

Sistem Smart Monitoring pada Budidaya Tomat Cherry di Media Tanah

Maria Zefanya¹, Catherine Olivia Sereati², Duma Kristina Yanti Hutapea³, Karel Octavianus Bachri⁴, Lanny W. Pandjaitan⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta

INFORMASI ARTIKEL

Diterima 12 Juli 2023
Direvisi 12 Juli 2023
Diterbitkan 31 Juli 2023

Kata kunci:

smart monitoring;
image processing;
thingspeak;
Orange;
internet of things

ABSTRAK

Pola hidup sehat menjadi salah satu aspek yang penting bagi kelangsungan hidup manusia. Salah satu cara untuk memulai pola hidup sehat yaitu dengan mengkonsumsi buah dan sayur. Tomat Cherry merupakan salah satu jenis buah yang kini marak menjadi alternatif panganan sehat. Kualitas buah yang sehat tentunya perlu didukung dengan pertumbuhan tanaman yang sehat. Oleh karena itu, dibuatlah sistem *smart monitoring* untuk pertumbuhan tanaman tomat cherry untuk membantu para petani dalam memantau kualitas pertumbuhan tanaman. Sistem ini dirancang menggunakan dua sistem, yaitu *image processing* menggunakan aplikasi Orange untuk melihat kualitas kesuburan tanaman yang mana datanya diambil melalui kamera. Sistem kedua merupakan sistem pemantauan lingkungan tumbuh tanaman yang akan diperoleh melalui sensor LDR, thermistor, dan *soil moisture* sensor. Data tersebut akan diolah menggunakan bantuan Multiplexer dan WeMos sebagai kontrolernya, yang mana hasil baca data tersebut akan ditampilkan pada *website thingspeak*. Sistem yang dirancang akan menunjukkan kualitas Kesehatan yang dialami oleh tanaman uji, dan *user* dapat melihat data pembacaan sensor melalui *web* untuk melihat beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi tanaman. Berdasarkan hasil dari beberapa percobaan dapat diketahui bahwa sistem dapat berjalan sesuai dengan tujuan awal, dan faktor lingkungan mempengaruhi kualitas tumbuh tanaman, meskipun belum tentu menjadi faktor utamanya.

Smart Monitoring System for Cherry Tomato Cultivation in Soil-based Media

ARTICLE INFO

Received July 12, 2023
Revised July 12, 2023
Published July 31, 2023

Keyword:

smart monitoring;
image processing;
thingspeak;
Orange;
internet of things

ABSTRACT

Living a healthy lifestyle is one of the important aspects for human well-being. One way to start a healthy lifestyle is by consuming fruits and vegetables. Cherry tomatoes have become a popular alternative for a healthy snack. The quality of healthy fruits is, of course, supported by healthy plant growth. Therefore, a smart monitoring system for cherry tomato plant growth was developed to assist cherry tomato farmers in monitoring the quality of plant growth. This system is designed using two systems: image processing using the Orange application to assess the fertility quality of plants, with data captured through a camera. The second system is an environmental monitoring system for plant growth, obtained through LDR, thermistor, and soil moisture sensors. The sensor data is processed using a

Multiplexer and WeMos as the controller, and the results are displayed on the Thingspeak website. The designed system indicates the health quality experienced by the test plants, and users can view the sensor readings on the web to observe various environmental factors influencing the plants. Based on the results of several experiments, it is known that the system can function according to the initial goals, and environmental factors affect the quality of plant growth, although they may not be the primary factors.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Corresponding Author:

Corresponding Catherine Olivia Sereati, Universitas Katolik Indonesia Atmajaya
Email: catherine.olivia@atmajaya.ac.id

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim dan kondisi lingkungan yang sedang rawan penyakit membuat masyarakat gencar untuk menerapkan gaya hidup sehat, salah satunya dengan mengkonsumsi makanan sehat. Salah satu makanan sehat yang cukup digemari adalah Tomat Cherry. Tomat Cherry mengandung berbagai macam antioksidan dan vitamin yang berfungsi untuk menurunkan tekanan darah, mengurangi resiko kanker dan penyakit jantung, merawat kesehatan kulit, dll. [1]

Adanya perubahan iklim dan lingkungan yang ekstrem tentu saja berdampak pada pertumbuhan tanaman. Dalam menunjang penemuan solusi terhadap masalah tersebut maka sistem pemantauan dan peringatan dini dalam bidang pertanian ini diciptakan. Sistem ini berfungsi untuk mengetahui kondisi pertumbuhan dari tanaman Tomat Cherry, sehingga dapat menghasilkan panen yang berkualitas.

Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan dalam bidang pertanian khususnya untuk pemantauan kualitas tumbuh tanaman, maka dilakukan perancangan sistem pemantauan dan peringatan dini untuk penanaman Tomat Cherry. Diharapkan dengan adanya sistem ini akan diperoleh hasil panen Tomat Cherry yang berkualitas.

2. METODE

2.1. Teori Dasar

A. Taksonomi Tomat Cherry (*Lycopersicum escelentum*)

Tanaman Tomat Cherry merupakan tanaman sayuran yang saat ini kian digemari. Saat ini Tomat Cherry kerap menjadi alternatif sayur untuk dikonsumsi bersama salad. Selain mempunyai rasa yang enak Tomat Cherry mempunyai peran penting dalam memenuhi gizi manusia. [3] Tanaman ini mempunyai klasifikasi sebagai berikut[2] :

Regnum : Plantae
Divisio : Spermatophyta
Sub-divisio : Angiospermae
Classis : Dicotyledoneae
Ordo : Tubiflorae
Familia : Solanaceae
Genus : Solanum
Species : Solanum lycopersicum var. Cerasiforme

B. Morfologi Tomat Cherry (*Lycopersicum escelentum*)

a. Akar tomat cherry

Akar merupakan bagian dari tumbuhan yang sangat berguna dalam proses pertumbuhannya. Pada tanaman tomat cherry, akar memiliki sistem akar tunggang dimana akar tumbuh mendatar. Akar tanaman ini memiliki akar serabut dan akar bercabang dengan kedalaman tanam sekitar 30-40 cm.



Gambar 1 Akar tomat cherry

Dalam kondisi pertumbuhan yang optimal, akar dari tomat cherry bisa mencapai panjang 50 cm. Akar tanaman ini berperan sebagai penyerap air dan zat hara yang nantinya akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi bagi pertumbuhan tanaman yang optimal[4].

b. Batang tomat cherry

Tanaman Tomat Cherry mempunyai batang yang berbentuk persegi panjang hingga bulat dengan warna kehijauan. Permukaan dari batang tanaman ini mempunyai bulu atau rambut halus yang menutupinya. Rambut atau bulu halus tersebut mempunyai kelenjar yang menghasilkan bau khas dari tanaman Tomat Cherry.



Gambar 2 Batang tomat cherry

Batang tanaman Tomat Cherry yang masih muda akan bertekstur lunak dibandingkan batang yang sudah tua. Batang Tomat Cherry yang masih muda mudah patah dan dapat merambat pada tali jika disandarkan dengan bantuan ikatan tali. Jika pertumbuhan tanaman ini dilanjutkan atau tidak dihentikan maka tinggi tanaman ini dapat mencapai 6-8 m[5].

c. Daun tomat cherry

Tanaman Tomat Cherry mempunyai daun yang bersifat majemuk dengan bentuk daun menyirip. Ciri khas dari daun Tomat Cherry ini yaitu berbentuk oval dengan ujung yang bergerigi dan mempunyai celah yang menyirip.



Gambar 3 Daun tomat cherry

Daun dari tanaman ini mempunyai warna hijau dengan permukaan yang berbulu dengan panjang daun sekitar 20- 30 mm dan lebar yaitu 15-20 mm. Daun tanaman ini tumbuh pada ujung cabang atau dekat dahan. Tangkai dari daun tanaman ini berbentuk bulat dengan panjang sekitar 7-10 cm dan ketebalan sekitar 0.3 - 0.5 mm [6].

d. Bunga tomat cherry

Tanaman Tomat Cherry mempunyai bunga berkelamin ganda atau hermafrodit. Kelopak bunga dari tanaman ini berwarna hijau dengan jumlah kelopak sebanyak 5. Mahkota bunga dari tanaman ini berwarna kuning dan jumlah mahkota dari tanaman ini 5 kelopak dengan panjang sekitar 1 cm. Tangkai bunga Tomat Cherry tergolong pendek dengan kepala sari yang panjangnya 5 mm dan berwarna kuning.



Gambar 4 Bunga tomat cherry

Tanaman Tomat Cherry mempunyai dua kelamin sehingga tanaman ini dapat melakukan penyerbukan mandiri. Rata-rata proses pembuahan akan terjadi 96 jam setelah penyerbukan dengan kondisi buah akan matang 45-50 hari setelah pembuahan [4].

e. Buah tomat cherry

Tomat Cherry mempunyai bentuk buah yang bervariasi mulai dari bulat, lonjong, hingga tidak beraturan. Bentuk dan ukuran dari buah Tomat Cherry akan dipengaruhi oleh varietas tanaman.



Gambar 5 Buah tomat cherry

Saat buah tomat ini masih muda, ia akan berwarna hijau muda hingga tua dengan rasa asam dan permukaannya berbulu namun seiring bertambahnya usia buah maka akan berubah menjadi berwarna kuning, merah hingga merah kegelapan. [7]

Ukuran dari buah Tomat Cherry ini berada pada kisaran 3-5 mm dengan lebar 2-4 mm. Jumlah biji dari buah tomat ini pun bervariasi sesuai dengan varietas tanaman dan lingkungan tumbuhnya dimana maksimal biji dari Tomat Cherry yaitu 20 biji. Biji dari Tomat Cherry ini biasa digunakan untuk media budidaya tanaman Tomat Cherry selanjutnya [8].

C. Kondisi Optimal Pertumbuhan

Pertumbuhan tanaman Tomat Cherry yang optimal dapat didukung dengan kondisi lingkungan yang baik. Pada dasarnya tanaman Tomat Cherry dapat hidup dengan berbagai jenis kondisi tanah. Namun, tanaman ini akan optimal tumbuh dalam kondisi tanah dengan pH kisaran 6.5-7 [9].

Tanaman ini memerlukan kadar air yang cukup baik melalui penyiraman secara manual maupun dari intensitas curah hujan yang diperlukan sebanyak 750 - 1.250 mm per tahun. Intensitas cahaya yang dibutuhkan untuk pertumbuhan optimal dari tanaman ini yaitu penyinaran selama 8 jam per harinya.

Untuk Suhu optimal pertumbuhan dari tanaman ini yaitu suhu yang berada pada rentang 24-28° C pada siang hari dan 15-20° C pada saat malam harinya [10].

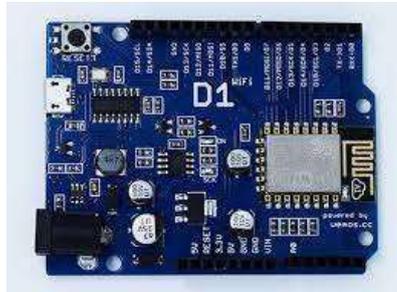
D. Computer Vision

Computer Vision adalah proses otomatis yang mengintegrasikan sejumlah besar data yang digunakan untuk proses persepsi visual seperti akuisisi data, pengolahan citra, klasifikasi, pengenalan atau *recognition*, dan membuat keputusan. *Computer Vision* merupakan salah satu cabang dari *Artificial Intelligence* atau yang biasa dikenal dengan kecerdasan buatan. *Computer Vision* berfokus pada pengembangan algoritma untuk menganalisis informasi dari sebuah gambar ke dalam bentuk informasi yang diperlukan.

Peran dari *computer vision* pada sistem yaitu sebagai penyedia data input bagi komputer untuk dapat mengerti keadaan sekitarnya. Data input yang telah didapatkan akan diolah sedemikian rupa sehingga komputer dapat memberikan respon sesuai yang diinginkan untuk menentukan cara penyajian hasil data input tersebut[16].

E. WeMos D1 R2 Mini

WeMos merupakan salah satu komponen elektronika berupa *board* yang dapat bekerja dengan Arduino terutama untuk proyek IoT. Kelebihan dari WeMos dibandingkan dengan modul IoT lainnya ialah WeMos dapat bekerja sendiri atau *stand-alone* dalam sebuah proyek tidak seperti modul wifi lainnya yang masih memerlukan bantuan mikrokontroler [18].



Gambar 6 WeMos

F. Multiplexer

Multiplexer atau MUX/MPX merupakan sebuah rangkaian logika kombinasional yang dirancang khusus untuk memilihkan salah satu dari beberapa jalur input menuju satu jalur output[12].



Gambar 7 Multiplexer

Pada sistem yang dibuat, multiplexer ini berguna untuk menghubungkan sensor ke WeMos karena pin analog WeMos hanya ada satu sedangkan ketiga sensor membutuhkan input analog.

G. Soil Moisture Sensor

Sensor kelembaban tanah kapasitif berfungsi untuk mengukur kadar persentase air pada tanah dengan mengukur perubahan kapasitansi yang terjadi pada plat dielektrik.



Gambar 8 Soil Moisture Sensor

Untuk pendeteksian secara presisi menggunakan mikrokontroler atau arduino, dapat menggunakan keluaran analog (sambungan dengan pin ADC atau analog input pada mikrokontroler) yang akan memberikan nilai kelembaban pada skala 0 V (relatif terhadap GND) hingga VCC (tegangan catu daya)[13]. Fungsi dari sensor kelembaban tanah pada sistem ini yaitu sebagai input data ke monitor mengenai kelembaban tanah penanaman.

H. Sensor Suhu Thermistor

Sensor suhu merupakan sebuah sensor yang dapat merubah besaran panas menjadi besaran listrik yang mudah dianalisis nilainya salah satunya yaitu thermistor. Thermistor adalah komponen elektronika yang nilai resistansinya dipengaruhi oleh Suhu [14].



Gambar 9 Sensor suhu

Fungsi dari sensor suhu pada sistem ini yaitu untuk menjadi input nilai suhu yang akan ditampilkan pada monitor saat pemantauan.

I. Sensor Cahaya

Sensor cahaya merupakan sebuah sensor yang dapat merubah besaran cahaya menjadi besaran listrik[15].



Gambar 10 Sensor Cahaya

Fungsi dari sensor cahaya pada sistem ini yaitu untuk menjadi input nilai intensitas cahaya yang nantinya akan ditampilkan pada monitor saat pemantauan.

J. Arduino IDE

Arduino Integrated Development Environment (Arduino IDE) merupakan sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat sketsa atau program yang berfungsi untuk mengendalikan *hardware* yang bernama Arduino[11]. Bahasa pemrograman dari Arduino IDE ini sendiri sangat menyerupai bahasa pemrograman C atau C++ [17].

K. Thingspeak

Thingspeak merupakan sebuah layanan platform analitik berbasis IoT yang memungkinkan *user* untuk mengumpulkan, memvisualisasikan, dan juga menganalisis aliran data secara langsung di *cloud*. Thingspeak sering digunakan untuk membuat *prototype* dan juga konsep untuk sistem IoT terutama yang membutuhkan data analitik[19].

L. Orange

Orange merupakan suatu *platform open source* yang bergerak di bidang *machine learning* dan *data visualization*. Aplikasi ini berfungsi untuk mempermudah *user* dalam mendalami ilmu terkait *machine learning*, *image processing*, dll.

Pada sistem yang dibuat, aplikasi ini berfungsi sebagai media pengolahan citra untuk mengukur tingkat kesehatan dari tanaman yang akan diuji[20].

M. Image Processing

Image Processing atau yang biasa dikenal dengan istilah pengolahan citra merupakan sebuah proses merubah gambar menjadi bentuk digital dan melakukan operasi tertentu untuk mendapatkan beberapa informasi yang berguna darinya. Sistem pemrosesan gambar biasanya memperlakukan semua gambar sebagai sinyal 2D saat menerapkan metode pemrosesan sinyal tertentu yang telah ditentukan sebelumnya[21].

2.2. Perancangan Sistem

A. Diagram Blok Sistem

Sistem smart monitoring ini mempunyai dua bagian utama yaitu pengukuran sensor dan juga pembacaan data gambar yang nantinya akan mengidentifikasi kesehatan pertumbuhan. Sistem ini dapat dilihat dalam blok diagram pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11 Blok diagram data sensor



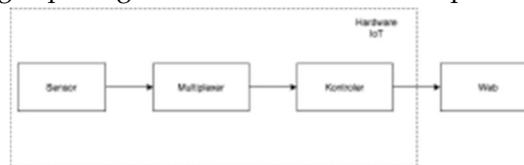
Gambar 12 Blok diagram monitoring

Dari blok diagram tersebut dapat dilihat bahwa data yang diperoleh melalui kamera digunakan untuk kedua sistem. Pada sistem Internet of Things (IoT), data dari kamera akan digabungkan dengan data sensor pengukuran yang akan menunjukkan nilai pembacaan sensor pada lingkungan tumbuh tanaman sample tomat cherry.

Pada sistem kedua yaitu Image Processing data dari kamera akan berfungsi sebagai data tes dari hari 1 sampai hari 7. Data tes yang diperoleh akan dibandingkan dengan dataset yang telah dimiliki pada sistem untuk melihat tingkat kesehatan dari tanaman.

B. Perancangan Perangkat Keras

Dalam sistem *smart monitoring* yang dibuat, terdapat perangkat keras yang digunakan yaitu penggunaan sensor, multiplexer, dan WeMos untuk mendapatkan data kondisi lingkungan. Perancangan perangkat keras dari sistem ini dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13 Blok diagram *hardware*

Pada perancangan sistem perangkat keras ini sensor yang digunakan berupa sensor cahaya yaitu Light Dependent Resistor (LDR), sensor suhu yaitu thermistor dan juga sensor kelembaban tanah yaitu *capacitive soil moisture sensor*.

Pembacaan data sensor dilakukan dengan bantuan Multiplexer. Hal ini perlu dilakukan karena ketiga sensor memerlukan input analog sedangkan pin input analog dari WeMos hanya ada satu.

Ketiga sensor tersebut menggunakan 3 pin yang ada di Multiplexer sebagai input untuk Multiplexer yang nantinya akan diproses oleh Multiplexer sehingga sistem hanya meneruskan satu output ke WeMos.

Input yang diterima oleh WeMos merupakan data yang nantinya akan dibaca di serial monitor kemudian akan ditampilkan di *website*.

C. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dari sistem ini terbagi atas dua bagian. Sistem yang pertama merupakan sistem pembacaan sensor yang akan ditampilkan di *website* yang akan ditampilkan pada Gambar 14.



Gambar 14 Perangkat lunak sensor

Data hasil pembacaan sensor yang diterima oleh WeMos akan dikirimkan ke *website* yang mana pada sistem ini yaitu Thingspeak. Pada sistem ini, WeMos bekerja sebagai portal

IoT yang dapat menghubungkan sensor dengan web untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor.

Data yang diterima tersebut diolah oleh WeMos melalui Arduino IDE yang dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Arduino IDE

Bahasa pemrograman yang digunakan untuk program tersebut dapat menggunakan program C atau C++. Sistem yang kedua yaitu sistem pemantauan Kesehatan pertumbuhan tanaman. Sistem ini menggunakan aplikasi Orange untuk melakukan data mining dan juga pengolahan citranya. Sistem ini akan menerima data set yang diupload oleh user, kemudian sistem akan membandingkan dengan data tes yang diberikan oleh user. Untuk algoritma yang digunakan pada sistem ini yaitu Neural Network, SVM, dan Logistic Regression.

Setelah data di input maka data akan diolah sesuai dengan algoritma yang diinginkan user kemudian sistem dapat menampilkan data hasil perbandingan dan juga data mana yang menjadi hasilnya dalam bentuk gambar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sistem IoT yang telah dibuat, sensor yang dipasang dapat mengukur nilai secara tepat dengan sedikit toleransi. Untuk pengiriman data ke *website* juga dapat dilakukan dengan beberapa kondisi seperti adanya koneksi internet yang memumpuni dan juga pengiriman data dilakukan di area yang minim gangguan yang bisa menginterferensi saat sistem melakukan pengiriman data.

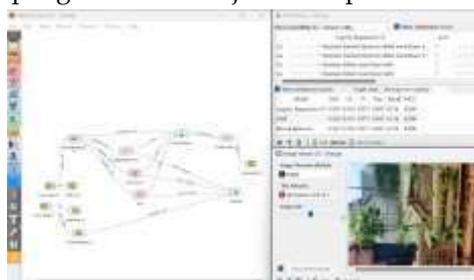
Data yang diukur oleh sensor sudah dapat dilihat di *web* Thingspeak yang mana data di *web* dan serial monitor akan menunjukkan hasil data pengukuran yang sama. Hasil pembacaan sensor di *web* dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16 Thingspeak

Selain sistem pembacaan sensor terdapat sistem pemantauan kesehatan tanaman menggunakan aplikasi Orange. Aplikasi Orange ini berfungsi sebagai *data mining* dan *image processing* yang mana sistem akan menentukan apakah data tes yang diberikan termasuk klasifikasi tanaman sehat atau tidak. Penggunaan dari aplikasi Orange ini sendiri sangat memudahkan user terutama bagi user yang masih cukup awam terkait *machine learning*.

Untuk pembuatan sistemnya cukup mudah karena bersifat visual sehingga mempermudah user untuk mencari icon yang mau dipilih untuk programnya. Selain itu, terdapat banyak pilihan algoritma yang ditawarkan untuk sistem dan user hanya perlu memasukkan *icon* tersebut dan sistem dapat mengolah datanya. Pada sistem yang dibuat ini algoritma yang dipakai ialah Neural Network, SVM, dan Logistic Regression dengan tujuan untuk membandingkan ketiga algoritma dan hasil yang didapatkan. Hasil pengolahan data tersebut dapat dibaca menggunakan beberapa cara juga baik berupa *confussion matrix*, tabel, maupun berupa data gambar. Hasil pengolahan data uji coba dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17 Hasil data Orange

Berdasarkan gambar 17, sistem *image processing* ini diolah dengan bantuan kamera dan aplikasi Orange. Data tes diambil menggunakan kamera handphone kemudian diklasifikasikan menjadi satu folder data tes. Untuk data set kesehatan tanaman juga diperoleh melalui pengambilan gambar melalui kamera handphone dikarenakan kurangnya data set terkait tanaman toman cherry yang sehat.

Data yang telah disiapkan kemudian dimasukkan ke sistem Image Embedding dan Image Viewer yang mana Image Viewer hanya berguna untuk menampilkan data gambar dari data yang dimasukkan sedangkan untuk Image Embedding sekaligus berfungsi untuk menyiapkan data sebelum diolah. Data yang telah disiapkan kemudian diberikan algoritma pengolahan. Dalam kondisi ini terdapat 3 algoritma berbeda yaitu Neural Network, SVM, dan Logistic Regression. Untuk parameter pada sistem ini digunakan parameter bawaan dari aplikasi sehingga user tidak perlu merubah setting parameter awal sistem.

Berdasarkan ketiga percobaan tersebut dapat diketahui bahwa ketiga algoritma dapat digunakan untuk mengukur kualitas kesehatan tanaman dengan akurasi sekitar 87-90%. Sistem ini tidak dapat dikatakan akurat 100% karena adanya kemungkinan error baik dari sistem maupun data yang diberikan. Selain itu, sistem juga belum dapat membedakan jika data yang diberikan bukan tanaman tomat cherry. Kekurangan lainnya dari sistem ini sendiri ialah untuk algoritma sistem kurang bisa untuk dibedah lebih dalam lagi untuk dianalisa selain itu belum ada cara untuk menyatukan hasil data dari sistem IoT pembacaan sensor dengan hasil data Image Processing sehingga kedua sistem masih berupa dua sistem yang terpisah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem pembacaan sensor dan pemantauan Kesehatan dapat dijalankan dengan baik dan menghasilkan data yang sesuai meskipun belum bisa digabungkan dalam satu tampilan keluaran yang sama.
2. Faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman meskipun belum tentu faktor utamanya.
3. Sistem yang dibuat sudah bisa diterapkan kepada petani tomat cherry untuk membantu mengenali Kesehatan tanaman.

Berdasarkan kesimpulan yang diberikan terdapat beberapa masukan untuk pengembangan penelitian di antaranya:

1. Kondisi lingkungan dan dosis nutrisi perlu diperhitungkan guna meningkatkan efisiensi sistem ini dalam mendukung pertumbuhan tanaman.
2. Faktor lain seperti koneksi internet dan hal-hal lain yang mendukung sistem perlu dipertimbangkan lebih matang.
3. Meneliti lebih lanjut terkait cara untuk menggabungkan kedua sistem agar bisa menjadi satu keluaran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lestari, Diah Ayu. 2020. *4 Manfaat Tomat Cherry yang Tak Boleh Dilewatkan*. <https://hellosehat.com/nutrisi/fakta-gizi/manfaat-tomat-cherry/>, diakses pada 20 Oktober 2022 pukul 22.27.
- [2] Zulkarnain. 2013. *Budidaya Sayuran Tropis*. Jakarta: Bumi Aksara. Hlm.129.
- [3] Annisava, A. R dan B. Solfan. 2014. *Agronomi Tanaman Hortikultura*. Yogyakarta: Aswaja Pressindo. Hlm.171.
- [4] Purwanti, E dan Khairunnisa. 2009. *Budidaya Tomat Dataran Rendah*. Jakarta: Penerba Swadaya.
- [5] Fitriani, E. 2012. *Untung Berlipat Budidaya Tomat di Berbagai Media Tanam*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press. Hal. 221.
- [6] Nursahedah. 2008. *Seledri Wortel dan Tomat*. Depok: Arya Duta. Hlm. 44.
- [7] Dalimunte, Y. R. 2018. Pengaruh Media Tanam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat Cherry (*Lycopersicon esculentum* Mill.) pada Metode Deep Flow Technique. Pekanbaru: Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru.

-
- [8] Wahid. 2019. Pengaruh Konsentrasi Larutan AB Mix Goodplant dan Media Tanam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat Cherry secara Hidroponik NFT. Pekanbaru: Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- [9] Setiawati, W., Sulastrini, Gunawan, & Gunaeni. 2001. *Penerapan Teknologi PHT pada Tanaman Tomat*. Lembang : Balai Penelitian Tanaman Sayur. Monografi no. 23.
- [10] Islam, M. Z. Y. S. Kim., et al. 2013. *Effects of Cultural Methods on Quality and Protharvert Physiology of Cherry Tomato*. Journal of Agricultural, Life dan Enviromental Science, 25 (3) : 15-19.
- [11] Kadir, Abdul. 2018. *ProgrammingWireless untuk Arduino*. Yogyakarta: Andi.
- [12] Pengertian Multiplexer(Multiplekser) dan Cara Kerja Multiplexer. Diakses pada 2 Juli 2023 pukul 21.17. <https://teknikelektronika.com/pengertian-multiplexer-multiplekser-cara-kerja-multiplexer/>
- [13] Mardika, Ardeana Galih., Kartadie, Rikie. 2019. *Mengatur Kelembaban Tanah Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Y1-69 Berbasis Arduino Pada Media Tanam Pohon Gaharu*. JOEICT (Journal of Education and Information CommunicationTechnology). Volume 03, Nomor 02, Agustus 2019: 130-140.
- [14] Dale, V. (2002). NTC and PTCThermistor. Eengineering Note 33016.
- [15] id.wikipedia.org. 2017. *Sensor Cahaya*. Diakses pada 20 November 2022 pukul 22.19. https://id.wikipedia.org/wiki/Sensor_cahaya
- [16] Low, Adrian. 1991. *IntroductionComputer Vision and Image Processing*. London: McGraw-Hill.
- [17] Cara kerja RS485 to TTL Converter.<https://electronics.stackexchange.com/questions/244425/how-is-this-rs485-module-working>.Diakses pada 29 Juni 2023 pukul 20.43.
- [18] D. M. Putri. Mengenal Wemos D1 Mini Dalam Dunia IoT. Ilmu Org, 2017.
- [19] Thingspeak.com. *Learn more about Thingspeak*. Diakses pada 3 Juli 2023 jam 14.32. https://thingspeak.com/pages/learn_more
- [20] Demsar J, Curk T, Erjavec A, Gorup C, Hocevar T, Milutinovic M, Mozina M, Polajnar M, ToplakM, Staric A, Stajdohar M, Umek L, Zagar L, Zbontar J, Zitnik M, Zupan B (2013) Orange: Data Mining Toolbox in Python, *Journal of Machine Learning Research* 14(Aug):2349–2353.
- [21] *Simplilearn.com*. *What is ImageProcessing: Overview, Applications, Benefits, and more*. Diakses pada 4 Juli 2023 pukul 09.10 <https://www.simplilearn.com/image-processing- article#:~:text=Image%20processing%20is%20the%20process,certain%20predetermined%20signal%20processing%20methods>.