

Implementation of Image Processing On Hydroponic Pakcoy Plants To Detect AB MIX Nutrient Levels

Implementasi Pengolahan Citra Untuk Mendeteksi Kadar Nutrisi AB MIX Tanaman Pakcoy Hidroponik

Izzah Rosyidah^{*1)}, Izza Anshory²⁾, Indah Sulistiyowati³⁾, Syamsudduha Syahririni⁴⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

³⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

⁴⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Abstract. *One of the alternative land use today is vegetable cultivation using hydroponic method. This article aims to create a system that can detect nutrient levels in hydroponic plants. The first test, plants were given nutrients in the range of 1100-1400 PPM (Parts Per Million). In the second treatment, plants were given nutrients in the range of 800-1000 PPM. The control devices used in this system include ESP32, ESP32Cam, pH sensor, and TDS sensor. Based on the experimental results, it was obtained that mustard green leaves will be green if the TDS meter value is at an average of 1160.83 PPM with an average error of 5.61% while the pH meter value is at 9.82 with an average error of 4.2%. The percentage value of green color detected in image processing is 120.33% with a lower green limit of [35,21,63] and an upper green limit of [55,255,255].*

Keywords - Hydroponic Pakchoy; TDS sensors; pH sensors; ESP32 cam; Image processing

Abstrak. *Salah satu alternatif pemanfaatan lahan saat ini adalah budidaya sayuran dengan metode hidroponik. Artikel ini bertujuan untuk membuat suatu sistem yang dapat mendeteksi kadar unsur hara pada tanaman hidroponik. Pengujian pertama, tanaman diberi unsur hara pada kisaran 1100-1400 PPM (Parts Per Million). Pada perlakuan kedua, tanaman diberi unsur hara pada kisaran 800-1000 PPM. Perangkat kontrol yang digunakan pada sistem ini antara lain ESP32, ESP32Cam, sensor pH, dan sensor TDS. Berdasarkan hasil percobaan diperoleh bahwa daun sawi akan berwarna hijau apabila nilai TDS meter berada pada rata-rata 1160,83 PPM dengan rata-rata galat 5,61% sedangkan nilai pH meter berada pada 9,82 dengan rata-rata galat 4,2%. Nilai presentase warna hijau yang terdeteksi pada pengolahan citra sebesar 120,33% dengan batas hijau bawah [35,21,63] dan batas hijau atas [55,255,255].*

Kata Kunci - Pakcoy hidroponik; Sensor TDS; sensor pH; ESP32 cam; Pengolahan Citra

I. PENDAHULUAN

Lahan pertanian memiliki peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan pangan dan sebagai sumber penghidupan bagi banyak petani di Indonesia. Namun, tantangan seperti pembangunan infrastruktur yang memakan lahan pertanian dan alih fungsi lahan menjadi hal yang perlu mendapat perhatian serius. Upaya untuk menjaga keberlanjutan lahan pertanian bisa melalui kebijakan yang mendukung pelestarian lahan pertanian, seperti zonasi yang tepat antara lahan pertanian dan pembangunan infrastruktur, serta pengembangan teknologi pertanian yang efisien untuk memaksimalkan hasil dari lahan yang tersedia. lahan pertanian memiliki peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan pangan dan sebagai sumber penghidupan bagi banyak petani di Indonesia. Namun, tantangan seperti pembangunan infrastruktur yang memakan lahan pertanian dan alih fungsi lahan menjadi hal yang perlu mendapat perhatian serius.[1][2]

Hadirnya hidroponik merupakan salah satu solusi yang efektif untuk mengatasi keterbatasan lahan pertanian, terutama di perkotaan atau di area dengan lahan yang terbatas. Metode hidroponik memungkinkan pertanian dilakukan tanpa menggunakan tanah, sehingga dapat dilakukan di berbagai lokasi yang tidak memiliki lahan pertanian tradisional.[3] Dengan menggunakan air sebagai media tanam dan nutrisi yang disuplai secara terkontrol, hidroponik memungkinkan tanaman untuk tumbuh dengan baik dan menghasilkan hasil yang berkualitas. Keuntungan lain dari hidroponik adalah efisiensi penggunaan air yang lebih tinggi dibandingkan dengan pertanian konvensional, serta pengendalian nutrisi yang lebih baik karena nutrisi dapat disesuaikan dengan kebutuhan tanaman secara tepat.[4] Selain itu, karena tidak memerlukan tanah, hidroponik dapat dilakukan di berbagai tempat seperti perkarangan rumah, atap rumah, bahkan lahan-lahan yang tidak begitu luas. Hal ini memungkinkan masyarakat perkotaan untuk berpartisipasi dalam kegiatan pertanian dan menghasilkan tanaman sayuran atau buah-buahan sendiri, bahkan dalam skala kecil. Dengan kemajuan teknologi dan pengetahuan yang semakin berkembang, metode hidroponik menjadi alternatif yang menarik dalam mendukung ketahanan pangan dan pemanfaatan lahan yang efisien.[5][6][7]

Nutrisi yang ada dalam larutan hidroponik sangat penting dalam menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Nutrisi tersebut terbagi menjadi dua komponen utama, yaitu larutan A yang mengandung nutrisi makro (seperti nitrogen, fosfor,

dan kalium) dan larutan B yang mengandung nutrisi mikro (seperti besi, tembaga, dan zinc). Kedua nutrisi ini biasa di sebut nutrisi AB MIX.[8] Ketidakseimbangan atau kekurangan nutrisi dalam larutan hidroponik bisa berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman. Salah satu contoh d ampaknya adalah daun tanaman menjadi kekuningan (chlorosis) akibat kekurangan nutrisi tertentu, seperti nitrogen, besi, atau magnesium.[9] Konsentrasi kedua nutrisi ini dihitung dengan satuan PPM (Parts Per Million). Setiap jenis tanaman memiliki kebutuhan nutrisi yang berbeda-beda, dan konsentrasi nutrisi dalam larutan nutrisi (PPM) perlu disesuaikan sesuai dengan kebutuhan tanaman tersebut. Untuk pakcoy hidroponik, konsentrasi nutrisi yang optimal dalam larutan nutrisi berada dalam kisaran 800-1500 PPM, tergantung pada tahap pertumbuhan tanaman, jenis sistem hidroponik yang digunakan, dan faktor-faktor lainnya seperti suhu dan intensitas cahaya.[10] Oleh karena itu, penting bagi pemilik hidroponik untuk memantau dan mengatur keseimbangan nutrisi dalam larutan hidroponik secara teratur sesuai dengan kebutuhan tanaman. Hal ini dapat dilakukan dengan mengikuti rekomendasi dosis yang disarankan dan melakukan pengukuran pH serta konsentrasi nutrisi dalam larutan secara berkala. Dengan memastikan bahwa tanaman menerima nutrisi yang cukup dan seimbang, pemilik hidroponik dapat meminimalkan risiko masalah seperti daun kekuningan dan memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal.[11][12][13]

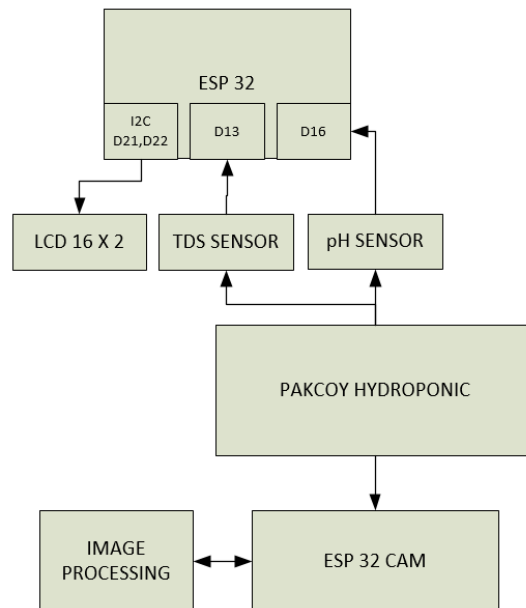
Dari permasalahan tersebut, sudah ada beberapa sistem yang telah dibuat dengan menggunakan sensor suhu, sensor TDS dan juga sensor PH untuk memonitoring dan mengontrol hidroponik. Sistem-sistem tersebut sebelumnya menggunakan arduino, kemudian dihubungkan ke sensor-sensor yang akan digunakan. Dari sensor-sensor tersebut ada sensor suhu, sensor TDS dan sensor pH. Kemudian dari sensor-sensor tersebut, ada yang hanya digunakan hanya untuk memonitoring, dan ada juga yang digunakan sebagai sistem kontrol untuk mengatur solenoid dan water level. Solenoid dan water level ini berfungsi sebagai kendali nutrisi pada media air yang digunakan hidropnik.[14][15] Sedangkan pada artikel ini akan mengimplementasikan pengolahan citra Pada Tanaman Pakcoy hidroponik untuk Mendeteksi Kadar Nutrisi AB MIX. Dengan adanya sistem ini, harapannya sensor TDS dan sensor pH dapat mendeteksi kadar nutrisi, sedangkan pengolahan citra dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi tanaman hidroponik. Sistem ini merupakan salah satu solusi untuk membantu memonitoring kondisi tanaman yang ada pada hidroponik agar dapat menghasilkan hasil panen yang optimal

II. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, dimana peneliti melakukan percobaan untuk membuktikan pernyataan atau hipotesis tertentu dengan melakukan eksperimen secara langsung dan membuat alat serta melakukan pengujian terhadap alat yang sudah dibuat. Perancangan sistem pada penelitian ini dilakukan dengan dua tahap perancangan yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak

A. Desain sistem

Desain perencanaan alat ini dirancang agar sistem dapat mendeteksi warna daun pada tanaman *pakcoy hidroponik*. Alat penelitian ini menggunakan esp32 am sebagai input data gambar yang nantinya akan diolah menggunakan pengolahan citra.[16] Sedangkan nutrisi pada tanaman *pakcoy hidroponik* akan dimonitoring menggunakan sensor TDS dan sensor pH.



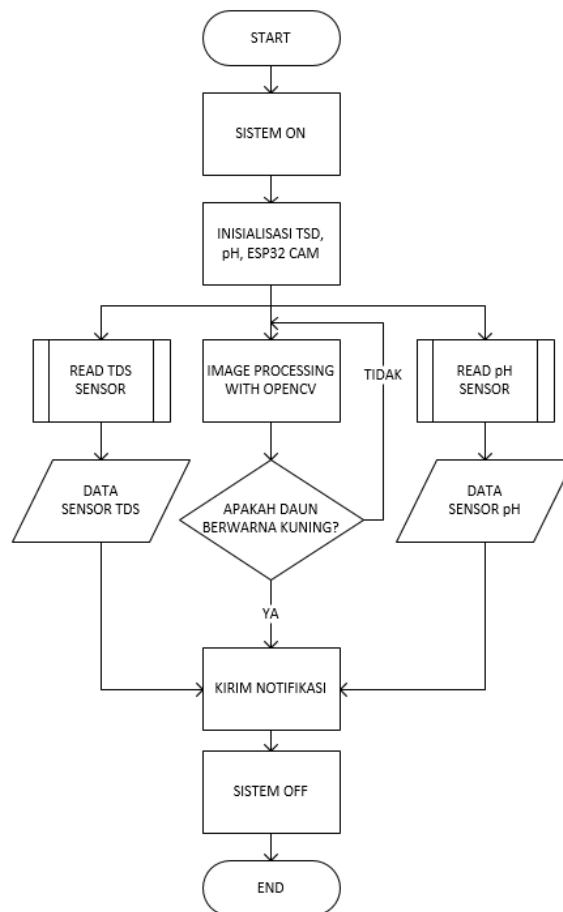
Gambar 1 Blok diagram sistem

Gambar 1 merupakan gambar block diagram sistem. Sistem ini menggabungkan sistem-sistem sebelumnya dengan monitoring menggunakan sensor-sensor ditambah dengan monitoring tanaman menggunakan pengolahan citra. Pada sistem ini sensor-sensor yang digunakan serupa dengan sensor sensor yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Sistem mendeteksi kadar nutrisi air dengan menggunakan TDS dan juga sensor pH. Kedua sensor tersebut terhubung dengan mikrokontroller ESP32. Sensor- sensor tersebut akan mendeteksi apakah nutrisi pada hidroponik kurang, atau cukup.

Sedangkan untuk pengolahan citra digunakan ESP32 CAM. Data pengolahan citra yang didapat dari ESP32 CAM berupa warna daun tanaman hidroponik. Apabila pengolahan citra mendeteksi adanya warna kuning pada daun, maka ESP32 CAM akan mengirim notifikasi kepada petani. Begitu pula dengan data sensor TDS dan sensor pH. Data-data kondisi nutrisi pada hidroponik akan di kirimkan real time kepada petani, dan petani akan mendapat notifikasi ketika nutrisi hidroponik kurang dari batas yang telah di tetapkan.

B. Sistem flowchart

Pada penelitian ini, alat pendeteksi warna daun *pakcoy hidroponik* ini menggunakan 2 jenis program, yaitu: program untuk mendeteksi kadar nutrisi yang terlarut dalam air, dan program untuk mendeteksi warna daun dengan pengolahan citra. Pada penelitian ini, alat yang digunakan sebagai pendeteksi kadar nutrisi pada tanaman *pakcoy hidroponik* adalah sensor TDS dan sensor pH yang terintegrasi dengan mikrokontroller ESP32. Sedangkan pengolahan citra pada daun tanaman pakcoy menggunakan Bahasa pemrograman python yang terintegrasi dengan ESP32 CAM.



Gambar 2 Flowchart

Gambar 2 merupakan gambar *flowchart* dari keseluruhan sistem. Dari *flowchart* dapat dilihat jika ketika sistem aktif atau dalam kondisi On, maka sistem akan menginisialisasi sensor TDS, sensor pH, dan gambar yang ditangkap oleh ESP32 Cam. Setelah itu, ke dua sensor itu bekerja dengan mengukur kadar nutrisi pada air hidroponik. Bersamaan dengan itu, pengolahan citra yang dilakukan oleh ESP32 Cam juga bekerja. Pengolahan citra akan mengolah data warna pada tanaman sawi pada hidroponik. Jika pengolahan citra mendeteksi warna kuning pada sawi, maka sistem akan memberikan notifikasi pada pengguna

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja sesuai dengan apa yang sudah direncanakan, maka dilakukan pengujian pada tiap kondisi tanaman pakcoy. Kondisi tanaman pakcoy hidroponik ada 2, yaitu Ketika daun sawi berwarna hijau dan Ketika daun sawi berwarna kuning. Berikut hasil implementasi pengolahan citra untuk mendeteksi kadar nutrisi AB MIX pada tanaman *pakcoy hidroponik*.



Gambar 3 Alat pengolahan citra Pada Tanaman *Pakcoy hidroponik* untuk Mendeteksi Kadar Nutrisi AB MIX

A. Pengujian sensor TDS

Sebelum dilakukan pengujian sensor TDS, sensor TDS perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah hasil dari pembacaan sensor sudah akurat. Sehingga dari hasil pembacaan sensor TDS dan TDS meter, dapat dihitung persentase errornya dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{persentase error nutrisi} = \frac{|\text{pembacaan TDS meter} - \text{pembacaan sensor TDS}|}{\text{pembacaan TDS meter}} \times 100\%$$

Persamaan perhitungan diatas merupakan perhitungan error antara pembacaan sesor TDS dan TDS meter. Sehingga jika digunakan menggunakan data yang ada, maka hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 dibawah.

Tabel 1 Hasil pengujian sensor TDS dan TDS meter dengan nutrisi tercukupi

Hari ke-	TDS meter	TDS sensor	Error (%)	Keterangan
7 HST	1120	1154,8	5,74	Daun sawi hijau
14 HST	1236,7	1189,7	5,71	Daun sawi hijau
21 HST	1121,7	1136,8	3,91	Daun sawi hijau
28 HST	1148,3	1138,7	4,99	Daun sawi hijau

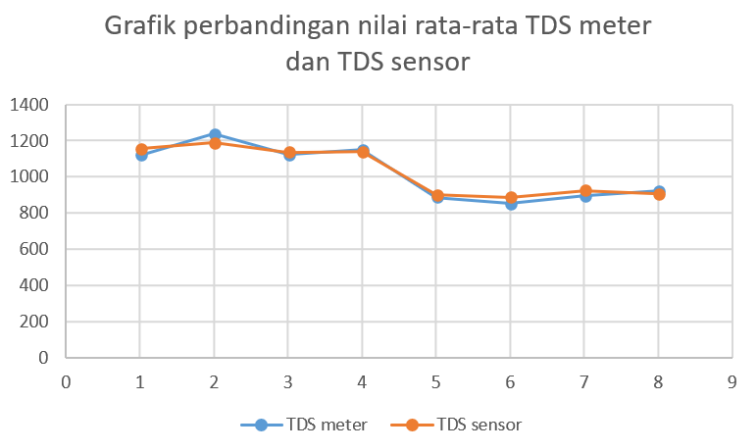
Dari hasil pengujian yang tertera pada tabel 1, dapat dilihat bahwa daun sawi akan berwarna hijau Ketika TDS sensor mendeteksi nutrisi diatas 1000 pada 7 HST (Hari Setelah Tanam) hingga waktu panen yaitu 28 HST dengan error pembacaan sensor 3-5%

Tabel 2 Hasil pengujian sensor TDS dan TDS meter dengan nutrisi tidak tercukupi

Hari ke-	TDS meter	TDS sensor	Error (%)	Keterangan
7 HST	886,7	899,5	3,74	Daun sawi kuning
14 HST	852,0	886,7	5,24	Daun sawi kuning
21 HST	895,0	924,8	5,38	Daun sawi kuning
28 HST	922,0	906,8	3,60	Daun sawi kuning

HST= hari setelah tanam

Dari hasil pengujian yang tertera pada tabel 2, dapat dilihat bahwa daun sawi akan berwarna kekuningan Ketika TDS sensor mendeteksi nutrisi dibawah 1000 pada 7 HST (Hari Setelah Tanam) hingga waktu panen yaitu 28 HST dengan error pembacaan sensor 3-5%



Gambar 4 Grafik perbandingan nilai rata-rata TDS meter dan TDS sensor

Gambar 4 merupakan perbandingan nilai rata-rata TDS meter dan TDS sensor, yang mana pada 4 data pertama merupakan pengujian alat 4 minggu pertama. Pada 4 minggu pertama nutrisi AB MIX diberikan sesuai takaran yang seharusnya, sehingga dapat dilihat bahwa data nilai TDS lebih tinggi dibandingkan dengan nilai TDS 4 data terakhir, yang mana data tersebut adalah data nilai TDS dengan nutrisi yang diberikan kurang dari nutrisi takaran.

B. Pengujian sensor pH

Sama halnya dengan pengujian sensor TDS, sensor pH juga perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah hasil dari pembacaan sensor sudah akurat.[13] Sehingga dari hasil pembacaan sensor pH dan pH meter, dapat dihitung persentase errornya dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{persentase error pH} = \frac{|\text{pembacaan pH meter} - \text{pembacaan sensor pH}|}{\text{pembacaan pH meter}} \times 100\%$$

Persamaan perhitungan diatas merupakan perhitungan eror antara pembacaan sesor pH dan pH meter. Sehingga jika digunakan menggunakan data yang ada, maka hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 3 dan 4 dibawah.

Tabel 3 Hasil pengujian sensor pH dan pH meter dengan nutrisi tercukupi

Hari ke-	pH meter	pH sensor	Error (%)	Keterangan
7 HST	9,8	9,5	5,02	Daun sawi hijau
14 HST	10,3	10,2	3,97	Daun sawi hijau
21 HST	9,8	9,6	4,60	Daun sawi hijau
28 HST	9,8	9,9	3,21	Daun sawi hijau

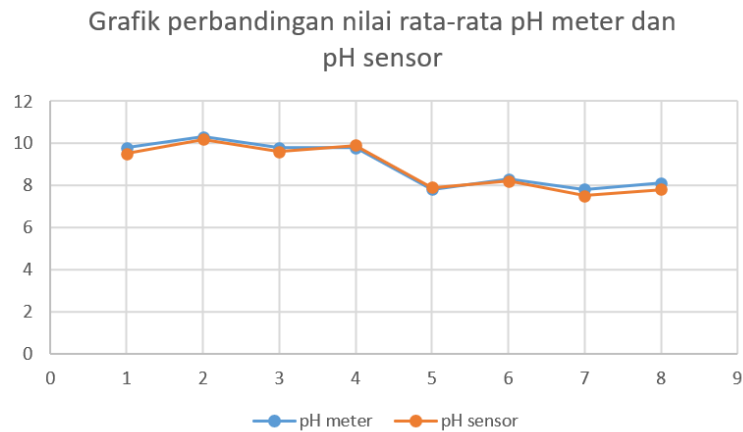
Dari hasil pengujian yang tertera pada tabel 3, dapat dilihat bahwa daun sawi akan berwarna hijau Ketika pH sensor mendeteksi pH air diatas 9 pada 7 HST (Hari Setelah Tanam) hingga waktu panen yaitu 28 HST dengan eror pembacaan sensor 3-5%

Tabel 4 Hasil pengujian sensor pH dan pH meter dengan nutrisi tidak tercukupi

Hari ke-	pH meter	pH sensor	Error (%)	Keterangan
7 HST	7,8	7,9	5,84	Daun sawi kuning
14 HST	8,3	8,2	5,35	Daun sawi kuning
21 HST	7,8	7,5	4,42	Daun sawi kuning
28 HST	8,1	7,8	5,20	Daun sawi kuning

HST= hari setelah tanam

Dari hasil pengujian yang tertera pada tabel 4, dapat dilihat bahwa daun sawi akan berwarna kekuningan Ketika pH sensor mendeteksi pH air dibawah 9 pada 7 HST (Hari Setelah Tanam) hingga waktu panen yaitu 28 HST dengan eror pembacaan sensor 3-5%



Gambar 5 Grafik perbandingan nilai rata-rata pH meter dan pH sensor

Gambar 5 merupakan perbandingan nilai rata-rata pH meter dan pH sensor, yang mana pada 4 data pertama merupakan pengujian alat 4 minggu pertama. Pada 4 minggu pertama nutrisi AB MIX diberikan sesuai takaran yang seharusnya, sehingga dapat dilihat bahwa data nilai pH lebih tinggi dibandingkan dengan nilai pH 4 data terakhir, yang mana data tersebut adalah data nilai pH dengan nutrisi yang diberikan kurang dari nutrisi takaran.

C. Pengujian pengolahan citra

Pengolahan citra merupakan salah satu metode dalam *mechine learning* untuk memproses suatu gambar sehingga kita dapat mengekstrak informasi dari gambar tersebut.[17] Sama seperti pengujian sebelumnya, penglahan citra butuh kalibrasi. Kalibrasi yang dilakukan pada pengolahan citra ini adalah mencari batas atas dan batas bawah warna hijau, nilai batas atas dan batas bawah ini juga diperlukan untuk warna kuning. Hal ini dilakukan agar sistem dapat mengenali warna yang telah ditentukan. Pengujian pengolahan citra menggunakan model warna RGB. Model warna RGB menggunakan warna primer yaitu red (merah), green (hijau), dan blue (biru) untuk menciptakan rentang warna yang luas. Setiap warna diwakili oleh nilai antara 0 dan 255, dengan 0 mewakili tidak adanya warna tersebut dan 255 mewakili jumlah maksimum warna tersebut. Untuk menghitung persentase setiap warna dalam kode warna RGB tertentu, bisa menggunakan persamaan berikut:

$$\text{persentase hijau} = \frac{(\text{nilai hijau})}{255} \times 100\%$$

$$\text{persentase merah} = \frac{(\text{nilai merah})}{255} \times 100\%$$

$$\text{persentase biru} = \frac{(\text{nilai biru})}{255} \times 100\%$$

Model warna RGB adalah model aditif, di mana kombinasi warna merah, hijau, dan biru dengan intensitas penuh menghasilkan warna putih dan ketidakhadirannya menghasilkan warna hitam.



Gambar 6 Pengujian pengolahan citra ketika nutrisi terpenuhi

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan pengolahan citra untuk mendeteksi unsur hara campuran AB pada tanaman pak choy hidroponik dapat membedakan warna hijau dan kuning dengan baik.

Jika dihubungkan tabel 1 dan tabel 3, daun sawi akan berwarna hijau jika nilai TDS meter berada pada angka rata-rata 1160,83 PPM dengan rata-rata error 5,61 % sedangkan nilai pH meter berada pada angka 9,82 dengan rata-rata error 4,2 %. Nilai persentase warna hijau yang terdeteksi *image processing* sebesar 120,33% dengan batas bawah warna hijau [35, 21, 63] dan batas atas warna hijau [55, 255, 255].



Gambar 7 Pengujian pengolahan citra ketika nutrisi tidak terpenuhi

Sedangkan jika dihubungkan tabel 3 dan 4, daun sawi akan berwarna kekuningan jika nilai TDS meter rata-rata sebesar 904,46 PPM dengan rata-rata error sebesar 4,49% sedangkan nilai pH meter sebesar 7,88 dengan rata-rata error sebesar 6,15% . . Nilai persentase warna kuning yang terdeteksi oleh pengolahan citra sebesar 49,05% dengan batas bawah berwarna kuning [23, 59, 119] dan batas atas berwarna kuning [43, 255, 255]

IV. SIMPULAN

Berdasarkan perencanaan sistem yang telah dijelaskan, untuk terealisasinya Implementasi Pengolahan citra Pada Tanaman Pakcoy hidroponik untuk Mendeteksi Kadar Nutrisi AB MIX, hasil menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi larutan nutrisi yang berbeda dapat memberikan pengaruh terhadap tanaman sawi pakcoy hidroponik. Nilai persentase warna hijau yang terdeteksi pengolahan citra sebesar 120,33% dengan batas bawah warna hijau [35, 21, 63] dan batas atas warna hijau [55, 255, 255]. Nilai persentase warna kuning yang terdeteksi oleh pengolahan citra sebesar 49,05% dengan batas bawah berwarna kuning [23, 59, 119] dan batas atas berwarna kuning [43, 255, 255].

REFERENSI

- [1] P. Denanta Bayuguna Perteka, I. N. Piarsa, and K. S. Wibawa, "Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik Aeroponik Berbasis Internet of Things," *J. Ilm. Merpati (Menara Penelit. Akad. Teknol. Informasi)*, vol. 8, no. 3, p. 197, 2020, doi: 10.24843/jim.2020.v08.i03.p05.
- [2] M. D. Ramadhan, A. Wisaksono, J. Jamaaluddin, and A. Ahfas, "Prototype Of Moisture Content Meter In Grain Using Esp32 Based On Spreadsheet," *J. Comput. Networks, Archit. High Perform. Comput.*, vol. 6, no. 2, pp. 502–513, 2024, doi: 10.47709/cnahpc.v6i2.3530.
- [3] N. Furoidah, "Efektivitas Penggunaan AB Mix terhadap Pertumbuhan Beberapa Varietas Sawi (*Brassica sp*)," *Pros. Semin. Nas. Fak. Pertan. UNS*, vol. 2, no. 1, p. A.239-246, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.fp.uns.ac.id/index.php/semnas/article/view/1100>
- [4] A. Fauzan *et al.*, "sistem monitoring hidroponik berbasis arduino," vol. 3, no. 1, pp. 84–94, 2022.
- [5] Susilawati, *Dasar – Dasar Bertanam Secara Hidroponik*. 2019.
- [6] M. T. N. Efendi, I. Sulistiyowati, S. Syahririni, and I. Anshory, "Designing a Monitoring System and Optimizing Water Quality in Tilapia Farming Ponds in Phokecik Hamlet Using Ubidots," *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 34–44, 2024, doi: 10.12928/biste.v6i1.10090.
- [7] M. F. Ilmi, S. Syahririni, and S. D. Ayuni, "Automatic Water Quality and Fish Feed Monitoring System in Aquarium Using LORA," *J. Comput. Networks, Archit. High Perform. Comput.*, vol. 5, no. 2, pp. 444–457, 2023, doi: 10.47709/cnahpc.v5i2.2479.
- [8] P. N. Safiroh W.P, G. F. Nama, and M. Komarudin, "Sistem Pengendalian Kadar PH dan Penyiraman Tanaman Hidroponik Model Wick System," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 10, no. 1, 2022, doi: 10.23960/jitet.v10i1.2260.
- [9] A. Rianti, R. Kusmiadi, and R. Apriyadi, "Respon Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L*) dengan Pemberian Teh Kompos Bulu Ayam pada Sistem Hidroponik," *AGROSAINSTEK J. Ilmu dan Teknol. Pertan.*, vol. 3, no. 2, pp. 52–58, 2019, doi: 10.33019/agrosainstek.v3i2.51.
- [10] O. Efriyadi, "Pengaruh Perbedaan Jenis Media Tanam Hidroponik Terhadap Pertumbuhan Pakcoy (*Brassica rapa*) dan Kangkung (*Ipomoea aquatic*)," *Univ. Res. Colloquium STIKES PKU Muhammadiyah Surakarta*, vol. 4, no. 2, pp. 675–681, 2018.
- [11] M. Fuad Syah and dan Arnis En Yulia, "PEMBERIAN PUPUK AB MIX PADA TANAMAN PAKCOY PUTIH (*Brassica rapa L.*) DENGAN SISTEM HIDROPONIK RAKIT APUNG The Giving AB Mix Fertilizer on White Pakcoy (*Brassica rapa L.*) Using Floating Hydroponic System," *J. Din. Pertan. Ed. XXXVII Nomor*, vol. 1, no. April, pp. 17–22, 2021.
- [12] S. D. A. Pasca Yoghaswara, Izza Anshory, "Rancang Bangun Alat Deteksi Kematangan Buah Pepaya Berdasarkan Warna pada Kulit Buah Berbasis Arduino," *Cyclotr. J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 02, pp. 32–37, 2023.
- [13] M. R. Satriawan, G. Priyandoko, and S. Setiawidayat, "Monitoring pH Dan Suhu Air Pada Budidaya Ikan Mas Koki Berbasis IoT," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 12–17, 2023, doi: 10.37905/jjee.v5i1.16083.
- [14] S. Melangi, M. Asri, and S. A. Hulukati, "Sistem Monitoring Informasi Kualitas dan Kekeruhan Air Tambak Berbasis Internet of Things," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 77–82, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.12061.
- [15] F. X. W. Y. Untoro and I. R. Kusumawati, "Model Sistem Buka/Tutup Pelindung Tanaman Hidroponik Otomatis Menggunakan Raspberry Pi Pico," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 175–181, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.14420.
- [16] W. Bagye, I. Purwata, M. Ashari, and S. Saikin, "Perancangan Alat Penangkap Gambar

- Pelaku Kejahatan Berbasis Node MCU ESP32 CAM,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 36–40, 2023, doi: 10.37905/jjee.v5i1.16871.
- [17] S. Melangi, “Klasifikasi Usia Berdasarkan Citra Wajah Menggunakan Algoritma Artificial Neural Network dan Gabor Filter,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 60–67, 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i2.6956.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.