].

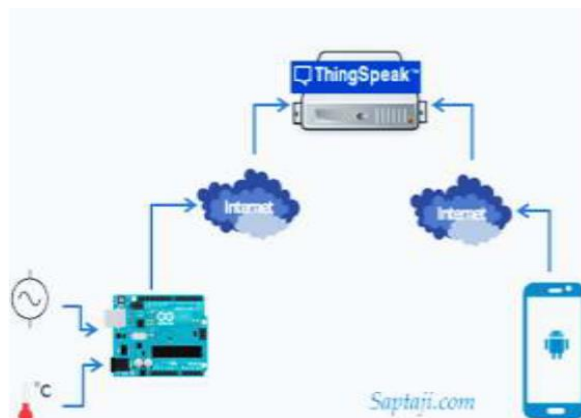


Gambar 2. 3 LCD 16x2 [23]

Gambar 2.3 tentang LCD 16 x 2 merupakan jenis LCD yang hanya dapat menampilkan karakter, terutama karakter ASCII (seperti yang terdapat pada *keyboard* komputer). LCD Grafik = LCD Grafik, sebaliknya, adalah LCD dengan tampilan fleksibel yang dapat menampilkan foto. Pertumbuhan LCD grafis mirip dengan layar LCD yang biasanya digunakan di laptop dan notebook. Kami akan fokus pada LCD 16 x 2 dalam percakapan ini. Teks dapat ditampilkan pada komponen *Liquid Crystal Display* (LCD). Ada dua baris dari enam belas karakter masing-masing dalam satu jenis. Biasanya, LCD semacam itu disebut sebagai LCD 16 x 2. Jenis LCD karakter yang tersedia saat ini biasanya diidentifikasi dengan nomor matriks yang mewakili jumlah total karakter yang dapat ditampilkan pada LCD, atau produk dari kolom karakter dan baris karakter. Misalnya, LCD berukuran 16 kali 2, yang berarti 16 kolom dan 2 baris ruang karakter, yang berarti total 32 karakter yang dapat ditulis [24].

2.2.8 *Thingspeak*

Thingspeak adalah penyedia layanan *cloud* untuk jaringan internet yang menawarkan berbagai layanan unik untuk mengembangkan aplikasi IoT. Pengumpulan data waktu nyata, visualisasi data dalam format grafik, dan plugin untuk integrasi dengan layanan web, jejaring sosial, dan API hanyalah sebagian dari kemampuan yang ditawarkan oleh *Thingspeak* [25].



Gambar 2. 4 Skema *Thingspeak* [25]

Gambar 2.5 mengenai skema *Thingspeak* dapat diakses secara *free* dengan berbagai fasilitas yang dapat digunakan. Namun jika kita ingin mendapatkan fasilitas yang lebih banyak lagi, silakan dapat *upgrade platform* ini dengan membayar. *Thingspeak* dapat digunakan secara *open source* untuk menjalankan aplikasi dengan menggunakan API. Data yang sudah masuk pada *Thingspeak* juga dapat dipantau pada tampilan *Thingspeak* [25].

2.2.9 Sensor Suhu DS18B20

Dallas Semikonduktor menciptakan sensor DS18B20, sensor suhu digital. Sensor DS18B20 menggunakan protokol komunikasi satu kabel untuk melaporkan data suhu. DS18B20 berisi tiga pin: pin +5V, pin *ground*, dan dua pin input/output data. Sensor DS18B20 adalah termometer 9–12bit yang mengukur suhu. Suhu antara -55°C dan 125°C dapat diukur dengan sensor DS18B20. Selain itu, sensor suhu DS18B20 dapat menarik semua dayanya dari jalur data, meniadakan kebutuhan akan daya tambahan. Dikarenakan 64-bit, sensor DS18B20 istimewa karena dapat terhubung ke jumlah fungsi yang sama dengan satu kabel [26].



Gambar 2. 5 Sensor DS18B20 [26]

Gambar 2.5 merupakan gambaran fisik dari sensor suhu DS18B20. Cara kerja dari sensor suhu DS18B20 ini menggunakan prinsip konversi langsung (perubahan resistansi) yang terjadi pada bahan semikonduktor saat suhunya berubah. Sensor DS18B20 ini menggunakan antarmuka *one wire* yang artinya hanya satu jalur komunikasi untuk mengirim dan menerima datanya sehingga memungkinkan untuk menghubungkan banyak sensor. Sensor ini akan mengubah perubahan resistansi sesuai dengan suhu disekitarnya, pada saat suhu tinggi, resistansi semikonduktornya dalam sensor akan berubah. Sensor DS18B20 akan mengukur perubahan resistansinya dan mengkonversinya menjadi sinyal digital, fitur utama dari sensor ini yaitu mengubah nomor bitnya sesuai dengan perubahan

suhu yang terjadi, seperti contoh mengubah bit dalam 9, 10, 11, 12bit sebagai perubahan suhu dalam nilai 0,5°C. Setiap nilai bitnya itu berpengaruh terhadap perubahan nilai suhunya masing-masing 0,25°C, 1,25°C dan 0,0625°C. Nilai bit-nya biasanya 12bit tetapi nilainya berubah sesuai dengan perubahan suhu, mempunyai alarm dan LCD sebagai alarm perubahan suhu yang bekerja dan perubahan nilai suhu yang bisa didapatkan di LCD[27].

2.2.10 Sensor pH Tanah

Sensor yang mengukur keasaman dan kebasaan adalah sensor pH tanah. Sensor pH tanah ini mengukur skala dari 3,5 hingga 8. Koefisien linearitas untuk pH tanah adalah 0,9962. Spesifikasi dan kalibrasi sensor yang digunakan ditampilkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Karakteristik sensor

Parameter	Simbol	Terendah	Tertinggi	Unit
Tegangan masukan	Vcc	3	4.7	V
Tegangan keluaran	Delta Volt	4	45	ADC
Respon Waktu	T	0.1	0.3	S
Sensitivitas	Vcc	0.036	0.234	V

Dari Tabel 2.2 dijelaskan tentang karakteristik dari sensor pH tanah dengan beberapa parameter seperti tegangan masukan, tegangan keluaran, respon waktu, dan sensitivitas dari sensor tersebut. Parameter tersebut diukur dengan mengambil rentan nilai terendah sampai nilai tertinggi dari setiap parameter. Sedangkan untuk Tabel 2.3 ini membahas mengenai kalibrasi dari sensor pH tanah.

Tabel 2. 3 Kalibrasi Sensor

Tanah Asam				Tanah Basa		
Cairan Asam (ml)	PH	AVO Meter (mV)	ADC	Cairan Asam (ml)	PH	AVO Meter (mV)
0	7	49.7	7	0	7	41.5
6	6	117.9	20	6	6	36

12	4.9	209	35	12	-	-
18	4.3	234	45	18	-	-

Berdasarkan Tabel 2.3 tentang kalibrasi sensor ini terdapat dua macam yaitu tanah asam dan tanah basa dengan variasi banyaknya cairan asam yang berikan. Nilai yang akan ditunjukkan berupa nilai pH di tanah asam dan nilai pH di tanah basa dengan kadar cairan asam tertentu.



Gambar 2. 6 Sensor pH Tanah [28]

Pada Gambar 2.6 menunjukkan gambar fisik dari sensor pH tanah ini sendiri yang bekerja pada tegangan DC 5 Volt. Kedalaman tanah pada saat pengukuran sebesar 6 cm dari ujung sensor[28].

Sensor pH ini dengan cara mengukur tingkat keasaman atau alkanalitis dalam tanah. Prinsip kerjanya melibatkan elektroda yang merespon perubahan konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam larutan disekitar elektroda tersebut. Pada saat elektroda ini dicelupkan atau ditancapkan ke dalam tanah, maka akan menghasilkan potensial listrik yang bergantung pada konsentrasi ion H^+ di sekitarnya. Sensor pH ini umumnya terdiri dari dua jenis elektroda yaitu elektroda referensi dan elektroda indikator. Elektroda referensi memiliki potensial tetap yang digunakan sebagai acuan, sementara elektroda indikator berubah potensial sesuai dengan konsentrasi ion H^+ di tanah. Perbedaan potensial antara kedua elektroda ini memberikan nilai pH tanah. Untuk membaca hasil pengukuran, sensor pH tanah perlu dihubungkan ke alat pengukur yang memiliki tampilan angka pH, salah satu contoh LCD 16x2 yang biasa dipakai di projek Arduino [29].

2.2.11 *Powerbank*

Saat Anda berada di luar atau jauh dari sumber listrik, Anda dapat memanfaatkan *powerbank* sebagai baterai cadangan atau perangkat penyimpanan daya. Untuk penggunaan pribadi, yang harus kita lakukan hanyalah menghubungkan kabel USB, persis seperti yang kita lakukan saat mengisi ulang ponsel (25). Dikarenakan *portabel*, kecil, dan nyaman, *powerbank* ini dapat digunakan kapan saja dan di mana saja sesuai tujuan penggunaannya. *Powerbank* ini sangat cocok untuk pemilik bisnis dan profesional yang sering berada di luar. *Powerbank* kompak ini memiliki kapasitas daya mulai dari 3000 mAh hingga 11000 mAh [30].

2.2.12 *Gaby Rapid Soil Meter*

Gaby rapid soil meter ini adalah salah satu alat ukur parameter tanah yang mencakup parameter unsur NPK, pH, EC (*electric conductivity*), kelembapan, dan suhu. Fitur yang ditampilkan pada alat ukur ini banyak seperti, tombol perekaman mulai /*stop*, menampilkan data *real time*, mode tampilan digital tampilan kurva *real time*, penyimpanan data sampai 100.000 data dan dapat di-*export* ke komputer pada excel. Berikut gambar alat ukur *Gaby Rapid Soil Meter*.



Gambar 2. 7 *Gaby Rapid Soil Meter* [31]

Gambar 2.7 gambaran tentang alat ukur konvensional *Gaby Rapid Soil Meter*. Keunggulan dari alat ukur *Gaby Rapid Soil Meter* ini memiliki tampilan layar yang besar, kapasitas penyimpanan yang besar, memiliki tombol yang beragam, penyimpangan nol kecil dan pengulangan yang bagus, alarm otomatis,

konsumsi daya rendah, sensitivitas tinggi dan respon cepat, *export* data dengan satu klik, serta mendukung pelaporan data *cloud* [31].

2.2.13 Persentase Error

Perhitungan nilai *error* dan persentase nilai *error* dari perbandingan pembacaan sensor dengan alat pengujian dapat digunakan untuk menentukan pemanfaatan sensor. Sensor dapat disertifikasi praktis dan layak jika diketahui nilai *error* -nya. Rumus di bawah ini digunakan untuk menentukan nilai *error* dan persentase *error* [32].

$$\%Error = \left| \frac{X - X_i}{X} \right| \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan:

X = nilai sebenarnya (instrument *standart*)

X_i = nilai yang terukur (nilai dari *prototype*)

2.2.14 Akurasi

Akurasi adalah tolak ukur yang digunakan untuk menentukan seberapa tepat suatu pola klasifikasi memprediksi kelas data dari data yang akan datang. Dalam praktek data mining, pengujian akurasi suatu pola klasifikasi menggunakan pengujian data, sedangkan untuk menemukan pola itu sendiri digunakan data pelatihan. Pembagian penyajian jumlah data training dan data testing dari suatu dataset merupakan salah satu faktor penentu besaran akurasi. Sehingga kesalahan dalam menentukan kesalahan menentukan komposisi antara kedua jenis data tersebut akan mempengaruhi nilai akurasi yang diperoleh [33].

Akurasi adalah proporsi dari total prediksi *true* dari semua data. Rumus akurasi adalah: [34]

$$Akurasi = 100\% - error (\%) \quad (2.2)$$

Keterangan :

Error % = Persentase *error*

2.2.15 Presisi

Presisi (P) adalah berapa banyak hasil data yang telah diperoleh ini sesuai terkait informasi yang dicari. Dapat dikatakan bahwa semua data yang diprediksi sebagai kelas positif dan semua data diprediksi sebagai kelas positif. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung nilai presisi [34].

$$P = 100\% - \text{StdDev}(\%) \quad (2.3)$$

Keterangan:

P = Presisi

StdDev = Standar Deviasi (simpangan baku)