

Optimasi Deteksi Dini Masalah Kesehatan Bibit Kelapa Sawit dengan JST MLP Berbasis Citra Termal

Optimizing Oil Palm Seedling Health Detection with Thermal Image-Based MLP Neural Network

Wahyu K. Fauziah*, Imam Sofi'i, Melidawati

Program Studi Mekanisasi Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung,
Jl. Soekarno Hatta No.10, Rajabasa Raya, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35141

*Email: wahyukamilatulfauziah@polinela.ac.id

ABSTRACT

Palm oil has an important role in the palm oil industry, but health problems in the seeds threaten production results. This research advocates an innovative approach by combining thermal imaging technology and artificial intelligence, especially Multilayer Perceptron Artificial Neural Networks (MLP ANN), for early detection of health problems in oil palm seedlings. The use of thermal cameras makes it easier to measure the temperature of plants and the surrounding environment. Thermal image analysis helps in evaluating thermal characteristics, especially plant temperature, which may be associated with health problems. Temperature data is classified into normal plants and plants affected by health problems, using statistical analysis to strengthen the relationship. A predictive model using MLP ANN was formulated to correlate thermal characteristics with the health condition of oil palm seedlings. The research results show that this model has high validity, with R2 of 0.933 for calibration and 0.930 for validation. In essence, this method accurately predicts the health condition of oil palm seedlings based on thermal images. This approach has the potential to provide early detection of plant health problems quickly, accurately, and efficiently. Through the application of this method, it is hoped that it can reduce losses due to health problems in oil palm seedlings, thereby making a major contribution to increasing productivity and welfare in the palm oil industry.

Keywords: ANN MLP; early detection; palm oil seedlings; plant health problems; thermal image

ABSTRAK

Kelapa sawit memegang peran krusial dalam industri minyak kelapa sawit, tetapi masalah kesehatan pada bibit dapat mengancam hasil produksi. Penelitian ini mengusulkan pendekatan inovatif dengan menggabungkan teknologi citra termal dan kecerdasan buatan, terutama Jaringan Saraf Tiruan Multilayer Perceptron (JST MLP), untuk deteksi dini masalah kesehatan pada bibit kelapa sawit. Penggunaan kamera termal memungkinkan pengukuran suhu tanaman dan lingkungan sekitarnya. Analisis citra termal membantu dalam mengevaluasi karakteristik termal, terutama suhu tanaman, yang dapat berhubungan dengan masalah kesehatan. Data suhu dikelompokkan menjadi tanaman normal dan tanaman dengan masalah kesehatan, dengan menggunakan analisis statistik untuk mengonfirmasi hubungan tersebut. Model prediksi menggunakan JST MLP dikembangkan untuk mengaitkan karakteristik termal dengan kondisi kesehatan bibit kelapa sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ini memiliki validitas tinggi, dengan R2 sebesar 0.933 untuk kalibrasi dan 0.930 untuk validasi. Dengan kata lain, metode ini dapat dengan akurat memprediksi kondisi kesehatan bibit kelapa sawit berdasarkan citra termal. Pendekatan ini memiliki potensi untuk memberikan deteksi dini yang cepat, akurat, dan efisien terhadap masalah kesehatan tanaman. Dengan adanya metode ini, diharapkan dapat mengurangi kerugian yang disebabkan oleh masalah kesehatan pada bibit kelapa sawit, memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan industri kelapa sawit.

Kata kunci: bibit kelapa sawit; citra termal; deteksi dini; JST MLP; masalah kesehatan tanaman

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman tropis yang sangat penting dalam industri minyak kelapa sawit, terutama di negara-negara berkembang seperti Indonesia. Pertumbuhan industri kelapa sawit menjadi indikator vital bagi ekonomi dan ketahanan pangan negara-negara produsen. Namun, masalah kesehatan pada bibit kelapa sawit pada tahap awal pertumbuhannya dapat mengakibatkan penurunan hasil yang signifikan, merugikan petani serta industri secara keseluruhan.

Masalah kesehatan pada bibit kelapa sawit dapat disebabkan oleh serangan hama, penyakit, atau faktor lingkungan (Raharjo, 2022). Deteksi dini masalah kesehatan pada tanaman sangat krusial agar tindakan pencegahan yang tepat dapat diambil. Metode deteksi tradisional seringkali memakan waktu, energi, dan biaya yang besar. Oleh karena itu, pengembangan metode deteksi dini yang cepat, akurat, dan efisien sangat penting dalam mendukung kesuksesan industri kelapa sawit.

Citra termal adalah teknologi penginderaan jauh yang memungkinkan pengukuran suhu tanaman dan lingkungan sekitarnya (Sukristiyanti & Marganingrum, 2009). Dalam konteks deteksi masalah kesehatan tanaman, citra termal memungkinkan untuk memberikan informasi berharga tentang perubahan suhu terkait dengan stres tanaman, penyakit, atau serangan hama. Penggunaan citra termal diharapkan mampu mendeteksi perubahan suhu sebelum gejala menyebar luas, memungkinkan deteksi dini yang efektif.

Dalam beberapa tahun terakhir, kecerdasan buatan, terutama Jaringan Saraf Tiruan (JST), telah menunjukkan potensi besar dalam analisis citra dan pengenalan pola. JST MLP, sebagai salah satu jenis JST, mampu memahami hubungan yang kompleks antara input dan output (Banoula, 2023), menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi deteksi masalah kesehatan pada tanaman berbasis citra. Dengan mengoptimalkan JST MLP untuk menganalisis citra termal bibit kelapa sawit, deteksi dini masalah kesehatan dapat dicapai secara akurat dan efisien.

Tujuan dari penelitian ini adalah menggabungkan teknologi citra termal dan kecerdasan buatan, terutama JST MLP, dalam mendeteksi dini masalah kesehatan pada bibit kelapa sawit. Diharapkan bahwa penelitian ini dapat memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan industri kelapa sawit. Dengan adanya metode deteksi dini yang lebih cepat dan akurat, tindakan pencegahan yang tepat dapat diambil dengan cepat, mengurangi kerugian yang disebabkan oleh masalah kesehatan pada bibit kelapa sawit.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Politeknik Negeri Lampung selama periode April hingga November 2023.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bibit kelapa sawit berusia 9 bulan. Alat yang dipakai yaitu Kamera termal genggam UNI-T UTi120s, distance meter, serta buku dan alat tulis.

Metode Pengambilan Sampel

Kamera termal genggam UNI-T UTi120s digunakan untuk mengambil gambar termal bibit kelapa sawit berusia 9 bulan, dengan rentang suhu -20°C hingga 400°C . Pengambilan citra difokuskan pada bagian kanopi tanaman dengan menjaga jarak satu meter antara bibit dan kamera, memastikan keseluruhan tajuk bibit tercakup dalam citra.

Hasil rekaman citra dianalisis untuk mendapatkan karakteristik termal, khususnya suhu. Strategi optimalisasi citra termal menggunakan pendekatan pemilihan titik secara acak dengan mempertimbangkan respons termal tanaman terhadap masalah kesehatan dan lingkungan sekitarnya. Pemilihan titik acak memastikan hasil pengukuran mencakup variasi kondisi pada bagian tanaman, mencerminkan suhu yang bervariasi pada tanaman sehat dan yang mengalami masalah kesehatan.

Data suhu dikelompokkan menjadi dua kategori: bagian tanaman yang normal dan yang mengalami masalah kesehatan. Analisis statistik menggunakan *Uji Mann-Whitney* dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh masalah kesehatan tanaman terhadap karakteristik termal. Karakteristik termal kemudian dikorelasikan dengan hasil pengamatan kondisi kesehatan bibit kelapa sawit untuk mengembangkan model prediksi menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan metode *Multi Layer Perceptron* (MLP).

Data sampel dibagi menjadi dua kelompok, dengan 70% sebagai data pelatihan dan 30% sebagai data validasi untuk menguji performa model. Model JST mencakup nilai suhu untuk tanaman yang sehat dan sakit, perbedaan suhu, nilai suhu rata-rata, *hidden layer* sebagai bilangan pengali abstrak, dan output yang mencerminkan kondisi tanaman. Sebelum pelatihan, dilakukan pretreatment dengan metode *normalization* dan *adjusted normalized* untuk meningkatkan akurasi dan stabilitas model.

Pada tahap kalibrasi model, digunakan fungsi aktivasi *hyperbolic tangent* agar perangkat lunak dapat menghitung bias dan bobot variabel masukan secara otomatis, menghasilkan model prediksi kondisi kesehatan tanaman dengan koefisien korelasi terbaik. Algoritma JST-MLP yang digunakan adalah tipe batch, meminimalkan total kesalahan dengan memanfaatkan informasi dari seluruh catatan dalam dataset pelatihan. Penentuan parameter awal lambda dan sigma menggunakan algoritma *gradient conjugate* yang diperkecil.

Selain itu, untuk inisialisasi pembobotan dan seleksi arsitektur otomatis, ditentukan jumlah untuk pusat interval $= 0$ dan offset interval > 0 sebesar $\pm 0,5$. Evaluasi ketepatan metode JST dalam memprediksi kondisi kesehatan bibit

tanaman kelapa sawit dilakukan menggunakan Koefisien Determinasi (R²), Standard Error Of Calibration set (SEC), dan Standard Error Of Validation Set (SEP).

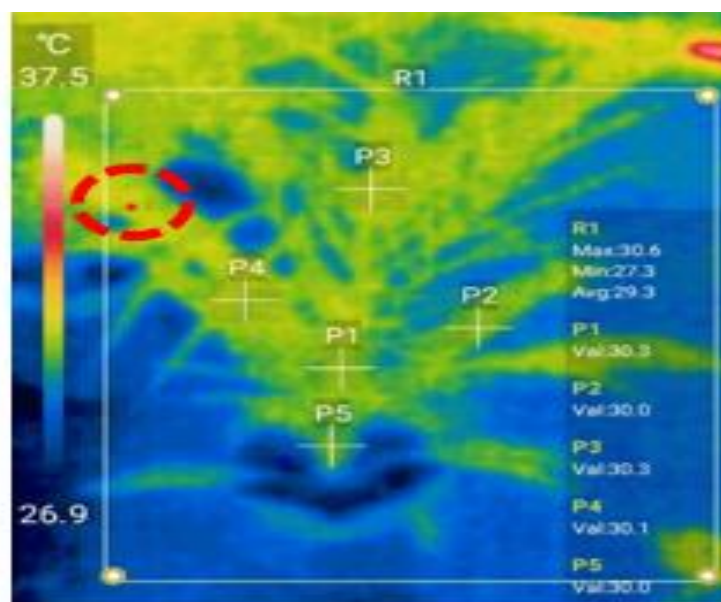
HASIL DAN PEMBAHASAN

Permasalahan kesehatan pada tanaman memiliki dampak signifikan terhadap pertumbuhan, kondisi kesehatan, dan produktivitas tanaman. Penyakit tanaman merujuk pada keadaan abnormal yang dialami oleh tanaman, yang dapat diakibatkan oleh sejumlah faktor seperti mikroorganisme patogen (seperti bakteri, virus, jamur, dan nematoda), serangga, kondisi lingkungan, atau faktor genetik. Gejala penyakit pada tanaman dapat bervariasi tergantung pada jenis penyakit dan tanaman yang terpapar. Beberapa tanda umum yang mungkin muncul pada tanaman yang terinfeksi penyakit melibatkan bercak pada daun, layu tanaman, hawar daun, embun tepung, dan pembusukan pada akar (Elfianis, 2023).

Dalam penelitian ini, data diperoleh dari bibit tanaman kelapa sawit varietas Tenera yang berusia 9 bulan. Citra termal bibit tanaman kelapa sawit diambil dengan menggunakan kamera termal UNI-T UTi120 Mobile, yang memiliki kemampuan untuk mengukur suhu dalam rentang -20°C hingga 400°C . Pengambilan citra difokuskan pada bagian kanopi tanaman. Citra termal yang terkumpul kemudian diolah dengan menggunakan pendekatan analisis objek atau pick area. Metode ini memungkinkan identifikasi dan pemetaan bagian-bagian dalam citra yang memiliki suhu maksimum dan minimum (Gambar 1).

Setelah berhasil memetakan suhu dalam citra, langkah berikutnya adalah melakukan pemilihan secara acak terhadap bagian-bagian tanaman yang diduga dalam kondisi normal atau sehat. Pemilihan secara acak dilakukan untuk memastikan bahwa sampel yang akan dianalisis mencakup berbagai kondisi yang mungkin terjadi pada bibit tanaman kelapa sawit. Hal ini bertujuan untuk memastikan representasi yang akurat dalam analisis lebih lanjut terkait kondisi tanaman dan perubahan suhu yang dapat menjadi indikator masalah kesehatan pada bibit kelapa sawit.

Untuk mengetahui perbedaan signifikan dalam suhu antara bagian bibit tanaman yang normal dan bagian yang diduga mengalami masalah kesehatan, dilakukan uji statistik menggunakan perangkat lunak SPSS (uji *Mann-Whitney*). Hasil uji statistik menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,001, yang lebih rendah daripada tingkat signifikansi yang umumnya digunakan (biasanya 0,05). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan suhu signifikan antara kelompok bibit tanaman yang normal dan kelompok bibit tanaman yang diduga mengalami masalah kesehatan.



Gambar 1. Identifikasi dan pemetaan suhu dengan metode *pick area* pada citra termal

Ketika tanaman mengalami infeksi oleh patogen seperti bakteri atau virus, atau menghadapi stres lingkungan, tanaman merespons dengan mekanisme pertahanan yang kompleks. Respons ini dapat mencakup peningkatan produksi senyawa kimia khusus atau perubahan dalam metabolisme tanaman. Sebagai hasil dari respons ini, terjadi perubahan suhu di dalam tanaman. Kenaikan suhu ini dapat berasal dari peningkatan aktivitas enzim yang bekerja pada suhu tertentu atau perubahan dalam aliran sirkulasi air dan nutrisi dalam tanaman. Oleh karena itu, peningkatan suhu dalam tanaman dapat dianggap sebagai salah satu gejala atau dampak yang dapat diukur ketika tanaman mengalami masalah kesehatan (Mastuti, 2016).

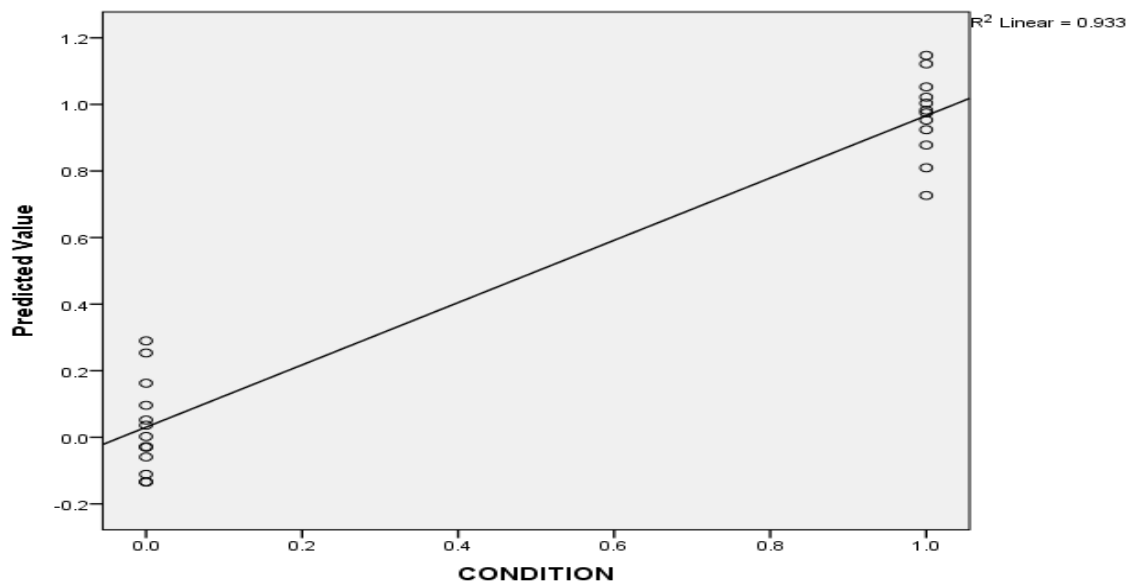
Berdasarkan data nilai signifikansi yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa suhu memiliki potensi sebagai indikator awal untuk mengenali masalah kesehatan pada bibit kelapa sawit. Meskipun demikian, prediksi kondisi

kesehatan pada bibit kelapa sawit tidak dapat hanya bergantung pada informasi ini. Oleh karena itu, untuk menjelaskan hubungan kompleks antara kondisi kesehatan dan ciri-ciri termal, diperlukan pemodelan analisis Jaringan Syaraf Tiruan (JST) (Makky & Soni, 2013; 2014) khususnya menggunakan Multi Layer Perceptron (MLP) (Fauziah *et al.*, 2021; Melidawati *et al.*, 2021). Model ini dibangun berdasarkan citra tanaman yang diambil dengan kamera termal, dan karakteristik termal citra tersebut digunakan sebagai variabel input dalam pembentukan model kalibrasi (Fauziah, 2021).

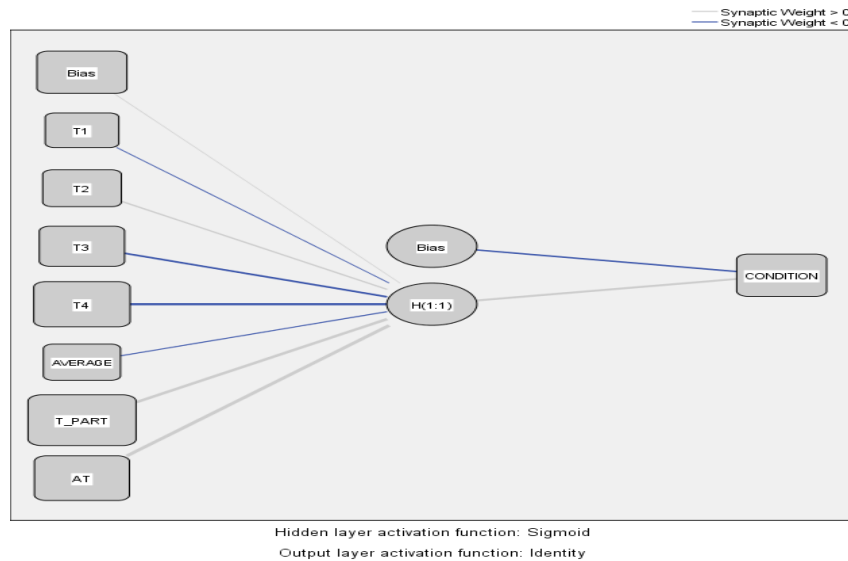
Sebuah model dikembangkan untuk memprediksi kesehatan bibit tanaman kelapa sawit secara non-destruktif. Model ini melibatkan 13 variabel input, seperti T1, T2, T3, T4, Average, TPart, dan ΔT, yang dimasukkan ke dalam program statistik. Proses analisis dilakukan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST)(Makky & Soni, 2013). Data dari sebagian sampel (70% dari total sampel) digunakan sebagai data latihan untuk melatih model JST. Proses pelatihan ini, yang menghasilkan pembentukan model, dikenal sebagai metode kalibrasi. Sementara itu, 30% data yang tersisa dari sampel digunakan untuk menguji konsistensi atau akurasi model, yang disebut sebagai validasi.

Perangkat lunak statistik rekayasa telah mengembangkan model dengan satu lapisan *hidden layer* untuk menjelaskan korelasi, varians, dan pengaruh variabel dalam model yang dihasilkan. Informasi tentang kinerja model, arsitektur jaringan, dan jumlah *hidden layer* pada model kalibrasi kondisi kesehatan bibit tanaman kelapa sawit dapat ditemukan di Gambar 2 dan 3. Selain itu, Tabel 1 memberikan deskripsi parameter estimasi pada model prediksi kondisi kesehatan bibit tanaman kelapa sawit menggunakan metode MLP, yang didasarkan pada respons citra tanaman.

Dari Gambar 2 dan 3, terlihat bahwa struktur jaringan terdiri dari prediktor input, yaitu T1, T2, T3, T4, Average, TPart, dan ΔT.



Gambar 2. Model kalibrasi kondisi bibit kelapa sawit: Kinerja model



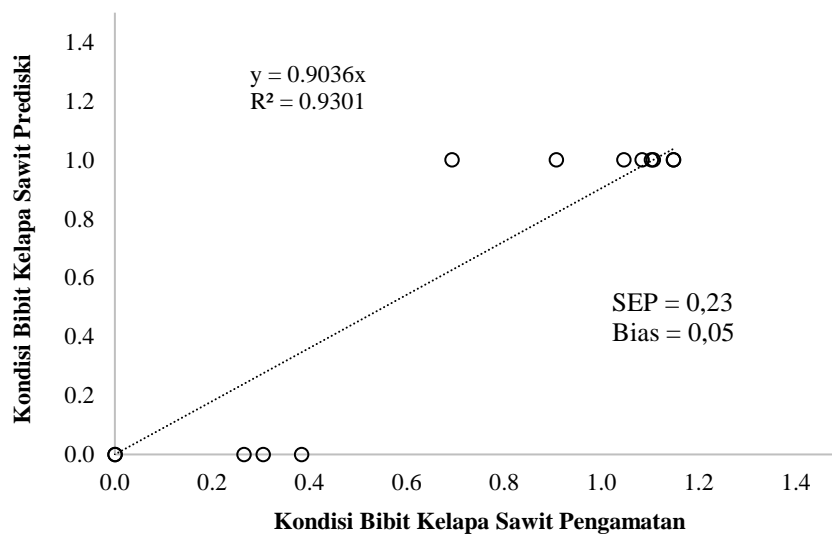
Gambar 3. Model kalibrasi kondisi bibit kelapa sawit: Arsitektur Jaringan

Tabel 1. Parameter estimasi pada model kalibrasi kondisi kesehatan bibit kelapa sawit dengan metode MLP berdasarkan respon citra tanaman

Predictor	Parameter Estimates	
	Predicted	
	Hidden Layer 1 H(1:1)	Output Layer CONDITION
Input Layer	(Bias)	.045
	T1	-.187
	T2	.767
	T3	-1.627
	T4	-3.214
	AVERAGE	-.595
	T_PART	5.155
	AT	6.076
Hidden Layer 1	(Bias)	-1.494
	H(1:1)	2.642

Tabel 2. Data hasil validasi model kondisi kesehatan bibit kelapa sawit dengan metode MLP berdasarkan respon citra tanaman

NO	I*HL1	I*HL1+BIAS1	TANSIG	TANSIG*HL2	TANSIG*HL2+BIAS2	CONDITION
1	3,639621	3,685	0,975511	2,57751	1	0
2	0,853648	0,899	0,710694	1,877806	0	0
3	0,178139	0,223	0,555581	1,467965	0	0
4	0,644179	0,689	0,665808	1,759208	0	0
5	0,711767	0,757	0,680675	1,798489	0	0
6	4,000497	4,046	0,982802	2,596774	1	0
7	8,967036	9,012	0,999878	2,641894	1	0
8	1,523068	1,568	0,827523	2,186495	1	0
9	3,587294	3,632	0,999878	2,641894	1	0
10	-0,38209	-0,337	0,416543	1,100596	0	0
11	2,254581	2,300	0,908851	2,401381	1	0
12	-0,58869	-0,544	0,367353	0,970627	0	0
13	3,165722	3,211	0,96124	2,539803	1	0
14	-1,17676	-1,132	0,243856	0,644321	0	0
15	4,096579	4,142	0,984353	2,600872	1	0



Gambar 3. Hasil validasi model prediksi

Model kalibrasi ini memiliki satu lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Tabel 1 memuat representasi nilai parameter estimasi untuk setiap koefisien variabel dalam model. Parameter estimasi untuk setiap prediktor mencakup nilai dari input layer dan *hidden layer* yang dihasilkan oleh model. Berdasarkan karakteristik termal, hasil kalibrasi dari model prediksi kadar air menunjukkan nilai R² sebesar 0.933. Ini menandakan bahwa model memiliki kinerja yang baik dalam menghasilkan prediksi.

Akurasi dan konsistensi model dievaluasi melalui proses validasi, di mana 30% dari data yang tidak digunakan untuk pembangunan model digunakan untuk menguji model. Data hasil validasi dapat dilihat pada Tabel 2. Keberhasilan validasi diukur berdasarkan nilai R², dengan kriteria berhasil jika nilai R² > 0.65. Nilai R² yang diperoleh pada penelitian ini yaitu 0.9301 menunjukkan bahwa prediksi model mendekati nilai kuantitatif yang sebenarnya.

Hasil validasi memberikan informasi tentang bias dan standar error prediksi (SEP) dari model. Pada penelitian ini diperoleh nilai SEP 0,23 dan Bias 0,05. SEP mencerminkan ketepatan model validasi (Mouazen *et al.*, 2005), di mana nilai yang lebih kecil menunjukkan kualitas model yang lebih baik. Bias mengindikasikan perbedaan rata-rata antara nilai aktual dan nilai yang diprediksi, dengan nilai bias yang mendekati nol dianggap ideal.

KESIMPULAN

Berdasarkan koefisien korelasi, SEC dan SEP model yang dihasilkan dianggap valid. Model dikembangkan dari termal properties bibit tanaman kelapa sawit yang direkam, di mana termal properties ini digunakan sebagai variabel input. Perangkat lunak teknik statistik digunakan untuk mengembangkan model dengan menggunakan algoritma MLP-ANN, dengan 1 *hidden layer*. Nilai koefisien determinasi kalibrasi, validasi, SEP, dan bias yang dihasilkan pada model ini yaitu 0.933, 0.930, 0,23 dan 0,05.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengungkapkan rasa terima kasih mereka kepada Politeknik Negeri Lampung atas penyediaan dana untuk penelitian ini melalui Program Hibah Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, nomor kontrak 208.33/PL15.8/PP/2023 pada tanggal 3 April 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Banoula, M. (2023). *An Overview on Multilayer Perceptron (MLP)*. <https://www.simplilearn.com/tutorials/deep-learning-tutorial/multilayer-perceptron>. Diakses: 15 Nopember 2023.
- Elfianis, R. (2023). *Pengertian Penyakit Tanaman: Faktor, Jenis dan Gejalanya*. <https://agrotek.id/pengertian-penyakit-tanaman/>
- Fauziah, W. K. (2021). *Evaluasi Non Destruktif Kualitas Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jack) Berdasarkan Sifat Termal*. [Tesis]. Universitas Andalas.
- Fauziah, W. K., Makky, M., Santosa, & Cherie, D. (2021). Thermal vision of oil palm fruits under difference ripeness quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 644(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/644/1/012044>
- Makky, M., & Soni, P. (2013). Development of an automatic grading machine for oil palm fresh fruits bunches (FFBs) based on machine vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 93, 129–139. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.02.008>
- Makky, M., & Soni, P. (2014). In situ quality assessment of intact oil palm fresh fruit bunches using rapid portable non-contact and non-destructive approach. *Journal of Food Engineering*, 120, 248–259. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.011>
- Mastuti, R. (2016). *Modul Metabolit Sekunder dan Pertahanan Tanaman* (pp. 1–18). Universitas Brawijaya.
- Melidawati, Cherie, D., Fahmy, K., & Makky, M. (2021). Nondestructive evaluation quality of oil palm fresh fruit bunch (FFB) (*Elaeis guineensis* Jack) based on optical properties using artificial neural network (ANN). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 644(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/644/1/012032>
- Mouazen, A. M., Saeys, W., Xing, J., De Baerdemaeker, J., & Ramon, H. (2005). Near infrared spectroscopy for agricultural materials: An instrument comparison. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 13(2), 87–97. <https://doi.org/10.1255/jnirs.461>
- Raharjo, E. (2022). *Mengenal Bibit Abnormal di Pembibitan Kelapa Sawit*. <https://disbunnak.kalbarprov.go.id/berita/detail/mengenal-bibit-abnormal-di-pembibitan-kelapa-sawit>
- Sukristiyanti, & Marganingrum, D. (2009). 19-55-1-PB. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 1, 15–24.