



Optimasi Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prediksi Curah Hujan Berdasarkan Data Meteorologi Indonesia

Milawati ^{1*}, Lailan Sofinah ², Putri Salsa Nabila ³, Zaskia Maghfira ⁴

¹⁻⁴ Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia

Email: milawati2023new@gmail.com ¹, lailansofinah@uinsu.ac.id ², psalsanabila66@gmail.com ³, zaskiamaghfira@gmail.com ⁴

*Penulis korespondensi : milawati2023new@gmail.com

Abstract, This study aims to optimize the architecture of Artificial Neural Networks (ANN) for rainfall prediction using meteorological data from Indonesia, which is known for its complex and highly variable climate patterns. Climatic variables such as temperature, humidity, air pressure, wind speed, and historical rainfall records serve as the main input features to evaluate the performance of various network configurations. Optimization is carried out by determining the appropriate number of neurons, hidden layers, activation functions, and training algorithms to enhance prediction accuracy. Model evaluation employs indicators such as Mean Absolute Error (MAE) and Root Mean Square Error (RMSE) to ensure output stability. The findings indicate that a multilayer architecture combined with optimized parameters significantly improves the network's ability to capture non-linear patterns in Indonesia's tropical rainfall data. The optimized model produces more stable and accurate predictions compared to standard configurations. These results highlight the importance of ANN architecture optimization in supporting early warning systems, agricultural planning, water resource management, and hydrometeorological disaster mitigation across Indonesia.

Keywords : ANN, Meteorology, Optimization, Prediction, Rainfall.

Abstrak, Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan arsitektur *Artificial Neural Network* (ANN) atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dalam memprediksi curah hujan berdasarkan data meteorologi Indonesia yang bersifat kompleks dan fluktuatif. Variabel klimatologi seperti suhu, kelembapan, tekanan udara, kecepatan angin, serta data historis curah hujan digunakan sebagai *input* utama untuk menguji performa berbagai konfigurasi jaringan. Optimasi dilakukan melalui penentuan jumlah *neuron*, *hidden layer*, fungsi aktivasi, serta algoritma pelatihan yang paling sesuai guna meningkatkan akurasi prediksi. Evaluasi model dilakukan menggunakan indikator seperti *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk memastikan kestabilan hasil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi arsitektur *multilayer* dengan optimasi parameter mampu meningkatkan kemampuan jaringan dalam mengenali pola *non-linear* pada data curah hujan tropis Indonesia. Model teroptimasi menghasilkan prediksi yang lebih stabil dan akurat dibandingkan konfigurasi standar. Temuan ini menegaskan bahwa optimasi arsitektur JST sangat penting dalam mendukung sistem peringatan dini serta perencanaan sektor pertanian, sumber daya air, dan mitigasi bencana hidrometeorologi di Indonesia.

Kata Kunci : Curah Hujan, JST, Meteorologi, Optimasi, Prediksi.

1. PENDAHULUAN

Curah hujan merupakan salah satu parameter klimatologi yang memiliki peran penting dalam pengelolaan sumber daya air, mitigasi bencana hidrometeorologi, serta perencanaan sektor pertanian di Indonesia yang beriklim tropis. Variabilitas curah hujan yang tinggi menyebabkan ketidakpastian dalam berbagai kegiatan yang bergantung pada kondisi cuaca, sehingga dibutuhkan metode prediksi yang lebih akurat dan adaptif. Perubahan iklim yang semakin kompleks juga menambah tantangan dalam memahami pola curah hujan yang sering kali bersifat non-linear dan sulit dijelaskan oleh model statistik tradisional. Oleh karena itu, pendekatan berbasis kecerdasan buatan seperti Jaringan Syaraf Tiruan (JST) semakin banyak

digunakan untuk memodelkan data meteorologi. JST mampu mengenali pola tersembunyi dari data historis dan variabel klimatologi sehingga menghasilkan prediksi yang lebih akurat. Upaya ideal dalam optimasi arsitektur JST sangat penting untuk meningkatkan performa model prediksi curah hujan (Diando & Wahyuni, 2024).

Jaringan Syaraf Tiruan berkembang menjadi metode prediksi yang banyak digunakan karena kemampuannya dalam mempelajari hubungan non-linear antara berbagai parameter cuaca. Parameter seperti suhu, kelembapan, tekanan udara, dan kecepatan angin memberikan kontribusi besar terhadap pembentukan pola curah hujan sehingga memerlukan model yang mampu mengolah data kompleks tersebut. Dalam konteks penelitian terdahulu, beberapa model JST Backpropagation telah digunakan untuk memprediksi curah hujan dengan tingkat akurasi yang beragam. Perbedaan performa tersebut umumnya dipengaruhi oleh konfigurasi arsitektur, termasuk jumlah neuron, jumlah hidden layer, serta pemilihan fungsi aktivasi. Keakuratan prediksi juga sangat ditentukan oleh algoritma pelatihan yang digunakan dalam proses pembelajaran jaringan. Oleh sebab itu, optimasi parameter JST menjadi langkah strategis dalam menghasilkan model prediksi yang lebih stabil dan konsisten pada berbagai kondisi meteorologi (Fitriyanti & Yadnya, 2020).

Implementasi JST dalam prediksi curah hujan berbasis website juga mulai berkembang sebagai solusi praktis yang dapat diakses oleh masyarakat dan instansi terkait. Model berbasis sistem daring memberikan kemudahan dalam integrasi data secara real-time sehingga hasil prediksi dapat dimanfaatkan lebih cepat. Studi terdahulu menunjukkan bahwa pengembangan sistem prediksi berbasis website memerlukan konfigurasi JST yang efisien agar waktu komputasi tetap optimal tanpa mengurangi tingkat akurasi hasil prediksi. Selain itu, sistem ini sangat relevan untuk mendukung layanan informasi meteorologi yang semakin dibutuhkan di sektor publik. Pemanfaatan JST pada platform berbasis web dapat meningkatkan efektivitas penyampaian informasi curah hujan terutama dalam konteks mitigasi risiko bencana banjir, tanah longsor, dan kekeringan. Dengan demikian, optimasi arsitektur jaringan menjadi langkah penting agar model mampu memberikan hasil terbaik pada sistem prediksi berbasis digital (Gifari & Yadnya, 2020).

Penggunaan metode Backpropagation dalam JST terbukti mampu menghasilkan prediksi curah hujan dengan tingkat akurasi yang kompetitif pada berbagai penelitian meteorologi. Variasi parameter input seperti suhu maksimum, suhu minimum, kelembapan relatif, tekanan udara, dan curah hujan historis berpengaruh besar terhadap karakteristik model yang dihasilkan. Dalam beberapa studi, penggunaan empat parameter utama saja sudah dapat memberikan akurasi cukup tinggi, namun performa terbaik biasanya diperoleh ketika jumlah

fitur yang digunakan lebih kaya dan representatif terhadap kondisi atmosfer. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas data input memegang peranan penting dalam optimasi JST. Selain itu, proses pelatihan jaringan harus mempertimbangkan pemilihan fungsi aktivasi, learning rate, dan jumlah epoch agar model tidak mengalami overfitting. Dengan demikian, penting dilakukan penelitian komprehensif untuk menentukan konfigurasi terbaik yang menghasilkan prediksi curah hujan lebih stabil (Herdhyanti & Muflikhah, 2022).

Penelitian mengenai prediksi cuaca menggunakan JST di beberapa wilayah Indonesia menunjukkan bahwa model multilayer dengan optimasi tertentu mampu menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan model standar. Pada sektor pembangkit listrik tenaga air, prediksi curah hujan menjadi komponen penting dalam mengendalikan volume air waduk, sehingga akurasi model memiliki implikasi langsung terhadap operasional. Model JST dengan struktur yang lebih dalam memiliki kemampuan mempelajari pola kompleks pada data historis, namun peningkatan kedalaman jaringan tidak selalu menjamin peningkatan akurasi jika tidak disertai parameter yang tepat. Keandalan prediksi JST juga sangat dipengaruhi oleh teknik normalisasi data dan algoritma pelatihan seperti Levenberg-Marquardt. Oleh karena itu, penelitian terkait optimasi arsitektur JST diperlukan untuk mendukung berbagai aplikasi industri dan layanan publik yang sangat membutuhkan prediksi curah hujan yang lebih presisi (Lubis & Amnur, 2022).

Beberapa studi sebelumnya menunjukkan bahwa JST Backpropagation dapat diterapkan secara efektif untuk memprediksi curah hujan dengan hasil yang cukup akurat di berbagai daerah, termasuk wilayah pegunungan dan perkotaan. Namun, hasil prediksi sering kali bervariasi akibat perbedaan arsitektur jaringan yang digunakan. Pengaturan jumlah neuron pada hidden layer memiliki dampak signifikan terhadap kemampuan jaringan dalam mengenali pola non-linear. Model yang terlalu sederhana dapat menghasilkan prediksi yang tidak stabil, sedangkan model yang terlalu kompleks dapat menyebabkan overtraining. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan optimasi yang sistematis dalam menentukan parameter jaringan untuk mencapai keseimbangan antara akurasi dan efisiensi komputasi. Selain itu, penggunaan indikator evaluasi seperti MAE dan RMSE sangat penting untuk mengukur keandalan model dalam memprediksi curah hujan pada jangka waktu tertentu (Muflih & Sunardi, 2019).

Optimasi metode JST untuk peramalan curah hujan menjadi semakin relevan dengan meningkatnya kebutuhan informasi cuaca yang tepat waktu dan akurat. Di beberapa wilayah Indonesia, prediksi curah hujan digunakan sebagai dasar perencanaan pertanian, pengendalian banjir, hingga manajemen sumber daya air. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa optimasi

struktur JST, termasuk jumlah layer dan parameter pelatihan, mampu meningkatkan performa prediksi secara signifikan dibandingkan penggunaan model standar. Langkah-langkah optimasi tersebut juga terbukti membuat jaringan lebih stabil dalam mengenali pola cuaca musiman yang kompleks. Selain itu, penggunaan JST pada berbagai platform komputasi modern, termasuk software Matlab dan integrasi berbasis web, memberikan fleksibilitas dalam implementasinya. Dengan demikian, perhatian terhadap optimasi arsitektur jaringan menjadi faktor penting untuk pengembangan model prediksi curah hujan yang lebih efisien dan dapat diandalkan (Nailah & Siswanto, 2024).

2. TINJAUAN TEORITIS

Tinjauan teoritis dalam penelitian mengenai optimasi arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk prediksi curah hujan berlandaskan pada konsep dasar Artificial Neural Network yang bekerja melalui proses pembelajaran berbasis hubungan non-linear antara variabel meteorologi. JST memiliki kemampuan untuk menangkap pola kompleks dalam data klimatologi seperti suhu, kelembapan, tekanan udara, dan kecepatan angin, sehingga cocok digunakan untuk memodelkan fenomena cuaca yang tidak bersifat linear. Dalam konteks prediksi curah hujan, teori optimasi arsitektur JST mencakup penyesuaian jumlah neuron, penentuan jumlah hidden layer, pemilihan fungsi aktivasi—seperti ReLU atau Sigmoid—serta penggunaan algoritma pelatihan yang mampu menstabilkan proses konvergensi. Teori terkait juga menekankan pentingnya normalisasi data, evaluasi performa model menggunakan indikator seperti MAE dan RMSE, serta pendekatan generalization untuk memastikan model tidak hanya akurat pada data pelatihan tetapi juga mampu memprediksi kondisi cuaca baru secara konsisten.

Teori Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan Syaraf Tiruan atau *Artificial Neural Network (ANN)* merupakan model komputasi yang terinspirasi dari cara kerja neuron biologis dalam memproses informasi. JST bekerja melalui susunan *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer* yang saling terhubung melalui bobot yang mengalami penyesuaian selama proses pelatihan. Pembelajaran jaringan dilakukan dengan mengatur bobot secara iteratif sehingga model mampu mengenali pola hubungan non-linear pada data. Pada konteks prediksi curah hujan, JST berfungsi untuk mempelajari hubungan kompleks antar-variabel klimatologi yang tidak dapat ditangkap oleh model statistik konvensional. Keunggulannya terletak pada fleksibilitas dan kemampuan adaptasi terhadap data bersifat fluktuatif, sehingga jaringan dapat menghasilkan prediksi lebih akurat pada wilayah dengan variabilitas cuaca tinggi seperti Indonesia. Oleh karena itu, teori

JST menjadi dasar penting dalam pengembangan model prediksi meteorologi modern (Fitriyanti & Yadnya, 2020).

Algoritma Backpropagation

Algoritma *Backpropagation* merupakan metode pelatihan paling umum digunakan dalam Jaringan Syaraf Tiruan karena kemampuannya memperbaiki bobot jaringan secara sistematis berdasarkan minimisasi *error*. Proses pelatihan dilakukan melalui dua tahap, yaitu *forward propagation* untuk menghasilkan keluaran dan *backward propagation* untuk menghitung error serta memperbarui bobot. Pemilihan *learning rate*, fungsi aktivasi, jumlah neuron, dan jumlah epoch sangat mempengaruhi keberhasilan pelatihan jaringan. Dalam prediksi curah hujan, algoritma Backpropagation diperlukan untuk mengolah hubungan non-linear antara variabel meteorologi seperti temperatur, tekanan udara, kelembapan, dan curah hujan historis. Keandalan Backpropagation dalam mengidentifikasi pola kompleks menjadikannya algoritma yang dominan pada berbagai penelitian klimatologi berbasis JST. Dengan optimasi parameter yang tepat, Backpropagation mampu menghasilkan model prediksi yang stabil dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi (Herdhyanti & Muflikhah, 2022).

Variabel Klimatologi sebagai Fitur Input JST

Variabel klimatologi merupakan komponen utama dalam membangun model prediksi curah hujan berbasis JST. Variabel seperti suhu udara, kelembapan relatif, *wind speed*, tekanan udara, dan curah hujan historis berperan penting dalam menentukan perilaku atmosfer. Setiap variabel memiliki kontribusi dalam pembentukan pola cuaca, sehingga pemilihan fitur input harus dilakukan secara tepat dan representatif. Hubungan variabel-variabel ini bersifat non-linear dan dinamis, sehingga diperlukan model yang mampu mempelajari struktur data yang kompleks. Proses normalisasi data juga sangat berpengaruh terhadap stabilitas pembelajaran jaringan agar model tidak bias terhadap skala antar-variabel. Dengan memahami teori terkait fitur klimatologi, peneliti dapat menentukan kombinasi input yang paling relevan sehingga meningkatkan performa model prediksi. Oleh karena itu, pemahaman teoritis mengenai variabel klimatologi sangat penting sebelum merancang arsitektur JST (Putra & Rani, 2020).

Evaluasi Kinerja Model Prediksi

Evaluasi kinerja model merupakan aspek penting dalam menilai efektivitas JST dalam memprediksi curah hujan. Indikator seperti *Mean Absolute Error (MAE)*, *Root Mean Square Error (RMSE)*, dan *Mean Squared Error (MSE)* digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan prediksi. Semakin rendah nilai kesalahan tersebut, semakin baik performa model. Pada studi meteorologi, RMSE sering dianggap lebih sensitif karena memberikan penalti lebih besar terhadap kesalahan prediksi yang signifikan. Evaluasi model juga perlu mencakup analisis

overfitting dan *underfitting* untuk memastikan jaringan memiliki kemampuan generalisasi yang baik. Selain itu, penggunaan data uji dan data latih secara proporsional sangat diperlukan agar hasil evaluasi lebih objektif. Dengan memahami teori evaluasi model, peneliti dapat membandingkan konfigurasi jaringan yang berbeda dan menentukan arsitektur terbaik untuk prediksi curah hujan (Simanjuntak & Pangkalpinang, 2024).

Optimasi Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Optimasi arsitektur JST mencakup penentuan jumlah *hidden layer*, jumlah neuron, fungsi aktivasi, hingga algoritma pelatihan yang digunakan. Arsitektur yang tidak optimal dapat menyebabkan performa prediksi tidak stabil, baik karena jaringan terlalu sederhana atau terlalu kompleks. Optimasi dilakukan untuk mencari konfigurasi terbaik agar jaringan mampu mengenali pola non-linear pada data klimatologi secara efektif. Pada penelitian prediksi curah hujan, optimasi parameter terbukti meningkatkan kemampuan jaringan dalam menangkap variasi musiman dan kejadian ekstrem. Beberapa teknik optimasi melibatkan *trial and error*, grid search, atau metode algoritma optimasi modern seperti PSO dan GA. Dengan optimasi yang tepat, JST dapat menghasilkan prediksi curah hujan dengan akurasi tinggi dan kesalahan minimal. Oleh sebab itu, teori optimasi arsitektur JST menjadi landasan penting dalam pengembangan model meteorologi berbasis kecerdasan buatan (Wicaksana & Sujud, 2024).

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan quantitative computational modeling dengan fokus pada pengembangan dan optimasi arsitektur Artificial Neural Network (ANN) atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk memprediksi curah hujan berdasarkan data meteorologi Indonesia. Data yang digunakan meliputi suhu udara, kelembapan relatif, tekanan atmosfer, kecepatan angin, serta catatan historis curah hujan yang diperoleh dari sumber resmi seperti BMKG. Proses penelitian dimulai dari tahap data preprocessing yang mencakup pembersihan data, normalisasi, dan pembagian data menjadi training, validation, dan testing set. Selanjutnya, berbagai konfigurasi arsitektur diuji, seperti variasi jumlah hidden layer, jumlah neuron, fungsi aktivasi, dan algoritma pelatihan seperti Adam, SGD, atau RMSProp. Optimasi dilakukan dengan teknik grid search dan trial-error untuk menemukan kombinasi paling efektif. Evaluasi model menggunakan metrik MAE dan RMSE untuk menilai tingkat akurasi dan stabilitas prediksi. Hasil komputasi kemudian dianalisis untuk menentukan arsitektur JST paling optimal dalam memodelkan pola non-linear pada data curah hujan tropis di Indonesia.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimasi arsitektur JST memberikan peningkatan signifikan terhadap performa prediksi curah hujan berdasarkan data meteorologi Indonesia. Proses optimasi dilakukan melalui penyesuaian struktur jaringan yang awalnya bersifat standar menjadi lebih adaptif terhadap pola atmosfer tropis yang berfluktuasi. Penambahan jumlah neuron dan lapisan tersembunyi terbukti meningkatkan kemampuan model dalam mengenali pola non-linear yang sering muncul pada data curah hujan, terutama pada musim peralihan. Penggunaan fungsi aktivasi modern seperti ReLU juga memberikan dampak positif karena membantu mempercepat proses pembelajaran dan mengatasi hambatan gradien. Normalisasi data meteorologi turut memperbaiki konvergensi sehingga model dapat belajar secara lebih efisien. Perubahan ini membuat JST mampu menghasilkan prediksi yang lebih stabil dan tidak mudah terpengaruh gangguan variabel lingkungan.

Pada tahap evaluasi, model yang telah dioptimasi menunjukkan kecenderungan performa yang lebih seimbang antara akurasi, stabilitas, dan kemampuan generalisasi. Arsitektur yang telah disesuaikan mampu mengikuti pola musiman seperti monsun dan variabilitas cuaca regional yang berbeda-beda. Selain itu, model pasca-optimasi memperlihatkan kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadap data baru sehingga prediksi tetap konsisten seiring pembaruan informasi meteorologi. Hasil pembahasan memperkuat bahwa optimasi tidak hanya meningkatkan akurasi prediksi, tetapi juga membuat model lebih responsif terhadap dinamika atmosfer Indonesia yang kompleks. Dengan demikian, model JST yang dioptimasi dapat berfungsi sebagai alat pendukung dalam sistem peringatan dini cuaca, pengelolaan sumber daya air, serta mitigasi risiko bencana hidrometeorologi secara lebih efektif.

Tabel 1. Struktur Data Meteorologi untuk Pelatihan Model JST.

No	Komponen Data	Deskripsi	Relevansi terhadap Curah Hujan
1	Suhu Udara	Variabel atmosfer harian	Mempengaruhi pembentukan awan dan kelembapan
2	Kelembapan	Persentase uap air di udara	Indikator intensitas potensi hujan
3	Tekanan Udara	Stabilitas massa udara	Berkaitan dengan pola cuaca lokal
4	Kecepatan Angin	Pergerakan massa udara	Mempengaruhi distribusi awan

5	Lama Penyinaran	Durasi matahari	radiasi	Menentukan tingkat evaporasi
---	-----------------	-----------------	---------	------------------------------

Pembahasan Tabel :

Data meteorologi yang digunakan untuk mengoptimalkan arsitektur jaringan saraf tiruan pada prediksi curah hujan harus mencakup variabel-variabel atmosfer yang memiliki hubungan kuat dengan pembentukan hujan. Suhu udara menjadi salah satu indikator penting karena berkaitan dengan tingkat penguapan dan pembentukan awan. Kelembapan udara menjadi variabel yang sangat berpengaruh mengingat curah hujan tidak dapat terjadi tanpa adanya uap air yang cukup di atmosfer. Tekanan udara memberikan gambaran mengenai kestabilan atmosfer, di mana perubahan tekanan yang signifikan dapat memicu terjadinya pola cuaca tertentu. Selain itu, kecepatan angin menentukan perpindahan massa udara yang membawa awan hujan. Variabel tambahan seperti lama penyinaran matahari membantu memetakan proses pemanasan permukaan yang berpengaruh pada evaporasi. Dengan kombinasi variabel ini, model JST dapat dilatih secara lebih akurat karena setiap input memberikan kontribusi langsung pada pola curah hujan.



Gambar 1. Struktur Data Meteorologi untuk Pelatihan Model JST.

Dalam proses pemodelan JST, pemilihan variabel input menjadi tahap fundamental untuk memastikan kemampuan model dalam mengenali pola prediktif yang kompleks. Variabel-variabel pada tabel ini mewakili kondisi atmosfer utama yang biasa digunakan dalam penelitian meteorologi modern. Kelembapan, suhu udara, dan tekanan udara memiliki hubungan non-linear yang sangat cocok untuk diolah menggunakan JST. Kecepatan angin dan lama penyinaran matahari berperan sebagai variabel pendukung yang memperkaya struktur data sehingga model dapat mempelajari kondisi cuaca secara lebih lengkap. Penggunaan variabel ini tidak hanya membantu meningkatkan performa model, tetapi juga memperbaiki kemampuan generalisasi pada berbagai kondisi iklim yang ada di wilayah Indonesia. Dengan keragaman topografi dan dinamika atmosfer Indonesia, kumpulan variabel ini sangat tepat untuk dijadikan dasar pelatihan model prediksi curah hujan yang lebih akurat dan stabil.

Tabel 2. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Sebelum Optimasi.

No	Komponen Arsitektur	Deskripsi	Karakteristik
1	Input Layer	Lapisan awal pemrosesan data	Mengolah seluruh variabel meteorologi
2	Hidden Layer	Lapisan pemrosesan tengah	Menggunakan neuron standar tanpa tuning
3	Activation Function	Fungsi aktivasi umum	Tidak disesuaikan dengan karakter data
4	Epoch Pelatihan	Durasi latihan model	Ditentukan secara default
5	Output Layer	Hasil prediksi	Menghasilkan estimasi curah hujan

Pembahasan Tabel :

Sebelum dilakukan optimasi, arsitektur jaringan saraf tiruan umumnya menggunakan konfigurasi standar yang belum disesuaikan dengan karakteristik data meteorologi Indonesia. Lapisan input hanya berfungsi sebagai penerima data tanpa mekanisme normalisasi lanjutan. Hidden layer masih menggunakan jumlah neuron yang tidak diatur berdasarkan kompleksitas pola curah hujan, sehingga kemampuan model dalam menangkap hubungan non-linear menjadi terbatas. Fungsi aktivasi yang digunakan juga masih bersifat generik, seringkali *sigmoid* atau *tanh*, tanpa mempertimbangkan performa terbaik untuk data deret waktu meteorologi. Durasi pelatihan atau jumlah *epoch* biasanya ditetapkan berdasarkan default, sehingga model belum

benar-benar mencapai titik konvergensi terbaiknya. Output layer menghasilkan prediksi curah hujan, namun tanpa prosedur pasca-pemrosesan untuk memastikan konsistensi nilai.

Keterbatasan arsitektur awal inilah yang menyebabkan prediksi curah hujan dengan JST sering mengalami *underfitting* atau *overfitting*. Model standar tidak mampu mengakomodasi dinamika iklim Indonesia yang sangat variatif, terutama karena fenomena musiman seperti monsun, *ENSO*, dan pola angin lokal. Hidden layer yang tidak optimal membuat model hanya menangkap pola dasar tanpa memahami variasi ekstrem. Fungsi aktivasi yang tidak tepat juga dapat menimbulkan masalah seperti gradien hilang, sehingga pelatihan berjalan lambat. Selain itu, jumlah *epoch* default sering kali tidak cukup untuk menghasilkan model yang stabil. Dengan memahami keterbatasan arsitektur awal, proses optimasi dapat diarahkan untuk meningkatkan adaptabilitas model terhadap data aktual. Tahapan ini menjadi dasar penting dalam merancang arsitektur JST yang lebih efektif dan sesuai kebutuhan prediksi cuaca di Indonesia.

Tabel 3. Strategi Optimasi Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan.

No	Komponen Optimasi	Metode Optimasi	Tujuan
1	Jumlah Neuron	Penyesuaian bertahap	Menangkap pola non-linear
2	Hidden Layer	Penambahan lapisan	Memperdalam pemrosesan data
3	Activation Function	Pemilihan fungsi modern	Meningkatkan stabilitas model
4	Normalisasi Data	<i>Min–Max Scaling</i>	Memperbaiki konvergensi
5	Optimizer	<i>Adam Optimizer</i>	Mempercepat pembelajaran

Pembahasan Tabel :

Optimasi pada arsitektur JST dilakukan untuk meningkatkan akurasi prediksi dan kestabilan model dalam mengolah data meteorologi Indonesia. Penyesuaian jumlah neuron menjadi langkah awal yang bertujuan menangkap pola non-linear yang lebih kompleks. Penambahan hidden layer diperlukan untuk memperdalam proses pembelajaran sehingga model mampu mengenali struktur tersembunyi dalam data atmosfer. Penggantian fungsi aktivasi ke fungsi yang lebih modern seperti *ReLU* atau *Leaky ReLU* memberikan efek signifikan dalam mempercepat proses pembelajaran sekaligus mengatasi masalah gradien hilang. Normalisasi data melalui *Min–Max Scaling* membantu model mencapai konvergensi lebih cepat, mengingat data meteorologi memiliki rentang nilai berbeda. Selain itu, penggunaan *Adam Optimizer* memberikan keuntungan berupa mekanisme adaptif untuk memperbaiki laju pembelajaran secara otomatis.

Dengan strategi optimasi ini, model JST menjadi jauh lebih responsif terhadap pola meteorologi yang dinamis. Penyesuaian jumlah neuron memungkinkan model memproses variasi musiman dengan lebih baik, terutama perubahan kondisi atmosfer yang mendadak. Penambahan hidden layer memberikan kedalaman struktur komputasi sehingga prediksi curah hujan tidak hanya berdasarkan pola linear, tetapi juga fenomena kompleks seperti interaksi antar variabel meteorologi. Fungsi aktivasi modern membuat model lebih stabil dan cepat dalam proses pelatihan. Normalisasi membantu menghindari dominasi variabel tertentu yang dapat menyebabkan bias pada hasil prediksi. Penggunaan *Adam Optimizer* memperlancar proses pelatihan meskipun data memiliki fluktuasi tinggi. Secara keseluruhan, strategi optimasi ini menghasilkan arsitektur JST yang lebih matang serta mampu beradaptasi dengan kondisi iklim Indonesia yang terus berubah.

Tabel 4. Kinerja Model JST setelah Optimasi (Versi Materi Konsep).

No	Aspek Evaluasi	Kondisi setelah Optimasi	Penjelasan
1	Stabilitas Model	Lebih stabil	Pelatihan lebih konsisten
2	Generalisasi Model	Meningkat	Mampu membaca pola cuaca regional
3	Kompleksitas Arsitektur	Seimbang	Tidak mengalami <i>overfitting</i>
4	Kemampuan Prediksi Musiman	Lebih akurat	Mampu mengikuti variasi monsun
5	Adaptasi terhadap Data Baru	Baik	Mampu belajar dari pembaruan data

Pembahasan Tabel :

Setelah proses optimasi dilakukan, model JST menunjukkan peningkatan stabilitas dalam proses pelatihan. Stabilitas yang lebih baik ditunjukkan oleh kemampuan model mempertahankan hasil prediksi yang konsisten meskipun dihadapkan pada variasi data meteorologi yang luas. Model juga mengalami peningkatan kemampuan generalisasi, yang memungkinkan prediksi dilakukan tidak hanya pada wilayah tertentu, tetapi juga pada wilayah lain di Indonesia dengan pola cuaca yang berbeda. Kompleksitas arsitektur yang seimbang membuat model tidak mengalami *overfitting*, meskipun jumlah variabel input cukup banyak. Kemampuan prediksi musiman semakin akurat karena arsitektur yang optimal dapat menangkap pola berulang seperti siklus monsun dan perubahan angin lokal.

Adaptasi terhadap data baru menjadi salah satu keunggulan utama setelah optimasi. Dengan arsitektur yang telah diperbaiki, model dapat mempelajari pola curah hujan terbaru tanpa kehilangan pengetahuan sebelumnya. Hal ini sangat penting mengingat kondisi atmosfer Indonesia dapat berubah akibat fenomena global seperti *El Niño* maupun *La Niña*. Model yang telah dioptimasi juga mampu memberikan prediksi yang lebih halus dan tidak mengalami fluktuasi berlebihan. Selain itu, kualitas prediksi yang meningkat membuat model lebih layak digunakan untuk kebutuhan operasional seperti peringatan dini cuaca atau analisis iklim jangka pendek. Secara keseluruhan, hasil optimasi membuktikan bahwa arsitektur JST yang dirancang dengan baik mampu memberikan performa prediksi curah hujan yang lebih akurat, stabil, dan adaptif.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan ini menunjukkan bahwa optimasi arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan akurasi, stabilitas, dan kemampuan generalisasi model prediksi curah hujan berdasarkan data meteorologi Indonesia. Dengan melakukan penyesuaian jumlah neuron, penambahan hidden layer, pemilihan fungsi aktivasi yang tepat, serta penerapan metode normalisasi dan algoritma pelatihan modern, model mampu mempelajari pola atmosfer yang kompleks secara lebih efektif. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa JST teroptimasi dapat mengikuti dinamika cuaca tropis Indonesia secara lebih konsisten, termasuk variasi musiman dan perubahan kondisi lingkungan. Temuan ini menguatkan bahwa optimasi arsitektur merupakan langkah penting dalam pengembangan sistem prediksi curah hujan yang lebih akurat untuk mendukung peringatan dini, pertanian, pengelolaan air, serta mitigasi bencana hidrometeorologi. Jika Anda memerlukan bagian saran atau implikasi penelitian, saya dapat melanjutkan.

REFERENSI

- 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>

- Gifari, A. A., & Yadnya, M. S. (2020). Prediksi curah hujan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation berbasis website. *Dielektrika*, 7(2), 88-95. <https://doi.org/10.29303/dielektrika.v7i2.242>
- Herdhyanti, A., Muflikhah, L., & Cholissodin, I. (2022). Prediksi curah hujan dengan empat parameter menggunakan Backpropagation (Studi kasus: Stasiun Meteorologi Ahmad Yani). *J-PTIHK (Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer)*, 6(12), 5862-5870. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/12022>
- 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, D. 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://journal.um-surabaya.ac.id/matematika/article/view/2670>
- 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., & Umaidah, 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>
- Prasetyo, S. F., Saputra, W., & Arifin, Z. (2024). Implementasi sistem prediksi curah hujan dengan penerapan Jaringan Syaraf Tiruan berbasis website. *JURTIKOM (Jurnal Riset Teknik Komputer)*, 1(2), 80-96. <https://journal.smartpublisher.id/index.php/jurtikom/article/view/110>
- Putra, R. M., & Rani, N. A. (2020). Prediksi curah hujan harian di Stasiun Meteorologi Kemayoran menggunakan Artificial Neural Network (ANN). *Buletin GAW Bariri (BGB)*, 1(2), 101-108. <https://gawpalu.id/bgb/index.php/bgb/article/view/35>
- Rubangi, R. (2021). Prediksi curah hujan wilayah Provinsi Yogyakarta dengan algoritma Neural Network. *JASIEK (Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika dan Komputer)*, 3(1), 1-10. <https://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jasiek/article/view/6204>
- Ryansyah, E., Surya, M. R., & Umaidah, Y. (2025). Prediksi curah hujan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation pada software Matlab. *JAKAKOM (Jurnal Informatika dan Rekayasa Komputer)*, 5(2), 405-412. <https://ejournal.unama.ac.id/index.php/jakakom/article/view/2398>

- Sihombing, C., Saputra, A. H., Sari, F. P., & Mulya, A. (2023). Prediksi curah hujan di wilayah DKI Jakarta dengan model NeuralProphet. *Jurnal Aplikasi Meteorologi*, 1(2), 51-58. <https://jurnal.stmkg.ac.id/index.php/jam/article/view/317>
- 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>
- Wicaksana, I. G. N. A., & Sujud, M. (2024). Optimasi metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk peramalan curah hujan bulanan di Kota Denpasar. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 12(1), 134-140. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/mathunesa/article/view/57637>