

An internet of things-based monitoring system for agricultural land suitability for oil palm planting

Amriansyah Simatupang*, Mulkan Iskandar Nasution, Muhammad Nuh

Department of Physics, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Deli Serdang 20371, Indonesia

*Corresponding author: amriansyahsima@gmail.com

ABSTRACT

Oil palm is the most productive type of plant in producing vegetable oil. The development of the industrial revolution led to an explosion in demand for vegetable oil so palm oil was a major contributor to the country's foreign exchange. Indonesia is one of the countries with the largest oil palm plantations in the world. However, the yields produced are still not optimal due to several factors, namely the condition of soil pH, soil moisture, and the surrounding temperature. Soil contains nutrients such as nitrogen (N), potassium (K), and phosphorus (P) which oil palm plants need in certain amounts to grow. To find out the quality of the soil, several methods are carried out by taking a soil sample and using a soil pH meter, however, this method requires a long time and the measurement is only limited to measuring soil pH. This research produced a system for detecting soil pH, soil moisture, and temperature around the soil on an IoT-based land that will be planted with oil palm, as the controller is NodeMCU ESP32. This tool displays soil pH, soil moisture, and air temperature on the LCD screen and the Blynk application page so that it can be accessed anytime and anywhere. This will make it easier for oil palm farmers to obtain accurate information before planting oil palm on vacant land. After testing and data collection, the soil pH sensor has a good correlation with an error rate of 1.71%, soil moisture of 1.23%, and air temperature of 4.04%. So that this sensor can be implemented on vacant land before planting oil palm.

Keywords: Air temperature (DHT 11); ESP32; IoT; palm oil; soil moisture; soil pH

Received 08-08-2023 | Revised 14-12-2023 | Accepted 15-12-2023 | Published 28-03-2024

PENDAHULUAN

Kelapa sawit adalah salah satu komoditas perkebunan yang memiliki pengaruh dalam pertumbuhan ekonomi Indonesia. Data Statistik Perkebunan Kementerian Pertanian (Kementan) menunjukkan, estimasi produksi kelapa sawit dalam bentuk minyak sawit (*crude palm oil*, CPO) mencapai 45,58 juta ton pada 2022. Jumlahnya meningkat 1,02% dibandingkan pada 2021 yang sebesar 45,12 juta ton [1]. Sehingga penanaman budidaya sawit semakin berkembang disetiap daerahnya. Namun, masih banyak hasil produksi kelapa sawit yang masih belum optimal, karena salah satu faktornya adalah ketersediaan unsur hara tanah pada lahan yang tidak sesuai [2, 3]. Penelitian sebelumnya oleh Utomo *et al.* (2021), dengan judul sistem monitoring pembibitan kelapa sawit berbasis *internet of things* (IoT), dalam hal ini beliau

memaparkan tentang *monitoring* dalam pembibitan sawit dalam polibek atau dalam skala lahan yang kecil [4]. Oleh Jauhary (2018) dengan judul aplikasi sistem monitoring tanaman berbasis android [5], kemudian oleh Wigena *et al.* (2009) dengan judul karakteristik tanah dan iklim serta kesesuaiannya untuk kebun kelapa sawit plasma di Sei Pagar, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau [6], bahwa dari beberapa penelitian terdahulu tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan dan mengkomplitkan proses mempermudah petani dan perusahaan dalam mengetahui informasi lahan yang sesuai untuk tanaman kelapa sawit dengan memanfaatkan perkembangan teknologi IoT dan *machine learning*. IoT adalah infrastruktur global untuk masyarakat infomasi, memungkinkan layanan yang canggih, dengan menghubungkan objek (*things*) baik fisik maupun virtual berdasarkan

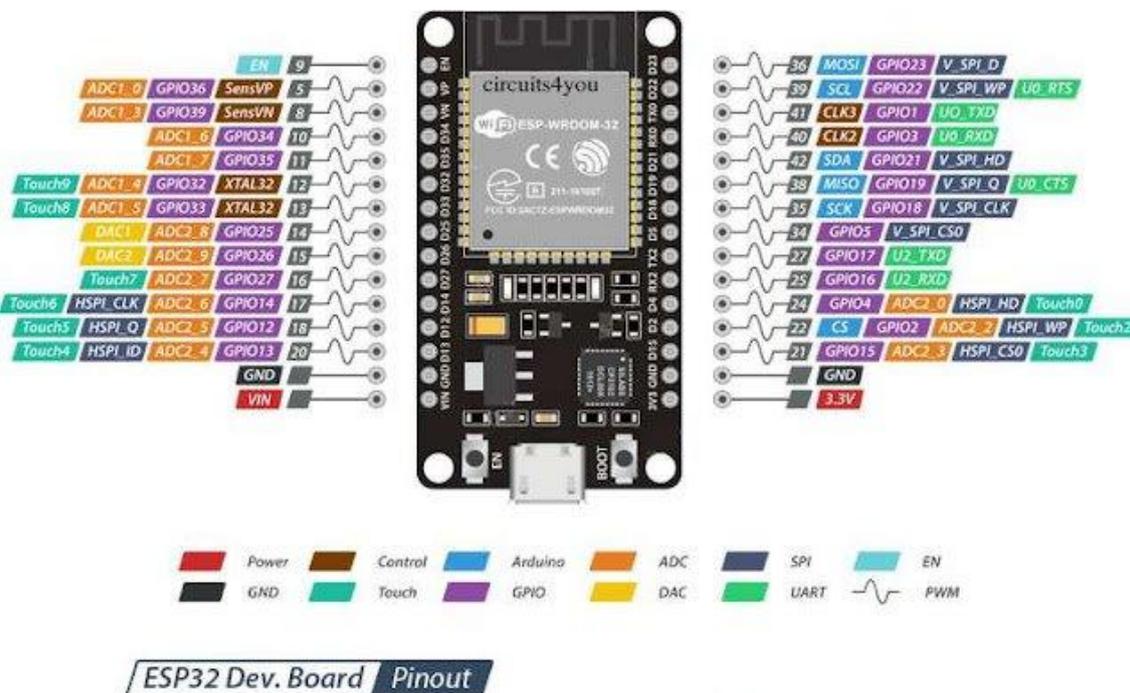
teknologi pertukaran informasi saat ini dan perkembangannya serta teknologi komunikasi [7]. Dengan mikrokontroler *board* NodeMCU membuat sistem *monitoring* untuk kesesuaian lahan dalam penanaman kelapa sawit. Adapun beberapa sensor yang dimanfaatkan adalah sensor pH tanah, sensor kelembaban beserta komponen elektronika pendukung lainnya. Kemudian penelitian ini juga menggunakan *web server* dan *database server* sebagai informasi dan *monitoring* dalam menentukan kualitas tanah dan perubahan iklim pada sebuah lahan tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) adalah tanaman yang berasal dari benua Afrika. Tanaman ini dapat tumbuh dengan curah hujan yang ideal sekitar 2.000 mm/tahun dan suhu rata-rata untuk produksi buah pertahun berkisar antara 22°C – 23°C serta dapat hidup di tanah gambut, pasang surut, dan mineral. Kelapa sawit akan tumbuh baik pada daerah dengan curah hujan yang stabil yang turun merata sepanjang tahun (2.500 – 3.000 mm) dengan

kelembaban yang tinggi (80% – 90%). Pola curah hujan tahunan sangat mempengaruhi perilaku pada proses pembungaan dan produksi buah sawit. Variasi suhu yang tidak terlalu tinggi yaitu berkisar antara 25°C – 27°C sangat cocok untuk pertumbuhannya. Sementara untuk jenis tanah yang sesuai adalah jenis tanah latosol, podsolik merah kuning, tanah aluvial, dan cocok juga pada tanah organosol atau tanah gambut [8]. Dalam hal ini pH tanah untuk kelapa sawit optimum antara 5,0 – 5,5 meskipun dapat tumbuh pada toleransi pH antara 4,0 sampai dengan 6,5.

IoT merupakan struktur berbasis internet yang menghubungkan benda fisik atau virtual melalui komunikasi dengan sensor dan terkoneksi dengan ke jaringan internet. Pada penelitian ini sendiri perangkat IoT yang digunakan adalah mikrokontroler NodeMCU ESP 32 (lihat Gambar 1). Mikrokontroler ini akan mentransmisikan data hasil pengukuran sensor dan *output* ke *web server*. *Web server* akan menyimpan data tersebut ke dalam sistem *database*. Hasil data akan ditampilkan dengan *user interface* [9].



Gambar 1. NodeMCU ESP32.

NodeMCU ESP32 merupakan model turunan pengembangan dari modul platform

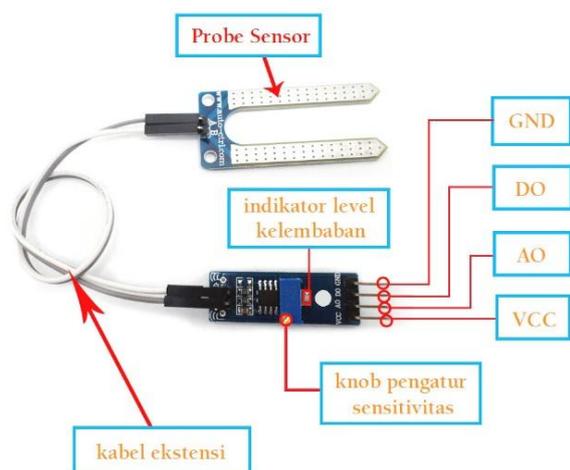
NodeMCU ESP 32. ESP 32 dikenal dengan Espressif *System* yaitu sebagai penerus dari

mikrokontroler ESP 8266. Kelebihan ESP 32 sudah terdapat Wi-Fi dan *bluetooth* di dalamnya, sehingga akan sangat memudahkan untuk membuat sistem IoT yang memerlukan *wireless* [10].



Gambar 2. Sensor pH tanah.

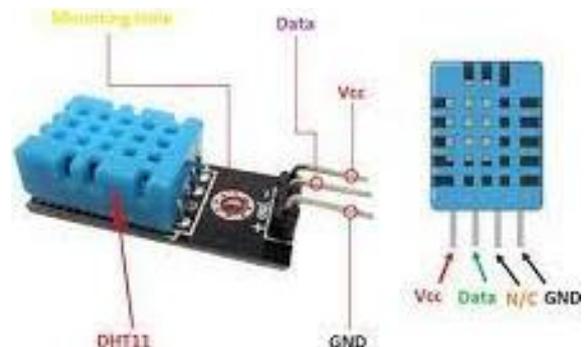
Sensor pH tanah yaitu sensor yang mendeteksi tingkat konsentrasi tanah atau tingkat keasaman tanah (lihat Gambar 2). Sensor ini dapat merubah nilai keluaran dari sensor menjadi analog berbentuk sinyal *voltage*. Skala pH yang dapat diukur oleh sensor pH tanah ini memiliki *range* 3,5 hingga 8. Sensor ini dapat langsung disambungkan dengan *pin* analog Arduino maupun *pin* analog mikrokontroler lainnya, tanpa harus memakai modul penguat tambahan.



Gambar 3. Sensor kelembaban tanah.

Sensor kelembaban tanah merupakan sensor yang mampu mendeteksi intensitas air didalam air di dalam tanah (*moisture*) (lihat Gambar 3). Sensor ini terdiri dari 2 *probe* untuk melewati arus melalui tanah, kemudian

membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembaban tanah tersebut. Sensor menghantarkan tegangan analog atau tegangan listrik dengan nilai 3,3 – 3,5 V. Cara kerja sensor ini dengan memasukkan sensor ke dalam media tanam dan akan diukur nilai kelembaban tanah pada sebuah lahan.

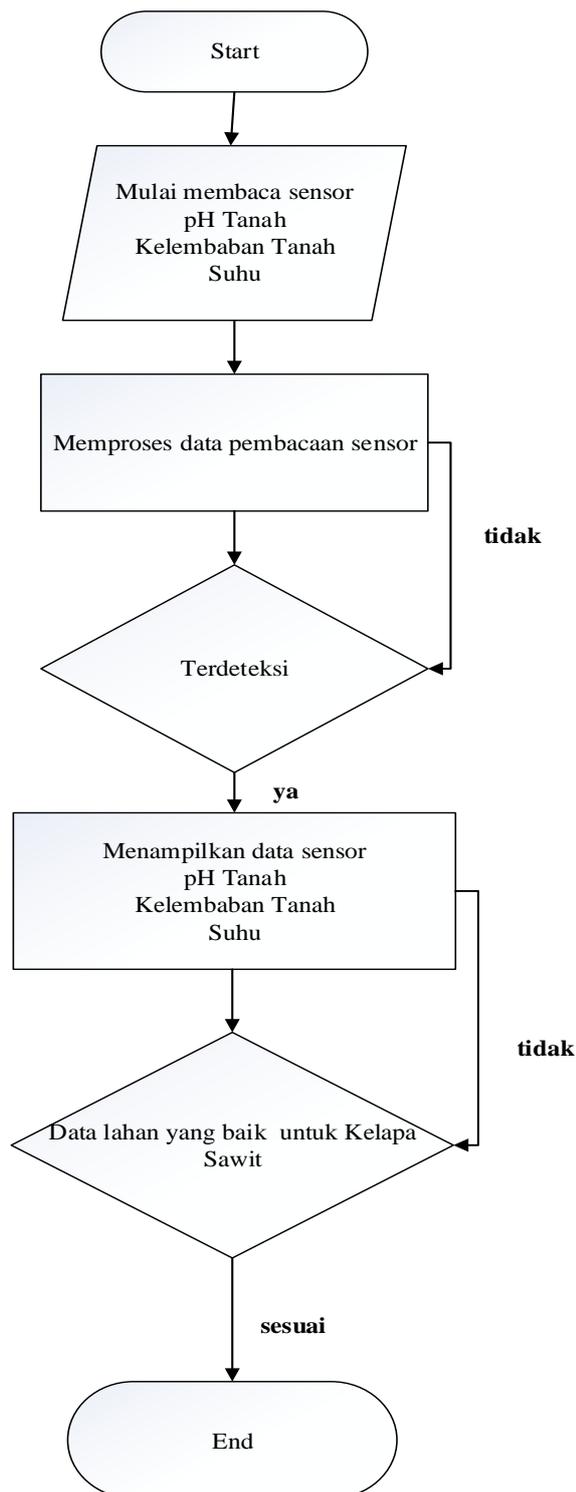


Gambar 4. Sensor suhu DHT 11.

Sensor DHT 11 adalah *module* sensor yang berfungsi untuk mendeteksi objek suhu dan kelembaban yang memiliki output tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler. Cara DHT11 mengukur kelembaban adalah dengan mendeteksi uap air dengan mengukur resistansi antara dua elektroda. Komponen pendeteksi kelembaban yang digunakan adalah berupa substrat penahan kelembaban dengan elektroda.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini divisualisasikan melalui *flowchart* alur penelitian seperti yang ditampilkan pada Gambar 5. Metode penelitian ini dimulai dengan mencari data lahan yang baik untuk penanaman kelapa sawit dengan mengumpulkan informasi berupa teori dan referensi yang digunakan pada penelitian. Selanjutnya pembuatan alat secara mekanik, elektrik, dan program. Kemudian pembuatan kode program dilakukan untuk sistem *monitoring* yang berisikan *rest API* dan *user interface*, lalu dilanjutkan dengan kode program mikrokontroler. Setelah kode program dibuat maka dilakukan kalibrasi elektrik dan mekanik, yaitu seluruh sensor dan *ouput*.



Gambar 5. Flowchart sistem kerja alat.

Tahap selanjutnya ketika berhasil melakukan kalibrasi pada sensor dan *output* sudah akurat, maka dilakukan prototipe secara keseluruhan. Jika sistem berhasil bekerja sesuai dengan kondisinya maka dilakukan analisa. Diuji hasil pembuatan prototipe secara utuh. Hasil yang ditampilkan pada alat akan

dibandingkan dengan data lahan yang baik dalam proses penanaman kelapa sawit.

Perancangan Diagram Blok Sistem

Perancangan dan pembuatan alat pada penelitian ini berisi tentang rencana pembuatan dan pemodelan pengontrol tingkat salinitas secara detail mulai dari perancangan mekanik hingga perancangan sistem kendali. Perancangan dan pembuatan alat pada penelitian ini berisi tentang rencana pembuatan dan pemodelan pengontrol tingkat salinitas secara detail mulai dari perancangan mekanik hingga perancangan sistem kendali.

Sesuai dengan *diagram blog* diatas pada Gambar 6 proses berjalannya Sistem Monitoring yaitu :

- Pengukur yang dilakukan seperti suhu, kelembaban, dan pH tanah yang dihasilkan dari sensor merupakan blok masukan. Keluaran yang dihasilkan akan diubah kebesaran tegangan, arus, maupun hambatan.
- Hasil pembacaan sensor dikirim dan dibaca oleh mikrokontroler (Arduino) pada saat bersamaan nilai pengukuran yang dihasilkan dan pembacaan tersebut di kirim ke *App server* dengan bantuan modul Wi-Fi yang terhubung dengan Internet.
- Dari hasil pembacaan parameter ukur dapat diamati dalam sebuah *smartphone* yang terpasang aplikasi (Blynk).
- Pada bagian *output* menampilkan hasil pembacaan menggunakan LCD.

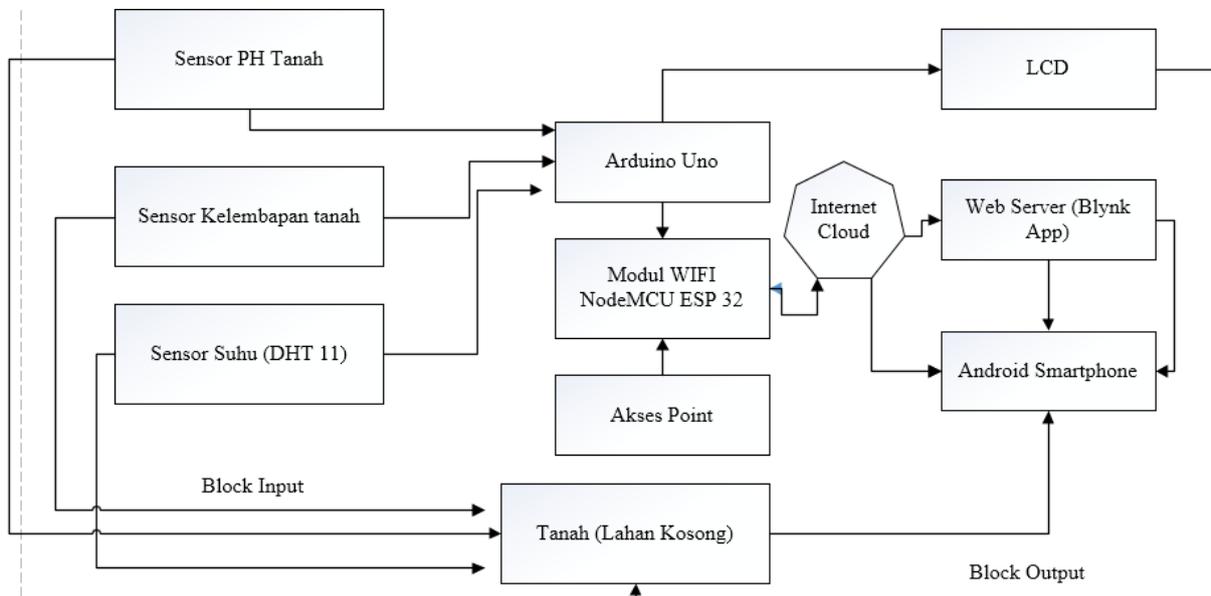
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sensor pH Tanah

Dari hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan data menghasilkan nilai yang hampir sama. Nilai *error* yang didapatkan berjumlah 7,11% yang berarti pendekatan nilai yang dihasilkan alat ukur dengan alat pembanding (*pH meter digital*) dikatakan cukup baik. Kesalahan pada proses kalibrasi data dapat mengakibatkan nilai

error yang cukup besar. Hal tersebut bisa disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya yaitu sensor yang digunakan tidak dibersihkan dengan baik sehingga *probe* pada sensor mengalami *error* data yang didapatkan kurang

akurat, sehingga dapat dikatakan pengujian ini berhasil dan sensor yang digunakan dalam keadaan baik dan tidak memiliki perbedaan *error* yang terlalu jauh.



Gambar 6. Perancangan diagram blok sistem.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor pH tanah.

Hasil nilai sensor pH tanah alat	Hasil nilai pH tanah pembandingan <i>pH meter digital</i>	<i>Error (%)</i>
6,16	6,50	5,23
6,20	6,50	4,61
6,35	6,50	2,30
6,53	6,50	0,46
6,54	6,50	0,61
6,55	6,50	0,76
6,55	6,50	0,76
6,55	6,50	0,76
6,55	6,50	0,76
6,56	6,50	0,92
Total error		7,11

$$\text{Nilai error} = \frac{\text{Nilai pembandingan} - \text{Nilai ukur}}{\text{Nilai pembandingan}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Total error} = \frac{\text{Jumlah persen error}}{\text{Jumlah data}} \times 100\% \quad (2)$$

Pengujian Sensor Kelembaban Tanah (*Soil Moisture*)

Pengujian sensor kelembaban tanah (*soil moisture*) dilakukan pada sebuah pot bunga

yang terdapat tanah didalamnya. Dengan menancapkan sensor kelembaban tanah (*soil moisture*) untuk mengukur persentase dan perbandingan nilai pengukuran sensor kelembaban tanah pada alat dengan *soil moisture analog* sebagai pembandingan alat. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Sebanyak 10 kali pengulangan didapatkan nilai dari hasil sensor kelembaban tanah (*soil moisture*) alat yang berkisar antara 57% – 59%, Sedangkan nilai dari alat pembandingan

kelembaban tanah (*soil moisture analog*) berkisar antara 56% – 58% yang menunjukkan bahwa perbedaan nilai yang tidak terlalu jauh.

Hal ini dibuktikan dengan persen *error* yang berkisar antara 0% – 1,7% sehingga total *error* yang didapat adalah 12,31%.

Table 2. Hasil pengujian sensor kelembaban tanah.

Hasil nilai sensor kelembaban tanah <i>soil moisture</i> (%)	Hasil nilai kelembaban tanah pembeding <i>soil moisture analog</i> (%)	<i>Error</i> (%)
57	56	1,78
57	56	1,78
57	56	1,78
57	57	0,00
58	57	1,75
58	57	1,75
59	58	1,72
58	57	1,75
57	57	0,00
57	57	0,00
Total error		12,31



Gambar 7. Pengujian sensor *soil moisture*.

Pengujian Sensor DHT 11

Dari hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan terlihat bahwa sensor DHT 11 pada alat bernilai 31°C, Sedangkan nilai yang dihasilkan dari alat pembeding *thermometer hygrometer* bernilai 30°C perbedaan nilai yang tidak terlalu jauh diantara kedua alat tersebut. Dapat dilihat dari persentase nilai *error* yang berjumlah 40,48%.

Maka dapat dikatakan bahwa alat sensor DHT11 pada alat berfungsi dengan baik.

Hasil Sistem *Monitoring* pada Lahan

Setelah mendapatkan media tanam dalam arti lokasi yang akan ditanami pohon kelapa sawit maka tahap selanjutnya Pembuatan lubang bisa dilakukan secara manual menggunakan alat cangkul atau *hole digger*, sedangkan untuk pengujian ini menggunakan 2 lubang dengan kedalaman yang sama yaitu 20 cm. Jarak antara yang pertama dengan lubang yang kedua adalah 2 meter. Pengukuran dilaksanakan selama 2 hari dengan keadaan pagi hari pukul (10.00 – 11.00 WIB) dan sore hari pukul (15.00 – 16.00 WIB).

Pengukuran kondisi pH tanah, suhu, dan kelembaban tanah dilakukan selama 2 hari pada pagi dan sore hari menggunakan 2 lubang yang kedalamannya sama. Pengukuran ini menghasilkan perbedaan nilai yang tidak terlalu jauh antara lubang pertama dengan lubang yang kedua. Hal ini menunjukkan bahwa lahan yang diukur sesuai untuk ditanami kelapa sawit, dikarenakan pH tanah berkisar antara 6 – 7 pada pagi dan sore hari. Pengukuran pada suhu berkisar antara 30°C – 31°C pada pagi dan sore hari berkisar antara 32°C – 35°C. Pengukuran kelembaban tanah berkisar antara 70% – 75%.

Tabel 3. Hasil pengujian sensor DHT11.

Hasil nilai sensor DHT11 pada alat (°C)	Hasil nilai sensor suhu pembanding thermometer hygrometer (%)	Error (%)
31,80	30,09	5,68
31,80	30,09	5,68
31,60	30,07	5,08
31,60	30,07	5,08
31,00	30,05	3,16
31,00	30,05	3,16
31,00	30,05	3,16
31,00	30,05	3,16
31,00	30,05	3,16
31,00	30,05	3,16
Total error		40,48

Tabel 4. Hasil sistem *monitoring* lubang ke-1.

Waktu	pH tanah	Kelembaban tanah (%)	Suhu (°C)
10/07/2023 (Pagi)	6,79	75,00	33,80
	6,51	75,00	33,80
	6,59	75,00	33,80
	6,53	75,00	33,80
	6,55	75,00	33,80
10/07/2023 (Sore)	7,70	73,00	35,60
	6,98	73,00	35,60
	6,97	73,00	35,60
	7,01	72,00	35,60
	7,01	73,00	36,50
7,01	73,00	35,60	

Tabel 5. Hasil sistem *monitoring* lubang ke-2.

Waktu	pH tanah	Kelembaban tanah (%)	Suhu (°C)
10/07/2023 (Pagi)	6,16	76,00	33,80
	6,57	76,00	33,80
	6,50	75,00	33,80
	6,51	75,00	33,80
	6,58	75,00	33,80
6,48	75,00	33,80	
10/07/2023 (Sore)	7,71	73,00	35,20
	6,98	72,00	35,30
	7,02	74,00	35,20
	7,03	73,00	35,30
	7,02	73,00	35,20
7,01	74,00	35,20	

Secara *default* sistem akan bekerja dan melakukan pengontrolan secara otomatis sesuai dengan program yang diberikan. Sistem akan menampilkan hasil dari sensor pH tanah, kelembaban tanah, dan suhu pada aplikasi Blynk. Jika nilai pH tanah diatas > 5 , nilai

kelembaban tanah diatas $> 70\%$ dan nilai suhu diatas $> 25^{\circ}\text{C}$, maka sistem dan tampilan pada LCD menunjukkan informasi bahwa lahan sesuai untuk ditanami kelapa sawit dan apabila pH tanah dibawah < 5 , nilai kelembaban tanah dibawah $< 70\%$ dan nilai suhu dibawah $< 25^{\circ}\text{C}$ LCD menunjukkan lahan tidak sesuai. Esp32 digunakan juga sebagai pengkoneksi antara jaringan Wi-Fi dengan *smartphone* untuk menghubungkan serta menjalankan aplikasi Blynk. Tampilan LCD dapat dilihat seperti Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Tampilan pada LCD.



Gambar 9. Tampilan aplikasi Blynk.

KESIMPULAN

Kesimpulan berdasarkan penelitian yang telah direncanakan dan dirancang peralatan, maka diperoleh beberapa kesimpulan bahwa kelapa sawit dapat tumbuh dengan keadaan variasi suhu yang tidak terlalu tinggi yaitu berkisar antara 25°C – 27°C. Sementara untuk jenis tanah yang sesuai adalah jenis tanah latosol, podsolik merah kuning, tanah *alluvial*, dan bisa juga pada tanah organosol atau tanah gambur. pH tanah untuk kelapa sawit 5 – 5,5 meskipun dapat tumbuh pada toleransi pH antara 4,0 sampai dengan 6,5. Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa alat akan mendeteksi sebuah lahan kosong. Jika nilai pH tanah terdeteksi diatas 5, nilai kelembaban tanah diatas 70% dan suhu di atas 25°C maka alat menginformasikan “lahan sesuai” apabila sebaliknya nilai pH tanah dibawah 5, nilai kelembaban tanah dibawah 70% dan suhu dibawah 25°C maka alat menginformasikan “lahan tidak sesuai”. Dari hasil penelitian yang dilakukan di daerah Desa Asahan Mati, Kecamatan Tanjungbalai, Kabupaten Asahan alat mendeteksi bahwa “lahan sesuai” untuk ditanami kelapa sawit. Alat yang dirancang ini memiliki kelebihan dan kekurangan. Alat ini dapat mengukur nilai pH tanah, kelembaban tanah, dan suhu udara dengan otomatis. Akan tetapi alat ini memiliki batas jarak informasi yang diterimanya dikarenakan bergantung pada jaringan Wi-Fi.

REFERENSI

1. Alatas, A. (2015). Trend produksi dan ekspor minyak sawit (CPO) Indonesia. *AGRARIS: Journal of Agribusiness and Rural Development Research*, **1**(2), 114–124.
2. Nugroho, T. C., Oksana, O., & Aryanti, E (2013). Analisis sifat kimia tanah gambut yang dikonversi menjadi perkebunan. *Jurnal Agroteknologi*, **4**(1), 25–30.
3. Afrizon, A. (2017). Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Dengan Pemberian Pupuk Organik dan Anorganik. *AGRITEPA: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*, **4**(1), 95–105.
4. Utomo, G. D., Triyanto, D., & Ristian, U. (2021). Sistem monitoring dan kontrol pembibitan kelapa sawit berbasis internet of things. *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, **9**(02), 176–185.
5. Jauhary, T. (2018). *Aplikasi Sistem Monitoring Tanaman Berbasis Android*. Doctoral dissertation, Universitas Komputer Indonesia.
6. Wigena, I. G. P., Sudradjat, S. R. P., & Sitorus, H. S. (2009). Karakterisasi tanah dan iklim serta kesesuaiannya untuk kebun kelapa sawit plasma di Sei Pagar, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. *Jurnal Tanah dan Iklim*, **30**, 1–16.
7. Wang, C., Daneshmand, M., Dohler, M., Mao, X., Hu, R. Q., & Wang, H. (2013). Guest Editorial-Special issue on internet of things (IoT): Architecture, protocols and services. *IEEE Sensors Journal*, **13**(10), 3505–3510.
8. Pahan, I. (2012). *Panduan teknis budidaya kelapa sawit*. Penebar Swadaya Grup.
9. Juniardy, V. R., Triyanto, D., & Brianorman, Y. (2014). Prototype alat penyemprot air otomatis pada kebun pembibitan sawit berbasis sensor kelembaban dan mikrokontroler AVR ATMEGA8. *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, **2**(3).
10. Wicaksono, A. W., Widasari, E. R., & Utamingrum, F. (2017). Implementasi Sistem Kontrol dan Monitoring pH pada Tanaman Kentang Aeroponik secara Wireless. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, **1**(5), 386–398.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)