

Alat Pendektesi Kadar NPK (*Nitrogen, Phosporus Dan Potassium*) pada Pupuk Organik Daun Sawit berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan Soil NPK Sensor

¹Hesmi Aria Yanti, ²Muhammad Alief Erfareta, ³Auliya Anggraeni, ⁴Alfarhad Maulana, Muhammad Ridho Hibatullah

^{1,2,3,4,5} Universitas Telkom, Indonesia

¹hesmiariayanti@telkomuniversity.ac.id; ²muhammadaliferfareta@student.telkomuniversity.ac.id;

³aulyanggrn@student.telkomuniversity.ac.id; ⁴alfarhad@student.telkomuniversity.ac.id; ⁵kirido@student.telkomuniversity.ac.id;

Article Info

Article history:

Received, 2025-06-16

Revised, 2025-06-18

Accepted, 2025-06-23

Kata Kunci:

Daun Sawit,
Internet of Things (IoT),
Pupuk Organik,
Sensor NPK,
Arduino Nano,
Real-Time Monitoring

Keywords:

Palm Oil Leaves,
Internet of Things (IoT),
Organic Fertilizer,
NPK Sensor,
Arduino Nano,
Real-Time Monitoring

ABSTRAK

Penurunan produksi sawit secara signifikan, hal ini disebabkan penghentian subsidi pupuk dan kenaikan harga, khususnya pupuk NPK. Untuk menguji kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) serta kadar air yang terdapat pada pupuk organik berbahan dasar daun sawit, kotoran sapi, air dan bahan lainnya. Dibutuhkan pengujian secara laboratorium menggunakan analisis kimia dan proses pengomposan selama 3 bulan. Hasil analisis kadar N sebesar 1,63%, P_2O_5 sebesar 0,16%, dan K_2O sebesar 0,12%, serta kadar air sebesar 12,71%, hasil ini sudah sesuai dengan standar kualitas pupuk organik. Hasil tersebut menjadi acuan dalam implementasi alat pendeteksi kadar NPK yang terdapat pada daun sawit. Kemudian implementasi dilakukan secara langsung dilokasi, dengan mengambil sampel daun sawit, kotoran sapi dan air, selanjutnya dilakukan pengujian menggunakan alat pendeteksi NPK yang terintegrasi secara *real-time*. Dimana hasil pengujian N = 97 mg/kg, P = 28 mg/kg, dan K = 113 mg/kg, nilai tersebut belum memenuhi ambang batas minimal kualitas pupuk organik, sehingga diperlukan penambahan bahan lainnya serta inkubasi pengomposan selama 3 bulan atau menggunakan EM-4 sebagai cairan yang dapat membantu percepatan pengomposan. Alat memiliki akurasi $\pm 2\%$ dan resolusi hingga 1 mg/kg, sehingga alat layak digunakan sebagai alat deteksi kadar NPK.

ABSTRACT

Significant decline in palm oil production; this is due to the termination of fertilizer subsidies and price increases, especially NPK fertilizers. To test the nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) content and water content in organic fertilizers made from oil palm leaves, cow dung, water, and other materials. Laboratory testing using chemical analysis and a composting process for 3 months is required. The results of the analysis of N content were 1.63%, P_2O_5 was 0.16%, K_2O was 0.12%, and water content was 12.71%. These results are in accordance with the quality standards of organic fertilizers. The implementation of the NPK content detection tool in oil palm leaves uses these results as a reference. Then the implementation is carried out directly at the location by taking samples of oil palm leaves, cow dung, and water, and then testing is carried out using an integrated NPK detection tool in real time. Where the test results are N = 97 mg/kg, P = 28 mg/kg, and K = 113 mg/kg, these values have not met the minimum threshold for organic fertilizer quality, so it is necessary to add other materials and incubate composting for 3 months or use EM-4 as a liquid that can help accelerate composting. The tool has an accuracy of $\pm 2\%$ and a resolution of up to 1 mg/kg, so the tool is suitable for use as a tool for detecting NPK levels.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) license.



Penulis Korespondensi:

Hesmi Aria Yanti,
Program Studi Teknologi Informasi,
Universitas Telkom Indonesia,
Email: hesmiariayanti@telkomuniversity.ac.id

1. PENDAHULUAN

Daerah Bengkulu salah satu produsen sawit di Indonesia, menurut badan statistik provinsi Bengkulu tahun 2021 jumlah produksi sawit menurun drastis dari tahun-tahun sebelumnya. Faktor yang sangat mempengaruhi penurunan produksi sawit yaitu dihentikannya pupuk subsidi dari pemerintah untuk para petani dan kenaikan harga pupuk yang terus meningkat, khususnya pada pupuk NPK. Penggunaan pupuk dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas hasil panen sawit, dimana dampak negatif yang disebabkan kurangnya pemberian pupuk pada sawit dapat berpengaruh besar terhadap pendapatan petani sawit. Kebutuhan teknologi berbasis IoT Arduino dalam memantau kadar Ph, NPK, Kelembaban dan suhu sangat dibutuhkan, dimana pengujian dengan kondisi tanah seperti lembab, basah dan sangat kering [1].

Sistem sensor pengukuran Kandungan unsur hara dalam tanah diukur menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor NPK Renke, sensor pH, dan sensor kelembapan tanah. Sistem ini memanfaatkan sensor analog untuk mendeteksi kadar Nitrogen, Fosfor, Kalium, pH, dan kelembapan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengukur kadar unsur hara tanah dengan tingkat akurasi yang baik 79,6% [2]. Pada penelitian penggunaan sensor DHT 11 mampu mendeteksi kelembaban dengan tingkat keakuratan yang baik dalam kisaran 20% hingga 80%, dengan toleransi kesalahan sebesar 5%. Selain itu, sensor ini dapat mengukur suhu secara tepat antara 0°C hingga 50°C, dengan tingkat kesalahan $\pm 2^\circ\text{C}$. Frekuensi pengambilan data dari sensor ini maksimal sebesar 1 Hz [3]. Sedangkan penelitian arduino uno dan modul ESP8266 pada sistem kontrol kebutuhan air, suhu, dan intensitas cahaya guna mendukung proses fotosintesis tanaman dengan monitoring dilakukan secara *real-time* melalui aplikasi Blynk yang terhubung ke smartphone menggunakan metode *research and development* (RnD) [4].

Sensor tanah NPK JXCT memiliki elektroda sepanjang 7 cm dan beroperasi pada suhu antara 5 hingga 45°C dengan tegangan kerja 9–12 volt. Untuk menghubungkan sensor dengan mikrokontroler, digunakan modul komunikasi RS-485 dengan suplai daya 5 volt. Penelitian ini mencakup proses perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, kalibrasi alat, serta pengujian sensor terhadap sembilan sampel pupuk kompos. Berdasarkan hasil uji, sensor NPK mampu mengidentifikasi kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium dalam pupuk organik secara akurat. Rangkaian alat dirancang pada papan PCB dan diprogram menggunakan Arduino IDE versi 1.8.19 [5].

Sistem ini mengandalkan Arduino Uno sebagai pengendali utama yang beroperasi secara *real-time*, dilengkapi dengan sensor TDS untuk mengukur kadar nutrisi, keypad untuk menetapkan ambang batas, dan LCD I2C 16x2 untuk menampilkan data. Adapun hasil pengujian menunjukkan tingkat kesalahan sebesar 6,23% [6]. Sistem pemantauan kadar unsur hara NPK dirancang dengan memanfaatkan sensor tanah NPK dan mikrokontroler ESP32 sebagai komponen inti Sensor NPK ke modul RS-485, yang berfungsi mentransmisikan data digital dalam bentuk biner ke mikrokontroler [7].

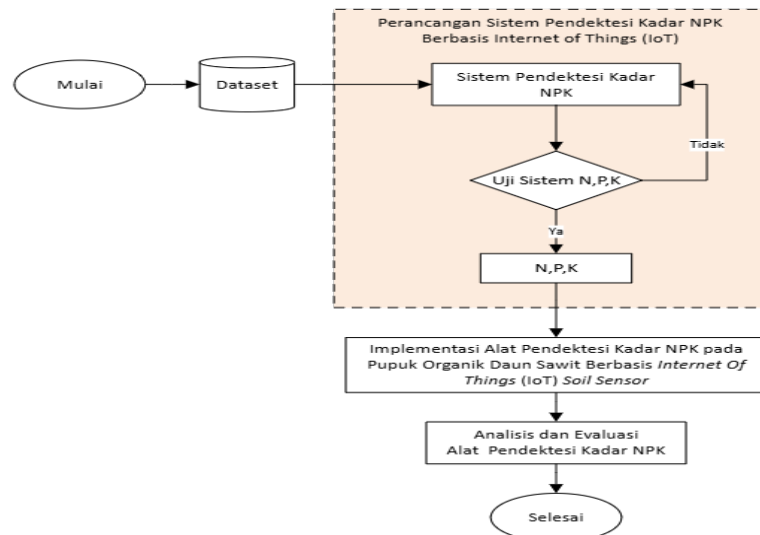
Sensor mengukur nilai pH, kelembaban, serta kadar nitrogen, fosfor, dan kalium, yang kemudian dikirim oleh ESP32 ke aplikasi blynk melalui internet. Data juga ditampilkan pada LCD dan dashboard web/android. Hasil pengujian menunjukkan alat bekerja dengan baik, dengan pembacaan sampel pH 4,24; N 100 mg/kg; P 31 mg/kg; K 43 mg/kg; dan kelembaban 53% [8]. Penggunaan sensor tanah NPK merupakan alat 3-in-1 yang digunakan untuk mengidentifikasi kadar nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang terdapat dalam tanah. Sensor ini memiliki tingkat akurasi tinggi hingga $\pm 2\%$, respons cepat, dan stabilitas pengukuran yang baik, dengan resolusi mencapai 1 mg/L. Sensor ini memberikan informasi yang akurat tentang tingkat kesuburan tanah sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanah kapan saja dan menyesuaikan pemupukan untuk menciptakan lingkungan tumbuh yang optimal bagi tanaman [9].

Berdasarkan permasalahan yang sering dihadapi oleh petani, maka kebutuhan teknologi yang dapat mendorong aspek pertanian dalam melakukan identifikasi kadar Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) yang dikenal sebagai NPK sangat dibutuhkan. Sehingga dibutuhkan alat pendeteksi kadar NPK yang terdapat pada pupuk organik daun sawit yang dapat mengidentifikasi data secara akurat dan cepat sangat dibutuhkan.

Pada penelitian ini menggunakan Arduino Nano sebagai komponen utama dalam mengintegrasikan Soil NPK Sensor untuk mendeteksi kadar Pupuk NPK yang terdapat pada pupuk organik daun sawit. Tujuan dari penelitian ini yaitu membantu para petani dalam membuat pupuk organik secara mandiri dengan bantuan alat pendeteksi kadar pupuk organik yang memiliki kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) serta kadar air yang menggunakan bahan utama daun sawit berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan Sensor NPK Soil di Desa Kampai Kabupaten Seluma.

2. METODE PENELITIAN

Pada proses perancangan dan implementasi alat pendeteksi kadar NPK (Nitrogen, Fosfor, Kalium) pada pupuk organik daun sawit berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan Soil NPK Sensor. Proses melibatkan dataset, perancangan sistem, pengujian, implementasi, dan evaluasi sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan Perancangan dan Implementasi Alat pendeteksi kadar NPK (Nitrogen, Fosfor, Kalium).

A. Dataset

Pada proses pengambilan dataset untuk pupuk organik daun sawit, dibutuhkan bahan yang telah memenuhi syarat atau uji sampling data. Pengambilan bahan dilakukan di lingkungan IPB University, adapun bahan utama pada pupuk organik berupa daun sawit, kotoran sapi, air dan bahan lainnya yang memiliki kandungan NPK. Kemudian dilakukan proses pengomposan selama kurun waktu 3 bulan, dan selanjutnya dilakukan uji unsur NPK dilakukan di Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, kemudian dilakukan perancangan sistem dan alat pendeteksi kadar NPK berbasis IoT. Berikut sampel Pupuk Organik Daun sawit.



Gambar 2. Sampel Pupuk Organik Daun sawit

Parameter yang dianalisis mencakup persentase penurunan massa, perubahan suhu selama pengomposan, serta kadar unsur hara Nitrogen, Fosfor, Kalium (NPK), dan rasio C/N yang diukur pada minggu ke-10 dan ke-14 proses pengomposan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode bokashi menghasilkan penyusutan massa tertinggi sebesar 32% dibanding metode lainnya pada semua ukuran cacahan. Cacahan kecil daun sawit mempercepat proses dekomposisi dan menghasilkan kompos berkualitas lebih baik. Interaksi perlakuan hanya berpengaruh signifikan terhadap rasio C/N, namun tidak terhadap kadar NPK [10]. Berdasarkan Permentan No. 01 Tahun 2019 Untuk pupuk organik padat, kadar minimal unsur hara makro N (Nitrogen) total yaitu Minimal 0,40% (untuk pupuk organik biasa) dan Minimal 1,0% (untuk pupuk organik berkualitas tinggi)[11].

Tabel 1. Standar kadar unsur Hara Makro

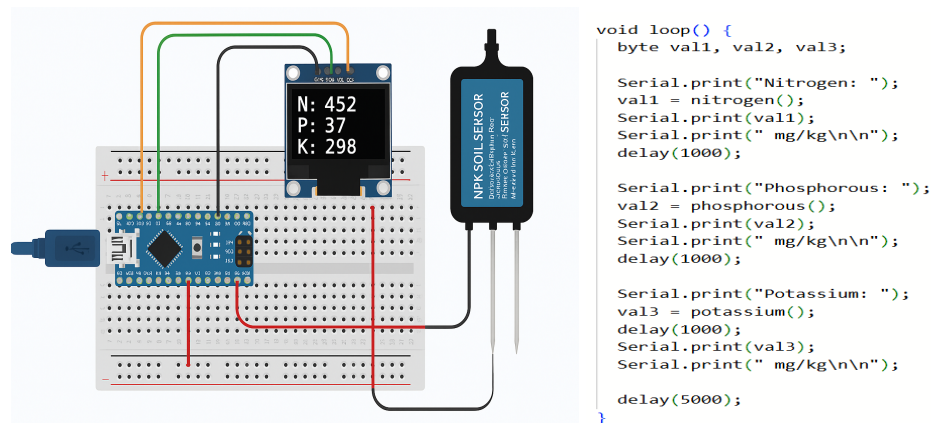
Unsur Hara	Satuan	Minimal
Nitrogen (N)	%	0,40%
Fosfor (P ₂ O ₅)	%	0,10%

Kalium (K ₂ O)	%	0,20%
---------------------------	---	-------

Menurut [12] Tiga perlakuan komposisi bahan uji coba dalam P1: 25 kg pelepah dan daun kelapa sawit, 6 kg kotoran ayam, 1 kg dedak, 200 ml EM-4, 20 liter air, dan 2 kg gula merah. P2: 25 kg pelepah dan daun kelapa sawit, 8 kg kotoran ayam, 2 kg dedak, 300 ml EM-4, 30 liter air, dan 3 kg gula merah. P3: 25 kg pelepah dan daun kelapa sawit, 10 kg kotoran ayam, 3 kg dedak, 400 ml EM-4, 40 liter air, dan 4 kg gula merah. Berdasarkan pengamatan parameter fisik seperti suhu, warna, bau, tekstur, pH, dan durasi pengomposan, diperoleh bahwa perlakuan P2, P3, dan P1 menunjukkan hasil terbaik secara berurutan. Dilihat dari kestabilan suhu dan pH, pengomposan selesai pada hari ke-44 untuk P2, hari ke-49 untuk P3, dan hari ke-52 untuk P1. Sementara itu, perubahan warna, bau, dan tekstur yang menunjukkan kematangan kompos tercapai pada hari ke-35 untuk P2, hari ke-40 untuk P3, dan hari ke-43 untuk P1. Dari sisi kandungan kimia, hasil menunjukkan bahwa kompos telah memenuhi standar mutu pupuk organik sesuai Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011. Nilai kadar air setelah koreksi pada P2 tercatat sebesar 23,82%, sedangkan kadar C-Organik masing-masing yaitu P1 = 29,96%, P2 = 31,30%, dan P3 = 30,03%. Kandungan mikro unsur Fe adalah P1 = 0,154%, P2 = 0,106%, dan P3 = 0,187%. Adapun rasio C/N menunjukkan nilai P1 = 9,46, P2 = 9,54, dan P3 = 8,56, yang semuanya termasuk dalam kisaran ideal untuk kompos matang.

B. Perancangan Sistem Pendeteksi Kadar

Perancangan simulasi menggunakan sensor NPK yang dihubungkan ke Arduino Nano dan hasilnya ditampilkan melalui layar OLED. Adapun design perancangan sistem untuk alat pendeteksi kadar pupuk NPK sebagai berikut:



Gambar 2. Perancangan Sistem Alat Pendeteksi Kadar NPK

Berdasarkan perancangan diatas terdapat koneksi antar komponen, dimana pin yang terdapat pada sensor NPK soil terkoneksi dengan Arduino nano. Konfigurasi dan spesifikasi VCC ke 5V berfungsi memberi daya kesensor, pin GND ke GND digunakan untuk mendeteksi kadar Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) pada pupus, lalu dikirim ke sistem. Kemudian TX dikoneksi ke Pin D4, X (Transmit) merupakan sensor yang dihubungkan ke Pin D4 pada Arduino nano yang berfungsi mengirim data serial digunakan sebagai RX (Receive). RX pin pada Arduino dikoneksikan ke D5, berfungsi sebagai menerima data. Sedangkan koneksi arduino nano pada Oled yaitu dari VCC ke 3.3V/5V berfungsi sebagai pemberi daya ke Oled, GND ke GND untuk menampilkan hasil dekteksi kadar pupuk NPK, sedangkan SDA ke A4 dan SCL ke A5 Mengirim & menerima data antara Arduino dan sensor/modul melalui protokol I2C.

Pada *code program* menunjukkan difungsikan untuk mendeteksi dan menampilkan kadar unsur hara dalam tanah, yaitu Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K), dengan memanfaatkan sensor tanah NPK. Fungsi loop() merupakan bagian inti dari program arduino yang akan dieksekusi secara terus-menerus selama alat beroperasi. Sedangkan variabel penyimpanan nilai sensor, Tiga variabel digunakan untuk menyimpan hasil pembacaan sensor terhadap unsur-unsur hara, yaitu val1: menyimpan nilai nitrogen, val2: menyimpan nilai fosfor, val3: menyimpan nilai kalium. Proses pembacaan dan penampilan nilai pada nitrogen nilai dibaca melalui fungsi nitrogen() dan ditampilkan dalam satuan mg/kg. Setelah itu, program jeda selama 1 detik menggunakan delay(1000). pada fosfor pembacaan dilakukan dengan phosphorous(), kemudian nilai ditampilkan dan disusul dengan jeda 1 detik dan kalium yang nilainya diambil dengan potassium() lalu ditampilkan setelah jeda selama 1 detik. Setelah semua data terbaca dan ditampilkan, program menunggu selama 5 detik (delay(5000)) sebelum mengulangi proses pembacaan dari awal.

C. Implementasi Alat Pendeteksi Kadar NPK

Alat digunakan untuk mendeteksi kadar NPK pada pupuk organik daun sawit menggunakan sensor tanah berbasis IoT. Rangkaian Sistem Pendeteksi Kadar NPK. Implementasi alat sensor NPK dilakukan dengan menancapkan probe sensor ke dalam media tanam (tanah atau pupuk organik). Sensor akan mendeteksi nilai kadar N (Nitrogen), P (Phosphor), dan K (Kalium) secara terpisah. Mikrokontroler menerima data dari sensor melalui komunikasi serial dan menampilkannya pada oled display. Proses ini berlangsung secara *real-time*, dan data dapat diakses secara langsung atau dikirim melalui jaringan IoT jika tersedia[9].

Tabel 2. Tahapan Implementasi dan Cara Kerja Sistem

Tahapan Implementasi	Cara Kerja Sistem
1. Merakit semua komponen pada breadboard.	1. Sensor NPK ditancapkan ke tanah dan membaca konsentrasi unsur N, P, dan K.
2. Menghubungkan sensor ke Arduino Nano (TX, RX, VCC, GND).	2. Data tersebut dikirim ke Arduino Nano melalui antarmuka UART (TX/RX).
3. Menghubungkan oled display menggunakan komunikasi I2C (SDA, SCL).	3. Arduino memproses data dan menampilkannya di layar oled (dalam satuan mg/kg atau ppm).
4. Mengunggah program ke mikrokontroler.	4. Rangkaian ini bisa dikembangkan dengan IoT (misalnya dengan modul WiFi ESP8266/ESP32) agar data dapat dikirim ke server atau smartphone.
5. Menancapkan sensor ke dalam media tanah.	
6. Mengamati hasil pembacaan pada oled display.	

D. Analisis dan Evaluasi

Klasifikasi tanah dilakukan berdasarkan sejumlah fitur dengan indeks kesuburan, mencakup boron (B), karbon organik (OC), kalium (K), fosfor (P), dan boron tersedia (B), serta parameter reaksi tanah (pH). Proses validasi silang dilakukan dalam 10 tahap, di mana setiap tahap menggunakan 10% data untuk validasi dan sisanya untuk pelatihan. Metode klasifikasi pembelajaran cepat yang digunakan *Extreme Learning Method* (ELM), yang dilatih untuk mengidentifikasi kandungan mikronutrien dalam tanah. Berdasarkan hasil analisis, unsur hara diklasifikasikan dan kondisi tanah bahwa tanah di Tamil Nadu memiliki konduktivitas listrik yang normal, berwarna merah, dan umumnya kaya kalium (35% sampel), nitrogen (80% sampel), serta sulfur (75% sampel). Namun, kandungan magnesium, boron, seng (zinc), dan tembaga (copper) ditemukan dalam jumlah cukup hingga rendah [13]. Representasi kriteria penilaian kesuburan tanah untuk mengukur tanah kering, tanah basah dan tanah basah sekali [14].

Tabel 3. Parameter Kesuburan Tanah

Parameter kesuburan tanah	Rendah	Sedang	Tinggi
N	<20	20-50	50>
P	<10	10-30	30>
K	<10	10-20	20>

Kondisi Tanah Tanah Kering memiliki kelembaban <20% yang memiliki indikasi kesuburan rendah dan diperlukan penyiraman dan penambahan pupuk, Tanah basah 20-50% memiliki indikasi kesuburan sedang hingga tinggi ideal untuk akar dan diperlukan pemupukan optimal, sedangkan 50> sangat basah sehingga indikasi kesuburan menurun dan tingkatkan drainase. Unsur N, P, dan K merupakan makronutrien penting bagi pertumbuhan tanaman. Pengujian sensor dilakukan dengan senyawa yang mengandung salah satu atau kombinasi dari unsur N, P, dan K, serta pupuk NPK majemuk dengan berbagai rasio. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor tidak bersifat spesifik, karena bekerja berdasarkan prinsip elektrokonduktivitas, yang diperkuat oleh nilai koefisien determinasi regresi ($R^2 \approx 1$). Sensor juga memberikan pembacaan terhadap senyawa yang tidak relevan dan tidak mampu membedakan rasio kandungan dalam jenis pupuk NPK majemuk yang berbeda [15]. Berdasarkan penelitian [16] untuk menilai kelayakan dan tingkat akurasi kandungan unsur hara makro—nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K)—pada lahan pertanian dengan pendekatan berbasis sensor IoT secara *real-time* terkait. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem sensor NPK yang dikombinasikan dengan mikrokontroler Arduino mampu memberikan informasi kuantitatif mengenai kadar nitrogen, fosfor, dan kalium di dalam tanah secara efisien dan responsif[7].

3. HASIL DAN ANALISIS

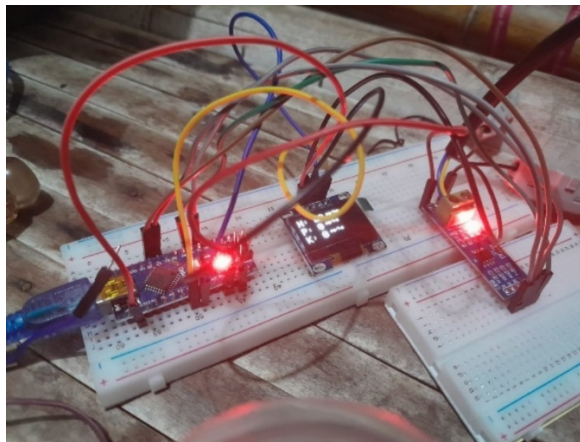
Hasil uji dataset sampel pupuk organik dari bahan daun sawit, maka kandungan unsur hara kadar unsur makro (N, P, K) serta kadar air menggunakan metode yang sesuai standar Pemantan Nomor 01 Tahun 2019 [11], dan satuannya dalam persen (%). Adapun hasil pengujian data bertujuan mengetahui kualitas dan nilai nutrisi dari

bahan tersebut, dimana akan digunakan sebagai bahan uji alat pendeteksi kadar NPK. Adapun uji kadar kandungan pupuk organik daun sawit telah dilakukan di Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB. Adapun hasil uji mutu kadar NPK dibawah ini.

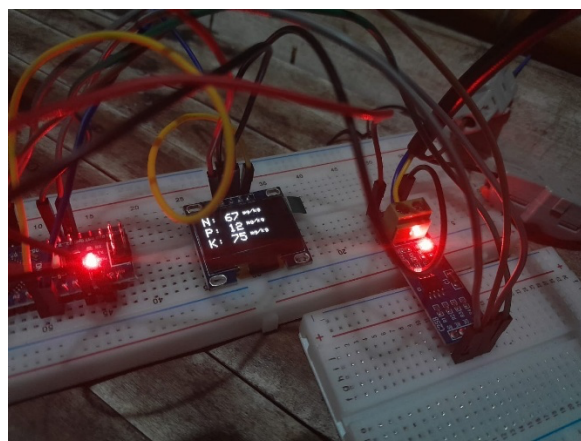
Tabel 4. Parameter Hara Makro dan Kadar Air pada Daun Sawit

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji Mutu	Metode
1	Hara makro			
	N	%	1.63	Kjeldahl
	P ₂ O ₅	%	0.16	HNO ₃ dan HClO ₄ (Spectrophotometer)
	K ₂ O	%	0.12	HNO ₃ dan HClO ₄ (Spectrophotometer)
2	Kadar Air	%	12.71	Gravimetri

Parameter hara makro dan kadar air diatas terdapat 3 unsur yaitu N (Nitrogen) hasil uji mutu 1,63% dengan menggunakan Kjeldahl untuk analisis nitrogen total sudah memenuhi syarat, P₂O₅ (fosfat dalam bentuk pentoksida fosfor) hasil uji mutu yaitu 0,16%, dan K₂O (kalium dalam bentuk oksida kalium) 0,12% dengan menggunakan metode Spectrophotometer dengan larutan HNO₃ dan HClO₄ (asam nitrat dan asam perklorat) sudah memenuhi standar yang baik. Sedangkan hasil uji mutu yang terdapat pada Kadar Air (Moisture Content) yaitu 12,71% dengan menggunakan metode Gravimetri (penimbangan sebelum dan sesudah pengeringan). Berdasarkan hasil parameter hara makro dan Kadar Air diatas, maka dapat dinyatakan bahwa daun sawit memiliki kandungan atau kadar NPK dan dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan pupuk organik NPK. Selanjutnya membuat rangkaian alat pendeteksi kadar N, P, dan K, dengan menggunakan beberapa komponen seperti adapter 12V dan kabel *Type B* dicolokkan ke dalam saklar, Tunggu sampai layar oled menunjukkan tulisan *NPK sensor initializing* dan tiga huruf N, P, dan K muncul di layar yang sama beserta angka 0. Jika berhasil (Ya), maka menghasilkan data N, P, K , selanjutnya sensor ditancapkan kedalam pupuk atau tanah yang ingin diketahui kadar NPK. Tampilan jumlah kadar nilai yang ada dalam pupuk atau tanah yang diuji NPK akan muncul pada layar.

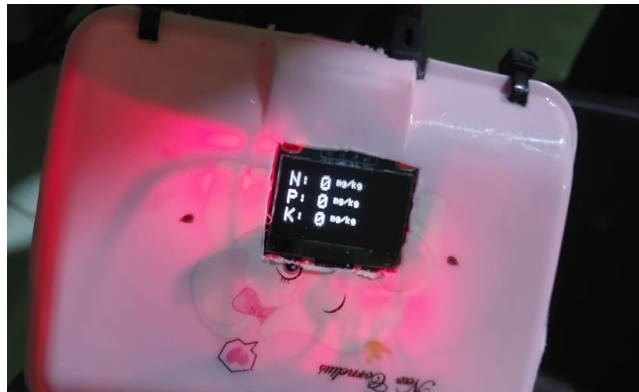


Gambar 3. Rancangan Implementasi Alat pendeteksi deteksi kadar NPK



Gambar 4. Uji Alat Pendeteksi Kadar NPK

Gambar diatas menunjukkan sebuah rangkaian sistem monitoring kadar NPK yang terdiri dari komponen-komponen elektronik yang dirangkai di atas breadboard. Arduino nano yang melakukan olah data yang dikirim oleh sensor, hasilnya ke oled display. Oled display merupakan layar kecil yang menampilkan nilai hasil pengukuran unsur hara tanah secara *real-time*, pada gambar terlihat hasil pengukuran N = 67 mg/kg, P = 12 mg/kg, dan K = 75 mg/kg dan Breadboard digunakan sebagai media penyusun rangkaian tanpa solder untuk pengujian awal sistem, sedangkan LED Indikator: Menyala sebagai tanda bahwa modul aktif dan mendapatkan catu daya. Selanjutnya dilakuakn perangkaian alat agar mudah digunakan.



Gambar 5. Tampilan Awal Jumlah Kadar Pupuk NPK

Pada tampilan awal rangkaian elektronika berbasis mikrokontroler untuk sistem monitoring unsur hara larutan nutrisi atau sensor kesuburan tanah, dengan fitur yang berfungsi mengukur kandungan NPK dari sensor tertentu untuk menampilkan hasil secara *real-time* di layar oled dengan menggunakan arduino nano. Arduino nano (kiri) merupakan penggerak utama dari rangkaian untuk mendeteksi dari bentuk dan port USB mini. Selanjutnya oled display (tengah) menampilkan nilai seperti N, P, K, yang menunjukkan tahapan awal tampilan didapat nilai 0. Sensor EC atau TDS (kanan) merupakan modul sensor dengan koneksi I2C atau analog dan LED menyala, sensor *Total Dissolved Solids / Electrical Conductivity* (TDS/EC) untuk mengukur kandungan larutan, sering digunakan untuk mengukur nutrisi hidroponik.

Pada tahap implementasi alat pada pupuk organik berbahan dasar daun sawit menggunakan sensor NPK soil, dilakukan pengujian hanya dengan bahan dasar pupuk organik daun sawit, kotoran sapi dan air yang dibuat langsung dilokasi tempat pelaksanaan implementasi yaitu di Desa Kampai-Seluma Bengkulu dengan maka hasil uji alat dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 6. Uji Sensor NPK Soil pada Pupuk Organik Daun Sawit

Hasil uji pengukuran sistem kandungan NPK pada daun sawit secara *real-time* ditampilkan secara langsung melalui oled. Dimana hasil uji kandungan kadar pada pupuk organik daun sawit yang digunakan yaitu N (Nitrogen) 97 mg/kg atau 0,0097% N, dimana kadar nitrogen 97 mg/kg (0,0097%) TIDAK memenuhi standar minimum pupuk organik, P (Fosfor) 28 mg/kg atau 0,0028%, dan K (Kalium) 113 mg/kg atau 0,0113% hasil kadar P dan K masih sangat rendah dibandingkan ambang batas minimal, hal ini dikarenakan Sensor NPK Soil mengukur kandungan nitrogen (n), fosfor (p), dan kalium (k) dalam satuan mg/kg (setara dengan ppm). Sehingga diperlukan beberapa tambahan bahan lainnya seperti bahan-bahan seperti kotoran ternak, sisa dapur organik, serta tanaman hijau segar dapat dimanfaatkan sebagai sumber nitrogen yang tinggi. Untuk meningkatkan kandungan fosfor, dapat digunakan bahan tambahan berupa batuan fosfat, abu sekam, atau

kotoran ayam. Sementara itu, unsur kalium dalam kompos dapat ditingkatkan melalui penambahan abu kayu, kulit pisang, atau penggunaan pupuk hijau[12]. Kemudian bahan disimpan atau diinkubasi lebih kurang 3 bulan atau bisa dengan menambahkan EM-4 sebagai cairan yang dapat membantu proses pengomposan lebih cepat yaitu selama 1 bulan. Berdasarkan penelitian terdahulu, pengujian alat monitoring kadar NPK pada tanah dengan menggunakan soil NPK sensor dapat di gunakan pada pengecekan kadar NPK pada pupuk Organik dari bahan daun sawit dengan hasil nilai akurat, hal ini dikarenakan sensor memiliki resolusi hingga 1 mg/kg dan akurasi sekitar $\pm 2\%$, sehingga alat dapat digunakan untuk pendektesian kadar NPK. Adapun tampilan alat ukur kandungan NPK berbasis IoT Soil NPK Sensor dengan komponen-komponen pendukung sebagai berikut:



Gambar 7. Alat Pendektesi Kadar NPK pada Pupuk Organik Daun Sawit

Gambar diatas merupakan sensor pupuk NPK (kanan), dimana Sensor berbentuk silinder putih dengan tiga batang logam (probe) yang berfungsi untuk mendeteksi kandungan NPK dalam tanah. Probe ini ditancapkan ke dalam tanah untuk membaca konsentrasi unsur hara. Sensor ini biasanya menggunakan metode elektrokonduktivitas dan terhubung dengan komunikasi data RS485 Modbus RTU. Pada bagian tengah bawah terdapat 2 jenis adaptor atau catu daya, Adaptor AC ke DC (hitam) yang berfungsi memberikan tegangan 9V atau 12V untuk memberi daya ke sensor atau mikrokontroler. Sedangkan adaptor USB (putih) digunakan untuk catu daya alternatif yang memberi daya pada modul mikrokontroler atau sistem display. Pada bagian kiri terdapat kotak kontrol atau mikrokontroler, dimana unit berwarna pink merupakan wadah atau *casing* dari mikrokontroler arduino nano dan digunakan untuk memproses hasil data dari sensor.

4. KESIMPULAN

Dalam menanggulangi mahalnya harga pupuk NPK dan sulitnya mendapatkan pupuk NPK dipasaran, guna meningkatkan hasil panen yang baik. Maka pentingnya pemanfaatan limbah daun sawit sebagai pupuk organik yang memiliki kadar NPK, adapun kebutuhan kandungan kadar NPK tambahan pada saat proses pengomposan atau formulasi pupuk, seperti menambahkan bahan kaya nitrogen (seperti kotoran hewan, limbah dapur, atau tanaman hijau segar), sedangkan pada fosfor dengan menambahkan batu fosfat, abu sekam, atau kotoran ayam dan abu kayu, kulit pisang, atau pupuk hijau untuk menaikkan kalium. Kemudian bahan disimpan atau diinkubasi lebih kurang 3 bulan atau bisa dengan menambahkan EM-4 sebagai cairan yang dapat membantu proses pengomposan lebih cepat yaitu selama 1 bulan, sehingga hasil pemanfaatan pupuk organik/kimiawi yang memiliki kadar sesuai standar dapat digunakan oleh petani khususnya petani sawit di Desa Kampai, dengan memanfaatkan alat pendektesi kadar NPK berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan Soil NPK sensor sebagai alat bantu dalam mengukur kadar NPK pada pupuk organik daun sawit secara akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Universitas Telkom dan Innovilage 2023 telah memberikan kesempatan serta bantuan pendanaan dalam implementasi alat pendektesi kadar NPK pada pupuk organik daun sawit, adapun pelaksanaan kegiatan telah di Desa Kampai, Seluma, Provinsi Bengkulu.

REFERENSI

- [1] I. Bisnis, M. Bekasi, A. Pratama, I. Ari, and E. Zaeni, "PERANCANGAN SENSOR NPK, PH, SUHU, DAN KELEMBAPAN TANAH BERBASIS IOT DAN ARDUINO UNTUK PERTANIAN MODERN," *JUPITER Teknologi Informatika & Komputer*, vol. 6, no. 1, 2025.

- [2] “S. B. Syahdika, F. C. Hasibuan, dan D. Perdana, Pengembangan Sistem Sensor Pengukuran Unsur Hara pada Tanah, e-Proceeding of Engineering, vol. 11, no. 3, pp. 1911–1916, Juni 2024. [Online]”.
- [3] M. R. Islam, K. Oliullah, M. M. Kabir, M. Alom, and M. F. Mridha, “Machine learning enabled IoT system for soil nutrients monitoring and crop recommendation,” *J Agric Food Res*, vol. 14, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.jafr.2023.100880.
- [4] S. Prakosa Adi Nugroho, Y. Fredyatama, D. Fahrani, and E. Proborini, “DESIGN AND IMPLEMENTATION SYSTEM WITH ARDUINO UNO AND MODULE ESP8266,” vol. 14, no. 1, pp. 2548–4168, 2023, doi: 10.34001/jdpt.
- [5] F. Dwi Ramadhan, M. Ficky Afrianto, L. Handayani, A. Puji Lestari, and F. Manin, “PERANCANGAN ALAT PENGUKUR KADAR UNSUR HARA NPK PUPUK KOMPOS,” *JoP*, vol. 8, no. 1, pp. 55–60, 2022.
- [6] Y. B. Widodo, A. Gunawan, and T. Sutabri, “Perancangan Sistem Monitoring Nutrisi pada Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno,” *Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer*, vol. 8, no. 1, pp. 200–214, Mar. 2022, doi: 10.37012/jtik.v8i1.850.
- [7] S. Ratna, “DESAIN DAN IMPLEMENTASI ALAT UKUR UNSUR HARA TANAH MENGGUNAKAN SENSOR NPK BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN),” *Technologia*, vol. 14, no. 4, 2023, doi: 10.31602/tji.v14i3.12756.
- [8] A. Moruk, H. Hermantoro, and T. Suparyanto, “Monitoring Tingkat Ph dan Kandungan NPK pada Proses Composting Tandan Kosong Kelapa Sawit,” *AGRICULTURAL ENGINEERING INNOVATION JOURNAL*, vol. 1, no. 2, pp. 121–130, Jul. 2023, doi: 10.55180/aei.v1i2.722.
- [9] A. Naveen, “Monitoring of Soil Nutrients Using Soil NPK Sensor and Arduino,” 2024, doi: 10.53550/EEC.2023.v30i01s.049.
- [10] P. Limbah Daun Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Pupuk Kompos Ramayanty Bulan *et al.*, “Pemanfaatan Limbah Daun Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Pupuk Kompos,” 2016. [Online]. Available: <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/RTP>
- [11] “Pasal 1 Dalam Peraturan Menteri ini yang dimaksud dengan.”
- [12] dan Taufiq Rinda Alkas Politeknik Pertanian Negeri Samarinda Kampus Gunung Panjang JISamaratulangi Samarinda, “PEMANFAATAN LIMBAH PELEPAH DAN DAUN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) SEBAGAI PUPUK KOMPOS Utilization Of Waste District And Palm Oil Leaves (*Elaeis guineensis* jacq) As Composted Fertilizers,” *Jurnal Hutan Tropis*, vol. 5, no. 3, 2017.
- [13] T. Blesslin Sheeba *et al.*, “Machine Learning Algorithm for Soil Analysis and Classification of Micronutrients in IoT-Enabled Automated Farms,” *J Nanomater*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/5343965.
- [14] M. Akmal and N. Putri Husain, “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Unsur Hara Tanah Pada Tanaman Tomat Berbasis Sensor NPK,” 2024. [Online]. Available: <https://jiktif.ft-uim.ac.id>
- [15] B. Santoso, S. Rahman, and A. Sembiring, “RANCANGAN BANGUN MINIATUR SISTEM ALAT PENGUKURAN STANDAR KEBISINGAN KNALPOT SEPEDA MOTOR BERBASIS ARDUINO UNO,” *Jurnal METHODIKA*.
- [16] A. Naveen, “Monitoring of Soil Nutrients Using Soil NPK Sensor and Arduino,” 2024, doi: 10.53550/EEC.2023.v30i01s.049.