



ANALISIS DAN PREDIKSI SUHU DAN KELEMBABAN UDARA YANG OPTIMAL PADA RUANGAN VERTIKULTUR DENGAN METODE K-NEAREST NEIGHBOR

Faj'run Ni'am^a, Danang Arengga^b Siti Sendari^{c*}

^{a,b,c}Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

^afajrun.niam.1805366@students.um.ac.id

^bdanang.arengga.ft@um.ac.id

^{c*}siti.sendari.ft@um.ac.id

Kata Kunci :

ABSTRAK

*Temperature
Air Humidity
Verticulture
Data Mining
K-Nearest Neighbor*

The increase in population in Indonesia has led to a decrease in the area of available farmland, forcing farmers, especially those with low education and limited capital, to look for efficient cultivation solutions on small plots of land. The verticulture technique emerged as one such solution that allows vegetable cultivation in limited space. However, plant growth requires optimal conditions of temperature and humidity, as required by strawberry plants. To achieve optimal plant growth parameters on a small area of land, a data mining approach is required. Data mining is the process of finding patterns and valuable information in available data, and IoT enables efficient data collection. In this context, K-Nearest Neighbor (KNN) is one of the algorithms used to predict temperature and humidity with sufficient accuracy, although it can face challenges when climate conditions are unstable. Then the results of data validation above 80% and for the prediction results obtained in the first stage of the first day 45%, second 54.8%, third 69.3% and fourth 80%. Then in the second stage the first day 56.3%, second 62.5%, third 78.6% and fourth 77.2%. The conclusion obtained in this study is that the KNN method can be used to analyze and predict the optimal temperature and humidity.

*Suhu,
Kelembaban Udara,
Data Mining,
K-Nearest Neighbor*

Abstrak— Peningkatan populasi di Indonesia telah menyebabkan penurunan luas lahan pertanian yang tersedia, memaksa petani, terutama yang berpendidikan rendah dengan modal terbatas, untuk mencari solusi budidaya yang efisien pada lahan sempit. Teknik vertikultur muncul sebagai salah satu solusi yang memungkinkan penanaman sayuran dalam ruang terbatas. Namun, pertumbuhan tanaman memerlukan kondisi optimal suhu dan kelembaban, seperti yang diperlukan oleh tanaman stroberi. Untuk mencapai parameter pertumbuhan tanaman yang optimal pada lahan sempit, diperlukan pendekatan data mining. Data mining adalah proses pencarian pola

dan informasi berharga dalam data yang tersedia, dan IoT memungkinkan pengumpulan data yang efisien. Dalam konteks ini, K-Nearest Neighbor (KNN) adalah salah satu algoritma yang digunakan untuk memprediksi suhu dan kelembaban dengan akurasi yang memadai, meskipun dapat menghadapi tantangan ketika kondisi iklim tidak stabil. Kemudian hasil dari validasi data diatas 80% dan untuk hasil prediksi yang didapat tahap pertama hari pertama 45%, kedua 54,8%, ketiga 69,3% dan keempat 80%. Lalu pada tahap kedua hari pertama 56,3%, kedua 62,5%, ketiga 78,6% dan keempat 77,2%. Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini yaitu metode KNN dapat digunakan untuk menganalisis dan memprediksi suhu dan kelembaban yang optimal.

1. PENDAHULUAN

Penduduk Indonesia yang semakin meningkat membuat lahan pertanian semakin berkurang dikarenakan lahan tersebut digunakan sebagai tempat huni. Merujuk pada Badan Pusat Statistik Kota Malang, luas lahan pertanian dari tahun 2018 sampai 2020 menurun tiap tahunnya. Dari luas lahan pertanian pada tahun 2018 yaitu 1055 ha kemudian pada tahun 2019 menurun menjadi 1004 ha dan menurun lagi pada tahun 2020 menjadi 995 ha (*Malangkota.Bps.Go.Id. Accessed: , 2023*). Fakta bahwa jutaan petani masih menjalankan usaha tani kecil di Indonesia, yang mayoritas berpendidikan rendah, lahan terbatas, modal kecil, dan produktivitas rendah, menjadi tantangan bagi pembangunan pertanian negara di era pertanian (Mandang, Sondakh and Laoh, 2020). Agar dapat mengatasi lahan yang berkurang tiap tahunnya perlu dipikirkan teknik pembudidayaan sayuran untuk area sempit perkotaan.

Budidaya sayuran dengan teknik vertikultur merupakan salah satu cara budidaya yang dapat digunakan pada lahan dengan luas lahan yang kecil (Budi Kusumo *et al.*, 2020). Budidaya sayuran dengan teknik vertikultur merupakan budidaya yang menggunakan lahan yang kecil (Djuwendah *et al.*, 2021). Pertumbuhan tanaman, memerlukan parameter pertumbuhan yang optimal, misal tanaman buah stroberi memiliki suhu dan kelembaban yang tepat agar dapat menghasilkan kualitas buah stroberi yang baik (Falah *et al.*, 2018). Akumulasi panas atau unit suhu terkait erat dengan perkembangan di sebagian besar tanaman. Misal Stroberi memiliki suhu dasar 10°C dan suhu tertinggi 26°C (Timotiwu *et al.*, 2021) dengan kelembaban 80-90 % (Sumarlin, 2015)

Untuk memperoleh parameter pertumbuhan tanaman yang optimal maka diperlukan teknik data mining yang berguna sebagai proses pencarian pola atau informasi menarik dalam data yang dipilih sebelumnya (Tsai *et al.*, 2014). Pengumpulan data parameter dapat dilakukan dengan adanya komputer, sensor, dan teknologi Internet of Things (IoT) mengumpulkan banyak data sehingga dapat menjadi mudah. Diharapkan segala sesuatu dapat teridentifikasi secara otomatis, dapat berkomunikasi satu sama lain (S.Badhiye, U. Sambhe and N. Chatur, 2013). Namun, data tersebut kurang bermanfaat jika tidak dianalisis dan dimanfaatkan dengan baik. Oleh karena itu, prediksi memainkan peran penting dalam hal ini (Sumarni, Mustofa and Hardanto, 2009)

K-Nearest Neighbor(KNN) dapat memprediksi suhu dan kelembaban dengan akurasi yang memuaskan, tetapi terkadang akurasi prediksi menurun akibat perilaku tak terduga kondisi iklim (Sumarlin, 2015). Dalam penelitian ini digunakan metode algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) sebagai pengimplementasian algoritma Data Mining yang berfungsi dalam memprediksi suhu dan kelembaban dengan bantuan aplikasi MATLAB

2. METODE PENELITIAN

A. Studi Pustaka

Pada tahap Studi pustaka akan melibatkan peninjauan berbagai sumber, termasuk buku-buku teks, jurnal akademik, artikel online, dan sumber-sumber lainnya. Melalui pengumpulan data dari sumber-sumber yang relevan, penulis akan mencari pengaruh suhu dan kelembaban pada tumbuhan. Selanjutnya, penulis mengambil beberapa data suhu dan kelembaban tanpa aktuator dan dengan aktuator dan menganalisisnya dengan metode.

B. Pencarian Data

Pada tahap pencarian data melakukan pencarian data yang akan digunakan sebagai data latih dan data uji. Untuk data latih digunakan data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan mengambil suhu dan kelembaban kemudian dari data tersebut sebagian data dari BMKG akan digunakan sebagai data validasi testing. Saat data sudah tervalidasi dan menghasilkan prediksi yang tepat maka dapat diimplementasikan pada data primer yang didapatkan saat di lapangan.

C. Perancangan alat

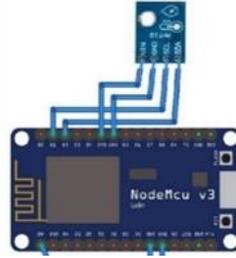
Tahap perancangan alat terdiri dari dua tahap. Tahap pertama melibatkan pengambilan data primer tanpa menggunakan aktuator. Jika hasilnya kurang optimal, maka dilanjutkan ke tahap kedua, di mana kondisi ruangan diperbaiki dengan memasang ruangan vertikultur. Ruangan ini tidak hanya menggunakan teknik vertikultur, tetapi juga dilengkapi dengan aktuator untuk mempengaruhi suhu dan kelembaban ruangan seperti Gambar 1.



Gambar 1. Lahan penelitian dan ukuran area ruangan vertikultur

Pada tahap pertama, sebuah prototipe dibuat yang mewakili area budidaya dengan teknik vertikultur. Prototipe ini mencakup area tanam vertikultur, wadah penyimpanan air, dan tiang penyangga paraset. Ruangan vertikultur memiliki dimensi 3 meter x 1 meter x 2 meter, dengan

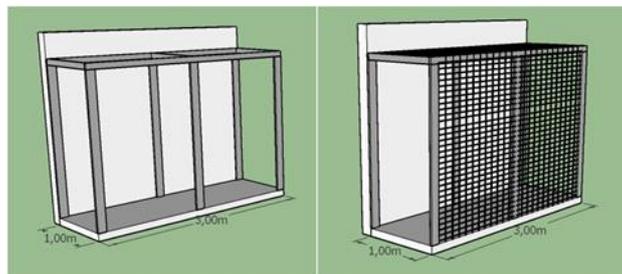
holo digunakan sebagai penyangga paranet. Alat akan ditempatkan di dalam ruangan ini untuk mengambil data suhu dan kelembaban dengan bantuan aktuator sebagai sistem penyiraman.



Gambar 2. Rangkaian tahap pertama

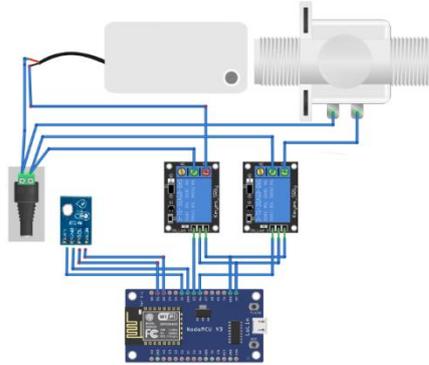
Pada gambar 2 menunjukkan skema rangkaian tahap pertama ruangan, tidak ada modifikasi atau penambahan bahan. Ruangan hanya digunakan untuk pengambilan data suhu dan kelembaban. Rangkaian alat melibatkan sensor AHT10 yang terhubung ke pin SCL dan SDA pada board ESP8266 dengan protokol komunikasi I2C. Untuk menyalakan sensor AHT10, pin power dan ground pada board ESP8266 digunakan.

Pada tahap kedua, ruangan vertikultur dibuat dengan struktur mirip Gambar 3. Terdapat holo sebagai penyangga paranet, plastik bening melapisi bagian atas dan samping untuk memperlihatkan interior ruangan. Holo juga digunakan sebagai penyangga paranet yang berdiri tegak. Di dalam ruangan tersebut, dipasang sensor suhu dan kelembaban dengan perlindungan wadah agar tidak terkena kelembaban berlebihan. Selain itu, water mist dipasang untuk menurunkan suhu dan meningkatkan kelembaban. Gambar 3 menunjukkan lokasi peletakan water mist dan sensor dalam ruangan vertikultur tersebut.



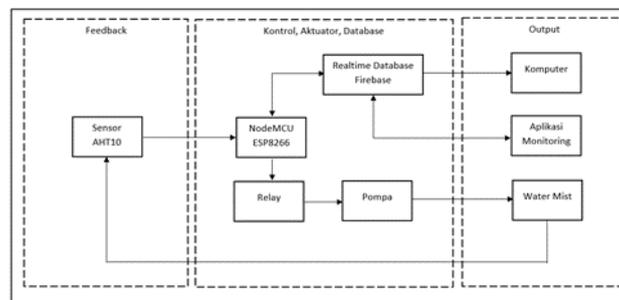
Gambar 3. Desain ruangan vertikultur

Pada tahap kedua, rangkaian alat masih menggunakan sensor AHT10, tetapi ditambahkan dengan dua aktuator, yaitu pump DC dan solenoid valve. Pump DC berfungsi sebagai pengirim air untuk penyiraman, sedangkan solenoid valve digunakan untuk mengatur aliran air agar lebih cepat dan dapat keluar dengan cepat melalui nozzle water mist, sesuai dengan tampilan di Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian tahap kedua

Sistem pengambilan data pada tahap pertama dan kedua menggunakan Internet of Things (IoT) dengan bantuan teknologi ESP8266 dan sensor AHT10. Data suhu dan kelembaban diambil oleh ESP8266 dan diunggah ke realtime database Firebase, layanan dari Google yang berfungsi sebagai penyimpanan cloud. Setelah data cukup terunggah, data primer tersebut diunduh untuk diimplementasikan ke dalam metode yang akan digunakan seperti blok diagram sistem yang di tunjukan di Gambar 5.



Gambar 5. Diagram blok system

D. Implementasi

Pada tahap pengimplementasian metode ada beberapa yang akan dilakukan seperti clustering, clasification, kemudian evaluasi. Pada clustering akan dilakukan metode K-Means Cluster pada data sekunder dari BMKG. Pada clustering nanti ada dua keadaan yaitu optimal dan tidak optimal sehingga $k\text{-mean} = 2$. Setelah clustering selesai melanjutkan tahapan clasification dengan menggunakan algoritma KNN dan Cross Validation yang digunakan untuk evaluasi kinerja algoritma pengklasifikasian. Tahapan ini dilakukan untuk klasifikasi kategori keadaan optimal dan tidak optimal. Setelah Clasification dilakukan Evaluai dengan menggunakan metode confusion Matrix. Confussion Metode ini digunakan untuk mengukur hasil akurasi, presisi dan recall yang didapatkan dari pemrosesan data dengan menggunakan algoritma klasifikasi. Tingkat akurasi, presisi dan recall ditentukan dari jumlah data yang terklasifikasi benar dengan data aslinya.

E. Evaluasi

Saat tahap evaluasi ini data sekunder yang telah di implementasikan dan menghasilkan yang cukup baik atau bahkan lebih baik maka data primer akan diimplementasikan ke metode yang akan digunakan. Data primer tersebut ada dua yakni data primer tanpa aktuator yang mengambil suhu dan kelembaban pada di tempat yang dilakukan penelitian dengan mengikuti keadaan alam. Kemudian data primer kedua suhu kelembaban di daerah yang dilakukan di tempat penelitian dengan keadaan yang dibuatkan sebuah ruangan vertikultur dan ruangan tersebut terpasang beberapa aktuator sebagai perubah suhu dan kelembaban.

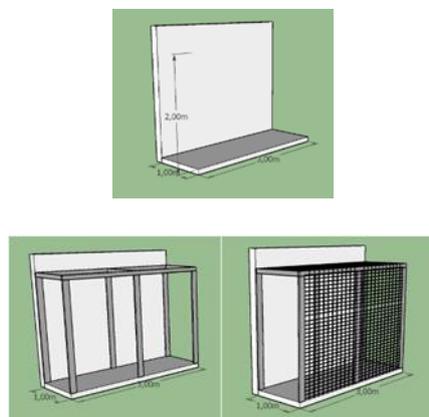
F. Perancangan Perangkat Keras

Prototipe ruangan vertikultur dirancang untuk budidaya tanaman secara vertikal dengan menggunakan metode penyiraman water mist untuk mengontrol kelembaban udara.



Gambar 6. Lahan Penelitian

Ruangan vertikultur pada Gambar 6 memiliki dimensi 3m x 1m x 2m dengan penyokong paranet menggunakan beberapa holo pada Gambar 7. Alat dalam ruangan tersebut akan mengambil data suhu dan kelembaban dengan aktuator sebagai sistem penyiraman.



Gambar 7. Desain Ruangn Verrtikultur

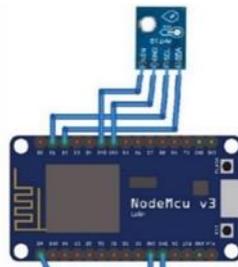
Pada ruangan tersebut, dipasang sensor dan water mist untuk menurunkan suhu dan meningkatkan kelembaban. Sensor suhu dan kelembaban ditempatkan dalam wadah khusus untuk melindungi dari kelembaban berlebihan pada Gambar 8.



Gambar 8. Pemasangan Perangkat

G. Skema Rangkaian Tahap Pertama

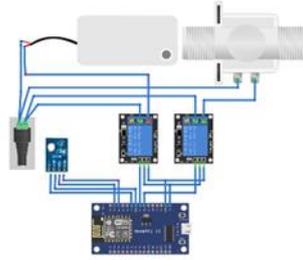
Pada rangkaian pertama, sensor AHT10 dan LDR digunakan untuk mengambil data suhu, kelembaban, dan tingkat cahaya. Sensor AHT10 terhubung ke pin SCL dan SDA pada board ESP8266 menggunakan protokol komunikasi I2C. Pin power dan ground pada board ESP8266 digunakan untuk menyalakan sensor AHT10. LDR digunakan untuk mendeteksi tingkat cahaya dan menentukan waktu pengambilan data selama 8 jam. Gambar 9 menampilkan skema rangkaian pada tahap pertama.



Gambar 9. Rangkaian Tahap Pertama

H. Skema Rangkaian Tahap Kedua

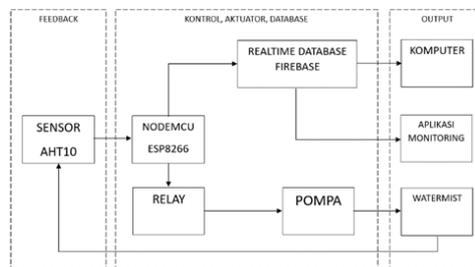
Skema rangkaian kedua masih menggunakan sensor AHT10, namun LDR digantikan dengan aktuator seperti pump dc dan solenoid valve. Aktuator pump dc berfungsi sebagai pengirim air untuk keperluan penyiraman, sedangkan solenoid valve digunakan untuk mengatur aliran air agar lebih cepat dan air dapat keluar dengan cepat melalui nozzle atau watermist. Gambar 10 menampilkan skema rangkaian pada tahap pertama.



Gambar 10. Rangkaian Tahap Kedua

I. Sitem Pengambilan Data

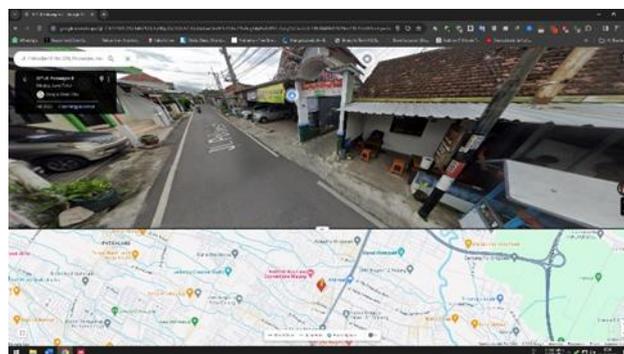
Menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) dan layanan Firebase dari Google seperti pada Gambar 7, esp8266 mengambil data suhu dan kelembaban dari sensor AHT10. Data yang diambil diunggah ke realtime database Firebase. Setelah terkumpul cukup data, dilakukan pengunduhan untuk dijadikan data primer dalam implementasi metode yang digunakan.



Gambar 11. Blok Diagram Sistem

J. Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi kegiatan penelitian ditunjukkan di Gambar 12 daerah Polowijen yang berada di Jalan Polowijen 2, Blimbing, Kota Malang.



Gambar 12. Lokasi Penelitian

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. HASIL

Langkah pertama dalam penelitian ini melibatkan validasi data suhu dan kelembaban yang diperoleh dari BMKG. Data tersebut diolah dan divalidasi secara manual untuk memastikan keadaan optimal atau tidaknya. Hasil perhitungan manual ini digunakan sebagai dasar untuk menilai performa model yang akan dikembangkan. Setelah memvalidasi data, langkah berikutnya adalah menggunakan data BMKG tersebut sebagai data latih untuk melatih model K-Nearest Neighbors (KNN). Validasi model dilakukan menggunakan teknik K-Fold Cross Validation dengan 10 lipatan. Proses ini diimplementasikan dengan menggunakan MATLAB.

Hasil dari validasi data, setelah menjalankan program sebanyak 10 kali, menunjukkan bahwa model KNN yang dikembangkan mampu memberikan tingkat akurasi 89,85-90,41%, recall 85,32-92,85%, dan presisi 87,70-91,26%. Ini mengindikasikan bahwa model tersebut dapat mengklasifikasikan keadaan optimal berdasarkan suhu dan kelembaban. Tabel 2 memberikan visualisasi hasil evaluasi model dan menegaskan bahwa model dapat diandalkan dalam memberikan prediksi yang akurat. Melalui tahap ini, validasi data penelitian ini memastikan bahwa model yang dikembangkan dapat diandalkan untuk memberikan prediksi keadaan optimal berdasarkan suhu dan kelembaban, memberikan kontribusi yang signifikan pada pemahaman dan pengelolaan lingkungan dalam konteks vertikultur.

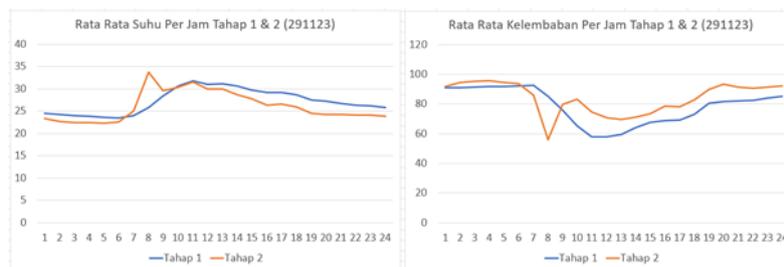
Tabel 1 Hasil Validasi Data

Pengujian ke-	Rata – Rata (%)		
	Akurasi	Recall	Presisi
1	90,04	89,78	88,96
2	89,98	92,85	91,26
3	90,04	87,80	90,0
4	89,82	87,61	88,32
5	89,8	84,64	87,85
6	90,41	87,26	88,87
7	89,85	87,09	88,57
8	90,01	85,32	87,70
9	90,04	89,13	89,64
10	90,32	87,29	87,77

Setelah proses validasi selesai dilanjutkan pengambilan data tahap pertama dan kedua secara bersamaan. Pada data suhu dan kelembaban udara lampiran 2 data tahap pertama dan Lampiran 3 data tahap kedua pada tanggal 29 Nov – 02 Des 2023. Dapat dilihat pada Tabel 2 grafik data tahap pertama dan kedua memiliki data yang berbeda. Yang tahap pertama yaitu data suhu dan kelembaban udara dengan mengikuti keadaan cuaca diluar ruangan dan tahap kedua dibantu dengan penyiraman kabut secara otomatis pada ruangan vertikultur.

Pada Gambar 13, terlihat bahwa grafik suhu dari tanggal 29 November 2023 sampai 2 Desember 2023 menunjukkan pola kenaikan pada jam 7 pagi dan penurunan pada jam 3-5 sore. Selain itu, kelembaban udara pada jam 7 pagi cenderung mengalami penurunan, sementara pada jam 5-6 sore mengalami kenaikan. Berbagai faktor memengaruhi fluktuasi suhu dan kelembaban ini, seperti cuaca pada tanggal 29 November 2023 pada jam 4-5 sore yang mendung dan berujan hingga malam hari. Begitu juga pada tanggal 30 November 2023, sistem penyiraman berlangsung saat cuaca berangin, menyebabkan turunnya kelembaban udara.

Pada tanggal 1 Desember 2023, meskipun cuaca grimis dari jam 1 siang sampai sore hari, terdapat momen terang pada jam 3 sore, namun pada jam 5 sore kembali turun hujan. Sementara pada tanggal 2 Desember 2023, cuaca cenderung mendung dan berangin, dengan kejadian hujan selama 30 menit pada jam 6 sore. Pola ini menggambarkan dinamika perubahan cuaca yang kompleks selama periode tersebut.



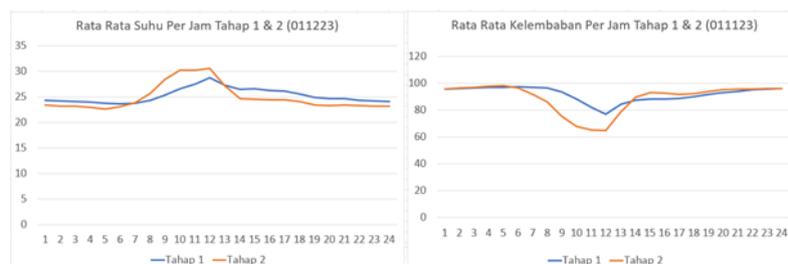
(a)

(b)



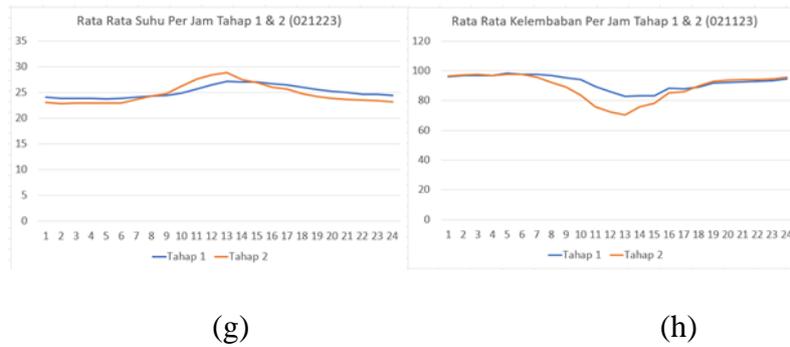
(b)

(e)



(f)

(f)



Gambar 13. Grafik Tahap Pertama dan Kedua

(a) Suhu tanggal 29 November 2023 (b) Kelembaban tanggal 29 November 2023 (c) Suhu tanggal 30 November 2023 (d) Kelembaban tanggal 30 November 2023 (e) Suhu tanggal 01 Desember 2023 (f) Kelembaban tanggal 01 Desember 2023 (g) Suhu tanggal 02 Desember 2023 (h) Kelembaban tanggal 02 Desember 2023

3.2. Analisis dan Prediksi

Setelah melakukan validasi dan mendapat data suhu dan kelembaban pada tahap pertama dan kedua, langkah berikutnya adalah mengimplementasikan data tersebut ke dalam metode dengan menggunakan MATLAB. Hasil implementasi ini terekam dalam Tabel 3, yang mencatat tingkat keadaan optimal pada setiap tanggal tertentu. Pada tanggal 29 November 2023, tahap pertama menunjukkan tingkat keadaan optimal sebesar 45%, sementara tahap kedua mencapai 56%. Kemudian, pada tanggal 30 November 2023, terlihat peningkatan yang signifikan dalam kinerja sistem. Pada tahap pertama, keadaan optimal naik menjadi 54%, sementara pada tahap kedua, pencapaian lebih lanjut mencapai 62%. Hal ini mengindikasikan bahwa model yang dikembangkan pada tahap kedua mampu memberikan prediksi keadaan optimal dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan tahap pertama. Peningkatan performa terus terlihat pada tanggal-tanggal berikutnya, dengan tahap pertama mencapai tingkat keadaan optimal 80% pada tanggal 02 Desember 2023, menegaskan kematangan dan ketangguhan model dalam memprediksi keadaan optimal berdasarkan suhu dan kelembaban.

Tabel 2. Hasil Implementasi Metode

	D2911	D3011	D0112	D0212
Tahap Pertama	45,07293	54,82664	69,30877	80,97078
Tahap Kedua	56,37036	62,59813	78,64305	77,25615

Selama pelaksanaan implementasi data menggunakan MATLAB, terlihat adanya kemajuan positif dari tahap pertama ke tahap kedua, dengan peningkatan yang signifikan pada tingkat keadaan optimal. Pada tanggal 01-12-2023, tercatat peningkatan yang lebih menonjol, dimana tahap pertama mencapai 69% dan tahap kedua meningkat menjadi 78%. Hasil ini mencerminkan tingkat keberhasilan yang tinggi pada model tahap pertama, menunjukkan perkembangan dan ketangguhan dalam kemampuan memprediksi keadaan optimal. Implementasi data secara keseluruhan mengonfirmasi bahwa model K-Nearest Neighbors yang

dikembangkan mampu memberikan kontribusi signifikan dalam analisis dan prediksi keadaan optimal di lingkungan vertikultur. Hal ini memberikan kontribusi positif terhadap pengambilan keputusan yang lebih efektif terkait pengelolaan suhu dan kelembaban.

Melalui analisis data suhu dan kelembaban yang telah divalidasi dan diolah, dapat diambil kesimpulan bahwa model K-Nearest Neighbors (KNN) yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki kinerja yang sangat baik dalam memprediksi keadaan optimal berdasarkan kondisi cuaca di lingkungan vertikultur. Proses validasi menggunakan teknik K-Fold Cross Validation dengan 10 lipatan menunjukkan tingkat akurasi, recall, dan presisi berkisar antara 80-90%, mencerminkan tingkat keandalan yang tinggi dalam mengklasifikasikan keadaan optimal.

Dari visualisasi hasil evaluasi model, tampak bahwa model memberikan prediksi yang akurat, memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan terkait pengelolaan suhu dan kelembaban. Analisis ini diperkuat oleh data tingkat keadaan optimal dalam Tabel 3, yang mencatat peningkatan yang konsisten dari tahap pertama ke tahap kedua. Pada tahap tertentu, tahap kedua bahkan mencapai tingkat keberhasilan yang lebih tinggi, menandakan bahwa integrasi penyiraman kabut otomatis pada tahap kedua memberikan kontribusi positif terhadap prediksi keadaan optimal.

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian yang telah dilakukan, penulis dapat memberikan kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil analisis untuk validasi data BMKG dengan metode KNN cukup bagus dan cukup layak dengan hasil rata-rata akurasi, recall, dan presisi di antara 80-90%. Model K-Nearest Neighbors (KNN) menunjukkan kinerja yang baik dalam memprediksi keadaan optimal berdasarkan suhu dan kelembaban, meskipun tingkat prediksinya masih di bawah target optimal.
2. Ruangan vertikultur memiliki dampak signifikan terhadap suhu dan kelembaban, dan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kondisi optimal ruangan tersebut mencapai 78% untuk keberhasilan budidaya. Untuk meningkatkan hasil optimal lebih lanjut, diperlukan evaluasi lebih mendalam terhadap faktor-faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan tanaman di dalam ruangan vertikultur.

Daftar Pustaka

- Budi Kusumo, R.A. *et al.* (2020) 'Budidaya Sayuran Dengan Teknik Vertikultur Untuk Meningkatkan Ketahanan Pangan Rumah Tangga Di Perkotaan', *Dharmakarya*, 9(2). Available at: <https://doi.org/10.24198/dharmakarya.v9i2.23470>.
- Djuwendah, E. *et al.* (2021) 'Pelatihan Budidaya Sayuran Secara Vertikultur di Pekarangan Guna Ketahanan Pangan Rumah Tangga', *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(2), pp. 349–355. Available at: <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v5i2.5291>.
- Falah, M.A.F. *et al.* (2018) 'Kualitas Buah Stroberi (*fragaria Sp Cv Holibert*) Segar Dan Penyimpanannya Dalam Lingkungan Tropis Dari Kebun Ketep Magelang Jawa Tengah', *Jurnal Agroindustri*, 8(No 1), pp. 1–10.
- Malangkota.Bps.Go.Id. Accessed:* (2023) 'Badan Pusat Statistik Kota Malang, "Luas Lahan Menurut Kecamatan dan Penggunaan Lahan di Kota Malang (Hektar (ha))", 16 April. Available at: <https://malangkota.bps.go.id/indicator/53/168/1/luas-lahan-menurut-kecamatan-dan-penggunaan-lahan-di-kota-malang.htm>.
- Mandang, M., Sondakh, M.F.L. and Laoh, O.E.H. (2020) 'Karakteristik Petani Berlahan Sempit Di Desa Tolok Kecamatan Tompaso', *AGRI-SOSIOEKONOMI*, 16(1), p. 105. Available at: <https://doi.org/10.35791/agrsosek.16.1.2020.27131>.
- S.Badhiye, S., U. Sambhe, N. and N. Chatur, P. (2013) 'KNN Technique for Analysis and Prediction of Temperature and Humidity Data', *International Journal of Computer Applications*, 61(14), pp. 7–13. Available at: <https://doi.org/10.5120/9994-4847>.
- Sumarlin, S. (2015) 'Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor Sebagai Pendukung Keputusan Klasifikasi Penerima Beasiswa PPA dan BBM', *JURNAL SISTEM INFORMASI BISNIS*, 5(1), pp. 52–62. Available at: <https://doi.org/10.21456/vol5iss1pp52-62>.
- Sumarni, S., Mustofa, A. and Hardanto, A. (2009) 'Metode Irigasi Tetes dan Perlakuan Komposisi Bahan Organik dalam Budidaya Stroberi', 23(No 1), pp. 103–111.
- Timotiwu, P.B. *et al.* (2021) 'Fenologi Dan Pertumbuhan Tanaman Strawberry Di Dataran Rendah Sebagai Kajian Awal Dampak Perubahan Iklim Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman', *JURNAL AGROTROPIKA*, 20(1), p. 1. Available at: <https://doi.org/10.23960/ja.v20i1.4596>.
- Tsai, C.-W. *et al.* (2014) 'Data Mining for Internet of Things: A Survey', *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(1), pp. 77–97. Available at: <https://doi.org/10.1109/SURV.2013.103013.00206>.