JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Vol. 7, No. 1, Juni 2022, Hal. 25-30
Terakreditasi "**Peringkat 3**" oleh Kemenristek/BRIN, Nomor SK: 85/M/KPT/2020
DOI: 10.31544/jtera.v7.i1.2022.25-30
p-ISSN 2548-737X
e-ISSN 2548-8678

Implementasi Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau Berbasis Pembelajaran Mesin

Ade Ramdan
Program Magister Sistem Informasi, STMIK LIKMI Bandung
Jl. Ir. H. Juanda No. 96 Bandung, Jawa Barat, Indonesia
Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Jl. Sangkuriang No. 21 Bandung, Jawa Barat, Indonesia
ader004@brin.go.id

Abstrak

Peningkatan produksi di bidang pertanian khususnya sayuran perlu dilakukan dengan memanfaatkan teknologi sejalan dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan sayuran. Teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dapat mendukung proses bisnis di bidang pertanian yang dapat digunakan untuk meningkatkan hasil produksi pertanian. Salah satu penggunaan teknologi tersebut adalah dengan mengimplementasikan sistem monitoring pertumbuhan tanaman berbasis pembelajaran mesin. Sistem monitoring tanaman pada masa pertumbuhan tersebut diperlukan guna meningkatkan produksi pertanian. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk merancang sistem monitoring dengan menerapkan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) sebagai *classifier* dengan metode ekstraksi fitur warna menggunakan metode *Hue, Saturation, Intensity* (HIS) pada Raspberry Pi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring pertumbuhan tanaman sawi ini dapat mendeteksi tanaman yang memiliki pertumbuhan bagus dan kurang bagus dengan akurasi 90%.

Kata kunci: monitoring tanaman, pembelajaran mesin, Raspberry Pi, SVM, HSI

Abstract

Increasing production in agriculture, especially vegetables, needs to be done by utilizing technology in line with the increasing public demand for vegetables. Artificial Intelligence (AI) technology can support business processes in agriculture that can be used to increase agricultural production. One of the uses of this technology is to implement a machine learning-based plant growth monitoring system. Plant monitoring system during the growth period is needed to increase agricultural production. This research aims to design a monitoring system by applying the Support Vector Machine (SVM) algorithm as a classifier with the color feature extraction method using the Hue, Saturation, Intensity (HIS) method on the Raspberry Pi. The results showed that this mustard plant growth monitoring system can detect plants that have good and bad growth with accuracy of 90%.

Keywords: *monitor plants, machine learning, Raspberry, SVM, HSI*

I. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara agraris yang memiliki lahan pertanian yang luas dan mempunyai potensi tinggi terhadap sektor pertanian. Dimana pertanian juga sangat berperan besar dalam proses pembangunan ekonomi. Salah satu kontribusi pertanian terhadap pembangunan ekonomi negara adalah kontribusi produksi [1]. Maka dari itu, peningkatan produksi pertanian menjadi salah satu proses bisnis di Kementerian Pertanian yang diformalkan melalui Keputusan Menteri Pertanian Nomor 718 Tahun 2016. Kementerian Pertanian memiliki peta proses bisnis yang terbagi menjadi 3 kelompok yaitu proses utama, proses pendukung, dan proses manajemen. Salah satu proses utama adalah peningkatan produksi komoditas pertanian [2]. Pemanfaatan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dapat mendukung proses bisnis di bidang pertanian.

Diterima: 30 Oktober 2021; Direvisi: 30 Desember 2021; Disetujui: 11 Mei 2022

© 2022 JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Politeknik Sukabumi

Penerapan teknologi AI di bidang pertanian dapat membantu meningkatkan hasil panen dan produksi pangan [3], sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan petani dan menumbuhkan minat generasi muda untuk dapat menciptakan berbagai peluang bisnis turunan. Kementrian Pertanian memiliki inisiatif untuk meningkatkan produktivitas pertanian dengan mengimplementasikan teknologi 4.0 di sektor pertanian.

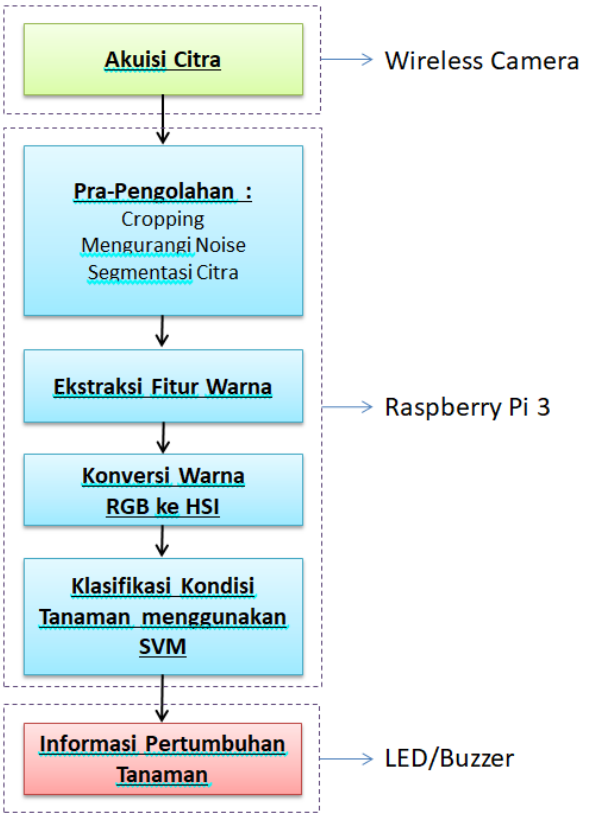
Saat ini, upaya peningkatan produktivitas pertanian dengan penerapan teknologi meningkat pesat [4] dan menjadi tren, seperti penggunaan dalam pertanian presisi (*precission farming*) [5], [6], pertanian cerdas (*smart farming*) [7], deteksi spesies dan varietas [8], dan deteksi penyakit [9]. Banyak penelitian yang menerapkan teknologi untuk memonitoring pertumbuhan tanaman guna meningkatkan produktivitas pertanian. Di studi [10], dilakukan memonitoring pertumbuhan tanaman menggunakan *machine vision* dengan mengukur intensitas hijau pada daun tanaman dengan metode Otsu. Pada studi [11], monitoring pertumbuhan tanaman menggunakan *machine vision* dengan melihat kandungan nitrogen pada tanaman melalui citra daun tanaman menggunakan *Gray-Level Co-occurrence Matrix* (GLCM). Studi yang dilakukan di [12] mengembangkan sistem monitoring pertumbuhan tanaman berbasis teknik pengolahan citra dari citra yang diambil menggunakan beberapa *webcam*. Sistem dibuat untuk memonitoring pertumbuhan tanaman dengan cara melihat umur dan berat tanaman menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN). Berdasarkan hasil-hasil studi tersebut, belum ada yang melakukan penerapan pembelajaran mesin dan metode ekstraksi fitur pada Raspberry Pi yang digunakan untuk memonitoring pertumbuhan tanaman.

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya. Tujuan dari penelitian sebelumnya adalah untuk mencari model pembelajaran mesin dan model warna yang memiliki hasil akurasi yang paling baik dalam mengklasifikasi tanaman sayuran Pakcoy yang pertumbuhannya bagus dan kurang bagus dilihat dari warna daun tanaman. Model pembelajaran mesin yang digunakan dalam penelitian adalah *Support Vector Machine* (SVM) dan *K-Nearest Neighbors* (KNN) sebagai *classifier*, sedangkan model warna untuk ekstraksi fitur warna adalah *Red, Green, Blue* (RGB), *(Y)Iuma, In-phase, Quadrature* (YIQ), *Hue, Saturation, Intensity* (HIS), dan *Hue, Saturation, Value* (HSV). Hasil pengukuran akurasi model SVM dan KNN pada penelitian sebelumnya didapat model SVM yang memiliki akurasi paling tinggi yaitu 91,25% dibandingkan model KNN yaitu 86,25% dengan menggunakan model warna HIS [13].

Penelitian lanjutan ini bertujuan untuk mengimplementasikan model pembelajaran mesin dan model warna yang memiliki akurasi tertinggi dalam mengklasifikasi pertumbuhan tanaman hasil dari penelitian sebelumnya. Model pembelajaran mesin SVM dengan metode ekstraksi fitur warna HSI merupakan model yang memiliki kinerja baik. Maka dari itu, model pembelajaran mesin SVM dengan metode ekstraksi fitur warna HSI akan diimplementasikan pada Raspberry Pi menjadi suatu sistem monitoring pertumbuhan tanaman Sawi hijau atau Pakcoy. Jenis Raspberry Pi yang digunakan adalah jenis Raspberry Pi 3 model B. Penggabungan metode ekstraksi fitur warna HSI dan model pembelajaran mesin SVM pada Raspberry Pi 3 bisa menjadi suatu sistem monitoring pertumbuhan tanaman yang murah dan portabel. Monitoring pertumbuhan tanaman dilakukan dengan memantau nutrisi tanaman. Sistem dapat mendeteksi perubahan pada tanaman akibat malnutrisi dengan cara melihat dari perubahan warna daun yang dapat menunjukkan kelainan dalam pertumbuhan tanaman sayuran. Daun yang pertumbuhannya bagus biasanya dicirikan dengan warna hijau segar sedangkan tanaman sayuran yang memiliki gangguan pertumbuhan biasanya berwarna hijau kekuningan. Hal tersebut disebabkan karena pemberian pupuk atau nutrisi yang kurang tepat (malnutrisi). Adanya monitoring secara *real time*, perubahan pada tanaman akibat malnutrisi tersebut dapat terdeteksi lebih awal sehingga para petani dapat bertindak lebih dini untuk segera menanganinya. Hal tersebut bisa menjaga pertumbuhan tanaman tidak terganggu yang bisa berdampak terhadap produktivitas. Kontribusi dari makalah ini adalah merancang sistem monitoring pertumbuhan tanaman dengan mengimplementasikan model pembelajaran mesin SVM dengan metode ekstraksi fitur warna HSI pada Raspberry Pi 3 dengan data yang dikumpulkan dan digunakan adalah data sendiri.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diusulkan dalam perancangan monitoring pertumbuhan tanaman berbasis pembelajaran mesin dengan Raspberry Pi adalah seperti yang ditunjukan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem keseluruhan

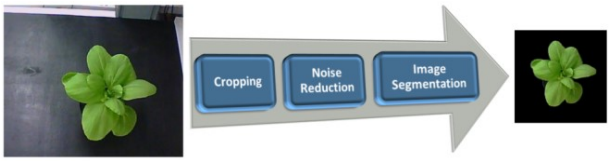
Akuisisi citra merupakan tahap awal dari sistem monitoring. Akuisisi citra adalah proses pengambilan citra melalui kamera dan mengubah informasi visual menjadi informasi digital [14]. Pengambilan citra (*capture*) menggunakan *wireless camera* D-Link DCS-5020L yang terhubung dengan Raspberry Pi melalui Wi-Fi. Pengambilan citra dilakukan dalam ruangan laboratorium dengan latar belakang hitam. Data inputan citra yang dijadikan bahan penelitian adalah citra-citra dari tanaman sayuran Sawi hijau seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Data inputan citra yang dipilih adalah 50 data tanaman yang memiliki pertumbuhan bagus dan 50 data tanaman yang memiliki pertumbuhan kurang bagus yang ditanam secara hidroponik.

Pra-pengolahan merupakan proses perbaikan kualitas data masukan berupa citra sehingga data masukan citra mudah untuk dianalisa. Pada penelitian ini, proses pra-pengolahan citra seperti yang ditunjukan pada Gambar 3. *Cropping* citra digunakan untuk mengurangi area yang tidak penting dan menjadikan objek terpusat. *Noise reduction* berfungsi untuk menghilangkan atau mengurangi *noise* citra dengan menggunakan *Gaussian filter*. Sedangkan *Image Segmentation* menggunakan metode deteksi tepi yaitu *Canny Edge Detector* untuk memisahkan objek citra dengan latar belakang.



(a) Tampak Atas **(b) Tampak Samping**

Gambar 2. Tanaman Sawi hijau yang tumbuh kurang bagus dan tumbuh bagus



Gambar 3. Pra-pengolahan

Ekstraksi fitur warna merupakan proses yang sangat penting dan berperan besar dalam mencari perbedaan warna daun tanaman sayuran yang memiliki kondisi pertumbuhan bagus dan kurang bagus. Perbedaan warna hasil ekstraksi fitur warna tersebut diperlukan untuk analisa warna. Beberapa model warna yang selalu digunakan untuk menganalisis warna adalah model warna RGB dan HIS [15]. Dari hasil observasi, untuk membedakan kelas pertumbuhan yang bagus dan kurang bagus secara kasat mata dapat menggunakan intensitas warna daun tanaman yang dapat diekstraksi dengan RGB dan HSI. Model RGB adalah kombinasi tiga warna dasar yang terdiri dari merah, hijau, dan biru yang memiliki nilai masing-masing 255 [16]. Model warna HSI merepresentasikan citra warna dan juga sangat cocok dengan sistem penglihatan manusia [17], [18]. Terbukti dari hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya dimana model warna HIS menghasilkan akurasi tertinggi pada klasifikasi dengan metode SVM dibandingkan dengan metode warna RGB, YIQ, dan HSV [13].

Model warna HSI merupakan warna *Hue* yang merupakan variable yang mendeskripsikan warna murni (merah, violet, kuning), warna *Saturation* menunjukkan kemurnian warna untuk mengindentifikasi seberapa banyak warna putih diberikan pada warna, dan *Intensity* adalah nilai kecerahan warna [19]. Konversi ruang warna RGB ke ruang warna HSI dapat menggunakan rumus [16], [20] berikut ini:

Hitung Θ:

$$\theta = \cos^{-1}\left\{\frac{(R-G)+(R+B)}{2\sqrt{(R+G)^2+(R+B)(G+B)}}\right\} \quad (1)$$

Hitung H (*Hue*) :

$$H = \begin{cases} \theta & jika\ B \leq G \\ 360 - \theta & jika\ B > G \end{cases} \quad (2)$$

Hitung S (*Saturation*):

$$S = 1 - 3\frac{\min(R,G,B)}{(R+G+B)} \quad (3)$$

Hitung I (*Intensity*):

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (4)$$

Keterangan:
R : *Red* (intensitas warna merah)
G : *Green* (intensitas warna hijau)
B : *Blue* (intensitas warna biru)

Klasifikasi kondisi tanaman dilakukan menggunakan SVM metode. lSVM adalah algoritma *supervised learning* dimana data yang digunakan untuk melatih mesin telah diberi label sebelumnya. *Supervised learning* bagus dalam masalah klasifikasi. SVM merupakan model pembelajaran mesin sebagai metode untuk memaksimalkan akurasi prediksi untuk deteksi dan klasifikasi [21], [22]. Klasifikasi SVM pada dasarnya merupakan metode yang menggunakan *hyperplane* untuk memisahkan dua kelas pada data input [21], [23].

Klasifikasi SVM dapat membedakan kedua jenis sampel secara lengkap. Klasifikasi pada penelitian ini didasarkan pada fitur pertumbuhan tanaman yang bagus dan kurang bagus. Tanaman yang pertumbuhannya bagus memiliki warna daun berwarna hijau baik diklasifikasikan sebagai gambar daun tanaman yang tumbuh bagus, sedangkan tanaman sayuran yang pertumbuhannya kurang bagus memiliki daun berwarna hijau dengan bercak kuning diklasifikasikan sebagai gambar daun tanaman yang tumbuh kurang bagus. Untuk melihat fungsi kernel yang menghasilkan akurasi paling baik maka dilakukan pengaturan beberapa nilai parameter C yaitu 0,1; 0,5; 0; 1; dan 50.

Informasi pertumbuhan tanaman ditampilkan dalam bentuk indikator berupa LED atau *buzzer*. Apabila LED warna hijau menyala menandakan tanaman yang terdeteksi memiliki pertumbuhan yang bagus, sedangkan jika LED warna merah menyala dan *buzzer* bunyi itu menandakan tanaman yang terdeteksi memiliki pertumbuhan yang kurang bagus.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari akuisisi data menghasilkan data masukan citra 100 data yang terdiri dari 50 data tanaman yang memiliki pertumbuhan bagus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan 50 data tanaman yang memiliki pertumubuhan kurang bagus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Tanaman Sawi hijau yang memiliki pertumbuhan bagus



Gambar 5. Tanaman Sawi hijau yang memiliki pertumbuhan kurang bagus

Tabel 1. Hasil analisa warna HSI

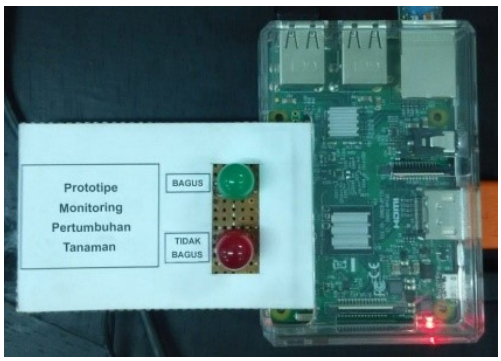
Pertumbuhan tanaman	Model warna HSI		
	H	S	I
Bagus	87,51	43,72	36,94
Kurang bagus	83,53	51,53	29,33

Tabel 2. Hasil akurasi klasifikasi SVM linier

Nilai parameter C	HIS (%)
0,1	91,25
0,5	88,75
0	90,00
1	90,00
50	90,00

Hasil dari ekstraksi fitur warna menghasilkan 100 data untuk hasil analisa warna HSI. Hasil nilai rata-rata dari analisa warna HIS citra tanaman sayuran ditunjukkan pada Tabel 1. Dari hasil analisa warna HIS, terlihat untuk Sawi hijau yang memiliki pertumbuhan bagus memiliki nilai H dan I yang tinggi dibandingkan dengan nilai H dan I pada Sawi hijau yang memiliki pertumbuhan kurang bagus.

Hasil analisa warna dari ekstraksi warna model HIS menghasilkan 100 data tersebut digunakan SVM untuk mengklasifikasikan 100 data pertumbuhan tanaman dengan menggunakan fungsi Kernel Linier. Hasil Pengukuran akurasi klasifikasi pertumbuhan tanaman dengan SVM dapat dilihat pada Tabel 2. Model yang dibentuk *data training* HIS dapat digunakan untuk mengklasifikasi pertumbuhan tanaman *data training* itu sendiri dengan akurasi yang baik. Dilihat hasil akurasi klasifikasi dari SVM Kernel Linier pada Tabel 2 bahwa akurasi terbaik untuk data pada data HSI adalah 91,25% dengan nilai parameter C adalah 0,1. Hasil model SVM yang paling baik tersebut diterapkan pada Raspberry Pi 3.



Gambar 6. Implementasi Raspberry Pi 3

Tabel 3. Hasil pengujian Raspberry Pi terhadap pertumbuhan tanaman yang bagus

Pertumbuhan bagus	Indikator		Pertumbuhan
	LED hijau	LED merah	
Tanaman 1	ON	OFF	Bagus
Tanaman 2	ON	OFF	Bagus
Tanaman 3	ON	OFF	Bagus
Tanaman 4	ON	OFF	Bagus
Tanaman 5	OFF	ON	Kurang
Tanaman 6	ON	OFF	Bagus
Tanaman 7	ON	OFF	Bagus
Tanaman 8	OFF	ON	Kurang
Tanaman 9	ON	OFF	Bagus
Tanaman 10	ON	OFF	Bagus

Bentuk hasil penelitian ini adalah sebuah Raspberry Pi 3 dengan penerapan model SVM. Dengan penambahan sebuah kamera maka Raspberry Pi tersebut menjadi sebuah sistem yang dapat memonitoring pertumbuhan tanaman khususnya tanaman sayuran Sawi hijau seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Pengujian sistem monitoring dilakukan untuk mengetahui tingkat performa Raspberry Pi dalam melakukan proses komputasi pada sistem monitoring pertumbuhan tanaman dengan metode SVM dalam kondisi sebenarnya. Pengujian dilakukkan dengan memberikan tanaman baru untuk dideteksi oleh sistem. Tanaman baru tersebut merupakan tanaman Sawi hijau yang belum pernah dijadikan dataset untuk melatih model (*training*). Tanaman untuk pengujian sistem monitoring terdiri dari 10 tanaman baru yang memiliki pertumbuhan bagus dan 10 tanaman yang memiliki pertumbuhan kurang bagus. Hasilnya pengujian deteksi tanaman seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian Raspberry terhadap pertumbuhan tanaman yang kurang bagus

Pertumbuhan kurang bagus	Indikator		Pertumbuhan
	LED hijau	LED merah	
Tanaman 1	OFF	ON	Kurang
Tanaman 2	OFF	ON	Kurang
Tanaman 3	OFF	ON	Kurang
Tanaman 4	OFF	ON	Kurang
Tanaman 5	OFF	ON	Kurang
Tanaman 6	OFF	ON	Kurang
Tanaman 7	OFF	ON	Kurang
Tanaman 8	OFF	ON	Kurang
Tanaman 9	OFF	ON	Kurang
Tanaman 10	OFF	ON	Kurang

Hasil pengujian untuk deteksi tanaman yang memiliki pertumbuhan bagus ditunjukkan pada Tabel 3. Sistem masih memilki *error* yang kecil dalam melakukan klasifikasi kualitas tanaman. Sistem menyalakan indikator LED merah ketika mendeteksi tanaman 5 dan tanaman 8 yang artinya terdeteksi sebagai tanaman yang tumbuh kurang bagus. Hasil pengamatan, *error* yang terjadi pada Raspberry Pi dalam mengklasifikasikan kualitas tanaman disebabkan warna daun tanaman 5 dan warna daun tanaman 8 memiliki sedikit perbedaan warna dengan warna daun yang dimiliki pertumbuhan kurang bagus. Sedangkan untuk tanaman yang lainnya memiliki perbedaan warna daun yang cukup jauh berbeda antara tanaman yang tumbuh bagus dengan tanaman yang tumbuh kurang bagus.

Akurasi hasil pendeteksian Raspberry Pi tidak jauh berberda dengan hasil akurasi model SVM yang diterapkan pada Raspberry Pi 3. Sistem berhasil melakukan pendeteksian pertumbuhan tanaman dengan akurasi 90% serta waktu deteksi yang dibutuhkan cukup cepat yaitu 0,81 detik.

IV. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan tanaman Sawi hijau (Pakcoy) yang tumbuh bagus dengan yang tumbuh kurang bagus dapat dideteksi oleh Raspberry Pi 3 dengan tingkat akurasi sebesar 90% dan waktu deteksi 0,81 detik. Raspberry Pi 3 berbasis model pembelajaran mesin menggunakan algoritma SVM dengan metode ekstraksi fitur warna HIS dapat diimplementasikan sebagai sistem monitoring pertumbuhan tanaman Sawi hijau. Untuk penelitian berikutnya, disarankan perlu data masukan citra yang lebih banyak sebagai *dataset*

untuk melatih model SVM sehingga kinerja sistem dapat lebih ditingkatkan lagi. Selain itu, *dataset* bisa berupa data masukan citra dari tanaman sayuran daun hijau lainnya seperti Sosin, Salada, Kangkung, dan Bayam sehingga sistem monitoring ini dapat digunakan untuk pemantauan pertumbuhan berbagai tanaman sayuran daun hijau lainnya.

REFERENSI

[1] H.D.R. Diah, Ekonomika Agribisnis, Makassar: Perpustakaan Nasional, 2017.

[2] (2021) Kementerian Pertanian website. [Online]. Available: http://rb.pertanian.go.id/?show=page&act=view&id=19

[3] C. Parke, "Impact of Technology on Agriculture and Food Production", Letterkenny Institute of Technology, 2015.

[4] H.S. Abdullahi, R.E. Sheriff, "Technology Impact on Agricultural Productivity: A Review of Precision Agriculture Using Unmanned Aerial Vehicles", *in Proc. International Conference on Wireless and Satellite Systems (WISATS)*, Bradford, 2015, pp 388-400.

[5] A. Chlingaryan, S. Sukkarieh, and B. Whelan, "Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review," *Computers and electronics in agriculture*, vol. 151, pp. 61–69, 2018.

[6] S. Dimitriadis and C. Goumopoulos, "Applying machine learning to extract new knowledge in precision agriculture applications," in *2008 Panhellenic Conference on Informatics. IEEE*, 2008, pp. 100–104.

[7] R. Varghese and S. Sharma, "Affordable smart farming using iot and machine learning," in *2018 Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS). IEEE*, 2018, pp. 645–650.

[8] M. Kumar, S. Gupta, X.-Z. Gao, and A. Singh, "Plant species recognition using morphological features and adaptive boosting methodology," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 163 912–163 918, 2019.

[9] U. Shruthi, V. Nagaveni, and B. Raghavendra, "A review on machine learning classification techniques for plant disease detection," in *2019 5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS). IEEE*, 2019, pp. 281–284.

[10] R. A. Setyawan, A. Basuki, Ch.Y. Wey, "Machine Vision-Based Urban Farming Growth Monitoring System", in *Proc. Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)*, Malang, 2020.

[11] K. A. Vakilian and J. Massah, "Design, Development and Performance Evaluation of A Robot to Early Detection of Nitrogen Deficiency in Greenhouse Cucumber (Cucumis Sativus) With Machine Vision", *International Journal of Agriculture*, vol. 2, no. 4, pp. 448-454, 2012.

[12] T. W. Saputra, R. E. Masithoh, and B. Achmad, "Development of Plant Growth Monitoring System Using Image Processing Techniques Based on Multiple Images", in *Proc. The 1st International Conference on Tropical Agriculture*, 2017, pp 647-653.

[13] A. Ramdan, D. Rianto, I. Sakti, "Pemantau Kondisi Tanaman Pakcoy Berbasis Machine Learning," in *Prosiding Seminar Nasional FisTEK*, 2020, pp. 36-41.

[14] R. C. Gonzales, R. E. Woods, "Digital Image Processing", *3rd Edition, Pearson*, 2010.

[15] R. D. Kusumanto, A. N. Tompunu, and W. S. Pambudi, "Klasifikasi Warna Menggunakan Pengolahan Model Warna HSV", *Jurnal Ilmiah Elite Elektro*, Vol. 2, No.2, pp. 83-88, 2011.

[16] H. Edha, S. H. Sitorus, and U. Ristian, "Penerapan Metode Transformasi Ruang Warna HUE Saturation Intensity (HIS) Untuk Mendeteksi Kematangan Buah Mangga Harum Manis", *Jurnal Komputer dan Aplikasi*, vol. 08, no.1, pp. 1-10, 2020.

[17] W. Zhang, J. Liang, and L. Ren, "Fast Polarimetric Dehazing Method for Visibility Enhancement in HSI Colour Space", *Journal of Optics*, 2017.

[18] Y. Guo, Z. Zhang, and H. Yuan, "Single Remote-Sensing Image Dehazing in HSI Color Space", *Journal of The Korean Physical Society*, vol. 74, no. 8, pp. 779-784, 2019.

[19] S. Ma, H. Ma, Y. Xu, Sh. Li, Ch. Lv, and M. Zhu, "A Low-Light Sensor Image Enhancement Algorithm Based on HSI Color Model", *Journal Sensor*, 2018.

[20] G. Saravanan, G. Yamuna, and S. Nandhini, "Real Time Implementation of RGB to HSV/HSI/HSL and Its Reverse Color Space Models, in *Proc. International Conference on Communication and Signal Processing*, 2016.

[21] F. F. Chamasemani and Y. P. Singh, "Multi-class Support Vector Machine (SVM) classifiers – An Application in Hypothyroid detection and Classification", in *Sixth International Conference on Bio-Inspired Computing: Theories and Applications*, 2011.

[22] A. S. Ritonga and E. S. Purwaningsih, "Penerapan Metode Support Vector Machine (SVM) Dalam Klasifikasi Kualitas Pengelasan SMAW (Shield Metal ARC Welding), *Jurnal Ilmiah Edutic*, vol. 5, no. 1, 2018.

[23] A. A. Kasim and M. Sudarsono, "Algoritma Support Vector Machine (SVM) untuk Klasifikasi Ekonomi Penduduk Penerima Bantuan Pemerintah di Kecamatan Simpang Raya Sulawesi Tengah", in *Seminar Nasional APTIKOM (SEMNASTIK)*, 2019.