

Pengembangan Sistem Sensor Pengukuran Unsur Hara pada Tanah

1st Syahdika Bobby
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

syahdikaaabobby@gmail.com

2nd Faisal Candrasyah Hasibuan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

faicanhasfcb@telkomuniversity.ac.id

3rd Doan Perdana
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

doanperdana@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Tanah merupakan media utama untuk tempat bertumbuhnya tanaman. Kualitas tanah akan sangat mempengaruhi kualitas tanaman yang tumbuh di atasnya. Tanah yang subur merupakan tanah yang mampu menyediakan unsur hara dan kandungan air yang cukup bagi tanamannya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sistem yang dapat memantau kandungan unsur hara primer (natrium, fosfor, dan kalium), pH, dan kelembaban tanah secara tepat, mudah, dan berkala. Sistem ini juga dilengkapi dengan komponen pendukung untuk mendeteksi pH dan kelembaban tanah, serta OLED sebagai layar untuk memberikan informasi kadar unsur hara pada tanah. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor NPK Renke, sensor pH, dan kelembapan tanah. Sistem ini menggunakan sensor analog untuk mendeteksi kadar Nitrogen, Fosfor, Kalium, pH dan Kelembapan Tanah. Monitoring dapat dilakukan melalui layar OLED yang terlampir pada sistem. Hasil dari uji coba alat yang dibangun mampu mengukur kadar unsur hara tanah dalam dengan akurasi alat 79,6% dari alat pembanding.

Kata kunci— NPK, pH, Tanah, Unsur Hara, Sensor NPK

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan wilayah yang sangat luas lahan pertaniannya karena di dukung oleh kondisi alam dan lokasi geografisnya yang berada di daerah tropis. Sektor pertanian menjadi sangat penting bagi kesejahteraan masyarakat dan ketahanan pangan global. [1] Salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh para petani adalah menjaga kesuburan tanah dan memastikan ketersediaan unsur hara yang tepat bagi pertumbuhan tanaman. Unsur hara utama dalam pertanian, seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K), memiliki peran vital dalam menjaga kesehatan dan produktivitas tanah. [2]

Hingga saat topik ini diambil, pemantauan dan pencatatan kandungan unsur hara NPK dalam tanah masih menjadi tugas yang kompleks dan terkadang tidak efisien. Metode tradisional yang sering digunakan melibatkan

pengambilan sampel tanah secara manual, yang memerlukan waktu dan tenaga. Petani menggunakan teknik dengan cara memberikan pupuk secara manual dan untuk mengontrol kondisi tanah tanaman dengan melakukan pemupukan pada interval waktu tertentu, atau petani akan memberikan pupuk disaat setelah terlihat gejala penyakit tanaman. [3] Proses ini justru akan merugikan petani dimana sering kali terjadi kesalahan saat menggunakan pupuk dan terkadang penyiraman pupuk yang terlambat dilakukan oleh petani. Pupuk yang kurang dapat memperlambat pertumbuhan pada tanaman dan kualitas dari hasil tanaman dapat menjadi buruk.

Pada penelitian sebelumnya, sebagian masalah tersebut telah berhasil diatasi. Pada penelitian sebelumnya telah dikembangkan sebuah sistem yang dapat memantau kondisi unsur hara tanah secara langsung. Sistem tersebut telah berhasil mendeteksi kandungan unsur hara makro tanah, yaitu NPK. Selain NPK, sistem tersebut juga memiliki kemampuan untuk memantau kondisi pH dan kelembapan/*moisture* tanah. Sistem sebelumnya diklaim dapat memantau kondisi tanah dengan akurasi hingga 87%. Sistem yang dikembangkan pada penelitian sebelumnya merupakan sebuah alat utuh yang memiliki beberapa komponen-komponen di dalamnya. Komponen-komponen penting yang dimaksud ialah komponen untuk mendeteksi kondisi tanah (sensor), komponen untuk membaca dan memproses data berdasarkan kondisi sensor yang juga berfungsi sebagai pusat pengendali sistem (mikrokontroler), komponen untuk menampilkan data hasil pembacaan, dan juga komponen untuk penyimpanan dan manajemen daya. Semua komponen tersebut saling terhubung dan terkoneksi menggunakan pin header pada papan PCB yang memiliki bentuk posisi pin yang sesuai untuk ditumpuk. Semua komponen tersebut dibungkus dan dilindungi menggunakan *casing*. Lalu sistem tersebut ditanamkan pada tanah yang ingin dipantau kondisi tanahnya.

II. KAJIAN TEORI

A. Tanah

Tanah merupakan benda yang terdapat di permukaan bumi secara alami yang tersusun dari bahan-bahan mineral sebagai hasil pelapukan batuan. Bahan organik berasal dari pelapukan sisa hewan dan tumbuhan menjadi medium

tanaman yang memiliki sifat-sifat tertentu yang terjadi dari faktor alam, bahan induk, iklim, jasad hidup dan bentuk wilayah serta lamanya waktu pembentukan.

Unsur hara tanah Unsur hara terbagi menjadi dua macam yang pertama unsur makro dan unsur mikro. Unsur hara makro dibutuhkan cukup banyak dalam tanaman yang terdiri dari nitrogen, fosfor, kalium, magnesium dan kalsium. [1]

Pada penelitian sebelumnya, sebagian masalah tersebut telah berhasil diatasi. Pada penelitian sebelumnya telah dikembangkan sebuah sistem yang dapat memantau kondisi unsur hara tanah secara langsung. Sistem tersebut telah berhasil mendeteksi kandungan unsur hara makro tanah, yaitu NPK. Selain NPK, sistem tersebut juga memiliki kemampuan untuk memantau kondisi pH dan kelembapan tanah. Sistem sebelumnya diklaim dapat memantau kondisi tanah dengan akurasi hingga 87%. Sistem yang dikembangkan pada penelitian sebelumnya merupakan sebuah alat utuh yang memiliki beberapa komponen-komponen di dalamnya. Komponen-komponen penting yang dimaksud ialah komponen untuk mendeteksi kondisi tanah (sensor), komponen untuk membaca dan memproses data berdasarkan kondisi sensor yang juga berfungsi sebagai pusat pengendali sistem (mikrokontroler), komponen untuk menampilkan data hasil pembacaan, dan juga komponen untuk penyimpanan dan manajemen daya. [2]

Selain itu ada unsur hara mikro yang kebutuhan untuk tanaman hanya sedikit yang terdiri dari boron, tembaga, zinc, ferro, molibdenum, mangan, klor, natrium, cobalt, silikon dan nikel. Masing-masing unsur tersebut berperan dalam pertumbuhan tanaman, untuk uraiannya sebagai berikut:

1. Nitrogen

Nitrogen berfungsi meningkatkan pertumbuhan vegetatif, menambah ukuran pada tumbuhan. Nitrogen pada tumbuhan berperan sebagai bahan asam amino, sintesis, klorofil dan protein. Unsur nitrogen merupakan salah satu unsur makro utama yang dibutuhkan oleh tanaman. [3]

2. Fosfor

Unsur Fosfor merupakan unsur penyusun dari enzim dan protein untuk mendorong pertumbuhan dan perkembangan akar pada tumbuhan. Fosfor dapat mendorong lebih banyak enzim dan protein yang memungkinkan adaptasi dan pemulihan yang cepat pada tumbuhan. [3]

3. Kalium

Kalium merupakan salah satu unsur hara tanah yang berperan dalam aktivasi enzim, mengatur fotosintesis, akumulasi, translokasi dan mengatur distribusi air dalam sel dan jaringan tumbuhan. Tanaman jika memiliki unsur kalium yang berlebih dapat menyebabkan tanaman seolah terbakar dan gugur. [4]

B. pH

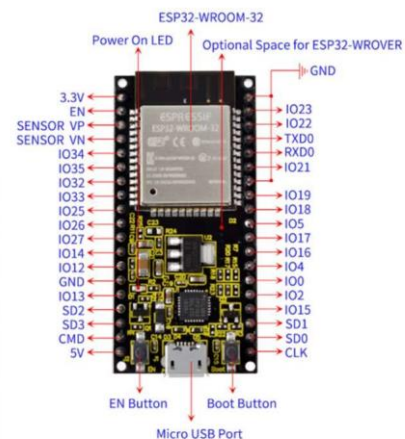
pH adalah singkatan dari potensial hidrogen. pH merupakan satuan pengukuran yang mewakili konsentrasi ion hidrogen dalam suatu larutan. pH adalah derajat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Umumnya sifat dan reaksi asam dan basa air yang merupakan asam dan basa. Skala pH larutan dengan pH kurang dari 7 adalah asam, dan diatas 7 adalah basa. [5]

C. Kelembapan Tanah

Kelembapan pada tanah merupakan air yang mengisi seluruh atau sebagian pori-pori dalam tanah yang berada diatas *water table*. Kelembapan tanah menyatakan jumlah air yang tersimpan diantara pori-pori pada tanah yang sangat dinamis. Hal ini biasanya disebabkan oleh penguapan melalui perkolasi dan permukaan tanah. [6]

D. ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dirilis oleh Espressif System, merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Komponen ini dipilih karena pada modul mikrokontroler ESP32 sudah tersedia fitur modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk mengembangkan sistem ini menjadi *Internet of Things*. Jika dibandingkan dengan ESP8266, ESP32 tidak jauh berbeda karena masih familiar di pasaran, hanya saja ESP32 lebih kompleks dibanding ESP8266. Alasan lainnya adalah adanya fitur-fitur lain yang diperlukan seperti fitur *deep sleep* dan juga masih banyaknya ruang untuk pengembangan selanjutnya, contohnya seperti adanya dukungan keamanan untuk *secure communication*. [7]



GAMBAR 1
ESP32

E. Sensor NPK Renke

Sensor NPK Renke (Nitrogen, Fosfor, dan Kalium) adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur kadar unsur hara makro dalam tanah. Unsur hara N, P, dan K sangat penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sensor NPK berfungsi untuk memberikan informasi tentang ketersediaan dan tingkat unsur hara ini di tanah, sehingga petani atau pihak lain yang bertanggungjawab untuk mengontrol kesuburan tanah dapat mengambil tindakan yang tepat dalam pemupukan dan manajemen tanaman.



GAMBAR 2
Sensor NPK Renke

F. Sensor pH

Sensor pH tanah dilakukan dengan metode perbandingan bacaan data mentah dari sensor pada dua kondisi. Kondisi tersebut ialah pada saat kondisi pH tanah 4,5 dan pH 7 (netral). Keadaan pH 7 didapatkan dari keadaan sensor berada di udara bebas, tidak terkena kontaminasi tanah. Keadaan pH 4,5 didapatkan dengan cara menguji keadaan tanah dengan alat pH meter tanah manual. Kedua pengukur, yaitu pH meter tanah manual dan sensor pH yang ada di sistem ditancapkan pada tanah yang sama. [8]



GAMBAR 3
Sensor pH

G. Sensor Kelembaban

Sensor kelembaban tanah yang mengukur tingkat kelembaban tanah dengan penginderaan kapasitif, bukan penginderaan resistif seperti sensor lain di pasaran. Sensor Kelembaban Tanah terbuat dari bahan tahan korosi yang memberikan masa pakai yang sangat baik. [9]



GAMBAR 4
Sensor Kelembaban

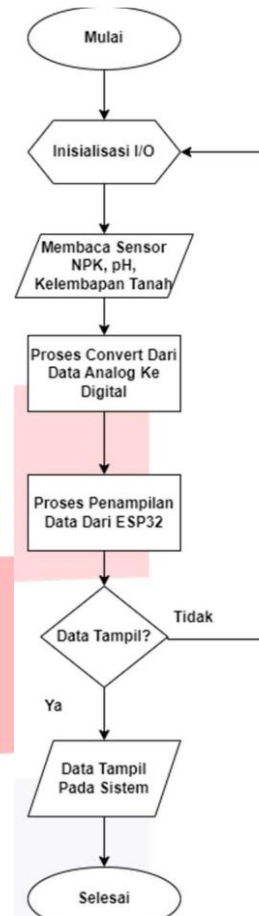
III. METODE

Penelitian ini menggunakan tahapan metode pengembangan dan penelitian. Metode pengembangan dan penelitian digunakan untuk mengembangkan produk dan menguji keefektifan produk yang sedang dikembangkan. Dalam penelitian ini dapat menghasilkan alat pengukur kadar unsur hara NPK, pH, dan kelembaban tanah. [10]

A. Tahap Perancangan

Tahap pertama yang dilakukan pada perancangan adalah penentuan spesifikasi, untuk menentukan desain dan mengintegrasikan semua komponen dan sensor supaya dapat terhubung dibawah kendali ESP32, kemudian perangkat dapat menampilkan nilai NPK, pH, dan kelembaban tanah ke layar OLED. Lalu, setelah itu memastikan agar ESP32 saling dapat terhubung menggunakan PCB yang di desain. Setelah itu, mengembangkan program Arduino agar semua komponen dengan ESP32 dapat saling mengirim sinyal atau data. Tahap terakhir merupakan pembuatan program untuk mengintegrasikannya menggunakan bahasa pemrograman

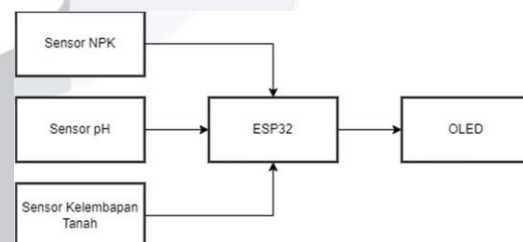
Arduino yang di dalamnya terdapat program agar perangkat dapat terhubung dan nilai dapat muncul pada OLED.



GAMBAR 5
Diagram Alir Perancangan Sistem

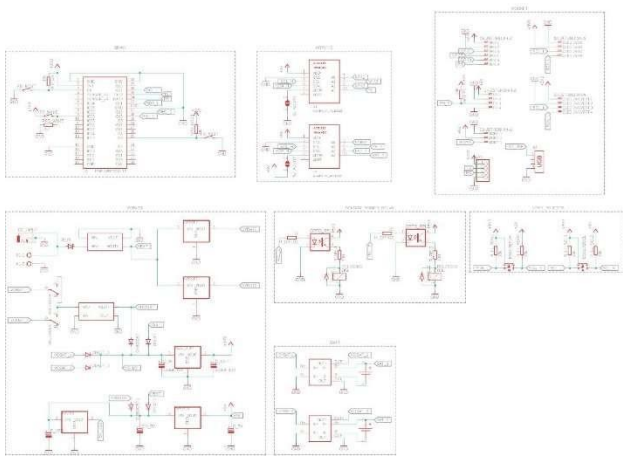
B. Pembuatan dan Penyempurnaan alat.

Penyempurnaan dan pembuatan alat pada penelitian ini dilakukan setelah desain dan mengetahui kelemahan atau kekurangan fitur pada produk di validasi, jika produk layak menurut ahli maka tidak perlu ada yang harus di koreksi. Pengembangan alat diartikan sebagai pembuatan produk, baik dari segi perangkat keras maupun perangkat lunak. Tahap manufaktur merupakan realisasi nyata dari tahap desain. [11]



GAMBAR 6
Diagram Blok Sistem

Desain PCB untuk saling menghubungkan mikrokontroler, sensor NPK, pH, kelembaban tanah dan baterai untuk dayanya. Desain PCB ini dibuat bertujuan untuk memperkecil dimensi alat dari penelitian yang sudah ada menggunakan Arduino UNO.



GAMBAR 7
Perancangan Desain PCB



GAMBAR 8
PCB Setelah Desain Di Cetak

C. Perancangan Casing

Desain *Casing* menggunakan akrilik sebagai wadah untuk perangkat, dan sudah tersedia engsel dan lubang kunci. Diberikan 6 lubang dibawah pada *casing* ini, 3 lubang untuk sensor NPK, 1 lubang untuk sensor pH, 1 lubang untuk sensor kelembapan tanah, dan 1 lubang lagi untuk kabel menghubungkan ke daya. Selain itu, juga diberikan 1 lubang berbentuk kotak di bagian depan *case* untuk menempatkan OLED.



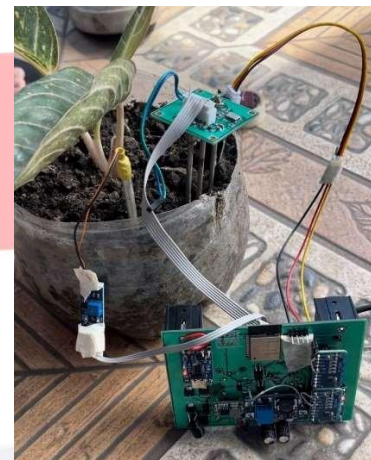
GAMBAR 9
Case Perangkat Bagian Belakang



GAMBAR 10
Case Perangkat Bagian Depan

D. Implementasi Sistem

Pada tahap implementasi sistem, *board* PCB, sensor NPK, sensor kelembapan tanah, dan sensor pH di sambungkan menjadi satu.



GAMBAR 11
Komponen Yang Telah Di Solder

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi Alat

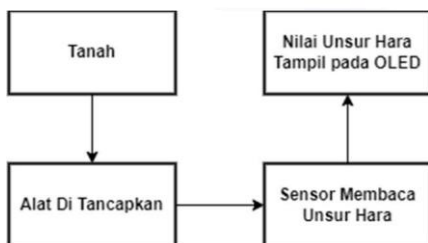
Instrumen pengukuran digital NPK harus disiapkan yang terhubung ke mikrokontroler dengan layar digital. Alat tersebut harus dikalibrasi dan diuji sebelum digunakan untuk memastikan keakuratan hasil pengukuran. Sampel tanah diambil dari lokasi yang ingin diukur. Sampel yang diambil dengan sekop harus mewakili area yang luas untuk mendapatkan hasil yang representatif. Setelah sampel tanah diambil, Alat pengukur NPK di tancapkan ke tanah dan digunakan untuk mengukur kadar nitrogen, fosfor, dan kalium dalam tanah. Setelah pengukuran selesai, instrumen digital akan menghasilkan data yang dianalisis dan ditampilkan dalam bentuk angka pada layar atau melalui perangkat lunak terkait. Data yang diperoleh akan menunjukkan kadar NPK dalam tanah. Setelah data diperoleh, hasil pengukuran NPK dapat diinterpretasikan untuk mengambil keputusan yang tepat. Data tersebut dapat dibandingkan dengan standar atau ambang batas yang telah ditentukan untuk menentukan apakah tanah tersebut membutuhkan pemupukan tambahan atau tidak. Interpretasi hasil juga dapat memberikan informasi tentang keadaan kesuburan tanah dan memberikan rekomendasi pemupukan yang sesuai.



GAMBAR 12
Alat Yang Sudah Di Realisasikan

B. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara kalibrasi alat, uji coba dan analisa terhadap alat yang telah dikembangkan. Alat bekerja dibantu dengan diberi daya oleh baterai 18650 2 buah, lalu nilai tegangan akan diubah menjadi nilai analog, kemudian nilai analog tersebut dikirim ke mikrokontroler ESP32. Dengan menggunakan modul ADS 1115 yang merupakan komponen Analog to Digital Converter, maka nilai analog dapat diubah menjadi nilai digital. Nilai analog berupa dari 0 hingga 1023. Setelah nilai tegangan terbaca, maka nilai tersebut akan dikonversi ke dalam satuan ppm dengan cara diimplementasi dengan pemrograman Arduino.



GAMBAR 13
Deskripsi Pengujian Perangkat

C. Kalibrasi Sensor N

Nilai unsur hara nitrogen yang terdeteksi pada tanah ini sangat minim yaitu 7 ppm, dan nilai unsur nitrogen akan tinggi jika diberi pupuk kimia nitrogen, penurunan dapat terjadi dalam kondisi tersebut biasanya disebabkan oleh letak tiang sensor yang ditancapkan ke tanah tidak tertancap dengan tepat antara sensor atau ada celah dalam kepadatan tanah. Setelah dilakukan uji coba, alat ini memiliki selisih rata-rata dengan alat pembanding sebesar 16%.

D. Kalibrasi Sensor P

Nilai unsur hara fosfor yang terdeteksi pada tanah ini sangat minim yaitu 89 ppm, dan nilai unsur fosfor akan tinggi jika diberi pupuk kimia fosfor, penurunan dapat terjadi dalam kondisi tersebut biasanya disebabkan oleh letak tiang sensor yang ditancapkan ke tanah tidak tertancap dengan tepat antara sensor atau ada celah dalam kepadatan tanah. Setelah dilakukan uji coba, alat ini memiliki selisih rata-rata dengan alat pembanding sebesar 11%.

E. Kalibrasi Sensor K

Nilai unsur hara kalium yang terdeteksi pada tanah ini sangat minim yaitu 27 ppm, dan nilai unsur fosfor akan tinggi jika diberi pupuk kimia kalium, penurunan nilai unsur hara dapat terjadi dalam kondisi tersebut biasanya disebabkan oleh letak tiang sensor yang ditancapkan ke tanah tidak tertancap dengan tepat antara sensor atau ada celah dalam kepadatan tanah. Setelah dilakukan uji coba, alat ini memiliki selisih rata-rata dengan alat pembanding sebesar 15%.

F. Kalibrasi pH

Ketika mengukur pH 3 sampel tanah dengan pengukur pH tanah referensi dan pengukur pH tanah, hasil desain ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1

Tabel Perbandingan Nilai Deteksi pH

Tanah	Alat Rancangan (pH)	Alat Pembanding (pH)
Sampel 1	6,48	7,5
Sampel 2	5,94	6,84
Sampel 3	5,52	6,66

Pada sampel tanah pertama terdapat selisih nilai pH 0,02, lalu pada sampel tanah kedua terdapat selisih nilai pH 0,10 dan pada sampel tanah yang ketiga 0,14. Jadi dapat disimpulkan akurasi ketepatan pengukuran dari alat yang dirancang adalah 80.7%.

G. Kalibrasi Kelembapan Tanah

Sampel tanah sebanyak 3 buah disiapkan lalu tancapkan tiang sensor pada tanah untuk mengetahui nilai kelembapan tanah dari masing-masing sampel tanah yang digunakan. Jika nilai kelembapan tanah sudah diketahui maka perlu dibandingkan dengan alat pembanding sebagai kalibrasi sensor. Hasil dari nilai kelembapan tanah yang dikalibrasi ditampilkan pada Tabel 2.

TABEL 2

Nilai Kelembapan Tanah

Tanah (Air)	Alat Rancangan	Alat Pembanding
Sampel 1 (30ml)	32%	29%
Sampel 2 (60 ml)	72%	64%
Sampel 3 (90 ml)	92%	88%

Dapat disimpulkan keakuratan pengukuran kelembapan tanah mencapai 92,3%.

V. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan alat telah berhasil dirancang dengan kegunaan mengukur kadar NPK, pH, dan kelembapan pada tanah dengan menggunakan NPK Renke, pH meter dan Sensor Kelembapan Tanah. ESP32 sebagai mikrokontroler dan ADS1115 sebagai komponen untuk mengubah nilai analog menjadi nilai digital. Hasil kalibrasi alat yang dilakukan terhadap alat ukur pembanding memiliki tingkat akurasi yang cukup baik yaitu memiliki akurasi alat sebesar 79,6%. Dapat disimpulkan bahwa hasil akurasi dari alat yang dikembangkan, alat dapat digunakan dan berjalan dengan baik.

REFERENSI

- [1] M. Kracmarova *et al.*, "Soil microbial communities following 20 years of fertilization and crop rotation practices in the Czech Republic," *Environ Microbiome*, vol. 17, no. 1, p. 13, 2022, doi: 10.1186/s40793-022-00406-4.
- [2] R. Madhumathi, T. Arumuganathan, and R. Shruthi, "Soil NPK and Moisture analysis using Wireless Sensor Networks," in *2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, 2020, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICCCNT49239.2020.9225547.
- [3] S. Triharto, L. Musa, and G. Sitanggang, "Surveying and Mapping the Nitrogen, Phosphorus, Potassium Nutrients and Soil pH of Rain Fed Lowland in Desa Durian Kecamatan Pantai Labu," vol. 2, no. 3, pp. 1195–1204, 2014.
- [4] A. D. Suyono *et al.*, "KOMPOSISI KANDUNGAN FOSFOR PADA TANAMAN PADI SAWAH (*Oryza sativa* L.) BERASAL DARI PUPUK P DAN BAHAN ORGANIK PHOSPHORUS CONTENT IN THE LOWLAND RICE (*Oryza sativa* L.) DERIVED FROM P-FERTILIZER AND ORGANIC MATTER," 2010.
- [5] A. Oberoi, S. Basavaraju, and S. Lekshmi, "Effective Implementation of Automated Fertilization Unit Using Analog pH Sensor and Arduino," *2017 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC)*, pp. 1–5, 2017, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:53281270>
- [6] C. H. Asàri, D. N. Ramadan, and T. N. Damayanti, "PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM MONITORING UNSUR HARA DAN KELEMBABAN TANAH MENGGUNAKAN RASPBERRY PI MONITORING SYSTEM DESIGN AND REALIZATION NUTRITION AND SOIL MOISTURE USING RASPBERRY PI," 2022.
- [7] C. Wideasari and T. F. Ananda, "Sistem Pemupukan Otomatis Berdasarkan Unsur Hara Tanah Tanaman Tomat Berbasis Internet of Things (IoT)," pp. 17–19, 2022.
- [8] P. L. Patil and G. Gp, "Assessment of soil nutrients of Thimmapura sub-watershed for enhancing crop productivity using remote sensing and GIS Land Evaluation View project," 2019. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/350837523>
- [9] T. W. Saputra, Y. Wijayanto, A. Frans, C. Regar, S. Ristiyana, and I. Purnamasari, "RAPID MEASUREMENT SYSTEM HASIL FERMENTASI PUPUK ORGANIK PADAT (POP) BERBASIS NPK SENSOR DAN MODEL REGRESI LINIER."
- [10] C. H. Asàri, D. N. Ramadan, and T. N. Damayanti, "PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM MONITORING UNSUR HARA DAN KELEMBABAN TANAH MENGGUNAKAN RASPBERRY PI MONITORING SYSTEM DESIGN AND REALIZATION NUTRITION AND SOIL MOISTURE USING RASPBERRY PI," 2022.
- [11] Alfahrani Sari Dewi, "Rancang Bangun Agriculture Node Untuk Monitoring Kualitas Tanah Berbasis Lora AS923-2 Guna Mendukung Penelitian Integrated Smart Farming Di Laboratorium Inacos Universitas Telkom Agriculture Node Design For Soil Quality Monitoring Based On Lora AS923-2 To Support."