



Prototipe Alat Pemupukan Kelapa Sawit

Nina Paramitha¹, Muhammad Firzon²

Universitas Bina Darma ^{1,2}

e-mail: nina_paramitha@binadarma.ac.id

Abstract

Oil palm is one of Indonesia's main plantation commodities, whose productivity is strongly influenced by soil nutrient availability. Fertilization processes that do not consider soil conditions may lead to inappropriate fertilizer application. This study aims to design and test a prototype of an automatic oil palm fertilization system based on sensors and a microcontroller. The research method employed is Research and Development (R&D), which includes literature review, system design, hardware assembly, microcontroller programming, and system performance testing. The system utilizes a soil moisture sensor as the basis for fertilization and irrigation control, and an ultrasonic sensor for obstacle detection. The test results indicate that all system components operate with stable voltage values and comply with their technical specifications. The obstacle detection system is able to detect objects up to a distance of 100 cm and provides appropriate responses to the movement of the device. In addition, the automatic fertilization and irrigation system operates based on soil moisture conditions, where actions are performed when the soil is classified as dry. These results demonstrate that the developed prototype is capable of performing automatic oil palm fertilization in accordance with environmental conditions.

Keywords: Automatic Fertilization, Microcontroller, Soil Moisture Sensor, Prototype.

Abstrak

Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan utama di Indonesia yang produktivitasnya sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara dalam tanah. Proses pemupukan yang dilakukan tanpa mempertimbangkan kondisi tanah berpotensi menyebabkan penggunaan pupuk yang kurang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji prototipe alat pemupukan kelapa sawit berbasis sistem kendali otomatis dengan memanfaatkan sensor dan mikrokontroler. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D), yang meliputi tahap studi literatur, perancangan sistem, perakitan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler, serta pengujian kinerja alat. Sistem dirancang menggunakan sensor kelembapan tanah sebagai dasar pengambilan keputusan pemupukan dan penyiraman, serta sensor ultrasonik sebagai sistem deteksi hambatan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem memiliki nilai tegangan yang stabil dan sesuai dengan spesifikasi. Sistem deteksi hambatan mampu mendeteksi objek hingga jarak 100 cm dan memberikan respons yang sesuai terhadap pergerakan alat. Selain itu, sistem pemupukan dan penyiraman otomatis mampu bekerja berdasarkan kondisi kelembapan tanah, di mana tindakan dilakukan ketika tanah berada pada kondisi kering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe alat mampu menjalankan fungsi pemupukan kelapa sawit secara otomatis sesuai dengan kondisi lingkungan.

Kata Kunci: Pemupukan Otomatis, Mikrokontroler, Sensor Kelembapan Tanah, Prototipe.

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan utama di Indonesia yang produktivitasnya sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara dalam tanah. Pemupukan menjadi salah satu kegiatan penting dalam budidaya kelapa sawit karena berperan dalam mendukung pertumbuhan dan hasil produksi tanaman. Pengelolaan pemupukan yang tidak memperhatikan kondisi tanah dapat menyebabkan ketidaksesuaian pemberian pupuk dan berdampak pada pertumbuhan tanaman (Herdiansah & Lontoh, 2018).

Perkembangan teknologi mendorong penerapan sistem berbasis mikrokontroler dan sensor dalam bidang pertanian, khususnya untuk pemantauan kondisi lingkungan tanaman. Pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) dan sensor tanah telah banyak digunakan untuk memantau kelembapan tanah serta mengendalikan sistem penyiraman secara otomatis (Febrina et al., 2021; Sandi & Fatma, 2023). Penerapan sistem otomatis ini membantu pengguna dalam memantau kondisi lahan secara berkelanjutan dan mengurangi ketergantungan terhadap proses manual. Namun demikian, penerapan teknologi otomatis pada sistem pemupukan kelapa sawit masih relatif terbatas dan belum sepenuhnya terintegrasi dengan kondisi tanah secara langsung (Darusman, 2023). Oleh karena itu, diperlukan suatu alat yang mampu membantu proses pemupukan secara terkontrol berdasarkan kondisi lahan. Penelitian ini berfokus pada perancangan prototipe alat pemupukan kelapa sawit berbasis sistem kendali otomatis dengan memanfaatkan sensor dan mikrokontroler. Sistem ini dirancang sebagai pengembangan dari konsep otomasi pemupukan berbasis mikrokontroler yang telah diterapkan pada sektor pertanian dan hortikultura (Akbar & Borman, 2021).

Pemupukan merupakan kegiatan penting dalam budidaya kelapa sawit karena berfungsi menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk mendukung pertumbuhan dan produksi. Manajemen pemupukan yang tepat perlu mempertimbangkan kondisi tanah agar proses pemberian pupuk dapat berlangsung sesuai kebutuhan tanaman (Herdiansah & Lontoh, 2018). Perkembangan teknologi pertanian mendorong penggunaan sistem otomatis berbasis sensor dan mikrokontroler untuk memantau kondisi lahan. Sensor kelembapan tanah banyak digunakan untuk mengetahui kondisi kadar air dalam tanah sebagai dasar pengambilan keputusan pada sistem penyiraman maupun pemupukan otomatis (Febrina et al., 2021; Mardika & Kartadie, 2019). Sistem tersebut mampu memberikan data kondisi tanah secara real-time dan berkelanjutan.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis mikrokontroler Arduino mampu menyesuaikan respons sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan dengan memanfaatkan sensor dan aktuator sebagai penggerak proses (Akbar & Borman, 2021; Suradi et al., 2018). Penggunaan motor servo

dan relay sebagai aktuator banyak diterapkan dalam sistem otomatis untuk mendukung pergerakan mekanik dan pengendalian aliran (Nasution et al., 2023; Salim et al., 2020). Selain itu, penerapan sensor ultrasonik dalam sistem robotika digunakan untuk mendeteksi hambatan dan mendukung pergerakan alat secara aman. Integrasi sistem monitoring dan komunikasi berbasis IoT juga telah dikembangkan pada berbagai aplikasi, seperti monitoring daya listrik dan sistem kendali jarak jauh (Gunawan, 2019; Pangestu et al., 2019; Toby et al., 2021). Konsep tersebut menjadi dasar dalam pengembangan sistem pemupukan otomatis yang terintegrasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan tujuan merancang dan menguji prototipe alat pemupukan kelapa sawit berbasis sistem otomatis. Metode ini umum digunakan dalam pengembangan perangkat berbasis mikrokontroler dan sistem otomasi pertanian (Akbar & Borman, 2021). Tahapan penelitian meliputi studi literatur, perancangan sistem, perakitan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler, serta pengujian alat. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teori terkait pemupukan kelapa sawit, sensor kelembapan tanah, aktuator, dan sistem kendali otomatis (Febrina et al., 2021; Mardika & Kartadie, 2019). Alat dan bahan penelitian terdiri dari sensor kelembapan tanah, sensor ultrasonik, mikrokontroler sebagai pengendali utama, aktuator berupa motor dan relay, serta komponen pendukung lainnya. Sensor digunakan untuk mendeteksi kondisi lingkungan, sedangkan mikrokontroler berfungsi mengolah data dan memberikan perintah ke aktuator sesuai dengan logika sistem (Salim et al., 2020; Suradi et al., 2018). Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan hasil pengujian sistem terhadap fungsi yang dirancang, sebagaimana diterapkan pada penelitian sistem otomatis berbasis mikrokontroler sebelumnya.

PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja alat secara keseluruhan, meliputi pengujian kelistrikan dan pengujian fungsional. Pengujian tegangan dan arus dilakukan untuk memastikan setiap komponen bekerja sesuai spesifikasi, sebagaimana diterapkan pada pengujian sistem berbasis Arduino dan IoT (Pangestu et al., 2019; Toby et al., 2021). Selain pengujian kelistrikan, dilakukan pengujian fungsional pada sensor dan aktuator untuk memastikan sistem bekerja sesuai dengan perancangan. Sensor ultrasonik diuji untuk mengetahui kemampuan deteksi objek pada jarak tertentu, sedangkan sensor soil diuji untuk mengukur kelembapan tanah serta memverifikasi respons sistem terhadap kondisi tanah. Hasil pengujian selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel untuk memudahkan analisis dan pembahasan terhadap kinerja sistem secara keseluruhan.

Pengujian Kinerja Sistem Deteksi Hambatan

Pengujian kinerja sistem deteksi hambatan dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dalam mendeteksi keberadaan objek di sekitar area kerja serta respons pergerakan alat selama proses pemupukan.

Tabel 1

Pengujian Kinerja Sistem Deteksi Hambatan

No	Jarak Terukur (cm)	Terdeteksi Objek	Kondisi Robot
1	0-10	Ya	Robot Berhenti
2	11-20	Ya	Robot Berhenti
3	21-30	Ya	Robot Tetap Jalan
4	31-40	Ya	Robot Tetap Jalan
5	41-50	Ya	Robot Tetap Jalan
6	51-60	Ya	Robot Tetap Jalan
7	61-70	Ya	Robot Tetap Jalan
8	71-80	Ya	Robot Tetap Jalan
9	81-100	Ya	Robot Tetap Jalan
10	> 100	Tidak	Robot Tetap Jalan

Sumber: Data diolah, 2024

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 4.3, sistem mampu mendeteksi hambatan hingga jarak 100 cm. Alat berhenti secara otomatis ketika objek terdeteksi pada jarak 0–20 cm untuk mencegah terjadinya tabrakan, sedangkan pada jarak di atas 20 cm alat tetap bergerak karena berada pada jarak aman. Pada jarak lebih dari 100 cm, hambatan tidak terdeteksi dan alat melanjutkan pergerakannya. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem deteksi hambatan bekerja sesuai dengan perancangan dan mendukung pengoperasian alat pemupukan secara aman.

Pengujian Kinerja Sistem Pemupukan dan Penyiraman Otomatis

Pengujian kinerja sistem pemupukan dan penyiraman otomatis dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dalam mendeteksi kondisi kelembapan tanah dan memberikan respons yang sesuai selama proses pemupukan kelapa sawit.

Tabel 2

Pengujian Kinerja Sistem Pemupukan dan Penyiraman Otomatis

No	Nilai Analog Sensor	Kelembaban Tanah (%)	Kategori	Respon Robot
1	512	12,5	Kering	Pemupukan & Penyiraman
2	820	20	Basah	Tidak Ada Tindakan
3	256	6,25	Kering	Pemupukan & Penyiraman
4	1024	25	Basah	Tidak Ada Tindakan
5	205	5	Kering	Pemupukan & Penyiraman
6	3072	75	Basah	Tidak Ada Tindakan
7	410	10	Kering	Pemupukan & Penyiraman
8	2048	50	Basah	Tidak Ada Tindakan
9	820	20	Basah	Tidak Ada Tindakan

10	102	2,5	Kering	Pemupukan & Penyiraman
----	-----	-----	--------	------------------------

Sumber: Data diolah, 2024

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.4, sistem mampu mengonversi nilai analog sensor menjadi persentase kelembapan tanah secara akurat. Ketika kelembapan tanah berada di bawah 20%, alat secara otomatis melakukan pemupukan dan penyiraman, sedangkan pada kelembapan 20% atau lebih alat tidak melakukan tindakan karena tanah dikategorikan basah. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem bekerja secara efektif dalam menjalankan fungsi utama alat, yaitu pemupukan dan penyiraman tanaman kelapa sawit secara otomatis sesuai dengan kondisi tanah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian Prototipe Alat Pemupukan Kelapa Sawit, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu bekerja sesuai dengan perancangan. Seluruh komponen pada sistem menunjukkan nilai tegangan yang stabil dan sesuai dengan spesifikasi datasheet, dengan hasil pengukuran yang konsisten pada seluruh titik pengujian. Sensor soil mampu mendeteksi perubahan kondisi tanah berdasarkan nilai tegangan yang terbaca, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam proses pemupukan dan penyiraman. Selain itu, sistem deteksi hambatan berbasis sensor ultrasonik mampu mendeteksi objek hingga jarak 100 cm, di mana alat berhenti pada jarak 0–20 cm sebagai mekanisme pengaman dan tetap bergerak pada jarak di atas 20 cm.

Sistem pemupukan dan penyiraman otomatis juga berjalan sesuai dengan logika yang dirancang, yaitu melakukan tindakan ketika kelembapan tanah berada di bawah 20% dan tidak melakukan tindakan ketika kondisi tanah berada pada kategori basah. Hasil ini menunjukkan bahwa prototipe alat mampu menjalankan fungsi pemupukan kelapa sawit secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan agar sistem dilengkapi dengan modul komunikasi nirkabel, seperti LoRa atau teknologi sejenis, sehingga data hasil pengukuran tegangan, kelembapan tanah, dan jarak objek dapat dikirimkan secara real-time ke platform berbasis IoT. Penambahan fitur ini diharapkan dapat memungkinkan pemantauan dan pengendalian alat dari jarak jauh melalui aplikasi atau dashboard, sehingga sistem dapat dikembangkan lebih lanjut sesuai kebutuhan pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M., & Borman, R. I. (2021). Otomatisasi Pemupukan Sayuran Pada Bidang Hortikultura Berbasis Mikrokontroler Arduino. 2, 15–28.
- Darusman, L. R. (2023). Pemanfaatan Fitur Bot Telegram Sebagai Pengendali

- Pada Sistem Penyiraman dan Pemupukan Bibit Kelapa Sawit The Utilization of Telegram Bot Features as Controllers in the Watering and Fertilization System for Oil Palm Seedlings. 8(2), 178–185.
- Febrina, D., Agustina, S., & Trisnawati, F. (2021). Tanaman Otomatis Berbasis Arduino Uno Menggunakan Soil Moisture Sensor Dan Relay. 2(2), 57–65.
- Gunawan, A. I. (2019). Rancang Bangun Sistem Tempat Sampah Dengan Tampilan Aplikasi Blynk. 1–10.
- Herdiansah, R., & Lontoh, A. P. (2018). Manajemen Pemupukan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Kebun Rambutan Sumatera Utara. 6(2), 296–304.
- Mardika, A. G., & Kartadie, R. (2019). Mengatur Kelembaban Tanah Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Yl-69 Berbasis Arduino Pada Media Tanam Pohon Gaharu. 03, 130–140.
- Nasution, I. P., Ahmad, U. A., & Tresna, W. P. (2023). Karakterisasi Putaran Motor Servo Jangkauan Setengah Bola Untuk Mendukung Pelontar peluru Berbasis Pneumatic. EProceedings of Engineering.
- Pangestu, A. D., Ardianto, F., Alfaresi, B., Elektro, J. T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., Elektro, P. S., Teknik, F., & Palembang, U. M. (2019). Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266. 4(1), 187–197.
- Salim, A. I., Saragih, Y., & Hidayat, R. (2020). Implementasi Motor Servo Sg 90 Sebagai Penggerak Mekanik Pada E . I . Helper (Electronics Integration Helmet Wiper) Implementation Of The Servo Sg 90 Motor As A Mechanical Drive In E . I . Helper (Electroncs Integration Helmet Wiper). 6(2).
- Sandi, G. H., & Fatma, Y. (2023). Pemanfaatan Teknologi Internet Of Things (Iot) Pada Bidang Pertanian. 7(1), 1–5.
- Suradi, Faridah, & Putra, A. P. (2018). Automatic Hand Dryer Berbasis Arduino Nano. 13(April).
- Toby, M., Pratika, S., Piarsa, I. N., Agung, A. A. K., & Wiranatha, C. (2021). Rancang Bangun Wireless Relay dengan Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things. 2(3).