Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains (BIOEDUSAINS)
Volume 8, Nomor 6, November-Desember 2025
e-ISSN: 2598-7453
DOI: https://doi.org/10.31539/9s0xxr05

PENGGUNAAN METODE *RANDOM FOREST, SUPPORT VECTOR MACHINE* DAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS* DALAM PREDIKSI SUHU UDARA DI BALIKPAPAN

Erika Meinofelia[1], Mochamad Aryono Adhi[2], Achmad Fahruddin Rais[3], Djuniadi[4], Feddy Setio Pribadi[5]
Universitas Negeri Semarang[1,2,4,5], Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika[1], Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air BRIN[3]
Erikadusovi@students.unnes.ac.id[1], aryono_adhi@mail.unnes.ac.id[2], achm050@brin.go.id[3], Djuniadi@mail.unnes.ac.id[4], Feddy.Setio@mail.unnes.ac.id[5]

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa tiga model algoritma, yaitu *Random Forest*, *Support Vector Machine* (SVM), dan *Artificial Neural Networks* (ANN), dalam memprediksi suhu udara di Balikpapan. Perubahan suhu udara yang dipengaruhi berbagai faktor iklim dan geografis merupakan tantangan utama dalam perencanaan pembangunan kota, sehingga prediksi yang akurat sangat penting untuk mendukung perencanaan kota yang berkelanjutan dan adaptif terhadap perubahan iklim. Dataset yang digunakan berasal dari data observasi Stasiun Meteorologi Balikpapan, BMKG, selama 10 tahun, dari Januari 2014 hingga Desember 2024. Model dievaluasi menggunakan metrik *Mean Squared Error* (MSE), *Root Mean Squared Error* (RMSE), dan *R Squared* (R^2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode SVM menghasilkan nilai MAE 0,17, RMSE 0,21, dan R^2 0,95, sehingga memberikan prediksi terbaik dibandingkan ANN dan Random Forest. Simpulan, metode SVM dapat dijadikan pilihan efektif untuk prediksi suhu udara di Balikpapan.

Kata Kunci: *Artificial Neural Networks*, *Random Forest*, *Support Vector Machine*, Pembelajaran Mesin, Prediksi Suhu Udara

ABSTRACT

This study aimed to compare the performance of three algorithmic models, namely Random Forest, Support Vector Machine (SVM), and Artificial Neural Networks (ANN), in predicting air temperature in Balikpapan. Changes in air temperature influenced by various climatic and geographical factors present a major challenge in urban planning; thus, accurate predictions are crucial to support sustainable and climate-adaptive city planning. The dataset used consists of observational data from the Balikpapan Meteorological Station, BMKG, over ten years, from January 2014 to December 2024. The models were evaluated using Mean Squared Error (MSE), Root Mean Squared Error (RMSE), and R Squared (R^2) metrics. The results show that the SVM method produced an MAE of 0.17, RMSE of 0.21, and R^2 of

0.95, providing better predictions than ANN and Random Forest. In conclusion, SVM is an effective method for air temperature prediction in Balikpapan.

Keywords: *Artificial Neural Networks, Random Forest, Support Vector Machine, Machine Learning, Air Temperature Prediction*

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global menimbulkan tantangan besar bagi perencanaan kota dan pengelolaan lingkungan. Kota Balikpapan, Kalimantan Timur, memiliki peran strategis dalam konteks pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) yang baru. Pemanasan global serta berkurangnya vegetasi dapat berdampak pada peningkatan suhu udara yang dalam jangka panjang mampu mengubah iklim mikro (Dede, Pramulatsih, Widiawaty, Ramadhan, & Ati, 2019). Menyongsong Indonesia Emas 2045 dan dalam rangka menjaga suhu bumi dengan target tidak melampaui 1,5 derajat Celsius pada 2050, Indonesia harus segera menguasai teknologi prediksi cuaca dan iklim (BRIN, 2024).

Saat ini, banyak model prakiraan cuaca yang sedang dikembangkan, salah satunya adalah *pembelajaran mesin*, yang dikenal karena kapasitasnya untuk memberikan hasil prediksi yang akurat dan efisien. Bidang studi ini merupakan bagian dari *Artificial Intelligence*, yang memungkinkan komputer belajar dan berkembang dari data yang diberikan secara mandiri, tanpa perlu pemrograman (Fossaceca & Young, 2018). Selain itu, *pembelajaran mesin* dapat digambarkan sebagai algoritma yang dirancang untuk mengidentifikasi pola dalam data (Chen, 2017), yang menunjukkan kemampuannya untuk meningkatkan fungsinya berdasarkan pengalaman tanpa pemrograman langsung.

Dalam bidang prakiraan cuaca, pendekatan *pembelajaran mesin* digunakan untuk menganalisis pola dan korelasi rumit di antara berbagai faktor cuaca, termasuk suhu, kelembapan, waktu, dan wilayah geografis. Menggunakan metode dan algoritma statistik, teknik ini menghasilkan model prediktif yang dapat memproyeksikan atau memprediksi kondisi cuaca di masa depan berdasarkan data historis (Zulfikri, Gunawan, & Andriani, 2023).

Penelitian ini menguji tiga teknik: *Random Forest* (RF), *Support Vector Machine* (SVM), dan *Artificial Neural Networks* (ANN). Masing-masing metode ini memiliki kekuatan unik dalam menangani data non-linier dan dapat secara efektif memodelkan pola cuaca yang rumit, seperti suhu udara.

Penelitian telah dilakukan untuk memprediksi suhu udara menggunakan metode algoritma RF (Khan, Li, & Zhang, 2021; Ahmed, Khan, & Zhang, 2020). Metode SVM juga telah digunakan untuk prediksi cuaca (Jin, Li, & Wang, 2021; Zhang & Wang, 2021). Selanjutnya, dalam meteorologi, model ANN telah diterapkan untuk peramalan cuaca jangka pendek (Wanugroho, Martarizal, & Putra, 2020), memprediksi kondisi PM10 di daerah Kemayoran (Putra, Martarizal, & Putra, 2020), mendeteksi sebaran abu vulkanik (Putra, Saputro, Arazak, &

Kharisma, 2019), dan menganalisis kondisi atmosfer global terhadap kondisi cuaca di Indonesia (Putra, Alfiandy, & Haq, 2020). Berdasarkan penelitian Yusran (2016), model algoritma ANN dapat dimanfaatkan untuk memprediksi kondisi di masa depan dengan menggunakan pola data dari periode masa lalu. Namun, dari penelitian tersebut, belum banyak dilakukan penelitian di daerah Balikpapan sebagai daerah penyangga Ibu Kota Negara (IKN) baru.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa prediksi suhu udara di Balikpapan menggunakan tiga model algoritma RF, SVM, dan ANN, untuk menentukan model yang paling efektif dalam memprediksi suhu udara dan memberikan wawasan bagi perencanaan kota yang berkelanjutan dan responsif terhadap perubahan iklim.

METODE PENELITIAN

Akuisisi dan Pra-pemrosesan Data Meteorologi

Tahap awal dari penelitian adalah pengumpulan data. Pada penelitian ini digunakan data harian dari Stasiun Meteorologi Kelas 1 Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggan – Balikpapan. Data diperoleh dari situs BMKG yang mencakup periode 10 tahun terakhir, yaitu Januari 2014 hingga Desember 2024. Variabel yang dianalisis terdiri dari suhu udara, titik embun, curah hujan, kecepatan angin, durasi penyinaran matahari, tekanan udara, dan kelembapan udara. Penelitian berfokus pada Kota Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur, dengan koordinat geografis antara 1,00 LS hingga 1,50 LS dan 116,50 BT hingga 117,50 BT. Kota Balikpapan memiliki iklim tropis dengan tingkat kelembapan relatif sekitar 84% dan curah hujan tahunan yang cenderung tinggi. Secara geografis, wilayah ini terdiri dari 85% area berbukit-bukit dan 12% daerah datar yang relatif sempit. Jenis tanahnya didominasi oleh tanah asam (gambut) dan tanah merah yang umumnya kurang subur.

Setelah data dikumpulkan, langkah berikutnya adalah *data pre-processing*, yaitu proses mengolah data mentah menjadi data berkualitas dan siap dianalisis. Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan *noise* dari data agar dapat digunakan secara optimal pada analisis lanjutan (Kumari, Kumar, & Mittal, 2021). *Data pre-processing* mencakup beberapa tahapan, antara lain pembersihan data, penanganan nilai yang hilang (*missing value*), dan transformasi data.

Pembersihan data merupakan langkah penting untuk mengatasi inkonsistensi sehingga menghasilkan informasi yang akurat dan andal (Ikhsan, 2021). Penanganan nilai yang hilang juga menjadi bagian krusial dari pengolahan data. Nilai kosong dapat diatasi dengan menggunakan berbagai metode, seperti mengisi kekosongan menggunakan data yang tersedia. Pendekatan yang banyak digunakan untuk data deret waktu (*time series*) adalah metode *forward filling*, yaitu dengan mengisi nilai kosong dengan nilai terakhir yang tercatat sebelum adanya kekosongan (Little & Rubin, 2014). Selain itu, transformasi data memainkan peran penting dalam menyederhanakan dataset, misalnya dengan mengonversi data

ordinal atau tipe data lainnya agar lebih mudah dianalisis (Kurniawan, Rahayu, & Nugroho, 2020).

Selanjutnya dilakukan pembagian data atau *splitting data*. Teknik ini membagi dataset menjadi dua bagian, yaitu data pelatihan dan data pengujian. Kedua jenis data ini memiliki peran penting dalam menentukan kinerja model klasifikasi pada algoritma *machine learning* (Witten, Frank, & Hall, 2017). Data pelatihan digunakan untuk membangun dan melatih model, sementara data pengujian berfungsi untuk menilai performa model.

Pemodelan Prediksi Suhu Udara

Prediksi suhu udara menggunakan berbagai metode algoritma, yaitu *Random Forest* (RF), *Support Vector Machine* (SVM), dan *Artificial Neural Networks* (ANN). RF adalah sekumpulan *decision tree* yang bekerja sama dalam sebuah metode *ensemble*. Metode ini kerap digunakan untuk menghitung rata-rata hasil dari *decision tree* dalam berbagai tugas seperti klasifikasi, regresi, dan *machine learning* lainnya (Bentéjac, Csörgő, & Martínez-Muñoz, 2019).

SVM merupakan salah satu model klasifikasi dalam *machine learning* yang bersifat biner dan bekerja dengan membedakan dua kelas. SVM digunakan untuk menemukan *hyperplane* optimal dengan memaksimalkan jarak pemisah antara kelas-kelas yang tersedia (Nelli, 2018). Metode SVM bersifat non-parametrik, yang pada umumnya digunakan untuk mengklasifikasikan data dan memproses citra. Tingkat keakuratan metode ini ditentukan oleh parameter dan *kernel* yang digunakan, di mana setiap parameter pada *kernel* dapat memberikan dampak yang berbeda tergantung pengaturannya (Putri, Furqon, & Rahayudi, 2018).

ANN atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah sistem pengolahan informasi yang dirancang dengan meniru cara kerja jaringan saraf manusia (Solikhun, Safii, & Trisno, 2017). Menurut Graupe (2007), ANN merupakan jaringan saraf yang mampu mereplikasi jaringan saraf biologis manusia ke dalam arsitektur komputer, sekaligus memperkenalkan algoritma baru untuk komputer konvensional.

Evaluasi Kinerja Model Prediksi

Keakuratan suatu model dalam melakukan prediksi dapat diukur dengan menggunakan berbagai indikator dan metode yang digunakan untuk mengevaluasi model secara statistik (UGM, 2022). Evaluasi untuk menilai kinerja model dapat dilakukan dengan mengukur nilai *error* menggunakan matriks statistik seperti MAE (*mean absolute error*), RMSE (*root mean squared error*), dan *r* (*correlation*).

***Mean Absolute Error* (MAE)**

Untuk mengukur rata-rata deviasi absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual tanpa mempertimbangkan arah kesalahan, digunakan *Mean Absolute Error* (MAE) yang dirumuskan pada Persamaan (1).

$$\text{MAE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|x_i - x_i'| \quad (1)$$

Keterangan: x_i = nilai data aktual
x_i' = nilai data prediksi
n = jumlah data

Nilai MAE yang dihasilkan dari Persamaan (1) merepresentasikan rata-rata kesalahan absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual, di mana nilai MAE yang semakin mendekati nol menunjukkan tingkat akurasi model prediksi yang semakin baik.

Root Mean Squared Error (RMSE)

Untuk mengevaluasi kesalahan prediksi dengan memberikan penalti lebih besar terhadap deviasi yang bernilai ekstrem, digunakan *Root Mean Squared Error* (RMSE) sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - y_i')^2} \quad (2)$$

Keterangan: y_i = nilai data aktual
y_i' = nilai data prediksi
n = jumlah data

Berdasarkan Persamaan (2), nilai RMSE yang semakin mendekati nol mengindikasikan bahwa hasil prediksi model semakin mendekati nilai aktual, serta mencerminkan sensitivitas model terhadap kesalahan bernilai besar (*outlier*).

Koefisien Korelasi (r)

Untuk menilai kekuatan dan arah hubungan linear antara nilai prediksi dan data observasi, digunakan koefisien korelasi (r) yang dirumuskan pada Persamaan (3).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(z_i - z)(z_i' - z')}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(z_i - z)^2 \sum_{i=1}^{n}(z_i' - z')^2}} \quad (3)$$

Keterangan: z_i = nilai observasi
z_i' = nilai prediksi
z = rata-rata observasi
z' = rata-rata prediksi
n = jumlah data

Nilai koefisien korelasi pada Persamaan (3) berada pada rentang −1 hingga 1, di mana nilai mendekati ±1 menunjukkan hubungan linear yang kuat, sedangkan nilai mendekati 0 menunjukkan hubungan yang lemah.

HASIL PENELITIAN

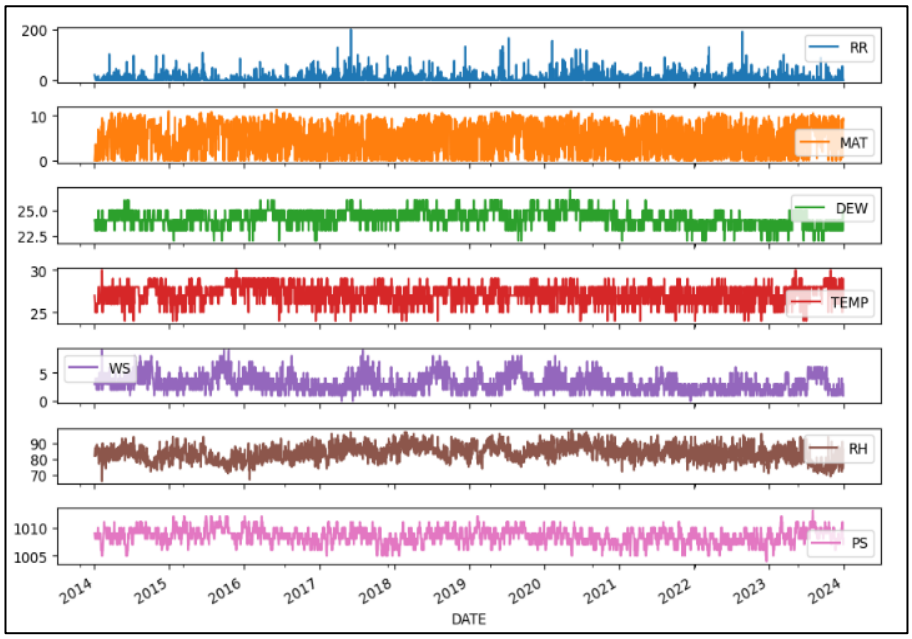
Pengujian model dilakukan menggunakan program Python dan Google Colab dengan tiga algoritma, yaitu *Random Forest* (RF), *Support Vector Machine* (SVM), dan *Artificial Neural Networks* (ANN). Gambar 1 menunjukkan data cuaca

harian dari Stasiun Meteorologi Balikpapan, meliputi curah hujan (RR), penyinaran matahari (MAT), titik embun (DEW), kecepatan angin (WS), kelembaban (RH), dan tekanan udara (PS), yang digunakan sebagai variabel independen. Sedangkan data suhu udara (TEMP) digunakan sebagai variabel dependen atau target.

	DATE	RR	MAT	DEW	TEMP	WS	RH
0	2014-01-01	21.1	0.0	24.287500	27.475000	3.666667	82.587500
24	2014-01-02	1.0	NaN	24.912500	26.758333	2.875000	89.150000
48	2014-01-03	1.0	NaN	24.100000	26.554167	5.791667	86.183333
72	2014-01-04	8.8	1.9	24.316667	26.462500	3.291667	87.641667
96	2014-01-05	5.1	3.4	23.273913	25.965217	3.086957	84.904348

Gambar 1. Contoh Format Data Cuaca Harian Stasiun Meteorologi Balikpapan

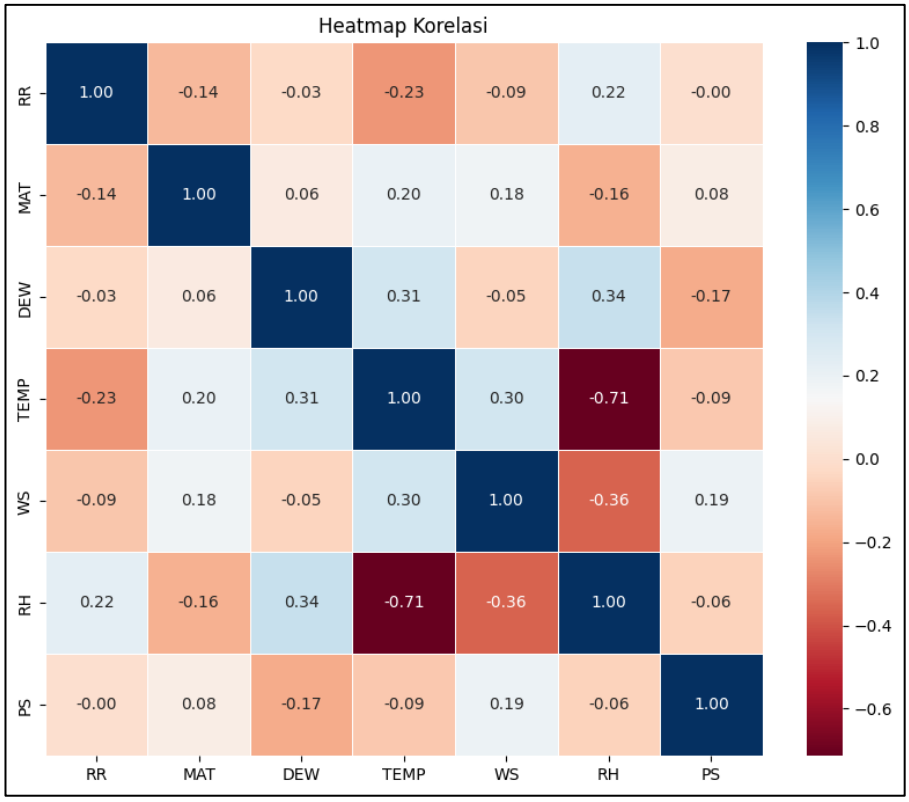
Selanjutnya data cuaca diatas dilakukan *pre-processing* data agar siap dilakukan analisis model. Proses ini adalah penyesuaian format data agar bisa dijadikan masukkan untuk model. Data cuaca tersebut dapat ditampilkan dalam bentuk visual seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Visualisasi Data Cuaca Balikpapan.

Korelasi parameter cuaca di Balikpapan ditunjukkan oleh Gambar 3. Korelasi TEMP dengan RH adalah korelasi negatif yang kuat dengan TEMP (-0.71). artinya, ketika kelembaban udara (RH) meningkat, suhu rata-rata (TEMP) cenderung menurun. DEW mempunyai korelasi positif sedang (0.31) dengan TEMP, Ini menunjukkan bahwa peningkatan titik embun cenderung diikuti oleh peningkatan suhu rata-rata. Suhu (TEMP) berkorelasi negatif kuat dengan kelembaban (RH), dapat dimungkinkan karena cuaca di Kalimantan dipengaruhi

oleh iklim tropis basah, curah hujan tinggi, vegetasi hutan lebat, dan kelembaban konstan.

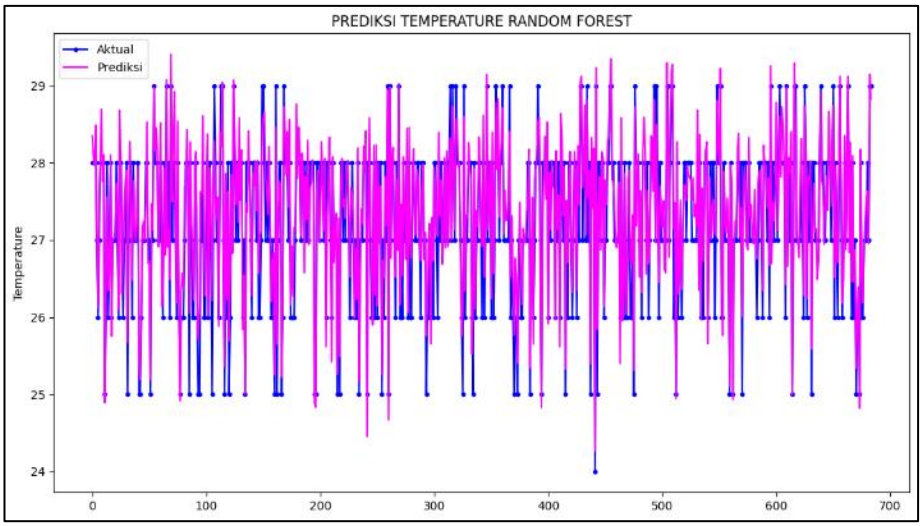


Gambar 3. Matriks korelasi fitur-fitur data

Tahap awal dalam pengembangan model adalah memisahkan dataset menjadi dua bagian, yaitu data pelatihan dan data pengujian. Pada tahap ini, terdapat variabel x yang meliputi Curah hujan (RR), penyinaran matahari (MAT), titik embun (DEW), kecepatan angin (WS), kelembaban (RH), dan tekanan (PS), serta variabel y yang merupakan suhu sebagai label target. Pembagian data ini bertujuan agar model dapat mempelajari pola dari data pelatihan dan dievaluasi menggunakan data pengujian. Dataset dibagi secara acak dengan prosentase 80% digunakan untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian, yang bertujuan sebagai validasi.

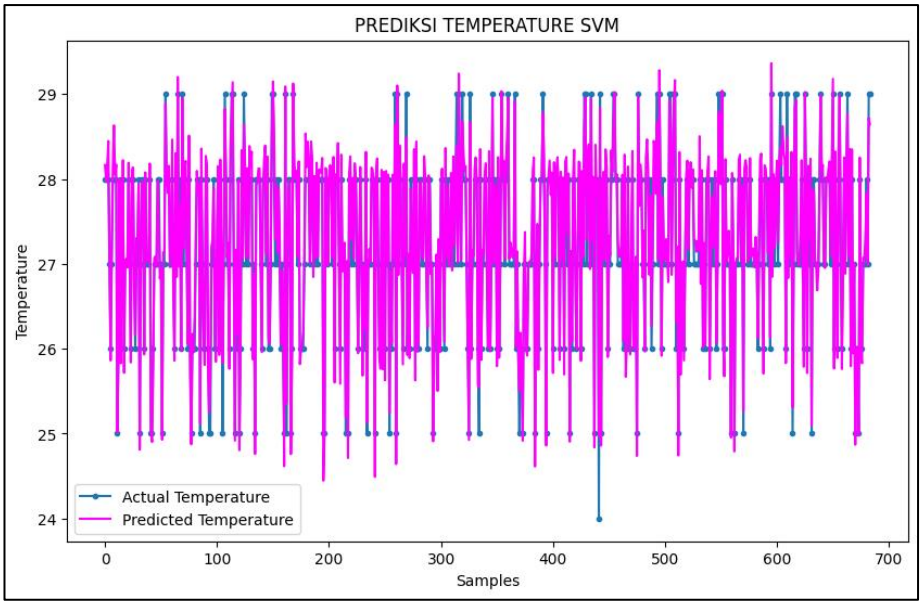
Kinerja model dinilai menggunakan matrik statistik dengan beberapa metrik yaitu MAE, RMSE dan r. Hasil prediksi dari model kemudian dibandingkan dengan nilai observasi aktual. Grafik hubungan antara data aktual dan prediksi memperlihatkan akurasi model dalam memprediksi suhu rata-rata harian.

Hasil Prediksi suhu udara yang diperoleh dengan menggunakan metode *RF* ditampilkan pada Gambar 4. Pada gembar tersebut, suhu hasil prediksi tampak kurang variatif dibandingkan observasi. Evaluasi model *RF* menghasilkan nilai MAE sebesar 0.17°C, nilai RMSE sebesar 0.42°C dan mempunyai nilai r mencapai 0, 83.



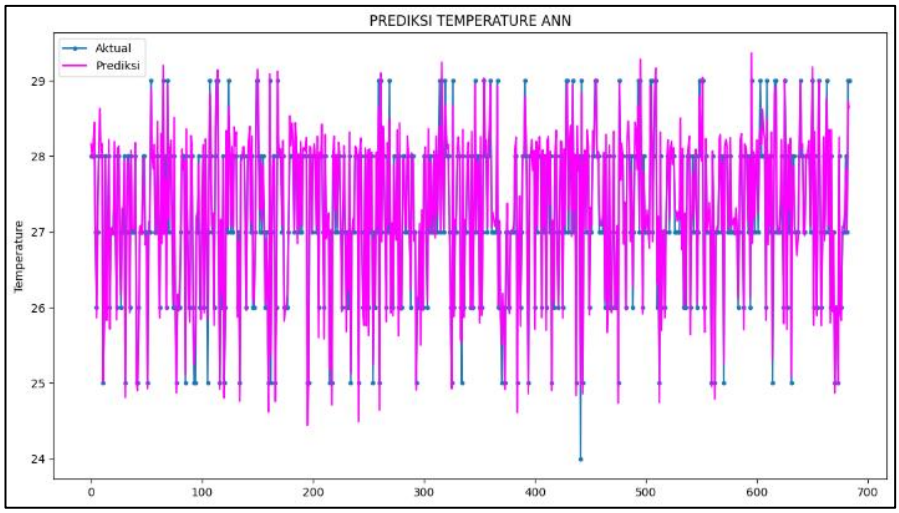
Gambar 4. Grafik Prediksi Suhu Udara dengan model *RF*

Hasil Prediksi suhu udara yang diperoleh dengan menggunakan metode SVM ditampilkan pada Gambar 5. Gambar tersebut menjelaskan bahwa Fluktuasi data suhu prediksi tampak lebih baik dari hasil *RF*. Evaluasi Model Metode SVM memperlihatkan nilai MAE sebesar 0.17°C, nilai RMSE 0.21°C dan nilai r sebesar 0.95.



Gambar 5. Grafik Prediksi Suhu Udara dengan model model SVM

Hasil Prediksi suhu udara yang diperoleh dengan menggunakan metode ANN ditampilkan pada Gambar 6. Gambar ini memperlihatkan bahwa fluktuasi ANN tampak menyerupai SVM. Evaluasi metode ANN menghasilkan nilai MAE sebesar 0.15°C, nilai RMSE 0.31°C dan nilai r sebesar 0,85.



Gambar 6. Grafik Prediksi Suhu Udara dengan model model ANN

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa perhitungan MAE ketiga metode tidak jauh berbeda,. Sedangkan RMSE dan r lebih variatif. SVM memberikan hasil terbaik dibandingkan model lainnya, diikuti oleh ANN, sementara RF berada di posisi terakhir. Performa masing-masing model terlihat pada tabel 2. Hasil SVM juga lebih baik dari penelitian Putra et al. (2023) yang mempergunakan ANN, ditunjukkan oleh nilai r yang lebih tinggi dan MAE yang lebih kecil.

Tabel 2. Evaluasi Uji Performance

No	Uji Performance	Random Forest	SVM	ANN
1	Mean Absolute Erorr (MAE)	0.17	0.17	0.15
2	Root Mean Squared Erorr (RMSE)	0.42	0.21	0.31
3	Squared Correlation (R2)	0,83	0.95	0,85

Berdasarkan Tabel 2, model SVM menunjukkan kinerja prediksi terbaik dengan nilai RMSE terendah dan koefisien korelasi (r) tertinggi, meskipun nilai MAE relatif serupa antar model. ANN menempati urutan kedua, sementara Random Forest menunjukkan kinerja paling rendah di antara ketiga model.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga metode pembelajaran mesin, yaitu Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM), dan Artificial Neural Networks (ANN), mampu memprediksi suhu udara harian di Balikpapan dengan tingkat akurasi yang berbeda. Berdasarkan evaluasi menggunakan metrik MAE, RMSE, dan R^2, ditemukan bahwa SVM memberikan performa terbaik dengan nilai MAE sebesar 0,17°C, RMSE 0,21°C, dan R^2 0,95. Nilai R^2 yang tinggi menunjukkan bahwa model SVM mampu menangkap pola variasi suhu harian dengan sangat baik (Putra et al., 2023).

ANN menempati posisi kedua, dengan MAE lebih rendah (0,15°C) dibanding SVM, namun memiliki RMSE yang lebih tinggi (0,31°C) dan R^2 lebih rendah (0,85). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ANN mampu memprediksi suhu dengan deviasi absolut yang kecil, model ini masih memiliki fluktuasi prediksi yang lebih besar dibanding SVM (Graupe, 2007; Putra et al., 2023). Sedangkan RF menempati urutan terakhir dengan MAE dan RMSE masing-masing 0,17°C dan 0,42°C serta R^2 0,83. Hasil ini mengindikasikan bahwa RF kurang mampu menangkap variasi kompleks pada data suhu harian di Balikpapan, kemungkinan karena sensitivitas metode ini terhadap pola non-linier yang lebih halus (Bentéjac, Csörgő, & Martínez-Muñoz, 2019).

Korelasi negatif kuat antara suhu udara (TEMP) dan kelembaban udara (RH) sebesar -0,71 menunjukkan bahwa peningkatan kelembaban cenderung menurunkan suhu rata-rata, sedangkan korelasi positif sedang dengan titik embun (DEW) (0,31) menunjukkan hubungan searah antara DEW dan suhu (Putra et al., 2023). Pola ini mencerminkan karakteristik iklim tropis basah di Balikpapan, dengan curah hujan tinggi, vegetasi lebat, serta kelembaban yang relatif konstan (BRIN, 2024; Dede et al., 2019). SVM terbukti lebih efektif dalam memanfaatkan pola korelasi ini untuk menghasilkan prediksi yang akurat, sementara ANN mampu mengikuti fluktuasi tetapi kurang presisi dibanding SVM, dan RF cenderung memberikan prediksi yang lebih homogen dan kurang variatif (Khan, Li, & Zhang, 2021; Wanugroho, Martarizal, & Putra, 2020).

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Putra dkk. (2023), yang menggunakan ANN, hasil penelitian ini menunjukkan keunggulan SVM dengan nilai R^2 yang lebih tinggi dan MAE yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan algoritma SVM dapat menjadi alternatif yang lebih baik untuk prediksi suhu harian di daerah perkotaan dengan karakteristik iklim tropis, seperti Balikpapan.

Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan pentingnya pemilihan metode pembelajaran mesin yang sesuai dengan karakteristik data dan kompleksitas pola yang ingin diprediksi. Kinerja SVM yang superior dapat dikaitkan dengan kemampuannya menangani data non-linier dan mengenali pola kompleks, sedangkan ANN dan RF masih memberikan kontribusi yang signifikan, tetapi dengan margin error yang lebih besar (Chen, 2017; Fossaceca & Young, 2018; Zulfikri, Gunawan, & Andriani, 2023).

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang menggunakan tiga metode *machine learning*, yaitu *Random Forest* (RF), *Support Vector Machine* (SVM), dan *Artificial Neural Networks* (ANN), dapat disimpulkan bahwa metode SVM memberikan prediksi terbaik. Hal ini terlihat dari nilai *r* yang mencapai 0,95. Dari ketiga metode tersebut, nilai MAE terkecil, yaitu 0,15, diperoleh dari metode ANN, sedangkan RMSE terkecil, yaitu 0,21, dihasilkan dari metode SVM.

Secara keseluruhan, SVM terbukti menjadi metode yang paling baik dibandingkan dengan metode lainnya, diikuti oleh ANN dan terakhir RF. Kinerja SVM dapat dikaitkan dengan kemampuannya dalam mengenali pola perubahan suhu harian yang dipengaruhi oleh karakteristik daerah Balikpapan, seperti iklim tropis dengan kelembapan tinggi, kecepatan angin yang stabil, dan suhu yang cenderung moderat. Lingkungan yang didominasi oleh hutan hijau juga memainkan peran penting dalam menciptakan prediksi dengan margin yang optimal.

Meskipun berada di urutan terakhir, RF tetap memberikan hasil yang baik, terutama untuk data dengan struktur yang tidak terlalu kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

Adrianto, H. (2020). *Buku ajar parasitologi: Buku pegangan kuliah untuk mahasiswa biologi dan pendidikan biologi.* Yogyakarta: Rapha Publishing.

Ahmed, F., Khan, M., & Zhang, J. (2020). Prediction of temperature using Random Forest algorithm. *Environmental Science & Technology, 42*(2), 315–324.

Bentéjac, C., Csörgő, A., & Martínez-Muñoz, G. (2019). A comparative analysis of XGBoost. https://doi.org/10.1007/s10462-020-09896-5

BRIN. (2024). *Kajian perubahan iklim tunjukkan cuaca ekstrem alami peningkatan signifikan.* https://www.brin.go.id/press-release/117427/kajian-perubahan-iklim-tunjukkan-cuaca-ekstrem-alami-peningkatan-signifikan

Chen, S. (2017). *Automated poisoning attacks and defenses in malware detection systems: An adversarial machine learning approach.* http://arxiv.org/abs/1706.04146

Dede, M., Pramulatsih, G. P., Widiawaty, M. A., Ramadhan, Y. R. R., & Ati, A. (2019). Dinamika suhu permukaan dan kerapatan vegetasi di Kota Cirebon. *Jurnal Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, 6*(1). https://doi.org/10.36754/jmkg.v6i1.111

Fossaceca, J. M., & Young, S. H. (2018). Artificial intelligence and machine learning for future army applications. *1063507*(May), 6. https://doi.org/10.1117/12.2307753

Graupe, D. (2007). *Principles of artificial neural networks* (2nd ed., Vol. 6). Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Jin, X., Li, Y., & Wang, L. (2021). An SVM-based approach for weather forecasting using historical weather data. *Computational Intelligence and Applications, 29*(1), 233–242.

Khan, S., Li, W., & Zhang, X. (2021). Temperature prediction using Random Forest and ensemble methods. *Journal of Climate Modeling, 14*(4), 180–190.

Kurniawan, M. S. K., Rahayu, R. N., & Nugroho, S. P. (2020). Transformasi data untuk analisis data besar: Studi kasus pada data ordinal. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, 8*(4), 123–130.

Little, J. A., & Rubin, D. B. (2014). *Statistical analysis with missing data* (3rd ed.). Hoboken, NJ: Wiley.

Nelli, F. (2018). *Python data analytics: With Pandas, Numpy, and Matplotlib* (2nd ed.). Apress Media LLC. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3913-1

Putra, A. M. M. B., Martarizal, & Putra, R. M. (2020). Prediction of PM2.5 and PM10 parameters using artificial neural network: A case study in Kemayoran. In *Journal of Physics: Conference Series* (p. 12036).

Putra, R. M., Alfiandy, S., & Haq, B. E. A. (2020). Identifikasi pengaruh El Nino Southern Oscillation (ENSO), Indian Ocean Dipole (IOD), and Madden Julian Oscillation (MJO) terhadap intensitas curah hujan bulanan di Indonesia berbasis machine learning. *Buletin Ngurah Rai, 6*, 1–8.

Putra, R. M., Saputro, A. H., Arazak, L., & Kharisma, S. (2019). Automatic detection of volcanic ash from Himawari-8 satellite using artificial neural network. In *AIP Conference Proceedings.* https://doi.org/10.1063/1.5141725

Putra, R. M., et al. (2023). Prediksi harian suhu udara permukaan dengan jaringan syaraf tiruan: Studi kasus di kawasan perkotaan dan pesisir Jakarta, Indonesia. *Buletin GAW Bariri, 4*(1). https://doi.org/10.31172/bgb.v4i1.84

Romli, R. F. P. D. I. (2021). Penerapan data mining menggunakan algoritma K-Means untuk klasifikasi penyakit ISPA. *Indonesian Journal of Business Intelligence, 4*(1), 10–15. https://doi.org/10.21927/ijubi.v4i1.1727

Solikhun, S., Safii, M., & Trisno, A. (2017). Jaringan saraf tiruan untuk memprediksi tingkat pemahaman siswa terhadap mata pelajaran dengan menggunakan algoritma backpropagation. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komput. dan Informatika, 1*(1), 24–36. https://doi.org/10.30645/j-sakti.v1i1.26

UGM. (2022). *Machine Learning.* https://machinelearning.mipa.ugm.ac.id/2018/07/28/random-forest/

Wanugroho, G. B., Martarizal, & Putra, R. M. (2020). Implementation of artificial neural networks for very shortrange weather prediction. In *Journal of Physics: Conference Series* (p. 12039).

Witten, I. H., Frank, E., & Hall, M. A. (2017). *Data mining: Practical machine learning tools and techniques* (4th ed.). Waltham, MA: Morgan Kaufmann.

Yusran, Y. (2016). Implementasi jaringan syaraf tiruan (JST) untuk memprediksi hasil nilai UN menggunakan metode backpropagation. *Jurnal IPTEKS Terapan, 9*(4).

Zhang, Z., & Wang, C. (2021). Forecasting weather conditions using SVM and deep learning models. *Environmental Informatics, 38*(4), 165–175.

Zulfikri, A., Gunawan, & Andriani, W. (2023). Tinjauan pustaka sistematis: Penerapan metode Naive Bayes untuk klasifikasi dalam dataset cuaca. *Journal of Practical Computer Science, 2*(2), 90–95.