

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KUALITAS TANAH DENGAN
PARAMETER KIMIA BERBASIS ARDUINO UNO BERDASARKAN ZAT
HARA, PH TANAH DAN KELEMBABAN TANAH UNTUK
OPTIMALISASI PERTUMBUHAN TANAMAN SINGKONG**

(Skripsi)

Oleh

Putra Riski Utama

1917041045



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT UKUR KUALITAS TANAH DENGAN PARAMETER KIMIA BERBASIS ARDUINO UNO BERDASARKAN ZAT HARA, PH TANAH DAN KELEMBABAN TANAH UNTUK OPTIMALISASI PERTUMBUHAN TANAMAN SINGKONG

Oleh

Putra Riski Utama

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat ukur kualitas tanah dengan parameter kimia menggunakan sensor TCS34725, sensor E201-C dan sensor soil moisture FC-28 berbasis Arduino Uno. Alat ini akan memberikan informasi mengenai tingkat zat hara tanah (NPK), pH tanah dan kelembapan tanah, yang merupakan indikator penting untuk menentukan kualitas tanah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data mengenai zat hara tanah, pH tanah dan kelembapan tanah dari 44 sampel tanah. Alat ini telah terealisasi dan mampu membaca nilai, pengukuran kadar zat hara tanah (RGB), derajat keasaman dan kebasahan tanah (pH) serta kelembapan tanah (%) dengan tingkat presisi (%) sebesar 97,07 % untuk sensor TCS 34725, akurasi (%) sebesar 97,19 %, nilai error (%) rata-rata sebesar 1,85 %, dan presisi (%) sebesar 97,90 % untuk sensor pH E201-C dan akurasi (%) sebesar 99,19 %, nilai error (%) sebesar 0,81 %, dan presisi (%) sebesar 97,94 % untuk sensor soil moisture FC-28. Alat ini diharapkan dapat membantu masyarakat dalam memantau kualitas tanah perkebunan khususnya singkong. Dalam praktiknya, alat ini dapat membantu masyarakat menghindari hasil panen tidak maksimal yang disebabkan oleh tanah yang tidak baik memenuhi standar kualitas yang ditetapkan.

Kata kunci: Tanah, Zat Hara, pH, Kelembapan

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A SOIL QUALITY MEASUREMENT DEVICE WITH CHEMICAL PARAMETERS BASED ON ARDUINO UNO FOR OPTIMIZING CASSAVA PLANT GROWTH THROUGH NUTRIENTS, SOIL PH, AND SOIL MOISTURE

By

Putra Riski Utama

This study aims to design and develop a soil quality measurement device using chemical parameters with the TCS34725 sensor, E201-C sensor, and FC-28 soil moisture sensor based on Arduino Uno. The device provides information on soil nutrient levels (NPK), soil pH, and soil moisture, which are essential indicators for determining soil quality. The methods used in this study include data collection on soil nutrients, soil pH, and soil moisture from 44 soil samples. The device has been successfully implemented and is capable of reading values for soil nutrient content (RGB), soil acidity and alkalinity (pH), and soil moisture (%) with a precision level of 97.07% for the TCS34725 sensor, an accuracy of 97.19%, an average error rate of 1.85%, and a precision level of 97.90% for the E201-C pH sensor. For the FC-28 soil moisture sensor, it achieved an accuracy of 99.19%, an error rate of 0.81%, and a precision level of 97.94%. This device is expected to assist the community in monitoring the quality of agricultural soil, particularly for cassava plantations. In practice, this tool can help prevent suboptimal harvests caused by soil that does not meet the required quality standards.

Keyword: Soil, Nutrients, pH, Moisture

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KUALITAS TANAH DENGAN
PARAMETER KIMIA BERBASIS ARDUINO UNO BERDASARKAN ZAT
HARA, PH TANAH DAN KELEMBABAN TANAH UNTUK
OPTIMALISASI PERTUMBUHAN TANAMAN SINGKONG**

Oleh

Putra Riski Utama

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Ukur Kualitas Tanah dengan Parameter Kimia Berbasis Arduino Uno Berdasarkan Zat Hara, pH Tanah dan Kelembapan Tanah untuk Optimalisasi Pertumbuhan Tanaman Singkong

Nama Mahasiswa : Putra Riski Utama

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917041045


Jurusan : Fisika


Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Bandar Lampung, 27 Desember 2024

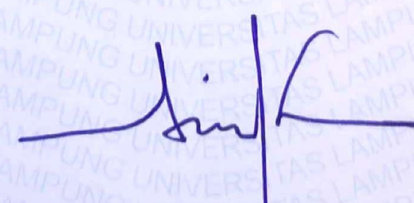
Menyetujui,

1. Komisi Pembimbing


Drs. Amir Supriyanto, M.Si
NIP. 196504071991111001


Dr. Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.
NIP. 197108291997032001

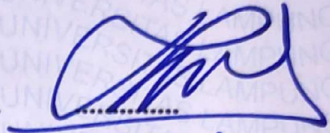
2. Komisi Jurusan Fisika


Arif Surtoto, S.Si. M.Si. M.Eng.
NIP. 197109092000121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

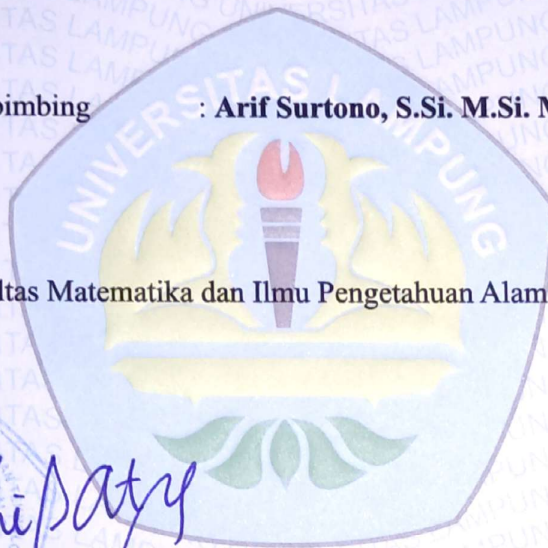
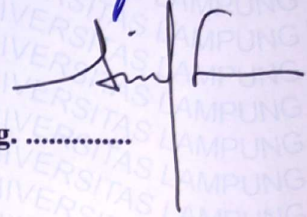
Ketua : Drs. Amir Supriyanto, M.Si.



Sekretaris : Dr. Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Arif Surtono, S.Si. M.Si. M.Eng.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 27 Desember 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukuman yang berlaku.

Bandar Lampung, 27 Desember 2024

Penulis,



Putra Riski Utama
NPM. 1917041045

RIWAYAT HIDUP



Penulis skripsi ini bernama Putra Riski Utama, lahir di Kijang pada tanggal 10 April 2001. Penulis ini merupakan anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Bapak Adhari dan Ibu Atmawarni. Penulis menyelesaikan pendidikan di MIN LINGGA tahun 2013, MTs Negeri Lingga tahun 2016 dan SMAN 1 Singkep tahun 2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN tahun 2019. Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif tergabung pada organisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai Ketua bidang Kaderisasi periode 2021-2022.

Penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Klas 1 Bandara Raden Intan II pada tahun 2022. Penulis melakukan pengabdian terhadap masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Kebangsaan tahun 2022 di desa Wana, Kecamatan Melinting, Kabupaten Lampung Timur. Penulis telah menyelesaikan penelitian skripsi di Jurusan Fisika dengan Judul

“RANCANG BANGUN ALAT UKUR KUALITAS TANAH DENGAN PARAMETER KIMIA BERBASIS ARDUINO UNO BERDASARKAN ZAT HARA, PH TANAH DAN KELEMBABAN TANAH UNTUK OPTIMALISASI PERTUMBUHAN TANAMAN SINGKONG”

MOTTO

“Dan Bersabarlah Kamu, Ssesungguhnya Janji Allah adalah Benar”

-QS AR-Ruum 60

“Satu-satunya cara melakukan pekerjaan yang hebat adalah dengan mencintai apa yang kamu lakukan”

-Steve Jobs

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan alhamdulillah rabbil' alamin, saya persembahkan karya ini

Kepada:

Kedua Orang Tua

Bapak Adhari dan Ibu Atmawarni

Terimakasih atas semua doa, dukungan, dan harapan yang telah diberikan kepada saya hingga saya dapat menyelesaikan pendidikan S1 ini. Semoga saya dapat membawa manfaat bagi Bangsa Indonesia.

Adikku

Terimakasih telah memberikan semangat, bantuan, dan dukungan kepadaku baik dalam bentuk materi maupun hal lain yang sangat berharga.

Almamaterku tercinta

“UNIVERSITAS LAMPUNG”

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji atas rasa syukur penulis panjatkan ke khadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman, sehat, dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis. Sehingga, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“RANCANG BANGUN ALAT UKUR KUALITAS TANAH DENGAN PARAMETER KIMIA BERBASIS ARDUINO UNO BERDASARKAN ZAT HARA, PH TANAH DAN KELEMBABAN TANAH UNTUK OPTIMALISASI PERTUMBUHAN TANAMAN SINGKONG”**. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada suri tauladan alam Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan para pengikutnya. Semoga kita semua dapat memperoleh pertolongan Beliau di hari akhir kelak. Tujuan dari penulisan skripsi ini sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyajian skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak untuk perbaikan dari skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat menjadi penambah referensi dan rujukan terhadap pengembangan riset kualitas kualitas tanah berbasis Arduino Uno selanjutnya.

Bandar Lampung, 27 Desember 2024

Penulis,

Putra Riski Utama
NPM. 1917041045

SAWACANA

Segala puja dan puji atas rasa syukur penulis panjatkan ke khadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman, sehat, dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis. Sehingga, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Alat Ukur Kualitas Tanah Dengan Parameter Kimia Berbasis Arduino Uno Berdasarkan Zat Hara, pH Tanah Dan Kelembaban Tanah Untuk Optimalisasi Pertumbuhan Tanaman Singkong”**. Dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Sehingga, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis, Bapak Adhari dan Ibu Atmawarni yang telah memberikan perhatian, doa, nasihat, dan dukungan kepada penulis selama menjalani kuliah di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. Sebagai dekan FMIPA Universitas Lampung
3. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si. sebagai dosen pembimbing pertama yang telah banyak memberikan saran dan kritik yang membangun selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini hingga selesai.
4. Ibu Dr. Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si. sebagai dosen pembimbing kedua yang selalu memberikan saran dan masukan selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. sebagai dosen penguji dan Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan koreksi, kritik serta saran yang membangun selama penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Drs. Syafriadi M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan masukan dan bimbingannya selama perkuliahan.
7. Seluruh Dosen Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan seluruh ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
8. Para staf di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.

9. Adik saya yang telah memberikan semangat, dukungan, dan doanya selama penulis menjalani perkuliahan di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
10. Seorang mahasiswi dengan npm 2017041005 yang selalu menemani, mendoakan, dan mendukung selama penulisan skripsi ini.
11. Teman-teman satu perjuangan Fisika angkatan 2019, keluarga besar Himafi FMIPA Unila, yang telah bersama-sama dengan penulis dalam menjalani perkuliahan dan telah memberikan doa serta motivasi pembelajaran kehidupan kepada penulis agar bisa menjalani kehidupan yang akan datang.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan balasan atas segala kebaikan yang telah dilakukan oleh semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 27 Desember 2024

Putra Riski Utama

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait	6
2.2 Singkong	7
2.3 Tanah.....	8
2.4 Faktor Kesuburan.....	9
2.4.1 Zat Hara Tanah	9
2.4.2 pH Tanah.....	11

2.4.3 Kelembaban Tanah	15
2.5 Konservasi Tanah.....	15
2.6 Mikrokontroler	16
2.7 Arduino Uno	20
2.8 Sensor Warna RGB (TCS 34725).....	25
2.9 Panjang Gelombanag Zat Hara (N, P, K).....	27
2.10 <i>Photo diode</i>	28
2.11 Warna dan Panjang Gelombang Cahaya.....	30
2.12 Sensor pH Tanah (E201-C).....	32
2.13 Sensor <i>Soil Moisture</i> FC-28.....	35
2.14 LCD 20x4.....	38
2.15 <i>Module I2C</i>	40

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	41
3.2 Alat dan Bahan.....	41
3.3 Prosedur Percobaan.....	42
3.3.1 Tahapan Penelitian	42
3.3.2 Perancangan Sistem.....	44
3.3.4 Pengujian Alat	48

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	52
4.1.1 Kalibrasi Perangkat Keras	54
4.2 Pengujian alat ukur Kualitas Tanah	61
4.3 Pengambilan Data	62
4.3.1 Pengambilan Data dengan Parameter Zat Hara.....	63
4.3.2 Pengambilan Data dengan Parameter pH Tanah.....	71
4.3.3 Pengambilan Data dengan Parameter Kelembaban Tanah	74
4.3.4 Status Kualitas Tanah.....	77

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan	83
5.2 Saran	83

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Asumsi Suplai Hara.....	10
2.2 Penjelasan Bagian-bagian pada Arduino	22
2.3 Spesifikasi Arduino Uno	23
2.4 Spesifikasi Sensor Warna TCS34725	26
2.5 Fungsi pin Terminal Sensor TCS34725	27
2.6 Panjang Gelombang dan Frekuensi Cahaya Tampak	31
2.7 Fungsi pin Terminal Sensor <i>Soil Moisture</i> FC-28	36
2.8 Spesifikasi <i>Soil Moisture</i> FC-28	37
2.9 Spesifikasi LCD 20×4	39
2.10 Spesifikasi I2C	40
3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	41
3.2 Pengujian dan Kalibrasi Sensor pH E201-C	51
3.3 Pengujian dan Kalibrasi Sensor <i>Soil Moisture</i> FC-28	51
4.1 Data Pengukuran Nilai Nitrogen TCS 34725 dengan Pupuk NPK.....	55
4.2 Data pengukuran Nilai Posfor TCS 34725 dengan Pupuk NPK.....	55
4.3 Data pengukuran Nilai Kalium TCS 34725 dengan Pupuk NPK	55
4.4 Data Pengukuran Nilai Tegangan Sensor pH E201-C	57
4.5 Data Pengukuran Kalibrasi Sensor pH E201-C	59
4.6 Data Pengukuran Kalibrasi Sensor <i>Soil Moisture</i> FC-28	61
4.7 Data Hasil Pengukuran Zat Hara Tanah Nitrogen	64
4.8 Data Hasil Pengukuran Zat Hara Tanah Posfor	65
4.9 Data Hasil Pengukuran Zat Hara Tanah Kalium	66
4.10 Data Hasil Pengukuran pH Tanah.....	71
4.11 Data Hasil Pengukuran Kelembapan Tanah	74
4.12 Status Kualitas Tanah.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Rangkaian Alat Pengukuran Kesuburan Tanah	6
2.2 Rangkaian Alat.....	7
2.3 <i>Soil Tester</i> (A) dan Kertas Lakmus (B)	13
2.4 Struktur mikrokontroler	18
2.5 <i>Port I/O</i> pada Mikrokontroler	19
2.6 Bagian-bagian pada Arduino.....	20
2.7 <i>Interface</i> Arduino IDE	24
2.8 Sensor Warna TCS34725	26
2.9 <i>Port I/O</i> Sensor Warna TCS34725	26
2.10 Simbol <i>Diode Foto</i>	29
2.11 <i>Diode Foto</i>	30
2.12 Sensor pH E201-C	33
2.13 <i>Probe</i> pH Elektrode.....	34
2.14 <i>Probe</i> Elektrode	35
2.15 <i>Soil Moisture</i> FC-28.....	36
2.16 LCD 20x4.....	39
2.17 <i>Module I2C</i>	40
3.1 Diagram Alir	42
3.2 Blok Diagram Perancangan Sistem	44
3.3 Rangkaian Keseluruhan Alat	46
3.4 Diagram Alir Mekanika Kerja Sensor	47
3.5 Grafik Pengujian Alat Kesuburan Tanah	50
4.1 Alat Ukur Kualitas Tanah	52
4.2 Tampilan Samping Alat Ukur Kualitas Tanah.....	53
4.3 Bagian Dalam Alat Ukur Kualitas Tanah	54

4.4	Grafik Kalibrasi Sensor pH E201-C	58
4.5	Pengujian Alat	61
4.6	Pengambilan Data di Kebun Singkong No.8 Gang Wuni, Kampung Baru, Kecamatan Kedaton, Kota Bandarlampung, Provinsi Lampung (a) Proses Pengambilan Data (b) Lokasi Pengambilan Data	63
4.7	Grafik Rata-Rata Zat Hara Nitrogen Minggu ke- 1 Sampai Minggu ke- 4	68
4.8	Grafik Rata-Rata Zat Hara Posfor Minggu ke- 1 Sampai Minggu ke- 4	69
4.9	Grafik Rata-Rata Zat Hara Kalium Minggu ke- 1 Sampai Minggu ke- 4	70
4.10	Grafik Rata-Rata pH Tanah	73
4.11	Grafik Rata-Rata Kelembaban Tanah	76
4.12	Tanaman Singkong Minggu Ke- 1	80
4.13	Tanaman Singkong Minggu Ke- 2	80
4.14	Tanaman Singkong Minggu Ke- 3	81
4.15	Tanaman Singkong Minggu Ke- 4	81

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris yang mempunyai kekayaan sumber daya alam yang melimpah (Aditya dan Wijayanti, 2023). Hingga sekarang, Indonesia masih menjadi negara agraris yang sebagian besar penduduknya bekerja di sektor pertanian tidak menjamin Indonesia terbebas dari krisis pangan (Ayun dkk., 2020). Satu dari banyaknya tanaman yang mampu mengatasi kelaparan dan kebutuhan pangan di banyak negara ialah singkong (Saras, 2023).

Singkong atau *cassava* salah satu tanaman yang paling penting dalam sejarah pertanian manusia. Sejak ribuan tahun yang lalu, singkong telah menjadi tanaman pokok dalam banyak budaya di seluruh dunia. Singkong memiliki berbagai kelebihan, termasuk kemampuannya untuk tumbuh diberbagai kondisi tanah dan iklim (Saras, 2023). Kondisi tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman harus mampu memenuhi kebutuhan tanaman seperti air, udara, unsur hara dan terbebas dari bahan-bahan beracun dengan konsentrasi yang berlebihan pada tanah (Kurnia dkk., 2006). Namun, saat ini penurunan produktivitas lahan untuk berbagai tanaman mulai dialami dikarenakan pengelolaan lahan yang tidak tepat yang menjadikan penurunan kualitas tanah (Sukarman dkk., 2021).

Tanah yang subur secara kimia memiliki pH yang netral dan kandungan unsur hara yang cukup, dan secara fisik memiliki tekstur lempung, konsistensi gembur, dan porositas baik. Unsur hara yang terdapat dalam tanah terbagi dua yaitu unsur

hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro yaitu nitrogen (N), fosfor (P), Sulfur (S), Kalium (K), Kalsium (Ca), dan Magnesium (Mg) sedangkan unsur hara mikro yaitu Besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Boron (B), Molibdenum (Mo), dan Klor (Cl) (Rolandio dan Budiman, 2019). Penyediaan unsur hara yang seimbang dan proporsional akan memberikan kesuburan pada tanah, sehingga tanaman berkembang dengan baik. Jika tanah mengalami kekurangan ataupun kelebihan unsur hara maka akan berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman (Permana dkk, 2023).

Selain zat hara faktor lain yang mempengaruhi kualitas tanah ialah pH tanah dan kelembaban tanah. Nilai pH yang cenderung asam ataupun basa akan menyebabkan berkurangnya beberapa kandungan unsur hara dan meningkatkan kelarutan unsur beracun. Tanah yang mempunyai kondisi baik umumnya mempunyai pH yang netral (Permana dkk, 2023). Kelembaban tanah juga menjadi faktor yang menyatakan tingkat kesuburan tanah menunjukkan kadar air yang mengisi sebagian atau keseluruhan pori yang ada pada tanah. kelembaban tanah yang ideal pada rentang 50%-75% (Kartasapoetra, 2006).

Penurunan daya dukung lahan saat ini terus meluas, hal ini salah satu faktor utamanya disebabkan karena menurunnya kesuburan, kesehatan dan daya serap (laju infiltrasi) tanah, kondisi ini dipicu oleh pemakaian Pupuk dan Pestisida anorganik (kimia) yang berlebihan (Sunjoto, 2011). Jika hal ini dibiarkan maka yang terjadi akan menyebabkan kerusakan pada lahan pertanian sehingga akhirnya menghasilkan lahan yang tidak produktif lagi dalam menghasilkan tanaman budidaya pertanian. Faktor rendahnya pengetahuan petani menjadi salah satu faktor terbesar penyebab hal ini terjadinya pemberian pupuk dengan tidak tepat dosis sering dilakukan petani sehingga dampak yang ditimbulkan adalah dihasilkan residu zat-zat kimia dari pupuk yang diberikan sehingga dalam jangka waktu yang lama menyebabkan kerusakan pada lahan (Soekamto dan Fahrizal, 2019). Untuk mempercepat proses pemulihan daya dukung lahan sehingga kembali produktif diperlukan langkah lebih dari sekedar penyediaan air. Pentingnya peran agen hayati dalam mendukung konservasi tanah. Agen hayati

juga meningkatkan retensi air, mengurangi erosi tanah, dan memperbaiki kesuburan tanah secara keseluruhan (Widiasmadi, 2019).

Mikrokontroler adalah sebuah perangkat berukuran kecil yang terintegrasi dalam satu *chip*, dan memiliki kemampuan untuk mengontrol berbagai jenis komponen elektronik. Arduino Uno merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang sangat populer dan menyatakan perangkat keras dan perangkat lunak *Integrated Developmant Environment* (IDE) yang ditunjukkan untuk memudahkan siapa saja agar dapat membuat proyek elektronika dengan mudah dan cepat (Kadir, 2017). Penggunaan teknologi mikrokontroler menawarkan solusi yang efisien dan presisi dalam mengukur kualitas tanah secara real-time. Dengan mengintegrasikan sensor-sensor yang sesuai, alat ukur kualitas tanah dapat memberikan informasi yang akurat tentang berbagai parameter kunci seperti pH tanah, tingkat kelembaban, suhu dan ketersediaan unsur hara (Dharmawan, 2017).

Pembuatan alat ukur kualitas tanah pada penelitian ini dibantu menggunakan beberapa jenis sensor. Sensor digunakan untuk memperoleh data dari kondisi tanah pada lingkungan pertanian. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Widiyanto dan Danusaputro (2013), sensor warna RGB GY-33 TCS 34725 mempunyai kemampuan untuk mendeteksi tiga komponen warna utama yang dimisalkan melalui skema warna panjang gelombang yaitu *red* (N), *green* (K), dan *blue* (P). Sensor warna ini juga dimanfaatkan dalam proses analisa kandungan nutrisi dalam tanah atau zat hara (Anwar, 2018) .

Selain upaya untuk mengetahui kandungan zat hara yang ada dalam tanah dengan memanfaatkan sensor warna, terdapat beberapa sensor lain yang digunakan untuk mengetahui kualitas tanah diantaranya ialah sensor pH tanah E201-C dan sensor kelembaban tanah FC-28 . Sensor pH tanah E201-C beroperasi dengan tegangan DC 5 Volt dan memiliki kemampuan untuk melakukan pengukuran pada kedalaman hingga 6 cm dari permukaan tanah (Hariyadi dkk, 2020). Sensor ini berperan penting dalam analisis pH tanah dalam pertanian dan budidaya tanaman.

Sementara itu, sensor kelembaban tanah FC-28 berfungsi mengukur tingkat kelembaban tanah dalam kisaran 0 hingga 100%, dengan tingkat akurasi sekitar $\pm 5\%$ dari *Relative Humidity* (RH). Prinsip kerjanya didasarkan pada sensor kapasitif, dimana dua plat kapasitor dipisahkan oleh bahan dielektrik, sesuai dengan konsep yang dijelaskan dalam penelitian sebelumnya (Husdi, 2018).

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini akan membuat alat pendeteksi kualitas tanah berbasis arduino uno dengan menggunakan sensor sensor warna RGB GY-33 TCS 34725 sebagai pendeteksi zat hara dalam tanah, sensor pH tanah E201-C sebagai pendeteksi pH tanah, dan sensor kelembaban tanah FC-28 sebagai pendeteksi kelembaban tanah. Alat pendeteksi kualitas tanah ini akan bekerja secara *real-time* dengan nilai keluaran yang akan muncul dalam bentuk digital pada LCD berukuran 20×4 .

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang dan mengembangkan alat ukur kualitas tanah berbasis mikrokontroler?
2. Bagaimana teknologi mikrokontroler dan sensor TCS34725, sensor E201-C dan sensor soil moisture FC-28 dapat membantu pemantauan kualitas tanah yang manual?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian dilakukan sebagai berikut.

1. Mengetahui berapakah nilai akurasi alat ukur kualitas tanah berbasis mikrokontroler.
2. Merancang mikrokontroler dan sensor TCS34725, sensor E201-C dan sensor soil moisture FC-28 yang dapat digunakan untuk optimalisasi pertumbuhan tanaman singkong.

3. pemantauan kualitas tanah secara manual, dengan fokus pada akurasi, efisiensi dan kemudahan penggunaan alat ukur.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut.

1. Terciptanya alat ukur kualitas tanah berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang mampu mengukur beberapa parameter utama kesuburan tanah, termasuk zat hara (Nitrogen, Posfor, kalium) pH tanah, dan kelembaban tanah.
2. Memberikan informasi kepada petani yang sering menghadapi kesulitan dalam mengukur kualitas tanah yang cocok untuk pertanian mereka.
3. Meningkatkan produktivitas pertanian secara keseluruhan dengan memungkinkan petani untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti pupuk dan irigasi.

1.5 Batasan Masalah

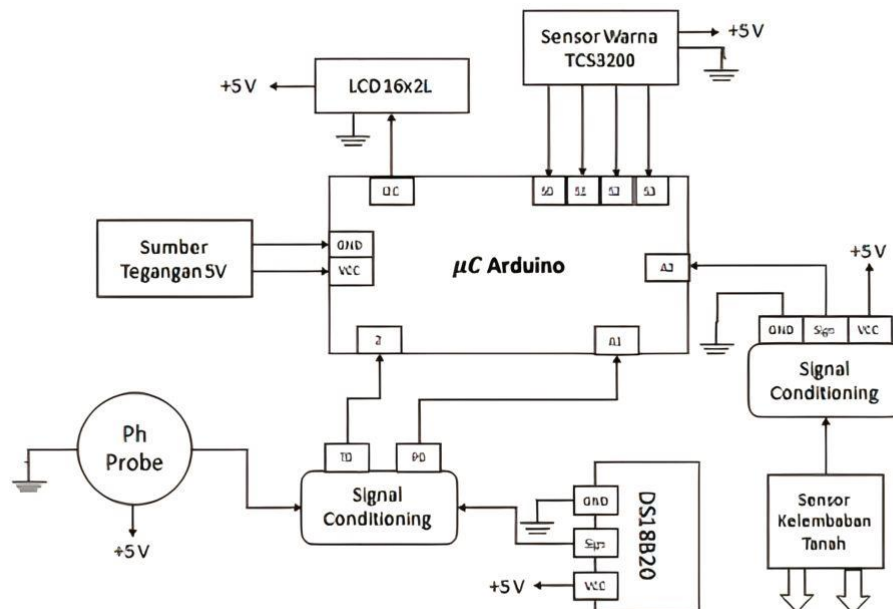
Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Penelitian ini berfokus pada pengembangan alat ukur kualitas tanah untuk pertanian menggunakan sensor TCS 34725, sensor E201-C dan sensor soil moisture FC-28.
2. Alat ini dirancang untuk mengukur parameter kualitas tanah yaitu ketersediaan unsur hara seperti nitrogen, fosfor dan kalium. pH tanah dan Kelembaban tanah.
3. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai inti pengendali alat ukur kualitas tanah.
4. Program mikrokontroler menggunakan software Arduino IDE.
5. Sistem ini tidak mengotomatiskan penyiraman tanaman atau pemupukan. Fokus utamanya adalah pemantauan dan pengumpulan data untuk mempermudah pengguna mengambil keputusan berdasarkan informasi yang diberikan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

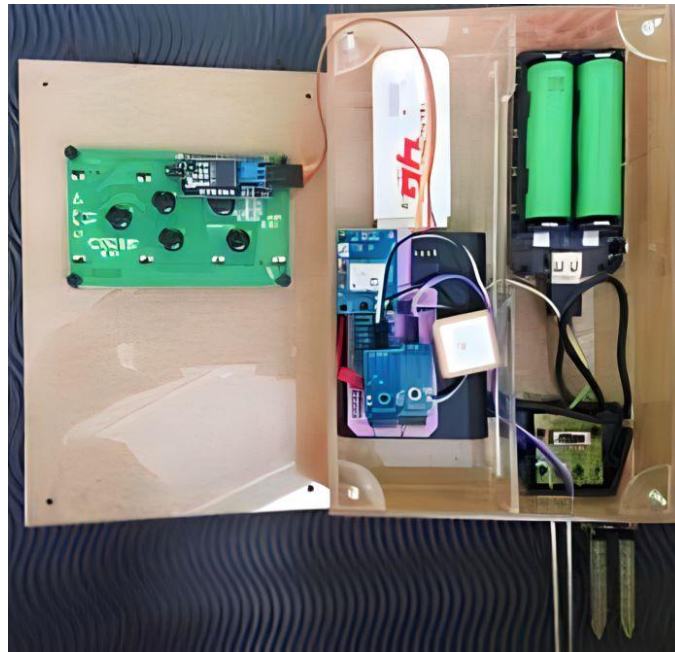
2.1 Penelitian Terkait

Perancangan alat ukur kualitas tanah menggunakan mikrokontroler telah banyak dilakukan, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh (Martino dkk., 2021) yang merancang alat ukur kesuburan tanah menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat perintah dan menggunakan sensor *soil moisture* FC-28 berfungsi untuk mengukur kelembaban tanah, sensor E201-C berfungsi mengukur pH bahan semi padat, sensor LM35 berfungsi mengukur suhu dan sensor warna RGB berfungsi untuk deteksi cahaya RGB dengan *output* LCD. Rangkaian alat dapat ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Rangkaian Alat Pengukuran Kesuburan Tanah (Martino dkk., 2021)

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (As'ari dkk., 2022) yang telah merancang alat monitoring unsur hara dan kelembaban tanah menggunakan mikrokontroler Raspberry pi. *Input* menggunakan sensor YL-69 berfungsi mendeteksi kelembaban dalam tanah, sensor NPK berfungsi untuk pengukuran NPK tanah dan pH Meter secara analog, dan GPS NEO-6M berfungsi sebagai penerima sinyal GPS. *Output* menggunakan LCD dan WEB online. Rangkaian alat ditunjukkan pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Rangkaian Alat (As'ari dkk., 2022)

2.2 Singkong

Singkong merupakan salah satu komoditas pertanian yang telah banyak diolah menjadi berbagai produk jadi atau produk setengah jadi yang memiliki nilai tambah lebih tinggi. Setiap bagian tanaman singkong telah dimanfaatkan, dari umbi, kulit, batang, hingga daunnya. Melihat berbagai potensi yang dimiliki komoditas singkong untuk dikembangkan menjadi berbagai macam produk olahan yang layak dikembangkan di Indonesia (Salim, 2024). Ditinjau dari segi gizi umbi singkong mengandung kalori, protein, lemak, hidrat arang, kalsium, fosfor, zat

besi, vitamin B dan C, dan amilum. Daunnya mengandung vitamin A, B1 dan C, kalsium, kalori, fosfor, protein, lemak, hidrat arang, dan zat besi. Sementara kulit batang mengandung tannin, enzim peroksidase, glikosida, dan kalsium oksalat. Bila dibandingkan dengan sumber karbohidrat lainnya, terutama beras, singkong mempunyai kandungan protein yang cukup rendah (Soenardi dan Wulan, 2009).

Jenis tanah yang cocok untuk tumbuh ketela pohon adalah jenis aluvial latosol, podsolik merah kuning, mediterania, grumosol dan andosol. Derajat keasaman (pH) tanah yang cocok untuk budidaya singkong 5,5-7,0 (Nurhayati, 2021).

2.3 Tanah

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tingkat perubahan terlihat pada komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan (Fauizek dan Suhendra, 2018). Tanah adalah media tumbuh bagi tanaman dan merupakan modal dasar dalam pembangunan pertanian. Tanah memiliki sifat dan ciri khas tertentu yang menentukan potensi kesesuaian tanaman, serta kendala dan kebutuhan akan input dan teknologi pengelolaan. Tanpa tanah, tanaman tidak dapat tumbuh, produksi pertanian tidak akan ada, dan kehidupan pun tidak mungkin berlangsung. Bahan penyusun tanah tersusun atas empat komponen, yaitu bahan padat mineral, bahan padat organik, air, dan udara. Bahan padat mineral terdiri atas bibir batuan dan mineral primer, lapukan batuan dan mineral, serta mineral sekunder. Bahan padat organik terdiri atas sisa dan rombakan jasad, terutama tumbuhan, zat humik, dan jasad hidup penghuni tanah, termasuk akar tumbuhan hidup. Air mengandung berbagai zat terlarut sehingga disebut juga larutan tanah. Secara umum bahan padatan menyusun sekitar 50% bahan tanah, dan 50% lagi berupa cairan dan gas. Bahan padatan terbagi menjadi sekitar 45% bahan mineral dan 5% bahan organik. Bahan cairan (air) dan gas (udara) secara bersama sama dan bergantian mengisi pori-pori tanah, masing-masing dengan

kisaran 20- 30% (Darusman, 2006). Menurut (Wahyuni, 2017) Fungsi tanah tidak hanya sebagai tempat berjangkarnya tanaman, penyedia unsur hara, tetapi juga berfungsi sebagai salah satu bagian dari ekosistem. Sebagai bagian dalam sebuah ekosistem, maka fungsi tanah tersebut harus diperhatikan, sebab bila penurunan fungsi tanah terus terjadi akan menyebabkan terganggunya ekosistem dan akan berdampak terhadap makhluk hidup disekitarnya, terutama manusia.

2.4 Faktor Kesuburan Tanah

Kesuburan tanah dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu tanah untuk menghasilkan produk tanaman yang diinginkan (berupa buah, biji, daun, bunga, getah, eksudat, tribus, batang, biomassa, naungan, penampilan dan lainnya) pada lingkungan tempat tanah itu berada. Kesuburan tanah bervariasi tergantung kepada bahan induk, iklim, *relief*, organisme, dan waktu. Adapun indikator utama kesuburan tanah adalah pada tanaman yang ditumbuhkan pada tanah sebagai medium tumbuhnya (Sutarman dan Miftakhurrohmat, 2021). Berikut adalah beberapa faktor utama yang menjadikan tanah subur.

2.4.1 Zat Hara Tanah

Kandungan unsur hara pada tanah, tanaman memerlukan unsur hara yang lengkap agar dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan produk yang berkualitas. Unsur hara makro adalah unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah besar seperti.

- a. Nitrogen (N), merupakan unsur hara makro, dan mutlak dibutuhkan oleh tanaman. Merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman secara keseluruhan, khususnya pertumbuhan akar, batang dan daun. Berperan dalam pembentukan zat hijau daun (klorofil) yang sangat penting untuk melakukan proses fotosintesis. Berperan dalam pembentukan protein, lemak dan berbagai persenyawaan organik lainnya.
- b. Fosfor (P), berfungsi untuk merangsang pertumbuhan akar, khususnya akar benih dan tanaman muda. Merupakan bahan mentah untuk pembentukan

sejumlah protein tertentu. Membantu proses asimilasi dan pernapasan tanaman. Mempercepat pembungaan dan pemasakan biji dan buah.

- c. Kalium (K), berfungsi membantu pembentukan protein dan karbohidrat. Memperkuat tanaman sehingga daun, bunga dan buah tidak mudah rontok/gugur. Salah satu sumber daya tahan tanaman terhadap kekeringan dan penyakit (Handayanto dkk., 2017).

Keseimbangan penambahan unsur hara melalui pemupukan akan menyebabkan terjadinya pergeseran keseimbangan hara di dalam tanah yang berpengaruh terhadap ketersediaan hara di dalam tanah. Pemupukan tanpa mempertimbangkan konsep keseimbangan hara dapat memicu terjadinya degradasi tanah dan menurunkan produktivitas tanah. Konsep keseimbangan hara yang dikemukakan oleh (Winarna dan Sutarta, 2009) adalah keseimbangan hara yang ditinjau dari dua aspek yaitu: keseimbangan hara di dalam tanah dan keseimbangan hara di dalam jaringan tanaman. Keseimbangan hara di dalam tanah berpengaruh terhadap ketersediaan hara, sementara keseimbangan hara di dalam jaringan tanaman berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. Salah satu cara untuk mempelajari konsep keseimbangan hara dijelaskan (Abdurrachman dkk., 2013) Dengan asumsi suplai hara ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Asumsi Suplai Hara

Sumber Hara	Musim kemarau	Musim Hujan
Irigasi (mm)	1000	300
Suplai N dari air hujan (kg/ha)	1,9	6,9
Suplai P dari air hujan (kg/ha)	0,2	0,8
Suplai K dari air hujan (kg/ha)	1,5	5,5
Benih (kg/ha)	30	30
Suplai N dari benih (kg/ha)	04	0,4
Suplai P dari benih (kg/ha)	0,09	0,09
Suplai K dari benih (kg/ha)	0,09	0,09
Kerapatan tanah (g.cm ³)	1,25	1,25

(Abdurachman dan Buresh, 2002)

Berdasarkan tabel 2.1 hujan tahunan berkisar 1000-2000 mm, jika rata-rata suplai hara N dari air hujan adalah 8.8 kg sedangkan suplai P dan K masing-masing adalah 0,2 -2,0 kg P/ha dan 3-10 kg K/ha (Abdurachman dkk., 2013). Beberapa peneliti melaporkan adanya dampak negatif dari ketidakseimbangan hara baik terhadap pertumbuhan tanaman maupun produksi yang dihasilkan. (Wahyuni dkk., 2019) menyatakan bahwa kelebihan Mg tertukarkan di dalam tanah yang tidak seimbang dengan Ca akan menyebabkan memburuknya karakteristik fisiologi akar dan menyebabkan menurunnya produksi tanaman. Oleh sebab itu keseimbangan hara menjadi suatu hal yang harus diperhatikan dalam melakukan pemupukan. Pada sistem pertanian intensif penggunaan pupuk perlu mempertimbangkan keseimbangan hara antara berbagai masukan dan kehilangan, agar pemakaian pupuk tidak berlebihan dan berpengaruh buruk terhadap lingkungan yang dihitung dari selisih antara hara yang ditambahkan dan hara yang hilang keluar dari lingkungan pertumbuhan tanaman. Hara yang ditambahkan dapat berasal dari pupuk, bahan organik, bahan amelioran, air irigasi dan air hujan (Husnain dan Rochyati, 2016). Kunci pengelolaan unsur hara dalam tanah dan tanaman adalah mengikuti hukum minimum Liebig yakni kekurangan unsur hara tertentu merupakan faktor pembatas pertumbuhan tanaman yang tidak bisa diganti oleh unsur hara lainnya.

Untuk mencapai pertumbuhan tanaman yang optimal, diperlukan komposisi zat hara yang seimbang dalam tanah. Pentingnya ketersediaan dan proporsi hara yang tepat selama periode pertumbuhan tanaman tidak bisa diabaikan. Akar tanaman tidak memiliki kemampuan untuk memilih hara secara spesifik mereka mengambil apa yang tersedia di tanah.

2.4.2 pH Tanah

Tingkat keasaman atau alkalinitas tanah yang dikenal sebagai pH tanah, merupakan salah satu indikator tanah yang penting karena mempengaruhi beberapa reaksi dan proses tanah dan didefinisikan sebagai ukuran keasaman atau alkalinitas tanah. pH tanah adalah salah satu karakteristik terpenting kesuburan

tanah, karena memiliki dampak langsung pada ketersediaan nutrisi dan pertumbuhan tanaman. Sebagian besar mineral dan nutrisi lebih mudah larut dalam tanah masam daripada di tanah netral atau sedikit alkalin (Bohn dkk., 2001). Ukuran keasamannya pada suatu momen, tetapi karena tanah adalah sistem dinamis, berubah terjadi terus menerus selama reaksi berlangsung (Hasibuan dan Darfita, 2021). Menurut (Nurhayati, 2021) besarnya peningkatan pH tanah ditentukan oleh jenis bahan organik, jumlah bahan organik dan besarnya daya sangga tanah. Terdapatnya bahan organik yang belum terurai juga akan menyumbangkan tingkat keasaman tanah. Pemberian mikroorganisme pengurai akan mempercepat dekomposisi bahan organik dalam tanah sehingga akan membantu ketersediaan dan keseimbangan unsur hara. Selain itu perombakan bahan organik juga akan menyeimbangkan KTK tanah. Pengaruh pH terhadap pertumbuhan tanaman.

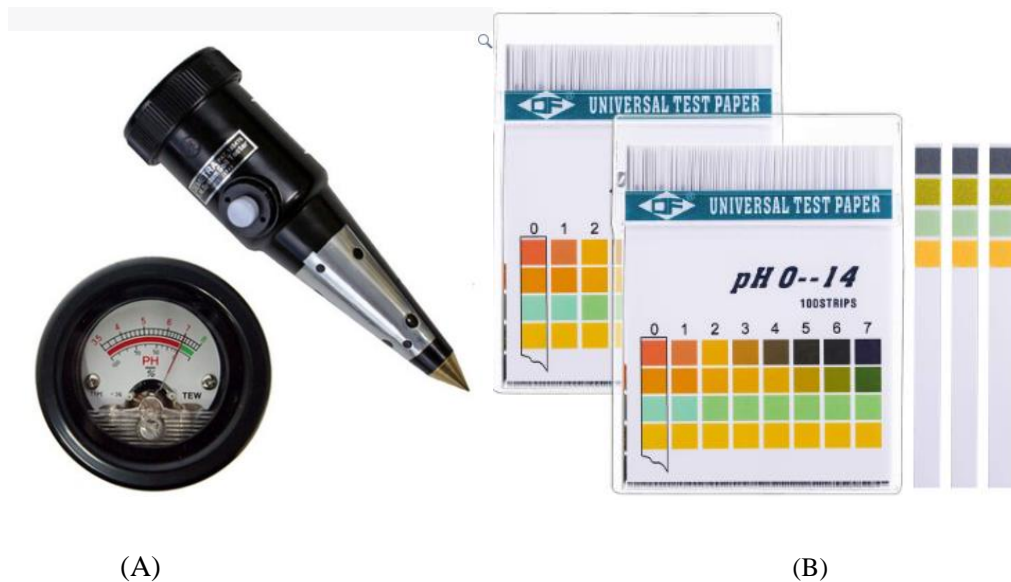
1. Menentukan mudah tidaknya ion-ion unsur hara diserap oleh tanaman. Pada umumnya unsur hara akan mudah diserap tanaman pada pH 6,0-7,0, karena pada pH tersebut sebagian besar unsur hara tersedia secara optimal.
2. Derajat pH dalam tanah juga menunjukkan keberadaan unsur-unsur yang bersifat racun bagi tanaman. Jika tanah masam akan banyak ditemukan unsur aluminium (Al) yang selain meracuni tanaman juga mengikat fosfor sehingga tidak bisa diserap tanaman. Selain itu pada tanah masam juga terlalu banyak unsur mikro yang bisa meracuni tanaman. Sedangkan pada tanah basa banyak ditemukan unsur Na (Natrium) dan Mo (Molibdenum).
3. Kondisi pH tanah juga menentukan perkembangan mikroorganisme dalam tanah. Pada pH 5,5-7,0 jamur dan bakteri pengurai bahan organik akan tumbuh dengan baik. Demikian juga mikroorganisme yang menguntungkan bagi akar tanaman juga akan berkembang dengan baik.

Pengaruh peningkatan pH tanah terhadap tanaman adalah sebagai berikut.

1. pH di bawah 4,5 (terlalu asam), menyebabkan akar rusak sehingga kualitas dan jumlah panen turun. Terlihat pada saat perubahan tanaman dari fase vegetatif ke generatif.

2. pH 5,5-6,0 (rata-rata tanah di Indonesia) terdapat unsur hara yang optimum untuk tanaman.
3. pH di atas 6,0 pada tingkatan ini tanaman akan terlalu vegetatif, hal ini tidak berpengaruh pada kualitas buah.
4. Menaikan atau menurunkan pH tanah juga berguna untuk pengendalian penyakit, pH tanah diubah agar tidak sesuai dengan kebutuhan patogen, biasanya untuk tanaman umbi-umbian seperti kentang (Ramayana, 2023).

Dalam dunia pertanian dan pengelolaan lahan, mengetahui pH tanah adalah hal yang sangat penting. Salah satu cara untuk mengukur pH tanah adalah dengan menggunakan alat pengukur pH, seperti kertas lakmus (metode perbedaan warna) atau soil tester (metode elektromagnetik) dapat digunakan untuk mengetahui pH tanah. Kedua alat tersebut memiliki metode pengukuran yang berbeda, tetapi keduanya memberikan informasi yang berharga tentang tingkat keasaman atau kebasaan tanah. Alat pengukur pH tanah Soil Tester (A) dan kertas lakmus (B) ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Soil Tester (A) dan kertas lakmus (B) (Novizan, 2002)

Jika kertas lakmus yang dipilih, prosedur kerjanya sebagai berikut. Ambil contoh tanah yang mewakili seluruh areal pertanaman, terutama di kedalaman sekitar area perakaran. Contoh tanah tersebut diambil sedikit (1-2 sendok makan). Masukkan ke dalam wadah apa saja, kemudian beri air murni (aquades) dengan volume yang sama dengan volume tanah. Aduk campuran air dan tanah, biarkan mengendap sehingga air menjadi bening. Pisahkan air dari endapan tanah dengan menuangkannya ke wadah yang lain. Celupkan kertas lakmus ke dalam air tersebut selama beberapa detik hingga tidak lagi terjadi perubahan warna. Cocokkan warna kertas lakmus dengan warna indikator yang terdapat pada kemasan kertas lakmus untuk menentukan nilai pH.

Penggunaan *soil tester* lebih praktis karena dapat langsung dilakukan di lapangan. *Soil tester* berbentuk kerucut. Pada bagian atas berbentuk lingkaran dan terdapat jarum penunjuk pH. Bagian bawahnya meruncing, terdapat lempengan logam yang berfungsi sebagai elektroda. Penentuan pH dengan menggunakan *soil tester* dengan cara menentukan titik-titik tempat pengukuran pH pada suatu area pertanaman. Titik-titik tersebut harus mewakili area penanaman. Semakin luas area yang ingin diketahui pH-nya, semakin banyak titik yang harus dibuat. Tancapkan bagian yang runcing ke dalam tanah, sehingga logam yang ada pada sisinya masuk ke dalam tanah di kedalaman 12-15 cm. Jika tanah tempat menancapkan *soil tester* terlalu kering, sebelum ditancapkan, siram tanah terlebih dahulu dengan aquades. Sebelum ditancapkan, jarum harus menunjuk pada pH 7. Perhatikan jarum penunjuk pH yang mulai bergerak, biarkan beberapa saat hingga jarum berhenti bergerak. Angka berwarna merah yang ditunjukkan oleh jarum adalah nilai pH tanah tempat soil tester ditancapkan. Sebelum mencoba pada titik yang lain, *soil tester* harus dicuci terlebih dahulu dengan aquades dari sisa-sisa tanah yang masih melekat. Semakin banyak titik yang diambil, semakin akurat hasil pengukuran pH (Novizan, 2002).

2.4.3 Kelembaban Tanah

Kelembaban tanah merupakan salah satu variabel kunci dalam proses hidrologi yang berperan penting dalam menentukan ketersediaan air sebagai unsur yang sangat fundamental dalam kehidupan makhluk hidup. Kelembaban tanah adalah air yang ditahan pada ruang atau pori di antara partikel tanah. Tingkat suhu dan kelembaban tanah sangat bervariasi sejalan dengan perubahan proses pertukaran energi matahari terutama yang melalui permukaan tanah (Kurnia dkk., 2006). Secara umum, banyak tanaman pertanian membutuhkan kelembaban tanah yang berada dalam rentang kisaran 50% hingga 75% dari kapasitas lapang tanah. Rentang kelembaban ini memberikan tanaman akses yang cukup terhadap air yang diperlukan untuk pertumbuhan yang sehat tanpa risiko genangan atau kekeringan (Kartasapoetra, 2006).

Penting untuk memantau dan menjaga tingkat kelembaban tanah dalam rentang yang sesuai untuk jenis tanaman yang ditanam. Hal ini mencakup penggunaan sistem irigasi, penjadwalan penyiraman dan pemantauan terhadap kondisi tanah. Dengan menjaga kelembaban tanah dalam batas yang optimal, petani dapat meningkatkan hasil panen dan mengurangi risiko kerusakan akibat kekurangan air atau genangan yang berlebihan (Kartasapoetra, 2006).

2.5 Konservasi Tanah

Konservasi tanah juga erat kaitannya dengan konservasi air. Tanah dan air merupakan dua jenis sumber daya alam yang sangat erat hubungannya. Keeratan hubungan tersebut dapat dilihat jika perlakuan diberikan pada tanah, maka akan mempengaruhi kondisi tata air pada tempat itu serta tempat-tempat lain di bagian hilirnya. Tujuan konservasi tanah adalah meningkatkan produktivitas lahan secara maksimal, memperbaiki lahan yang rusak/kritis dan melakukan upaya pencegahan kerusakan tanah akibat erosi. Secara umum konservasi tanah meliputi keseluruhan sumber daya lahan (Hutagaol, 2015).

Metode konservasi tanah dan air dibagi menjadi 3 yaitu sebagai berikut.

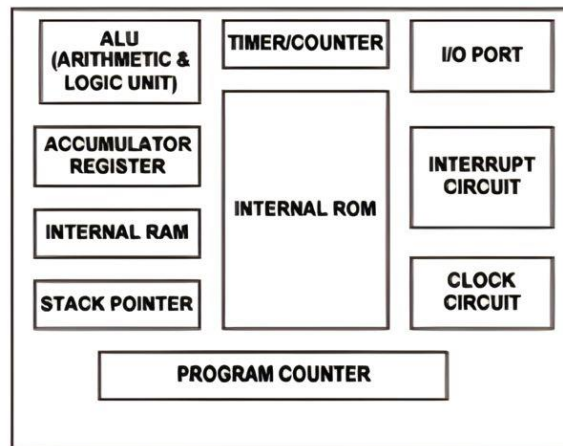
- a. Metode vegetatif, adalah setiap pemanfaatan tanaman/vegetasi maupun sisa-sisa tanaman sebagai media pelindung tanah dari erosi, penghambat laju aliran permukaan, peningkatan kandungan lengas tanah, serta perbaikan sifat-sifat tanah baik sifat fisik, kimia maupun biologi. Tanaman ataupun sisa-sisa tanaman berfungsi sebagai pelindung tanah terhadap daya pukulan butir air hujan maupun terhadap daya angkut air aliran permukaan (*run off*), serta meningkatkan peresapan air ke dalam tanah. Contoh teknik konservasi vegetatif adalah penghutanan kembali (*reforestation*), wanatani (*agroforestry*) termasuk didalamnya adalah pertanaman lorong (*alley cropping*), pertanaman menurut strip (*strip cropping*), strip rumput (*grass strip*), barisan sisa tanaman, tanaman penutup tanah (*cover crop*), penerapan pola tanam termasuk di dalamnya adalah pergiliran tanaman (*crop rotation*), tumpang sari (*intercropping*), dan tumpang gilir (*relay cropping*). Dalam penerapannya, petani biasanya memodifikasi sendiri teknik-teknik tersebut sesuai dengan keinginan dan lingkungan agroekosistemnya sehingga teknik konservasi ini akan terus berkembang di lapangan. Keuntungan yang didapat dari system vegetatif ini adalah kemudahan dalam penerapannya, membantu melestarikan lingkungan, mencegah erosi dan menahan aliran permukaan, dapat memperbaiki sifat tanah dari pengembalian bahan organik tanaman, serta meningkatkan nilai tambah bagi petani dari hasil sampingan tanaman konservasi tersebut.
- b. Teknis atau mekanik, adalah mengawetkan tanah melalui teknik-teknik pengolahan tanah. Metode ini mempunyai fungsi untuk memperlambat aliran permukaan (*run off*) serta menampung dan menyalurkan aliran permukaan dengan kekuatan yang tidak merusak. Cara pengawetan tanah dengan metode mekanik, di antaranya pengolahan tanah menurut garis kontur (*contour village*), pembuatan tanggul/pematang bersaluran, pembuatan teras (*terasering*), dan pembuatan saluran air (*drainase*).
- c. Metode kimia, dilakukan dengan menggunakan bahan kimia. Tujuannya adalah untuk memperbaiki struktur tanah, yaitu meningkatkan kemantapan (struktur tanah). Tanah dengan struktur yang mantap tidak akan mudah hancur oleh

pukulan air hujan sehingga air infiltrasi tetap besar dan aliran air permukaan (*run off*) tetap kecil. Beberapa jenis bahan kimia yang sering digunakan untuk tujuan ini, diantaranya bitumen dan kriliium. Emulsi dari bahan kimia tersebut dicampur dengan air, misalnya dengan perbandingan 1 : 3, kemudian dicampur dengan tanah (Roni, 2015).

2.6 Mikrokontroler

Istilah mikrokontroler berasal dari *microcontroller* yang berarti pengendali mikro. Disebut sebagai pengendali mikro karena mikrokontroler secara fisik adalah sebuah keping kecil (*microchip*) yang merupakan komponen elektronika terintegrasi, dan dalam aplikasinya mikrokontroler berfungsi untuk mengendalikan sebuah pekerjaan tertentu secara terprogram. Mikrokontroler adalah *single chip* komputer yang memiliki kemampuan untuk diprogram dan digunakan untuk tugas-tugas yang berorientasi kendali (*control*). Mikrokontroler muncul dengan dua alasan utama, yaitu kebutuhan pasar (*market need*) dan perkembangan teknologi baru (*expansion of technology*). Yang dimaksud dengan kebutuhan pasar adalah kebutuhan yang luas dari produk-produk elektronik akan perangkat pintar sebagai pengendali dan pemroses data. Sedangkan yang dimaksud dengan perkembangan teknologi baru adalah perkembangan teknologi semikonduktor yang memungkinkan pembuatan *chip* dengan kemampuan komputasi yang sangat cepat, bentuk yang semakin kecil, dan harga yang semakin murah (*smart, small, and cheap*) (Ibadillah dan Riza, 2017).

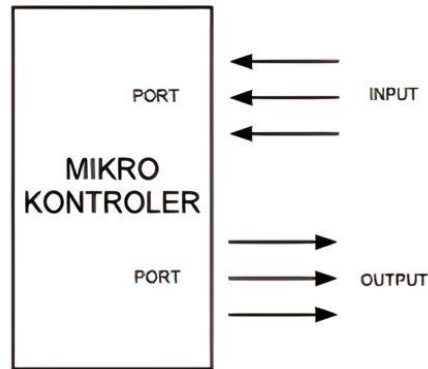
Mikrokontroler yang pada umumnya terdiri dari beberapa bagian/komponen yang saling berhubungan melalui internal bus. Struktur mikrokontroler ditunjukkan pada **Gambar 2.4** namun ini tidaklah sama untuk setiap jenis mikrokontroler karena tergantung pada fitur yang tersedia dari masing-masing mikrokontroler.



Gambar 2.4 Struktur Mikrokontroler (Ibadillah dan Alfita, 2017)

Penjelasan dari bagian/komponen struktur mikrokontroler adalah sebagai berikut.

- a. *Arithmetic and Logic Unit* (ALU) berfungsi untuk menangani operasi aritmatika (penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian) dan juga operasi logika (*and, or, exor, not*, dan lain-lain)
- b. *Accumulator Register*, merupakan register serbaguna yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara hasil suatu operasi aritmatika atau logika.
- c. *Internal Random Access Memory* (RAM), Merupakan memori penyimpanan data yang isinya dapat diubah atau dihapus. RAM biasanya berisi data-data variabel dan register. Data yang tersimpan di RAM akan hilang jika catu daya yang diberikan kepadanya dimatikan.
- d. *Internal Read Only Memory* (ROM) Merupakan memori penyimpan program/instruksi yang isinya tidak dapat diubah atau dihapus. Program tersimpan di ROM dalam format biner (0 atau 1). Untuk memasukan program/instruksi ke dalam chip mikrokontroler digunakan perangkat lunak khusus sesuai dengan tipe/jenis mikrokontrolernya.
- e. *I/O Port*, port tersebut disebut *Input/Output* karena dapat digunakan sebagai masukan atau sebagai keluaran. Sebagai masukan misalnya jika sebuah sensor atau *switch* dihubungkan dengan mikrokontroler, dan sebagai keluaran misalnya jika sebuah perangkat output (LED, *relay* atau motor) dihubungkan ke mikrokontroler. Port I/O ditunjukkan pada **Gambar 2.5**.

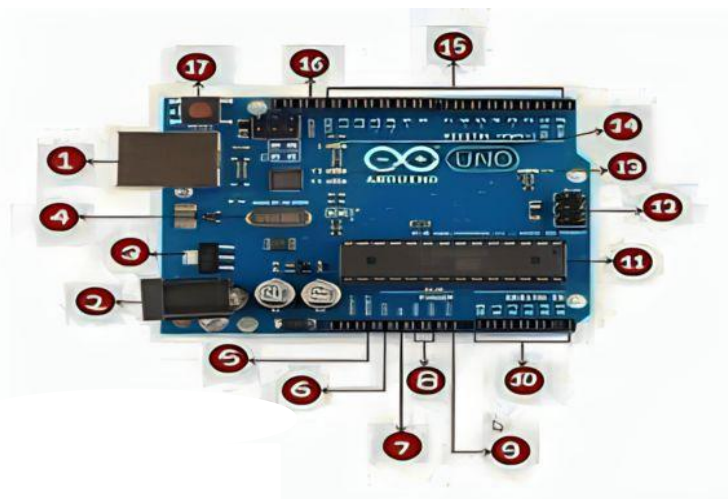


Gambar 2.5 Skema Port I/O pada Mikrokontroler (Ibadillah dan Alfita, 2017)

- f. Program *Counter*, merupakan register khusus yang berfungsi sebagai pencacah/penghitung eksekusi program mikrokontroler.
- g. *Stack Pointer*, merupakan bagian dari RAM yang memiliki metode penyimpanan dan pengambilan data secara khusus. Data yang disimpan dan dibaca tidak dapat dilakukan dengan metode acak (*random*). Data yang masuk ke *stack* pada urutan terakhir adalah data yang pertama dibaca kembali atau biasa disebut dengan *Last In First Out* (LIFO).
- h. *Timer/Counter*, digunakan untuk melakukan salah satu dari 3 (tiga) fungsi berikut, yaitu: penghitungan suatu interval waktu (*interval timing*), penghitungan banyaknya kejadian (*event counting*) dan pembangkit baud rate (*baud rate generation*) untuk komunikasi serial.
- i. *Interrupt Circuit*, rangkaian interupsi adalah rangkaian yang memiliki fungsi untuk mengendalikan sinyal-sinyal interupsi baik internal maupun eksternal. Adanya sinyal interupsi akan menghentikan eksekusi normal program
- j. Mikrokontroler untuk selanjutnya menjalankan sub program dari interupsi tersebut.
- k. *Clock Circuit*, oleh karena mikrokontroler merupakan rangkaian logika sekuensial, di mana proses bekerjanya melalui sinkronisasi *clock* maka diperlukan rangkaian *clock* yang menyediakan *clock* untuk seluruh bagian sistem mikrokontroler (Ibadillah dan Alfita, 2017).

2.7 Arduino Uno

Arduino Uno adalah perangkat keras *open source* yang dikembangkan oleh Arduino.cc. Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang didasarkan pada mikrokontroler microchip ATmega328P. Ia memiliki memori SRAM dan menggunakan *flash* dan EEPROM untuk penyimpanan. Tegangan operasinya adalah 5 volt, dimana anda dapat mencolokkannya di laptop anda untuk tegangan input, anda dapat menggunakan baterai 9 volt eksternal karena Arduino menerima tegangan 7-20 volt. Arduino Uno memiliki 6 pin analog, 14 pin digital, diman 6 diantaranya menyediakan output pulse width modulation. Pin *digital* 13 adalah untuk LED berfungsi seolah-olah pin tersebut high, LED menyala atau sebaliknya. Arduino Uno dilengkapi dengan pin arde dan tombol *reset*. Arduino menggunakan Perangkat lunak *open source* yang membuatnya mudah untuk menulis kode dan mengunggahnya ke papan. Arduino berjalan pada sistem operasi Windows, Mac OS X dan linux (Ridwan dkk., 2023). Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu perangkat keras (*Hardware*), berupa papan *input/output* (I/O) dan perangkat lunak (*Software*), berupa *software* Arduino meliputi IDE untuk menulis program, driver untuk koneksi dengan komputer, contohnya berupa program dan *library* untuk pengembangan program (Djuandi, 2011) Gambar Arduino Uno ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Bagian-bagian pada Arduino (Budiprasojo, 2020)

Arduino memiliki keunggulan dibandingkan dengan sistem mikrokontroler lainnya, berikut ini.

- a. Banyak *library* yang sudah tersedia sehingga pemrograman dengan level awal pun dapat menggunakan dengan mudah.
- b. Harganya sangat murah, karena perawatan Arduino berlisensi *free* maka banyak perusahaan yang mencontoh perawatannya dan memproduksinya sehingga di pasaran harganya bersaing.
- c. Mudah digunakan, serta disertai dengan program IDE Arduino yang dapat diunduh di internet dengan gratis.
- d. Dapat langsung di program hanya dengan menggunakan kabel USB biasa.
- e. Menggunakan power yang kecil, hanya menggunakan power dari port USB komputer sistem Arduino sudah dapat di program dan run (Ahyadi, 2018).

Bagian-bagian Arduino Uno dijelaskan pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Penjelasan Bagian-bagian pada Arduino.

No	Penjelasan
1	<i>Power USB</i> Digunakan untuk menghubungkan papan arduino dengan komputer lewat koneksi USB, serta sebagai <i>supply</i> listrik ke papan atau untuk pemrograman mikroelektronika.
2	<i>Power Jack</i> Sumber listrik untuk arduino dengan tipe <i>Jack</i> . Input DC 5-12V.
3	<i>Voltage Regulator</i> IC ini digunakan untuk menstabilkan tegangan eksternal dan <i>Jack</i> No.2 menuju 5V.
4	<i>Crystal Oscillator</i> Kristal ini digunakan sebagai detak jantung pada arduino. Jumlah cetak menunjukkan 16000 atau 16000 kHz, atau 16 Mhz.
5 dan 17	<i>Raset</i> Digunakan untuk mengulang program arduino dari awal atau reset.
6, 7, 8	Pin (3.3, 5, GND, Vin)
9	<ul style="list-style-type: none"> • 3.3V (6) Sumber tegangan <i>output</i> 3.3 Volt. • 5V (7) Sumber tegangan <i>output</i> 5 Volt. • GND (8) <i>Ground</i> atau pin negatif dalam sirkuit elektronik, akhir dari setiap jalur arus listrik. • Vin (9) Pin untuk memasok listrik dari luar ke papan arduino sekitar 5V.
10	<i>Analog pins</i> Papan Arduino UNO memiliki enam pin analog A0 sampai A5. Digunakan untuk membaca sinyal atau sensor analog seperti sensor jarak, suhu dsb, dan mengubahnya menjadi sinyal digital
11	IC mikrokontroler IC atau <i>Integrated Circuit</i> , alias otak dari papan arduino. IC ini yang diprogram oleh papan arduino untuk mengatur pin digital (15) dan pin analog (10).
12	ICSP pin Sebagian besar ICSP (12) adalah untuk AVR. Dalam Arduino terdapat enam pin, MOSI, MISO, SCK, RESET, VCC, dan GND. Bisa digunakan dengan Bootloader.
13	<i>LED Power Indicator</i> Lampu ini akan menyala dan menandakan Papan Arduino mendapatkan supply listrik dengan baik.
14	LED TX dan RX TX (<i>Transmit</i>) dan RX (<i>Receive</i>), dua LED tersebut akan berkedip saat pemrograman IC atau Papan Arduino berlangsung.
15	Digital Pins I/O Papan Arduino UNO memiliki 14 Digital Pin. Berfungsi untuk memberikan nilai logika (0 atau 1).
16	AREF AREF singkatan <i>Analog Reference</i> . Dapat digunakan untuk mendapatkan sumber tegangan yang dapat diatur lewat IC.

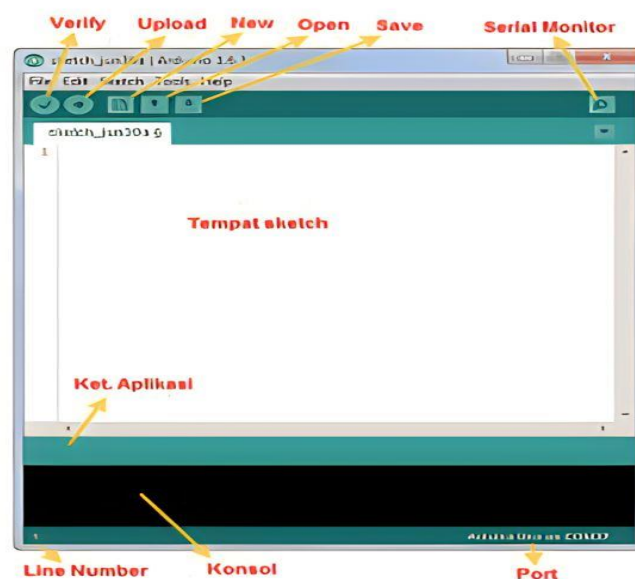
(Budiprasojo, 2020)

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno

Karakteristik	Keterangan
Mikrokontroler	Atmega 328
Tegangan Pengoperasian	5 V
Tegangan Out yang disarankan	7 – 12 V
Jumlah Pin I/O Digital	6 – 20 V
Jumlah Pin <i>input</i> Analog	14 Pin digital (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah Pin <i>input</i> Analog	6 Pin
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3,3 V	50 mA
<i>Memory Flash</i>	32 KB (Atmega) sekitar 0,5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (ATmega 328)
EPROM	1 KB (ATmega 328)
<i>Clock Speed</i>	16 Hz

(Suhartono dkk.,2021)

Pada **Tabel 2.3** ditunjukkan spesifikasi dari Arduino Uno yang memberikan pengetahuan dasar tentang kemampuan dan batasan Arduino Uno, yang sangat penting dalam merancang suatu proyek. Arduino bertujuan untuk menjadi *platform* sumber terbuka untuk komputasi fisik. Pertama, harus jelas bahwa kata “*platform*” merupakan pilihan kata yang tepat. Arduino bukan hanya alat pengembangan, ini adalah kombinasi dari perangkat keras, bahasa pemrograman, dan lingkungan pengembangan terintegrasi lanjutan (IDE) (Kadir, 2013). Menurut (Santoso, 2015) untuk memprogram board Arduino, kita membutuhkan aplikasi IDE (*Integrated Development Environment*) bawaan dari Arduino. Aplikasi ini memiliki peran penting dalam membuat, membuka, dan mengedit source code Arduino. Gambaran antarmuka Arduino IDE yang digunakan untuk mengembangkan kode dapat dilihat pada Gambar 2.7. Dengan bantuan Arduino IDE, para pengembang dapat dengan mudah menghasilkan kode yang diperlukan untuk mengendalikan berbagai perangkat dan sensor yang terhubung ke Arduino Uno, menjadikannya alat yang sangat fleksibel dan kuat dalam berbagai aplikasi komputasi fisik.



Gambar 2.7 Interface Arduino IDE (Santoso, 015)

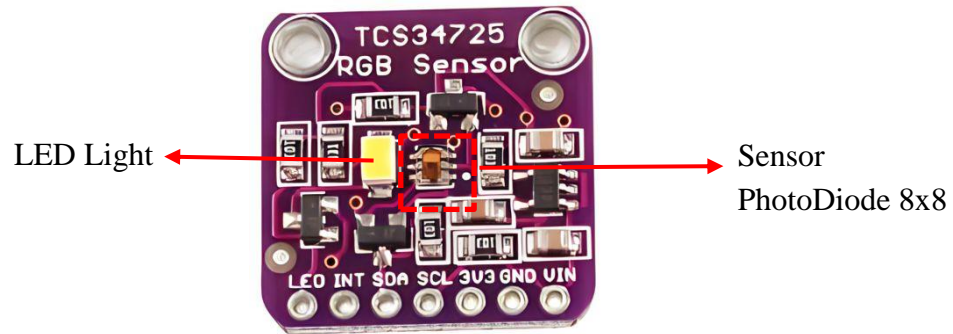
Adapun bagian-bagian IDE Arduino menurut (Santoso, 2015) terdiri dari.

- a. *Verify*, pada versi sebelumnya dikenal dengan istilah *Compile*. Sebelum aplikasi di upload ke *board* Arduino, biasanya untuk memverifikasi terlebih dahulu *sketch* yang dibuat. Jika ada kesalahan pada *sketch*, nanti akan muncul *error*. Proses *Verify/Compile* mengubah *sketch* ke *binary code* untuk diupload ke mikrokontroler.
- b. *Upload*, tombol ini berfungsi untuk mengupload *sketch* ke *board* Arduino. Walaupun kita tidak mengklik tombol *verify*, maka *sketch* akan di-*compile*, kemudian langsung di *upload* ke *board*. Berbeda dengan tombol *verify* yang hanya berfungsi untuk memverifikasi *source code* saja.
- c. *New Sketch*, membuka window dan membuat *sketch* baru.
- d. *Open Sketch*, membuka *sketch* yang sudah pernah dibuat. *Sketch* yang dibuat dengan IDE Arduino akan disimpan dengan ekstensi file *.ino*
- e. *Save Sketch* menyimpan *sketch*, tapi tidak disertai *compile*.
- f. *Serial Monitor*, membuka *interface* untuk komunikasi serial, nanti akan kita diskusikan lebih lanjut pada bagian selanjutnya.

- g. Keterangan aplikasi pesan-pesan yang dilakukan aplikasi akan muncul di sini, misal "*Compiling*" dan "*Done Uploading*" ketika kita *compile* dan mengupload *sketch* ke *board* Arduino.
- h. Konsol, pesan-pesan yang dikerjakan aplikasi dan pesan-pesan tentang *sketch* akan muncul pada bagian ini. Misal, ketika aplikasi meng *compile* atau ketika ada kesalahan pada *sketch* yang kita buat. maka informasi *error* dan baris akan diinformasikan di bagian ini.
- i. Baris *Sketch* bagian ini akan menunjukkan posisi baris kursor yang sedang aktif pada *sketch*.
- j. Informasi Port, bagian ini menginformasikan port dipakai oleh board Arduino.

2.8 Sensor Warna RGB (TCS34725)

Modul sensor warna GY-33 TCS 34725 merupakan sensor penginderaan warna yang memiliki elemen penginderaan cahaya RGB dan *Clear*. Modul sensor warna GY-33 TCS34725 digunakan untuk mendeteksi dan mengukur tingkat intensitas cahaya dalam berbagai kondisi pencahayaan. Selain itu, sensor ini juga dapat mengidentifikasi warna yang ada di sekitarnya. Sensor ini dilengkapi dengan *filter blok IR*, *on-chip* terintegrasi dan dilokalisasi ke foto sensor warna, meminimalkan komponen spektrum IR dari cahaya yang masuk dan memungkinkan pengukuran warna dilakukan secara akurat. Sensor ini juga memiliki kisaran dinamis 3.800.000: 1 yang luar biasa dengan waktu dan penguatan integrasi yang disesuaikan sehingga cocok untuk digunakan di belakang kaca yang gelap. Sensor ini bekerja dari 3.3 Volt sampai 5 Volt, dan sensor ini memiliki 7 kaki/pin yaitu LED, INT, SDA, SCL, 3V3,GND, dan VIN (Romadhon dan Faikul, 2021). Sensor warna GY-33 TCS 34725 memiliki elemen untuk deteksi cahaya RGB (Red, Green, Blue) dan mampu melakukan pengukuran warna secara akurat. Sensor warna TCS 34725 ditunjukkan pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 Sensor Warna TCS 34725 (Romadhon dan Faikul, 2021)

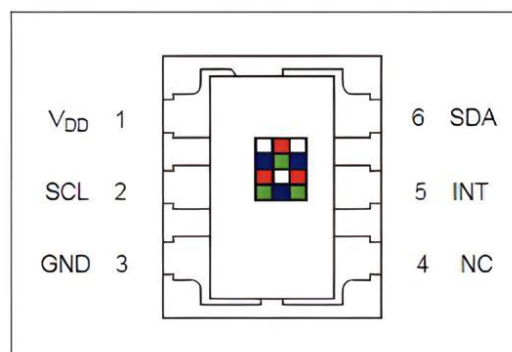
Berikut spesifikasi sensor warna TCS 34725 ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 spesifikasi sensor warna TCS 34725

Karakteristik	Keterangan
Suplay Tegangan, VDD	3,8 V
Tegangan terminal masukan	-0,5 V to 3,8 V
Tegangan terminal keluaran	-0,5 V to 3,8 V
Arus terminal keluaran	-1 mA to 20 mA
Rentang suhu penyimpanan, Tstg	-400C to 850C
Toleransi ESD	2000 V

(TAOS, 2012)

Semua pin terminal memiliki fungsi utama dalam menghubungkan dengan rangkain elektronik. Setiap pin memiliki fungsi yang spesifik, yang meliputi penerimaan input, pengiriman output, komunikasi data, atau fungsi kontrol lainnya. Pada **Gambar 2.9** dapat dilihat berbagai port I/O yang ada pada sensor TCS34725.



Gambar 2.9 Port I/O Sensor Warna TCS34725 (TAOS, 2012)

Tabel 2.5 Fungsi Pin Terminal Sensor TCS34725

Name	No	Jenis	Keterangan
VDD	1		Suplay Tegangan
SCL	2	I	Terminal masukan clock serial I2C – sinyal clock untuk data serial I2C
GND	3		Catu daya GND. Semua tegangan ke GND
NC	4	O	Tidak terhubung – jangan disambungkan
INT	5	O	Interrupt – open drain (aktif rendah)
SDA	6	I/O	Terminal I/O data serial I2C – data serial masukan/keluaran I2C

(TAOS, 2012)

Pada Tabel 2.5 menunjukkan fungsi pin terminal yang ada pada sensor warna TCS 34725. Sensor warna TCS 34725 memiliki beberapa keunggulan yang menonjol, termasuk respons yang cepat, tingkat akurasi yang tinggi dalam mengukur warna, dan kemampuan untuk berfungsi optimal dalam berbagai kondisi pencahayaan. Selain itu, kemudahan integrasi ke dalam sistem elektronik dan antarmuka komunikasi standar seperti I2C membuat sensor ini menjadi pilihan yang memerlukan analisis warna dalam berbagai aplikasi teknologi. Secara keseluruhan, sensor warna TCS 34725 memiliki kombinasi fitur-fitur yang membuatnya sangat menarik dalam berbagai aplikasi teknologi yang memerlukan analisis warna yang sangat handal dan akurat.

2.9 Panjang Gelombang Zat Hara (N, P, K)

Panjang gelombang yang dipancarkan atau diserap oleh zat hara nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) berada dalam berbagai rentang dalam spektrum elektromagnetik.

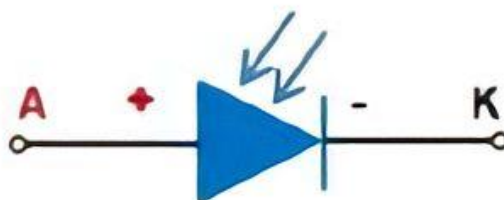
- a. Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) yang merupakan bentuk awal dari nitrogen yang dihasilkan melalui dekomposisi bahan organik oleh bakteri. Penentuan kadar dilakukan dengan metode spektrofotometer secara fenat kisaran 0,1 mg/L sampai dengan 0,6 mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$ dengan panjang gelombang 640 nm (Hendrawati dkk., 2008).

- b. Penentuan kadar fosfat dilakukan dengan metode spektrofotometer secara asam askorbat Prinsip dari metode ini didasarkan pada pembentukan senyawa kompleks fosfomolibdat yang berwarna biru. Kompleks tersebut selanjutnya direduksi dengan asam askorbat membentuk warna biru kompleks Molybdenum. Intensitas warna yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi fosfor. Warna biru yang timbul diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 700 nm-880 nm (Hendrawati dkk.,2008). Pada daerah tampak dari spektrum, warna yang menyerap panjang gelombang tertentu akan berbeda dengan warna yang dapat dilihat secara langsung. Hal ini karena adanya pengaruh dari warna komplementer. Untuk larutan kompleks fosfat yang memiliki warna komplementer Biru-hijau memiliki rentang panjang gelombang antara 610 – 750 nm (Angraini dan Yanti, 2021).
- c. Spektrofotometer emisi nyala digunakan untuk pengukuran kadar natrium dan kalium. Prinsip pemeriksaan spektrofotometer emisi nyala adalah sampel diencerkan dengan cairan pengencer yang berisi litium atau cesium, kemudian dihisap dan dibakar pada nyala gas propan. Ion natrium, kalium, litium, atau sesium bila mengalami pemanasan akan memancarkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu (natrium berwarna kuning dengan panjang gelombang 589nm, kalium berwarna ungu dengan panjang gelombang 768 nm, litium 671 nm, sesium 825 nm). Pancaran cahaya akibat pemanasan ion dipisahkan dengan filter dan dibawa ke detektor sinar (Yaswir dan Ferawati.,2012).

2.10 Photo diode

Photo diode atau dioda foto yaitu suatu komponen elektronika yang dapat mengubah cahaya menjadi arus listrik. Komponen ini terbuat dari material semikonduktor. Dioda ini memiliki dua buah terminal sama seperti dioda pada umumnya yaitu anoda dan katoda. *Photodiode* digunakan untuk mendeteksi cahaya. Dioda ini memiliki lensa dan *filter optic* yang terpasang pada permukaannya sebagai pendeteksi cahaya. Cahaya yang dapat dideteksi yaitu: cahaya matahari, cahaya tampak, sinar inframerah, sinar ultraviolet hingga sinar

X. Dioda ini diaplikasikan dalam berbagai perangkat elektronika dan listrik, diantaranya sensor cahaya kamera, peralatan untuk keamanan, penghitungan kendaraan, *scanner barcode* dan sebagainya. Material dasar untuk pembuatan dioda foto adalah silicon, germanium, indium gallium arsenide phosphide, dan indium gallium arsenide (Sugianto, 2007). Simbol dioda foto ditunjukkan pada **Gambar 2.10** Simbol ini adalah representasi grafis dari fungsi dioda foto dalam suatu rangkaian, memungkinkan perancang dan teknisi untuk dengan mudah mengidentifikasi dan memahami kehadiran diode foto dalam rangkaian.



Gambar 2.10 Simbol Dioda Foto (Ponto, 2018)

Prinsip kerja *photodiode*, yaitu dioda ini terdiri dari satu lapisan tipis semikonduktor tipe-N yang memiliki kebanyakan elektron dan satu lapisan tebal semikonduktor tipe-P yang memiliki kebanyakan hole. Lapisan semikonduktor tipe-N adalah Katoda sedangkan lapisan semikonduktor tipe-P adalah Anoda. Jika photo diode terkena cahaya, foton yang merupakan partikel terkecil cahaya akan menembus lapisan semikonduktor tipe-N dan memasuki lapisan semikonduktor tipe-P. Foton-foton tersebut kemudian akan bertabrakan dengan elektron-elektron yang terikat sehingga elektron tersebut terpisah dari intinya dan menyebabkan terjadinya *hole*.

Elektron yang terpisah, akibat dari tabrakan dan berada dekat persimpangan PN (*PN junction*), akan menyeberangi persimpangan tersebut menuju wilayah semikonduktor tipe-N. Sebagai hasilnya, jumlah elektron di sisi semikonduktor tipe-N bertambah, sementara sisi semikonduktor tipe-P mengalami kelebihan *hole*. Pemisahan muatan positif dan negatif ini menyebabkan terjadinya perbedaan potensial pada persimpangan PN. Ketika kita hubungkan sebuah beban ataupun kabel ke katoda (sisi semikonduktor N) dan anoda (sisi semikonduktor P).

Elektron akan mengalir melalui beban atau kabel tersebut dari Katoda ke anoda atau biasanya kita sebut sebagai aliran arus listrik. Dalam pengoperasional dioda ini, terdapat dua model *Photodiode*. yaitu dengan model *Photovoltaic* dan model *Photoconductive* (Ponto, 2018).

- a. Model *Photovoltaic* seperti sel surya, *photodiode* juga dapat menghasilkan tegangan yang dapat diukur. Tetapi tegangan dan arus listrik yang dihasilkannya sangat kecil dan tidak cukup untuk menyala sebuah lampu maupun perangkat elektronika.
- b. Model *Photoconductive*, sehubungan tidak dapat menghasilkan arus listrik yang cukup untuk kebutuhan rangkaian elektronika, maka *photodiode* digabungkan dengan sumber tegangan yang dipasangkan secara bias terbalik. Model *Photoconductive* ini menggunakan sumber listrik lain sebagai penggerak beban, sedangkan photodiode sendiri berfungsi sebagai saklar yang mengalirkan arus listrik ketika dikenakan cahaya kedua model ini memiliki berbagai aplikasi dalam berbagai bidang, termasuk elektronika, fotografi, sensor dan lain sebagainya (Rahmawati, 2019). Gambar Dioda Foto ditunjukkan pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2.11 Dioda Foto (Rahmawati, 2019)

2.11 Warna dan Panjang Gelombang Cahaya

Teori warna termasuk salah satu cabang dalam ilmu pengetahuan yang meliputi segala aspek tentang bagaimana manusia melihat dan menginterpretasikan warna. Panjang gelombang yang berbeda-beda diinterpretasikan oleh otak manusia sebagai warna, dengan merah adalah panjang gelombang terpendek (frekuensi paling tinggi). Warna adalah spektrum tertentu yang terdapat di dalam suatu

cahaya sempurna (berwarna putih). Identitas suatu warna ditentukan panjang gelombang cahaya tersebut. Sebagai contoh warna biru memiliki panjang gelombang 460 nanometer. Panjang gelombang warna yang masih bisa ditangkap mata manusia berkisar antara 380-780 nanometer. Dalam peralatan optis, warna bisa pula berarti interpretasi otak terhadap campuran tiga warna primer cahaya merah, hijau, biru yang digabungkan dalam komposisi tertentu. Misalnya pencampuran 100% merah, 0% hijau, dan 100 % biru akan menghasilkan interpretasi warna magenta (Arsyad dkk., 2023).

Panjang gelombang diukur dalam satuan nanometer (nm). Satu nanometer sama dengan satu per satu miliar meter. Hal yang menarik di sini adalah mata manusia mampu membedakan tiap warna hanya dengan beda beberapa ratus nanometer saja. Dari spektrum elektromagnetik hanya bagian yang sangat kecil yang dapat dideteksi dengan indera penglihatan yang disebut cahaya tampak. Bagian-bagian yang berbeda dari spektrum tampak menimbulkan warna yang berbeda. Sinar tampak terdiri atas tujuh spektrum warna, jika diurutkan dari frekuensi terkecil ke frekuensi terbesar, yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu. Panjang gelombang cahaya tampak berkisar dari panjang gelombang 400 nm hingga 750 nm. Cahaya tampak dengan panjang gelombang yang berbeda memiliki warna yang berbeda (Ratnawulan,2019). Untuk memberikan gambaran lebih jelas tentang spektrum cahaya tampak dapat dilihat pada **Tabel 2.6.** yang menggambarkan berbagai panjang gelombang dan warna yang terkait dengan cahaya tampak.

Tabel 2.6 Panjang Gelombang Cahaya Tampak dan Warna Pelengkapanya

Panjang Gelombang (nm)	Cahaya Tampak	Warna Pelengkap
400-450	Ungu	Hijau Kuning
450-495	Biru	Kuning
495-570	Hijau	Ungu
570-590	Kuning	Biru
590-620	Jingga	Biru Hijau
620-750	Merah	Hijau Biru

(Young, 2001)

Sebagaimana terlihat pada Tabel 2.6 menunjukkan informasi mengenai panjang gelombang dan frekuensi cahaya tampak, yang terbagi dalam beberapa rentang warna mulai dari merah dengan panjang gelombang lebih panjang, melalui jingga, kuning, hijau, biru, hingga ungu dengan panjang gelombang lebih pendek. Cahaya tampak merupakan spektrum cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia.

2.12 Sensor pH Tanah (E201-C)

Pengukuran pH tanah adalah salah satu aspek yang memiliki peran krusial dalam keseluruhan kegiatan pertanian dan proses pertanaman. Tingkat pH tanah mempengaruhi ketersediaan nutrisi yang dapat diserap oleh tanaman secara langsung. Sebelum penggunaan sensor pH tanah, proses kalibrasi perlu dilakukan dengan menggunakan larutan kalibrasi yang memiliki nilai pH yang sudah diketahui dengan pasti. Tindakan ini memiliki kepentingan utama dalam memastikan bahwa hasil pengukuran yang diberikan oleh sensor adalah akurat dan dapat diandalkan. Sensor tanah yang dilengkapi dengan elektroda E201-C dirancang khusus untuk melakukan pengukuran pH pada bahan semi padat, seperti tanah. Struktur sensor ini terdiri dari beberapa komponen kunci, termasuk sebuah probe yang berkontak langsung dengan tanah, membran gelas yang melindungi probe, dan bagian tengah yang melindungi sensor pengukur pH. Di dalam bagian tengah ini, terdapat larutan Ag – AgCl yang berperan penting dalam pengukuran pH. Kombinasi dari elemen-elemen ini memungkinkan sensor untuk mengukur pH tanah dengan akurat, memberikan informasi yang sangat berharga untuk para petani dan praktisi pertanian dalam mengelola kondisi tanah dan memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal (Hariyadi dkk., 2020).

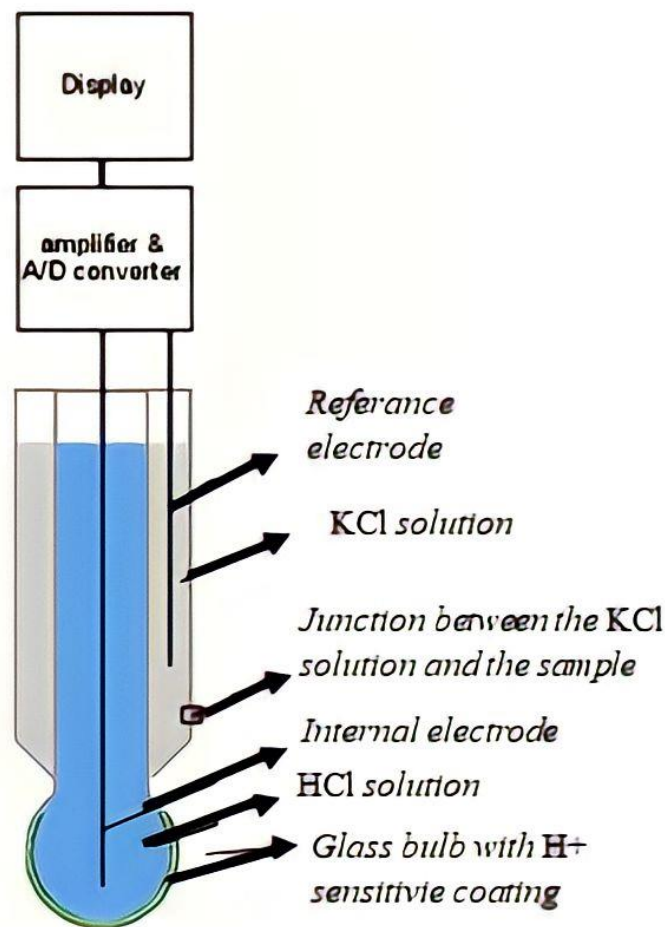
Secara umum, pH meter adalah sebuah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur tingkat pH (derajat keasaman atau kebasaan) dalam suatu cairan. Penggunaannya juga dapat diperluas untuk mengukur pH pada bahan semi-padat dengan menggunakan elektroda khusus. Perangkat pH meter terdiri dari sebuah elektroda pengukur (*probe*) yang terhubung dengan alat elektronik yang bertugas

mengukur dan menampilkan nilai pH. Menurut (Harahap, 2021), prinsip dasar di balik pengukuran pH dengan pH meter melibatkan potensial elektrokimia yang terbentuk antara larutan di dalam elektroda gelas yang sudah dikenal nilainya dengan larutan di luar elektroda gelas yang pH-nya belum diketahui. Ini disebabkan oleh interaksi lapisan tipis gelas dengan ion hidrogen yang memiliki ukuran relatif kecil dan sifat aktif. Skema elektroda pada pH meter akan mengukur potensial listrik antara merkuri klorida (HgCl) pada elektroda pembanding dan kalium klorida (KCl) yang berada dalam larutan di dalam elektroda gelas, serta potensial antara larutan tersebut dan elektroda perak. Namun, potensial antara sampel yang memiliki nilai pH yang belum diketahui dengan elektroda gelas dapat berubah sesuai dengan karakteristik sampel tersebut. Gambaran sensor pH E201-C ditunjukkan pada **Gambar 2.12**.



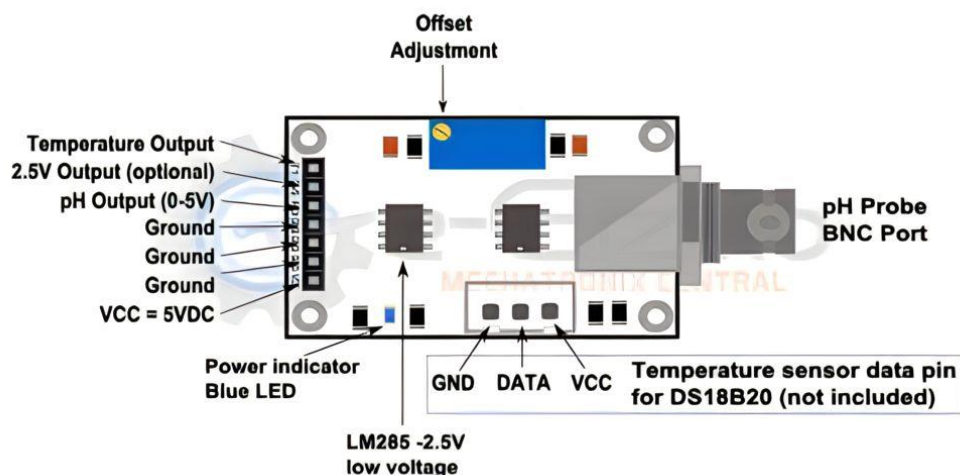
Gambar 2.12 Sensor pH E201-C (Hariyadi, 2020)

Dengan informasi yang diberikan oleh sensor pH tanah, petani dan ahli pertanian dapat mengambil tindakan untuk memperbaiki kondisi tanah melalui tindakan seperti pengapuran untuk menaikkan pH atau menggunakan bahan organik untuk menurunkan pH. Penggunaan sensor pH tanah secara teratur dapat membantu dalam meningkatkan efisiensi pemupukan, mengoptimalkan lingkungan tumbuh tanaman, dan mendukung keberhasilan pertanian secara keseluruhan. Berikut bagian-bagian yang terdapat didalam probe pH elektroda ditunjukkan pada **Gambar 2.13**.



Gambar 2.13 Probe pH Elektroda (Anggraini dan Yendri, 2023)

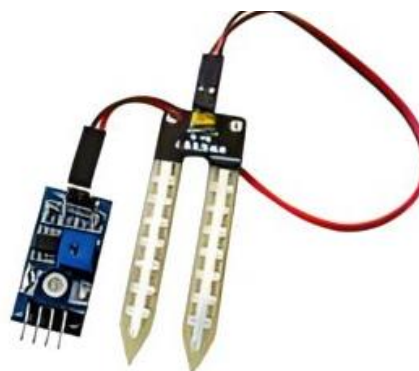
Dalam penerapan sensor pH, penggunaan *probe* elektroda menjadi komponen penting yang menghubungkan sensor pH model E201-C dengan mikrokontroler Arduino Uno yang digunakan. Gambaran keseluruhan tentang hubungan ini dapat ditemukan melalui **Gambar 2.13**, yang menggambarkan dengan jelas probe elektroda yang digunakan menjadi perantara vital yang memungkinkan sensor pH untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, memungkinkan pengukuran kualitas pH menjadi lebih dapat diakses dan diolah oleh sistem. Dengan kata lain, probe elektroda ini berfungsi sebagai antarmuka yang memungkinkan sensor pH dan mikrokontroler berinteraksi secara efisien, sehingga memungkinkan pemantauan kualitas pH tanah yang lebih efektif dalam proyek ini.



Gambar 2.12 Probe Elektroda (Anggraini dan Yendri, 2023)

2.13 Sensor *Soil Moisture* FC-28

Sensor kelembaban tanah adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban dalam tanah. Sensor ini dapat mengukur kelembaban dalam rentang 0 hingga 100%, dengan akurasi sekitar $\pm 5\%$ *Relative Humidity* (RH). Prinsip kerjanya berdasarkan pada sensor kapasitif, dimana ada dua plat kapasitor yang dipisahkan oleh material dielektrik. Perubahan kelembaban tanah akan mempengaruhi sifat dielektrik diantara plat kapasitor ini, yang kemudian menghasilkan perubahan tegangan yang dapat diukur (Husdi, 2018). Struktur dari sensor ini terdiri dari dua komponen utama. Komponen pertama adalah sensor berbentuk garpu yang dilengkapi dengan dua kabel terbuka yang dimasukkan ke dalam tanah yang akan diukur kelembabannya. Garpu ini berfungsi sebagai resistor variabel yang nilainya berubah seiring dengan perubahan kelembaban tanah. Komponen kedua adalah modul elektronik yang berfungsi menghubungkan probe sensor ke papan Arduino dan kemudian ke sistem yang lebih besar (Suryana, 2021). Sensor *Soil Moisture* FC-28 dapat dilihat pada **Gambar 2.15**. Dengan bantuan sensor ini, informasi mengenai kelembaban tanah dapat diukur dengan akurat dan digunakan dalam aplikasi pertanian, irigasi, dan pemantauan lingkungan lainnya.



Gambar 2.15 *Soil Moisture FC-28* (husdi, 2018).

Tabel 2.7 Fungsi Pin Terminal Sensor Soil Moisture FC-28

Nama Pin	No Pin	Keterangan
VCC	1	Pin VCC memberikan daya pada modul sebesar +5 V
GND	2	GND adalah pin <i>ground</i> untuk sumber daya
DO	3	Pin Digital <i>Out</i> untuk keluaran digital
AO	4	Pin Analog <i>Out</i> keluaran analog

(Fuller, 2022)

Pada **Tabel 2.7** menjelaskan fungsi dari masing-masing pin pada terminal sensor kelembaban tanah *Soil Moisture FC-28*. VCC (Pin 1) adalah pin VCC yang digunakan untuk memberikan daya pada modul sensor. Tegangan yang diberikan biasanya adalah +5 V, yang menghidupkan modul sensor agar dapat beroperasi. GND (Pin 2) adalah pin *ground*, atau tanah, yang digunakan sebagai titik referensi nol tegangan. Ini diperlukan untuk melengkapi sirkuit daya dan memastikan tegangan referensi yang stabil. DO (Pin 3) adalah pin digital *out* yang digunakan sebagai keluaran digital. Pin ini menghasilkan sinyal keluaran dalam bentuk digital, yang bisa berupa sinyal logika *HIGH* (tinggi) atau *LOW* (rendah) tergantung pada kondisi tertentu, seperti batas kelembaban tertentu yang telah diatur. AO (Pin 4) adalah pin analog *out* yang berfungsi sebagai keluaran analog. Pin ini menghasilkan sinyal keluaran dalam bentuk tegangan analog yang

berkaitan dengan tingkat kelembaban tanah yang terdeteksi oleh sensor. Nilai tegangan pada pin AO akan berubah sesuai dengan perubahan kelembaban tanah. Tabel ini memberikan gambaran tentang bagaimana setiap pin pada sensor *Soil Moisture FC-28* berfungsi dan apa yang dapat diharapkan dari masing-masing keluaran. Hal ini membantu pengguna dalam menghubungkan dan memanfaatkan sensor dengan benar dalam proyek-proyek yang melibatkan pengukuran kelembaban tanah.

Tabel 2.8 Spesifikasi Soil Moisture FC-28

Karakteristik	Keterangan
Tegangan Operasi	3,3 V hingga 5 V DC
Arus Operasi	15 mA
Keluaran Digital	0 V – 5 V, tingkat yang dapat diatur dari prasetel
Keluaran Analog	0 V – 5 V berdasarkan radiasi inframerah dari api yang jatuh pada sensor
LED	Menunjukkan keluaran dan daya
Ukuran PCB	3,2 cm x 1,4 cm
<i>Desain</i>	LM393

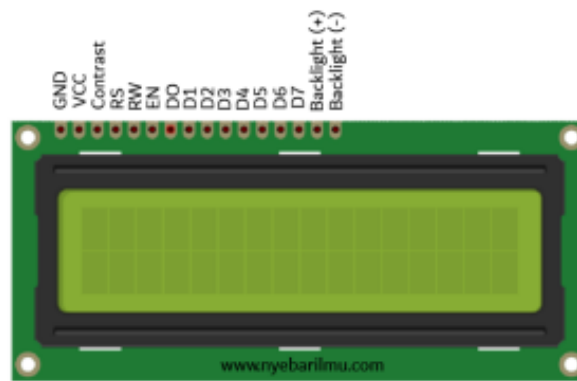
(Fuller, 2022)

Pada **Tabel 2.8** menunjukkan spesifikasi dari sensor kelembaban tanah FC-28. Sensor ini dapat beroperasi pada tegangan 3,3 V hingga 5 V DC dengan arus operasi sebesar 15 mA. Sensor ini menghasilkan keluaran digital antara 0 V hingga 5 V yang tingkat pencetusnya dapat diatur, serta keluaran analog dalam rentang serupa, yaitu 0 V hingga 5 V, berdasarkan radiasi inframerah dari api yang jatuh pada sensor. Sensor ini juga dilengkapi dengan LED yang menunjukkan keluaran dan status daya, memiliki ukuran PCB 3,2 cm x 1,4 cm, dan didesain berbasis LM393.

2.14 LCD 20x4

LCD digunakan sebagai output untuk menampilkan hasil data dari setiap percobaan yang telah diambil melalui sensor, dan juga untuk menampilkan informasi tentang pemakaian minyak. Dalam konteks percobaan ini, sebuah layar LCD dengan ukuran 20×4 yang berwarna biru digunakan. *Liquid Crystal Display (LCD) projector*, di sisi lain, adalah jenis proyektor yang menghadirkan video, gambar, atau data dari komputer ke permukaan datar seperti dinding atau layar. *LCD projector* sangat berguna dalam situasi seperti presentasi dalam pembelajaran, rapat, seminar, dan berbagai acara lainnya. Pemanfaatan teknologi perangkat pengirim dan penerima audio video nirkabel pada *LCD projector* menjadi solusi efektif untuk mengatasi keterbatasan panjang kabel yang diperlukan untuk menghubungkannya dengan komputer.

LCD sebagai teknologi tampilan telah menjadi sangat populer dan andal, menggantikan banyak teknologi tampilan sebelumnya. Keunggulannya terletak pada konsumsi daya yang rendah, profil tipis, dan kualitas tampilan yang superior. Hal ini membuatnya menjadi pilihan yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik. Gambaran tentang pin dan susunan koneksi dari LCD 20×4 dapat ditemukan pada **Gambar 2.16** (Nirwan dan Hafidz, 2020). Kelebihan dari layar LCD 20×4 terlihat dalam kemampuannya untuk menampung lebih banyak informasi dibandingkan dengan layar LCD yang lebih kecil, misalnya, LCD 16×2. Oleh karena itu, layar LCD 20×4 sangat cocok untuk menampilkan data yang lebih besar atau informasi yang lebih kompleks. Layar LCD 20×4 sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti menampilkan informasi pada perangkat elektronik seperti termometer digital, voltmeter, jam, pemantauan sistem, dan banyak lagi. Dengan tampilan teks yang jelas dan mudah dibaca, LCD 20×4 menjadi pilihan yang sangat baik untuk banyak proyek elektronik dan aplikasi yang memerlukan output visual untuk menampilkan informasi dan data.



Gambar 2.16 LCD 20×4 (Nirwan dan Hafidz, 2020)

Tabel 2.9 Spesifikasi LCD 20×4

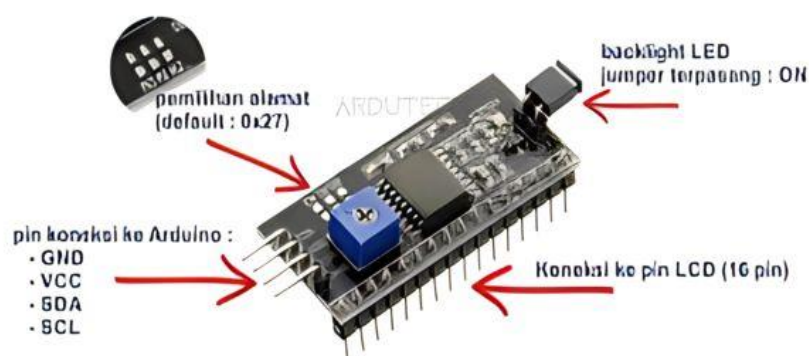
Simbol	Fungsi Pin
VSS	<i>Ground</i> LCD
VCC	Catu daya positif LCD
VEE	Mengatur kontras LCD
RS	Membaca karakter
EN	<i>Enable</i> LCD
D0-D3	Kombinasi tingkat rendah
D4-D7	<i>Transfer</i> data ke unit (CO)
<i>Backlight</i> (+)	Catu daya positif LCD
<i>Backlight</i> (-)	<i>Ground</i> lampu LCD

(Nirwan dan Hafidz, 2020)

Spesifikasi dari berbagai fungsi dan simbol yang terkait dengan LCD 20×4 ditunjukkan pada **Tabel 2.9**. LCD (*Liquid Crystal Display*) 20×4 adalah jenis layar tampilan yang mampu menampilkan 20 karakter per baris dan memiliki 4 baris tampilan.

2.15 Module I2C

I2C merupakan standar komunikasi serial dua arah yang menggunakan dua saluran yang dapat mengirim maupun menerima data. *System* I2C terdiri dari saluran *Serial Clock* (SCL) dan *Serial Data* (SDA) yang membawa informasi data antara I2C bus dapat dioperasikan sebagai piranti slave. Master adalah piranti yang memenuhi *transfer data* dengan membuat sinyal *stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. Slave adalah piranti yang dialamati Pada **Gambar 2.17** ditunjukkan module I2C.



Gambar 2.17 Module I2C (Natsir dkk., 2019)

Adapun spesifikasi dari *module* I2C ditunjukkan pada **Tabel 2.10**.

Tabel 2.10 Spesifikasi I2C

Parameter	Kondisi Teknis
Tegangan Kerja	VCC, GND, DO, AO Mendukung protokol I2C, coding lebih singkat dilengkapi trimpot pengatur lampu dan kontras layar hanya 4 pin untuk pengendalian (SDA, SCL, VCC dan GND)
Device Address	0 x 27 atau 0 x 3F Dapat digunakan untuk LCD 16x2 atau 20 x 4
Ukuran	41,5 x 19 x 15,3 (mm)

(Natsir dkk.,2019)

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Februari 2024. Perancangan dan pembuatan alat dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.

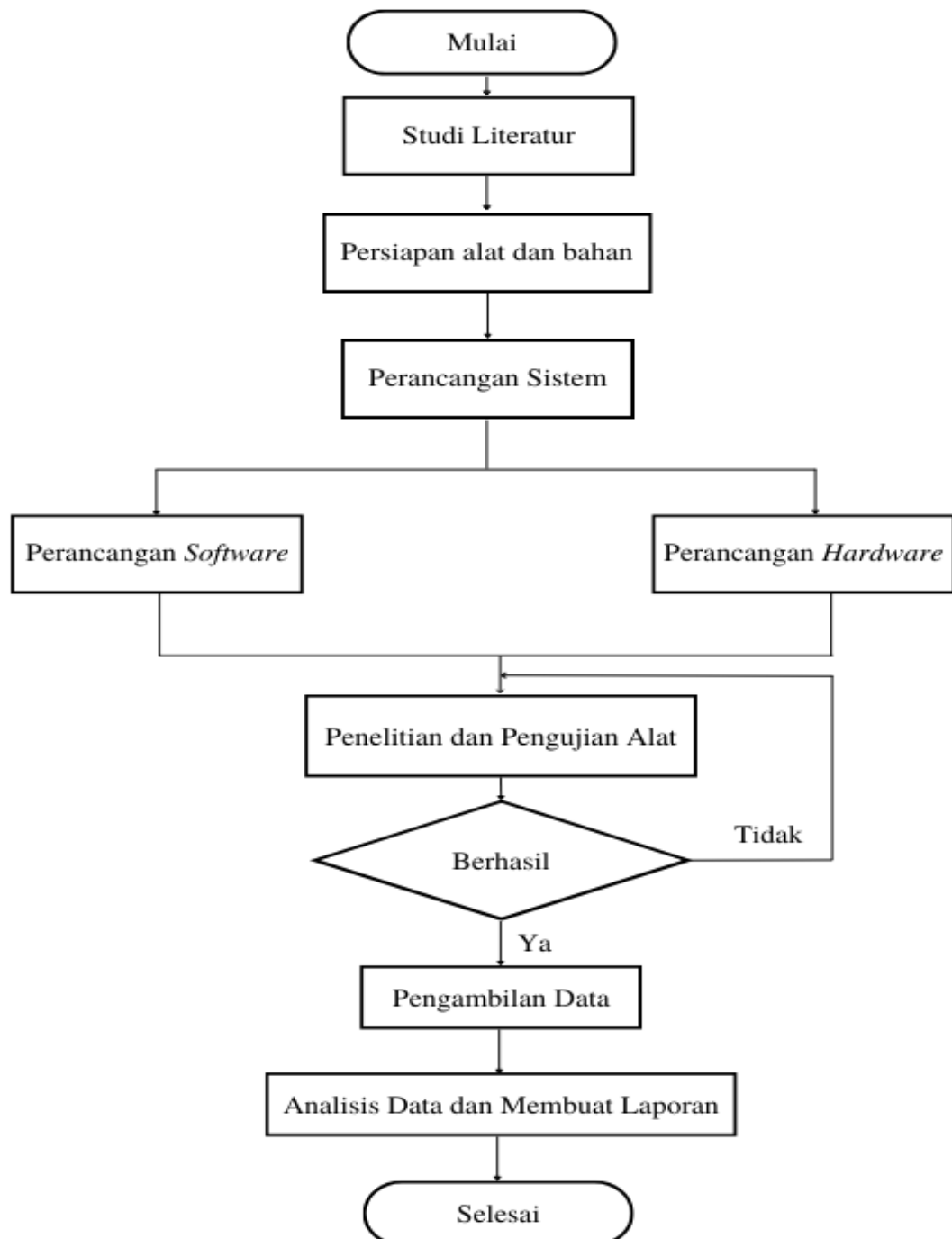
Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian

No.	Nama	Fungsi
1.	Laptop/Pc	Untuk membuat program menggunakan <i>software</i> Arduino IDE.
2.	Arduino Uno	Mengontrol dan mengendalikan sistem.
3.	<i>Power Bank</i>	Sumber tegangan alat.
4.	<i>Jumper</i> dan kabel	Untuk menghubungkan rangkaian.
5.	Sensor Warna GY-33 TCS 34725	Mendeteksi dan mengukur intensitas cahaya.
6.	Sensor pH E201-C	Mengukur pH di dalam tanah.
7.	Sensor <i>Soil Moisture</i> FC-28	Mengukur Kelembaban Tanah
8.	LCD 20x4	Untuk menampilkan data nilai keluaran pada layar monitor.
9.	Saklar <i>On/Off</i>	Pemutus dan penyambung tegangan.
10.	Box Plastik	Wadah rangkaian alat yang dibuat.
11.	<i>Software</i> Arduino IDE	<i>Software</i> untuk membuat, mengedit, memverifikasi, dan mengunggah program ke mikrokontroler.
12.	LED merah dan hijau	Indikator

3.3 Prosedur Percobaan

3.3.1 Tahapan Penelitian

Adapun diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir

Berdasarkan **Gambar 3.1** tahapan penelitian akan dilakukan sebagai berikut.

1) Studi literatur

Pada tahap awal, peneliti melakukan pencarian literatur yang terkait dengan penelitian. Tujuan dari langkah ini adalah untuk memastikan perencanaan dan pelaksanaan penelitian berjalan sesuai dengan harapan. Studi literatur didapatkan melalui sumber-sumber seperti jurnal ilmiah, skripsi, dan internet.

2) Perancangan Sistem

Tahap kedua dalam pengembangan sistem terbagi menjadi dua tahap utama, yaitu.

a. Perancangan *Hardware*

Pada tahap perancangan *hardware*, langkah pertama adalah mendesain dan merancang struktur fisik alat, termasuk bagaimana setiap komponen akan dihubungkan. Selain itu, di tahap ini juga dilakukan perencanaan mengenai cara kerja dari masing-masing komponen yang akan digunakan dalam alat. Tujuannya untuk menjalankan fungsi alat dengan semestinya.

b. Perancangan *Software*

Pada tahap perancangan *software*, menggunakan bahasa pemrograman Arduino pada program Arduino IDE. Dalam tahap ini, seluruh cara kerja alat dijabarkan ke dalam bentuk *source code* agar alat dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

Dengan melakukan tahap perancangan *hardware* dan *software* yang baik, diharapkan alat yang dikembangkan dapat berfungsi dengan baik, memiliki performa yang diinginkan, dan dapat memenuhi kebutuhan dan tujuan dari penggunaannya. Selain itu, perancangan yang teliti juga membantu memastikan ketersediaan semua komponen yang diperlukan dan mempermudah tahap penerapan selanjutnya.

3) Penelitian dan Pengujian Alat

Tahap penelitian dan pengujian alat adalah dua tahap penting dalam proses pengembangan dan verifikasi kinerja suatu alat atau perangkat. Penelitian dan

pengujian alat berfungsi untuk memvalidasi sistem kerja alat dan memastikan alat berfungsi dengan tujuan yang ditetapkan.

4) Pengambilan Data

Tahap pengambilan data dilakukan dari pengujian dan pengambilan data sampel.

5) Analisis Data dan Membuat Laporan

Tahap kelima adalah melakukan analisis data yang telah dikumpulkan dan setelah itu membuat laporan penelitian.

6) Penarikan Kesimpulan

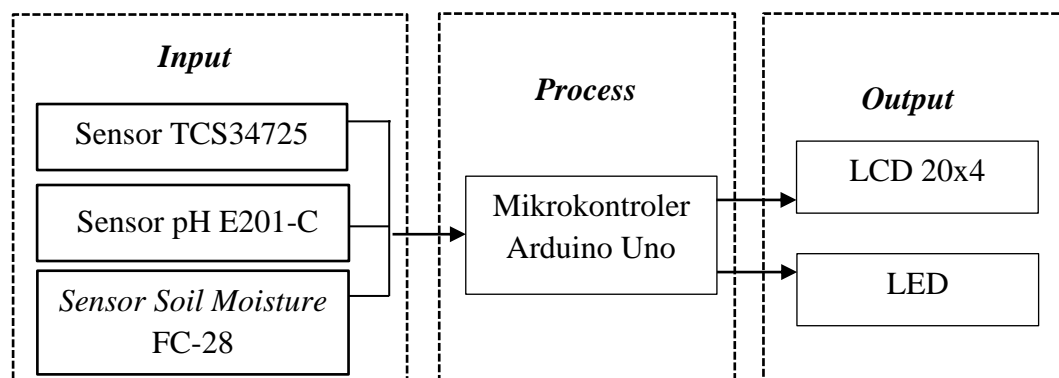
Tahap akhir mendapatkan kesimpulan dari pengujian perangkat, pengumpulan data, dan analisis hasil, serta memberikan rekomendasi untuk pengembangan penelitian berikutnya.

3.3.2 Perancangan Sistem

1. Perancangan Hardware

a. Blok Diagram Sistem

Diagram blok perancangan ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Blok Diagram Perancangan Sistem

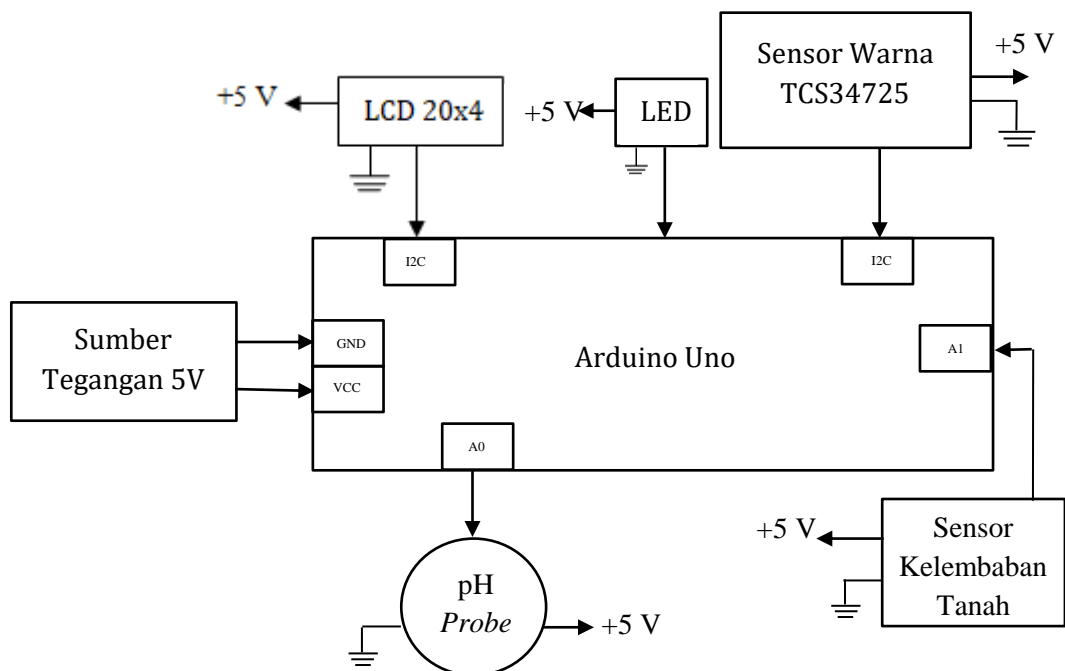
Penelitian ini membuat sistem monitoring kesuburan tanah pada tanaman singkong. Parameter monitoring yang diukur yaitu zat hara, pH tanah, dan kelembapan tanah. Secara keseluruhan, rangkaian sistem yang dibangun meliputi pembacaan parameter, pemroses, pengiriman nilai sensor yang ditampilkan pada LCD I2C 20x4 dan LED.

Pengukuran parameter yang meliputi zat hara, pH tanah, dan kelembapan tanah menggunakan sensor. Pada tahap pengukuran parameter zat hara, menggunakan sensor TCS34725. Pada tahap pengukuran parameter pH tanah, menggunakan sensor pH E201-C. Selanjutnya pada tahap pengukuran parameter kelembapan tanah, menggunakan sensor soil moisture FC-28. Pada tahap pengukuran. Output dari ketiga sensor tersebut merupakan sinyal analog yang kemudian akan dikonversi menjadi sinyal digital menggunakan pemroses Arduino Uno.

b. Rangkaian Keseluruhan

Rangkaian keseluruhan alat yang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu mikrokontroler Arduino Uno, LCD 20x4, sensor warna TCS 3475, sensor E201-C dan sensor Soil Moisture FC-28 sumber tegangan. Secara keseluruhan, rangkaian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang terpadu untuk mengukur dan memantau warna (Nitrogen, Fosfor dan Kalium) tanah, tingkat pH tanah dan kelembapan tanah secara bersamaan, dengan tampilan hasil yang jelas dan informatif pada layar LCD 20 X4.

Berdasarkan **Gambar 3.3**, tegangan 5V disalurkan ke mikrokontroler Arduino Uno untuk mengoperasikan sensor warna TCS34725 (pin SDA, SCL), sensor pH E201-C (pin A0), dan sensor Soil Moisture FC-28 (A1). Mikrokontroler berperan sebagai pengendali utama yang memproses data dari kedua sensor. Hasil pengukuran ditampilkan di layar LCD 20x4 yang terhubung melalui pin I2C untuk visualisasi data dan juga LED merah dan hijau sebagai indikator tanah.

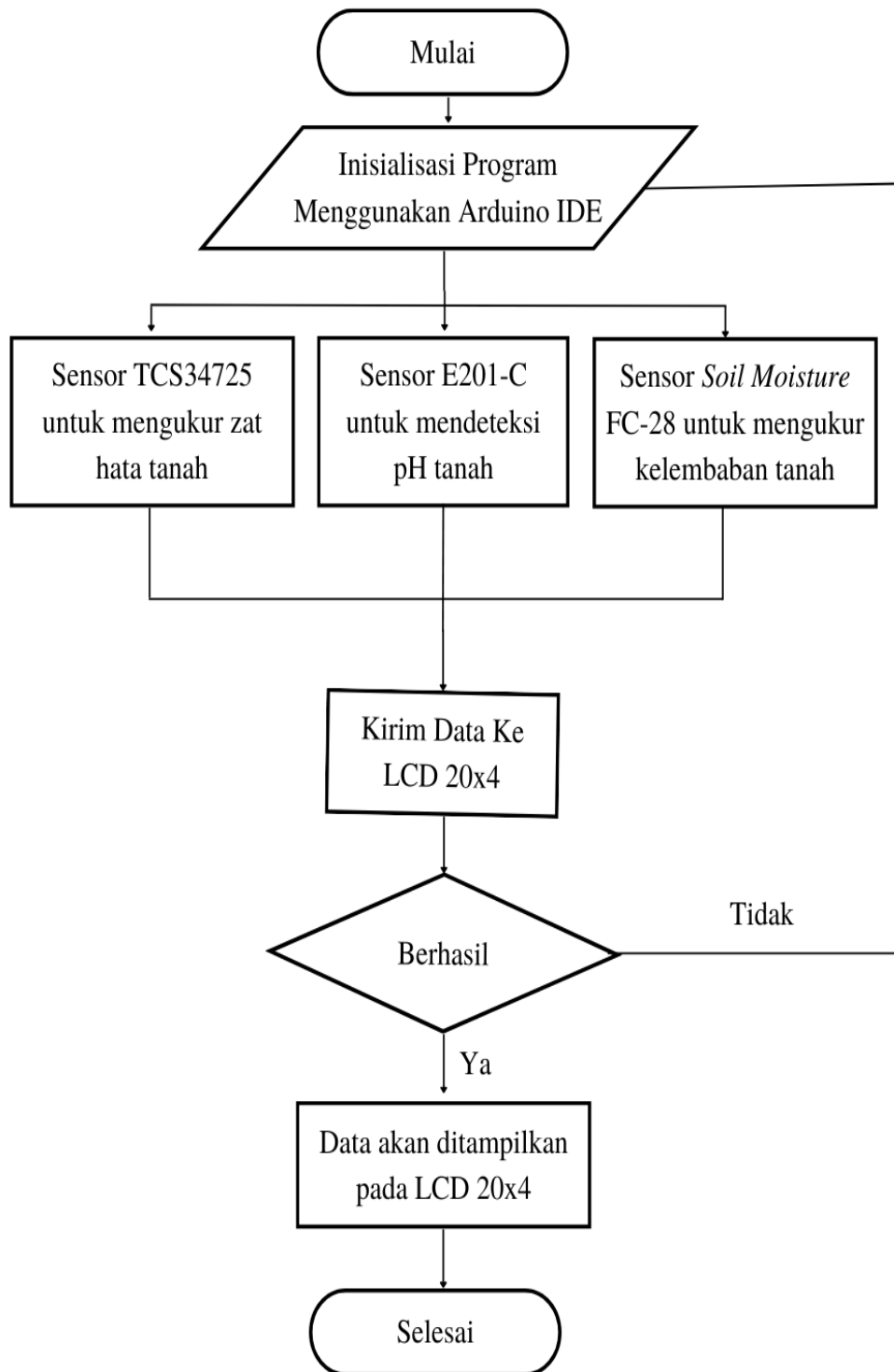


Gambar 3.3 Rangkaian Keseluruhan Alat

2. Perancangan Software

Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan *software* Arduino IDE. Arduino IDE digunakan untuk menyusun *source code* langkah kerja keseluruhan sistem. Diagram alir mekanika kerja sensor ditunjukkan pada **Gambar 3.4**.

Berdasarkan **Gambar 3.4** yang ditunjukkan di atas, sistem sensor dimulai dengan melakukan inisialisasi program. Setelah itu, sensor warna TCS34725 akan mendeteksi warna RGB dan mengkonversinya menjadi kandungan Nitrogen, Fosfor, dan Kalium. Kemudian sensor E201-C akan melakukan deteksi pH tanah dan sensor *Soil Moisture* FC-28 akan melakukan pengukuran tingkat kelembaban tanah. Data yang telah diolah akan ditampilkan pada layar LCD 20×4 sebagai output. Jika hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diharapkan atau proses tidak berhasil, maka sistem akan mengulangi proses dari awal, yaitu dengan melakukan inisialisasi program, mengikuti langkah-langkah yang sama, dan mencoba lagi. Setelah berhasil, data akan ditampilkan pada layar LCD 20×4.



Gambar 3.4 Diagram Alir Mekanika Kerja Sensor

Dari **Gambar 3.4** yang ditunjukkan di atas, sistem sensor dimulai dengan melakukan inisialisasi program. Setelah itu, sensor warna TCS34725 akan mendeteksi warna RGB dan mengkonversinya menjadi kandungan Nitrogen, Fosfor, dan Kalium. Kemudian sensor E201-C akan melakukan deteksi pH tanah dan sensor *Soil Moisture* FC-28 akan melakukan pengukuran tingkat kelembaban tanah. Data yang telah diolah akan ditampilkan pada layar LCD 20×4 sebagai output. Jika hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diharapkan atau proses tidak berhasil, maka sistem akan mengulangi proses dari awal, yaitu dengan melakukan inisialisasi program, mengikuti langkah-langkah yang sama, dan mencoba lagi. Setelah berhasil, data akan ditampilkan pada layar LCD 20×4.

3.3.4 Pengujian Alat

Alat yang telah direncanakan perlu diuji terlebih dahulu untuk memastikan bahwa sistemnya sesuai dengan perencanaan. Proses pengujian dilakukan dengan cara menguji setiap blok rangkaian secara terpisah dan secara keseluruhan. Pengujian mencakup dua aspek utama, yaitu sebagai berikut.

1. Pengujian perangkat keras (*Hardware*)

Pengujian perangkat keras ini melibatkan pemeriksaan sensor untuk memastikan bahwa sensor berfungsi dengan baik dan kontroler beroperasi secara otomatis sesuai dengan keluaran yang dihasilkan oleh sensor.

2. Pengujian perangkat lunak (*Software*)

Pengujian perangkat lunak dilakukan dengan mengunggah program yang telah dibuat ke Arduino Uno menggunakan Arduino IDE.

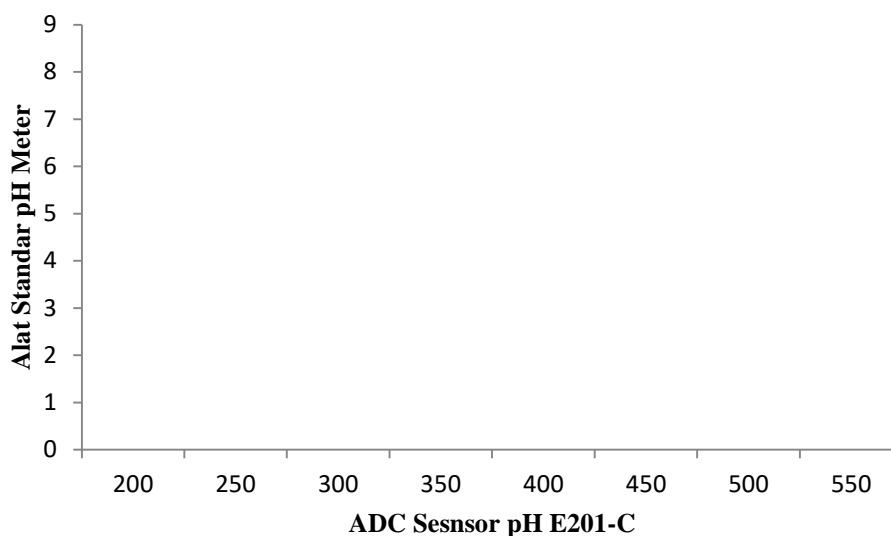
Dengan melakukan pengujian tersebut, diharapkan dapat memastikan bahwa alat yang telah dirancang berfungsi dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Setelah program dan perangkat keras diintegrasikan, akan dilakukan pengujian secara keseluruhan untuk mengetahui kerja alat sebagai berikut.

1. Pengujian Sensor TCS34725

Pengujian sensor untuk menguji zat hara tanah yang diukur menggunakan sensor TCS34725. Nilai sensor yang diperoleh menjelaskan nilai kadar zat hara. Semakin tinggi nilai sensor maka semakin tinggi pula zat haranya begitu juga sebaliknya. Sensor diuji terhadap pupuk NPK 15-15-15 sesuai dengan yang direkomendasikan Kementerian Pertanian Republik Indonesia 2022.

2. Pengujian Sensor pH E201-C

Sensor pH E201-C diuji dengan membandingkan nilai pengukuran sensor dengan nilai pada alat standar dilakukan sebanyak 3 kali. Pada proses kalibrasi dilakukan, sensor pH E201-C menghasilkan nilai keluaran berupa tegangan analog yang akan dikirimkan ke arduino uno dan perlu untuk dikonversi ke satuan pH. Grafik kalibrasi sensor pH E201-C dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Grafik Kalibrasi Sensor pH E201-C

Berikut merupakan tabel pengujian dan kalibrasi sensor pH E201-C yang ditunjukkan pada **Tabel 3.2** sebagai berikut.

Tabel 3.2 Pengujian dan Kalibrasi Sensor pH E201-C Pengukuran pH Tanah

No	Sensor E201-C (pH)	pH Meter	Akurasi (%)	Error (%)
1				
2				
3				
4				
5				

3. Pengujian Sensor Kelembaban *Soil Moisture* FC-28

Pengujian sensor untuk menguji kelembapan tanah yang diukur menggunakan sensor *soil moisture* FC-28. Nilai sensor yang diperoleh menjelaskan kadar kelembapan. Semakin tinggi nilai sensor maka semakin tinggi pula kelembapan begitu juga sebaliknya. Sensor diuji terhadap alat ukur standar soil meter. Berikut merupakan tabel pengujian dan kalibrasi sensor pH E201-C yang ditunjukkan pada **Tabel 3.3** sebagai berikut.

Tabel 3.3 Pengujian dan Kalibrasi Sensor *Soil Moisture* FC-28 Pengukuran Kelembaban Tanah

No	Alat ukur <i>Soil Meter</i> Standar (%)	Nilai Sensor <i>Soil Moisture</i> FC-28	Akurasi (%)	Error (%)
1	10	DRY		
2	20	DRY		
3	30	DRY		
4	40	NOR		
5	50	NOR		
6	60	NOR		
7	70	WET		
8	80	WET		
9	90	WET		
10	100	WET		

Dari data kemudian menghitung nilai presentasi kesalahan atau eror, akurasi, presisi menggunakan **persamaan (3.1)** sampai **(3.3)**.

$$E = \left[\frac{Y - X_n}{Y} \right] \times 100\% \quad (3.1)$$

$$A = \left[1 - \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \right] \times 100\% \quad (3.2)$$

$$P = \left[1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \right] \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan:

E = Nilai error sensor

Y = Nilai parameter referensi

A = Nilai akurasi sensor

X_n = Nilai parameter terukur ke-n

P = Nilai presisi sensor

\bar{X}_n = Rata-rata nilai parameter terukur ke-n

4. Pengujian *Software*

Pengujian software untuk monitoring kualitas tanah untuk tanaman singkong dilakukan melalui Arduino IDE. Pada arduino IDE akan di coding sedemikian rupa dan masukan library yang di butuhkan, seperti I2C untuk LCD 20x4 serta untuk sensor TCS 34725. Sehingga data hasil pembacaan sensor bisa terbaca pada LCD dan dari program berdasarkan indikator kesuburan tanah 3 sensor yang digunakan yaitu TCS 34725, pH E201-C dan Soil Moisture FC-28 bisa didapatkan keluaran LED merah (tidak baik) atau LED hijau (baik).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Alat ukur kualitas tanah dirancang dan mampu membaca nilai pengukuran zat hara tanah nitrogen, posfor dan kalium (NPK) pH tanah dan kelembaban tanah dengan tingkat rata-rata presisi (%) sebesar 98,11% untuk N, 96,07% untuk P dan 97,08% untuk K pada sensor TCS 34725 kemudian dengan tingkat rata-rata presisi (%) sebesar 97,76% pada sensor pH E201-C dan rata-rata presisi (%) sebesar 98,18 (%) untuk sensor Soil Moisture FC-28.
2. Berdasarkan data hasil pengukuran terhadap 44 sampel tanah dengan menggunakan 3 parameter zat hara tanah, pH tanah dan kelembaban, 30 dari 44 sampel dapat dikatakan baik untuk pertumbuhan tanaman singkong dengan nilai minimum untuk NPK N sebesar 115, P sebesar 58, K sebesar 81, nilai pH sebesar 5,50-7,00 kemudian rentang nilai kelembaban tanah 50%-75% dan 14 sampel dinyatakan tidak baik karena tidak memenuhi parameter zat hara, pH tanah dan kelembaban.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah dengan menambahkan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IOT) menggunakan *web* ataupun sejenisnya dengan tujuan alat ukur kualitas tanah dapat digunakan secara *real time* dari jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., A. Mulyani. dan Irawan. 2013. *Sumber Daya Lahan untuk Kedelai di Indonesia*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian: Bogor.
- Abdurachman, S.C. dan Buresh, R. 2002. *Pengembangan Metoda Pengelolaan Unsur Hara Spesifik Lokasi Lokakarya Pengelolaan Hara P dan K sawah*. Balai penelitian Tanaman Padi Sukamandi. Bogor.
- Aditya, H.F. dan Wijayanti, F. 2023. *Mengenal Karakteristik dan Jenis Tanah-Tanah Pertanian di Indonesia*. Jejak Pustaka. Surabaya.
- Ahyadi, Z. 2018. *Belajar Antarmuka Arduino Secara Cepat dari Contoh*. Deepublish. Yogyakarta.
- Anggraini, Y. dan Dodon, Y. 2023. *Alat Ukur Kualitas Tanah untuk Rekomendasi Tanaman Berbasis Mikrokontroler*. Adab. Indramayu.
- Angraini, N. dan Yanti, F. 2021. Penggunaan Spektrofotometer Uv-Vis untuk Analisis Nutrien Fosfat pada Sedimen dalam Rangka Pengembangan Modul Praktikum Oseanografi Kimia. *Jurnal Penelitian Sains*. Vol. 23 No. (2) Hal 78-83. Palembang.
- Anwar, K. 2018. *Sistem Pendeteksi Kandungan Nutrisi dalam Tanah Berdasarkan Warna dan Kelembaban dengan Menggunakan Metode Naive Bayes*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Arsyad, H. M., Khaerudding. dan Yulianti. 2023. *Panduan Gelombang Bunyi dan Cahaya*. Indonesia Emas Group. Bandung.
- As'ari, C. H., Ramadan, D. N. dan Damayanti, T. N. 2022. Perancangan dan Realisasi Sistem Monitoring Unsur Hara dan Kelembaban Tanah Menggunakan Raspberry Pi. *Jurnal e-Proceeding of Applied Science*: Vol.8, No.1. ISSN : 2442-5826.

- Ayun, Q., Kurniawan, S. dan Saputro, W. A. 2020. Perkembangan Konversi Lahan Pertanian di Bagian Negara Agraris. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika* 5 (2) : 38 - 44
- Bohn, H. L., McNeal, B. L. dan O'Connor, G. A. 2001. *Soil chemistry, 3rd*. In *John Willey and Sons Inc., New York*.
- Budiprasojo, A. 2020. *Pengukuran Teknik Menggunakan Arduino*. Unisma Press. Malang.
- Darusman, H. 2006. *Tinjauan ekonomi hutan rakyat*. Di dalam: *Kontribusi Hutan Rakyat Dalam Kesenambungan Industri Kehutanan. Prosiding Seminar Hasil Litbang Hasil Hutan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Djuandi, F. 2011. *Pengenalan Arduino*. Elexmedia. Jakarta
- Dharmawan, A. 2017. *Mikrokontroler Konsep Dasar dan Praktis*. UBMedia. Malang.
- Fauizek, M. dan Suhendr, A. 2018. Efek Dari Dynamic Compaction (Dc) Terhadap Peningkatan Kuat Geser Tanah. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. Universitas Tarumanegara. Jakarta.
- Fuller, J. 2022. *FC-28 Soil Moisture Sensor Module*. Datasheet.
- Handayanto, E., Muddarisna, N. dan Fiqri, A. 2017. *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Harahap, A. A. 2021. *Sistem Kontrol PH Tanah Untuk Meningkatkan Kesuburan Tanaman Studi Kasus Rumah Kaca UNPAD*. Other thesis, Universitas Komputer Indonesia. Bandung.
- Hariyadi, H., Kamil, M. dan Ananda, P. 2020. Sistem Pengecekan pH Air Otomatis Menggunakan Sensor pH Probe Berbasis Arduino Pada Sumur Bor. *Rang Teknik Journal*, 3(2), 340-346.
- Hasibuan, S. dan Darfita, N. E. 2021. *Produktivitas Tanah Kolam*. UR Press. Pekanbaru.
- Hendrawati, Prihadi, T. H. dan Rohman, N. N. 2008. Analisis Kadar Fosfat dan N-Nitrogen (Amonia, Nitrat, Nitrit) pada Tambak Air Payau akibat Rembesan Lumpur Lapindo di Sidoarjo, Jawa Timur. Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Husdi, H. 2018. Monitoring Kelembaban Tanah Pertanian Menggunakan Soil Moisture Sensor Fc-28 Dan Arduino Uno. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 10(2), 237-243.

- Husnain, A. K. dan Rochyati. 2016. Pengelolaan hara dan teknologi pemupukan mendukung swasembada pangan di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. Peneliti Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Hutagaol, R. R. 2015. *Konservasi Tanah dan Air*. Deepublish. Yogyakarta.
- Ibadillah, A. F. dan Alfita, R. 2017. *Mikrokontroler dan Aplikasinya*. Media Nusa Creative. Malang.
- Kadir, A. 2013. *Panduan Praktis Mempelajari aplikasi mikrokontroler dan pemrogramannya menggunakan Arduino*. Kompas Gramedia. Yogyakarta.
- Kadir, A. 2017. *Pemrograman Arduino dan Processing*. Kompas Gramedia. Jakarta.
- Kartasapoetra, A. G. 2006. *Klimatologi Pengaruh Iklim terhadap Tanah dan Tanaman*. Bumi Aksara. Universitas Terbuka. Jakarta.
- Kementrian Pertanian Republik Indonesia. 2022. Rekomendasi Pupuk N, P, dan K untuk Tanaman Ubi Kayu per Kabuapten. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Kevin, F. Ini Waktu Terbaik untuk Melakukan Pemupukan Tanaman Agar Tetap Sehat. Diakses pada 20 Mei 2024, <https://kids.grid.id/read/472631309/ini-waktu-terbaik-untuk-melakukan-pemupukan-tanaman-agar-tetap-sehat?page=all>
- Kurnia, U., Fahmuddin, A., Abdurachman, A. dan Dairah, A. 2006. *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. Balai Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Martino, D., Merlinda, L. dan Rustan. 2021. *Desain Alat Ukur Tingkat Kesuburan Tanah Pertanian Kopi Liberika di Kelurahan Mekar Jaya Kecamatan Betara Tanjung Jabung Barat Berbasis Sensor*. DIPA PNBP. Jambi.
- Natsir, M., Bayu, R. D. dan Derby, Y. A. 2019. Implementasi IoT Untuk Sistem Kendali Otomatis Pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya. *Jurnal Prosisko*. Vol 6. No. 1. Hal. 10-18.
- Nirwan, S. dan Hafidz, M. S. 2020. Rancang Bangun Aplikasi Untuk Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Pada Peralatan Elektronik Berbasis PZEM-004T. *jurnal teknik informatika*. 1-7.
- Novizan. 2002. *Petunjuk Pemupukan yang Efektif*. AgroMedia Pustaka. Jakarta.
- Nurhayati. 2021. Pengaruh Amelioran terhadap Efektivitas dan Infektivitas Mikroba Pada Tanah Gambut dengan Kedelai Sebagai Tanaman Indikator. *J. Floratek*. 6: 125-139.

- Permana, I., Anggoro, O., Carsidi, D., Alam, A., Sihaloho, N. K., Killa, Y. M., Wida, W. O. A., Putra, R., Mutiara, C., Masnang, A., Wirda, Z. dan Elizabeth, R. 2023. *Kesuburan Tanah dan Pemupukan*. Get Press Indonesia. Padang.
- Ponto, H. 2018. *Dasar Teknik Listrik*. CV Budi Utama. Yogyakarta.
- Rahmawati, D. 2019. *Sistem Pengaturan Otomatis Aplikasi di Bidang Pertanian 4.0*. Media Nusa Creative. Malang.
- Ramayana, S. 2023. *Pembangunan Pertanian dan Peternakan Berkelanjutan*. CV Budi Utama. Yogyakarta.
- Ratnawulan. 2019. *Bioluminasi Kunang-Kunang*. CV Internasional Research and Development for Human Beings. Jambi.
- Ridwan, A., Wulandari, R., Sepriano., Fahrurrozi, M., Darpono, R. dan Kharisma, L. P. I. 2023. *Mikrokontroler Arduino*. PT.Sonpedia Publishing Indonesia. Jambi.
- Rolandio, F dan Budiman, A. 2019. Analisis Tingkat Kesuburan Tanah Melalui Nilai Suseptibilitas Magnetik pada Lahan Persawahan Kecamatan Gunung Talang Kabupaten Solok. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 8, No. 3, ISSN 2302-8491
- Roni, N. G. K. 2015. *Tanah Sebagai Media Tumbuh. Bahan Ajar*. Fakultas Peternakan. Universitas Udayana.
- Romadhon, A. S dan Umam, F. 2021. *Project Sistem Kontrol Berbasis Arduino*. Media Nusa Creative. Malang.
- Salim, E. 2024. Mengolah Singkong Menjadi Tepung Mocaf, Bisnis Produk Alternatif Pengganti Terigu. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Santoso, H. 2015. *Arduino untuk Pemula*. Elangsakti.com.
- Saras, T. 2023. Singkong : Budaya, Manfaat, dan Inovasi. Tiram Media. Semarang.
- Sari, A. M. 2023. Apa Itu Tanah. Diakses pada 4 Mei 2024, <https://faperta.umsu.ac.id/2023/05/26/apa-itu-ph-tanah/> .
- Sari, R. dan Prayudyarningsih, R. 2015. Rhizobium : Pemanfaatannya sebagai Bakteri Penambat Nitrogen. *Teknis EBONI*. Vol.12, No (1) 51-64
- Soekamto, M. H. dan Fahrizal, A. 2019. Upaya Peningkatan Kesuburan Tanah pada Lahan Kering di Kelurahan Aimas Distrik Aimas Kabupaten Sorong. *Abdimas : Papua Journal of Community Service*. Vol. 1, No (2) 14-23

- Soenardi, T. dan Wulan, S. 2009. *Hidangan Nikmat Bergizi dari Bumi Indonesia Aneka sajian Mi dan Olahan Lain*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Sugianto. 2007. *Desain Rangkaian Elektronika dan Layout PCB dengan Protel 99 SE*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Suhartono, S., Chamidy, T. dan Prayoga, E. 2021. *Desain Prototipe Reaktor Plasma Untuk Plasma Activated Water (PAW) Sebagai Pupuk Cair Nitrogen Menggunakan Dielectric Barrier Discharge (DBD), Internet Of Things (IoT) Dan Logika Kabur*. Academia Publication. Malang.
- Sukarman., Las, I., Noor, M., dan Tafakresnanto. 2021. *Pengelolaan Lahan Berkarakter Khusus*. IAARD PRESS. Jakarta.
- Sunjoto. 2011. *Teknik Drainase. Pro-Air-JTSL-FT-UGM*. Yogyakarta.
- Suryana, T. 2021. *Capacitive Soil Moisture Sensor untuk Mengukur Kelembaban Tanah*. Universitas Komputer Indonesia. Bandung.
- Sutarman dan Miftakhurrohmat, A. 2021. *Kesuburan Tanah*. Umsida Press. Sidoarjo.
- Taos. 2012. *TCS3472 Color Light-to-Digital Converter with Ir Filter*. Texas Advanced Optoelectronic Solutions Inc.
- Wahyuni, S., Purwanti, E., Hadi, S dan Diani, F. 2019. *Anatomi Fisiologi Tumbuhan*. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Wahyuni, U. 2017. *Kajian Sifat Fisika Ultisol yang Ditanami Kelapa Sawit Pada Beberapa Kelas Lereng di PO.Asiong Kecamatan Kemuning Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau*. Universitas Andalas. Padang.
- Widiasmadi, N. 2019. *Peningkatan Laju Infiltrasi dan Kesuburan Lahan dengan Metode Biosoildam pada Lapisan Tanah Keras dan Tandus*. *Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim*. Semarang.
- Widianto, S., Adi, K dan Danusaputro. 2013. *Rancang Bangun Alat Deteksi Warna untuk Membantu Penderita Buta Warna Berbasis Mikrokontroler AVR Atmega 16*. *Youngster Physics Journal*. Vol. 1, No.4, Hal 133-142.
- Winarna dan Sutarta. 2009. *Upaya Peningkatan Efisiensi Pemupukan pada Tanaman Kelapa Sawit*. Prosiding. Pertemuan Teknis Kelapa Sawit. Jakarta.
- Wood, S. A., Tirfessa, D., dan Baudron, F. 2018. *Soil Organic Matter Underlies Crop Nutritional Quality and Productivity in Smallholder*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 266, 100-108.

Yaswir, R., dan Ferawati, I. 2012. Fisiologi dan Gangguan Keseimbangan Natrium, Kalium dan Klorida serta Pemeriksaan Laboratorium. *Jurnal Kesehatan Andala*. Vol 1 No. (2)

Young, H. 2001. *Fisika Universitas, Jilid 2, Edisi Kesepuluh*. Erlangga, Jakarta.