

Analisis Kesehatan Tanaman Sawi (*Brassica juncea L*) Menggunakan Algoritma Random Forest

Peter Jaya Negara Simanjuntak¹, Mikha Dayan Sinaga², Akbar Idaman³, Muhammad Imam Zarkasyi⁴

^{1,2,3,4} Informatika, Universitas Satya Terra Bhinneka, Kota Medan, Indonesia

Email: ^{1,*}pejayra@satyaterrabhinneka.ac.id, ²mikhasinaga@satyaterrabhinneka.ac.id, ³akbaridaman@satyaterrabhinneka.ac.id, ⁴zarkasyi@satyaterrabhinneka.ac.id

Email Penulis Korespondensi: pejayra@satyaterrabhinneka.ac.id

Article History:

Received Jul 25th, 2025

Revised Aug 14th, 2025

Accepted Aug 30th, 2025

Abstrak

Penelitian ini membahas analisis kesehatan tanaman sawi (*Brassica juncea L*) menggunakan algoritma Random Forest. Data yang digunakan meliputi suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya, yang dikumpulkan secara periodik. Label status tanaman ditentukan berdasarkan ambang batas tertentu: "Sehat" jika kelembapan $\geq 60\%$, suhu antara $28-34^{\circ}\text{C}$, dan intensitas cahaya ≥ 700 lux; "Stres" jika kelembapan $< 45\%$ atau cahaya < 700 lux; serta "Perlu Disiram" untuk kondisi lainnya. Model Random Forest digunakan untuk mempelajari hubungan antara parameter lingkungan dan status tanaman. Hasil evaluasi menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi, mengindikasikan bahwa algoritma ini efektif dalam mengklasifikasikan kondisi tanaman. Pendekatan ini dapat membantu petani dalam pengambilan keputusan berbasis data, sehingga meningkatkan efisiensi perawatan tanaman sawi.

Kata Kunci : Analisis, Kesehatan Tanaman, Monitoring, Random Forest, Sawi Hijau

Abstract

*This study examines the health analysis of mustard greens (*Brassica juncea L.*) using the Random Forest algorithm. The data used include temperature, soil moisture, and light intensity, collected periodically. Plant health status labels were determined based on specific thresholds: "Healthy" if soil moisture $\geq 60\%$, temperature between $28-34^{\circ}\text{C}$, and light intensity ≥ 700 lux; "Stressed" if soil moisture $< 45\%$ or light intensity < 700 lux; and "Needs Watering" for other conditions. The Random Forest model was employed to learn the relationship between environmental parameters and plant health status. Evaluation results show a high level of accuracy, indicating that this algorithm is effective in classifying plant conditions. This approach can assist farmers in making data-driven decisions, thereby improving the efficiency of mustard greens cultivation.*

Keyword : Analysis, Monitoring, Mustard Green, Plant Health, Random Forest

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital saat ini telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan, industri, dan pertanian [1]. Salah satu tantangan utama di sektor ini adalah menjaga kesehatan tanaman agar produktivitas tetap optimal. Pemanfaatan teknologi berbasis data menjadi solusi penting dalam pengambilan keputusan budidaya yang lebih efisien dan tepat sasaran [2]. Visualisasi data menjadi sarana penting dalam menyederhanakan informasi kompleks agar mudah dipahami dan dimanfaatkan oleh berbagai kalangan, termasuk tenaga pendidik [3] dan pelaku usaha [4].

Sawi hijau (*Brassica juncea L.*) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang banyak dibudidayakan di Indonesia karena nilai ekonominya tinggi dan siklus tanamnya singkat [5]. Namun, produktivitas tanaman ini sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya [6]. Ketidakseimbangan faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas maupun kuantitas hasil panen [7].

Penggunaan Python sebagai bahasa pemrograman untuk visualisasi data semakin meluas karena kelengkapan pustaka (library) yang disediakan, seperti Matplotlib, Seaborn, dan Plotly [8]. Sejumlah penelitian telah menunjukkan efektivitas Python dalam menyajikan informasi visual yang interaktif dan informatif, baik untuk keperluan pembelajaran statistika [3] prediksi peluang selamat penumpang Titanic [9], hingga pemantauan sebaran COVID-19 [10].

Salah satu pendekatan dalam analisis data monitoring tanaman adalah dengan menggunakan algoritma machine learning, seperti Random Forest, untuk melakukan klasifikasi status kesehatan tanaman [11]. Random Forest merupakan algoritma klasifikasi berbasis pohon keputusan yang mampu menangani kompleksitas data dan memberikan akurasi tinggi dalam proses prediksi. Random Forest unggul dibanding algoritma lain seperti Decision Tree dan Gradient Boosting dalam memprediksi kualitas air, dengan akurasi mencapai 88,33% [12]. Random Forest juga diterapkan untuk mengidentifikasi kesehatan daun mangrove berbasis citra digital dengan akurasi hingga 85% [11].

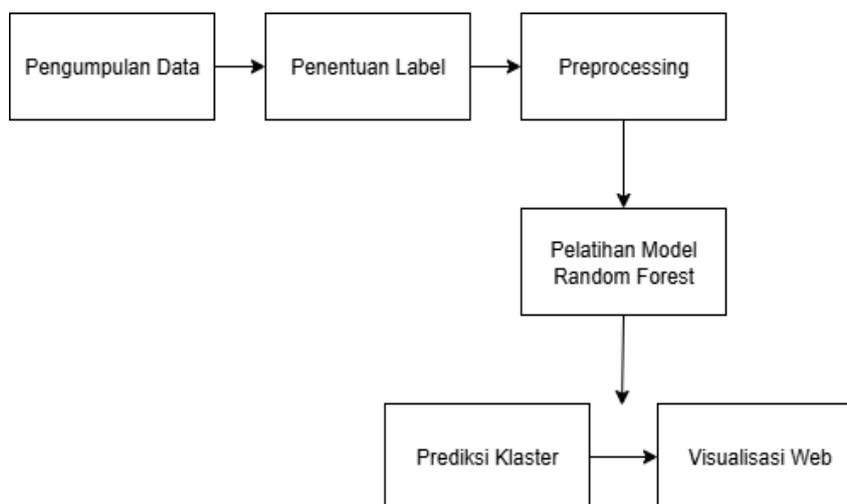
Di sisi lain, sektor pertanian, khususnya dalam konteks pemantauan kesehatan tanaman, juga menghadapi tantangan seiring dengan perubahan cuaca yang ekstrem. Variabel iklim seperti suhu dan kelembapan berpengaruh signifikan terhadap hasil produksi tanaman [13], Namun, masih terbatasnya teknologi visualisasi yang ramah pengguna menyebabkan proses pemantauan dilakukan secara manual, kurang efisien, dan rawan kesalahan [14].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesehatan tanaman sawi berdasarkan parameter suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya menggunakan algoritma Random Forest. Klasifikasi dilakukan dalam tiga kategori, yaitu "Sehat", "Perlu Disiram", dan "Stres" berdasarkan ambang batas tertentu. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan yang lebih efektif bagi petani untuk meningkatkan efisiensi budidaya sawi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis data dan machine learning untuk mengklasifikasikan status kesehatan tanaman dan menyajikannya dalam bentuk visualisasi web. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dapat dijelaskan sebagai berikut:



2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara otomatis menggunakan sensor lingkungan yang terpasang pada sistem monitoring tanaman. Sensor-sensor yang digunakan meliputi sensor suhu, sensor kelembapan tanah, dan sensor intensitas cahaya. Data yang direkam mencakup variabel-variabel sebagai berikut:

- Tanggal: waktu pencatatan data.
- Suhu udara (°C): diukur menggunakan sensor suhu digital.
- Kelembapan tanah (%): diukur dengan sensor kelembapan kapasitif.
- Intensitas cahaya (lux): diukur menggunakan sensor cahaya.

Status tanaman: ditentukan berdasarkan ambang batas dari kombinasi tiga parameter di atas, dikategorikan menjadi "Sehat", "Perlu Disiram", dan "Stres".

Data dikumpulkan secara harian selama periode 1 April 2025 hingga 30 Juni 2025 dan disimpan dalam format file CSV (tanaman_medan_apr_jun_2025.csv) seperti pada Gambar 2

```
# Baca data CSV
df = pd.read_csv("tanaman_medan_apr_jun_2025.csv")
```

Gambar 2. Kode program input data tanaman

Selanjutnya, data ini diolah dan ditampilkan menggunakan framework Flask dalam bentuk web visualisasi interaktif, dengan memanfaatkan pustaka pandas untuk manipulasi data dan render_template dari Flask untuk menyajikan data ke dalam tampilan HTML

2.3 Penentuan label status tanaman

Penentuan label atau ground truth dalam penelitian ini merupakan tahap awal yang sangat penting dalam proses klasifikasi berbasis supervised learning. Label digunakan sebagai target dalam pelatihan model Random Forest untuk mengklasifikasikan kondisi kesehatan tanaman. Berdasarkan pendekatan rule-based yang merujuk pada karakteristik fisiologis tanaman serta praktik umum dalam pertanian digital, digunakan tiga kategori label pada Tabel.1, yaitu Sehat, Perlu Disiram, dan Stres.

Tabel 1. Label status tanaman

Label	Suhu (°C)	Kelembapan Tanah (%)	Intensitas Cahaya (lux)	Keterangan
Sehat	28-34	≥ 60	≥ 700	Kondisi optimal: suhu hangat, kelembapan tinggi, dan pencahayaan cukup.
Stres	Tidak dibatasi	< 45	< 700	Tanaman mengalami kekeringan atau kekurangan cahaya yang menyebabkan stres.
Perlu Disiram	Diluar 28-34	49-59	≥ 700	Kondisi tidak optimal: cukup cahaya tapi kelembapan sedang atau suhu tidak ideal

Kriteria penentuan label ditetapkan berdasarkan kombinasi nilai parameter suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya, yang dituangkan dalam kode program seperti pada Gambar 3. Kemudian disesuaikan dengan batas optimal pertumbuhan tanaman tropis sebagaimana dirujuk dalam penelitian [15] mengklasifikasikan kesehatan daun mangrove menggunakan Random Forest berbasis ciri visual dan lingkungan

```
# Tambahkan label status_tanaman secara manual
def tentukan_status(suhu, kelembapan, cahaya):
    if kelembapan >= 60 and 28 <= suhu <= 34 and cahaya >= 700:
        return "Sehat"
    elif kelembapan < 45 or cahaya < 700:
        return "Stres"
    else:
        return "Perlu Disiram"

df["status_tanaman"] = df.apply(
    lambda row: tentukan_status(row["suhu"], row["kelembapan_tanah"], row["intensitas_cahaya"]),
    axis=1
)
```

Gambar 3. Kode Program Penentuan Label Status Tanaman

2.4 Preprocessing

Data kemudian diproses dalam bentuk numerik. Fitur yang digunakan adalah suhu, kelembapan_tanah, dan intensitas_cahaya. Label target status_tanaman diubah menjadi format numerik menggunakan LabelEncoder agar bisa digunakan pada model pembelajaran mesin seperti pada Gambar 4

```
# Siapkan data untuk training
X = df[["suhu", "kelembapan_tanah", "intensitas_cahaya"]]
y = df["status_tanaman"]
le = LabelEncoder()
y_encoded = le.fit_transform(y)
```

Gambar 4. Kode Program Penentuan Label Status Tanaman

2.5 Model klasifikasi Random Forest

Model klasifikasi dilatih menggunakan algoritma **Random Forest** dari pustaka *scikit-learn* dengan parameter *n_estimators* = 100 dan *random_state* = 42. Secara matematis, prediksi akhir γ diperoleh dari mayoritas suara (*majority voting*) seluruh pohon keputusan, yang dapat dituliskan sebagai:

$$\gamma = mode ((h_1(x), h_2(x), \dots, h_{100}(x)), \quad (1)$$

Dengan pendekatan ini, Random Forest menggabungkan hasil dari banyak pohon untuk mengurangi overfitting dan meningkatkan akurasi klasifikasi [15].

```
# Siapkan data untuk training
X = df[["suhu", "kelembapan_tanah", "intensitas_cahaya"]]
y = df["status_tanaman"]
le = LabelEncoder()
y_encoded = le.fit_transform(y)

# Training model
model = RandomForestClassifier(n_estimators=100, random_state=42)
model.fit(X, y_encoded)

# Prediksi dan decode hasil
pred = model.predict(X)
df["status_klaster"] = le.inverse_transform(pred)

return render_template("index.html",
    data=df.to_dict(orient="records"),
    tanggal=df["tanggal"].tolist(),
    suhu=df["suhu"].tolist(),
    kelembapan=df["kelembapan_tanah"].tolist(),
    cahaya=df["intensitas_cahaya"].tolist(),
    cluster=pred.tolist(),
    cluster_label=[le.inverse_transform([i])[0] for i in sorted(set(pred))]
)
```

Gambar 5. Kode Program Model Random Forest

Gambar 5 menunjukkan kode program untuk melatih model menggunakan data yang telah diproses sebelumnya (X sebagai fitur dan y_encoded sebagai label). Model ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani data non-linear, toleransi terhadap overfitting, dan interpretasi hasil yang baik.

2.6 Pengolahan data

Data hasil kondisi kesehatan tanaman berdasarkan tiga parameter lingkungan, yaitu suhu (°C), kelembapan tanah (%), dan intensitas cahaya (lux). Berdasarkan data tersebut, sistem mengklasifikasikan status tanaman ke dalam tiga kategori yakni Sehat, Perlu Disiram, dan Stres, menggunakan algoritma Random Forest.

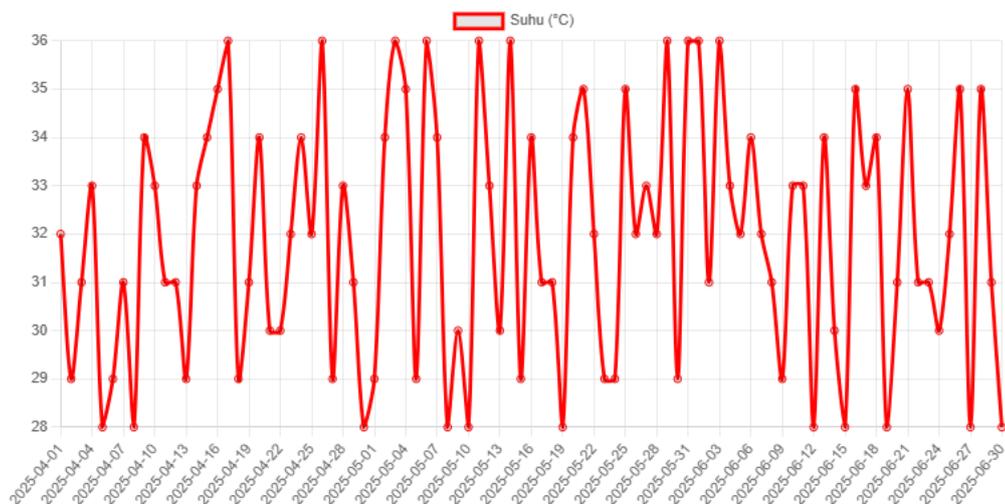
Data dibaca menggunakan pustaka pandas dan dikonversi ke format list untuk digunakan pada halaman HTML. Tiga variabel utama (suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya) divisualisasikan dalam bentuk grafik garis (line chart) menggunakan Chart.js [16].

Visualisasi disusun agar pengguna dapat mengamati tren perubahan parameter lingkungan terhadap kesehatan tanaman secara kronologis. Konsep visualisasi interaktif ini terbukti efektif dalam membantu pemahaman dan pengambilan keputusan berdasarkan data [17].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pemantauan Suhu Tanaman

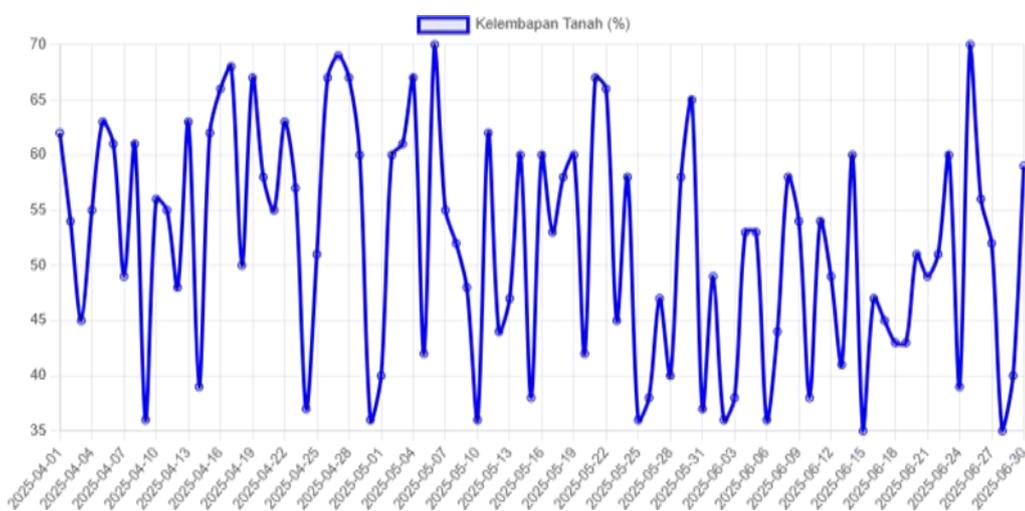
Setelah proses klasifikasi menggunakan algoritma Random Forest, diperoleh hasil monitoring status dan kluster kesehatan tanaman berdasarkan data suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya



Gambar 6. Grafik Suhu Lokasi Tanaman

Gambar 6 suhu tanaman mencatat fluktuasi suhu harian antara 28°C hingga 36°C. Suhu sering mencapai puncaknya pada 36°C, yang berpotensi menyebabkan stres panas pada tanaman. Sebaliknya, suhu minimum sekitar 28°C juga dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman jika terjadi terus-menerus. Fluktuasi suhu yang tajam menunjukkan kondisi iklim yang tidak stabil, sehingga penting dilakukan klasifikasi status kesehatan tanaman. Pola suhu ini berdampak langsung terhadap status tanaman seperti “Sehat”, “Perlu Disiram”, atau “Stres” yang telah diklasifikasikan menggunakan algoritma Random Forest

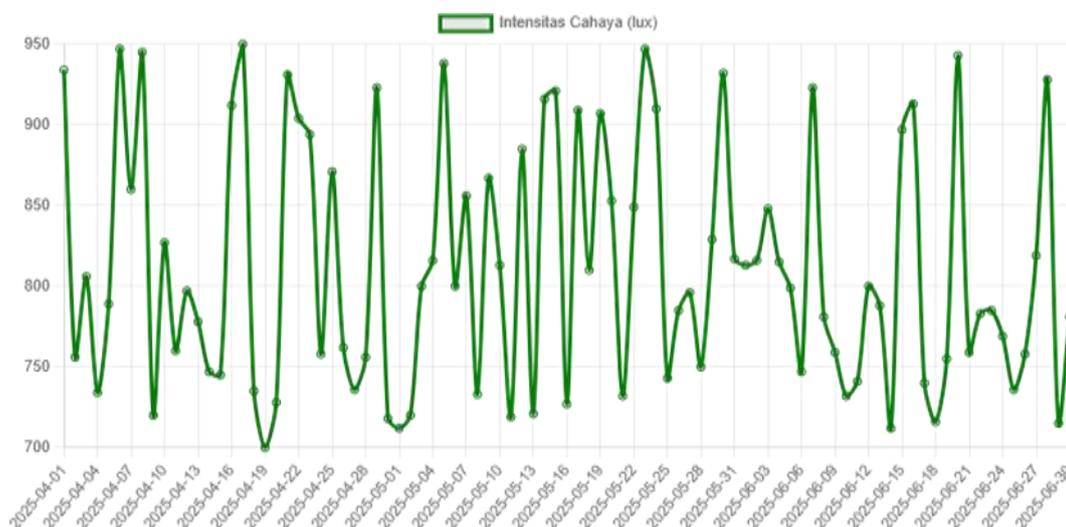
3.2 Hasil Pemantauan Kelembapan Tanaman



Gambar 7. Grafik Kelembapan Tanah Tanaman

Gambar 7 menunjukkan bahwa kelembapan tanah bervariasi dalam rentang 35% hingga 70%. Terdapat beberapa titik ekstrem di bawah 40% yang dapat mengindikasikan kondisi tanah kering, sehingga tanaman berada dalam kondisi “Perlu Disiram” atau bahkan “Stres”. Sebaliknya, saat kelembapan mendekati atau menyentuh 70%, tanah berada dalam kondisi optimal untuk pertumbuhan tanaman. Fluktuasi tajam ini menunjukkan adanya perubahan cuaca dan kemungkinan tidak konsistennya penyiraman atau curah hujan. Data ini sangat penting dalam membantu klasifikasi status kesehatan tanaman menggunakan algoritma Random Forest

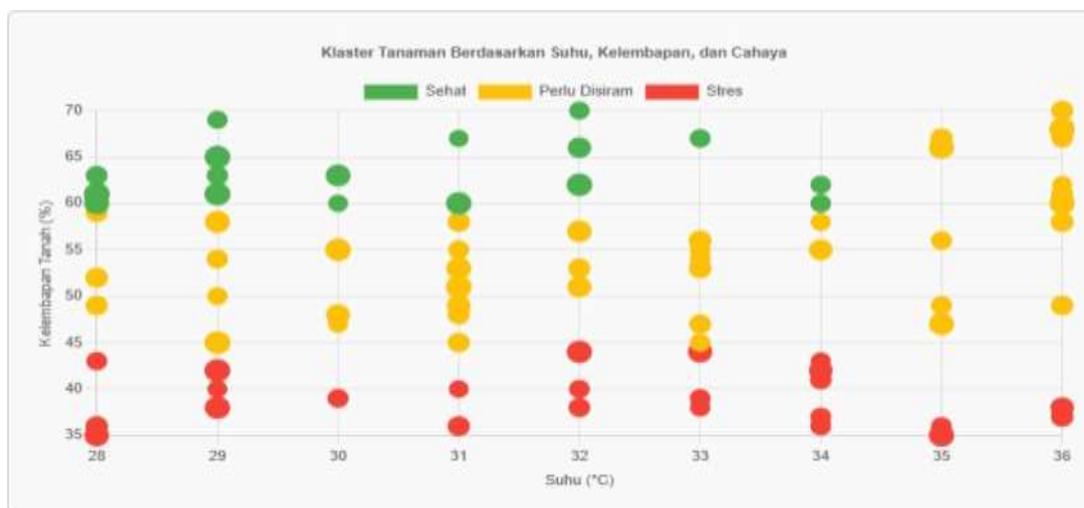
3.3 Hasil Pemantauan Intesitas Cahaya pada Tanaman



Gambar 8. Grafik Intesitas Cahaya Lokasi Tanaman

Gambar 8 menunjukkan fluktuasi intensitas cahaya antara 700 hingga 950 lux, yang mencerminkan perbedaan kondisi pencahayaan alami akibat cuaca atau waktu pengukuran. Beberapa puncak mendekati 950 lux menunjukkan paparan cahaya optimal yang mendukung proses fotosintesis tanaman, sedangkan penurunan drastis mendekati 700 lux berpotensi menyebabkan stres cahaya jika berlangsung lama. Ketidakstabilan intensitas ini dapat berpengaruh terhadap kesehatan tanaman dan menjadi variabel penting dalam klasifikasi status tanaman menggunakan algoritma Random Forest.

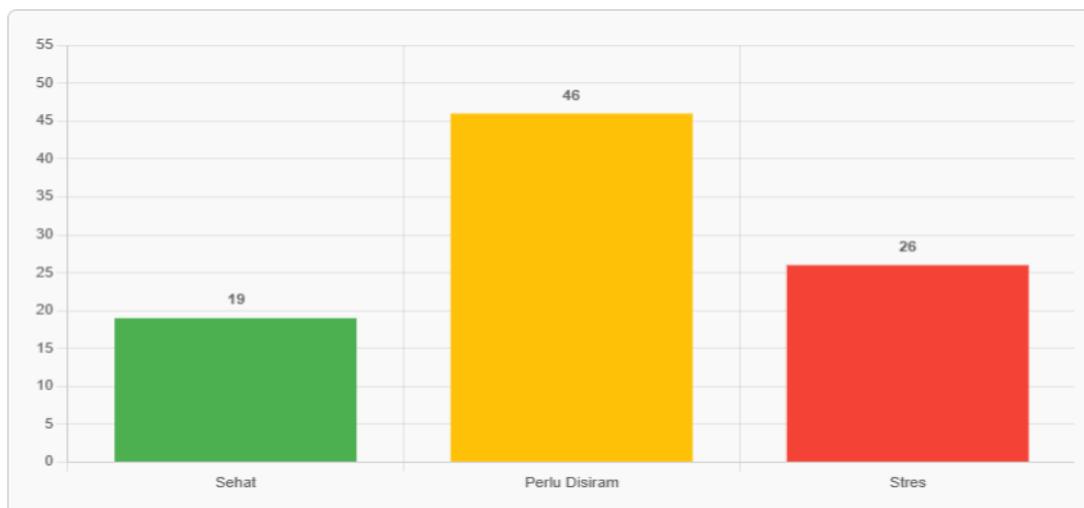
3.4 Hasil Implementasi Random Forest untuk Klasifikasi Kesehatan Tanaman



Gambar 9. Kluster Kesehatan Tanaman

Gambar 9 menunjukkan klasifikasi status kesehatan tanaman berdasarkan suhu dan kelembapan tanah. Hasil klasifikasi dibagi menjadi tiga kategori: Sehat, Perlu Disiram, dan Stres. Tanaman Sehat umumnya berada pada suhu 28°C - 32°C dan kelembapan tanah di atas 60%. Kondisi ini mendukung pertumbuhan optimal tanaman. Tanaman Perlu Disiram tersebar pada

suhu 30°C - 36°C dengan kelembapan 45% - 60%, menandakan kekurangan air meskipun suhu masih dalam batas toleransi. Tanaman Stres didominasi oleh suhu >33°C dan kelembapan <45%, menunjukkan tekanan lingkungan akibat panas dan kekeringan.



Gambar 10. Hasil Klasifikasi Status Kesehatan Tanaman

Gambar 10 menunjukkan hasil klasifikasi status kesehatan tanaman yang telah diprediksi oleh model Random Forest dan divisualisasikan dalam bentuk diagram batang.

Kategori Perlu Disiram merupakan klasifikasi yang paling banyak muncul (46 dari total 91 data). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar tanaman berada dalam kondisi kelembapan tanah yang tidak ideal, meskipun belum masuk dalam kategori stres. Kondisi ini memerlukan perhatian untuk penyiraman agar tanaman tidak masuk ke tahap stres. Kemungkinan besar, hal ini terjadi karena penurunan kelembapan tanah secara bertahap akibat cuaca panas atau interval penyiraman yang tidak konsisten.

Sebanyak 26 data termasuk dalam kategori Stres, menandakan bahwa hampir 29% dari seluruh pengamatan menunjukkan kondisi yang tidak sehat, seperti kelembapan sangat rendah atau intensitas cahaya tidak mencukupi. Ini mengindikasikan bahwa sistem pemantauan dan respons otomatis (seperti penyiraman atau pengaturan pencahayaan) perlu dioptimalkan untuk mencegah penurunan lebih lanjut dalam kesehatan tanaman.

Hanya 19 data atau sekitar 21% dari total pengamatan yang menunjukkan kondisi Sehat. Ini berarti bahwa sebagian besar tanaman tidak berada dalam kondisi optimal meskipun belum menunjukkan gejala stres. Hal ini dapat disebabkan oleh suhu ekstrem, cahaya berlebih atau kurang, atau kurangnya sistem perawatan rutin

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil visualisasi dan klasifikasi status kesehatan tanaman menggunakan algoritma Random Forest, sistem berhasil mengelompokkan kondisi tanaman menjadi tiga kategori: Sehat, Perlu Disiram, dan Stres, berdasarkan data suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya yang dipantau secara real-time melalui sistem berbasis web.

Secara umum, kategori Perlu Disiram mendominasi dengan 46 data dari total 91, menunjukkan bahwa sebagian besar tanaman mengalami kekurangan kelembapan tanah meskipun mendapatkan pencahayaan yang cukup. Hal ini menegaskan

penyiraman yang terjadwal dan responsif. Kategori Stres sebanyak 26 data menunjukkan adanya tekanan lingkungan serius seperti suhu tinggi dan kelembapan rendah, yang dapat mengancam kelangsungan tanaman jika tidak segera ditangani. Sementara itu, hanya 19 data yang tergolong dalam kategori Sehat, menunjukkan bahwa hanya sebagian kecil tanaman berada dalam kondisi optimal.

Visualisasi data suhu menunjukkan fluktuasi yang cukup tinggi antara 28 - 36°C. Kelembapan tanah juga sangat bervariasi, dengan beberapa titik mencapai <40%, menandakan potensi stres. Intensitas cahaya umumnya mencukupi (>700 lux), namun belum mampu mengimbangi ketidakseimbangan suhu dan kelembapan.

Dengan demikian, sistem ini telah menunjukkan kemampuan akurat dalam memetakan hubungan kompleks antara parameter lingkungan dan status tanaman, serta menyediakan informasi yang berguna bagi pengguna dalam mengambil tindakan tepat. Ke depan, sistem ini memiliki prospek pengembangan seperti integrasi dengan sistem penyiraman otomatis, pemberitahuan berbasis IoT, dan perluasan ke jenis tanaman lain untuk meningkatkan efisiensi budidaya pertanian berbasis teknologi cerdas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Yayasan Perguruan Sultan Iskandar Muda yang telah memfasilitasi penelitian ini dan kepada rekan-rekan dosen yang ikut berkontribusi dalam pemberian saran dan motivasi kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Nurrohmah and W. Gunawan, "Implementasi Plugin Impor Kamera dan Plugin Play Blast Untuk Autodesk Maya Berbasis Python," *Format J. Ilm. Tek. Inform.*, vol. 10, no. 1, p. 50, 2021, doi: 10.22441/format.2021.v10.i1.005.
- [2] H. Permana, "Pelatihan Pengolahan dan Visualisasi Data dengan Bahasa Pemrograman Python untuk Siswa SMK Ciracas," *Mitra Teras J. Terap. Pengabd. Masy.*, vol. 1, no. 2, pp. 59–66, 2022, doi: 10.58797/teras.0102.04.
- [3] S. H. Setiyani, Y. Rahma, F. N. Wijanarko, and K. Kunci, "Pengaruh Penggunaan Visualisasi Data Interaktif Berbasis Python terhadap Pemahaman Konsep Statistika pada Mahasiswa Informatika," *J. Jar. Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 01, no. 01, pp. 32–42, 2025.
- [4] J. Jeovano, "2D Data Visualization Tools Menggunakan Flask dan AngularJS," *J. Intell. Syst. Comput.*, vol. 2, no. 2, pp. 91–97, 2020, doi: 10.52985/insyst.v2i2.184.
- [5] A. Arrafi and B. H. Prasetio, "Sistem Monitoring Lingkungan Untuk Budidaya Tanaman Sawi (Brassica Juncea L.) Menggunakan Fuzzy Dan Android," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 8, pp. 1–7, 2024.
- [6] R. R. A. Setyaningsih and Hindriyanto Dwi Purnomo, "Analysis of the Effects of Fertilizer on the Quality of the Mustard Plant (Brassica Chenensis L) Using Regression Logistics Method," *J. Tek. Inform.*, vol. 3, no. 6, pp. 1565–1572, 2022, doi: 10.20884/1.jutif.2022.3.6.394.
- [7] I. Zulfansyah, S. Yulianita, F. Balatif, and F. A. B. Panjaitan, "Utilization of Casgot and Eco Enzyme Fertilizer as Nutrient Support to Increase the Growth of White Cooperate (Brassica Pekinensis L) of the Tahono Variety in Karo District," *Int. J. Nat. Sci. Stud. Dev.*, vol. 1, no. 1, pp. 19–25, 2024, doi: 10.55299/ijoss.v1i1.7.
- [8] Rommi Kaestria, Elok Faiqotul Himmah, and Rio Irawan, "Penerapan Matplotlib dalam Visualisasi Data untuk Analisis Hubungan Penggunaan Gadget dan Hasil Belajar," *J. Digit. Bus. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–39, 2024, doi: 10.23971/jobit.v1i1.204.
- [9] Kalyani Jeslyn Lim *et al.*, "Penggunaan Bahasa Pemrograman Python Untuk Memvisualisasikan Data Peluang Selamat Dari Kecelakaan Titanic," *J. Publ. Tek. Inform.*, vol. 2, no. 2, pp. 66–79, 2023, doi: 10.55606/jupti.v2i2.1735.
- [10] Y. Galahartlambang, T. Khotiah, and Jumain, "Visualisasi Data Dari Dataset COVID-19 Menggunakan Pemrograman Python," *J. Ilm. Intech Inf. Technol. J. UMUS*, vol. 3, no. 01, pp. 58–60, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.umus.ac.id/index.php/intech/article/view/417>
- [11] E. W. Ambarsari and H. Herlinda, "Membangun Pythagoras Sebagai Visualisasi Random Forest Untuk Pemodelan Pohon Keputusan," *Fakt. Exacta*, vol. 13, no. 3, pp. 132–139, 2020, doi: 10.30998/faktorexacta.v13i3.6513.
- [12] N. Maulidah, M. Maulidah, R. Supriyadi, H. Nalatissifa, S. Diantika, and A. Fauzi, "Prediksi Kualitas Air Menggunakan Metode Random Forest, Decision Tree, Dan Gradient Boosting," *J. Khatulistiwa Inform.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–6, 2024, doi: 10.31294/jki.v12i1.16004.
- [13] R. Hesananda and D. Faizal Racma, "Implementasi Google Looker Studio Untuk Analisis Tren Dan Visualisasi Data (Studi Kasus: Produksi Padi Pulau Sumatera)," *Innov. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 62–74, 2024.
- [14] R. Dwi, P. Herlambang, M. Hikmatyar, and S. S. Sundari, "Warehouse Monitoring System Menggunakan Node MCU ESP32 Dan Implementasi Python Sebagai Visualisasi Data Sensor Secara Real-Time Warehouse Monitoring System Using NodeMCU ESP32 and Python Implementation for Real-Time Sensor Data Visualization 1," *J. Teknol.*, vol. 15, no. 1, pp. 703–715, 2025, [Online]. Available: <https://doi.org/10.51132/teknologika.v15i1.440>
- [15] R. Muhammad, E. Hermawan, and S. A. Hudjimartu, "Identifying Mangrove Leaf Health Using Random Forest Classification Method," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 5, pp. 10660–10666, 2024.
- [16] M. Yasir, "Visualisasi Data Destinasi Wisata di DKI Jakarta Menggunakan Python Google Collab," *J. Soc. Sci. Res.*, vol. 3, no. 5, pp. 9006–9014, 2023, [Online]. Available: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>
- [17] R. Al Ghivary, M. Mawar, N. Wulandari, N. Srikandi, and A. N. M. F., "Peran Visualisasi Data Untuk Menunjang Analisa Data Kependudukan Di Indonesia," *Pentahelix*, vol. 1, no. 1, p. 57, 2023, doi: 10.24853/penta.1.1.57-62.