Monitoring Pertumbuhan Vertikal Tanaman Hidroponik Menggunakan Webcam dan Pengolahan Citra Digital

Tiya Muthia[1*], Dian Andrianto[2] , Sri Ratna Sulistiyanti[3], Helmy Fitriawan

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145
[1] tiyamuthia@eng.unila.ac.id
[2]dianandrianto97@gmail.com
[3]sr_sulistiyanti@eng.unila.ac.id
[4]helmy.fitriawan@eng.unila.ac.id

Intisari — **Pemantauan pertumbuhan tanaman hidroponik memerlukan teknologi yang dapat memberikan hasil yang akurat dan efisien. Penelitian ini mengembangkan sistem pendeteksi tinggi tanaman hidroponik menggunakan pengolahan citra digital untuk mengukur tinggi tanaman secara otomatis. Sistem ini menggunakan kamera webcam yang terhubung dengan Raspberry Pi, serta perangkat lunak Python dengan library OpenCV. Proses pengolahan citra dimulai dengan pengurangan noise menggunakan metode filter bilateral, dilanjutkan dengan konversi citra RGB menjadi HSV untuk memisahkan objek dari latar belakang. Deteksi kontur dan penerapan bounding box digunakan untuk mengukur tinggi tanaman dengan mengonversi piksel menjadi satuan sentimeter berdasarkan jarak kamera yang tetap 21 cm dari objek. Pengujian dilakukan di luar ruangan pada sore hari, dan hasil penelitian menunjukkan galat rata-rata sekitar 3,8 cm dengan tingkat keberhasilan deteksi mencapai 96,2%. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi tinggi tanaman dengan akurasi tinggi dan efektif untuk memantau pertumbuhan tanaman hidroponik.**
Kata Kunci — **Pendeteksian Objek, Hidroponik, Pengolahan Citra, Raspberry Pi, Opencv, Tinggi Tanaman.**

Abstract — **Monitoring the growth of hydroponic plants requires technology that can provide accurate and efficient results. This research develops a hydroponic plant height detection system using digital image processing to measure plant height automatically. This system uses a webcam camera connected to a Raspberry Pi, as well as Python software with the OpenCV library. The image processing process begins with noise reduction using the bilateral filter method, followed by conversion of RGB images to HSV to separate objects from the background. Contour detection and bounding box application are used to measure plant height by converting pixels into centimeter units based on a fixed camera distance of 21 cm from the object. Tests were conducted outdoors in the afternoon, and the results showed an average error of about 3.8 cm with a detection success rate of 96.2%. These results show that the system can detect plant height with high accuracy and is effective for monitoring hydroponic plant growth.**
Keywords— **Object Detection, Hydroponics, Image Processing, Raspberry Pi, Opencv, Plant Height.**

I. PENDAHULUAN

Kenaikan suhu baterai selama proses Perkembangan teknologi mikrokomputer telah membawa dampak besar dalam kehidupan sehari-hari, termasuk dalam bidang pertanian modern. Kemampuannya dalam mengotomatisasi proses dan menjalankan sistem yang terprogram menjadikan mikrokomputer sebagai alat bantu yang sangat potensial dalam meningkatkan efisiensi kerja manusia [1]. Salah satu penerapan yang kini semakin populer adalah pada sistem budidaya tanaman hidroponik, yaitu metode tanam tanpa tanah yang mengandalkan air bernutrisi sebagai media tumbuh utama [2]. Sistem ini tidak hanya hemat ruang dan air, tetapi juga memungkinkan kontrol lingkungan yang lebih presisi.

Di sisi lain, kebutuhan akan sistem pemantauan tanaman yang praktis dan efisien mendorong pemanfaatan teknologi pengolahan citra digital. Teknologi ini mampu menangkap, memproses, dan menganalisis informasi visual dari tanaman, seperti ukuran daun atau tinggi batang, tanpa kontak fisik langsung [3]. Namun, meskipun citra digital

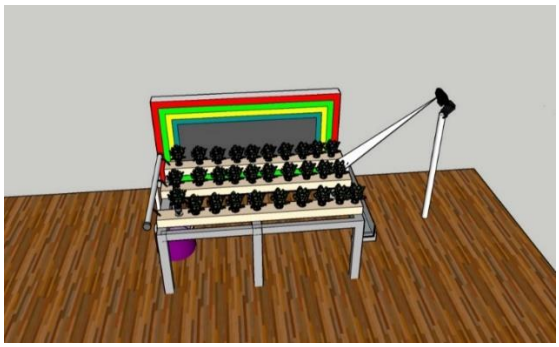
menyimpan banyak informasi, kualitas gambar yang kurang baik—karena pencahayaan, noise, atau kontras rendah—sering menjadi kendala dalam proses analisis [4]. Oleh karena itu, diperlukan metode yang mampu memproses dan meningkatkan kualitas citra agar informasi yang terkandung dapat diinterpretasikan dengan akurat.

Dalam beberapa tahun terakhir, sejumlah studi telah mengusulkan berbagai pendekatan untuk memantau pertumbuhan tanaman secara otomatis. Zhang et al. [5] menggunakan algoritma berbasis deep learning untuk mengukur pertumbuhan tanaman selada dalam sistem hidroponik, sementara Yan et al. [6] memanfaatkan metode segmentasi berbasis Euclidean distance untuk menghitung ukuran daun secara real time. Penelitian lain oleh Sharma et al. [7] menunjukkan bahwa pendekatan berbasis kamera konvensional dan pengolahan citra sederhana dapat digunakan untuk mengklasifikasikan fase pertumbuhan tanaman secara efektif.

Kendati demikian, sebagian besar pendekatan tersebut masih membutuhkan perangkat keras mahal atau pemrograman tingkat lanjut, yang menyulitkan implementasi di lingkungan rumah tangga atau institusi pendidikan dengan keterbatasan sumber daya. Berangkat dari tantangan ini, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem monitoring tanaman berbasis citra digital menggunakan Python dan pustaka OpenCV, dengan pendekatan yang sederhana namun akurat. Sistem ini memanfaatkan satu kamera untuk mengambil gambar tanaman dari sudut tertentu, kemudian mengolahnya dengan metode Euclidean distance guna mengukur dimensi objek tanaman dalam satuan sentimeter. Diharapkan, sistem ini dapat menjadi solusi alternatif yang efisien, terjangkau, dan mudah diimplementasikan dalam konteks skala kecil maupun pendidikan [8], [9].

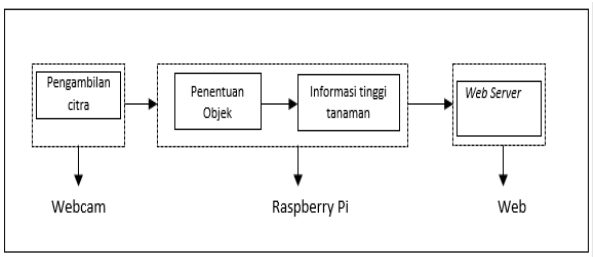
II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini melibatkan berbagai alat dan bahan yang digunakan untuk mendukung pengembangan sistem. Alat yang digunakan meliputi Raspberry Pi 3 Model B+, kamera webcam Logitech C270, layar LCD 7 inci, kabel penghubung, kartu microSD 16 GB, laptop, serta perangkat lunak dengan bahasa pemrograman Python. Kamera webcam Logitech C270 berfungsi untuk menangkap citra tanaman yang tumbuh dalam sistem hidroponik, sementara Raspberry Pi 3 Model B+ telah terinstal dengan Python versi 3.5.3 dan pustaka OpenCV 3.4.4 untuk memfasilitasi pengolahan citra. Layar LCD 7 inci digunakan sebagai output untuk menampilkan hasil dari pemrosesan sistem. Objek citra yang diambil adalah tanaman hidroponik, dengan jarak antara tanaman dan kamera sekitar 21 cm.



Gbr 1. Rancangan Perangkat Keras

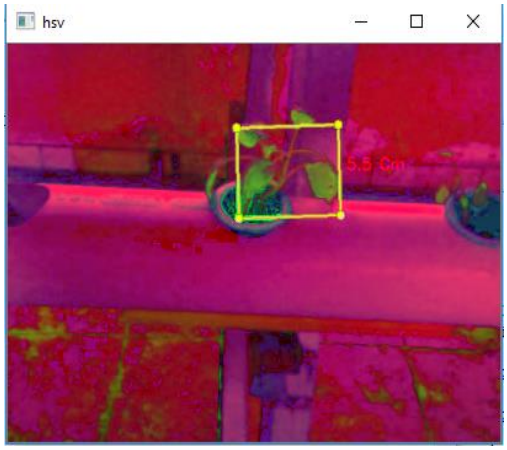
Perancangan model sistem ini dimulai ketika sistem dijalankan dan akan terus melakukan proses looping hingga dihentikan oleh pengguna. Dalam proses pengolahan citra, beberapa metode diterapkan, seperti konversi citra dari format RGB menjadi HSV, penggunaan filter bilateral untuk mengurangi noise, deteksi kontur, serta penerapan metode Euclidean Distance untuk mengukur jarak dan menghitung tinggi tanaman yang telah terdeteksi. Hasil citra dari proses ini disimpan dalam format .jpg dan kemudian dikirim ke database untuk ditampilkan di website. Blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 2.



Gbr 2. Diagram Sistem

A. Tahap 1 (RGB to HSV)

Pengolahan awal dalam sistem ini dilakukan dengan mengubah citra dari format RGB menjadi format HSV. Citra dalam ruang warna HSV memiliki keunggulan dalam memisahkan informasi warna dari intensitas cahaya, yang sering kali mengganggu dalam ruang warna RGB. Pada ruang warna RGB, warna yang memiliki intensitas hampir sama dapat terlihat sangat berbeda bagi penglihatan manusia, sehingga diperlukan konversi ke ruang warna yang lebih sesuai untuk analisis warna yang lebih akurat. Ruang warna HSV memisahkan informasi Hue (warna), Saturation (kekayaan warna), dan Value (kecerahan), sehingga memudahkan dalam pendeteksian objek dan pemisahan objek dari latar belakang. Hal ini sangat berguna dalam aplikasi pengolahan citra yang membutuhkan deteksi objek berdasarkan warna secara lebih efisien tanpa terpengaruh oleh variasi intensitas cahaya [10], [12], [13].



Gbr 3. Citra HSV

B. Tahap 2 (Filter Bilateral)

Proses pengolahan selanjutnya menggunakan metode filter bilateral**,** yang merupakan teknik restorasi citra yang efektif untuk mengurangi noise sambil mempertahankan tepi citra. Filter bilateral menghitung kedekatan piksel secara geometris dan fotometrik. Kedekatan geometris menghitung jarak spasial antara piksel, sedangkan kedekatan fotometrik mengukur perbedaan intensitas warna antara piksel pada citra. Kombinasi kedua bobot ini menghasilkan pengolahan yang efisien, karena memperhitungkan baik jarak antar piksel maupun perbedaan intensitas warna, yang memungkinkan untuk mempertahankan detail tepi sambil menghilangkan noise. Filter ini sangat berguna dalam aplikasi yang membutuhkan pemeliharaan detail gambar sambil mengurangi gangguan noise [14], [15], [16], [17].

Gbr 4. Citra Filter Bilateral

C. Kontur

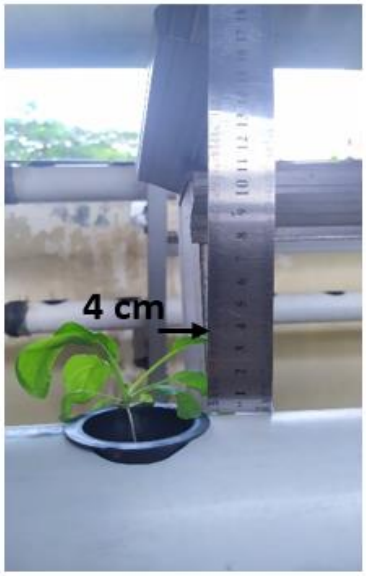
Setelah citra diproses menggunakan metode filter bilateral, citra biner yang berwarna putih (nilai 0) akan dianalisis untuk mendeteksi kontur. Proses ini mencakup penandaan dan perubahan warna kontur untuk mempermudah identifikasi garis pada citra. Selanjutnya, proses ini dilakukan dengan mempertimbangkan area kontur yang memiliki nilai lebih dari 100, sehingga hanya kontur yang signifikan yang diproses lebih lanjut [19], [20].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian sistem yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan selama 14 hari dan didapatkan beberapa kondisi diantaranya yaitu:

A. Hasil Pengukuran Tinggi Tanaman Hari ke-1

Pada Gambar 5 merupakan data hasil dari perolehan tinggi tanaman di hari pertama pemantauan dengan pengukuran menggunakan penggaris sebesar 4 cm. Sedangkan, tinggi yang terukur pada sistem yang terlihat pada Gambar 6 sebesar 3,6 cm.



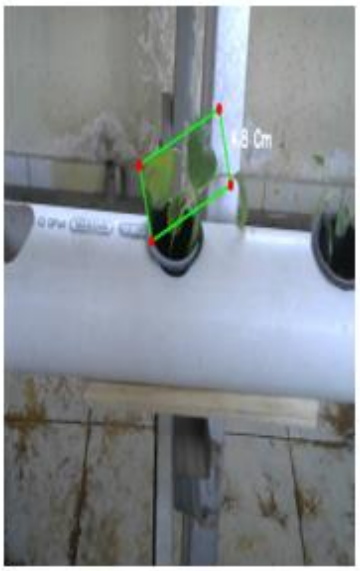
Gbr. 5 Hasil Pengukuran Manual Hari Ke-1

Gbr. 6 Hasil Pengukuran Sistem Hari Ke-1

Gbr. 7 Hasil Pengukuran Manual Hari ke-3

B. Hasil Pengukuran Tinggi Tanaman Hari ke-3

Pada Gambar 7 merupakan data hasil dari perolehan tinggi tanaman di hari pertama pemantauan dengan pengukuran menggunakan penggaris sebesar 5 cm. Sedangkan, tinggi yang terukur pada sistem yang terlihat pada Gambar 8 sebesar 4,8 cm.



Gbr. 8 Hasil Pengukuran Sistem Hari ke-3

Tabel 1. Evaluasi Ketepatan Pengukuran Sistem

Hari ke-	Sistem (cm)	Manual (cm)	Error (%)
1	3.6	4.0	10.0
2	4.2	4.4	4.5
3	4.8	5.0	4.0
4	5.3	5.2	1.9
5	5.8	5.5	5.0
6	6.5	6.2	4.8
7	7.5	7.2	4.2
8	8.6	8.9	3.3
9	8.9	9.1	2.2
10	9.3	9.5	2.1
11	9.7	9.8	1.0
12	10.0	10.3	2.9
13	10.3	10.6	2.8
14	10.5	11.0	4.5

Selama periode pengamatan selama 14 hari, sistem yang dirancang menunjukkan tingkat ketelitian yang cukup baik dalam mendeteksi tinggi tanaman hidroponik. Nilai error harian bervariasi, dengan kesalahan tertinggi sebesar 10% yang terjadi pada hari pertama, dan kesalahan terendah sebesar 1%

pada hari ke-11. Setelah dianalisis secara keseluruhan, rata-rata error yang dihasilkan sistem adalah 3,8%.

Dengan nilai rata-rata tersebut, sistem memiliki tingkat keberhasilan pengukuran sebesar 96,2%, yang menunjukkan bahwa perangkat mampu melakukan pendeteksian tinggi tanaman secara otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi dan dapat diandalkan. Hasil ini menjadi indikator bahwa teknologi yang digunakan dalam penelitian ini berpotensi untuk diterapkan dalam pemantauan pertumbuhan tanaman secara real-time.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi tinggi tanaman hidroponik berbasis pengolahan citra digital dengan memanfaatkan kamera webcam sebagai sensor utama. Proses pendeteksian dilakukan melalui konversi ruang warna RGB ke HSV, penerapan filter bilateral untuk mengurangi derau, serta metode kontur untuk mendeteksi objek dan menghitung tinggi tanaman secara otomatis. Pengujian selama 14 hari menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan fungsinya dengan tingkat akurasi yang baik, ditunjukkan oleh rata-rata galat sebesar 3,8%, yang setara dengan tingkat keberhasilan pengukuran sebesar 96,2% jika dibandingkan dengan metode konvensional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Laboratorium Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung atas kontribusinya dalam menyediakan fasilitas penelitian yang mendukung pelaksanaan penelitian ini. Dukungan fasilitas tersebut sangat membantu dalam menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan penelitian.

REFERENSI

[1] A. Najakh, “Rancang Bangun Perhitungan Keliling Daun Bayam Menggunakan Citra Digital,” Skripsi, Universitas Lampung, 2015.

[2] F. V. Andreas, “Rancang Bangun Camera Trap dengan Pengambilan Gambar Otomatis Berbasis Raspberry Pi 2,” Skripsi, Universitas Lampung, 2015.

[3] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, 4th ed., New York: Pearson, 2018.

[4] J. E. D. M. R. Gunawan, Pengolahan Citra Digital dengan Python, Yogyakarta: Andi Offset, 2020.

[5] M. Hartono et al., “Analisis Pertumbuhan Tanaman Selada dengan Sistem Monitoring Berbasis Kamera,” Jurnal Agroindustri, vol. 14, no. 1, pp. 22–30, 2022.

[6] T. S. Gunawan et al., “Object Detection Using Color Segmentation and Contour Filtering in Precision Agriculture,” IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., vol. 948, no. 1, p. 012056, 2021.

[7] M. S. Nugroho and F. Ramadhan, “Implementasi Filter Bilateral pada Proses Pemrosesan Citra Digital,” Jurnal Pengolahan Citra Digital, vol. 3, no. 1, pp. 45–52, 2022.

[8] D. H. Putra, “Deteksi Objek Menggunakan Metode HSV dan OpenCV,” Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, vol. 9, no. 2, pp. 90–96, 2021.

[9] P. J. Besl and N. D. McKay, “A Method for Registration of 3-D Shapes,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 14, no. 2, pp. 239–256, 1992.

[10] T. Y. Widodo and A. P. Santosa, “Penerapan Segmentasi HSV dalam Deteksi Buah Otomatis,” Jurnal Teknologi dan Komputer, vol. 8, no. 3, pp. 55–62, 2023.

[11] R. Wahyuni and D. Firmansyah, “Penerapan Kontur untuk Deteksi Objek Berbasis Citra Digital,” Jurnal Teknologi Informasi, vol. 15, no. 1, pp. 10–18, 2022.

[12] D. A. Adhityo, “Implementasi Deteksi Objek Menggunakan OpenCV dan Python,” Jurnal Teknik ITS, vol. 8, no. 2, pp. A185–A190, 2019.

[13] M. R. M. Aldin and R. Firdaus, “Penggunaan Filter Bilateral pada Pengolahan Citra Digital dalam Sistem Pendeteksi Objek,” Jurnal Teknik Elektro

Universitas Lampung, vol. 12, no. 4, pp. 210–220, 2021.

[14] K. Zhang, Y. Zhang, and L. Yang, "Real-Time Plant Height Measurement System Using Image Processing," Computers and Electronics in Agriculture, vol. 168, p. 105109, 2020.

[15] L. B. Wijaya and A. Y. Sari, "Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman dengan Kamera dan Raspberry Pi," Jurnal Teknologi dan Sains, vol. 10, no. 2, pp. 99–106, 2022.

[16] F. Rahmadani et al., "Implementasi Bounding Box untuk Estimasi Dimensi Objek pada Citra Digital," Jurnal Sains dan Teknologi, vol. 6, no. 2, pp. 84–90, 2023.

[17] B. Arifianto dan E. Y. Setyawan, "Konversi Piksel ke Satuan Nyata dalam Pengukuran Citra Objek," Jurnal Sistem Cerdas, vol. 7, no. 1, pp. 31–37, 2022.

[18] A. K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing," Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1989.

[19] J. S. Segen, "Gesture Recognition Using Computer Vision," Signal Processing Magazine, vol. 17, no. 6, pp. 80–86, 2000.

[20] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks," in Proc. NIPS, 2012, pp. 1097–1105.