

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tanah

Tanah adalah pelapukan batuan yang dilakukan oleh organisme, yang membentuk tubuh khusus yang menutupi batuan. Pedogenesis adalah proses di mana bottoming terjadi. Tanah berfungsi untuk menopang akar, yang penting untuk kehidupan tanaman, selain menyediakan unsur hara dan air. Tanah terdiri dari mineral dan bahan organik dan merupakan bagian dari kerak bumi. Strukturnya berongga, memungkinkan akar bernafas dan berkembang biak. Tanah juga memainkan peran penting sebagai tempat tumbuhnya vegetasi, yang sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Vegetasi dapat tumbuh subur dan mendapatkan hasil panen yang optimal dibutuhkan tanah yang subur dan kriterianya sesuai dengan tumbuhan yang dibudidayakan. Sifat fisik, kimiawi, dan biologi tanah sangat penting untuk menentukan kesuburan tanah.

2.2 pH Tanah

PH tanah adalah tingkat keasaman atau kebasaan pada tanah yang diukur dengan skala pH antara 0 dan 14. Skala pH ini terbalik, artinya tanah yang sangat masam memiliki nilai pH yang rendah dan konsentrasi ion hidrogen yang tinggi, sementara tanah dengan nilai pH tinggi (basa) memiliki konsentrasi ion hidrogen yang lebih rendah. Nilai pH beberapa tanah berkisar antara 3,5 dan 10. pH alami tanah biasanya antara 5 dan 7 di lingkungan yang lembab, sementara di lingkungan yang lebih kering dapat mencapai 6,5 hingga 9.

2.3 Tanaman Kopi

Tanaman kopi merupakan komoditi perkebunan yang mempunyai nilai ekonomi tinggi sehingga prospektif untuk dikembangkan. Pusat penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (Puslitkoka, 2019) menyatakan bahwa terdapat berbagai jenis kopi yang ditanam di Indonesia diantaranya yaitu kopi Arabika, kopi Robusta, dan kopi Liberika.

VOC pertama kali memperkenalkan pabrik kopi pada tahun 1696. Kopi yang diperkenalkan pada tahun 1699 adalah kopi arabika. Penanaman baru saja dimulai penelitian karena hasilnya cukup menguntungkan sebagai komoditi bisnis kemudian VOC mulai mendistribusikan bibit kopi ke berbagai daerah di Indonesia.

Tahun 1878, perkembangan kopi arabika mengalami wabah penyakit *Hemelia vastatrix* (HV) yang menyerang daun. Kemudian VOC memperkenalkan kopi Robusta ke Indonesia pada tahun 1900 karena keistimewaannya rentan terhadap penyakit HV. Indonesia adalah negara produsen kopi terbesar keempat di dunia setelah Kolombia, Brasil, dan Vietnam. Bahkan kopi Jenis kopi itulah yang mendominasi perkebunan kopi di Indonesia (Sri Najiyanti, 2001).

Menurut dinas pertanian Indonesia, melalui *pertanian.go.id* menyatakan bahwa tanaman kopi menyukai kondisi tanah yang lembab dengan ukuran pH tanah yang optimal berkisar 5,5 – 6,5. Sementara menurut Sutan Tantowi Dermawan dalam penelitiannya “*evaluasi kesesuaian lahan untuk tanaman kopi robusta di desa Pajahan Kecamatan Papan Kabupaten Tabanan*” karakteristik atau kualitas tanah yang paling optimal untuk tanaman kopi robusta adalah tanah dengan pH 5,3

– 6,0 (Dermawan et al., 2018). Menurut Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian (Djaenudin et al., 2011) karakteristik lahan yang paling sesuai untuk tanaman kopi arabika yaitu pada tanah yang memiliki tingkat keasaman (pH) sekitar 5,0 – 6,5 dengan kelembaban 40% - 65% sedangkan kopi robusta pada tanah dengan tingkat keasaman (pH) 6,0 – 7,0 dan kelembaban 40% - 65%.

2.4 Internet of Things (IoT)

Internet of Thing (IoT) adalah sebuah metode yang bertujuan untuk memaksimalkan manfaat dari konektifitas internet untuk melakukan transfer dan pemrosesan data-data atau informasi melalui sebuah jaringan internet secara nirkabel, virtual dan otonom. IoT secara teknis dapat mendorong dalam mengembangkan jaringan smart grid dengan mengintegrasikan insfrastruktur utama power sistem mulai dari sisi pembangkit sampai dengan konsumen akhir melalui wireless sensor network secara otomatis. (Hidayatullah & Juliando, 2017)

Menurut Sekawan Media (2020), Internet of Things (IoT) adalah suatu konsep di mana objek memiliki kemampuan untuk mengirimkan atau mentransmisikan data melalui jaringan tanpa bantuan perangkat komputer atau manusia. Perkembangan IoT melibatkan konvergensi teknologi nirkabel, microelectromechanical systems (MEMS), internet, dan QR (Quick Response) code.

IoT merupakan sebuah perkembangan ilmiah yang menjanjikan untuk mengoptimalkan kehidupan. Sejak diperkenalkannya internet pada tahun 1989, banyak kegiatan yang menggunakan internet. Tahun 1990, John Romkey

menciptakan perangkat pemanggang roti yang bisa dihidupkan atau dimatikan melalui internet. Tahun 1997, Paul Saffo memberikan penjelasan singkat pertama tentang sensor dan masa depannya. Pada tahun 1999, Kevin Ashton, direktur eksekutif Auto ID Centre di MIT, menciptakan istilah "Internet of Things" dan menemukan peralatan berbasis RFID (Radio Frequency Identification) dengan sistem identifikasi global. Temuan ini dianggap sebagai lompatan besar dalam komersialisasi IoT.

Tahun 2008, FCC menyetujui penggunaan "White Space Spectrum". Peluncuran Ipv6 pada tahun 2011 menjadi pemicu pertumbuhan yang besar dalam bidang Internet of Things. Perkembangan ini didukung oleh perusahaan-perusahaan besar seperti Cisco, IBM, dan Ericsson, yang banyak berkontribusi dalam pendidikan dan komersialisasi teknologi IoT. Secara umum, IoT dapat dijelaskan sebagai hubungan antara manusia dan komputer.

2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan Integrated Circuit (IC) yang dapat diprogram secara berulang, baik untuk menulis maupun menghapus programnya. Biasanya, mikrokontroler digunakan untuk pengendalian otomatis dan manual pada perangkat elektronik (Sitohang et al., 2018).

Mikrokontroler adalah perkembangan dari mikroprosesor. Mikrokontroler adalah Single Chip Mikrokomputer (SCM), yaitu sebuah komputer yang di paket dengan sebuah chip (IC). Didalamnya sudah terdapat RAM, ROM atau EPROM, timer, asilator, ADC, buffer I/O port, saluran alamat, serta saluran data sehingga

dapat bekerja dengan tepat dan mampu melakukan pekerjaan yang rumit walaupun hanya dengan rangkaian sangat sederhana (Kusumawati & Wiryanto, 2018).

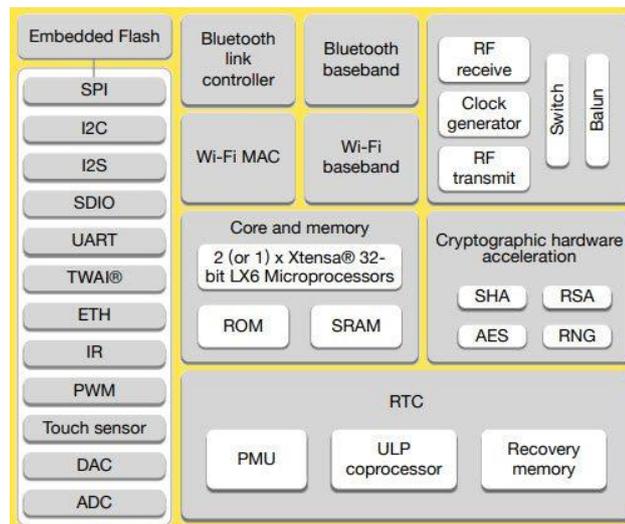
Mikrokontroler pertama kali dikembangkan oleh Texas Instruments pada tahun 1974 dengan seri TSM, yang merupakan mikrokontroler 4-bit yang terintegrasi dalam sebuah chip dan dilengkapi dengan RAM dan ROM. Pada tahun 1976, Intel memperkenalkan mikrokontroler 8748, yang merupakan mikrokontroler 8-bit dari keluarga MCS 48. Seiring perkembangan yang pesat, mikrokontroler yang banyak tersedia di pasaran saat ini adalah mikrokontroler 8-bit dari keluarga MCS51, yang dikeluarkan oleh Atmel dengan serinya AT89Sxx, serta mikrokontroler AVR dengan seri ATMEGA 8535. Cara kerja mikrokontroler melibatkan pembacaan dan penulisan program sesuai dengan kebutuhan sistem yang diinginkan.

2.5.1 ESP32

Mikrokontroler ESP32 merupakan System on Chip (SoC) terintegrasi yang dilengkapi dengan WiFi 802.11 b/g/n dan Bluetooth versi 4.2, serta berbagai peripheral. ESP32 adalah chip yang sangat komprehensif, mencakup prosesor, penyimpanan, dan akses GPIO (General Purpose Input Output). Digunakan sebagai pengganti rangkaian Arduino, ESP32 memiliki kemampuan untuk terhubung langsung ke jaringan WiFi (Wagyana, 2019).

Spesifikasi ESP32 melibatkan dua versi board, yaitu dengan 30 dan 36 pin GPIO. Kedua versi memiliki fungsi yang identik, namun versi 30 GPIO dipilih karena menyertakan dua pin GND. Semua pin pada board ini diberi label dengan

jelas di bagian atasnya, memudahkan identifikasi. Interface USB to UART pada board ini memungkinkan pemrograman yang mudah menggunakan platform pengembangan aplikasi seperti Arduino IDE. Sumber daya untuk board ini dapat disediakan melalui konektor micro USB.



Gambar 0.1 Diagram Blok ESP32

Penjelasan spesifikasi ESP32 pada diagram blok pada gambar adalah sebagai berikut :

- a. Single or Dual-Core 32-bit LX6 Microprocessor with clock frequency up to 240 MHz.
- b. 520 KB of SRAM, 448 KB of ROM and 16 KB of RTC SRAM.
- c. Supports 802.11 b/g/n Wi-Fi connectivity with speeds up to 150 Mbps.
- d. Support for both Classic Bluetooth v4.2 and BLE specifications.
- e. 34 Programmable GPIOs.
- f. Up to 18 channels of 12-bit SAR ADC and 2 channels of 8-bit DAC

- g. Serial Connectivity include 4 x SPI, 2 x I2C, 2 x I2S, 3 x UART.
- h. Ethernet MAC for physical LAN Communication (requires external PHY).
- i. 1 Host controller untuk SD/SDIO/MMC dan 1 Slave controller for SDIO/SPI.
- j. Motor PWM and up to 16-channels of LED PWM.
- k. Secure Boot and Flash Encryption.
- l. Cryptographic Hardware Acceleration for AES, Hash (SHA-2), RSA, ECC and RNG.



Gambar 0.2 ESP32

[sumber : <https://robotics.instiperjogja.ac.id/>]

ESP32 adalah perangkat mikrokontroler yang terbaru dalam serangkaian papan Arduino USB, dan model referensi untuk platform Arduino, untuk perbandingan dengan versi sebelumnya dapat dilihat pada **Tabel** sebagai berikut :

Table 2.1 Spesifikasi dari ESP32

Mikrokontroler	ESP32
Tegangan input	5 volt
Tegangan Operasi	5 volt
ADC Pin	18
DAC Pin	2
Flash Memory	128 kb
SRAM	320 kb
Clock Speed	240 mhz
Berat	25 gr
PXL	58,6 x 29 mm
Komunikasi	Wifi, Bluetooth, I2C, SPI, Serial

Pin ESP32 memiliki fungsi khusus :

1. Serial : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) data TTL serial juga sebagai interface UART;
2. EN, RST: Pin yang digunakan untuk reset program pada mikrokontroler;
3. PWM : 3,5,6,9,10 dan 11. Menyediakan 8-bit output PWM dengan analog Write() fungsi;
4. SPI : 10 (SD1), 11 (CMD), 12 (SD0), 13 (CLK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan library SPI;

5. *Reset* untuk mengulang;
6. *Flash* untuk melakukan flash pada mikrokontroler

ESP32 memiliki input analog diberi label A0, menyediakan 10-bit resolusi (1024 nilai yang berbeda). Secara default sistem mengukur dari ground sampai 3V.

Adapun pin ESP32 yaitu :

1. Pin power : pin *Vinput*, Pin *ground*, Pin 3,3 Volt, Pin *Reset*;
2. Pin analog to digital (ADC) sebanyak 18;
3. Pin digital to analog (DAC) sebanyak 2;
4. Pin ICSP: *MOSL*, *MISO*, *SCK*, *ground*, *Vcc* dan *reset*.

ESP32 dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan daya eksternal. Jika menggunakan lebih dari 12 volt, reegulator bisa panas dan merusak board. Rentang yang dianjurkan adalah 7V-12V. ESP32 merupakan salah satu dari Mikrokontroler yang merupakan pusat pengendali alat.

2.6 Sensor pH Tanah

Penelitian ini menggunakan sensor pH dimana terdapat elektroda pada sensor untuk mendeteksi kadar pH dari suatu tanah. Sensor pH berbentuk batang elektroda yang akan dihubungkan pada arduino, sensor ini sama dengan sensor pH yang digunakan pH meter tanah yang sudah dijual dipasaran. Rentang pengukuran pada sensor pH ini dari 2,5 sampai 8 skala pH, cara penggunaannya yaitu dengan menancapkan batang sensor ke tanah sampai kedalaman 15cm atau 20cm.

Sensor pH tanah adalah sensor untuk membaca tingkat keasaman atau kebasaan tanah. Skala pH yang dapat diukur oleh sensor pH tanah berkisar antara

3,5 hingga 8. Sensor ini dapat langsung dihubungkan ke pin analog mikrokontroler tanpa modul tambahan.

Spesifikasi :

- Bekerja pada tegangan dc 5 volt.
- Koefisien linearitas data pH 0,09962
- Kedalaman tanah pada saat pengukuran mencapai sepanjang 6cm dari ujung sensor.
- Rumus persamaan umum konversi data konduktivitas $Y = -0.693X + 7.385$, dimana $X =$ nilai ADC, dan $Y =$ pH.
- data konduktivitas $Y = -0.693X + 7.385$, dimana $X =$ nilai ADC, dan $Y =$ pH.



Gambar 0.3 Sensor Ph Tanah

2.7 Kabel Jumper

Kabel jumper digunakan sebagai penghubung dalam melakukan wiring atau pengkabelan pada rangkaian alat sistem monitoring pH dan kelembaban tanah. Kabel jumper ini digunakan untuk menghubungkan sensor-sensor yang digunakan dengan ESP32. Pengguna dapat dengan mudah menghubungkan pin-pin output dari sensor pH dan kelembaban tanah ke pin-pin input yang tersedia pada ESP32 menggunakan kabel jumper. Hal ini memungkinkan aliran data dan sinyal antara sensor dan ESP32 sehingga data yang diperoleh dari sensor dapat dikirim dan diteruskan oleh ESP32 untuk diproses atau ditampilkan. Kabel jumper menjadi komponen penting dalam penyusunan rangkaian alat sistem monitoring tersebut.

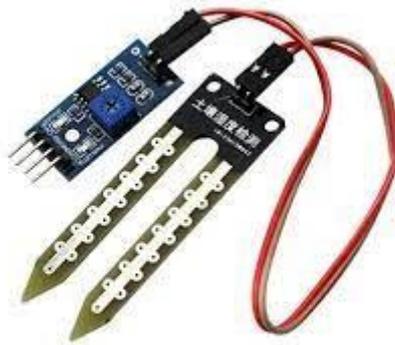


Gambar 0.4 Kabel Jumper

[sumber : aksesorisikomputerlampung.com]

2.8 Sensor Soil Moisture YL-69

Sensor soil moisture adalah perangkat sensor yang dirancang khusus untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah. Sensor ini dapat secara akurat mengukur kadar air dalam tanah. Sensor soil moisture ini digunakan untuk mengidentifikasi kelembaban tanah dan dapat memberikan informasi tentang kandungan air pada tanah. Sensor ini merupakan perangkat sederhana namun penting dalam membaca dan memantau kelembaban tanah.



Gambar 0.5 Sensor Kelembaban Tanah

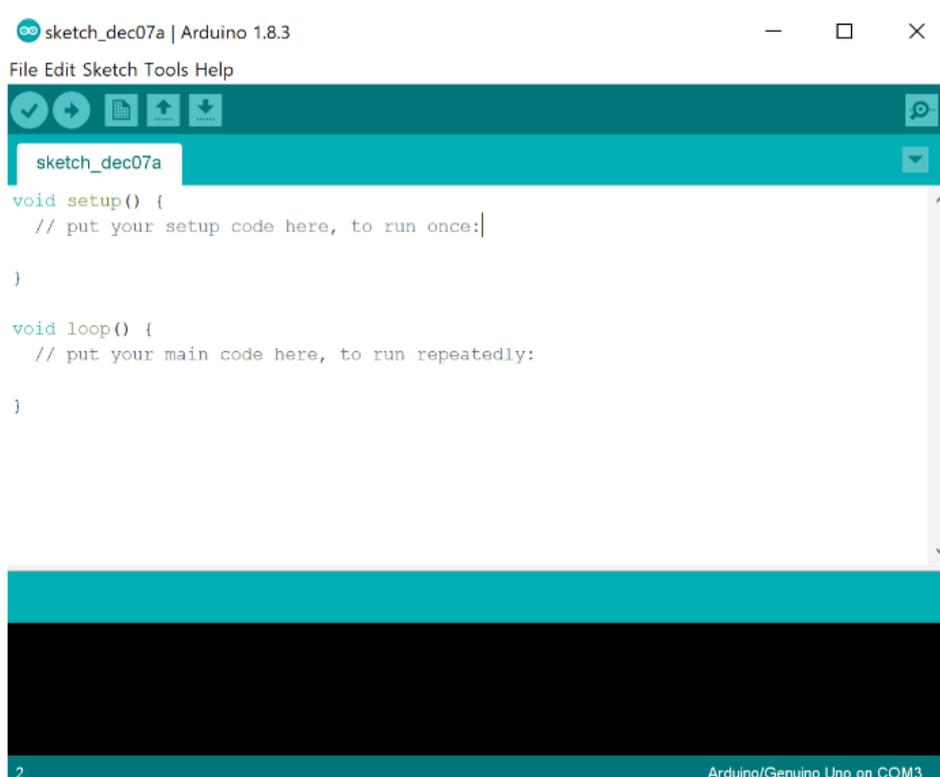
[sumber : <https://www.algorista.com/>]

2.9 Arduino IDE (Integrates Development Environment)

Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA dan dilengkapi library C/C++ (biasa disebut Wiring) yang membuat operasi input dan output menjadi lebih mudah. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya.

Sebelum dijual, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama Bootlader yang berfungsi sebagai penengah antara compiler Arduino dengan mikrokontroler. (Kusumawati & Wiryanto, 2018)

Arduino IDE sudah dilengkapi file pustaka tambahan yang berisi fungsi/method seperti menghubungkan ke jaringan dengan Wifi/Ethernet, membuat server sederhana, mengendalikan motor stepper, komunikasi data seri, dan sebagainya (Priyono et al., 2015).



Gambar 0.6 Arduino IDE

Ada tiga bagian utama dari Arduino IDE yaitu :

- 1) *EditorProgram*, sebuah *window* yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa processing.
- 2) *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa Processing) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *Processing*. Mikrokontroler dapat memahami kode biner. Itulah sebabnya *Compiler* diperlukan dalam hal ini,
- 3) *Uploader*, sebuah modul yang membuat kode biner dari komputer ke dalam *memory* di dalam papan arduino.

Table 2.2 Literature View

No.	Judul	Problem	Solusi	State of The Art (SoTA)
1	Rancang Bangun Prototipe Sistem Kontrol Ph Tanah Menggunakan Sensor Ph Probe berbasis IoT (Musthafa et al., 2021)	Mencari dan memantau kelayakan tanah yang akan digunakan untuk media tanam	Pembuatan Prototipe Sistem Kontrol Ph Tanah Menggunakan Sensor Ph Probe dengan memanfaatkan <i>Interner of Things</i> (IoT)	Musthafa Aziz, dkk, 2021, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Kontrol Ph Tanah Menggunakan Sensor Ph Probe berbasis IoT".
2	Rancang Bangun Alat Pengukur PH dan Suhu Tanah Berbasis Arduino (Putra, 2017)	Penggunaan tanah sebagai media tanam secara sembarangan yang berdampak langsung pada pertumbuhan dan kualitas tanaman.	Pembuatan Alat Pengukur PH dan Suhu Tanah Berbasis Arduino	Putra Atwinda Catur, 2017, "Rancang Bangun Alat Pengukur PH dan Suhu Tanah Berbasis Arduino".
3	Sistem Monitoring Ph Suhu dan Kelembapan Tanah Berbasis Android dengan komunikasi Wifi (Alberto & Poto, 2021)	Petani tidak mengetahui sifat dan kondisi tanah dari lahan pertanian yang merupakan factor pendukung keberhasilan.	Merancang Monitoring Ph Suhu dan Kelembapan Tanah Berbasis Android dengan komunikasi Wifi.	Poto Alberto Bebi Guido. 2021. <i>Sistem Monitoring Ph Suhu dan Kelembapan Tanah Berbasis Android dengan komunikasi Wifi</i> .
4	Smart Farming Berbasis IOT pada Tanaman Cabai Untuk Pengendalian dan Monitoring Kelembaban Tanah dengan Metode FUZZY (Alam, 2022)	Jenis tanaman yang membutuhkan perhatian khusus.	Pembuatan Alat Smart Farming Berbasis IOT pada Tanaman Cabai Untuk Pengendalian dan Monitoring Kelembaban Tanah dengan Metode FUZZY	Rasna & Alam, 2022, "Smart Farming Berbasis IOT pada Tanaman Cabai Untuk Pengendalian dan Monitoring Kelembaban Tanah dengan Metode FUZZY".

5	Smart Urban Farming Berbasis Internet of Things (IoT). (Zuraiyah et al., 2019)	Proses Pemeliharaan Budidaya Hidroponik	Membuat Alat Smart Urban Farming Berbasis Internet of Things (IoT).	Zuraiyah TA, Suriansyah MI, Akbar AP, 2019, "Smart Urban Farming Berbasis Internet of Things (IoT).".
6	Perancangan Model Simulasi Smart Agriculture System Sebagai Media Pembelajaran Berbasis (Ramady et al., 2020)	Hasil Panen yang Kurang Optimal	Perancangan Model Simulasi Smart Agriculture System Sebagai Media Pembelajaran Berbasis IOT	Ramadi, dkk, 2020, "Perancangan Model Simulasi Smart Agriculture System Sebagai Media Pembelajaran Berbasis IOT".
7	Prototype Sistem Monitoring Tanaman Padi Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT). (Aprilian, 2019)	Optimalisasi Sistem Irigasi Konvensional Masyarakat	Pembuatan Prototype Sistem Monitoring Tanaman Padi Berbasis Internet of Things (IoT)	Husdi, 2018, "Monitoring Kelembapan Tanah Pertanian menggunakan Soil Moisture Sensor FC-28 dan Arduino UNO".
8	Implementasi Konsep Smart Farming Berbasis IOT dan Manfaatnya. (Rusli, 2021)	Analisa Implementasi Smart Farming Berbasis IoT	Menganalisa Implementasi Konsep Smart Farming Berbasis IOT dan Manfaatnya	Rusli Sergius, 2021, "Implementasi Konsep Smart Farming Berbasis IOT dan Manfaatnya".
9	Prototype Pengairan Sawah dan Monitoring Kualitas PH Tanah berbasis IOT. (et al., 2022)	Sistem Irigasi Konvensional yang Kurang Efektif dan Monitoring pH Tanah yang Jarang Dilakukan Petani	Membuat Prototype Pengairan Sawah dan Monitoring Kualitas PH Tanah berbasis IOT	Sari, dkk 2022, "Prototype Pengairan Sawah dan Monitoring Kualitas PH Tanah berbasis IOT".
10	Deteksi Kualitas Tanah berdasarkan Ph dan Suhu Tanah untuk Menentukan Kesuburan Tanaman Hias. (Ria et al., 2022)	Media Tanam yang Digunakan Untuk Menanam Tanaman Janda	Membuat Alat Deteksi Kualitas Tanah berdasarkan Ph dan Suhu Tanah untuk	Yusian, dkk, 2022, "Deteksi Kualitas Tanah berdasarkan Ph dan Suhu Tanah untuk Menentukan

9	(Ria et al., 2022)	Deteksi Kualitas Tanah berdasarkan Ph dan Suhu Tanah untuk Menentukan Kesuburan Tanaman Hias				✓			✓					✓					✓			
10	(Zuraiyah et al., 2019)	Smart Urban Farming Berbasis Internet of Things (IoT)				✓			✓					✓	✓							✓
11	(Zulkarnain et al., 2022)	Penerapan Teknologi Smart Farming berbasis Internet of Things bagi Masyarakat Petani Jeruk Siam				✓			✓					✓	✓					✓		
12	(Cahyo Iriyanto., 2023)	Sistem Alat Ukur Ph dan Kelembaban Tanah berbasis IoT	✓						✓		✓					✓	✓			✓		