

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN DERAJAT KEASAMAN
(pH), SUHU DAN KELEMBAPAN SEBAGAI INDIKATOR
KESUBURAN TANAH**

(Skripsi)

Oleh

Irsyad Ridho Romadhon



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2023**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN DERAJAT KEASAMAN
(pH), SUHU DAN KELEMBAPAN SEBAGAI INDIKATOR
KESUBURAN TANAH**

Oleh

Irsyad Ridho Romadhon

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2023**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN DERAJAT KEASAMAN (pH), SUHU DAN KELEMBAPAN SEBAGAI INDIKATOR KESUBURAN TANAH

Oleh

IRSYAD RIDHO ROMADHON

Pertanian memainkan peran penting dalam pertumbuhan ekonomi dan pemenuhan kebutuhan pokok melalui hasil pertanian. Kualitas produk pertanian, terutama dalam hal produktivitas dan kesuburan tanah, merupakan aspek krusial yang perlu diperhatikan. Untuk mengoptimalkan produktivitas hasil pertanian, penelitian ini bertujuan merancang alat yang dapat menentukan pH, suhu, dan kelembapan sebagai indikator kesuburan tanah. Alat yang dirancang menggunakan sensor pH tanah analog, sensor suhu Thermocouple Type K, dan sensor kelembapan tanah analog capacitive. Pengujian dilakukan dengan mengambil data dari berbagai variasi sampel yang telah ditentukan sebagai referensi nilai pH, suhu, dan kelembapan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata error alat yang dirancang adalah 2,38% untuk pH, 0,44% untuk suhu, dan 1,389% untuk kelembapan. Selain itu, akurasi alat tersebut adalah 97,623% untuk pH, 99,56% untuk suhu, dan 98,611% untuk kelembapan. Presisi yang diperoleh adalah 0,545% untuk pH, 0,61% untuk suhu, dan 1,865% untuk kelembapan. Data tersebut menunjukkan bahwa alat yang dirancang dapat secara akurat dan presisi mengukur pH, suhu, dan kelembapan sebagai indikator kesuburan tanah. Informasi ini akan ditampilkan pada LCD I2C 20×4. Dengan alat ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan produktivitas hasil pertanian dengan pemantauan yang lebih baik terhadap kesuburan tanah.

Kata Kunci: Arduino Nano, kelembapan tanah, kesuburan tanah, pH tanah, suhu tanah

ABSTRACT

MEASUREMENT SYSTEM DESIGN FOR ACIDITY LEVEL (pH), TEMPERATURE, AND HUMIDITY AS INDICATORS OF SOIL FERTILITY

By

IRSYAD RIDHO ROMADHON

Agriculture plays an important role in economic growth and the satisfaction of basic needs through agricultural output. The quality of agricultural products, especially in terms of productivity and soil fertility, is a crucial aspect to pay attention to. To optimize agricultural productivity, the study aims to design a tool that can determine pH, temperature, and humidity as indicators of soil fertility. The device is designed using an analogue soil pH sensor, a Thermocouple Type K temperature sensor, and a capacitive analogous soil moisture sensor. Testing is carried out by taking data from various variations of samples that have been determined as reference values of pH, temperature, and humidity. The test results showed that the average error rate of the designed device was 2.38% for pH, 0.44% for temperature, and 1.389% for humidity. In addition, the accuracy of the device is 97,623% for pH, 99,56% for temperature, and 98,611% for humidity. The accuracy obtained is 0.545% for pH, 0.61% for temperature, and 1.865% for humidity. The data suggests that the designed instruments can accurately and precisely measure pH, temperature, and humidity as indicators of soil fertility. This information will be displayed on the I2C 20×4 LCD. With this tool, it is expected to contribute to increasing agricultural productivity by better monitoring of soil fertility.

Keywords: Arduino Nano, soil fertility, soil moisture, soil pH, soil temperature

Judul Skripsi : **Rancang Bangun Sistem Pengukuran Derajat Keasaman (pH), Suhu dan Kelembapan sebagai Indikator Kesuburan Tanah**

Nama Mahasiswa : **Irsyad Ridho Romadhon**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1617041056**

Jurusan : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.
NIP. 19820618 200812 1 001

Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si.
NIP. 19710829 199703 2 001

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP.19801010 200501 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

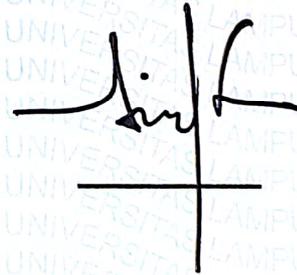
Ketua : Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.



Sekretaris : 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: 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 19 Juni 2023

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 hukum yang berlaku.

Bandarlampung, 20 Juni 2023



Irsyad Ridho Romadhon
NPM. 1617041056

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada 12 Januari 1999 sebagai anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Sonaji dan Ibu Siti Komariyah. Penulis memulai pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 1 Rajabasa Raya tahun 2005-2010 lalu melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di MTs Negeri 2 Bandar Lampung 2010-2013. Penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 15 Bandar Lampung pada tahun 2013-2016. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2016.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai pengurus organisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) bidang kaderisasi pada tahun 2017 dan menjabat sebagai Wakil Ketua Umum Himafi tahun 2018. Pada tahun 2019 penulis aktif sebagai Wakil Ketua Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) FMIPA Universitas Lampung. Selain itu, penulis pernah menjadi asisten praktikum untuk beberapa mata kuliah seperti Elektronika Dasar I, Pemrograman Komputer, Fisika Lingkungan dan Fisika Komputasi.

Penulis menempuh kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Teknologi Roket Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional (LAPAN) Rumpin, Kabupaten Bogor, Jawa Barat serta menulis karya ilmiah yaitu laporan PKL dengan judul “Analisis Fungsi Kerja Sensor Gambar (*Pixy CMUCam5*) dalam Menentukan Luas Objek Persegi untuk Menggerakkan Servo Berbasis Arduino Mega 2560”, kemudian juga pernah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik Ekspedisi Nusantara Jaya (ENJ) 2019 di Pulau Tabuan, Pekon Sawang Balak, Kecamatan Cukuh Balak, Kabupaten Tanggamus.

MOTTO

"Ilmu adalah harta yang tidak akan berkurang ketika dibagi, semakin banyak dibagikan maka semakin bermanfaat."

(HR. Muslim)

**"ILMU PENGETAHUAN ADALAH PROSES BERKELANJUTAN,
BUKAN TUJUAN AKHIR."**

(Isaac Newton)

**"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.
Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan."**

(QS. Al-Insyirah 5-6)

"Lost time is never found again."

(Benjamin Franklin)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahiim, Alhamdulillah dengan Penuh Rasa Syukur Kepada Allah Subhanahu wa ta'ala, karya skripsi ini dipersembahkan kepada:

Kedua Orang tuaku Tercinta

Bapak Sonaji & Ibu Siti Komariyah

Terimakasih atas segala do'a yang tiada lelah, dukungan yang tiada henti yang telah mengiringi anaknya menuju gelar sarjana

Adikku Tercinta

Zuhdi Arif

Terimakasih telah senantiasa kebersamai, memberikan semangat yang menjadi alasan untuk menjadi lebih baik lagi

Keluarga Besar & Rekan-rekan Seperjuangan

Terimakasih atas segala dukungan yang telah diberikan, menemani dalam setiap keadaan suka maupun duka

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem Pengukuran Derajat Keasaman (pH), Suhu dan Kelembapan sebagai Indikator Kesuburan Tanah”**. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penelitian dan dalam penulisan skripsi ini. Harapannya skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

Bandarlampung, 20 Juni 2023
Penulis

Irsyad Ridho Romadhon

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan atas karunia dari Allah Subhanahu wa ta'ala karena atas izin-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Rancang Bangun Sistem Pengukuran Derajat Keasaman (pH), Suhu dan Kelembapan sebagai Indikator Kesuburan Tanah”**. Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang membantu, diantaranya:

1. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam;
2. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika yang telah memberikan semangat, motivasi dan bantuan kepada penulis;
3. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc. selaku pembimbing utama atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, saran, kritik, waktu, tenaga dan motivasi dalam proses penyelesaian skripsi ini;
4. Ibu Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si. selaku pembimbing kedua atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, saran, kritik, waktu, tenaga dan motivasi dalam proses penyelesaian skripsi ini;

5. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku penguji utama atas masukan dan saran-sarannya dari seminar proposal sampai ujian skripsi;
6. Bapak Agus Riyanto S.Si. M.Sc. dan Bapak Arif Surtono S.Si. M.Si. M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingannya selama penulis menjadi mahasiswa di Universitas Lampung;
7. Seluruh Dosen Jurusan Fisika atas segala ilmu yang telah diberikan selama penulis menjadi mahasiswa di Universitas Lampung;
8. Kedua orang tua, adik, dan keluarga besar yang selalu memberikan semangat dan motivasi serta moral maupun materiil kepada penulis;
9. Ari Sutanto, M Gilang, Arfi Suryanata, Raka Reinord, Dio Aditya, Wisnu H., Nico S. yang telah menemani, memberikan motivasi, masukan dan bantuan pada waktu-waktu terakhir penulis menyelesaikan skripsi;
10. Rekan-rekan seperjuangan, Afrizal Halim, Ridho Prayogi, A. Gayuh, Yusril dan rekan-rekan Fisika serta keluarga besar Himafi lainnya yang telah memotivasi, menemani dan membantu penulis dalam proses belajar selama menempuh studi.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis selama menempuh studi dan menyelesaikan skripsi.

Semoga Allah Subhanahu wa ta'ala senantiasa memberi perlindungan serta balasan sebaik – baiknya kepada kita di dunia dan akhirat, Aamiin.

Bandarlampung, 20 Juni 2023
Penulis

Irsyad Ridho Romadhon

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait	6
2.2 Sensor pH Tanah	7
2.3 Sensor Suhu <i>Thermocouple</i>	8
2.4 Sensor Kelembapan Tanah (<i>Capacitive Soil Moisture Sensor</i>)	11

2.5	Mikrokontroler Arduino Nano	12
2.6	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	14
2.7	<i>Software</i> Arduino IDE.....	16
III	METODE PENELITIAN	
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2	Alat dan Bahan	19
3.3	Prosedur Penelitian.....	20
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Realisasi Alat Penentu Kesuburan Tanah	34
4.2	Realisasi <i>Software</i> Alat Penentu Kesuburan Tanah	35
4.3	Pengujian dan Analisis Data	39
V	SIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Simpulan.....	48
5.2	Saran.....	48

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sensor pH tanah.....	8
Gambar 2.2 Sistem pengukuran suhu dengan Thermocouple	9
Gambar 2.3 Sensor suhu <i>Thermocouple Type-K</i>	9
Gambar 2.4 Sensor kelembapan tanah (<i>capacitive soil moisture sensor</i>).....	11
Gambar 2.5 Pinout Arduino nano.....	12
Gambar 2.6 Arduino Nano (a) skema rangkaian.....	13
Gambar 2.7 LCD karakter dengan modul I2C	15
Gambar 2.8 Tampilan <i>software</i> Arduino IDE	17
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	21
Gambar 3.2 Diagram blok <i>hardware</i>	23
Gambar 3.3 Desain alat	23
Gambar 3.4 Rangkaian sensor pH tanah	24
Gambar 3.5 Rangkaian sensor suhu	24
Gambar 3.6 Rangkaian sensor kelembapan tanah.....	25
Gambar 3.7 Rangkaian sistem moitoring alat indikator kesuburan tanah.....	26
Gambar 3.8 Diagram alir program	27
Gambar 3.9 Rencana grafik perbandingan nilai rata-rata sensor pH tanah analog dan pH referensi	30
Gambar 3.10 Rencana grafik perbandingan nilai sensor suhu <i>Thermocouple Type K</i> dan suhu referensi untuk karakterisasi.....	31
Gambar 3.11 Rencana grafik perbandingan nilai rata-rata sensor suhu <i>Thermocouple</i> dan suhu referensi setelah karakterisasi	32
Gambar 3.12 Grafik perbandingan nilai rata-rata sensor kelembapan tanah <i>capasitive</i> dan kelembapan tanah referensi	33
Gambar 4.1 Realisasi alat indikator kesuburan tanah	34

Gambar 4.2	Realisasi rangkaian keseluruhan alat.....	35
Gambar 4.3	Grafik perbandingan nilai rata-rata sensor pH tanah analog dan pH referensi.....	40
Gambar 4.4	Grafik perbandingan nilai suhu <i>Thermocouple Type K</i> dan suhu referensi sebelum karakterisasi.....	42
Gambar 4.5	Grafik perbandingan nilai rata-rata <i>Thermocouple Type K</i> dan suhu referensi setelah karakterisasi.....	44
Gambar 4.6	Grafik perbandingan nilai rata-rata sensor kelembapan tanah <i>capasitive</i> dan kelembapan tanah referensi	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Spesifikasi sensor pH tanah..... 8
Tabel 2.2	Spesifikasi sensor kelembapan (<i>capacitive soil moisture sensor</i>). 12
Tabel 2.3	Spesifikasi Arduino Nano..... 14
Tabel 2.4	Fungsi masing-masing pin pada LCD 16
Tabel 3.1	Alat-alat penelitian 19
Tabel 3.2	Bahan-bahan penelitian 20
Tabel 3.3	Perangkat lunak pada penelitian..... 20
Tabel 3.4	Pemetaan pin Arduino Nano dengan seluruh komponen 26
Tabel 3.5	Rencana data <i>error</i> , akurasi dan presisi sensor pH tanah analog .. 29
Tabel 3.6	Rencana data pengukuran sensor suhu <i>Thermocouple</i> untuk karakterisasi..... 30
Tabel 3.7	Rencana data <i>error</i> , akurasi dan presisi sensor suhu <i>Thermocouple</i> setelah karakterisasi..... 31
Tabel 3.8	Rencana data <i>error</i> , akurasi dan presisi sensor kelembapan tanah <i>capasitive</i> 32
Tabel 4.1	Data pengukuran sensor pH analog..... 40
Tabel 4.2	Hasil perhitungan <i>error</i> , akurasi dan presisi sensor pH analog..... 41
Tabel 4.3	Data pengukuran sensor suhu tanah sebelum karakterisasi..... 42
Tabel 4.4	Data pengukuran sensor suhu tanah setelah karakterisasi 43
Tabel 4.5	Hasil perhitungan <i>error</i> , akurasi dan presisi sensor suhu <i>Thermocouple Type K</i> 45

Tabel 4.6	Data pengukuran sensor kelembapan tanah <i>capasitive</i>	46
Tabel 4.7	Hasil perhitungan <i>error</i> , akurasi dan presisi sensor kelembapan tanah <i>capasitive</i>	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi memberikan dampak yang begitu besar dan telah mempengaruhi berbagai aspek pada kehidupan modern saat ini, bahkan teknologi hampir sama pentingnya dengan kebutuhan primer manusia. Masa industrialisasi telah berkembang dan mengalami empat tahapan revolusi sampai saat ini yang terus mengembangkan teknologi. Kebutuhan masyarakat menyebabkan begitu pesatnya perkembangan tersebut dalam berbagai bidang dan perkembangan teknologi tidak dapat dihindari karena banyaknya kegiatan dan kesibukan manusia di era modern ini. Bahkan perkembangan teknologi menyebabkan perubahan pola pikir, pola hidup serta hubungan manusia antara satu dengan yang lain, sehingga manusia akan selalu mencari cara untuk memudahkan kegiatan dan mengefektifkan waktunya dalam melakukan kegiatan. Salah satu teknologi yang telah berkembang saat ini adalah teknologi di bidang pertanian (Schwab, 2016; Prasetyo dan Trisyanti, 2018).

Pertanian merupakan sektor yang begitu penting dalam pertumbuhan dan pembangunan ekonomi bangsa karena pertanian akan terus bergerak selagi manusia masih membutuhkan bahan makanan untuk bertahan hidup. Hasil pertanian merupakan kebutuhan pokok di negeri ini dan juga termasuk sektor yang mendukung kegiatan ekspor nasional, maka produktivitas hasil pertanian khususnya kualitas harus sangat diperhatikan (Hayati dkk., 2017). Faktor yang mempengaruhi kualitas hasil pertanian sangat banyak, salah satunya adalah tingkat kesuburan tanah. Tingkat kesuburan tanah yang baik membuat hasil pertanian menjadi berkualitas bahkan berlimpah, kemudian tingkat kesuburan tanah juga dipengaruhi oleh berlimpahnya unsur hara dalam tanah (Firdaus dkk., 2018;

Mariani dan Wahditiya, 2019). Beberapa hal yang dapat digunakan sebagai indikator berlimpahnya unsur hara dalam tanah adalah tingkat keasaman tanah (pH) (Martin dkk., 2015), suhu tanah (Karamina dkk., 2017) dan juga kelembapan tanah (Djumali dan Mulyaningsih, 2014; Karyati dkk., 2018). Inovasi teknologi pada bidang pertanian telah banyak dilakukan dan diaplikasikan sehingga kualitas hasil pertanian menjadi lebih baik bahkan hasil pertanian menjadi sangat berlimpah (Yuantari dkk., 2016). Contoh inovasi teknologi pada bidang pertanian adalah mengenai tingkat kesuburan suatu tanah yang dapat ditentukan dari parameter tingkat keasaman tanah (pH), suhu tanah dan kelembapan tanah (Gurudatta, 2016).

Tingkat keasaman tanah sangat penting bagi pertumbuhan tanaman dan merupakan unsur yang mengikat, kemudian keasaman tanah berpengaruh dengan kandungan unsur hara dalam tanah serta sifat dalam tanah. Tingkat keasaman tanah yang paling baik adalah netral, karena pada kondisi tersebut unsur hara akan larut dalam tanah dan itu sangat berpengaruh terhadap tingkat penyerapan unsur hara oleh tanaman (Fadli dkk., 2021). Tingkat keasaman yang baik untuk hampir semua tanaman adalah 5,5 sampai dengan 7,5 karena tanaman lebih suka tumbuh dan berkembang pada tanah yang sedikit asam dan sedikit basa tergantung dengan jenis tanamannya (Ariska dkk., 2016). Kondisi tanah dengan tingkat keasaman sangat rendah mengandung ion-ion yang dapat mengikat unsur hara dalam tanah seperti aluminium (Al) dan besi (Fe), sehingga tanaman tidak dapat menyerap makanan dengan baik meskipun unsur hara dalam tanah cukup banyak, kemudian dapat meracuni tanaman karena mengandung beberapa unsur mikro seperti seng (Zn), tembaga (Cu) dan kobalt (Co) yang sangat tinggi. Kondisi selanjutnya adalah tanah dengan sifat basa dimana unsur fosfor (P) yang dibutuhkan tanaman akan banyak terikat oleh kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) serta unsur molibdenum (Mo) dengan jumlah banyak yang dapat meracuni tanaman (Triharto, 2013; Fadli dkk., 2021).

Suhu tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kesuburan tanah dan kandungan unsur hara dalam tanah serta mempengaruhi proses kehidupan biji tanaman, akar tanaman dan mikroba. Suhu tanah yang baik membuat tanah menjadi memiliki ruang pori yang cukup sehingga sirkulasi udara di dalam tanah dapat berjalan dengan baik (Hanafiah, 2005; Karamina dkk., 2017). Suhu tanah juga

berkaitan dengan proses penyerapan air, semakin rendah suhu tanah maka semakin sedikit air yang diserap oleh akar tanaman, maka penurunan suhu tanah secara tiba-tiba dapat menyebabkan tanaman menjadi layu (Lubis, 2007; Karyati dkk., 2018). Aktivitas mikroba tanah sangat dipengaruhi oleh suhu tanah, aktivitas tersebut tidak efektif pada suhu tanah di bawah 10 °C, sedangkan suhu yang efektif untuk laju optimum aktivitas biota tanah adalah pada suhu 18 °C – 30 °C (Hanafiah, 2005; Hidayat, 2018).

Kelembapan tanah merupakan kandungan air yang berada dalam sebagian atau seluruh pori-pori tanah, pernyataan lain menyebutkan bahwa kelembapan tanah menggambarkan banyaknya air yang berada di antara pori-pori tanah sangat dinamis akibat penguapan melalui permukaan tanah (Yahwe dkk., 2016). Tanah yang baik untuk tanaman harus memiliki kelembapan yang sesuai, tanah dengan tingkat kelembapan tinggi dapat menyebabkan permasalahan dan juga tanah yang terlalu lembab dapat menyebabkan sulitnya melakukan kegiatan pertanian yang menggunakan alat-alat mekanik (Asdak, 2004; Lutfiyana dkk., 2017). Beberapa faktor yang mempengaruhi kelembapan tanah di antaranya yaitu curah hujan, jenis tanah dan evapotranspirasi, dimana kelembapan tanah akan mempengaruhi jumlah air dalam tanah (Djumali dan Mulyaningsih, 2014; Husdi, 2018; Tullah dkk., 2019). Kelembapan tanah dibagi beberapa tingkat berdasarkan kurva penyimpanan air, yaitu kering, agak basah atau lembab dan basah. Tingkatan kelembapan air tersebut dapat digunakan sebagai parameter untuk menentukan kualitas tanah sehingga dapat menghasilkan produk pertanian yang unggul (Arif dkk., 2014). Kelembapan tanah untuk suatu tanaman berbeda-beda, namun secara umum nilai kelembapan tanah yang baik untuk tanaman adalah sekitar 65% sampai 85% (Ramdhan dan Siagian, 2016).

Beberapa penelitian mengenai rancang bangun alat yang berkaitan dengan kesuburan tanah, pH tanah, suhu tanah dan kelembapan telah dilakukan sebelumnya, seperti rancang bangun alat ukur suhu tanah, kelembapan tanah dan resistansi (Lutfiyana dkk., 2017), rancang bangun alat pengukur pH dan suhu tanah berbasis Arduino (Putra, 2017), rancang bangun alat ukur suhu, kelembapan dan pH pada tanah berbasis mikrokontroler ATmega328P Arduino Uno (Jupri dkk., 2017) dan rancang bangun alat untuk mengukur, kelembapan dan pH tanah sawah

berbasis web (Hidayat, 2018). Berdasarkan beberapa referensi tersebut maka akan dilakukan rancang bangun sistem pengukuran pH, suhu dan kelembapan sebagai penentu indikator kesuburan tanah yang sederhana dan efisien sehingga mudah digunakan, serta alat dan bahan pendukung cukup mudah didapatkan dan relatif murah.

Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan maka pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem pengukuran tingkat keasaman (pH), suhu dan kelembapan sebagai indikator kesuburan tanah menggunakan Arduino Nano. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah membuat alat yang memudahkan untuk mengetahui indikator kesuburan suatu tanah serta menghasilkan alat yang praktis, efisien dan murah. Sistem dilengkapi sensor pH tanah untuk mengukur pH tanah, sensor suhu *Thermocouple Type-K* untuk mengukur suhu tanah dan sensor kelembapan tanah untuk mengukur kelembapan tanah, nilai pengukuran akan diproses oleh Arduino Nano kemudian indikator kesuburan tanah akan ditampilkan pada LCD karakter 20×4.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pengukur pH, suhu dan kelembapan indikator kesuburan tanah menggunakan mikrokontroler Arduino Nano yang praktis, efisien dan murah?.
2. Bagaimana mengkalibrasi nilai tingkat kesuburan tanah serta nilai pH, suhu dan kelembapan tanah dengan alat ukur standar?.
3. Bagaimana memproses data pH, suhu dan kelembapan tanah untuk ditampilkan pada LCD karakter 20×4 sebagai indikator kesuburan tanah?.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem yang dapat mengukur pH, suhu dan kelembapan sebagai indikator kesuburan tanah menggunakan mikrokontroler Arduino Nano yang mudah, praktis dan murah.
2. Mengkalibrasi nilai tingkat kesuburan tanah serta nilai pH, suhu dan kelembapan tanah dengan alat ukur standar.
3. Memproses data pH, suhu dan kelembapan untuk ditampilkan pada LCD karakter 20×4 sebagai indikator kesuburan tanah.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sebuah alat yang dapat mengukur pH, suhu dan kelembapan sebagai indikator kesuburan suatu tanah menggunakan Arduino Nano. Alat yang dihasilkan juga diharapkan lebih praktis, efisien dan murah.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan Arduino Nano sebagai pengolah data.
2. Menggunakan *display* LCD karakter 20×4.
3. Menggunakan sensor pH tanah analog untuk mengukur pH tanah.
4. Menggunakan sensor *Thermocouple Type-K* untuk mengukur suhu tanah.
5. Menggunakan sensor kelembapan tanah analog *capasitive* untuk mengukur kelembapan tanah.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian tentang rancang bangun alat ukur suhu, kelembapan tanah dan resistansi menggunakan mikrokontroler Arduino Uno telah dilakukan sebelumnya (Lutfiyana dkk., 2017). Pada penelitian tersebut menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler dan *display* LCD karakter 16×2, sensor yang digunakan adalah DS18B20 untuk mengukur suhu tanah dan sensor kelembapan tanah (*capacitive soil moisture sensor*) untuk mengukur kelembapan tanah. Penelitian dilakukan menggunakan beberapa sampel tanah, dengan hasil penelitian alat ukur suhu tanah, kelembapan tanah dan resistansi bekerja dengan baik serta memiliki tingkat kelayakan sebesar 86,67%. Penelitian tersebut memiliki beberapa kekurangan yaitu belum dilengkapi dengan sistem pengukuran tingkat keasaman (pH) tanah.

Penelitian lain dilakukan oleh Putra (2017) yaitu rancang bangun alat pengukur pH dan suhu tanah. Penelitian tersebut menggunakan basis mikrokontroler Arduino Uno R3 dengan penampil LCD karakter 16×2 untuk menentukan kualitas tanah. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor pH untuk mengukur pH tanah dan sensor suhu DS18B20 untuk mengukur suhu tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor pH dan kalibrator memiliki korelasi yang baik yaitu 0,986 dengan selisih pH terbesar 0,3 serta sensor suhu dan kalibrator memiliki korelasi yang baik yaitu 0,999 dengan selisih suhu terbesar yaitu 0,7 °C. Penelitian tersebut memiliki kekurangan yaitu belum terintegrasi dengan kemampuan alat untuk menentukan kelembapan tanah.

Penelitian berikutnya yang berkaitan dengan rancang bangun alat ukur suhu, kelembapan dan pH tanah juga pernah dilakukan sebelumnya (Jupri dkk., 2017). Penelitian tersebut menggunakan mikrokontroler ATmega328P Arduino Uno dengan *display* LCD karakter 20×4 serta dilengkapi dengan beberapa sensor seperti sensor pH dengan elektroda dari pH meter ETP 110 untuk mengukur pH tanah, sensor *soil moisture* YL-69 untuk mengukur nilai kelembapan tanah dan sensor DS18B20 untuk mengukur suhu tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat tersebut mampu mengukur pH, kelembapan dan suhu tanah dengan *error* berturut-turut sebesar 2,68%, 1,53% dan 0,22%. Penelitian tersebut sudah mampu mengukur parameter pH, suhu dan kelembapan tanah, tetapi masih menggunakan sensor kelembapan tanah *resistive* yang lebih rentan terhadap korosi sehingga dilakukan pembaruan dengan menggunakan sensor kelembapan tanah *capasitive* yang lebih tahan terhadap korosi.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Hidayat (2018) yaitu rancang bangun alat untuk mengukur suhu, kelembapan dan pH tanah. Penelitian ini menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler dengan metode web untuk *me-monitoring* hasil pengukuran sensor dan mengontrol pintu air. Alat ukur yang dirancang pada penelitian ini menggunakan sensor DS18B20 untuk mengukur suhu tanah sensor YL-69 untuk mengukur kelembapan tanah dan sensor pH tanah. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi yang cukup akurat sehingga layak digunakan, penggunaan web untuk *me-monitoring* hasil pengukuran dapat berjalan baik dan web juga dapat mengontrol pintu air. Alat yang dirancang pada penelitian ini sudah dilengkapi dengan sistem pengontrol untuk mengalirkan air jika tanaman kekurangan air, tetapi sistem masih menggunakan sensor kelembapan tanah *resistive* dan Arduino Uno yang memiliki terlalu banyak pin sehingga kurang efektif karena terlalu banyak pin yang tidak terpakai.

4.2 Sensor pH Tanah

Sensor pH tanah merupakan sensor yang digunakan untuk mengetahui karakteristik keasaman (*acid*) atau basa (*alkaline*) suatu tanah (Gunawan dkk., 2019). Sensor pH

tanah ini mengukur tingkat keasaman yaitu jika angka pH kurang dari 7 bersifat asam dan jika angka pH lebih dari 7 bersifat basa serta saat angka pH bernilai 7 maka pH bersifat netral (Martin dkk., 2015). Sensor ini dapat bekerja pada rentang nilai 2,5 hingga 9 dengan tegangan DC 5 Volt serta memiliki jangkauan pengukuran sebesar 6 cm dari ujung sensor ke dalam tanah (Putra, 2017; Wardah dkk., 2019). Sensor pH dapat dihubungkan dengan Arduino menggunakan kabel hitam sebagai *output* dan kabel putih sebagai *ground*. Sensor dapat bekerja apabila ditancapkan pada tanah dan sensor akan membaca kadar pH tanah (Mulyana dan Sofyan, 2015; Wicaksono dkk., 2017; Effendi dkk., 2019). Penelitian ini menggunakan sensor tersebut untuk mengukur pH tanah. Sensor ini juga bisa dimanfaatkan dalam banyak keperluan, misalnya dalam bidang pertanian dan bahkan dunia konstruksi yang memerlukan data pH tanah. Sensor yang digunakan pada alat pengukur pH tanah ini adalah berupa elektroda (Hidayat, 2018). **Gambar 2.1** menunjukkan bentuk sensor pH tanah serta **Tabel 2.1** menunjukkan daftar spesifikasinya.



Gambar 2.1 Sensor pH tanah (Prasetyo dkk., 2019)

Tabel 2.1 Spesifikasi sensor pH tanah

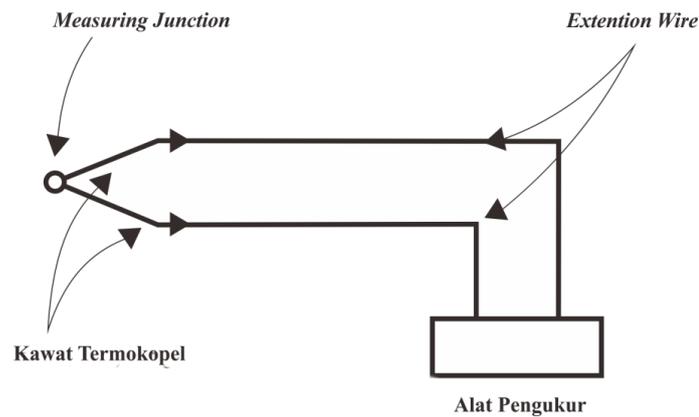
No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Probe	Elektroda khusus pH tanah
2.	Tegangan operasi	5 Volt
3.	<i>Output</i>	Analog ADC
4.	Dimensi	Panjang probe 16 cm
5.	Berat	500 gr

(Putra, 2017; Wardah dkk., 2019)

4.3 Sensor Suhu *Thermocouple*

Thermocouple merupakan sensor temperatur yang mengubah perbedaan temperatur menjadi perubahan tegangan, hal ini disebabkan oleh perbedaan kerapatan yang

dimiliki oleh masing-masing logam yang bergantung pada massa jenis logam. Jika dua buah logam disatukan kedua ujungnya kemudian dipanaskan maka elektron yang mempunyai kerapatan yang tinggi akan bergerak ke arah logam yang mempunyai kerapatan yang lebih rendah. Dengan demikian terjadi perbedaan tegangan antara kedua ujung *Thermocouple*. **Gambar 2.2** dan **Gambar 2.3** menunjukkan ilustrasi sistem pengukuran suhu pada *Thermocouple Type K* dan bentuk fisiknya (Yanti dkk., 2015).



Gambar 2.2 Sistem pengukuran suhu dengan Thermocouple (Yanti dkk., 2015)



Gambar 2.3 Sensor suhu *Thermocouple Type-K* (Krisdayanes, 2019)

Prinsip kerja dari *Thermocouple* yaitu menggunakan efek termoelektrik. Efek termoelektrik terjadi apabila sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan tegangan listrik di antara dua *junction* ini dinamakan dengan efek *Seebeck*. Efek *Seebeck* menyatakan bahwa arus yang sangat kecil akan mengalir melalui sebuah rangkaian konduktor yang memiliki perbedaan temperatur. Keluaran tegangan akan muncul akibat adanya perbedaan temperatur antara ujung-ujung dua material yang berbeda (Firdaus dan Abduh, 2016).

Berdasarkan jenisnya, *Thermocouple* dibagi dalam beberapa macam, diantaranya yaitu sebagai berikut:

1. Tipe B (Campuran Platinum dan Rhodium) dapat mengukur sampai temperatur yang sangat tinggi yaitu antara 0 °C sampai 1820 °C .
2. Tipe E (Campuran Nickel Chromium dan Constantan), merupakan sensor dengan temperatur yang diukur antara -270 °C sampai 1000 °C .
3. Tipe J (Campuran Iron dan Copper Nickle), merupakan sensor dengan temperatur yang diukur antara 0 °C sampai 750 °C .
4. *Type-K* (Campuran Nickel Cromium dan Nickel Aluminium), merupakan sensor dengan temperatur yang diukur antara -200 °C sampai 1250 °C .
5. Tipe N (Campuran Nickel Chromium Silikon dan Nickel Silikon Magnesium), merupakan sensor dengan temperatur yang antara -270 °C sampai 1300 °C .
6. Tipe R (Campuran Platinum Rhodium dan Platinum), merupakan sensor dengan temperatur yang diukur antara 0 °C sampai 1450 °C .
7. Tipe S (Campuran Platinum Rhodium dan Platinum), merupakan sensor dengan temperatur yang diukur antara 0 °C sampai 1450 °C .
8. Tipe T (Campuran Copper dan Copper Nickel), merupakan sensor dengan temperatur yang diukur antara -200 °C sampai 350 °C .

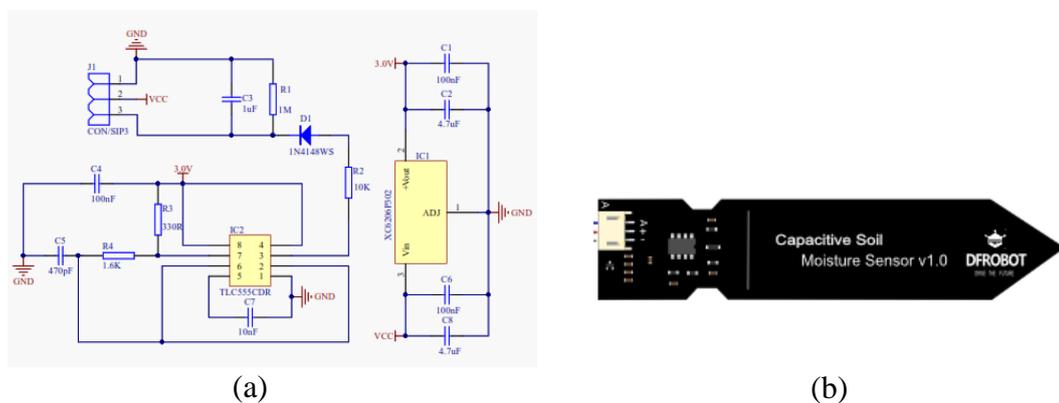
Dari beberapa jenis *Thermocouple* yang ada, penulis akan menggunakan *Thermocouple Type-K*. *Thermocouple* ini umumnya digunakan untuk penelitian dengan sensitivitas yang relatif besar dibandingkan dengan sensor *Thermocouple* lainnya. Jenis *Thermocouple* ini memiliki ketidaklinearan pada temperatur kisaran 150 °C (Yanti dkk., 2015). *Thermocouple Type-K* memiliki tingkat ketahanan yang cukup baik terhadap korosi karena memiliki bahan berbasis nikel serta menyediakan kisaran suhu operasi yang luas dengan keandalan dan keakuratannya (Krisdayanes, 2019).

Thermocouple Type-K digunakan bersamaan dengan modul MAX6675 sebagai *cold junction compensation* yang dapat melakukan konversi pengukuran *hot junction* dari 0 °C sampai 1024 °C serta modul dapat diletakkan pada suhu -20 °C sampai 85 °C (Septiana dkk., 2019). MAX6675 juga berperan sebagai ADC (*analog to digital converter*) dan *amplifier*. *Amplifier* digunakan dalam pembacaan

temperature pada termokopel karena beda potensial yang dihasilkan *Thermocouple Type-K* cukup kecil (Kumar dan Sahoo, 2013).

4.4 Sensor Kelembapan Tanah (*Capacitive Soil Moisture Sensor*)

Sensor kelembapan tanah (*capacitive soil moisture sensor*) digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan tanah secara kapasitif sesuai dengan namanya (*capacitive*). Sensor ini diproduksi oleh DFROBOT dan diperkenalkan dengan nama SKU: SEN0193, kemudian perlu diketahui bahwa sensor ini bekerja dengan tegangan masukan sebesar 3,3 V-5,5 V DC serta rentang *output* tegangan analog sebesar 0 V-3 V DC, *output* tersebut dapat dibaca oleh mikrokontroler seperti Arduino, Raspberry sampai modul ESP yang memiliki pin analog (Birradi, 2019; Placidi *et al.*, 2020; DFRobot, 2021). Sensor tanah ini disebut kapasitif karena beroperasi dengan prinsip dielektrik karena pada dasarnya terdiri dari sepasang elektroda yang membentuk kapasitor dengan tanah bertindak sebagai dielektrik. Dua buah elektroda bersama dengan tanah sebagai bahan dielektrik akan membentuk kapasitor. Umumnya, semakin tinggi kadar air dalam tanah, maka semakin tinggi kapasitansi yang terjadi. Oleh karena itu, kandungan air tanah dapat diketahui dengan melakukan pengukuran kapasitansi. Sensor ini juga cukup baik untuk digunakan dalam jangka waktu cukup lama atau terus-menerus karena material sensor memiliki bahan yang tidak mudah korosi (Ogbu dkk., 2016; Suryatini dkk., 2018). Rangkaian skematik serta bentuk fisik sensor ini dapat dilihat pada **Gambar 2.4** dan dapat dilihat **Tabel 2.2** yaitu daftar spesifikasi sensor.



Gambar 2.4 Sensor kelembapan tanah (*capacitive soil moisture sensor*)
(a) skema rangkaian (b) bentuk fisik (Birradi, 2019; DFRobot, 2021)

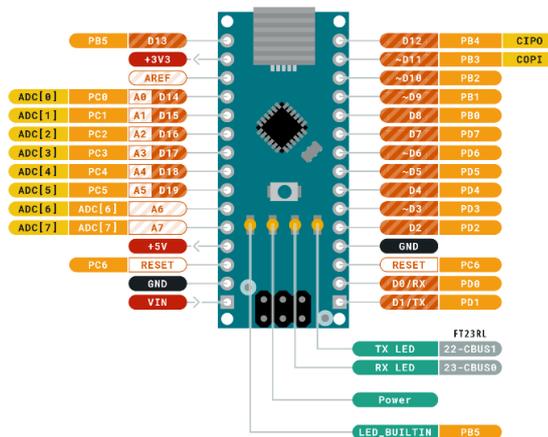
Tabel 2.2 Spesifikasi sensor kelembapan (*capacitive soil moisture sensor*)

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Tegangan operasi	3,3 V sampai 5,5 V
2.	Tegangan <i>output</i>	0 V sampai 3 V DC
3.	Arus	5 mA
4.	Dimensi	3,86 x 0,905 inci
5.	Berat	15 gram

(Birnadi, 2019; DFRobot, 2021)

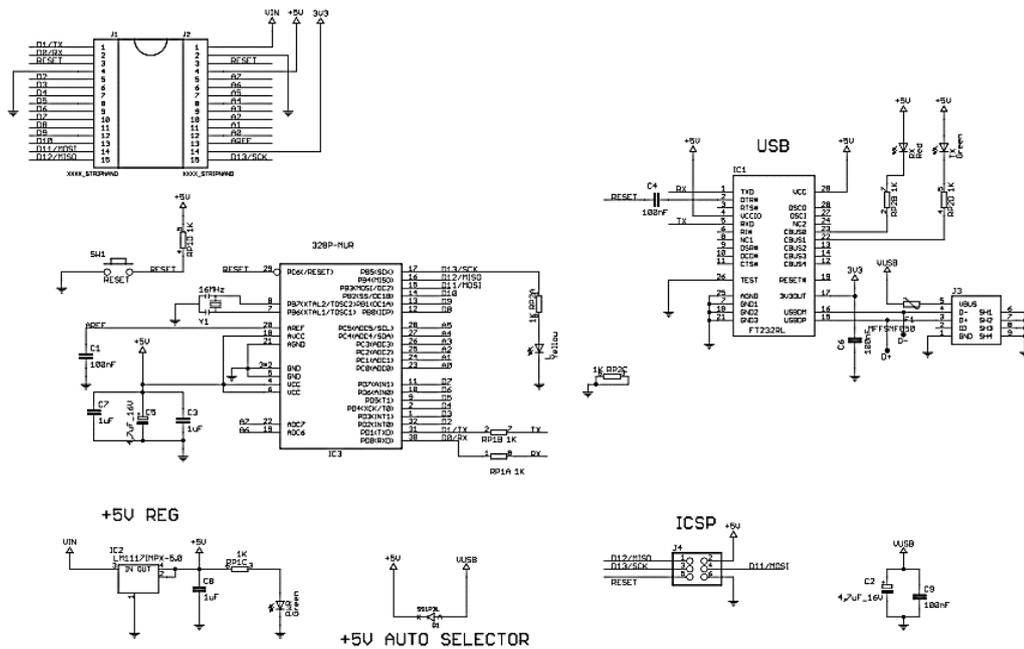
4.5 Mikrokontroler Arduino Nano

Arduino Nano adalah papan pengembangan (*development board*) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P dengan bentuk yang sangat kecil dan minimalis yang memiliki dimensi 45 mm × 18 mm. Secara fungsi tidak ada bedanya dengan Arduino Uno. Perbedaan utama terletak pada jack power DC dimana Arduino Nano tidak memilikinya, sehingga pemrogramannya menggunakan konektor USB mini tipe B. Arduino Nano dibuat dengan desain yang minimalis dan dengan bentuk yang ramping sehingga mudah untuk digunakan. 14 pin I/O digital, 8 pin *input* analog dengan resolusi 1024 bit, 32 kB memori *flash* 0,5 kB digunakan untuk *bootloader*, 2kB SRAM, 1kB EEPROM, 16 MHz kecepatan clock (Suari, 2017; Suwarti dkk., 2017; Vivianti dan Ratnawati, 2019). **Gambar 2.5** menunjukkan rincian *pinout* dari Arduino Nano.

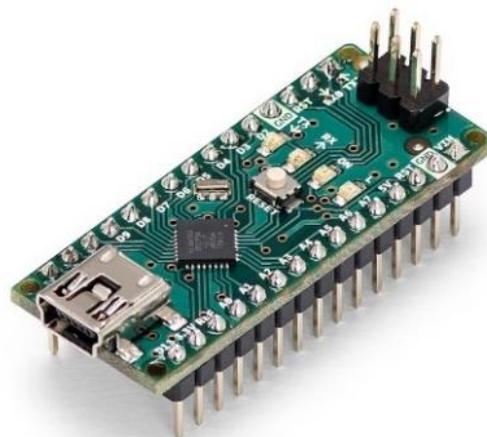
**Gambar 2.5** Pinout Arduino nano (Arduino, 2021)

Arduino Nano memiliki dua versi, yaitu dengan Atmega 328 untuk Arduino Nano 3.x dan Atmega168 untuk Arduino Nano 2.x yang berjalan pada tegangan 5V dengan 16 MHz. Atmega 168 dilengkapi dengan *flash* memori sebesar 16 kbyte

yang dapat digunakan untuk menyimpan kode program utama. *Flash* memori ini sudah terpakai 2 kbyte untuk program bootloader sedangkan Atmega328 dilengkapi dengan *flash* memori sebesar 32 kb dan dikurangi sebesar 2 kb untuk *bootloader* (Iksal dkk., 2018). Bentuk tampilan Arduino Nano dapat dilihat pada **Gambar 2.6** dan **Tabel 2.3** menunjukkan daftar spesifikasi dari Arduino Nano.



(a)



(b)

Gambar 2.6 Arduino Nano (a) skema rangkaian (Arduino, 2021) (b) bentuk fisik (Muchtar dan Hidayat, 2017)

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Nano

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Tegangan operasi	1,8 – 5,5 V
2.	Tegangan <i>input</i>	7-12 V (min 6 V – max 20 V)
3.	Pin digital I/O	14 (6 PWM)
4.	Pin analog	8
5.	Arus DC per pin	40 mA
6.	<i>Flash memory</i>	16 KB (Atmega168), 32 KB (Atmega328)
7.	SRAM	1 KB (Atmega168), 2 KB (Atmega328)
8.	EEPROM	512 Byte (Atmega168), 1 KB (Atmega328)
9.	Clock <i>speed</i>	16 MHz
10.	Dimensi	18 ×45 mm

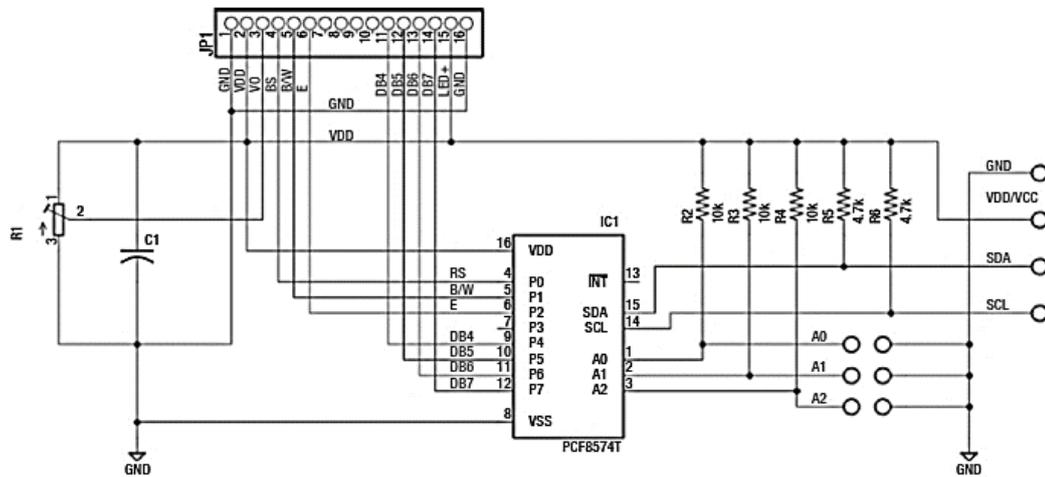
(Atmel, 2008)

4.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

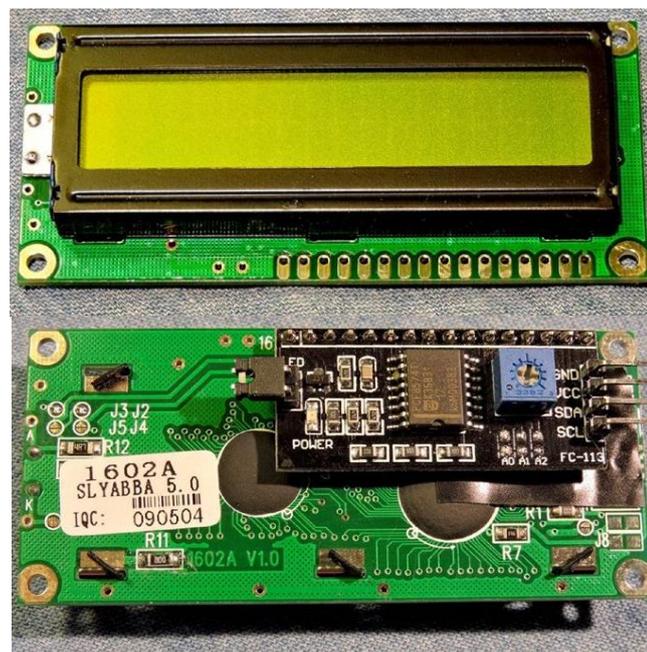
LCD adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya atau mentransmisikan cahaya dari *back-light*. LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun menu pada mikrokontroler (Weku dkk., 2015; Sarmidi dan Rahmat, 2019). LCD tersusun dari lapisan campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan *sandwich* memiliki *polarizer* cahaya vertikal depan dan *polarizer* cahaya horizontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan (Natsir dkk., 2019).

LCD yang beredar di pasaran biasanya LCD 16×2 dan 20×4 yang artinya lebar display 2 baris 16 kolom dan 4 baris 20 kolom dengan 16 Pin konektor (Simbar dan Syahrin, 2017) serta beroperasi pada power supply +5V, tetapi juga dapat beroperasi pada power supply +3V (Budiyanto, 2012). LCD juga memiliki memori penyimpanan yang terdiri dari 9.920 bit CGROM, 64 Byte CGRAM dan 80×8 bit DDRAM yang diatur pengalamatannya oleh Address Counter dan akses data

(pembacaan dan penulisan) dilakukan melalui Register Data (Sokop dkk., 2016). **Gambar 2.7** dapat dilihat yaitu bentuk fisik dari LCD karakter.



(a)



(b)

Gambar 2.7 LCD karakter dengan modul I2C (a) skema rangkaian (b) bentuk fisik (Gay, 2017)

Pada praktik penggunaannya biasanya LCD karakter dihubungkan menggunakan perangkat I2C (*Inter Integrated Circuit*). I2C merupakan standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data (Sarmidi dan Rahmad, 2019), fungsinya juga sebagai modul yang

dipakai untuk mengurangi penggunaan pin pada LCD yang cukup banyak. Modul ini memiliki 4 pin yang akan dihubungkan ke Arduino dengan menggunakan 2 pin yang dapat mengontrol LCD karakter yaitu analog *input* pin SDA dan analog *input* pin SCL (Natsir dkk., 2019), karena tidak membutuhkan banyak setelah menggunakan modul I2C maka ini sangat menguntungkan bagi pengguna yang membutuhkan lebih banyak pin pada Arduino (Akinwole dan Oladimeji, 2018). **Tabel 2.4** menunjukkan fungsi dari masing-masing pin pada LCD.

Tabel 2.4 Fungsi masing-masing pin pada LCD

No.	Jalur Pin	Fungsi
1.	GND	Untuk ground pada LCD
2.	VCC	Untuk catu daya LCD
3.	<i>Contrast</i>	Untuk mengatur kontras LCD
4.	RS	Register pin dari mikrokontroler
5.	RW	Untuk membaca/menuliskan karakter LCD
6.	E	<i>Enable</i> LCD
7.	D0-D3	Untuk komunikasi tingkat rendah tidak digunakan untuk operasi 4-bit
8.	D4-D7	Untuk transfer data antara mikrokontroler
9.	<i>Backlight</i> (+)	Untuk catu daya latar belakang lampu LCD
10.	<i>Backlight</i> (-)	Untuk <i>ground</i> latar belakang lampu LCD

4.7 *Software* Arduino IDE

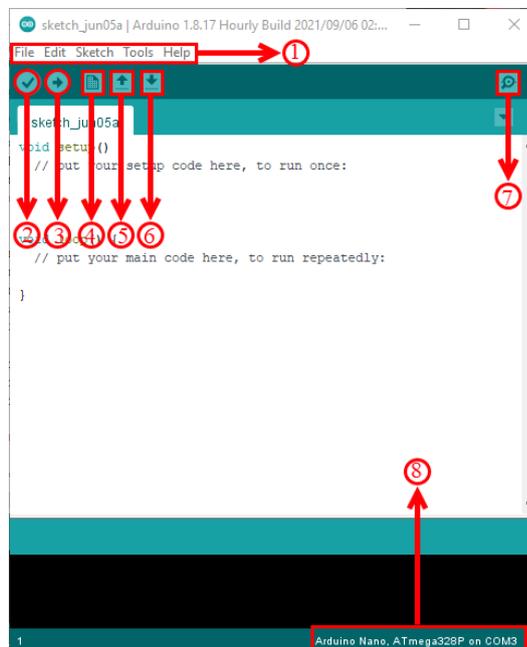
Arduino IDE adalah *software* pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, dirancang untuk memberi kemudahan bagi pengguna dan memiliki bahasa C++ meskipun begitu mereka menyebutkan bahwa Arduino memiliki bahasa sendiri karena lebih sederhana dan mudah dipahami (Andrianto dan Darmawan, 2017). *Software* Arduino IDE dibuat khusus untuk mikrokontroler Arduino dan dapat diunduh melalui *website* resmi Arduino bahkan disediakan secara gratis (Wicaksono dan Hidayat, 2017).

IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan suatu program khusus untuk suatu komputer agar dapat membuat suatu rancangan atau sketsa program untuk papan Arduino. IDE Arduino merupakan *software* yang sangat canggih dan ditulis dengan menggunakan Java (Syahwil, 2013). IDE ini memiliki kemampuan selain sebagai *editor* program juga memiliki kemampuan melakukan *compile*

menjadi kode biner dan memungkinkan meng-*upload* program yang dibuat tanpa harus menggunakan pengaturan tambahan (Nugroho dkk., 2015).

Arduino menggunakan perangkat lunak pengolahan (*software processing*) yang digunakan untuk menulis program ke dalam Arduino. Processing sendiri merupakan penggabungan antara bahasa C++ dan Java. *Software* Arduino ini dapat dipasang pada berbagai *operating system* (OS) seperti Linux, Mac OS ataupun Windows. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi kombinasi dari perangkat keras, bahasa pemrograman dan IDE yang canggih. *Software* IDE Arduino terdiri dari 3 (tiga) bagian (Arifin dkk., 2016):

- a. *Editor* program, untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*. Listing program pada Arduino disebut *sketch*;
- b. *Compiler*, modul yang berfungsi mengubah bahasa *processing* (kode program) ke dalam kode biner karena kode biner adalah satu-satunya bahasa program yang dipahami oleh mikrokontroler;
- c. *Uploader*, modul yang berfungsi memasukkan kode biner ke dalam memori mikrokontroler.



Gambar 2.8 Tampilan *software* Arduino IDE (Andrianto dan Darmawan, 2017)

Komponen *software* Arduino IDE yang ditunjukkan menggunakan nomor pada **Gambar 2.8** masing-masing memiliki fungsi (Andrianto dan Darmawan, 2017), yaitu:

1. Menu Bar, berisi pilihan menu yang masing-masing memiliki banyak fungsi berbeda di dalamnya.
2. *Verify*, berfungsi untuk meng-*compile* program.
3. *Upload*, berfungsi untuk mengunggah program ke dalam *board* Arduino.
4. *New*, berfungsi untuk membuat *file sketch* baru.
5. *Open*, berfungsi untuk membuka *file sketch* yang sudah pernah dibuat.
6. *Save*, berfungsi untuk menyimpan *sketch* yang sudah dibuat.
7. *Serial Monitor*, berfungsi untuk mengaktifkan jendela *serial* dan transfer data.
8. *Status Board*, berfungsi untuk menampilkan keterangan *board* Arduino dan COM yang digunakan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2023 sampai dengan Mei 2023. Perancangan dan pengujian alat dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Daftar pada **Tabel 3.1** menunjukkan alat yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3.1 Alat-alat penelitian

No.	Nama	Fungsi
1.	Laptop	Untuk membuat program pada <i>software</i> Arduino IDE.
2.	Solder	Untuk memasang atau membongkar komponen elektronika pada papan PCB.
3.	Kawat timah	Untuk merekatkan komponen elektronika pada papan PCB.
4.	Multimeter	Untuk mengukur tegangan, arus dan resistansi
5.	Papan PCB	Untuk membuat papan rangkaian alat penelitian.
6.	Bor PCB	Untuk membuat lubang pada papan PCB.
7.	Peralatan kerja lainnya	Sebagai pendukung dalam pembuatan alat, seperti obeng, tang dan lain-lain.

Daftar pada **Tabel 3.2** menunjukkan bahan yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3.2 Bahan-bahan penelitian

No.	Nama	Fungsi
1.	Mikrokontroler Arduino Nano	Untuk mengolah data pengukuran.
2.	LCD karakter 20×4	Untuk menampilkan data hasil pengukuran.
3.	Sensor pH tanah analog	Untuk mengukur tingkat keasaman (pH) tanah.
4.	Sensor suhu <i>thermocouple type-k</i> dan MAX6675	Untuk mengukur suhu tanah.
5.	Sensor kelembapan tanah analog	Untuk mengukur kelembapan tanah.

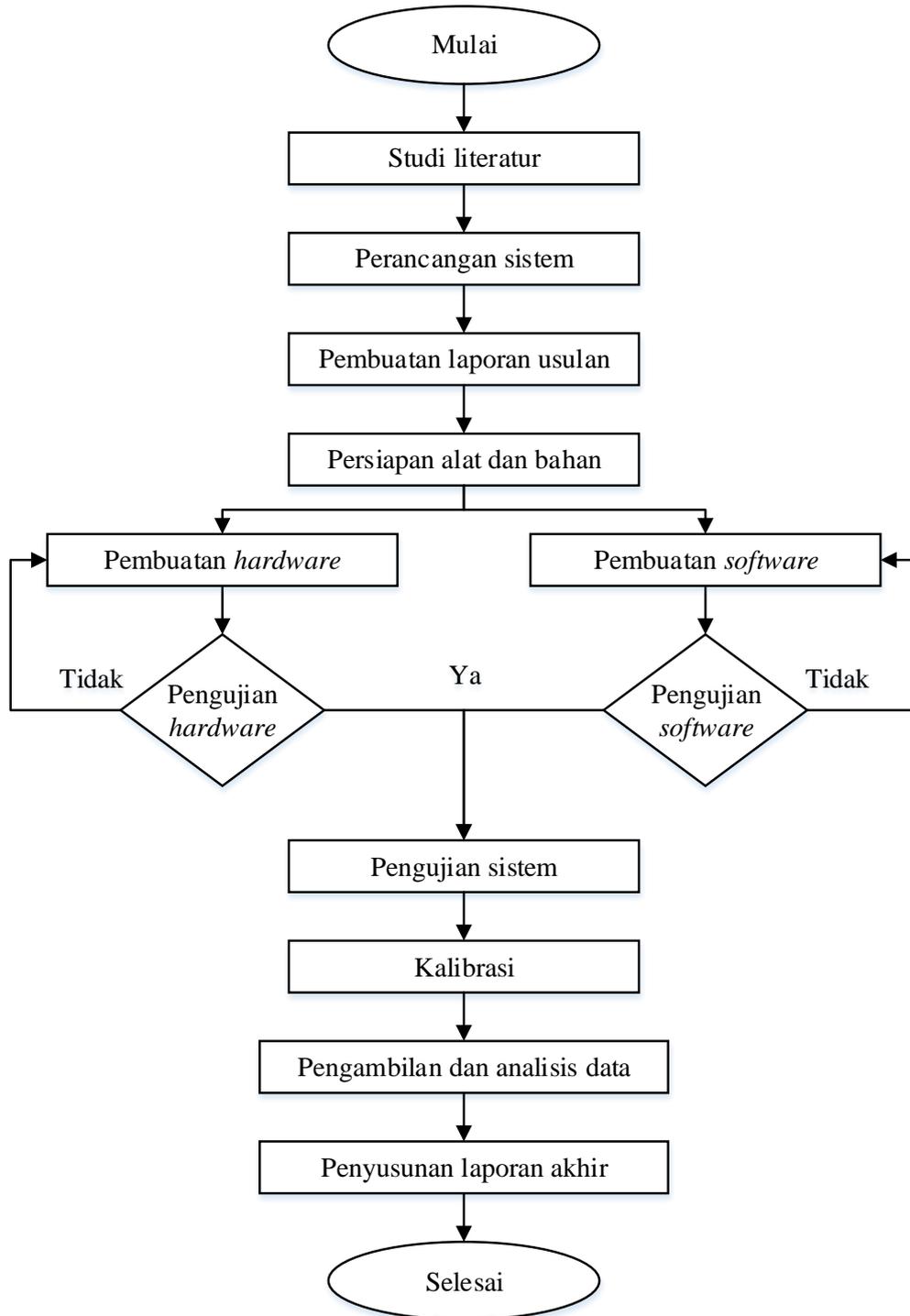
Tabel 3.3 adalah daftar perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3.3 Perangkat lunak pada penelitian

No.	Nama	Fungsi
1.	Eagle 9.6.1	Untuk membuat desain skema dan layout rangkaian.
2.	Proteus 8	Untuk membuat simulasi rangkaian dan program yang telah dibuat.
3.	IDE Arduino 1.8.10	Untuk membuat program yang akan dijalankan pada papan Arduino.
4.	Microsoft Office Word 2016	Untuk menulis laporan penelitian.
5.	Microsoft Office Visio 2013	Untuk membuat diagram alir dan diagram blok.
6.	Origin 2019b	Untuk membuat grafik.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dilakukan untuk membuat sebuah alat pengukur tingkat keasaman (pH) tanah, suhu tanah dan kelembapan tanah berbasis Arduino. Diagram alir **Gambar 3.1** menggambarkan tahap-tahap penyelesaian penelitian ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

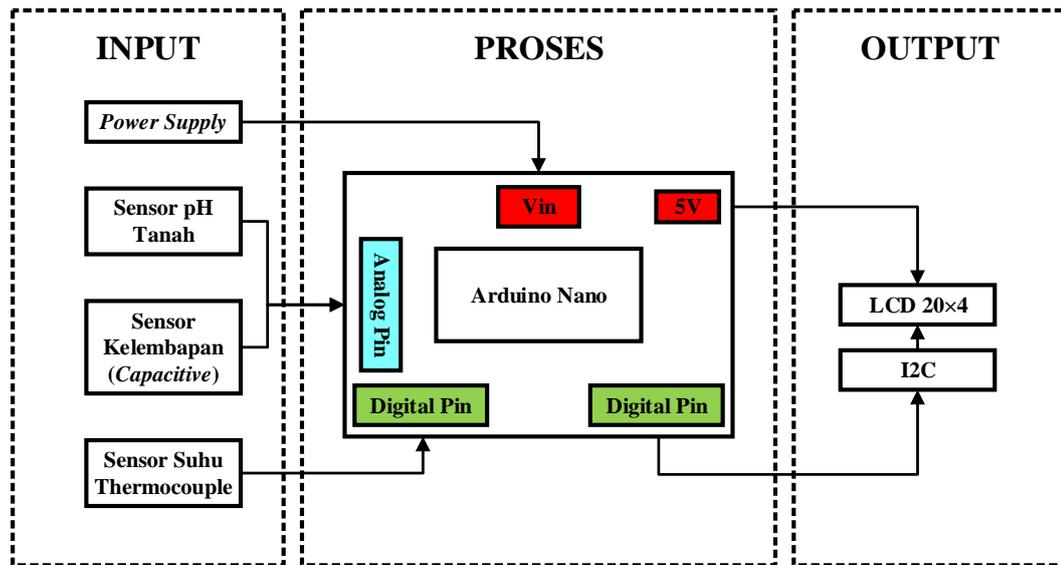
Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur dari berbagai sumber seperti jurnal, buku ataupun sumber lain, studi literatur dilakukan sebagai dasar dalam penulisan laporan dan penelitian yang dilakukan. Langkah selanjutnya melakukan persiapan alat dan bahan untuk merancang perangkat keras (*hardware*) dan

perangkat lunak (*software*). Perancangan *hardware* dilakukan dengan mempersiapkan mikrokontroler Arduino Nano, sensor pH tanah, sensor suhu *thermocouple type-k*, sensor kelembapan tanah analog, LCD karakter 20×4 dan alat pendukung lain seperti solder, kawat timah, papan PCB, multimeter serta alat lainnya. Perancang *software* untuk membuat program dilakukan dengan menggunakan *software* Arduino IDE, program yang dibuat digunakan untuk memproses hasil pengukuran dari sensor pH, suhu dan kelembapan pada papan Arduino yang ditampilkan pada LCD karakter 20×4.

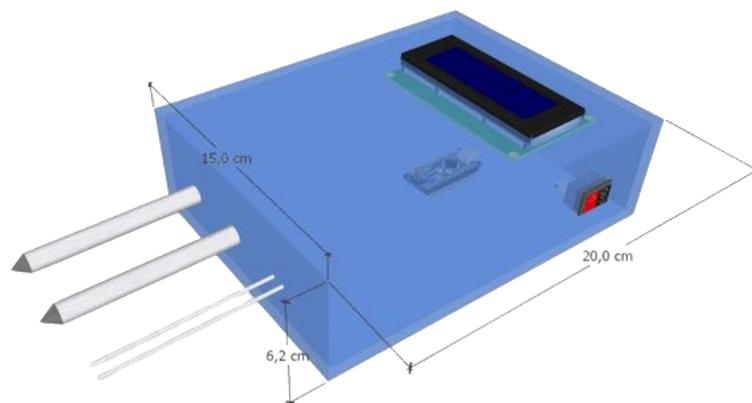
Pengujian *hardware* dan *software* selanjutnya dilakukan setelah melakukan perancangan untuk mengetahui keberhasilan rancangan yang dibuat, setelah itu dilakukan pengujian keseluruhan sistem dengan menguji program pada *software* Arduino IDE untuk menjalankan *hardware* seperti sensor pH tanah, sensor suhu *thermocouple type-k*, sensor kelembapan tanah analog dan LCD karakter 20×4, setelah berhasil kemudian dilakukan kalibrasi, pengambilan data dan penyusunan laporan penelitian.

3.3.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan *hardware* sistem pengukur pH, suhu dan kelembapan tanah untuk menentukan kesuburan tanah berbasis Arduino dapat dilihat pada diagram blok yang ditunjukkan pada **Gambar 3.2.** dan ditampilkan pada **Gambar 3.3** yaitu desain alat dengan tampilan 3D.



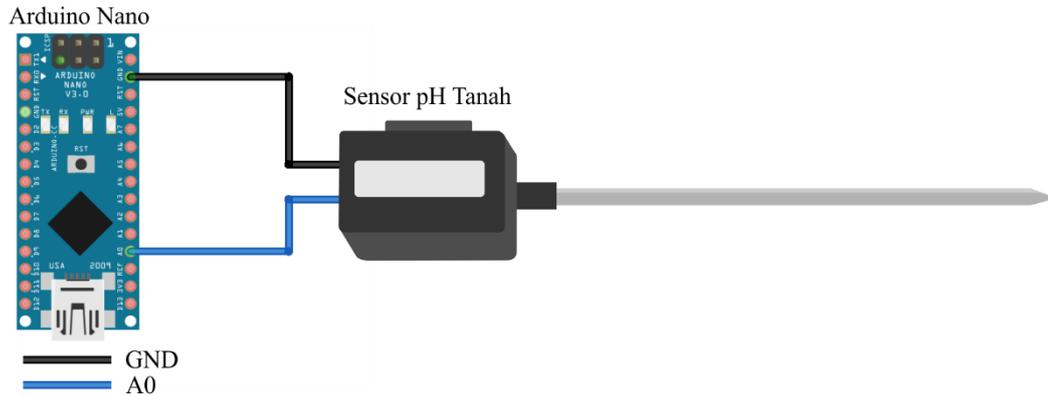
Gambar 3.2 Diagram blok *hardware*



Gambar 3.3 Desain alat

a. Sensor pH Tanah

Rangkaian pengendali sensor pH tanah terdiri dari sensor pH tanah yang dirangkai dengan Arduino. Sensor pH tanah memiliki dua kabel utama yaitu GND dan Data, kabel tersebut dihubungkan pada Arduino Nano dengan kabel GND dihubungkan ke pin GND dan kabel Data ke pin analog A0. **Gambar 3.4** menunjukkan ilustrasi rangkaian sensor pH tanah.

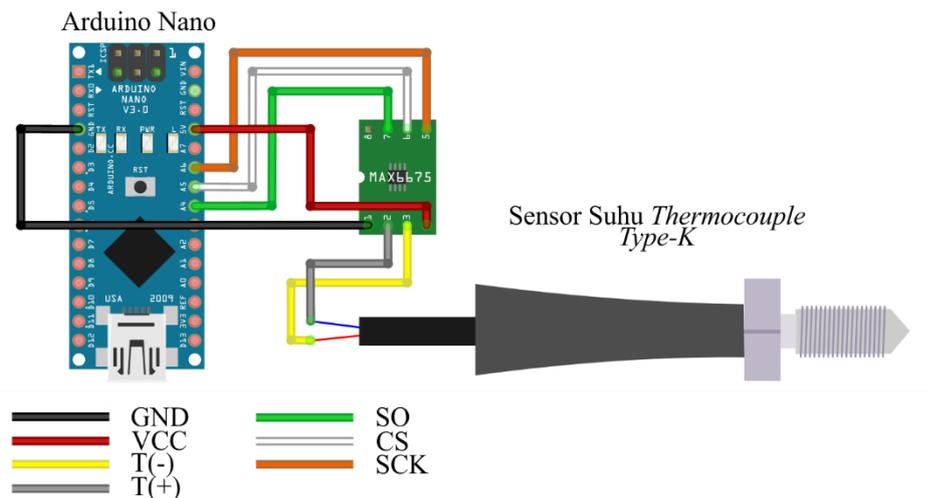


Gambar 3.4 Rangkaian sensor pH tanah

Sensor pH tanah mendapat daya yang dibutuhkan dari sumber tegangan Arduino Nano. Sensor pH tanah akan menghasilkan data analog saat sensor menyentuh objek kemudian data analog akan diproses oleh Arduino Nano dengan ADC (*Analog to Digital Converter*) yang dideteksi oleh pin A0 sehingga data dapat dibaca dalam satuan pH.

b. Sensor Suhu Tanah

Rangkaian sensor suhu tanah terdiri dari sensor suhu *Thermocouple Type K* dan dirangkai dengan komponen lain yaitu Arduino Nano. **Gambar 3.5** menunjukkan rangkaian sensor suhu *Thermocouple Type K*.



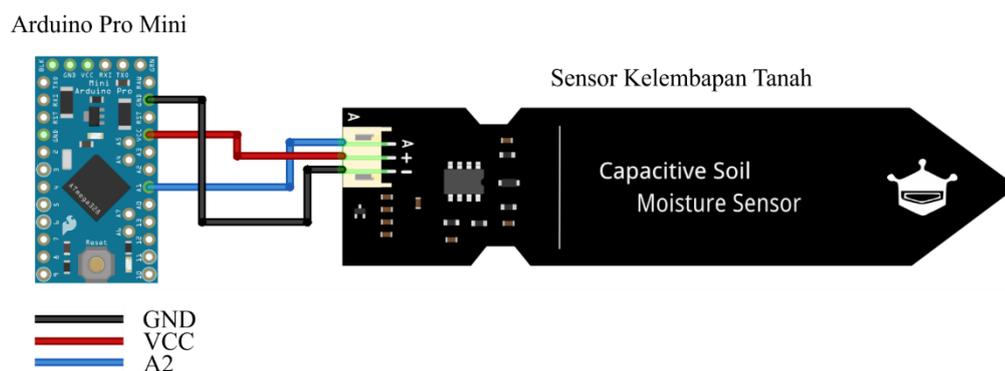
Gambar 3.5 Rangkaian sensor suhu *Thermocouple Type K*

Sensor suhu *Thermocouple Type K* bekerja dengan data *output* digital sehingga tidak perlu menggunakan ADC. Rangkaian sensor suhu *Thermocouple Type K*

menghasilkan data digital yang diproses oleh Arduino Nano pada pin digital D2 sehingga dapat menampilkan data suhu tanah.

c. Sensor Kelembapan Tanah

Rangkaian sensor kelembapan tanah terdiri dari *capacitive soil moisture sensor* dan Arduino Nano. *Capacitive soil moisture sensor* memiliki 3 kabel yaitu analog, VCC dan GND. **Gambar 3.6** menunjukkan rangkaian sensor kelembapan tanah dengan Arduino Nano.



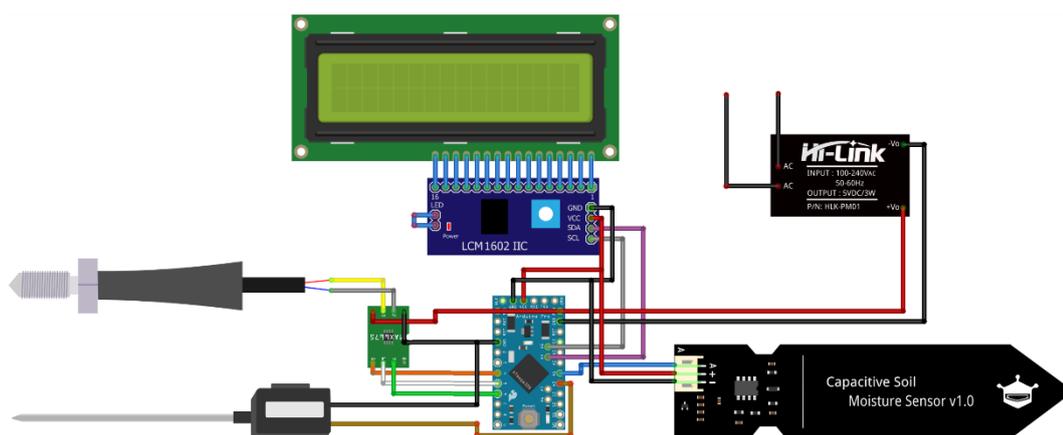
Gambar 3.6 Rangkaian sensor kelembapan tanah

Capacitive soil moisture sensor terhubung dengan sumber tegangan dari Arduino Nano agar dapat bekerja. *Capacitive soil moisture sensor* akan menghasilkan sinyal analog berupa tegangan, sinyal tersebut akan diolah oleh pengondisi sinyal yang menyatu dengan sensor. Tegangan yang dihasilkan akan terhubung pada pin A2 Arduino Nano untuk diolah melalui ADC dan menjadi data digital.

d. Sistem Monitoring

Alat yang dirancang memiliki sistem monitoring untuk menghasilkan dan mengolah data penelitian. Sistem monitoring tersebut merupakan seluruh komponen yang terhubung seperti Arduino Nano, sensor pH tanah analog, sensor suhu *Thermocouple Type K*, sensor kelembapan tanah (*capacitive soil moisture sensor*) dan LCD karakter 20×4 kemudian menggunakan *power supply* 12 V pada Arduino Nano sebagai sumber tegangan.

Arduino Nano berfungsi sebagai komponen yang melakukan pengolahan data hasil pengukuran dari sensor pH tanah yang terhubung pada pin analog (A0), sensor suhu *Thermocouple Type K* yang terhubung ke pada pin digital (D2), sensor kelembapan tanah (*capacitive soil moisture sensor*) yang terhubung pada pin analog (A2). *Output* dari sensor suhu *Thermocouple Type K* adalah data digital sehingga dapat langsung dikonversi menjadi nilai suhu, tetapi untuk *output* sensor pH dan kelembapan masih berupa sinyal analog sehingga harus diolah melalui ADC pada Arduino kemudian diubah menjadi data digital yang dapat dikonversi menjadi nilai pH tanah dan kelembapan tanah. Selanjutnya nilai-nilai dari sensor akan digunakan sebagai indikator kesuburan tanah dan ditampilkan pada LCD karakter 20×4. Rangkaian dari sistem monitoring ditunjukkan pada **Gambar 3.7** dan **Tabel 3.4** menunjukkan rincian pin pada sistem yang digunakan komponen-komponen tersebut.



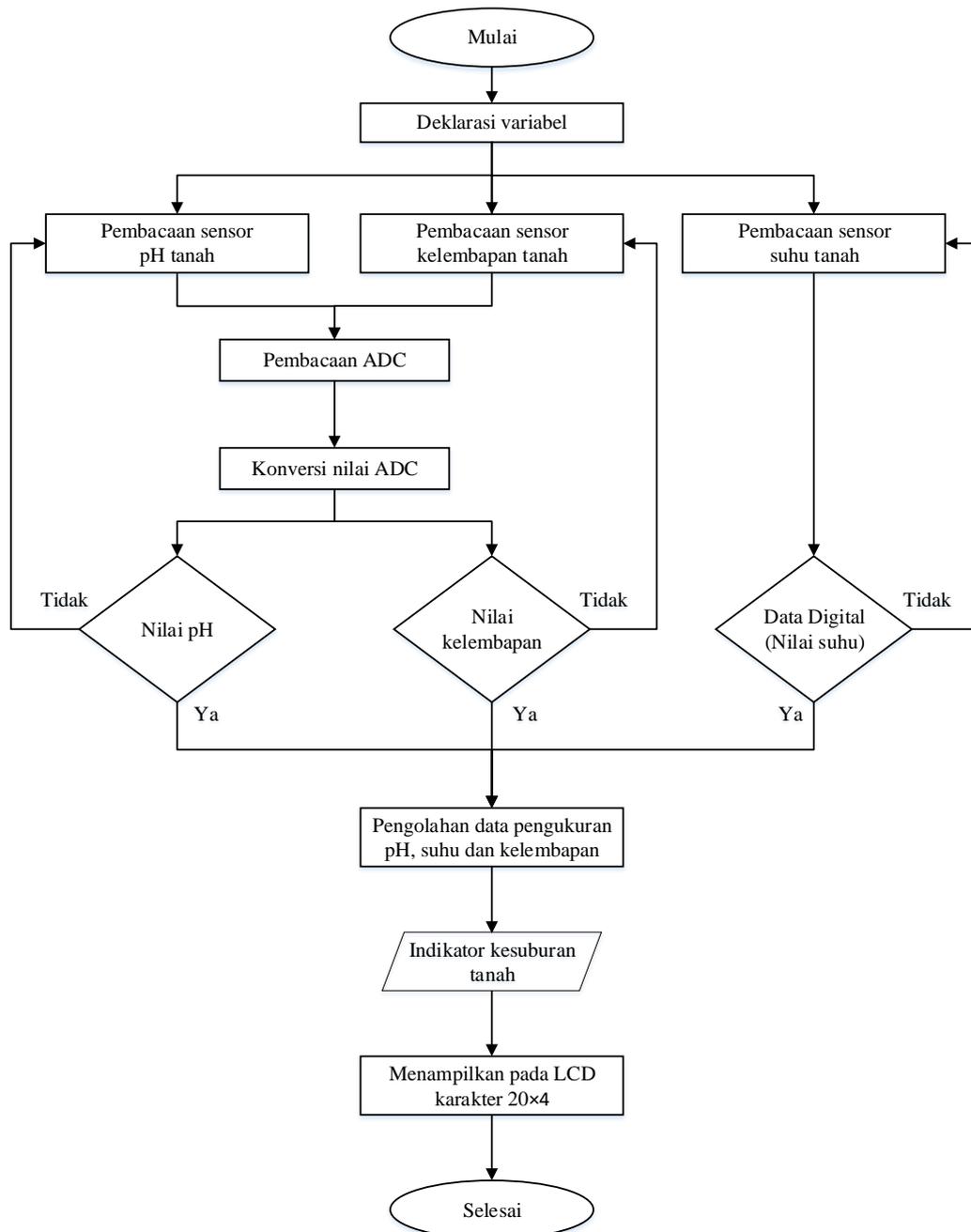
Gambar 3.7 Rangkaian sistem monitoring alat indikator kesuburan tanah

Tabel 3.4 Pemetaan pin Arduino Nano dengan seluruh komponen

No.	Pin Arduino Nano	Pin Komponen
1.	Pin A0	Pin analog sensor pH tanah
2.	Pin A1	Pin analog sensor kelembapan tanah
3.	Pin A4	Pin SDA I2C LCD
4.	Pin A5	Pin SCL I2C LCD
5.	Pin D4	Pin SO sensor <i>thermocouple</i>
6.	Pin D5	Pin CS sensor <i>thermocouple</i>
7.	Pin D6	Pin SCK sensor <i>thermocouple</i>

3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan aplikasi Arduino IDE yang berfungsi sebagai perangkat untuk membuka, membuat ataupun mengunggah dan menjalankan program pada papan Arduino Nano. **Gambar 3.8** menunjukkan diagram alir perancangan perangkat lunak.



Gambar 3.8 Diagram alir program

Program yang dibuat berisi perintah untuk menjalankan sensor agar dapat berfungsi membaca nilai yang sesuai. Program dibuat dengan dua tahap yaitu fungsi pembacaan data digital sensor serta nilai ADC sensor dan menampilkan indikator sensor. Data digital dari sensor suhu *Thermocouple Type K* akan langsung menampilkan nilai suhu, sedangkan nilai ADC yang dihasilkan dari sensor pH tanah dan sensor kelembapan tanah akan dikonversi terlebih dahulu menjadi data digital kemudian akan diubah menjadi besaran pH dan kelembapan. Setelah semua sensor dapat menghasilkan nilai indikator kesuburan tanah kemudian akan ditampilkan pada LCD karakter 20×4.

3.3.3 Pengambilan dan Pengujian Data

Pengambilan dan pengujian data dilakukan dengan menjalankan seluruh sistem perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Data yang diperoleh diharapkan dapat menghasilkan pengukuran tingkat keasaman (pH), suhu dan kelembapan tanah dengan kestabilan, akurasi serta presisi yang baik. Pengambilan dan pengujian data dilakukan dengan beberapa pengujian yaitu melakukan perbandingan antara nilai referensi pH, suhu dan kelembapan terhadap sensor pH tanah, sensor suhu *Thermocouple Type K* dan sensor kelembapan tanah *capasitive*.

Data hasil pengukuran yang telah didapat akan digunakan untuk menghitung persentase kesalahan (*error*), akurasi dan presisi dari setiap alat ukur dengan menggunakan Persamaan (3.1), (3.2) dan (3.3).

$$\% \text{ Kesalahan} = \left| \frac{Y - \overline{X}_n}{Y} \right| \times 100\% \quad (3.1)$$

$$\text{Akurasi} = \left(1 - \left| \frac{Y - \overline{X}_n}{Y} \right| \right) \times 100\% \quad (3.2)$$

dengan:

Y = Nilai referensi

X_n = Nilai hasil pengukuran

\overline{X}_n = Rata-rata nilai hasil pengukuran

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X_n - \bar{X}_n)^2}{n-1}} \quad (3.3)$$

$$KV(\%) = \frac{SD}{\bar{X}_n} \times 100\%$$

SD = Standar Deviasi

n = Jumlah data

KV = Koefisien Variasi

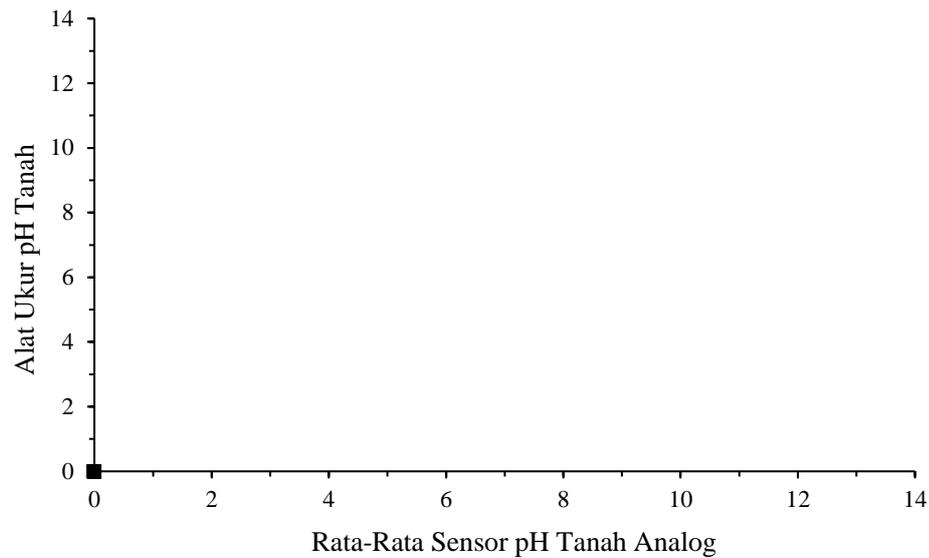
Tahap perhitungan standar deviasi adalah perhitungan untuk mengetahui tingkat presisi dari alat yang dirancang, semakin kecil nilai koefisien variasi maka semakin presisi data yang diambil.

a. Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian akurasi sensor terhadap sensor pH tanah, sensor suhu *thermocouple* dan sensor kelembapan tanah dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan alat terkalibrasi sebagai referensi. Pengujian dilakukan dengan menguji sampel tanah menggunakan alat terkalibrasi dan juga menggunakan alat sensor pH tanah, sensor suhu *thermocouple* dan sensor kelembapan tanah. Pada setiap pengukuran dilakukan beberapa kali pengulangan. **Tabel 3.5**, **Tabel 3.7** dan **Tabel 3.8** menunjukkan rencana data *error*, akurasi dan presisi sensor pH tanah, sensor suhu *thermocouple* dan sensor kelembapan tanah.

Tabel 3.5 Rencana data *error*, akurasi dan presisi sensor pH tanah analog

No.	pH Referensi	Sensor pH Analog Percobaan Ke-					Rata-Rata	<i>Error</i> (%)	Akurasi (%)	Koefisien Variasi (%)
		1	2	3	4	5				
1.										
2.										
3.										
4.										
Rata-Rata Total							-	-	-	



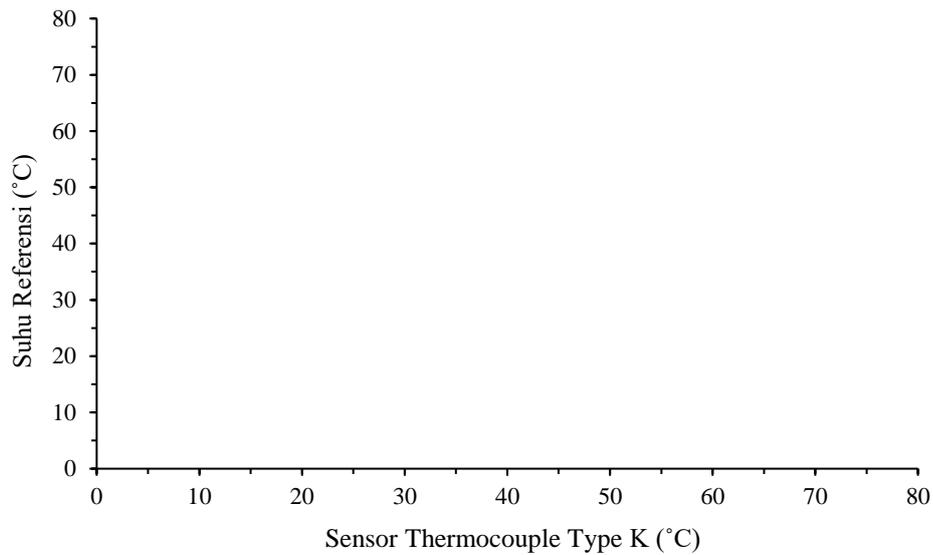
Gambar 3.9 Rencana grafik perbandingan nilai rata-rata sensor pH tanah analog dan pH referensi

Dari data yang akan dihasilkan pada **Tabel 3.5** akan didapatkan nilai *error*, akurasi dan koefisien variasi kemudian didapatkan juga nilai rata-rata dari sensor pH analog yang akan dibandingkan dengan nilai pH referensi. **Gambar 3.9** merupakan grafik yang akan dihasilkan dari perbandingan antara nilai pH referensi dengan nilai sensor pH analog.

Pengujian selanjutnya yaitu melakukan karakterisasi pada sensor suhu *Thermocouple Type K* setelah itu dilakukan pengujian dengan melakukan pengambilan data menggunakan variasi sampel dan beberapa percobaan. **Tabel 3.6** dan **Gambar 3.10** menampilkan rencana data yang digunakan untuk melakukan kalibrasi sensor.

Tabel 3.6 Rencana data pengukuran sensor suhu *Thermocouple* untuk karakterisasi

No.	Suhu Referensi (°C)	Sensor Suhu tanah <i>Thermocouple</i> (°C)
1.		
2.		
3.		
...		
...		
dst.		

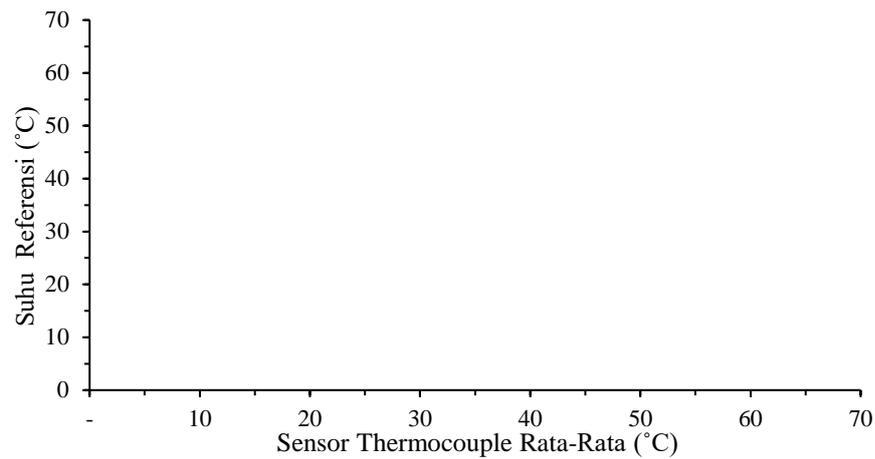


Gambar 3.10 Rencana grafik perbandingan nilai sensor suhu *Thermocouple Type K* dan suhu referensi untuk karakterisasi

Dari data yang akan didapatkan berdasarkan grafik pada **Gambar 3.10** akan didapatkan persamaan garis yang digunakan untuk melakukan karakterisasi sensor sehingga sensor dapat mengeluarkan nilai yang lebih akurat sebelum dilakukan karakterisasi. Setelah sensor dikarakterisasi maka akan dilakukan pengujian untuk mendapatkan data *error*, akurasi dan koefisien variasi dari sensor suhu *Thermocouple Type K*. **Tabel 3.7** dan **Gambar 3.11** menunjukkan rencana data dan grafik sensor suhu *Thermocouple* setelah dikarakterisasi.

Tabel 3.7 Rencana data *error*, akurasi dan presisi sensor suhu *Thermocouple* setelah karakterisasi

No.	Suhu Referensi (°C)	Sensor Suhu tanah <i>Thermocouple</i> Ke-			Rata-Rata (°C)	<i>Error</i> (%)	Akurasi (%)	Koefisien Variasi (%)
		1	2	3				
1.								
2.								
3.								
...								
...								
dst.								
Rata-Rata Total						-	-	-



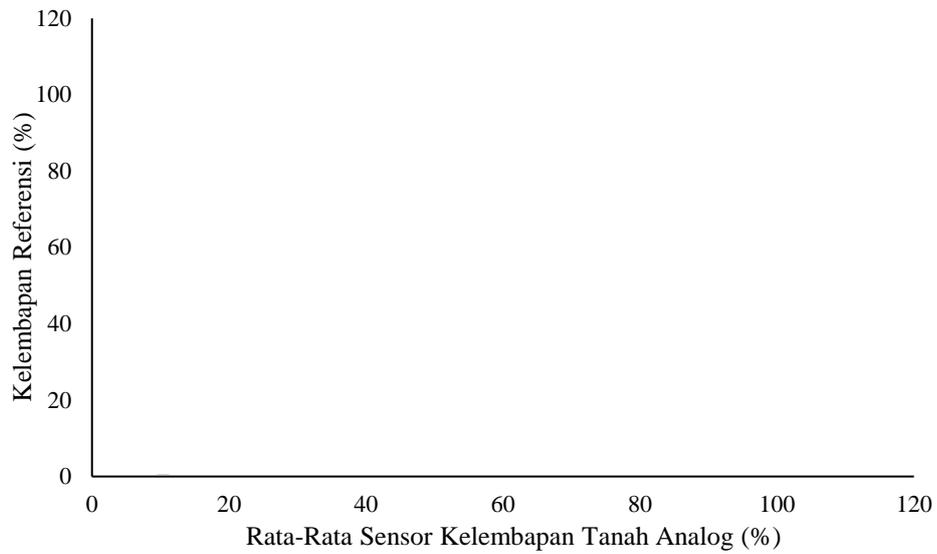
Gambar 3.11 Rencana grafik perbandingan nilai rata-rata sensor suhu *Thermocouple* dan suhu referensi setelah karakterisasi

Dari data yang dihasilkan pada **Tabel 3.7** akan didapatkan nilai *error*, akurasi dan koefisien variasi kemudian didapatkan juga nilai rata-rata dari sensor suhu *Thermocouple* yang akan dibandingkan dengan nilai suhu referensi. **Gambar 3.11** merupakan grafik yang akan dihasilkan dari perbandingan antara nilai suhu referensi dengan nilai sensor suhu *Thermocouple*.

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian pada sensor kelembapan tanah *capasitive* dengan melakukan pengambilan data menggunakan variasi sampel dan beberapa percobaan. Sensor kelembapan yang digunakan masih mengeluarkan nilai analog sehingga harus dikonversi menjadi data digital dengan cara melakukan pengecekan sensor di dalam air serta udara terbuka untuk menetapkan batas ADC saat kelembapan 100 % dan 0 %. **Tabel 3.8** dan **Gambar 3.12** menampilkan rencana data akurasi sensor kelembapan tanah analog *capasitive*.

Tabel 3.8 Rencana data *error*, akurasi dan presisi sensor kelembapan tanah *capasitive*

No.	Kadar Air Referensi (%)	Sensor Percobaan Ke (%)					Rata-Rata (%)	<i>Error</i> (%)	Akurasi (%)	Koef. Variasi (%)
		1	2	3	4	5				
1										
2										
3										
...										
...										
dst.										
Rata-Rata Total							-	-	-	



Gambar 3.12 Grafik perbandingan nilai rata-rata sensor kelembapan tanah *capasitive* dan kelembapan tanah referensi

Dari data yang dihasilkan pada **Tabel 3.8** akan didapatkan nilai *error*, akurasi dan koefisien variasi kemudian didapatkan juga nilai rata-rata dari sensor kelembapan tanah analog *capasitive* yang akan dibandingkan dengan nilai kelembapan referensi. Gambar 3.12 merupakan grafik yang akan dihasilkan dari perbandingan antara nilai kelembapan referensi dengan nilai sensor kelembapan analog *capasitive*.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengukuran, pengujian dan pengamatan pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Rancang bangun sistem pengukur pH, suhu dan kelembapan sebagai indikator kesuburan tanah menggunakan mikrokontroler Arduino Nano dapat berjalan dengan baik, mudah dan praktis yang ditunjukkan dengan alat yang dapat menentukan indikator kesuburan tanah yaitu pH, suhu dan kelembapan tanah.
2. Hasil kalibrasi sensor pH, suhu dan kelembapan tanah diperoleh rata-rata *error* berturut-turut sebesar 2,38 %, 0,44 % dan 1,389 % selanjutnya diperoleh nilai rata-rata akurasi berturut-turut sebesar 97,623 %, 99,56 % dan 98,611 % sehingga sensor dapat digunakan untuk melakukan pengukuran indikator kesuburan tanah kemudian diperoleh nilai presisi berdasarkan.
3. Pengujian alat indikator kesuburan tanah dengan memproses nilai parameter pH, suhu dan kelembapan menggunakan Arduino Nano dapat menampilkan indikator kesuburan tanah pada LCD karakter 20×4.

5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya penggunaan sensor pH tanah dan kelembapan tanah dengan kualitas yang lebih baik dalam mendeteksi nilai pH dan kelembapan tanah lebih akurat dan presisi, karena sensor yang digunakan pada penelitian ini

masih kurang sensitif meskipun sudah dapat melakukan pengukuran dengan cukup baik.

2. Perlu adanya sistem *power supply* yang dapat diisi ulang namun stabil dan bertahan cukup lama kemudian dapat menampilkan indikator daya sehingga lebih efisien untuk dibawa kemana saja.
3. Tambahkan fitur untuk menentukan tingkat kesuburan tanah menggunakan metode tertentu misalnya *fuzzy logic*, karena alat ini sudah dapat menampilkan indikator kesuburan tanah namun belum bisa menampilkan kategori tingkat kesuburan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Akinwole, O. dan Oladimeji, T. 2018. Design and Implementation of Arduino Microcontroller Based Automatic Lighting Control with I2C LCD Display. *Journal of Electrical and Electronic Systems*. 7(2): 1–5.
- Andrianto, H. dan Darmawan, A. 2017. *Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman*. Bandung: Informatika Bandung.
- Arduino. 2021. *Arduino Nano*. Tersedia di: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini>. Diakses pada November 2020.
- Arif, C., Setiawan, B. I. dan Mizoguchi, M. 2014. Penentuan Kelembaban Tanah Optimum untuk Budidaya Padi Sawah SRI (System Of Rice Intensification) Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Irigasi*. 9(1): 29–40.
- Arifin, J., Zulita, L. N. dan Hermawansyah. 2016. Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama*. 12(1): 89–98.
- Ariska, N. D., Nurida, N. L. dan Kusuma, Z. 2016. Pengaruh Olah Tanah Konservasi Terhadap Retensi Air dan Ketahanan Penetrasi Tanah pada Lahan Kering Masam di Lampung Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 3(1): 279–283.
- Asdak, C. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Birnadi, S. 2019. *Otomasi Sistem Penyiraman yang Dapat Dikustom untuk Beberapa Jenis Tanaman Sayuran pada Urban Agriculture*. Bandung: Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN SGD Bandung.
- Budiharto dan Suhartono. 2014. *Artificial Intelligence*. Yogyakarta: C.V. ANDI OFFSET.
- Budiyanto, S. 2012. Sistem Logger Suhu dengan Menggunakan Komunikasi Gelombang Radio Setiyo. *Jurnal Teknologi Elektro*. 3(1): 21–27.

- Chen, B., Wu, S., Wang, R., Liu, C., Lu, J., Deng, K. dan Ge, L. 2018. Research on Non-Contact Weak Current Detection Technology. *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*. 10(1): 67–75.
- Dallas. 2021. *DS18B20*. Tersedia di: <https://www.alldatasheet.com/>. Diakses pada Februari 2021.
- DFRobot. 2021. *SKU:SEN0193*. Tersedia di: https://wiki.dfrobot.com/Capacitive_Soil_Moisture_Sensor_SKU_SEN0193
- Djumali dan Mulyaningsih, S. 2014. Pengaruh Kelembaban Tanah terhadap Karakter Agronomi, Hasil Rajangan Kering dan Kadar Nikotin Tembakau (*Nicotiana tabacum* L; Solanaceae) Temanggung pada Tiga Jenis Tanah. *Berita Biologi*. 13(1): 1–11.
- Effendi, R., Syafa'ah, L. dan Pakaya, I. 2019. Rancang Bangun Alat Monitoring Suhu, Kelembapan Tanah dan pH Tanah pada Lahan Pertanian Tanaman Padi Berbasis Android. *Artikel Ilmiah Teknik Elektro*. 1(1): 40–45.
- Fadli, B. H., Yasin, S. dan Yulnafatmawita. 2021. Fluktuasi Fosfor dan Kemasaman pada Agregat Tanah di Perkebunan Teh yang Berumur 36 Tahun di Kecamatan Gunung Talang, Kabupaten Solok. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 8(1): 215–219.
- Firdaus, E., Edial, H. dan Wilis, R. 2018. Analisis Kesuburan Tanah Lahan Pertanian Tanaman Padi di Nagari Talang Babungo Kecamatan Hiliran Gumanti Kabupaten Solok. *Jurnal Buana*. 2(1): 142–153.
- Gay, W. 2017. *Custom Raspberry Pi Interfaces*. California: Apress.
- Gunawan, R., Andhika, T. dan Hibatulloh, F. 2019. Sistem Monitoring Kelembapan Tanah, Suhu, pH dan Penyiraman Otomatis pada Tanaman Tomat Berbasis Internet of Things. *TELEKONTRAN*. 7(1): 66-78.
- Gurudatta, D. D. W. 2016. Review on Sensing the Fertility Characteristics of Agricultural Soils. *International Conference On Information Communication And Embedded System (ICICES)*. 1(1).
- Hanafiah, K. A. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Hatmoko, S., Santosa, K., Giarno, Haryanto, D., Juarsa, M., Kusuma, M. H., Antariksawan, R. A. dan Widodo, S. 2018. Karakterisasi Termokopel Tipe K pada Fasilitas Simulasi Sistem Fassisip-02. *Poros*. 16(2): 127-137.
- Hayati, M., Elfiana dan Martina. 2017. Peranan Sektor Pertanian Dalam Pembangunan Wilayah Kabupaten Bireuen Provinsi Aceh. *Jurnal S. Pertanian*. 1(3): 213–222.

- Hidayat, T. 2018. *Rancang Bangun Alat untuk Mengukur Suhu, Kelembaban dan pH Tanah Sawah Berbasis Web*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Husdi. 2018. Monitoring Kelembaban Tanah Pertanian Menggunakan Soil Moisture Sensor Fc-28 dan Arduino Uno. *ILKOM Jurnal Ilmiah*. 10(2): 237–243.
- Jufri, A. 2016. Rancang Bangun dan Implementasi Kunci Pintu Elektronik Menggunakan Arduino dan Android. *Jurnal STT STIKMA Internasional*. 7(1): 40–51.
- Jupri, A., Muid, A. dan Muliadi, M. 2017. Rancang Bangun Alat Ukur Suhu, Kelembaban, dan pH pada Tanah Berbasis Mikrokontroler ATmega328P. *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*. 3(2): 76–81.
- Karamina, H., Fikrinda, W. dan Murti, A. T. 2017. Kompleksitas Pengaruh Temperatur dan Kelembaban Tanah Terhadap Nilai pH Tanah di Perkebunan Jambu Biji Varietas Kristal (*Psidium Guajava L.*) Bumiaji, Kota Batu Influence. *Jurnal Kultivasi*. 16(3): 430–434.
- Karyati, Putri, R. O. dan Syafrudin, M. 2018. Suhu dan Kelembaban Tanah pada Lahan Revegetasi Pasca Tambang di PT Adimitra Baratama Nusantara, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal AGRIFOR*. XVII(1): 103–114.
- Lubis, K. S. 2007. *Aplikasi Potensial Air Tanah*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Lutfiyana, Hudallah, N. dan Suryanto, A. 2017. Rancang Bangun Alat Ukur Suhu Tanah, Kelembaban Tanah dan Resistansi. *Jurnal Teknik Elektro*. 9(2): 80–86.
- Mariani dan Wahditiya, A. A. 2019. Pengaruh Pola Tanam Terhadap Tingkat Kesuburan Tanah dan Produktivitas Tanaman Padi (*Oryza sativa L.*). *Jurnal Agrotan*. 5(2): 77–80.
- Martin, J., Susanto, E. dan Sunarya, U. 2015. Kendali pH dan Kelembaban Tanah Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan Mikrokontroler. *e-Proceeding of Engineering*. 2(2): 2236–2245.
- Mulyana, A. dan Sofyan, S. 2015. Alat Ukur Parameter Tanah dan Lingkungan Berbasis Smartphone Android. *Scientific Journal of Informatic*. 2(2).
- Natsir, M., Rendra, D. B. dan Anggara, A. D. Y. 2019. Implementasi IoT untuk Sistem Kendali AC Otomatis pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya. *Jurnal PROSISKO*. 6(1): 69–72.

- Nugroho, S. A., Suryawan, I. K. D. dan Wardana, I. N. K. 2015. Penerapan Mikrokontroler Sebagai Sistem Kendali Perangkat Listrik Berbasis Android. *Jurnal Eksplora Informatika*. 4(2): 135–144.
- Nurazizah, E., Ramdhani, M. dan Rizal, A. 2017. Rancang Bangun Termometer Digital Berbasis Sensor DS18B20 untuk Penyandang Tunanetra. *e-Proceeding of Engineering*. 4(3): 3294–3301.
- Ogbu, K. N., Ndulue, E. L., Ogwo, V. dan Mbajiorgu, C. C. 2016. Development and Testing of A Capacitive Digital Soil Moisture Metre. *Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH)*. 35(3): 686–693.
- Pangestu, M. A. 2016. *Perancangan dan Pembuatan Robot Ikan Berbasis Mikrokontroler Arduino ProMini*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Placidi, P., Gasperini, L., Grassi, A., Cecconi, M. dan Scorzoni, A. 2020. Characterization of Low-Cost Capacitive Soil Moisture Sensors for IoT Networks. *Sensors*. 20(12): 1–14.
- Prasetyo, B. and Trisyanti, U. (2018) ‘Revolusi Industri 4.0 dan Tantangan Perubahan Sosial’, *IPTEK Journal of Proceeding Series*, 3(5), pp. 22–27.
- Prasetyo, D. B., Ashari, M. I. dan Limpraptono, Y. 2019. Pengembangan Alat Pendeteksi Kandungan Nutrisi Tanah Berbasis Arduino. *Seminar Hasil Elektro SI ITN Malang*.
- Putra, C. A. 2017. *Rancang Bangun Alat Pengukur pH dan Suhu Tanah Berbasis Arduino*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Ramdhan, W. dan Siagian, Y. 2016. Perancangan Alat dalam Menentukan Tingkat Kesuburan Tanah Berbasis Expert System. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*. 3(1): 31–36.
- Sari, D. V. 2015. *Sistem Pengukuran Suhu Tanah Menggunakan DS18B20 dan Perhitungan Resistivitas Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Sarmidi dan Rahmat, S. I. 2019. Sistem Peringatan Dini Banjir Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Manajemen dan Teknik Informatika (JUMANTAKA)*. 3(1): 31–41.
- Schwab, K. 2016. *The Fourth Industrial Revolution*. New York: Crown Business.
- Simbar, R. S. V. dan Syahrin, A. 2017. Prototype Sistem Monitoring Temperatur Menggunakan Arduino UNO R3 dengan Komunikasi Wireless. *Jurnal Teknologi Elektro*. 8(1): 80–86.

- Sokop, S. J., Mamahit, D. J. dan Sompie, S. R. U. A. 2016. Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*. 5(3): 13–23.
- Suryatini, F., Maimunah dan Fauzandi, F. I. 2018. Sistem Akuisisi Data Suhu dan Kelembaban Tanah pada Irigasi Tetes Otomatis Berbasis Internet of Things. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. 1(1): 1–6.
- Sutojo, T., Mulyanto, E. dan Suhartono, V. 2011. *Kecerdasan Buatan Edisi-1*. Yogyakarta: C.V. ANDI OFFSET.
- Syahwil, M. 2013. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktik Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Triharto, S. 2013. *Survei dan Pemetaan Unsur Hara N, P, K dan pH Tanah Pada Lahan Sawah Tadah Hujan di Desa Durian Kecamatan Pantai Labu*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara Medan.
- Tullah, R., Sutarman dan Setyawan, A. H. 2019. Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno pada Toko Tanaman Hias Yopi. *JURNAL SISFOTEK GLOBAL*. 9(1): 100–105.
- Wardah, R. Z., Arinie S., F. dan Waluyo. 2019. Deteksi Kadar Keasaman Media Tanah untuk Penanaman Kembali Secara Telemonitoring. *Jurnal JARTEL*, 9(4): 488–493.
- Weku, H. S., Poekoel, V. C. dan Robot, R. F. 2015. Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan Ikan Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *E-journal Teknik Elektro dan Komputer*. 5(7): 54–64.
- Wicaksono, A. W., Widasari, E. R. dan Utaminingrum, F. 2017. Implementasi Sistem Control dan Monitoring pH pada Tanaman Kentang Aeropik Secara Wireless. *Jurnal pengembangan teknologi informasil dan ilmu komputer*. 1(5).
- Wicaksono, M. F. dan Hidayat. 2017. *Mudah Belajar Mikrokontroler Arduino Disertai 23 Proyek, termasuk Proyek Ethernet dan Wireless Client Server*. Bandung: Informatika Bandung.
- Yahwe, C. P., Isnawaty dan Aksara, L. M. F. 2016. Rancang Bangun Prototype System Monitoring Kelembaban Tanah Melalui SMS Berdasarkan Hasil Penyiraman Tanaman “Studi Kasus Tanaman Cabai dan Tomat”. *semantIK*. 2(1): 97–110.
- Yuantari, M. C., Kurniadi, A. dan Ngatindriatun. 2016. Pemanfaatan Teknologi Informasi untuk Meningkatkan Pemasaran Hasil Pertanian di Desa Curut Kecamatan Penawangan Kabupaten Grobogan Jawa Tengah. *Techno.COM*. 15(1): 43–47.