



IDENTIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH NAGA MERAH (*HYLOCEREUS COSTARICENSIS*) MELALUI PENDEKATAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)

Dedy Armiady

¹⁾ Dosen Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Almuslim Bireuen
e-mail: dedy.armiady@gmail.com

Abstract

[Identification Of Red Dragons (Hylocereus Costaricensis) Murability Level Through Artificial Neural Network (Ann) Approach] Massive technological developments continue to occur and penetrate into all sectors of the world's people's lives. In Indonesia in particular, various studies need to be carried out to develop various 4.0 technologies in agriculture and apply them to improve the quality and quantity of production. One of the technologies in agriculture that needs to be developed is the identification of fruit maturity, where this needs to be done considering the limitations of the human senses in determining the level of maturity based on the RGB value of the fruit. In this study, an Artificial Neural Network (ANN) approach with the Backpropagation algorithm was used. The dataset used consists of 90 photos of dragon fruit for training data and 15 photos of dragon fruit for data testing. The results obtained are that the ANN model built is able to identify the level of fruit maturity with 100% accuracy based on the dataset used.

Keywords: Artificial Neural Networks; Backpropagation; Red Dragon Fruit; Classification; Image processing.

Abstrak

Perkembangan teknologi yang masif terus terjadi dan merambah ke segala sektor kehidupan masyarakat dunia. Di Indonesia khususnya, perlu dilakukan berbagai penelitian untuk mengembangkan berbagai teknologi 4.0 di bidang pertanian dan menerapkannya untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil produksi. Salah satu teknologi di bidang pertanian yang perlu dikembangkan adalah identifikasi kematangan buah, di mana hal ini perlu dilakukan mengingat keterbatasan indra manusia dalam menentukan tingkat kematangan berdasarkan nilai RGB dari buah. Dalam penelitian ini dilakukan pendekatan *Artificial Neural Network (ANN)* dengan algoritma *Backpropagation*. Dataset yang digunakan terdiri dari 90 foto buah naga untuk data training dan 15 foto buah naga untuk data testing. Adapun hasil yang didapatkan yaitu model ANN yang dibangun mampu melakukan identifikasi tingkat kematangan buah dengan akurasi 100% berdasarkan dataset yang digunakan.

Kata Kunci: Artificial Neural Network; Backpropagation; Buah Naga Merah; Klasifikasi; Pengolahan Citra.

1. Pendahuluan

Teknologi yang terus berkembang, memaksa manusia untuk merubah pola dan perilaku kehidupan sehari-hari. Era industri 4.0 dan society 5.0 terus merambah ke berbagai bidang, salah satunya adalah bidang pertanian (Sittón-Candanedo et al., 2019). Teknologi seperti *Internet of Things* dan *artificial intelligence* terus dikembangkan untuk mendukung smart agroindustri yang dapat menambah nilai tambah komoditas pertanian, mulai dari sektor hulu, *on-farm* hingga sektor hilirisasi produk-produk komoditas pertanian dan perkebunan (Pradana et al., 2020; Purwandoko et al., 2019). Di Indonesia teknologi 4.0 seperti *Internet of Things* dan *artificial intelligence* masih minim penerapannya (Arkeman, 2013; Mkomwa et al., 2014; Rachman et al., 2021). Hal ini dikarenakan oleh beberapa faktor, di antaranya adalah karakteristik masyarakat Indonesia yang berbeda dengan masyarakat di negara maju, di mana di negara maju pergantian era dari 3.0 ke 4.0 dilakukan secara switching, artinya ketika memasuki era 4.0 maka segala bentuk teknologi di era

sebelumnya sepenuhnya ditinggalkan. Namun berbeda dengan karakteristik masyarakat Indonesia yang memiliki keunikan tersendiri, di mana ketika masyarakat dunia mulai memasuki era 4.0, maka masyarakat Indonesia tidak sepenuhnya meninggalkan teknologi di era 3.0, era 2.0 bahkan masih ada masyarakat Indonesia yang masih hidup layaknya di era 1.0. Namun jika dipandang dari sisi lain, hal ini justru berdampak kepada keberkahan hidup masyarakat pada Indonesia pada umumnya (Farida et al., 2020; Nastiti & Abdu, 2020; Wirawan, 2020).

Permasalahan yang dihadapi tersebut sebenarnya bukan suatu hambatan untuk menerapkan teknologi terbaru, khususnya di bidang pertanian. Hal ini dikarenakan permasalahan era industri 4.0 di Indonesia disebabkan oleh kurangnya edukasi yang dilakukan oleh berbagai pihak kepada *stakeholder*, sehingga menimbulkan kesenjangan pengetahuan antar berbagai pihak yang terlibat dalam penerapan teknologi tersebut (Siagian, 2020). Namun disisi lainnya, Indonesia memiliki potensi besar menjadi pusat agroindustri pada tahun 2045, dikarenakan dari segi geografis Indonesia terletak di wilayah yang memiliki potensi pengembangan pertanian dan perkebunan yang menjanjikan. Hal ini dapat dijadikan dasar yang kuat untuk mengembangkan teknologi pendukung produksi pertanian, seperti teknologi Internet of Things dan artificial intelligence (Bima et al., 2020; Mathilda Gian Ayu, 2020; Sardjono et al., 2021; Sinaga, 2019).

Teknologi smart agroindustri dapat diterapkan untuk semua komoditas pertanian dan perkebunan di Indonesia, salah satunya yaitu komoditas buah naga merah (*Hylocereus Costaricensis*). Buah naga merah merupakan buah yang masuk dalam kategori tumbuhan kaktus, yang awal mulanya berasal dari negara Amerika dan Meksiko (K & R, 2019; Susanti Vh et al., 2012). Pada abad ke-18 orang Perancis membawa tanaman tersebut ke Asia dan dijadikan sebagai tanaman hias. Oleh orang Cina, tanaman ini dianggap sebagai tanaman yang membawa berkah. Buah naga sering kali diletakkan di atas altar di dekat patung naga yang berwarna hijau. Warna buah naga yang merah terlihat kontras dengan warna patung naga hijau. Kebiasaan ini menjadi awal mula penamaan buah ini dengan sebutan buah naga, yang dalam bahasa inggrisnya diterjemahkan dengan dragon fruit (Ghee & Voon, 2021; Krauser et al., 2022).

Dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi buah naga, berbagai penelitian yang bertujuan untuk pengembangan teknologi smart agroindustri dapat dikembangkan. Salah satunya yaitu teknologi image processing yang mampu mengidentifikasi tingkat kematangan buah naga merah. Penggunaan image processing dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah perlu dikembangkan dikarenakan kelemahan dan keterbatasan indra manusia dalam memproses penentuan kematangan buah (Chakraborty et al., 2022; Ruan et al., 2021). Salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam mengembangkan teknologi ini adalah Artificial Neural Network (ANN) (Abdul Sahli et al., 2019; Liyanaarachchi et al., 2021). Adapun dalam penelitian ini digunakan algoritma Backpropagation sebagai salah satu dari algoritma dalam ANN. Aplikasi yang dikembangkan ini dapat digunakan untuk mengelompokkan buah naga merah sesuai dengan tingkat kematangannya, yaitu mentah, sedang dan matang. Sistem yang dikembangkan menggunakan algoritma klasifikasi / pengelompokan sebagai salah satu kasus dalam supervised learning, dimana data dikelompokkan berdasarkan label yang merujuk pada hasil training (Putri, 2021; Supriyanto et al., 2019; Yu & Zhang, 2021). Adapun mekanisme pengelompokan data dalam sistem yang dikembangkan ini yaitu, pertama dibangun model ANN dengan algoritma Backpropagation melalui proses training menggunakan dataset sebanyak 90 sampel foto buah naga merah, dimana ditentukan 3 kelas label yaitu mentah, setengah matang dan matang. Berdasarkan model yang dibangun, maka dilakukan pengujian kelas dengan memasukkan citra uji berupa foto buah naga merah yang akan diuji tingkat kematangannya.

2. Metode

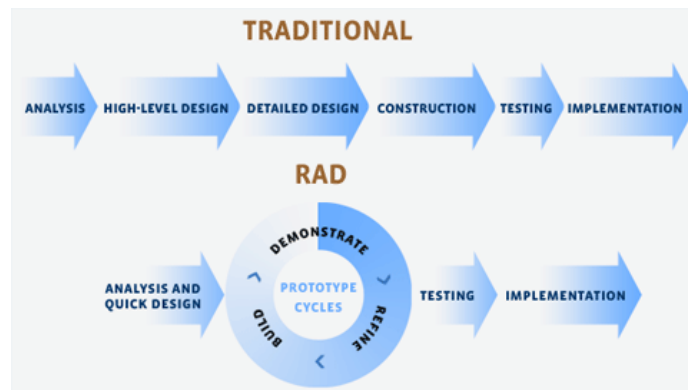
Metode yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa bagian, di antaranya adalah:

A. Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, digunakan dua jenis data yaitu data training dan data testing. Adapun data training digunakan untuk melakukan proses pembelajaran mesin terhadap model ANN yang dikembangkan. Adapun data yang digunakan untuk data training yaitu 90 sampel foto buah naga merah, dimana data tersebut terdiri dari 3 kelompok yaitu mentah, setengah matang dan matang. Selain data training, ada juga data testing yang digunakan untuk menguji model ANN dalam mengelompokkan data. Adapun data testing yang digunakan yaitu 15 sampel foto buah naga yang dikelompokkan dalam 3 kelompok data, di mana tiap kelompok terdiri dari 5 foto buah naga merah.

B. Metode Pengembangan Sistem

Adapun untuk metode pengembangan sistem yang digunakan yaitu metode Rapid Application Development (RAD). Adapun gambaran dari model RAD dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Metode Rapid Application Development (RAD) (Nalendra, 2021)

Dalam penelitian ini, dilakukan analisa awal terkait kebutuhan pengembangan sistem, dimana penulis melakukan analisa terhadap dataset yang dibutuhkan untuk membangun model ANN identifikasi kematangan buah naga merah. Pada tahap awal ini penulis juga melakukan quick desain untuk menentukan aturan dan prosedur yang diperlukan untuk melakukan pengembangan sistem. Tahap berikutnya yaitu melakukan pengembangan prototype dan model ANN identifikasi kematangan buah naga merah, dengan menggunakan dataset yang telah disiapkan sebelumnya. Pada tahap ini juga dilakukan pengujian model terkait dengan rancangan serta kesesuaian dengan algoritma yang digunakan. Setelah tahapan pengembangan model ANN dilakukan, langkah selanjutnya yaitu melakukan pengujian model yang dibangun, dengan menggunakan 15 data testing atau data uji yang telah disiapkan sebelumnya.

C. Algoritma yang digunakan

Adapun algoritma yang digunakan dalam melakukan identifikasi tingkat kematangan buah naga merah yaitu algoritma Backpropagation. Backpropagation merupakan algoritma yang menerapkan konsep perhitungan derivatif atau turunan secara cepat. Adapun ide dasar dari algoritma ini yaitu menghitung penurunan gradient untuk menemukan bobot optimal dalam ANN. Algoritma Backpropagation dikembangkan oleh Rumelhart, Williams dan Hinton sekitar tahun 1986 (Cohen et al., 1990). Adapun penggunaan algoritma ini yaitu pada pelatihan jaringan syaraf secara efektif melalui pendekatan chain rules (aturan rantai). Adapun cara kerja algoritma ini yaitu dengan melakukan back-pass dan menyesuaikan parameter bobot dan bias. Adapun tahapan Backpropagation adalah sebagai berikut (Du & Lowery, 2010; Mazur, 2016; Najwa et al., 2017):

- 1) Tentukan bobot dengan cara mengambil nilai paling kecil secara random
- 2) Unit input X_i menerima sinyal dan meneruskan sinyal X_i ke semua unit pada hidden layer.
- 3) Setiap hidden layer Z_i dilakukan penjumlahan bobot input sinyal dengan rumus:

$$Z_{in_j} = V_{0j} + \sum_{i=1}^n X_i V_{ij} \quad (1)$$

- 4) Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal output dengan rumus:

$$Z_i = f(z_{in_j}) \quad (2)$$

- 5) Kirimkan sinyal tersebut dengan fungsi signoid ke semua unit output.
- 6) Jumlahkan bobot sinyal output dengan persamaan:

$$y_{in_k} = \sum_{i=1}^p Z_j W_{jk} \quad (3)$$

- 7) Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal output.
- 8) Setiap output (y_k ; $k=1,2,3,\dots,m$), menerima pola dan hitung *error* dengan persamaan:

$$\delta_k = (t_k - y_k) f(y_{in_k}) \quad (4)$$

- 9) Hitung koreksi bobot dengan rumus:

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_j z_k \quad (5)$$

10) Hitung koreksi bias dengan rumus:

$$\Delta w_{0j} = \alpha \delta_j \quad (6)$$

11) Kirim sinyal ke unit yang ada di lapisan paling tersembunyi, dan jumlahkan delta input yang berada pada lapisan di kanannya, dengan persamaan:

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \quad (7)$$

12) Kalikan dengan turunan dari fungsi aktivasi untuk menghitung informasi *error* dengan rumus:

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j}) \quad (8)$$

13) Hitung koreksi bobot dengan rumus:

$$\Delta v_{jk} = \alpha \delta_j x_k \quad (9)$$

14) Langkah terakhir yaitu menghitung koreksi bias dengan rumus:

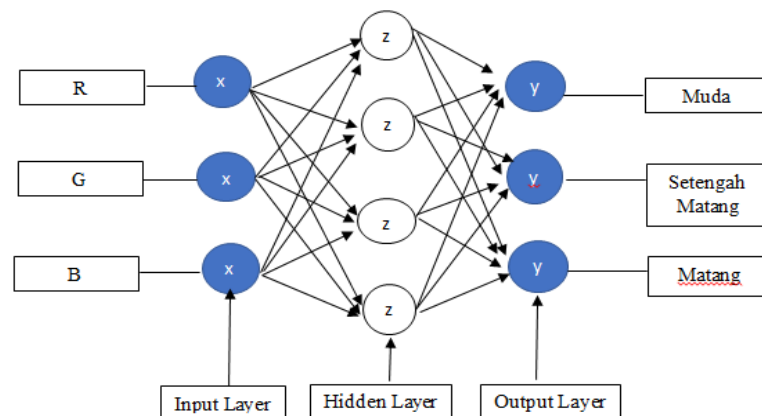
$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j \quad (10)$$

3. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Penelitian

1. Desain Aplikasi

Aplikasi identifikasi kematangan buah naga merah ini dikembangkan dengan menggunakan algoritma *backpropagation*, sebagai salah satu algoritma dalam ANN. Adapun desain model ANN dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:



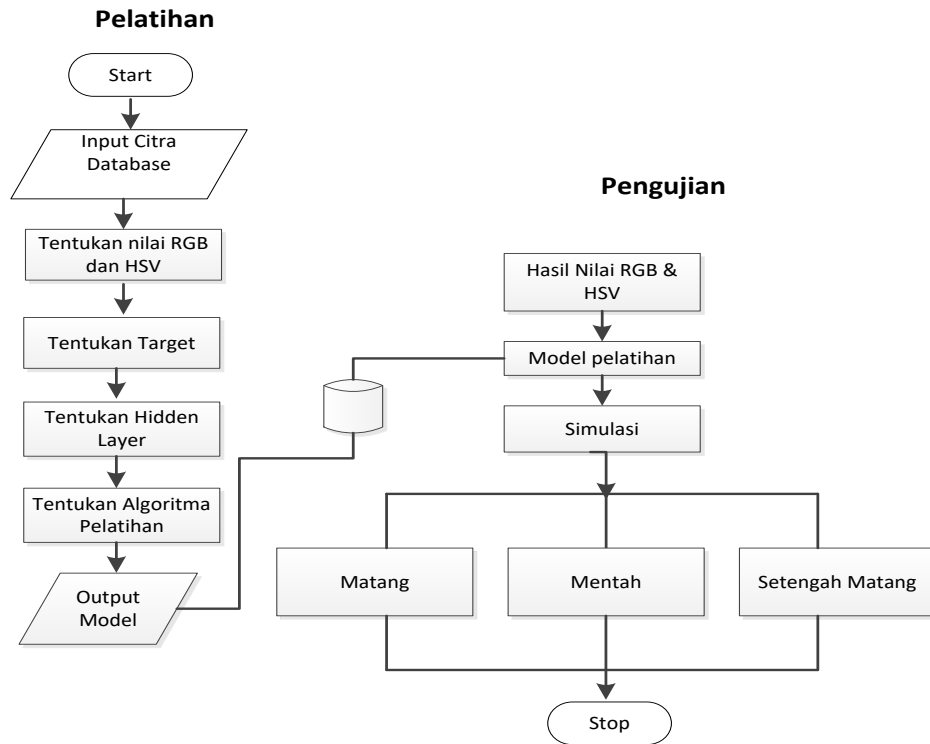
Gambar 2. Arsitektur ANN Klasifikasi Buah Naga Merah

Dalam sistem ini, terdapat tiga input layer dengan *value* yaitu *Red*, *Green* dan *Blue*, dimana ketiga input layer tersebut diteruskan menuju 15 *hidden layer*. Masing-masing dari *hidden layer* tersebut menuju ke 3 output layer sebagai label yang digunakan dalam pengembangan sistem ini, yaitu Mentah, Setengah Matang dan Matang. Adapun data yang digunakan dalam membangun model ANN ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Data Training dan Data Testing

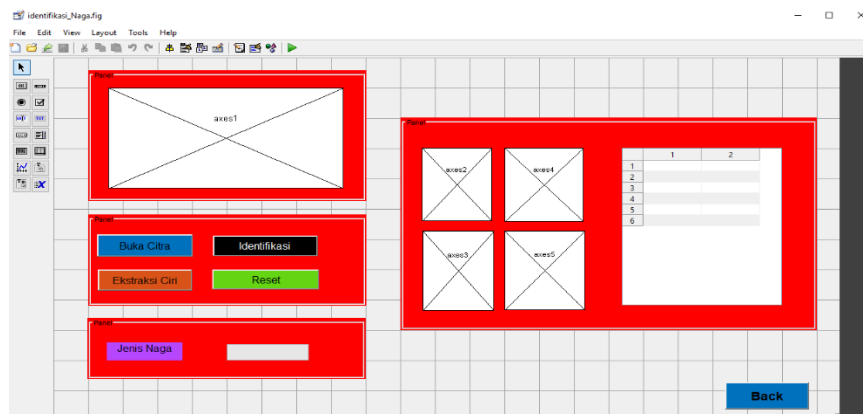
No.	Jenis Naga	Data Latih	Data Uji	Data Valid
1	Mentah	30 Foto	5 Foto	5 Foto
2	Setengah Matang	30 Foto	5 Foto	5 Foto
3	Matang	30 Foto	5 Foto	5 Foto
TOTAL		90 Foto	15 Foto	15 Foto

Berdasarkan arsitektur ANN dan data yang telah dikumpulkan, maka dilakukan pengembangan sistem dengan alur proses yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Flow Chart Sistem

Aplikasi identifikasi tingkat kematangan buah naga merah dikembangkan dengan menggunakan aplikasi *MatLab*, dengan rancangan aplikasi sebagai berikut:

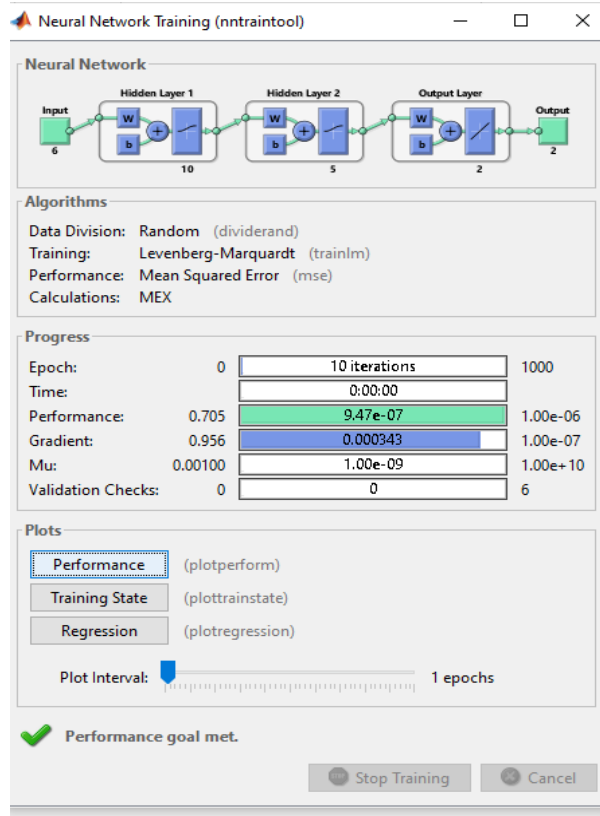


Gambar 4. Rancangan Halaman Utama

Pada halaman utama terdapat menu *Buka Citra* untuk memilih data testing yang akan dilakukan klasifikasi. Terdapat juga menu *Ekstraksi Ciri*, dimana jika menu ini dipilih maka akan muncul data *pre-processing* gambar buah naga melalui ekstraksi ciri dan nilai RGB, serta dilakukan *cropping* dan konversi citra ke bentuk *grayscale*. Pada halaman ini juga ada menu *identifikasi* untuk memproses data testing dengan hasil klasifikasi yang dapat dilihat pada menu hasil, sesuai dengan label klasifikasi yang telah ditentukan yaitu *Mentah*, *Setengah Matang* dan *Matang*.

2. Proses Data Training

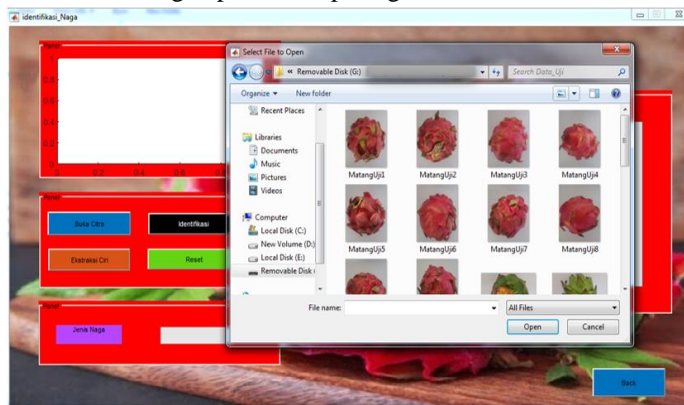
Adapun proses data training dilakukan dengan menggunakan data yang dikumpulkan, dengan tujuan untuk membangun model ANN identifikasi tingkat kematangan buah naga merah, dimana proses training dapat dilihat pada gambar berikut:



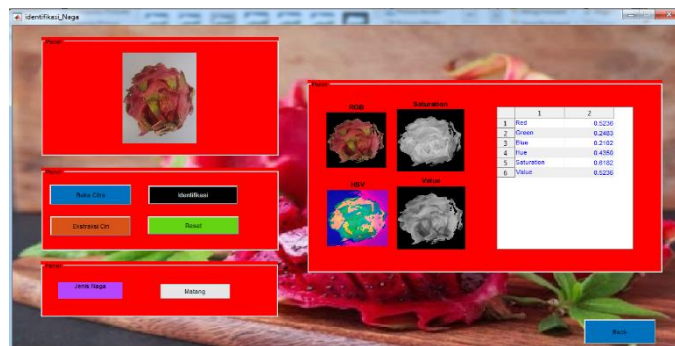
Gambar 5. Proses Data Training

3. Proses Data Testing

Setelah model dibangun melalui pelatihan mesin menggunakan data training dan algoritma ANN, maka langkah berikutnya yaitu dilakukan pengujian terhadap model yang dibangun dengan memasukkan data testing. Adapun proses data testing dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 6. Proses Buka Citra



Gambar 7. Proses Data Testing dan Identifikasi Label

Pada gambar di atas didapatkan hasil klasifikasi melalui proses Buka Citra untuk memilih data testing berupa foto buah naga, kemudian proses Ekstraksi Ciri untuk ekstraksi nilai RGB (*Red, Green, Blue*) dan HSV (*Hue, Saturation, Value*), kemudian proses Identifikasi untuk melakukan pengelompokan dengan menggunakan perhitungan-perhitungan dengan *algoritma backpropagation*. Adapun hasil dari pengujian model yang dibangun yaitu berhasil dengan persentase 100%. Hal ini diuji dengan menggunakan 5 data uji yang telah disediakan pada tahap sebelumnya.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari pengembangan aplikasi identifikasi kematangan buah naga merah ini yaitu:

1. *Algoritma backpropagation* yang digunakan dalam pengembangan aplikasi identifikasi tingkat kematangan buah naga merah ini dapat digunakan untuk pengembangan aplikasi panen otomatis buah naga merah, namun perlu dikembangkan lebih lanjut lagi.
2. Aplikasi yang dibangun berdasarkan model ANN *backpropagation* berhasil melakukan identifikasi dan klasifikasi sesuai dengan label yang ditentukan dengan tingkat akurasi 100%. Hal ini berdasarkan dataset yang disiapkan yaitu 90 data training dan 15 data testing.
3. Identifikasi tingkat kematangan buah perlu dikembangkan untuk komoditas lainnya, terutama komoditas pertanian dan perkebunan unggulan yang ada di Indonesia untuk membantu para petani dalam menerapkan teknologi era 4.0.

Daftar Pustaka

- Abdul Sahli, F., Norazwina, Z., & Noor Athirah, D. (2019). Application of Artificial Neural Network to Improve Pleurotus sp. Cultivation Modelling . *MATEC Web of Conferences*, 255. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201925502010>
- Arkeman, Y. (2013). SMART-TIN: An Integrated And Intelligent System For The Design og Adaptive Agroindustry (A Conseptual Framework). *2 Nd International Conference on Adaptive and Intelligent Agroindustry (ICAIA) September 16– 17 , 2013*.
- Bima, I. W. K., Suryani, V., & Wardana, A. A. (2020). A Performance Analysis of General Packet Radio Service (GPRS) and Narrowband Internet of Things (NB-IoT) in Indonesia. *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*. <https://doi.org/10.22219/kinetik.v5i1.947>
- Chakraborty, S., Mandal, S. B., & Shaikh, S. H. (2022). Quantum image processing: challenges and future research issues. *International Journal of Information Technology (Singapore)*, 14(1). <https://doi.org/10.1007/s41870-018-0227-8>
- Cohen, J. D., Dunbar, K., & McClelland, J. L. (1990). On the control of automatic processes: A parallel distributed processing account of the stroop effect. *Psychological Review*, 97(3). <https://doi.org/10.1037/0033-295X.97.3.332>
- Du, L. B., & Lowery, A. J. (2010). Improved single channel backpropagation for intra-channel fiber nonlinearity compensation in long-haul optical communication systems. *Optics Express*, 18(16). <https://doi.org/10.1364/oe.18.017075>
- Farida, I., Setiawan, R., Maryatmi, A. S., & Juwita, N. (2020). The Implementation of E-Government in the Industrial Revolution Era 4.0 in Indonesia. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 22(2).
- Ghee, L. K., & Voon, L. C. (2021). The effect of Hylocereus polyrhizus (red dragon fruit) on whole gut transit time of young Malaysian adults. *Malaysian Journal of Nutrition*, 27(1). <https://doi.org/10.31246/MJN-2020-0100>
- K, HARITHPRIYA., & R, JEYACHANDRAN. (2019). In-vitro immunomodulatory activity of dragon fruit extract. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 10(3). <https://doi.org/10.22376/ijpbs.2019.10.3.b99-106>

- Krauser, L. E., Stevens, F. R., Gaughan, A. E., Nghiem, S. v., Thy, P. T. M., Duy, P. T. N., & Chon, L. T. (2022). Shedding Light on Agricultural Transitions, Dragon Fruit Cultivation, and Electrification in Southern Vietnam Using Mixed Methods. *Annals of the American Association of Geographers*, 112(4). <https://doi.org/10.1080/24694452.2021.1940825>
- Liyanaarachchi, V. C., Nishshanka, G. K. S. H., Sakarika, M., Nimarshana, P. H. V., Ariyadasa, T. U., & Kornaros, M. (2021). Artificial neural network (ANN) approach to optimize cultivation conditions of microalga *Chlorella vulgaris* in view of biodiesel production. *Biochemical Engineering Journal*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2021.108072>
- Mathilda Gian Ayu. (2020). *Perkembangan dan Penggunaan IoT di Indonesia Tahun 2021 Diprediksi Meningkat*. Cloud Computing Indonesia.
- Mazur, M. (2016). A Step by Step Backpropagation Example. *Network*.
- Mkomwa, S., Hongwen, L., & Desbiolles, J. (2014). Conference on Conservation Agriculture for Smallholders in Asia and Africa. *Conference on Conservation Agriculture for Smallholders in Asia and Africa*.
- Najwa, M., Warsito, B., & Ispriyanti, D. (2017). Pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Algoritma One Step Secant Backpropagation dalam Return Kurs Rupiah Terhadap Dolar Amerika Serikat. *Jurnal Gaussian*, 6(1).
- Nalendra, A. K. (2021). Rapid Application Development (RAD) model method for creating an agricultural irrigation system based on internet of things. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1098(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1098/2/022103>
- Nastiti, F., & Abdu, A. (2020). Kajian: Kesiapan Pendidikan Indonesia Menghadapi Era Society 5.0. *Edcomtech Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, 5(1). <https://doi.org/10.17977/um039v5i12020p061>
- Pradana, I. G. M. T., Djatna, T., & Hermadi, I. (2020). Blockchain modeling for traceability information system in supply chain of coffee agroindustry. *2020 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems, ICACISIS 2020*. <https://doi.org/10.1109/ICACISIS51025.2020.9263214>
- Purwandoko, P. B., Seminar, K. B., Sutrisno, & Sugiyanta. (2019). Development of a smart traceability system for the rice agroindustry supply chain in Indonesia. *Information (Switzerland)*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/info10100288>
- Putri, A. W. (2021). Implementasi Artificial Neural Network (ANN) Backpropagation Untuk Klasifikasi Jenis Penyakit Pada Daun Tanaman Tomat. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 9(2). <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v9n2.p344-350>
- Rachman, L. M., Saleh, A., Wetik, J. D., Namuzadi, N., & Ain, A. Q. (2021). Model development of sustainable wetland rice farming based on rice estate community and smart farming. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 648(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012206>
- Ruan, Y., Xue, X., & Shen, Y. (2021). Quantum Image Processing: Opportunities and Challenges. In *Mathematical Problems in Engineering* (Vol. 2021). <https://doi.org/10.1155/2021/6671613>
- Sardjono, W., Selviyanti, E., Hobri, & Azizah, R. (2021). The relationship between internet growth and implementation of the internet of things. *Journal of Physics: Conference Series*, 1836(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1836/1/012030>
- Siagian, sakida hepni. (2020). Sistem Monitoring Pengairan Tanaman Padi Di Dalam Sawah Menggunakan Esp8266 Berbasis Internet of Things (Iot). In *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota* (Vol. 1, Issue 3).
- Sinaga, M. (2019). Adoption of IoT at Home in Indonesia. *University of Twente, January*.

- Sittón-Candanedo, I., Alonso, R. S., Corchado, J. M., Rodríguez-González, S., & Casado-Vara, R. (2019). A review of edge computing reference architectures and a new global edge proposal. *Future Generation Computer Systems*, 99. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.04.016>
- Supriyanto, Noguchi, R., Ahamed, T., Rani, D. S., Sakurai, K., Nasution, M. A., Wibawa, D. S., Demura, M., & Watanabe, M. M. (2019). Artificial neural networks model for estimating growth of polyculture microalgae in an open raceway pond. *Biosystems Engineering*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.10.002>
- Susanti Vh, E., Utomo, S. B., Syukri, Y., & Redjeki, T. (2012). PHYTOCHEMICAL SCREENING AND ANALYSIS POLYPHENOLIC ANTIOXIDANT ACTIVITY OF METHANOLIC EXTRACT OF WHITE DRAGON FRUIT (*Hylocereus undatus*). *Indonesian J. Pharm*, 23(1).
- Wirawan, V. (2020). Penerapan E-Government dalam Menyongsong Era Revolusi Industri 4.0 Kontemporer di Indonesia. *Jurnal Penegakan Hukum Dan Keadilan*, 1(1). <https://doi.org/10.18196/jphk.1101>
- Yu, X., & Zhang, B. (2021). Innovation Strategy of Cultivating Innovative Enterprise Talents for Young Entrepreneurs Under Higher Education. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.693576>