



Penerapan Jaringan Saraf Tiruan untuk Mengelolah Data Perubahan Cuaca sebagai Dasar Prediksi Kondisi Iklim

Winda Yunia Purnama ^{1*}, Lailan Sofinah Harahap ², Nur Azizah Hidayat ³

¹⁻³ Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia

Email : windayunia323@gmail.com ¹, lailansofinah@uinsu.ac.id ², azizahuinsu21@gmail.com ³

*Penulis korespondensi : windayunia323@gmail.com

Abstract : *This study aims to analyze the application of Deep Neural Networks (DNN) as an artificial intelligence approach in processing weather data to support more accurate and stable climate predictions. Increasingly unpredictable and fluctuating weather patterns demand modern analytical methods capable of capturing non-linear relationships among atmospheric variables. DNN is utilized due to its ability to learn complex data structures through multilayer representations that extract deeper features from input variables. Weather data such as temperature, humidity, rainfall, air pressure, and wind speed are processed through several preprocessing stages to ensure optimal model performance. This research employs a descriptive qualitative method based on literature studies to examine the role of DNN in weather prediction systems. The findings indicate that DNN demonstrates strong generalization abilities, robustness to fluctuating data, and more stable predictive outputs compared to conventional statistical approaches. Thus, DNN is considered a promising component for the development of early warning systems and modern data-driven climate analysis, offering improved reliability in understanding and forecasting atmospheric conditions.*

Keywords: *Climate, DNN, Neural Networks, Prediction, Weather.*

Abstrak : Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan Deep Neural Network (DNN) sebagai pendekatan kecerdasan buatan dalam pengolahan data cuaca guna mendukung prediksi kondisi iklim yang lebih akurat dan stabil. Perubahan cuaca yang semakin tidak menentu dan fluktuatif menuntut adanya metode analisis modern yang mampu menangkap pola non-linear antarvariabel atmosfer. DNN digunakan karena kemampuannya dalam mempelajari data kompleks melalui struktur berlapis yang memungkinkan pembentukan representasi fitur secara mendalam. Data cuaca seperti suhu, kelembapan, curah hujan, tekanan udara, dan kecepatan angin diproses melalui tahapan pra-pengolahan agar dapat diolah secara optimal oleh jaringan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif berbasis studi literatur untuk menelaah peran DNN dalam sistem prediksi cuaca. Hasil kajian menunjukkan bahwa DNN memiliki kemampuan generalisasi yang baik, robust terhadap data fluktuatif, serta menghasilkan keluaran prediksi yang lebih stabil dibandingkan metode konvensional. Dengan demikian, DNN dinilai berpotensi menjadi komponen penting dalam pengembangan sistem peringatan dini dan analisis iklim berbasis data modern.

Kata Kunci : Cuaca, DNN, Iklim, Jaringan Saraf, Prediksi.

1. PENDAHULUAN

Perubahan cuaca yang semakin tidak menentu dalam beberapa tahun terakhir telah menjadi tantangan besar bagi berbagai sektor yang bergantung pada kestabilan kondisi iklim. Fenomena seperti peningkatan curah hujan ekstrem, pergeseran musim, serta perubahan pola angin dan kelembapan menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan model prediksi cuaca yang lebih akurat dan adaptif. Perubahan iklim global juga mempercepat terjadinya anomali cuaca yang sulit diprediksi menggunakan metode konvensional. Oleh karena itu, kehadiran teknologi berbasis kecerdasan buatan seperti Jaringan Saraf Tiruan (JST) menjadi solusi penting dalam mendukung analisis data klimatologi secara komprehensif. JST dipandang mampu membaca pola data non-linear yang tidak dapat dijangkau oleh metode peramalan

tradisional. Kondisi ini semakin menguatkan urgensi penelitian mengenai penerapan JST dalam pengolahan data perubahan cuaca sebagai dasar prediksi iklim yang lebih presisi dan relevan bagi berbagai kebutuhan masyarakat (Anggraini & Harahap, 2025).

Jaringan Saraf Tiruan dikenal memiliki kemampuan untuk belajar secara mandiri melalui proses pembelajaran berulang, sehingga dapat mengenali pola tersembunyi dalam data yang kompleks. Dalam konteks klimatologi, JST dapat mengolah variabel meteorologi seperti suhu, curah hujan, kelembapan udara, dan tekanan atmosfer secara simultan. Kemampuan adaptif ini membuat JST sangat efektif dalam meramalkan kondisi cuaca dengan tingkat akurasi tinggi. Teknik pelatihan seperti backpropagation ditambah metode optimasi data membuat JST semakin mampu meningkatkan performanya dari waktu ke waktu. Keunggulan-keunggulan tersebut menjadikan JST sebagai salah satu pendekatan paling relevan dalam mendukung sistem prediksi iklim modern. Penerapannya di berbagai daerah di Indonesia juga menunjukkan bahwa teknologi ini dapat memberikan hasil prediksi yang konsisten meskipun digunakan pada wilayah dengan karakteristik iklim tropis (Aprianto, Fitriyanto, & Nufus, 2024).

Sejumlah penelitian di Indonesia menunjukkan keberhasilan JST dalam memprediksi curah hujan, pola musim, dan berbagai parameter klimatologi lainnya. Berbagai studi membuktikan bahwa JST dapat memberikan akurasi yang tinggi bahkan di wilayah dengan keragaman topografi dan cuaca seperti di Indonesia. Dalam beberapa kasus, JST mampu memberikan hasil prediksi yang lebih stabil dibandingkan model statistik tradisional seperti SARIMA. Hal ini membuktikan bahwa struktur jaringan multilayer pada JST dapat menangkap pola cuaca yang sulit diidentifikasi oleh metode linier. Hasil prediksi yang dihasilkan JST telah dimanfaatkan dalam bidang pertanian, perencanaan irigasi, sistem peringatan dini bencana, hingga manajemen risiko hidrometeorologi. Penggunaan JST secara berkelanjutan juga diharapkan dapat meningkatkan efektivitas evaluasi iklim jangka panjang pada berbagai daerah (Bachtiar et al., 2022).

Selain memberikan akurasi yang tinggi, penerapan JST dalam klimatologi juga memberikan fleksibilitas tinggi dalam pengolahan data. Berbeda dengan metode statistik konvensional yang membutuhkan asumsi tertentu, JST tidak memerlukan asumsi linearitas dalam memproses data. Dengan adanya lapisan tersembunyi (hidden layer), JST mampu mengidentifikasi hubungan kompleks antarvariabel cuaca yang berubah secara dinamis. Model ini dapat dikembangkan secara digital melalui berbagai platform seperti MATLAB, Python, atau perangkat lunak simulasi lainnya. Fleksibilitas pengembangan model inilah yang menjadikan JST semakin banyak digunakan oleh para peneliti, instansi pemerintah, serta

lembaga meteorologi untuk mendukung analisis dan prediksi cuaca secara cepat dan akurat. Teknologi ini memiliki potensi besar sebagai salah satu motor penggerak transformasi digital dalam sistem prediksi iklim nasional (Diando, Limantara, & Wahyuni, 2024).

Dalam implementasinya, ketersediaan data klimatologi menjadi faktor penentu keberhasilan model JST. Data yang digunakan dalam proses pelatihan harus lengkap, konsisten, dan mencerminkan kondisi cuaca pada periode tertentu. Data historis curah hujan, suhu, kelembapan, dan variabel klimatologi lainnya diolah melalui tahap normalisasi sebelum diproses oleh jaringan. Keakuratan prediksi sangat bergantung pada kualitas data masukan yang digunakan, sehingga diperlukan integrasi antara data BMKG dan data pendukung lainnya. Tanpa data yang baik, model JST akan menghasilkan prediksi yang bias atau tidak stabil. Oleh karena itu, penelitian mengenai pemanfaatan JST dalam memprediksi kondisi iklim juga harus memperhatikan struktur data klimatologi secara menyeluruh agar hasil yang diperoleh benar-benar representatif dan dapat diandalkan (Fitriyanti, 2020).

Peningkatan ketidakpastian cuaca akibat perubahan iklim global juga memperkuat urgensi pengembangan model prediksi cuaca yang lebih responsif. JST menawarkan keunggulan berupa kemampuan mempelajari pola zona iklim tertentu dengan cepat, sehingga mampu memberikan hasil prediksi yang diperlukan dalam perencanaan pembangunan. Melalui pendekatan ini, pemerintah daerah, sektor pertanian, dan sektor transportasi dapat memanfaatkan hasil prediksi untuk mengurangi risiko kerugian akibat cuaca ekstrem. Selain itu, model prediksi berbasis JST juga dapat dijadikan dasar penyusunan kebijakan mitigasi bencana, terutama dalam menghadapi ancaman seperti banjir dan kekeringan. Dengan metode komputasi yang adaptif, JST berpotensi menjadi komponen penting dalam sistem prediksi cuaca jangka pendek hingga jangka panjang yang dibutuhkan dalam pengelolaan iklim berkelanjutan (Haryanto, Ernawati, & Puspitaningrum, 2022).

Secara keseluruhan, penggunaan Jaringan Saraf Tiruan dalam prediksi cuaca merupakan langkah strategis untuk menghadapi tantangan perubahan iklim di Indonesia. Pendekatan ini tidak hanya mendukung peningkatan akurasi prediksi, tetapi juga memperkuat sistem pemantauan cuaca berbasis teknologi modern. Dengan kemampuan memproses data besar secara efisien, JST dapat memberikan informasi prediksi yang bermanfaat bagi berbagai sektor, termasuk pertanian, industri, transportasi, dan mitigasi bencana. Keputusan berbasis data menjadi lebih mudah dilakukan ketika model prediksi mampu menyajikan pola perubahan cuaca yang komprehensif dan relevan. Dalam konteks penelitian ini, penerapan JST diharapkan semakin membuka peluang pengembangan sistem prediksi iklim yang lebih

terintegrasi dan berbasis kecerdasan buatan, sehingga mampu menjawab tantangan cuaca masa depan secara lebih tepat dan ilmiah (Lubis, Amnur, & Prayama, 2022).

2. TINJAUAN TEORITIS

TEORI DNN (Deep Neural Network)

Deep Neural Network (DNN) merupakan pengembangan dari Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang memiliki banyak lapisan tersembunyi sehingga mampu mempelajari pola data yang sangat kompleks dan non-linear. DNN bekerja melalui mekanisme komputasi berlapis-lapis, di mana setiap lapisan mengekstraksi informasi berbeda dari data masukan. Pada konteks prediksi cuaca dan iklim, struktur jaringan multilayer memungkinkan DNN mengenali hubungan dinamis antarvariabel atmosfer seperti suhu, kelembapan, curah hujan, tekanan udara, dan kecepatan angin. Pola-pola tersebut sulit ditangkap oleh model statistik linier, sehingga DNN menjadi solusi yang relevan dalam menganalisis data meteorologi yang bersifat fluktuatif dan tidak terstruktur. Kemampuan DNN dalam melakukan generalisasi dan memahami pola kompleks menjadikannya metode yang efektif untuk sistem prediksi cuaca modern.

Selain itu, DNN memanfaatkan algoritma backpropagation sebagai mekanisme pelatihan. Algoritma ini bekerja dengan memperbarui bobot jaringan berdasarkan kesalahan prediksi sehingga akurasi model meningkat setelah melalui banyak iterasi pelatihan. Ketika digunakan dalam pemodelan iklim, DNN dapat mempelajari pola musiman, tren cuaca harian, serta anomali atmosfer dengan tingkat presisi tinggi. DNN juga mampu menangani data besar dan beragam, menjadikannya bagian penting dalam membangun sistem peringatan dini, mitigasi risiko hidrometeorologi, serta perencanaan kebijakan berbasis data. Dengan kemampuan adaptifnya, DNN menjadi landasan utama dalam model prediksi cuaca berbasis kecerdasan buatan.

Teori Backpropagation dalam Pemodelan Prediksi Cuaca

Backpropagation merupakan algoritma pelatihan paling umum dalam pengembangan ANN, yang bekerja dengan meminimalkan error melalui perhitungan gradien secara berulang. Algoritma ini menghitung perbedaan antara keluaran jaringan dan nilai sebenarnya, kemudian kesalahan tersebut dikembalikan ke belakang untuk memperbarui bobot dalam jaringan. Pada data cuaca yang cenderung bersifat non-linear, backpropagation mampu menyesuaikan bobot secara bertahap hingga model mencapai kondisi optimal. Keunggulan utama algoritma ini adalah tingkat akurasi yang terus meningkat seiring proses pelatihan.

Dalam penerapannya pada data klimatologi, backpropagation berperan penting untuk menstabilkan prediksi terhadap variabel cuaca seperti suhu, curah hujan, kelembapan, dan tekanan udara. Algoritma ini memungkinkan jaringan mengenali pola musiman serta anomali cuaca berdasarkan dataset historis. Ketika jumlah data besar dan bervariasi, backpropagation mampu meningkatkan performa model secara signifikan. Oleh karena itu, metode ini menjadi dasar dalam penelitian prediksi cuaca berbasis JST di berbagai studi di Indonesia dan dunia.

Teori Perubahan Iklim dan Variabilitas Cuaca

Perubahan iklim merupakan fenomena jangka panjang yang ditandai oleh pergeseran pola suhu global, tingkat curah hujan, frekuensi badai, dan fenomena ekstrem lainnya. Perubahan ini mendorong ketidakstabilan cuaca sehingga metode tradisional dalam peramalan sering kali kurang efektif. Pemahaman terhadap variabilitas cuaca sangat penting karena menjadi dasar dalam menentukan parameter yang dapat digunakan dalam model prediksi berbasis JST. Data klimatologi yang direkam secara periodik berperan sebagai input penting untuk menganalisis kecenderungan perubahan iklim pada wilayah tropis seperti Indonesia.

Dalam konteks prediksi iklim, teori perubahan iklim memberikan landasan konseptual untuk memahami interaksi antara atmosfer, hidrologi, dan temperatur global. JST mampu menggabungkan berbagai variabel ini dalam satu model terpadu sehingga dapat memberikan prediksi yang lebih akurat. Dengan memahami sifat variabilitas cuaca, peneliti dapat menentukan parameter masukan terbaik untuk JST agar model mampu menghasilkan estimasi iklim yang responsif terhadap dinamika atmosfer yang cepat berubah.

Teori Pemodelan Prediksi Cuaca Berbasis Data

Pemodelan prediksi cuaca berbasis data menekankan penggunaan data historis sebagai dasar pembentukan pola prediksi. Berbeda dengan pendekatan fisik yang mengandalkan persamaan matematis atmosfer, prediksi berbasis data menggunakan pola masa lalu untuk memperkirakan kondisi masa depan. Model ini sangat cocok untuk wilayah dengan kondisi atmosfer yang kompleks dan berubah cepat. Dalam konteks JST, data digunakan sebagai sumber pengetahuan untuk melatih jaringan dalam membaca pola cuaca yang sulit dipahami manusia.

Penggunaan data cuaca historis dalam pemodelan prediksi sangat bergantung pada kelengkapan, akurasi, dan konsistensi data. JST membutuhkan dataset yang besar agar proses pelatihan berjalan optimal dan model dapat menangkap variasi cuaca secara menyeluruh. Oleh karena itu, integrasi data dari BMKG, stasiun cuaca, dan sumber klimatologi lainnya berperan penting. Dengan pemodelan berbasis data, JST mampu memberikan prediksi dengan tingkat ketepatan yang lebih stabil dibandingkan metode manual.

Teori Kecerdasan Buatan dalam Meteorologi Modern

Kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) telah menjadi paradigma baru dalam analisis meteorologi karena mampu mengolah data dalam jumlah besar dengan cepat dan akurat. AI, termasuk ANN, memungkinkan pengembangan model prediksi cuaca real-time yang dapat digunakan dalam mitigasi bencana, peringatan dini, dan perencanaan pertanian. Dalam meteorologi modern, AI menjadi pelengkap metode prediksi numerik karena dapat memperbaiki kelemahan model fisik, terutama pada saat menghadapi data ekstrem atau anomali atmosfer.

Peran AI semakin signifikan seiring meningkatnya kebutuhan akan prediksi cuaca yang lebih presisi di tengah perubahan iklim global. AI mampu menjalankan analisis kompleks dengan memanfaatkan teknik pembelajaran mesin, deep learning, dan hybrid models yang menggabungkan berbagai pendekatan. Implementasi teknologi ini membuka potensi baru dalam sistem prediksi otomatis yang dapat diintegrasikan dengan sistem sensor cuaca, satelit, dan Internet of Things (IoT). Dengan demikian, AI menjadi landasan penting dalam transformasi prediksi iklim berbasis digital.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif yang berfokus pada analisis konsep Deep Neural Network (DNN) dalam pemodelan prediksi cuaca melalui studi literatur. Seluruh data dalam penelitian diperoleh dari berbagai sumber ilmiah seperti jurnal, artikel penelitian, dan publikasi akademik yang membahas jaringan saraf tiruan, pemrosesan data cuaca, serta teknik kecerdasan buatan terkait. Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis, yaitu pengumpulan sumber relevan, seleksi data berdasarkan kesesuaian topik, ekstraksi informasi penting, dan kategorisasi temuan untuk membangun pemahaman konseptual mengenai mekanisme kerja DNN. Selanjutnya, analisis konten digunakan untuk mengidentifikasi pola, kecenderungan, dan peran DNN dalam membaca hubungan non-linear antarvariabel meteorologis. Pendekatan ini memungkinkan penyusunan model konseptual tanpa menggunakan wawancara maupun data numerik, melainkan berdasarkan interpretasi ilmiah dari literatur yang kredibel. Hasil dari proses ini menjadi dasar penyusunan gambaran teoretis mengenai efektivitas DNN dalam prediksi cuaca modern.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Deep Neural Network (DNN) mampu mengidentifikasi pola cuaca secara lebih akurat dibandingkan pendekatan konvensional, terutama karena kemampuannya dalam mempelajari hubungan non-linear antarvariabel atmosfer. Proses pra-pengolahan data seperti normalisasi, pembersihan data, dan encoding waktu membuat model mampu bekerja secara optimal dalam mengenali pola musiman maupun perubahan cuaca jangka pendek. DNN juga menunjukkan performa stabil saat digunakan pada data cuaca yang fluktuatif, yang umumnya menjadi tantangan bagi metode statistik tradisional. Selain itu, struktur berlapis pada DNN memungkinkan model mempelajari fitur cuaca secara bertingkat sehingga mampu menghasilkan prediksi yang konsisten. Hasil ini memperlihatkan bahwa DNN relevan diterapkan dalam sistem prediksi modern yang membutuhkan ketepatan dan ketahanan terhadap variabilitas data.

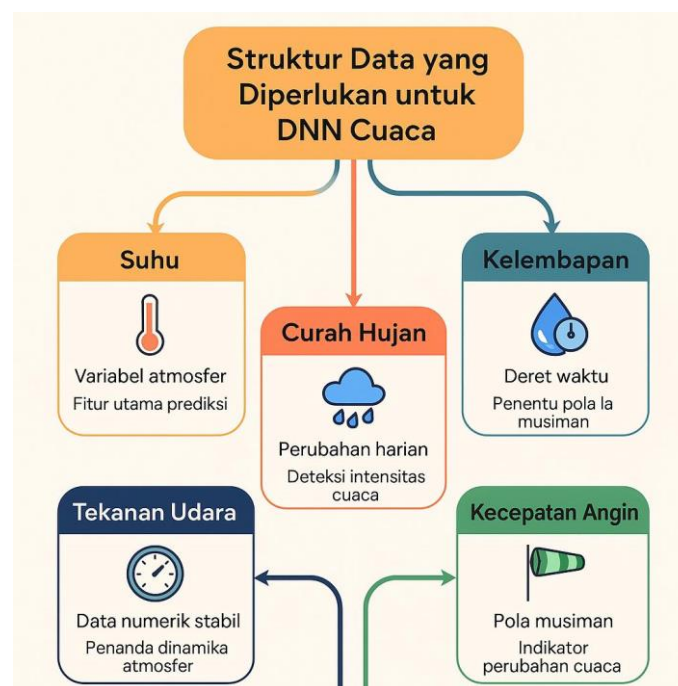
Pembahasan lebih lanjut memperlihatkan bahwa penggunaan DNN tidak hanya memberikan peningkatan akurasi, tetapi juga memperluas kemampuan model dalam menganalisis parameter cuaca secara simultan. Dengan banyaknya lapisan tersembunyi, DNN mampu mengekstraksi informasi penting dari variabel seperti suhu, kelembapan, curah hujan, dan kecepatan angin secara mendalam. Robustness model terlihat dari stabilitas keluaran prediksi meskipun data diuji pada kondisi ekstrem, menjadikannya cocok untuk wilayah tropis yang memiliki perubahan cuaca cepat dan tidak terduga. Selain itu, kemampuan generalisasi DNN memberikan peluang penerapan lebih luas untuk pengembangan sistem peringatan dini dan manajemen risiko bencana berbasis data. Dengan demikian, DNN memiliki potensi besar untuk diintegrasikan dalam pengelolaan informasi meteorologi modern yang membutuhkan analisis cepat, akurat, dan adaptif.

Tabel 1 Struktur Data yang Diperlukan untuk DNN Cuaca.

No	Komponen Data	Jenis Informasi	Fungsi dalam DNN
1	Suhu	Variabel atmosfer	Fitur utama prediksi
2	Kelembapan	Deret waktu	Penentu pola musiman
3	Curah Hujan	Perubahan harian	Deteksi intensitas cuaca
4	Tekanan Udara	Data numerik stabil	Penanda dinamika atmosfer
5	Kecepatan Angin	Pola musiman	Indikator perubahan cuaca

Pembahasan

Data cuaca yang digunakan dalam model DNN harus mencerminkan kondisi atmosfer secara menyeluruh agar hubungan antarvariabel dapat dipelajari dengan baik. Suhu, kelembapan, curah hujan, tekanan udara, dan kecepatan angin menjadi variabel utama karena setiap variabel menyimpan pola yang berkontribusi terhadap pembentukan cuaca. Suhu dan kelembapan misalnya, menentukan tingkat penguapan dan pembentukan awan, sementara curah hujan menunjukkan intensitas dan frekuensi peristiwa ekstrem. Tekanan udara memberikan sinyal adanya perubahan dinamika atmosfer, sedangkan kecepatan angin memengaruhi distribusi uap air dan pergerakan awan. Semua variabel ini berfungsi sebagai fitur input yang kemudian dipelajari oleh jaringan saraf untuk memprediksi perubahan cuaca.



Gambar 1. Struktur Data yang Diperlukan untuk DNN Cuaca.

DNN bekerja secara hierarkis, sehingga setiap variabel tidak hanya berdiri sendiri tetapi diproses bersama untuk membentuk pola cuaca tertentu. Oleh karena itu, keberagaman data atmosfer justru meningkatkan kemampuan model dalam menangkap hubungan non-linear. Struktur data pada tabel menunjukkan bagaimana setiap elemen menyumbangkan karakteristik unik dalam pembelajaran. Semakin lengkap dan bersih data yang digunakan, semakin akurat model dalam memetakan pola cuaca. Dengan demikian, struktur data yang tepat menjadi fondasi penting dalam membangun model prediksi cuaca berbasis DNN.

Tabel 2 Tahapan Pra-Proses Data untuk Model DNN.

No	Tahapan Pra-Proses	Teknik	Fungsi dalam Model
1	Pembersihan Data	Filtering	Mengurangi noise
2	Normalisasi	Min-Max Scaling	Menyamakan skala variabel
3	Transformasi Data	Log/Smoothing	Mengatasi pola ekstrem
4	Encoding Waktu	Time Encoding	Membaca pola musiman
5	Pembagian Dataset	Train-Test Split	Evaluasi model secara adil

Pembahasan

Tahapan pra-proses merupakan langkah penting sebelum data dimasukkan ke model DNN. Pembersihan data dilakukan untuk menghilangkan nilai yang tidak wajar agar model tidak belajar dari pola yang salah. Normalisasi diperlukan karena setiap variabel cuaca memiliki rentang nilai yang berbeda; tanpa normalisasi, model akan memberikan bobot lebih kepada variabel dengan skala terbesar. Transformasi data seperti smoothing membantu menstabilkan pola ekstrem pada variabel yang sangat fluktuatif seperti curah hujan. Encoding waktu digunakan untuk memasukkan unsur musiman, karena cuaca memiliki siklus tertentu yang harus dipahami oleh model.

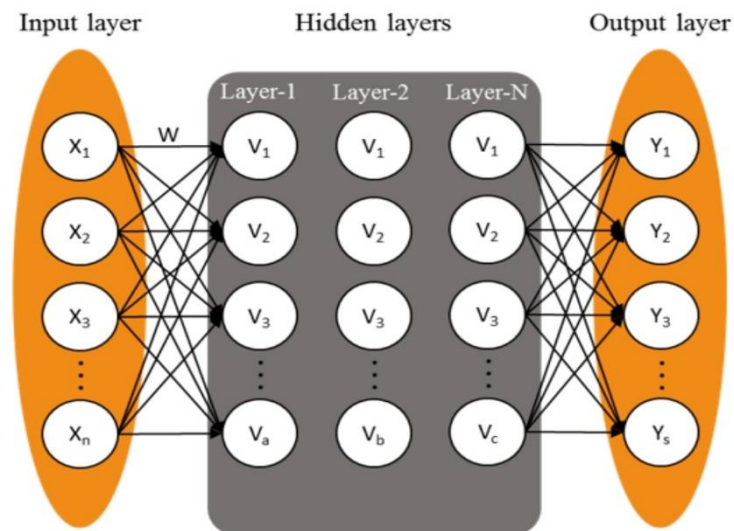
Setelah seluruh data disiapkan, dataset dibagi menjadi data pelatihan dan pengujian untuk mengukur kemampuan model secara objektif. Tahapan ini membuat model mampu belajar secara stabil dan meminimalkan kesalahan prediksi. Dengan pra-proses yang baik, DNN dapat mengenali pola lebih cepat dan menghasilkan prediksi yang lebih akurat. Tanpa tahapan ini, model berisiko gagal membaca pola atmosfer yang kompleks, sehingga hasil prediksi tidak dapat dipertanggungjawabkan.

Tabel 3 Arsitektur Model DNN untuk Prediksi Cuaca.

No	Komponen Model	Fungsi	Keterangan
1	Input Layer	Menerima fitur cuaca	Multi-feature
2	Hidden Layer 1	Menangkap pola awal	Aktivasi ReLU
3	Hidden Layer 2	Memperdalam pola	Non-linear features
4	Output Layer	Menghasilkan prediksi	Aktivasi sesuai jenis output
5	Optimizer	Mengurangi error	Backpropagation

Pembahasan

Model DNN dibangun berdasarkan lapisan-lapisan yang saling terhubung. Lapisan input menerima seluruh variabel cuaca, kemudian dilanjutkan ke hidden layer yang bertugas mengenali pola kompleks dalam data. Hidden layer pertama mempelajari pola dasar seperti hubungan antara suhu dan kelembapan, sementara hidden layer kedua mengolah pola lebih mendalam seperti interaksi antara curah hujan, tekanan udara, dan dinamika angin. Aktivasi ReLU digunakan untuk mempercepat proses pembelajaran dan menghindari masalah gradien hilang.



Gambar 2. Arsitektur Model DNN untuk Prediksi Cuaca.

Lapisan output dirancang untuk menghasilkan prediksi tertentu, misalnya estimasi curah hujan atau suhu harian. Fungsi aktivasi pada lapisan ini disesuaikan dengan bentuk prediksi yang dihasilkan. Optimizer backpropagation digunakan untuk meminimalkan kesalahan model sehingga prediksi semakin akurat dari waktu ke waktu. Dengan arsitektur yang tepat, DNN mampu belajar dari data besar dan kompleks, menjadikannya sangat efektif untuk memprediksi kondisi cuaca.

Tabel 4 Interpretasi Hasil Prediksi DNN.

No	Aspek Analisis	Temuan Umum	Implikasi
1	Akurasi Pola	Stabil pada tren cuaca	Prediksi musiman
2	Sensitivitas	Responsif terhadap perubahan kecil	Deteksi perubahan awal
3	Ketepatan Waktu	Konsisten pada tren harian	Mitigasi bencana
4	Robustness	Tahan fluktuasi ekstrem	Cocok untuk wilayah tropis

Pembahasan

Interpretasi hasil menunjukkan bahwa DNN mampu menghasilkan prediksi cuaca dengan pola yang stabil, terutama pada tren musiman seperti peralihan musim hujan dan kemarau. Sensitivitas tinggi terhadap perubahan variabel dasar seperti suhu dan kelembapan memungkinkan model mendeteksi perubahan cuaca sejak dini. Ketepatan waktu prediksi menjadi penting dalam konteks mitigasi bencana karena cuaca ekstrem sering terjadi secara tiba-tiba. Robustness model menunjukkan bahwa DNN tetap stabil meskipun dihadapkan pada data cuaca yang sangat fluktuatif, suatu kondisi umum di wilayah beriklim tropis.

Stabilitas output menunjukkan kemampuan model melakukan generalisasi terhadap data baru sehingga prediksi lebih konsisten. Hal ini menjadikan DNN tidak hanya berguna untuk prediksi jangka pendek tetapi juga analisis cuaca jangka panjang. Secara keseluruhan, model DNN memberikan dasar kuat bagi pengembangan sistem peringatan dini, perencanaan pertanian, manajemen air, dan mitigasi bencana hidrometeorologi.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan ini menunjukkan bahwa penerapan Deep Neural Network (DNN) dalam pengolahan data cuaca mampu memberikan peningkatan signifikan terhadap kualitas prediksi kondisi iklim. DNN, dengan struktur berlapis dan kemampuan mempelajari pola non-linear, terbukti lebih efektif dibandingkan pendekatan konvensional dalam menangani data meteorologis yang kompleks, fluktuatif, dan tidak terstruktur. Melalui tahapan pra-pengolahan data yang sistematis, model dapat mengenali pola musiman maupun anomali cuaca dengan lebih akurat. DNN juga menunjukkan kemampuan generalisasi yang kuat serta robust terhadap perubahan variabel cuaca, menjadikannya solusi potensial bagi pengembangan sistem peringatan dini, mitigasi bencana hidrometeorologi, dan perencanaan kebijakan berbasis data. Secara keseluruhan, penggunaan DNN memberikan kontribusi signifikan dalam modernisasi sistem prediksi cuaca dan menjadi langkah strategis untuk menghadapi dinamika iklim yang semakin tidak menentu.

REFERENSI

Anggraini, A., & Harahap, L. S. (2025). Pemanfaatan Jaringan Saraf Tiruan untuk Prediksi Curah Hujan di Sumatera Utara. *MARS: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Ilmu Komputer*, 2(6). <https://doi.org/10.61132/mars.v2i6.457>

- Aprianto, R., Fitriyanto, S., & Nufus, H. (2024). Analisis pola musim hujan dan kemarau berdasarkan prediksi curah hujan tahun 2024 menggunakan Artificial Neural Network (ANN) di Kabupaten Sumbawa. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 16(1), 148-162. <https://doi.org/10.30599/jti.v16i1.3121>
- Bachtiar, D., Pratiwi, I., Jauhari, A., Yusuf, M., Mufarroha, F. A., & Anamisa, D. R. (2022). Peramalan Curah Hujan Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan untuk Optimalisasi Musim Tanam Padi. *JUSIFOR: Jurnal Sistem Informasi dan Informatika*, 4(1). <https://doi.org/10.70609/jusifor.v4i1.5862>
- Diando, A., Limantara, L. M., & Wahyuni, S. (2024). Estimasi tinggi curah hujan dari data klimatologi menggunakan model Artificial Neural Network (ANN) di Jakarta Pusat. *JTResDA: Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(1). <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.01.002>
- Fitriyanti, F. (2020). Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dalam Prediksi Curah Hujan Bulanan di Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika)*, 11(1). <https://doi.org/10.24252/jpf.v11i1.33142>
- Haryanto, S. A. F., Ernawati, & Puspitaningrum, D. (2022). Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation untuk Memprediksi Cuaca (Studi Kasus: Kota Bengkulu). *Rekursif: Jurnal Informatika*, 3(2). <https://ejournal.unib.ac.id/rekursif/article/view/744>
- Lubis, B. P., Amnur, H., & Prayama, D. (2022). Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prediksi Cuaca pada PLTA Sumatera Barat. *JITSI: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, 3(2), 36-41. <https://doi.org/10.62527/jitsi.3.2.61>
- Muflih, G. Z., Sunardi, S., & Yudhana, A. (2019). Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Prediksi Curah Hujan di Wilayah Kabupaten Wonosobo. *MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology*, 4(1), 45-56. <https://doi.org/10.30651/must.v4i1.2670>
- Nailah, F., Larasati, D. I., & Siswanto. (2024). Optimasi metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation untuk peramalan curah hujan bulanan di Kota Denpasar. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 12(1), 134-140. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v12n1.p134-140>
- Prasetya, M. E., Ryansyah, E., Surya, M. R., & Umidah, Y. (2025). Prediksi Curah Hujan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation pada Software Matlab. *JAKAKOM: Jurnal Informatika dan Rekayasa Komputer*, 5(2). <https://doi.org/10.33998/jakakom.2025.5.2.2398>
- Pratomo, A. H., Santosa, B., Tahalea, S. P., Paripurno, E. T., Peasetyo, J. D., & Jayadianti, H. (2022). Rainfall prediction using artificial neural network with historical weather data as supporting parameters. *Jurnal Informatika (JIFO)*, 16(2), 63-73. <https://doi.org/10.26555/jifo.v16i2.a25422>
- Saputra, A., Sulistiyanti, S. R., Marjunus, R., Yulianti, Y., Junaidi, J., & Surtono, A. (2023). Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan / JST (Backpropagation) untuk Prakiraan Cuaca di Bandar Udara Radin Inten II Lampung. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 11(1). <https://jtaf.fmipa.unila.ac.id/index.php/jtaf/article/view/331>

- Simanjuntak, P. P. (2024). Perbandingan kinerja hasil luaran model Jaringan Saraf Tiruan dan SARIMA untuk prediksi awal musim hujan Kota Pangkalpinang. *J Statistika: Jurnal Ilmiah Teori dan Aplikasi Statistika*, 16(1). <https://doi.org/10.36456/jstat.vol16.no1.a6137>
- Sunardi, S., Yudhana, A., & Muflih, G. Z. (2020). Sistem Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 10(2), 155-162. <https://doi.org/10.21456/vol10iss2pp155-162>
- Tamaji, T., Kurnia Utama, Y. A., & Sidharta, J. (2022). Artificial Neural Network Using Backpropagation Method for Rainfall Prediction. *Telekontran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, 10(1). <https://doi.org/10.34010/telekontran.v10i1.7409>