

Rancang Bangun Alat Ukur Kelembaban, pH, Suhu, dan NPK (Natrium, Phospat, Kalium) Pada Tanah Menggunakan Wireless Sensor Network

^{1st}Muhammad Billy Aditya
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
billymuhaa@student.telkomuniversity.ac.id

^{2nd}IG. Prasetya Dwi Wibawa
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
prasdwibawa@telkomuniversity.ac.id

^{3rd} Achmad Rizal
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
achmadrizal@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu alat yang dapat mengukur kandungan pada tanah seperti kelembaban, suhu, pH, dan NPK (Nitrogen, Fosfor, Kalium). Alat ini dapat membantu para petani dalam memberikan informasi mengenai kondisi tanah dalam pengelolaan lahan pertanian mereka. Perancangan alat ini menggunakan beberapa sensor untuk mengukur kandungan pada tanah yaitu, sensor SEN0193, sensor DS18B20, sensor pH Tanah, dan sensor NPK. sensor tersebut mendeteksi kandungan hara yang ada pada tanah dan menampilkan secara *real time* pada LCD dan akan dikirim ke *cloud* untuk melakukan *monitoring* jarak jauh secara *real time*. Kalibrasi dari tiap sensor pada alat ini dilakukan untuk memastikan tingkat akurasi pengukuran dan menghasilkan nilai R² mendekati 1 yang menandakan bahwa model regresi yang digunakan memiliki efektivitas yang cukup besar. Nilai perhitungan RMSE pada sensor kelembaban SEN0193 menunjukkan nilai sebesar 0.82356. Pada sensor Suhu pada sensor DS18B20 hasil dari perhitungan RMSE bernilai 2.1. Selanjutnya pada sensor pH Tanah hasil yang didapatkan dalam perhitungan RMSE sebesar 0.2. Pembacaan kadar nitrogen pada sensor NPK memiliki nilai R² sebesar 0.9988 sedangkan dalam pembacaan kadar fosfor nilai yang didapatkan dalam perhitungan RMSE sebesar 0.9997. Lalu pada pembacaan kadar kalium memiliki R² sebesar 0.9985. Proses pengujian pada alat ini menunjukkan bahwa sensor responsif dalam pembacaan saat melakukan pengukuran kandungan pada tanah. Informasi yang didapat dari alat diharapkan dapat membantu para petani maupun masyarakat dalam pengambilan keputusan yang bijak dalam pengelolaan lahan pertanian.

Kata kunci— Kualitas Tanah, Root Mean Square Error, Sensor NPK, Sensor SEN0193, Sensor DS18B20

I. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara agraris karena salah satu alasannya adalah Indonesia memiliki iklim tropis yang mendapatkan pancaran sinar matahari yang cukup. Dengan iklim yang seperti itu tanah yang berada di Indonesia menjadi sangat subur. Tanah yang subur dapat dijadikan sebagai lahan

pertanian seperti padi, buah-buahan, sayur-sayuran, dan lainnya. Kondisi seperti itu menjadi alasan sebagian besar penduduk Indonesia bekerja menjadi petani. Sebagai seorang petani tentu harus mengetahui pengetahuan dalam mengolah lahan pertanian seperti salah satunya adalah kualitas tanah. Kualitas tanah merupakan faktor penting dalam mengolah lahan pertanian. Salah satu sektor yang tidak dapat dipisahkan oleh kehidupan manusia adalah sektor pertanian. Sebab dari sektor pertanian menghasilkan kebutuhan pokok yang dimana manusia bergantung untuk mendapatkan ketersediaan makanan yang dihasilkan dari pertanian. Hasil produksi dari pertanian masih bergantung pada ketersediaan lahan yang digunakan sebagai media tanam. Setiap jenis tanah memiliki tingkat kesuburan yang berbeda, yang dapat diketahui dari sifat-sifat yang dimiliki tanah dari segi kimia, fisik, maupun biologi [1]. Kemampuan suatu tanah dalam menyediakan kandungan unsur hara dalam jumlah yang cukup untuk kebutuhan tanaman dalam bentuk senyawa yang akan diolah bagi tanaman tersebut dapat disebut dengan kesuburan tanah. Kesuburan pada tanah menjadi salah satu faktor dalam membantu tanah menjadi produktif atau dalam produktivitas tanah. Produktivitas tanah dapat dilihat dari kemampuan tanah dalam menghasilkan produk dari pengelolaan pada tanah yang telah dilakukan [2].

Tanaman membutuhkan media dalam melakukan pertumbuhan yaitu tanah. Kandungan yang terdapat dalam tanah akan diserap oleh tanaman dan dijadikan sebuah makanan untuk pertumbuhannya. Kesuburan suatu tanah diartikan sebagai kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara untuk tanaman dalam jumlah yang cukup danimbang dalam pertumbuhan. Produktivitas tanah tidak sama dengan kesuburan tanah. Produktivitas tanah akan bergantung pada kesuburan suatu tanah. Tanah yang memiliki tingkat kesuburan tinggi memiliki indikator produktivitas tanah yang baik. Oleh karena itu, produktivitas tanah dapat ditingkatkan dengan mengolah suatu lahan untuk meningkatkan kesuburan tanahnya, seperti penambahan pupuk pada tanah merupakan tindakan untuk membantu menaikkan produktivitas tanah. Dengan memanfaatkan pupuk organik dalam pengelolaan tanaman dapat membantu meningkatkan bahan organik pada tanah seperti kandungan unsur hara nitrogen, fosfor, dan kalium serta unsur hara yang lain [3]. Kesuburan dari sebuah tanah dapat ditentukan oleh

berbagai faktor dan juga beberapa indikator. Beberapa contohnya seperti kandungan liat, kapasitas absorpsi, kandungan bahan organik, dan kejenuhan basa.

Kualitas pada tanah untuk mengolah suatu pertanian memiliki peran penting supaya tanaman tersebut dapat tumbuh dengan baik. Oleh karena itu para petani yang akan melakukan penanaman perlu mengetahui kualitas tanah yang sesuai untuk penanaman tanaman tersebut [4]. Terdapat sifat-sifat yang dapat menentukan kualitas pada tanah dalam pengolahan suatu pertanian yaitu sifat kimia tanah yang meliputi suhu, pH tanah, kelembaban, dan NPK (Nitrogen, Fosfor, dan Kalium). Melakukan pendeteksian untuk mengetahui kadar unsur hara penting untuk dilakukan dalam mengolah lahan untuk pertanian. Menggunakan penerapan melalui teknologi yang untuk mengukur parameter yang lebih banyak atau komprehensif dalam pemantauan kondisi kandungan pada tanah menjadi salah satu cara untuk mendapatkan hasil produktivitas yang tinggi dalam sektor pertanian.

II. KAJIAN TEORI

a. Desain Konsep Solusi

Pada tugas akhir ini penulis merancang sistem yang dapat mengukur kandungan yang terdapat pada tanah dalam kegiatan pertanian yang diharapkan dapat membantu petani dalam memantau kondisi tanah secara efektif. Perancangan sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 yang dijadikan sebagai otak dalam sistem untuk mengolah data dari sensor yang digunakan. Sistem ini menggunakan beberapa sensor yang dapat mengukur kandungan seperti kelembaban, pH tanah, suhu tanah, dan NPK yang ada di dalam tanah. Masing-masing sensor akan menampilkan data yang berupa nilai kandungan pada tanah dengan cara langsung ditanam ke dalam tanah. Pada sistem ini juga terdapat LCD yang akan menampilkan data yang terukur oleh sensor secara real time untuk memudahkan para petani maupun masyarakat mendapatkan informasi pada lahan pertanian mereka. Modul I2C pada sistem ini digunakan untuk memudahkan komunikasi antara Mikrokontroler dengan LCD. Terdapat komponen lain yang digunakan pada sistem ini yang digunakan untuk komunikasi data antara mikrokontroler dengan sensor NPK yaitu RS-485. Arduino Uno akan memproses data yang sudah terukur dan akan mengirim data ke cloud menggunakan modul ESP32 untuk pemantauan jarak jauh.

b. Tanah

Tanah merupakan hasil pelapukan kimiawi maupun fisis dari batu-batuan yang kemudian butiran mineral membentuk suatu bagian yang padat dari tanah. Kandungan unsur yang terdapat pada tanah bisa bermacam-macam seperti partikel buatan atau mineral, bahan organik, cairan maupun udara. Tanah yang memiliki struktur gembur cocok dan biasa digunakan untuk mengelola pertanian. Jenis tanah yang gembur memiliki struktur yang longgar dan juga berpori yang dapat membantu pergerakan akar, udara, serta air menjadi mudah. Drainase yang terdapat pada jenis tanah ini dapat menyerap air dengan baik sehingga tidak menyebabkan air pada tanah mudah tergenang yang dapat mencegah akar tanaman mengalami pembusukan. Kandungan-

kandungan organik dan hara pada tanah gembur yang baik dapat menjaga kelembaban pada tanah sehingga kesuburan pada tanah semakin bagus [5].

c. Root Mean Square Error

Root Mean Square Error merupakan metode pengukuran dengan cara mengukur perbedaan nilai dari prediksi sebuah model sebagai estimasi atas nilai yang diobservasi. Dengan kata lain RMSE dapat dikatakan sebagai suatu cara untuk mengevaluasi model regresi linear dengan mengukur tingkat akurasi hasil perkiraan dari suatu model. Untuk menghitung RMSE dapat dilakukan dengan cara mengurangi nilai aktual dengan nilai peramalan kemudian dikuadratkan dan dijumlahkan keseluruhan hasilnya yang kemudian dibagi dengan banyaknya data. Nilai perhitungan yang dihasilkan tersebut lalu dihitung kembali untuk mencari nilai dari akar kuadrat seperti yang dapat dilihat pada rumus (2.1). Dengan RMSE rata-rata kesalahan kuadrat dari prediksi model dapat diketahui dan memberikan gambaran mengenai akurasi model sehingga dapat melakukan evaluasi dari kinerja model yang prediktif serta dapat mengambil sebuah keputusan yang lebih efektif dalam *data analyst*. Rumus dari RMSE adalah sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}}$$

Keterangan:

A_t: Nilai data aktual

F_t: Nilai Prediksi

n: Banyaknya data

∑: Jumlah Keseluruhan nilai

d. Database

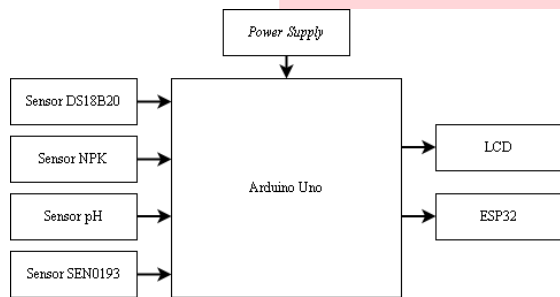
Database merupakan kumpulan sebuah data yang saling berhubungan atau terstruktur untuk memudahkan dalam melakukan pengorganisasian data sesuai tujuan. Penggunaan database dalam penelitian biasanya digunakan untuk menyimpan maupun mengelola data selama proses penelitian. Dan dalam penelitian yang sedang dirancang, *database* digunakan untuk menyimpan data yang kemudian akan dilakukan analisis lebih lanjut. Terdapat berbagai jenis dari database yang umum digunakan seperti database relasional yang dimana akan menyimpan data dalam tabel untuk menyimpan data yang saling terkait seperti *MySQL* dan *PostgreSQL*. Terdapat jenis lain dari database yaitu database *NoSQL* yang lebih fleksibel untuk melakukan penyimpanan data semi terstruktur maupun tidak terstruktur. Selain itu, *data warehouse* umum digunakan untuk mengintegrasikan data dalam skala besar [9].

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Desain Sistem

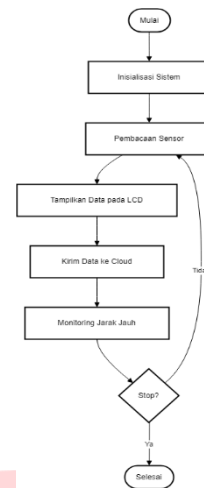
Perancangan sistem ini diharapkan untuk memudahkan para petani maupun masyarakat yang memiliki mata pencaharian pada pertanian dalam memantau kondisi tanah pada lahan mereka secara real time. Pada sistem ini terdapat komponen mikrokontroler Arduino Uno R3 yang digunakan sebagai pusat pengendali yang terintegrasi dengan sensor dan komponen utama lainnya. Arduino uno akan menerima data dari setiap sensor yang terhubung dan akan menampilkan data yang terukur. Sensor SEN0193 merupakan sensor yang

bersifat kapasitif, sensor ini akan ditanam dalam tanah untuk mengukur kadar kelembaban. Selain itu terdapat sensor suhu DS18B20 yang akan mengukur suhu tanah yang bekerja melalui komunikasi *one wire*. Sensor lainnya yang digunakan pada sistem ini yaitu sensor pH tanah yang dilengkapi dengan elektroda untuk mengukur tingkat keasaman dan kebasahan pada tanah. Serta sensor NPK yang digunakan untuk mengukur kandungan unsur hara nitrogen, Fosfor, dan kalium pada tanah dengan memanfaatkan protokol komunikasi RS-485. Data yang terukur dari setiap sensor akan ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*) secara real time. Untuk memudahkan koneksi antara mikrokontroler dengan LCD, sistem ini menggunakan modul I2C. Modul ESP32 pada sistem ini digunakan untuk komunikasi data yang akan mengirimkan data yang terukur dari tiap sensor menuju cloud supaya dapat memungkinkan untuk pemantauan jarak jauh. Sistem yang dirancang dan terlihat pada Gambar 3.1 memanfaatkan sumber daya dari accu supaya bisa bekerja sehingga dapat beroperasi dalam luar ruangan dan tidak bergantung pada aliran listrik.



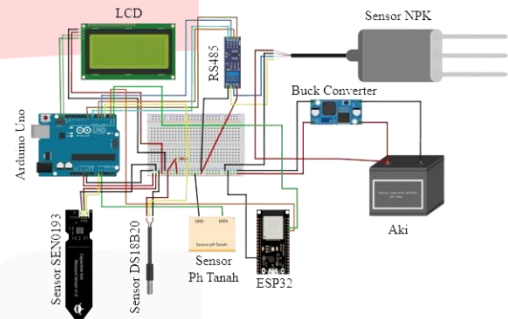
Gambar 3.1 Desain Sistem

Diagram alur pada Gambar 3.2 menggambarkan proses atau cara kerja dari sistem yang dirancang. Diawali dengan inialisasi sistem yang mempersiapkan setiap sensor yang digunakan untuk mengatur parameter dan memastikannya siap digunakan. Selanjutnya jika sudah terinisialisasi dilanjutkan dengan pembacaan data oleh tiap sensor yang akan membaca parameter sesuai kegunaannya. Data atau nilai yang terbaca oleh sensor akan ditampilkan pada layar LCD yang membuat pengguna dapat mengetahui kandungan hara yang ada pada tanah. Selain data yang terbaca akan ditampilkan pada LCD, sistem akan mengirim data tersebut ke *cloud* dan dalam penelitian ini *database* yang digunakan adalah *firebase*. Dari setiap data kandungan hara yang dikirim ke *firebase* akan memprediksi jenis tanah tersebut menggunakan metode *Gate Recurrent Unit*. Pengiriman data ditujukan supaya dapat melakukan pemantauan jarak jauh sehingga bisa melihat dimana saja. Karena sistem ini dirancang untuk mengetahui kadar tanah secara *real time*, sistem akan terus berjalan dalam pembacaan sensor dan pengiriman ke *database* secara terus menerus selama sistem tidak diperintahkan untuk berhenti seperti power dimatikan.



Gambar 3.2 Diagram Alur Sistem

B. Desain Perangkat Keras



Gambar 3.3 Desain Perangkat Keras

Pada Tugas Akhir ini akan merancang sebuah sistem yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler arduino uni R3. Desain perangkat keras dari alat ukur kelembaban, pH, suhu, dan NPK dapat dilihat dari Gambar 3.3. Arduino digunakan untuk mengendalikan komponen maupun sensor yang terhubung untuk membaca nilai di setiap sensor. Dan untuk perancangan dalam bentuk *hardware* dapat dilihat pada Gambar 3.4. Pada alat yang dirancang ini menggunakan 4 sensor untuk mengetahui kandungan tanah. Sensor SEN0193 digunakan untuk mengetahui kadar kelembaban yang ada dalam tanah. Sensor lainnya yang digunakan yaitu sensor pH tanah yang sesuai nama dari sensor tersebut digunakan untuk mengetahui nilai keasaman maupun kebasahan pada tanah. Lalu terdapat sensor DS18B20 yang digunakan untuk mengetahui suhu yang terdapat dalam tanah. Sensor terakhir yang digunakan yaitu sensor NPK yang dapat mengukur kandungan unsur hara tanah seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Untuk memberi perintah komunikasi pada sensor NPK memerlukan komponen tambahan lain yaitu RS485 yang digunakan untuk komunikasi data dengan arduino uno. Semua sensor yang digunakan akan ditanam dalam tanah supaya dapat membaca nilai kandungan yang ada di dalamnya. Alat ini menggunakan accu sebagai *power supply* karena dipergunakan di luar ruangan yang jarang terdapat aliran listrik langsung.



Gambar 3.4 Perancangan Hardware

C. Sensor SEN0193

Tidak semua jenis tanaman dapat tumbuh dengan kelembaban tanah terlalu tinggi. Sehingga sensor ini digunakan supaya mengetahui kadar air pada tanah. Capacitive soil moisture sensor adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur kelembaban atau kadar air pada tanah. Sensor SEN0193 menggunakan prinsip penginderaan kapasitif untuk mendeteksi kelembaban tanah. Sensor yang terlihat pada Gambar 3.5 berbeda dari sensor yang biasa di pasaran yang bersifat resistif dan juga terbuat dari bahan yang tahan terhadap korosi. Kapasitansi yang terdapat di dalam tanah memiliki variasi berbeda berdasarkan kandungan air yang ada. Semakin besar kandungan air yang terdeteksi oleh sensor menunjukkan bahwa kapasitansi yang ada dalam tanah semakin membesar yang menunjukkan tegangan akan semakin menurun.



Gambar 3.5 Sensor SEN0193

D. Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 adalah sensor suhu digital one wire atau hanya membutuhkan satu pin jalur komunikasi. Sensor ini merupakan seri terbaru dari Maxim IC. Sensor DS18B20 mampu membaca suhu pada nilai rentang -55-125°C dengan nilai ketelitian 9 sampai 12-bit. Setiap sensor mempunyai nomor seri 64-bit pada masing-masing chip, yang dimana dapat memungkinkan dalam penggunaan sensor dalam jumlah yang besar cukup dengan satu kabel saja (single wire data bus). Proses metabolisme seperti respirasi mikroorganisme dan akar, penyerapan air dan unsur hara oleh tanaman serta mineralisasi yang terjadi dalam tanah dapat dipengaruhi oleh suhu tanah. Untuk mengukur suhu dalam tanah pada penelitian ini menggunakan sensor suhu DS18B20 yang dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Sensor DS18B20

E. Sensor NPK



Gambar 3.7 Sensor NPK

Sensor NPK digunakan untuk mendeteksi kandungan unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium pada tanah. Penggunaan NPK dapat membantu untuk menentukan kesuburan pada suatu lahan pertanian. Sensor ini menggunakan sebuah protokol komunikasi serial menggunakan RS-485 supaya dapat terintegrasi dengan arduino uno. Sensor yang digunakan dalam pengukuran pada penelitian ini yaitu RS-NPK-N01-TR dapat dilihat pada Gambar 3.7. Prinsip kerja sensor NPK akan mengukur elektrokonduktivitas tanah terlebih dahulu yang kemudian akan di estimasikan menjadi kadar NPK. Parameter ini dapat menentukan cara data dikirim dan diterima oleh perangkat yang terintegrasi. Pada Tabel 3.1 berisi penjelasan setiap parameter komunikasi dasar.

Tabel 3.1 Parameter Komunikasi Dasar Sensor NPK

Code	8-bit binary
Data Bit	8-bit
Parity Bit	NO
Stop Bit	1-bit
Error Checking	CRC (Redundant Cyclic Code)
Baud Rate	4800bit/s

address code	function code	Register start address	Register length	Checksum low byte	Checksum high byte
1byte	1byte	2byte	2byte	1byte	1byte

Gambar 3.8 Struktur Permintaan Frame Dari Master Pada Sensor NPK

Mengacu pada Gambar 3.8 jika default alamat slave yang dituju pada sensor NPK adalah 0x01. Lalu untuk membaca data dari register kode fungsi yang dapat digunakan adalah 0x03. Untuk contoh alamat register awal yang akan dibaca adalah nitrogen yaitu 0x001E. Karena pembacaan hanya membutuhkan membaca 1 register saja, nilai yang digunakan adalah 0x0001. Dan untuk memverifikasi integritas dari frame dapat melakukan perhitungan seluruh frame data. Setelah menerima permintaan dari master sensor akan memberi respon dengan struktur frame seperti di bawah ini.

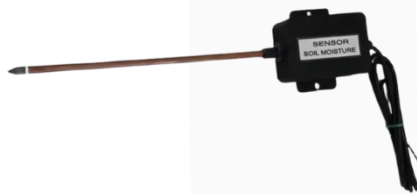
address code	function code	Number of valid bytes	Data area	Data area 2	Data N area	Checksum low byte	Checksum high byte
1byte	1byte	1byte	2byte	2byte	2byte	1byte	1byte

Gambar 3.9 Struktur Respon *Frame* Dari *Slave* Pada Sensor NPK

Pada Gambar 3.9 terlihat respon dari sensor setelah menerima permintaan data. Alamat *slave* yang memberi respon memiliki kode alamat yang sama dengan saat permintaan dari master. Kode fungsi yang diperoleh saat mendapatkan respon juga sama dengan permintaan master. Karena jumlah *byte* data yang dikirim membaca 1 register sehingga nilainya 0x02. Pada data area menunjukkan 2 *byte* yang merupakan nilai yang dibaca pada saat register, seperti contoh jika nilai nitrogen yang terbaca 32 mg/kg maka nilai heksadesimalnya adalah 0x0020. Pemahaman mengenai struktur *frame* data dapat membantu dalam melakukan implementasi *Modbus-RTU* pada sensor NPK dengan arduino.

F. Sensor Ph Tanah

Tanah memiliki kandungan unsur hara yang berbeda-beda. Indikator tingkat kesuburan pada tanah dapat dilihat dari kandungan unsur hara yang ada pada tanah. Tingkat keasaman dan kebasaan pada tanah merupakan faktor yang cukup penting dalam proses penyerapan unsur hara oleh akar tanaman. Sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat pH dalam penelitian ini menggunakan sensor pH Tanah. Sensor pH tanah mampu mendeteksi keasaman (*acid*) dan kebasaan (*alkali*) pada tanah. Jika melihat Gambar 3.11 sensor ini memiliki *probe* sepanjang 16 cm yang digunakan dengan cara dijadikan media tanam. Pada *probe* tersebut terdapat elektroda yang akan mendeteksi kadar pH tanah ketika dimasukkan ke dalam tanah.



Gambar 3.10 Sensor pH Tanah

G. Buck Converter

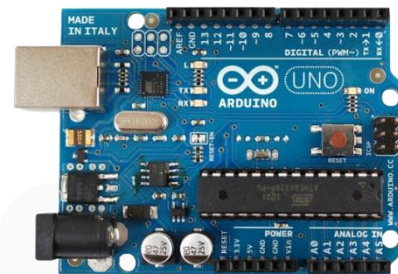
Buck Converter adalah suatu rangkaian elektronika yang dapat menurunkan tegangan dengan input DC menjadi tegangan keluaran DC yang lebih rendah menggunakan metode *switching*. Terdapat komponen-komponen yang ada di dalam *buck converter* seperti yang terlihat pada Gambar 3.14 yaitu *switching*, *diode*, kapasitor, dan induktor. Komponen tersebut lah yang berperan dalam proses penurunan tegangan. DC-DC *converter* memiliki 2 kondisi saat bekerja yaitu kondisi *ON* ketika sumber terhubung dengan beban dan kondisi *OFF* sumber tegangan tidak terhubung dengan beban.



Gambar 3.11 Buck Converter

H. Arduino Uno R3

Arduino adalah sebuah rangkaian elektronik yang bersifat *open source*, yang di dalamnya terdapat peranti keras dan lunak yang mudah digunakan. Arduino Uno adalah sebuah *board minimum system* yang di dalamnya terdapat mikrokontroller AVR seri ATmega328. Mikrokontroller merupakan *chip* atau IC (*Intregated Circuit*) yang berfungsi untuk memprogram sebuah sistem rangkaian elektronik menggunakan komputer. Tujuan dilakukannya pemrograman pada mikrokontroller supaya rangkaian elektronik dapat membaca *input* lalu memprosesnya dan menghasilkan *output* sesuai yang diinginkan. Atau dengan kata lain mikrokontroller merupakan 'otak' dari sebuah rangkaian elektronik. Pada Gambar 3.15 memperlihatkan arduino memiliki beberapa pin yang memiliki fungsi dari setiap pin tersebut. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk memprogram sebuah arduino bukan termasuk yang sulit yaitu bahasa C. Arduino perlu menggunakan sumber daya supaya dapat bekerja melalui kabel USB yang terhubung ke komputer atau melalui daya eksternal dengan adaptor AC-DC atau baterai.



Gambar 3.12 Arduino Uno R3

I. ESP 32

ESP32 merupakan modul *WiFi* yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* yang memiliki fitur lengkap. Kinerja pada ESP32 juga dikatakan sangat baik. Modul ESP32 yang ditunjukkan pada Gambar 3.16 merupakan penerus atau komponen yang dikembangkan dari modul sebelumnya yaitu ESP8266. Pada modul ini didukung dengan penggunaan berbagai protokol komunikasi yang memungkinkan dapat terkoneksi dengan berbagai macam sensor dan perangkat lainnya. Dengan memiliki jumlah pin yang lebih banyak dibandingkan modul ESP8266, dalam penggunaannya modul ini lebih fleksibel untuk mengembangkan atau merancang suatu sistem. Terdapat dua prosesor pada modul ini, satu prosesor digunakan untuk pengelolaan jaringan *WiFi* dan *bluetooth*. ESP32 mampu menyambungkan perangkat terhubung ke sebuah jaringan internet oleh karena itu cocok digunakan untuk keperluan proyek yang menggunakan *Internet of Things* (IoT) seperti aplikasi untuk *monitoring*, kontrol sistem, dan lainnya.



Gambar 3.13 ESP 32

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian dan Pembahasan Alat



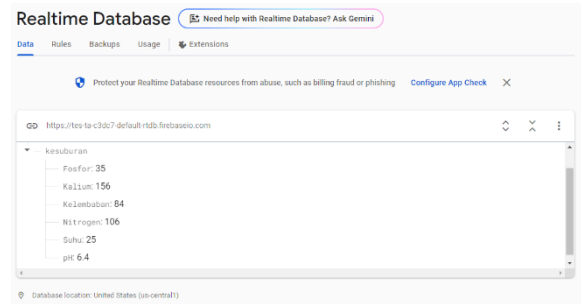
Gambar 4.1 Pengujian Alat

Pengujian alat ini memiliki tujuan untuk mengetahui kinerja seluruh sensor pada sistem yang dirancang dengan melihat tingkat akurasi data yang diukur oleh tiap sensor dalam suatu kondisi yang sama. Sensor SEN0193 atau sensor kelembaban tanah akan memberi informasi mengenai kadar air yang terdapat dalam tanah. Lalu sensor suhu DS18B20 melakukan pengukuran mengenai fluktuasi suhu pada tanah yang dapat mempengaruhi mikroorganisme beraktivitas di dalam tanah. Sensor pH tanah membantu dalam mengukur tingkat keasaman dan kebasaan pada tanah yang bisa mempengaruhi ketersediaan nutrisi. Serta sensor NPK (Nitrogen, Fosfor, Kalium) akan mengidentifikasi kadar unsur hara dalam proses kesuburan tanah. Pengujian dilakukan secara keseluruhan dari tiap sensor seperti Gambar 4.1 supaya dapat memahami dalam interaksi dari tiap parameter yang diukur dan mengetahui sekaligus menganalisa dampak terhadap kualitas tanah.

Tabel 4.1 Kondisi Awal Pengujian Alat

Pengujian	Kelembaban (%)	Suhu (°C)	pH	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
1	84	25	6.4	106	35	156
2	84	25	6.4	106	35	155
3	84	25	6.4	105	35	155
4	84	25	6.4	106	35	155
5	84	25	6.4	105	34	155
6	84	25	6.4	105	34	156

7	84	25	6.4	106	35	155
8	84	25	6.4	106	34	156
9	84	25	6.4	105	34	155
10	84	25	6.4	106	34	156

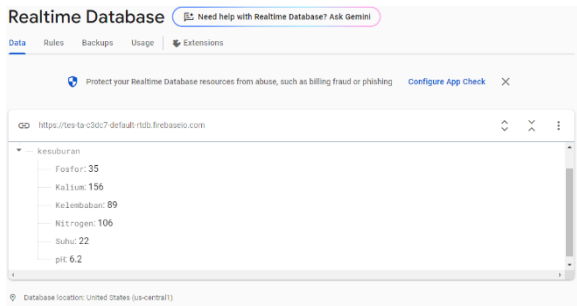


Gambar 4.2 Database Kondisi Awal Pengujian

Pengujian akan dilakukan pada media tanah dan kondisi yang sama untuk mengidentifikasi pengukuran dari setiap sensor. Dengan melakukan pengujian secara terintegrasi menunjukkan supaya dapat memahami setiap parameter yang diukur. Setiap sensor akan ditanam pada tanah yang memiliki kondisi awal tidak diberi apapun yang selanjutnya akan mengukur nilai parameter dari setiap sensor. Pengukuran dalam kondisi awal dilakukan dalam rentang waktu 1 jam. Sistem yang sedang dirancang juga akan mengirimkan data dari tiap sensor ke sebuah database yaitu *firebase* untuk melakukan analisis lebih lanjut. Pada Gambar 4.2 menunjukkan data dari tiap sensor yang masuk pada *realtime database* dengan parameter yang sama ditampilkan pada LCD. Hasil dari pengukuran pada Tabel 4.18 mendapatkan hasil yang cukup relevan atau sesuai dengan nilai kandungan yang ada pada tanah untuk melakukan penanaman tanaman terong. Setelah pengukuran dilakukan dalam kurun waktu yang sudah disebutkan dan mendapatkan nilai dari setiap parameter seperti tabel diatas, selanjutnya tanah akan diberi kondisi penambahan air sebanyak 1 liter. Pengukuran dalam kondisi tanah yang ditambahkan air akan dilakukan dalam kurun waktu satu jam.

Tabel 4.2 Pengujian Alat Dengan Pemberian Air

Pengujian	Kelembaban (%)	Suhu (°C)	pH	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
1	87	23	6.2	105	35	156
2	89	22	6.2	105	34	156
3	89	22	6.2	105	34	155
4	89	22	6.2	106	35	156
5	89	22	6.2	106	35	155
6	89	22	6.2	106	34	156
7	89	22	6.2	106	35	156
8	89	22	6.2	105	34	156
9	89	21	6.2	106	35	155
10	89	21	6.2	106	35	155

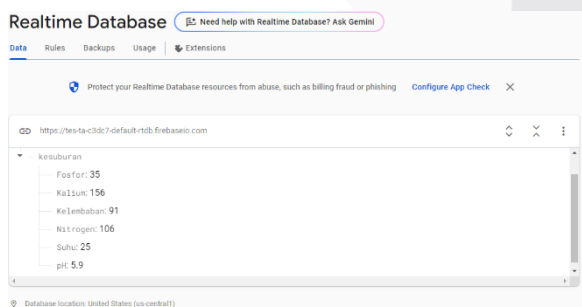


Gambar 4.3 Database Pengujian Dengan Pemberian Air

Pada Tabel 4.19 menunjukkan kadar kelembaban pada tanah yang telah diberi air mengalami peningkatan, hal tersebut dapat diketahui dari nilai yang terbaca oleh alat. Peningkatan kadar kelembaban menunjukkan jika tanah diberi sesuatu yang bersifat cairan mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap kelembaban pada tanah. Dapat dilihat juga suhu pada tanah mengalami penurunan setelah tanah ditambahkan air. Hal tersebut dapat terjadi karena efek pendinginan dari cairan yang masuk ke dalam tanah. Parameter-parameter yang terbaca oleh sensor akan langsung dikirimkan ke dalam database setiap melakukan pengukuran yang dapat dilihat pada Gambar 4.3. Pengujian selanjutnya tanah akan diberi penambahan larutan asam sebanyak 100 ml pada area sensor dan pengukuran dilakukan dalam rentang waktu satu jam.

Tabel 4.3 Pengujian Alat Dengan Larutan Asam

Pengujian	Kelembaban (%)	Suhu (°C)	pH	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
1	91	25	6	106	35	156
2	91	25	6	106	35	155
3	91	25	5.9	107	35	156
4	91	25	5.9	107	34	156
5	91	25	5.9	106	35	155
6	91	25	5.9	105	34	156
7	91	25	5.9	106	35	156
8	91	25	5.9	106	34	155
9	91	25	5.9	106	34	156
10	91	25	5.9	105	35	156



Gambar 4.4 Database Pengujian Dengan Pemberian Larutan Asam

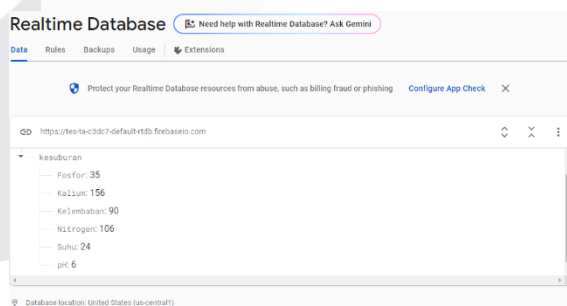
Nilai yang terbaca dari tiap parameter yang ditunjukkan pada Tabel 4.20 mengalami perubahan setelah pemberian larutan asam. Tingkat kelembaban pada tanah akan bereaksi jika diberi sesuatu yang bersifat cairan. Tanah akan semakin

lembab jika terdapat cairan yang diserap dan dapat dilihat pada tabel jika tingkat kelembaban mengalami kenaikan dari sebelumnya yang sekarang tercatat 91%. Dengan mempunyai kadar air yang cukup dapat membantu untuk menyediakan nutrisi pada tanaman karena meningkatkan aktivitas mikroba dalam tanah. Mikroba ataupun suatu mikroorganisme memerlukan air yang cukup untuk melakukan metabolisme. Suhu pada tanah mengalami kenaikan yang disebabkan oleh reaksi kimia yang terjadi ketika penambahan larutan asam. Suhu yang memiliki nilai lebih tinggi akan menyebabkan peningkatan energi kinetik molekul yang membuat laju reaksi menjadi lebih cepat.

Kadar NPK pada tanah tidak dapat berubah secara signifikan dalam waktu yang pendek dan menunjukkan nilai yang masih relatif stabil. Namun jika tanah memiliki tingkat keasaman terlalu rendah akan mengurangi ketersediaan nutrisi fosfor yang dapat membentuk suatu senyawa yang tidak larut [23]. Perubahan nilai kandungan tanah setiap melakukan pengukuran akan langsung masuk ke database seperti yang terlihat pada Gambar 4.4 supaya dapat melakukan pemantauan. Setelah memiliki data dengan pengukuran pada kondisi yang sudah dilakukan akan dilanjutkan dengan memberi pupuk organik pada tanah.

Tabel 4.4 Pengujian Alat Dengan Pemberian Pupuk

Pengujian	Kelembaban (%)	Suhu (°C)	pH	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
1	90	24	6	106	35	155
2	90	24	6	105	35	156
3	90	24	6	106	34	156
4	90	24	6	105	35	155
5	90	24	6	106	35	156
6	90	24	6	105	35	155
7	90	24	6	105	35	156
8	90	24	6	106	34	156
9	90	24	6	105	35	155
10	90	24	6	106	35	156



Gambar 4.5 Database Pengujian Dengan Pemberian Pupuk

Media tanah yang dijadikan media pengukuran akan didiamkan selama 6 jam setelah pemberian pupuk. Pemberian pupuk organik memperlihatkan dapat menjaga kadar air atau tingkat kelembaban yang ada pada tanah. Meskipun tidak berbentuk cairan, penggunaan pupuk tetap memberikan dan menjaga tanah kadar air yang cukup untuk proses pertumbuhan pada akar. Dapat dilihat pada Tabel 4.21 bahwa setelah 6 jam pemberian pupuk lalu melakukan pengukuran selama 1 jam tanah memiliki kadar kelembaban sebesar 90%. Pembacaan parameter dari tiap sensor dalam

melakukan pengukuran yang masuk ke database seperti pada Gambar 4.5 ditujukan untuk memudahkan dalam melakukan pemantauan kondisi kandungan dalam tanah secara terus-menerus dan *real time*.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Penelitian yang memiliki tujuan untuk merancang alat ukur yang dapat melakukan pengukuran kelembaban, suhu, pH, dan NPK (Nitrogen, Fosfor, Kalium) pada tanah. Sistem dirancang untuk membantu kebutuhan dan meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengelolaan tanah dalam lahan pertanian. Sistem ini dapat dijadikan alat untuk membantu para petani dalam pengelolaan lahan pertanian mereka terutama dalam melihat informasi kondisi pada tanah. Nilai pengukuran yang terbaca oleh setiap sensor akan ditampilkan pada LCD dan akan dikirim juga ke *cloud*. Pengiriman ke *cloud* memiliki tujuan supaya dapat melakukan pemantauan jarak jauh dalam mengetahui kondisi tanah pada lahan pertanian.

Perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) dilakukan untuk membantu dalam mengukur efektivitas dan keakuratan alat pada perancangan sistem. Hasil yang didapatkan pada perhitungan RMSE mengindikasikan alat ukur memiliki tingkat *error* atau kesalahan yang relatif rendah. Hasil dari perhitungan *Root Mean Square Error* pada sensor SEN0193 mendapatkan nilai sebesar 0.82356 yang menunjukkan model saat melakukan pengujian cukup baik dalam memprediksi nilai kelembaban pada tanah. Sedangkan nilai yang didapat dari perhitungan RMSE pada sensor DS18B20 sebesar 2.1 yang dimana nilai tersebut masih dalam batas toleransi untuk melakukan pengukuran suhu pada tanah. Hasil perhitungan pada sensor lainnya yaitu sensor pH tanah mendapatkan nilai RMSE sebesar 0.2 yang menunjukkan perubahan kadar keasaman pada pengukuran memiliki rata-rata kesalahan yang rendah. Selain itu perhitungan RMSE pada sensor NPK juga mendapatkan nilai yang rendah yang menunjukkan bahwa alat yang dirancang dapat melakukan pengukuran secara konsisten dan akurat. Alat yang dirancang memiliki tujuan untuk membantu para petani maupun masyarakat yang bekerja di lahan pertanian mendapatkan informasi mengenai kondisi tanah sehingga memudahkan dalam pengelolaan lahan pertanian mereka. Dengan mendapatkan informasi data mengenai kondisi tanah petani dapat melakukan perlakuan terhadap lahan pertanian sehingga dapat menghasilkan produk pertanian yang bagus dan peningkatan hasil produktivitas.

B. Saran

Berdasarkan perancangan sistem yang dilakukan, terdapat beberapa masukan yang dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi untuk mengembangkan sistem ke depannya supaya memiliki efisiensi yang lebih tinggi dan lebih baik. Untuk mengantisipasi cuaca yang ekstrim maka perlu menggunakan sensor ataupun komponen yang memiliki daya tahan tinggi untuk dapat bertahan saat melakukan pengukuran dalam kondisi yang ekstrim saat penggunaannya. Selain itu pemanfaatan dari sumber energi terbarukan seperti panel surya dapat dijadikan sebuah pengembangan di masa mendatang untuk menjalankan alat supaya lebih hemat energi. Dengan memperhatikan hal-hal yang sudah dijelaskan, diharapkan sistem atau alat ukur yang dirancang

dapat semakin efisien dalam penggunaannya dan bermanfaat bagi para petani dalam mengelola lahan pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Widiatmaka, A. Mediranto, and H. Widjaja, "Klasifikasi Tanah, dan Pertumbuhan Tanaman Jati JATI (*Tectona grandis* Linn f.) Var. Unggulan Nusantara di Ciampea, Kabupaten Bogor," 2015.
- [2] S. Winarso, *Kesuburan Tanah Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Yogyakarta: Gava Media, 2005.
- [3] I. A. Mahbub, G. Tampubolon, M. Mukhsin, and Y. Farni, "Peningkatan Kesuburan Tanah dan Hasil Padi Sawah Melalui Aplikasi Pupuk Organik," *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, vol. 10, no. 2, pp. 335–340, 2023. doi: 10.21776/ub.jtsl.2023.010.2.17.
- [4] I. Abdillah, "Rancang Bangun Alat Purwarupa Rekomendasi Tanaman Sayuran Berdasarkan pH dan Jenis Tanah Berbasis IoT," M.S. thesis, Universitas Komputer Indonesia, 2019.
- [5] "Ciri-Ciri Tanah Subur yang Ideal bagi Pertumbuhan Tanaman," *Kumparan*, 2023. [Online]. Available: <https://kumparan.com/seputar-hobi/ciri-ciri-tanah-subur-yang-ideal-bagi-pertumbuhan-tanaman-23tJl3u1UxZ/4>.
- [6] PT KTG Marcomm, "Tanah Humus: Pengertian, Peran, dan Keuntungannya dalam Kesuburan Tanah," *KTG Indonesia*, Jun. 5, 2023. [Online]. Tersedia: <https://ktgindonesia.com/tanah-humus-pengertian-peran-dan-keuntungannya-dalam-kesuburan-tanah/>.
- [7] K. A. Hanafiah, *Dasar Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2010.
- [8] M. Awanis, Q. Retna, L. Susi, and Y. Muhammad, *Teknologi Budidaya Tanaman Terong (*Solanum melongena* L.)*. Banjarbaru: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Selatan, 2022.
- [9] *Seputar Ilmu*, "Pengertian Database: Fungsi, Jenis, dan Manfaatnya," *Seputar Ilmu*, 11 November 2024. [Online]. Available: <https://seputarilmu.com/2024/11/database.html>.
- [10] A. Ghazali, I. G. Prasetya Dwi Wibawa, and A. Rizal, "Klasifikasi Kesuburan Tanah Menggunakan Metode Gate Recurrent Unit," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 23, no. 04, pp. 2194, 2023. [Online].
- [11] F. Nazif, I. G. P. D. Wibawa, dan A. Rizal, "Pemantauan Dan Notifikasi Kondisi Tanah Pada Tanaman Menggunakan Platform IoT," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 10, no. 5, pp. 3991-4001, Okt. 2023.
- [12] *Datasheets.com*, "SEN0193 - DFRobot Sensor Datasheet." [Online]. Available: <https://www.datasheets.com/part-details/sen0193-dfrobot-100887415>.
- [13] *Edukasi Elektronika*, "Sensor Suhu DS18B20," Sep. 2020. [Online]. Available: <https://www.edukasielektronika.com/2020/09/sensor-suhu-ds18b20.html>.
- [14] *MakerGuides*, "Arduino Uno and NPK Sensor Project." [Online]. Available:

<https://www.makerguides.com/arduino-uno-and-npk-sensor-project/>.

- [15] HWLibre, "RS485 Communication with Arduino: Complete Guide with Examples." [Online]. Available: <https://en.hwlibre.com/RS485-communication-with-Arduino-complete-guide-with-examples/>.
- [16] Lab Robotika, "Cara Simple Menggunakan Sensor pH Tanah dengan Arduino," Oct. 8, 2024. [Online]. Available: <https://labrobotika.com/2024/10/08/cara-simple-menggunakan-sensor-ph-tanah-dengan-arduino/>.
- [17] Empat Pilar, "Pengertian LCD (Liquid Crystal Display)," [Online]. Available: <https://www.empatpilar.com/pengertian-lcd-liquid-crystal-display/>.
- [18] Ardutech, "LCD I2C dengan Arduino." [Online]. Available: <https://www.ardutech.com/lcd-i2c-dengan-arduino/>.
- [19] Instructables, "How to Use DC to DC Buck Converter LM2596." [Online]. Available: <https://www.instructables.com/How-to-Use-DC-to-DC-Buck-Converter-LM2596/>.
- [20] Aldy Razor, "Gambar Arduino Uno," Apr. 2020. [Online]. Available: <https://www.aldyrazor.com/2020/04/gambar-arduino-uno.html>.
- [21] Ardutech, "Mengenal ESP32 Development Kit untuk IoT (Internet of Things)." [Online]. Available: <https://www.ardutech.com/mengenal-esp32-development-kit-untuk-iot-internet-of-things/>.
- [22] A. Yuniarti, E. Solihin, dan A. T. A. Putri, "Aplikasi pupuk organik dan N, P, K terhadap pH tanah, P-tersedia, serapan P, dan hasil padi hitam (*Oryza sativa* L.) pada Inceptisol," *Jurnal Kultivasi*, vol. 19, no. 1, pp. 1040-1046, Mar. 2020. doi: 10.24198/kultivasi.v19i1.24563.