

SISTEM FERTIGASI RAIN PIPE OTOMATIS PADA MAIN NURSERY KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO

AUTOMATIC RAIN PIPE FERTIGATION SYSTEM AT MAIN NURSERY OF PALM OIL (*Elaeis guineensis* Jacq) WITH MICROCONTROLLER ARDUINO UNO

Anri Kurniawan^{1✉}, Tri Wahyu Saputra², Anugerah Ramadan³

¹Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

³Department Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada

✉Komunikasi Penulis, email: a.kurniawan@unupurwokerto.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-lv9i3.184-190>

Naskah ini diterima pada 5 Juli 2020; revisi pada 6 Agustus 2020;
disetujui untuk dipublikasikan pada 21 Agustus 2020

ABSTRACT

This research conducted to designed, implemented, and tested an automatic rain pipe fertigation system using temperature and soil moisture sensors. The system applied to three irrigation treatments, namely manual fertilization, semi-manual fertilization, and automatic fertigation. The automatic fertigation actuator setting point is at temperature of $\geq 31^{\circ}\text{C}$ and humidity of $\leq 60\%$ to turn on the water pump and nutrient pump then the water pump will shut down when the temperature value of 25°C and humidity of $\geq 80\%$. The results showed a significant difference in the use of irrigation water based on variance test results with an error value of 5%. The use of water from automatic fertigation is 12.770 ml or 65.9% more efficient than manual irrigation with the same growth in plant height. The height of oil palm plants in the main nursery with automatic fertigation is higher on days 7 to 12. Automatic fertilization requires a fertilizer of 1.8 tons per ha, less than manual fertilization which reaches 3 tons per ha.

Keywords: *fertigation, microcontroller, oil palm, sensors, soil moisture*

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah merancang, mengimplementasi dan menguji sistem fertigasi *rain pipe* otomatis menggunakan sensor suhu dan kelembaban tanah. Sistem diterapkan pada tiga perlakuan irigasi yaitu fertigasi manual, fertigasi semi manual, dan fertigasi otomatis. *Setting point* aktuator fertigasi otomatis yaitu pada suhu $\geq 31^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $\leq 60\%$ untuk menghidupkan pompa air dan pompa nutrisi lalu pompa air akan mati apabila kondisi suhu $\leq 25^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $\geq 80\%$. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada penggunaan air irigasi berdasarkan hasil uji sidik ragam dengan nilai *error* 5%. Penggunaan air dari fertigasi otomatis sebesar 12.770 ml atau lebih efisien sebesar 65,9% daripada irigasi manual dengan hasil pertumbuhan tinggi tanaman yang sama. Tinggi tanaman kelapa sawit di *main nursery* dengan fertigasi otomatis lebih tinggi pada hari ke 7 sampai 12. Fertigasi otomatis membutuhkan pupuk sebesar 1,8 ton per ha, lebih sedikit jika dibandingkan dengan pemupukan manual yang mencapai 3 ton per ha.

Kata Kunci: *fertigasi, kelapa sawit, kelembaban tanah, mikrokontroler, sensor*

I. PENDAHULUAN

Teknologi pertanian pada perkebunan kelapa sawit terutama pada pemeliharaan tanaman memerlukan waktu dan biaya yang tidak sedikit

Permasalahan ini dijumpai pada kegiatan irigasi dan pemupukan tanaman yang membutuhkan tenaga kerja dengan jumlah yang banyak serta biaya yang besar. Tanaman kelapa sawit sangat membutuhkan air untuk proses fotosintesis,

memelihara protoplasma dan fotosintat. Bibit kelapa sawit juga membutuhkan pupuk sebagai perangsang pertumbuhan tanaman. Ketersediaan bibit kelapa sawit dengan kondisi yang baik dan sehat pada tahap pembibitan awal (*pre-nursery*) ataupun di pembibitan utama (*Main nursery*) besar sekali pengaruhnya terhadap pertumbuhan kelapa sawit. (Taufiq Caesar Hidayat, IY Harahap, Y Pangaribuan, S Rahutomo, WA Harsanto, 2013).

Tanaman kelapa sawit tumbuh dengan pada curah hujan tahunan 1500 – 4000 mm, suhu optimal 24 – 28 °C. kelembaban optimal yang ideal 80-90 %. pH optimum bernilai 5,0-5,5. Untuk pembibitan utama (*Main nursery*) penyiraman memerlukan air setiap bibit berkisar 9 – 18 liter/minggu. Untuk memenuhi kebutuhan bibit dalam usaha meningkatkan luas areal penanaman kelapa sawit, ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bibit yang dipergunakan untuk penanaman di lapangan agar diperoleh tanaman yang sehat dan berproduksi tinggi. (Pahan, 2007)

Pesatnya perkembangan teknologi, lebih spesifik di bidang mekanika dan elektronika mengakibatkan sistem yang beroperasi dengan manual perlahan tergantikan dengan sistem yang otomatis. Melihat dari permasalahan yang ada, perlu adanya sistem irigasi dan pemupukan otomatis berbasis mikrokontroler dengan menggunakan sensor suhu dan kelembaban tanah sebagai *input*, mikrokontroler ATmega 328 sebagai pengendalinya serta on-off pompa air irigasi dan tangki pupuk sebagai *outputnya*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merakit sistem fertigasi *rain pipe* otomatis pada pembibitan utama (*main nursery*) tanaman sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan menguji kinerja sistem fertigasi *rain pipe* otomatis pada pembibitan utama (*main nursery*) tanaman sawit (*Elaeis guineensis* Jacq).

II. BAHAN DAN METODA

2.1. Perancangan Sistem Fertigasi Rain Pipe Otomatis

Penelitian ini menggunakan *Soil moisture sensor* yang berjumlah satu unit. Sensor kelembaban tanah di hubungkan pada pin VCC untuk daya,

GND untuk *ground*, dan SIG sebagai masukan dan keluaran pada pin A0. (Yasin et al, 2019). Komponen selanjutnya adalah *DS18B20 Soil Temperature Sensor* yang berjumlah dua unit yang dibagi menjadi dua yaitu sensor suhu tanah udara dan sensor suhu tanah tanah. Sensor suhu tanah udara dihubungkan pada pin VDD untuk daya *device*, GND untuk *ground*, dan DQ untuk data masukan atau data keluaran pin digital 4, dan 2 yang dikonfigurasi sebagai *port* masukan.

Prototype fertigasi otomatis pada *main nursery* pembibitan kelapa sawit, *relay* berfungsi untuk on dan off pompa air dan pompa tangki nutrisi yang terhubung ke media tanam. Jumlah *Relay* yang dipakai dua unit dan beroperasi melalui perintah dari mikrokontroler. Pada proses kerjanya, *relay* menerima sinyal keluaran mikrokontroler yang sebelumnya telah membaca sensor, kemudian akan memberi respon berupa sinyal digital berbentuk angka 0 atau 1. Logika 0 berfungsi untuk menghidupkan pompa air dan nutrisi secara bersamaan dengan perbandingan 1 : 1 apabila telah memenuhi batas bawah. Logika 1 berfungsi mematikan pompa air dan nutrisi secara random tergantung apakah telah memenuhi batas atas suhu dan kelembaban tanah. (Yasin et al, 2019).

2.2. Perakitan Sistem Fertigasi Rain Pipe Otomatis

Perakitan rangkaian fertigasi otomatis dilakukan dengan menggabungkan beberapa komponen desain menjadi kesatuan utuh. Mikrokontroler berfungsi sebagai otak yang tersambung dengan sensor suhu dan kelembaban tanah kemudian data yang terbaca akan menjadi dasar dalam memberi perintah untuk menghidupkan dan mematikan pompa melalui *relay*. Proses perakitan membutuhkan implementasi untuk melihat keoptimalan kinerja alat dan dapat dilakukan evaluasi apabila terjadi permasalahan pada alat.

2.3. Uji Kinerja Sistem Fertigasi Rain Pipe Otomatis

Uji kinerja mencakup cara kerja alat, jumlah efisiensi air irigasi dan respon tanaman. Implementasi alat dilakukan pada skala laboratorium sebelum dipasang lahan atau kondisi sebenarnya untuk memastikan alat dapat

beroperasi dengan baik. Implementasi sistem irigasi otomatis dilakukan di area pembibitan *main nursery*. Jika area 1 hektar yang memiliki 16 baris dan 8 blok pembibitan maka pipa penyalur dari pipa induk yang dibutuhkan setiap bloknya adalah 4 pipa penyalur. Sebelum sistem diaplikasikan, perlu dilakukan pengamatan untuk penentuan jumlah sensor yang akan dipasang pada areal 1 hektar (Salih et al, 2012).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Bentuk Sistem Fertigasi *Rain Pipe* Otomatis

Bentuk sistem fertigasi *rain pipe* otomatis terdiri dari beberapa komponen yaitu sensor suhu tanah, sensor kelembaban tanah, mikrokontroler arduino uno R3, *relay*, LCD, *power supply* dan beberapa komponen pendukung seperti pompa dan saluran irigasi. (Candra et al, 2015). Adapun semua data pembacaan suhu, kelembaban tanah dan kondisi pompa “on” atau “off” akan tampil di LCD. (Agung Nugroho Adi, 2010). Komponen-komponen tersebut dirakit dan digabungkan menjadi kesatuan utuh sehingga saling berkesinambungan dan bekerja sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan. Bentuk sistem fertigasi *rain pipe* otomatis dapat dilihat pada Gambar 1.

3.1.1. Sensor Kelembaban Tanah (*Soil Moisture Sensor*)

Sensor kelembaban tanah (*soil moisture sensor*) menggunakan *Soil moisture sensor* yang dapat membaca kelembaban tanah di sekitar area lempengan yang ditancapkan. Prinsip kerja sensor kelembaban tanah tersebut adalah mengukur arus listrik yang menimbulkan tegangan elektromagnetik dari dua buah lempengan yang berada di antara media

penghantar. Hal ini terjadi karena ada perpindahan elektron dari kutup positif (+) ke kutub negatif (-) (Husdi, 2018). Hasil pembacaan sensor kelembaban tanah berfungsi untuk menghidupkan atau mematikan pompa air dan pompa tangki nutrisi dengan rentang batas bawah kelembaban tanah sebesar 60% dan batas atas kelembaban sebesar 80%. Hasil pembacaan sensor kelembaban tanah akan ditampilkan pada (LCD) disertai keterangan pompa on atau off. Bentuk sensor kelembaban tanah yang telah terpasang pada mikrokontroler arduino uno dapat dilihat pada Gambar 2a. (Das et al, 2017).

3.1.2. Sensor Suhu Tanah (*Soil Temperature Sensor*)

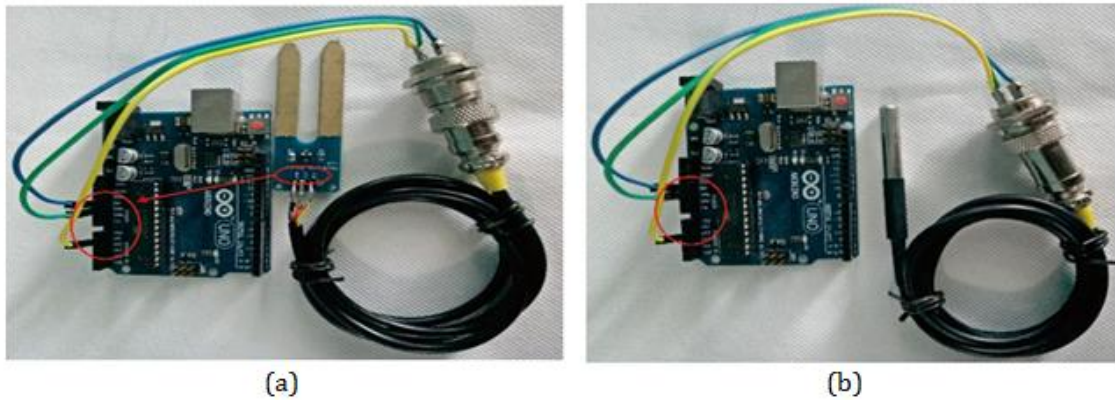
Sensor suhu tanah adalah sensor untuk mendeteksi suhu tanah dengan sensor tipe ds18b20 64 bit. Sensor suhu tanah dapat mendeteksi suhu pada rentang minus 55°C hingga mencapai 125°C dengan ketelitian $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Hasil pembacaan sensor suhu tanah ditampilkan pada layar LCD. Pompa air dan pompa nutrisi akan hidup pada rentang suhu di atas 31°C atau akan mati pada rentang suhu 25°C, namun pompa tetap tidak akan hidup jika kelembaban tanah diatas 80%. Bentuk sensor pada arduino uno dapat dilihat pada Gambar 2b.

3.1.3. Driver *Relay*

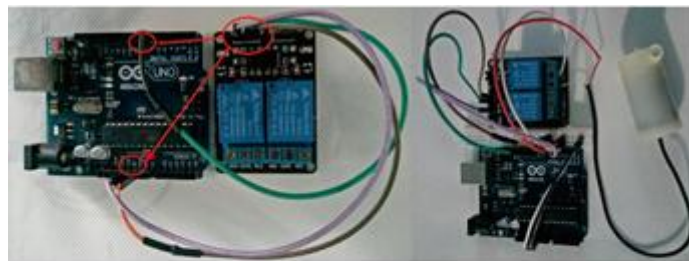
Driver *relay* berfungsi untuk mendriver atau mengendalikan *output* agar dapat mengubah posisi “on” atau “off” pompa dengan perintah dari mikrokontroler berdasarkan hasil pembacaan sensor. Terdapat dua unit *relay* yang terpasang pada mikrokontroler yaitu *relay* yang menghubungkan ke pompa air dan *relay* yang terhubung dengan pompa tangki nutrisi. Bentuk driver *relay* pada arduino uno dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Bentuk Sistem Fertigasi *Rain Pipe* Otomatis



Gambar 2. Bentuk Sensor (a) Kelembaban Tanah dan (b) Suhu Tanah



Gambar 3. Bentuk Driver Relay

3.1.4. Bentuk Fertigasi Rain Pipe

Fertigasi adalah istilah penggabungan antara pemupukan (*fertilizer*) dan pengairan (irigasi) sehingga pada proses pemupukan digabungkan dengan proses pengairan. Sistem ini memiliki keuntungan yaitu dapat melakukan dua pekerjaan secara bersamaan sehingga dapat menghemat waktu dan biaya perawatan. Selain itu, lebih efisien dalam penggunaan pupuk karena diberikan dengan jumlah yang kecil namun secara kontinu sehingga mengurangi kehilangan unsur hara. Salah satu bentuk irigasi yang dapat mengaplikasikan metode fertigasi adalah irigasi pipa bertekanan (*rain pipe*). Sistem ini terdiri dari pipa, fitting dan perangkat lain yang didesain dan dipasang untuk memasok air melalui pipa. (Netafim, 2015).

3.2. Uji Kinerja Sistem Fertigasi Rain Pipe Otomatis

Uji kinerja sensor kelembaban tanah berfungsi untuk mengetahui respon fertigasi otomatis terhadap setiap perubahan kelembaban tanah dengan cara mengirimkan hasil pembacaan *soil moisture* ke mikrokontroler arduino melalui kabel dengan jarak terkendali maksimal 10 meter. Hasil pengukuran dan perubahan output sensor ds18b20 ditampilkan pada LCD dan

disimpan pada *datasheet sensor* ds18b20. Basis pengukuran berdasarkan tegangan referensi yang diubah menjadi celcius. Jika tegangan referensi arduino adalah 5v maka setidaknya arduino dapat mengukur hingga 5000mV. Adapun sensor suhu tanah ds18b20 mempunyai batas pengukuran sebesar 150°C atau 150 x 10mV=1500mV(1,5V) sehingga tegangan dari kaki output sensor ds18b20 tidak akan melebihi 1,5V.

Konversi antara kapasitas voltase yang bisa dicacah oleh pin *analog* arduino serta kemampuan ds18b20 mengukur suhu secara akurat yaitu suhu dalam voltase (V) antara 0-500 dan cacahan voltase *input* (vin) antara 0-1024. Penggambaran vin dan suhu mempunyai kisaran 50%. Hal disebabkan karena tegangan maksimum dari catu daya yaitu sebesar 5V. Maka untuk pengkonversian menggunakan tegangan *analog referensi* sebagai *input sensor*.

Uji kinerja sensor suhu tanah dibandingkan dengan alat ukur pabrikan yaitu termometer. Sensor suhu akan melakukan pembacaan suhu dengan *delay* satu menit yang disebabkan oleh perubahan suhu karena membutuhkan proses sekitar 1-2 menit. Tingkat persentase *error* dari

sensor suhu tanah ds18b20 sebesar 0,55% yang dihitung dari rata-rata jumlah *error* pada selisih sensor antara hasil pembacaan sensor suhu dan hasil pembacaan termometer.

3.3. Efisiensi Penggunaan Air pada Fertigasi Otomatis

Ada tiga perlakuan dalam pemberian air untuk *main nursery* pembibitan kelapa sawit yaitu perlakuan secara manual dengan menyiram pada setiap pagi dan sore selama 12 hari, perlakuan semi otomatis dengan menghidupkan pompa pada pagi dan sore hari, dan perlakuan otomatis dengan sistem fertigasi *rain pipe*. Pemberian air dengan perlakuan otomatis dilakukan dengan cara dekteksi suhu dan kelembaban tanah sedangkan pemberian air dengan perlakuan manual maupun semi otomatis diberikan berdasarkan kebutuhan air tanaman bibit sawit (Taufiq Caesar Hidayat, IY Harahap, Y Pangaribuan, S Rahutomo, WA Harsanto, 2013). Berdasarkan hasil penelitian didapatkan volume air irigasi selama 12 hari seperti pada Gambar 4.

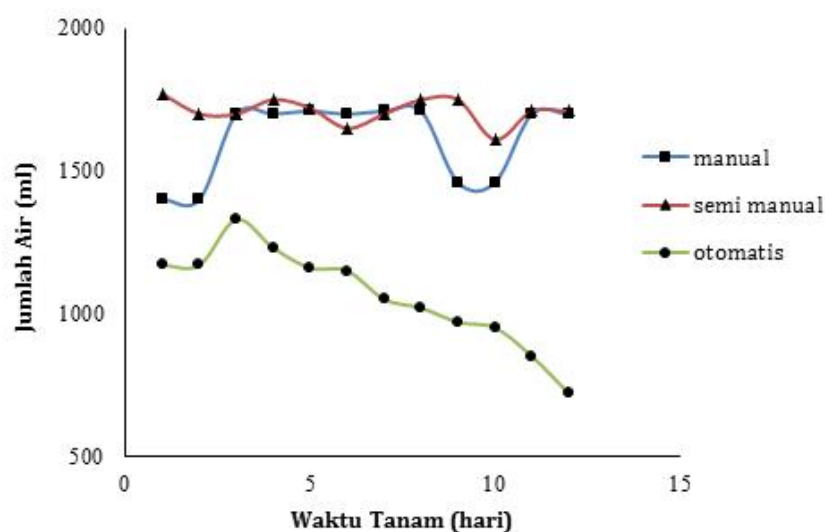
Gambar 4 menunjukkan volume air yang diberikan pada perlakuan otomatis jauh lebih efisien daripada kedua perlakuan lainnya. Pada grafik juga dapat dilihat bahwa perlakuan manual dan semi manual tidak mengalami penurunan volume air yang diberikan selama 12 hari sedangkan pada perlakuan otomatis terjadi sebaliknya. Total volume air yang diberikan berdasarkan hasil pengukuran pada perlakuan manual, semi manual, dan otomatis secara

berturut-turut adalah sebesar 19.350 ml, 20.520 ml, dan 8.480 ml dengan nilai rata-rata sebesar 1612,5 ml/hari, 1710 ml/hari, dan 1064,2 ml/hari. Berdasarkan data tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa fertigasi otomatis jauh lebih efektif 65,9% dari fertigasi manual.

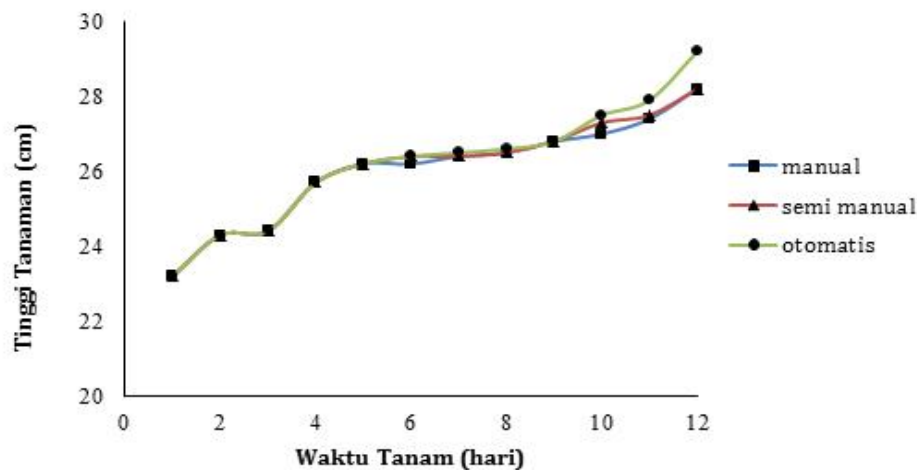
Hasil uji sidik ragam satu arah pada data jumlah volume air tiap perlakuan dengan tingkat signifikansi 95% menghasilkan nilai F_{hitung} sebesar 86,09 dan F_{tabel} sebesar 3,31. Nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ memberikan kesimpulan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima sehingga perbedaan perlakuan penyiraman memberikan perbedaan yang signifikan pada volume air irigasi. Hal ini disebabkan karena penggunaan air dengan fertigasi otomatis hanya pada saat tanah kering dan akan mati apabila basah sehingga lebih efisien daripada fertigasi manual. Fertigasi manual hanya mengacu pada kebutuhan air per tanaman tanpa memperhatikan kondisi tanah yang cenderung berbeda (Mehla et al, 2020).

3.4. Pertumbuhan Tinggi Tanaman

Respon tanaman terhadap perlakuan pemberian air irigasi diinterpretasikan dengan pertumbuhan tinggi tanaman yang dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5, dapat diketahui bahwa pertumbuhan tinggi tanaman dengan irigasi manual, semi manual maupun otomatis tidak memberikan hasil yang berbeda walaupun volume air irigasi yang diberikan berbeda. Hasil uji sidik ragam satu arah pada data



Gambar 4. Grafik Volume Air Irigasi



Gambar 5. Pertambahan Tinggi Tanaman

tinggi tanaman dengan tingkat signifikansi 95% juga menghasilkan nilai F_{hitung} sebesar 0,06 dan F_{tabel} sebesar 3,28. Nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$ memberikan kesimpulan bahwa H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga perbedaan perlakuan penyiraman tidak memberikan perbedaan yang signifikan pada pertumbuhan tanaman. Selain itu, penambahan pupuk cair pada air irigasi lebih efektif daripada pemupukan secara rabuk ataupun kocor sehingga dengan fertigasi bibit kelapa sawit lebih cepat menerima nutrisi. (Pahan, 2007).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Sistem fertigasi *rain pipe* otomatis dengan sensor suhu dan kelembaban tanah sebagai *input*, mikrokontroler sebagai pusat kendali, *relay* sebagai driver untuk menghidupkan pompa air dan pompa nutrisi, dan LCD untuk menampilkan pembacaan sensor dan status on/off pompa dapat melakukan proses fertigasi dengan baik pada *main nursery* pembibitan tanaman sawit. *Setting point* aktuator fertigasi otomatis yaitu pada suhu $e'' 31^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $d'' 60\%$ untuk menghidupkan pompa air dan pompa nutrisi sedangkan pompa air akan mati apabila kondisi suhu $d'' 25^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $e'' 80\%$. Total volume air yang diberikan berdasarkan hasil pengukuran pada perlakuan manual, semi manual, dan otomatis secara berturut-turut adalah sebesar 19.350 ml, 20.520 ml, dan 8.480 ml sehingga penggunaan fertigasi otomatis jauh lebih efektif 65,9% dari fertigasi manual

tanpa mengganggu dan mengurangi pertumbuhan tinggi tanaman.

4.2. Saran

Penggunaan sensor fertigasi otomatis bisa ditambahkan selain sensor suhu dan kelembaban contohnya sensor pH atau sensor EC sehingga meningkatkan fungsi pengukuran dan pengaturan yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Nugroho Adi. (2010). *Mekatronika*. Graha Ilmu/ : Yogyakarta.
- Candra, H., Triyono, S., Kadir, M. Z., & Tusi, A. (2015). Design and Test Performance System Automatic Control on Drip Irrigation Using Microcontroller Arduino Mega. *Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Sistem Kontrol Otomatis Pada Irigasi Tetes Menggunakan Mikrokontroller Arduino Mega Design*, 4(4), 235–244.
- Das, S., Pal, B., Das, P., Sasmal, M., & Ghosh, P. (2017). Design and Development of Arduino based Automatic Soil Moisture Monitoring System for Optimum use of Water in Agricultural Fields. *International Journal of Engineering Research and Science*, 3(5), 15–19. <https://doi.org/10.25125/engineering-journal-ijoer-may-2017-6>

- Husdi, H. (2018). Monitoring Kelembaban Tanah Pertanian Menggunakan Soil Moisture Sensor Fc-28 Dan Arduino Uno. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 10(2), 237–243. <https://doi.org/10.33096/ilkom.v10i2.315.237-243>
- Mehla, M. K., Engineering, W., Singh, Y. P., Engineering, W., Ramesh, J. B., Engineering, W., Sharma, V., & Engineering, W. (2020). *Farm Irrigations Systems Design Manual*.
- Netafim. (2015). *Drip irrigation handbook: understanding the basics*. 1–96. <https://www.netafim.com/499749/globalassets/products/drippers-and-dripperlines/drip-irrigation-system-handbook.pdf>
- Pahan, I. (2007). *PANDUAN LENGKAP KELAPA SAWIT Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya/ : Jakarta. google.books
- Salih, J. E. M., Adom, A. H., & Shaakaf, A. Y. (2012). *Solar Powered Automated Fertigation Control System for Cucumis Melo L . Cultivation in Green House Solar Powered Automated Fertigation Control System for Cucumis Melo L . Cultivation in Green House*. 4(November 2015), 79–87. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.11.014>
- Taufiq Caesar Hidayat, IY Harahap, Y Pangaribuan, S Rahutomo, WA Harsanto, W. F. (2013). *Air dan Kelapa Sawit*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan.
- Yasin, H. M., Zeebaree, S. R. M., & Zebari, I. M. I. (2019). Arduino Based Automatic Irrigation System: Monitoring and SMS Controlling. *4th Scientific International Conference Najaf, SICN 2019*, 3(1), 109–114. <https://doi.org/10.1109/SICN47020.2019.9019370>