
Literature Study on the Development of Neural Networks For Weather Forecasting

Fail Amir¹, Ema Utami², M. Hanafi³

¹²³Universitas AMIKOM Yogyakarta

Email: failamir@students.amikom.ac.id¹, ema.u@amikom.ac.id², hanafi@amikom.ac.id³

ABSTRACT

Weather prediction has always been crucial for individuals to make informed decisions and protect themselves from potential hazards. Achieving accurate weather forecasts has historically been a significant challenge. Modern weather forecasting has evolved to integrate sophisticated computer models, data from atmospheric balloons and satellites, and insights from local observations. These methods have resulted in fairly precise predictions. Most forecasting models depend on complex mathematical formulas, but Artificial Neural Networks (ANN) offer a dynamic alternative, adapting their structure based on incoming data. This research aimed to thoroughly evaluate the effectiveness of ANNs in weather prediction. It explored the advantages of ANNs over traditional models, reviewed a range of methodologies, and documented the latest advancements in the field. The ultimate goal was to consolidate research findings to highlight the strides made in enhancing weather forecasting through ANNs.

Keywords: Artificial Neural Network, Convolutional Neural Network, Weather forecasting.

INTISARI

Prediksi cuaca selalu menjadi hal yang penting bagi individu untuk membuat keputusan yang tepat dan melindungi diri dari potensi bahaya. Mencapai prediksi cuaca yang akurat telah menjadi tantangan signifikan secara historis. Peramalan cuaca modern telah berkembang untuk mengintegrasikan model komputer yang canggih, data dari balon atmosfer dan satelit, serta wawasan dari pengamatan lokal. Metode-metode ini telah menghasilkan prediksi yang cukup tepat. Kebanyakan model peramalan bergantung pada rumus matematika yang kompleks, tetapi Jaringan Saraf Buatan (Artificial Neural Networks - ANN) menawarkan alternatif dinamis, menyesuaikan strukturnya berdasarkan data yang masuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara menyeluruh efektivitas ANN dalam prediksi cuaca. Penelitian ini mengeksplorasi keuntungan ANN dibandingkan model tradisional, meninjau berbagai metodologi, dan mendokumentasikan kemajuan terkini di bidang ini. Tujuan utamanya adalah untuk mengkonsolidasikan temuan penelitian untuk menyoroti kemajuan yang telah dicapai dalam meningkatkan peramalan cuaca melalui ANN.

Kata kunci: . Jaringan Saraf Konvolusional, Jaringan Saraf Tiruan, Ramalan Cuaca.

PENDAHULUAN

Tujuan utama dari studi literatur ini adalah untuk secara komprehensif mengeksplorasi kemajuan, aplikasi, dan dampak Jaringan Saraf Konvolusional (Convolutional Neural Networks - CNN) dalam bidang ramalan cuaca. Dalam dunia yang terus berkembang, kemampuan untuk memprediksi peristiwa masa depan memainkan peran penting dalam berbagai bidang, termasuk signifikansi khusus dalam ramalan cuaca. Negara-negara di seluruh dunia bergantung pada perencanaan strategis dan teknik penelitian modern untuk membuat keputusan yang berbasis pada prediksi harga, suhu, dan pola cuaca (Abhishek, Singh, Ghosh, & Anand, 2012; Al-Jumur, Kareem, & Yousif, 2021). Ramalan cuaca, sebagai disiplin ilmu yang didasarkan pada pengetahuan ilmiah, melibatkan penilaian kondisi iklim saat ini dan penerapan proses ilmiah untuk memprediksi perubahan atmosfer di masa mendatang (Kareem & Okur, 2020; Kareem, 2020). Terutama, ini memerlukan analisis cerdas dari data statistik untuk mengidentifikasi pola dan menetapkan aturan berdasarkan data historis (Maqsood, Khan, Abraham, & Applications, 2004; Baboo & Shereef, 2010; Ismael, Youail, & Kareem, 2014). Kehidupan sehari-hari bergantung pada laporan cuaca untuk membuat keputusan sehari-hari, seperti memilih pakaian yang sesuai. Ramalan cuaca memungkinkan kita untuk menjadwalkan aktivitas, merencanakan dengan tepat, dan beradaptasi dengan kondisi buruk seperti hujan lebat, salju, atau hujan es yang dapat berdampak signifikan pada kegiatan luar ruangan (Ismael, Kareem, & Almkhtar, 2020; Deo & Şahin, 2015). Mengingat dampaknya yang mendalam terhadap masyarakat, ramalan cuaca telah menarik perhatian dari peneliti di berbagai bidang.

Penerapan Jaringan Saraf (NN) menawarkan potensi untuk meramalkan berbagai proses, asalkan data yang cukup tersedia untuk membangun model yang akurat (Mohammed, Kareem, al azzawi, & Sivaram, 2018). NN mampu mengungkap pola dan hubungan yang rumit yang mungkin melewati metode tradisional (Kakar et al., 2018), menjadikannya sangat cocok untuk mengatasi tantangan ramalan cuaca. Banyak studi dan upaya penelitian telah menjelajahi penggunaan jaringan saraf buatan (ANN) dan convolutional neural networks (CNN) untuk meningkatkan akurasi prediksi cuaca. Data cuaca sering menunjukkan pola yang non-linear dan tidak teratur, membuat teknik konvensional kurang efektif. Namun, ANN telah muncul sebagai pendekatan yang kuat untuk meningkatkan keandalan dan ketepatan (Kareem, 2020), berkat perkembangannya yang pesat dalam ranah pembelajaran mesin (Kareem & Okur, 2019; Kareem, Okur, & Yousif, 2020). Yang membedakan ANN dari metode lain adalah kemampuannya untuk menggunakan berbagai algoritma untuk mengurangi kesalahan, menghasilkan data yang sangat mirip dengan realitas (Kareem & Okur, 2020). Dengan memanfaatkan data terbaru, jaringan telah dikembangkan untuk meramalkan tren cuaca di masa depan (Narvekar & Fargose, 2015).

Ramalan cuaca, terutama untuk aplikasi real-time seperti perencanaan iklim harian dan mingguan, sangat bergantung pada kinerja model. Oleh karena itu, keandalan data menjadi faktor kritis dalam proses prediksi ini (Kareem, 2021). Bagian kedua dari makalah ini membahas berbagai tantangan dan pertimbangan yang diperlukan untuk mencapai hasil yang dapat diandalkan. Sisa makalah ini disusun sebagai berikut: bagian pertama memperkenalkan pentingnya umum dari ramalan cuaca, sementara bagian kedua memberikan tinjauan literatur komprehensif tentang aplikasi praktis CNN dan ANN dalam prediksi cuaca. Bagian ketiga menguraikan metodologi yang digunakan, diikuti oleh diskusi hasil dalam bagian empat. Akhirnya, bagian lima menawarkan kesimpulan dari studi ini.

LITERATURE REVIEW

Jaringan Saraf (NN) telah muncul sebagai alat penting yang memiliki dampak besar pada prediksi cuaca. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Luk, Ball, dan Sharma (2001), mereka menjelaskan tantangan besar yang terkait dengan perkiraan curah hujan yang dapat diukur. Tantangan ini berasal dari sifat dinamis curah hujan, yang ditandai dengan variasi temporal dan spasial yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu udara, arah angin, dan tekanan atmosfer. Kompleksitas fenomena atmosfer yang menyebabkan curah hujan, bersama dengan keterbatasan dalam memperoleh data dengan resolusi yang dibutuhkan, membuat model berbasis fisik menjadi kurang praktis. Namun, kemajuan dalam kecerdasan buatan, terutama dalam teknik pengenalan pola, telah menawarkan pendekatan yang lebih efektif. Studi ini mengusulkan penggunaan ANN untuk memprediksi distribusi spasial air dalam suatu daerah tangkapan air dengan mengeksplorasi tiga tipe ANN yang berbeda: Multilayer Feedforward NNs, Partial RNNs (Elman), dan Time-Delay NNs (TDNN) karena kemampuan pemrosesan informasi dan keandalan mereka (Johari, Rahman, & Musirin, 2007).

Pengembangan sistem pintar berbasis jaringan syaraf tiruan untuk peramalan radiasi matahari dijelaskan oleh Johari, Rahman, dan Musirin (2007). Sistem ini memanfaatkan data seperti indeks aerosol untuk memprediksi radiasi matahari pada hari berikutnya dengan menggunakan metode Non-linear Auto-Regressive with exogenous inputs (NARX). Berbagai faktor termasuk suhu, ketinggian, dan arah angin diintegrasikan untuk membuat model prediktif untuk pembangkit listrik fotovoltaik tiga jam sebelumnya, dengan ketepatan yang diukur menggunakan metrik statistik seperti Mean Square Error (MSE)..

Penelitian yang dilakukan oleh Shank dan McClendon (2008), penulis membahas bagaimana Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dapat digunakan untuk memprediksi frekuensi sambaran petir dengan mengintegrasikan data historis sambaran petir dengan informasi meteorologis. ANN digunakan karena kemampuan pengenalan polanya untuk membedakan pola dalam data. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan NN Propagasi Balik 2 lapis, prediksi sambaran petir bisa dilakukan setidaknya empat jam sebelum kejadian. Evaluasi yang ketat meliputi berbagai arsitektur jaringan, fungsi aktivasi, dan algoritma pelatihan, dan berakhir pada pemilihan konfigurasi jaringan yang menunjukkan kinerja dan akurasi prediksi yang luar biasa. Teknik pasca-pemrosesan juga diterapkan untuk meningkatkan kemampuan prediksi.

Elhoseiny, Huang, dan Elgammal (2015) menyajikan studi perbandingan yang berfokus pada algoritma jaringan syaraf tiruan untuk prediksi aliran sungai jangka pendek. Empat algoritma ANN yang berbeda, yaitu Conjugate Gradient (ANN-CG), Backpropagation (ANN-BP), Levenberg – Marquardt (ANN-LM), dan Cascade Correlation (ANN-CC), diterapkan pada data aliran terus menerus dari Sungai North Platte di Amerika Serikat untuk prediksi jangka pendek. Tujuan penelitian

ini adalah untuk menilai dan membandingkan kinerja varian ANN ini dalam konteks prediksi aliran sungai.

Penelitian yang dilakukan oleh Liu et al. (2016) berfokus pada penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk memprediksi suhu titik embun 1 hingga 12 jam sebelumnya dengan memanfaatkan data cuaca historis sebagai input. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model prediksi umum suhu titik embun untuk wilayah Georgia dengan menggunakan ANN tiga lapis dengan propagasi mundur. Selama tiga tahun, data suhu dari 20 lokasi berbeda di Georgia dikumpulkan. Proses penelitian mencakup tugas-tugas seperti mengkompilasi input iklim yang relevan, menetapkan parameter ANN, dan menentukan jumlah data masukan historis yang akan digunakan. Parameter iklim utama yang dipertimbangkan termasuk kelembapan relatif, radiasi matahari, kecepatan angin, tekanan atmosfer, dan tegangan permukaan, yang semua diidentifikasi melalui iterasi pengujian. Suhu titik embun memiliki dampak signifikan dalam berbagai aspek seperti pertanian, pengoperasian mesin, kondisi bangunan, serta kesehatan manusia dan hewan, membuat prediksi yang akurat menjadi penting untuk pengambilan keputusan di bidang pertanian.

Yadav et al. (2018) menyelidiki pemanfaatan Convolutional Neural Networks (CNNs) dalam mengklasifikasikan pola cuaca dari gambar. Penelitian ini membandingkan efektivitas CNN yang dilatih khusus untuk cuaca dengan model yang telah dilatih pada ImageNet dalam klasifikasi pola cuaca, menunjukkan keunggulan CNN dalam tugas ini. Penelitian ini juga melibatkan analisis mendalam terhadap perilaku setiap lapisan dalam CNN, memberikan wawasan yang berguna untuk pengembangan lebih lanjut dalam teknologi ini.

Penelitian oleh Shi, Li, Gu, dan Zhao (2018) mengeksplorasi potensi pembelajaran mendalam untuk mengidentifikasi pola cuaca ekstrem dari dataset iklim. Arsitektur CNN yang mendalam dikembangkan khusus untuk mendeteksi fenomena seperti siklon tropis, front cuaca, dan sungai atmosfer, merupakan aplikasi pertama dari CNN mendalam dalam pengenalan pola iklim. Pendekatan ini menawarkan solusi untuk beberapa tantangan yang ada dalam deteksi pola dalam ilmu iklim. Dengan menghasilkan model langsung dari data yang ada, pendekatan ini mengurangi ketergantungan pada ambang batas subjektif yang biasanya digunakan untuk mendeteksi peristiwa iklim. Hasil ini diharapkan dapat membantu dalam memahami tren cuaca ekstrem di masa sekarang dan masa depan, terutama dalam konteks perubahan iklim. Pada konteks yang berbeda, Yadav dan Malik (2019) membahas peramalan kecepatan angin jangka pendek, dengan menggunakan berbagai algoritma ANN seperti Regularisasi Bayesian, Gradien Konjugasi Berskala, dan Propagasi Balik Levenberg-Marquardt di Ladang Angin Lelystad. Karena dampak signifikan kecepatan angin terhadap penerapan energi angin skala besar, prediksi yang akurat menjadi sangat penting. Meskipun kurva kecepatan angin harian bersifat sangat fluktuatif dan sulit diprediksi, model ANN berhasil menunjukkan prediksi yang efektif, menjadikannya alat yang sangat berguna untuk perencanaan energi angin.

Penelitian yang dilakukan oleh Avanzato dan Beritelli (2020) mengeksplorasi implementasi pendekatan Neural Network (NN), khususnya melalui penggunaan Convolutional Neural Networks (CNNs), untuk mengatasi kompleksitas dalam memprediksi curah hujan saat ini dengan fokus pada ekstrapolasi gema radar. Mereka memperkenalkan ekstrapolasi gema radar sebagai masalah prediksi urutan spasial-temporal dan memperkenalkan model CNN baru, RDCNN. Model ini menggabungkan RDSN dan PPL dalam struktur siklik melalui lapisan tersembunyi, meningkatkan kapasitasnya dalam memproses gambar radar. Hasil percobaan menunjukkan efektivitas RDCNN dalam ekstrapolasi gema radar, terutama dalam menghadapi kasus-kasus perbatasan yang menantang. Pada konteks yang serupa, Bou-Rabee et al. (2020) mengembangkan model Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk memprediksi kecepatan angin hingga satu jam sebelumnya, dengan fokus khusus pada wilayah pegunungan di India. Studi ini memanfaatkan data kecepatan angin yang dirata-ratakan setiap 10 menit dan menggunakan metrik evaluasi seperti Mean Absolute Error (MAE), Mean Error (ME), Mean Square Error (MSE), dan Root Mean Square Error (RMSE) untuk mengukur kinerja model ANN. Penelitian ini berpotensi untuk diterapkan dalam pemantauan tenaga angin secara real-time.

Studi yang dilakukan oleh Weyn, Durran, dan Caruana (2020) mengusulkan sebuah alat pengukur hujan akustik baru yang berbasis Convolutional Neural Networks (CNN). Penelitian ini fokus pada analisis karakteristik numerik dan persepsi akustik yang dihasilkan oleh hujan pada berbagai tingkat intensitas. Dengan menggunakan pengaturan yang melibatkan pengocok plastik dan mikrofon, sistem ini berhasil mencapai tingkat akurasi yang luar biasa sebesar 93%, menunjukkan responsivitas yang tinggi terhadap perubahan intensitas curah hujan. Alat ini menawarkan alternatif yang menarik untuk alat pengukur hujan tradisional dengan kelebihan seperti minimnya kebutuhan perawatan dan kemudahan integrasi dengan sistem jaringan yang ada.

Trebing dan Mehrkanon (2020) memperkenalkan metode hibrida yang inovatif untuk prediksi kapasitas tenaga angin dan pembangkitan listrik, dengan memanfaatkan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dan Particle Swarm Optimization (PSO). Pendekatan ini, yang diterapkan pada data dari lokasi pesisir Kuwait, mengungguli model berbasis ANN konvensional dalam akurasi prediksi kecepatan angin, menawarkan wawasan yang berharga untuk optimasi kinerja dan potensi finansial energi angin.

Rahul, Singh, dan Dubey (2020) mengembangkan sistem prediksi cuaca berbasis data internasional yang menggunakan Deep Convolutional Neural Networks (CNN) untuk memprediksi variabel atmosfer secara global. Model ini, yang memperkenalkan inovasi seperti proyeksi kepadatan offline ke sistem bola kubus dan penyempurnaan model CNN, berhasil menghasilkan prediksi cuaca yang andal untuk jangka waktu yang panjang, menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan model tradisional dalam hal ketahanan dan akurasi. CNN berbasis data ini juga menunjukkan kemampuan prediksi yang kuat untuk tren suhu permukaan yang kompleks dan pola musiman.

Studi yang dilakukan oleh Hasan, Ullah, Khan, dan Khurshid (2019) memperkenalkan model baru untuk prediksi kecepatan angin berdasarkan Convolutional Neural Networks (CNNs). Model ini menunjukkan efektivitas yang signifikan dalam menangkap evolusi arah angin secara spatiotemporal, melampaui performa sistem tradisional yang berbasis CNN. Perbedaan utama dari model ini terletak pada pemanfaatan aspek-aspek beragam dari data masukan untuk menangkap interaksi dinamis yang mendasarinya. Kerangka kerja yang inovatif ini dirancang untuk memahami konsep prakiraan angin baru dengan mengintegrasikan informasi cuaca historis yang kompleks. Peneliti melakukan pengujian model menggunakan data cuaca nyata dari kota-kota di Denmark dan Belanda, membandingkan berbagai konfigurasi model CNN dalam dua dan tiga dimensi terhadap model yang mereka kembangkan.

Kumar, Rizwan, dan Nangia (2018) menyoroti pentingnya kondisi lingkungan seperti suhu minimum, laju curah hujan, tekanan udara, suhu tertinggi, dan strain dalam konteks pertanian. Mereka menekankan bahwa teknologi prediksi cuaca yang akurat, khususnya di negara-negara seperti India, dapat meningkatkan produktivitas tanaman, memberikan manfaat signifikan bagi petani dan sektor manufaktur. Penelitian ini mengusulkan penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) sebagai metode yang efektif untuk memproses dan memprediksi pola cuaca nonlinier, dengan tujuan merancang kerangka kerja yang ramah pengguna dan akurat. Fokus utama dari penelitian ini adalah pada pengembangan arsitektur ANN yang efisien, pemilihan dataset yang tepat, dan identifikasi variabel masukan kunci untuk memastikan akurasi prediksi yang tinggi.

METODE

Dalam makalah tinjauan komprehensif ini, kami telah mengevaluasi dengan cermat dua desain sistem Jaringan Neural (NN) yang berbeda untuk penerapannya sebagai model prediksi cuaca dalam konteks konsumsi energi. Setiap model sistem menghadirkan keunggulan unik dan biaya terkait, menawarkan wawasan mengenai kesesuaiannya untuk tugas prakiraan cuaca tertentu.

Model sistem pertama berpusat pada Artificial Neural Networks (ANN), yang memanfaatkan kekuatan berbagai algoritma, termasuk pemanfaatan Long Short-Term Memory (LSTM), sebuah komponen dari keluarga Recurrent Neural Network (RNN) atau penyempurnaan. Jaringan LSTM unggul dalam menangani beragam data deret waktu, menjadikannya cocok untuk tugas-tugas yang melibatkan pemrosesan, klasifikasi, dan perkiraan berdasarkan informasi temporal. Dalam evaluasi kami, kami menerapkan LSTM untuk memperkirakan kecepatan angin harian, dan menunjukkan kinerjanya yang kuat bahkan di tengah fluktuasi cuaca yang tidak terduga. Selain itu, kami mengeksplorasi penerapan NARX, algoritma lain dalam kerangka ANN. Namun, ketika mencoba mencapai prakiraan tepat untuk jangka waktu tiga jam dengan menggunakan kelembapan, suhu, dan kecepatan angin sebagai masukan, hasilnya kurang meyakinkan.

Model sistem kedua yang kami pertimbangkan adalah Convolutional Neural Networks (CNN), yang relevan dalam berbagai aplikasi prediksi cuaca. Ketika diterapkan pada tantangan prediksi kecepatan angin, CNN menunjukkan kemampuan untuk membedakan evolusi spatiotemporal data kecepatan angin dengan mempelajari interaksi input-output dinamis yang mendasari berbagai dimensi data input. Namun, perlu dicatat bahwa penerapan CNN untuk memprediksi grid global variabel atmosfer sederhana memerlukan akses ke kumpulan data yang substansial, sebuah proses yang memakan waktu yang biasanya ditemui dalam aplikasi dunia nyata.

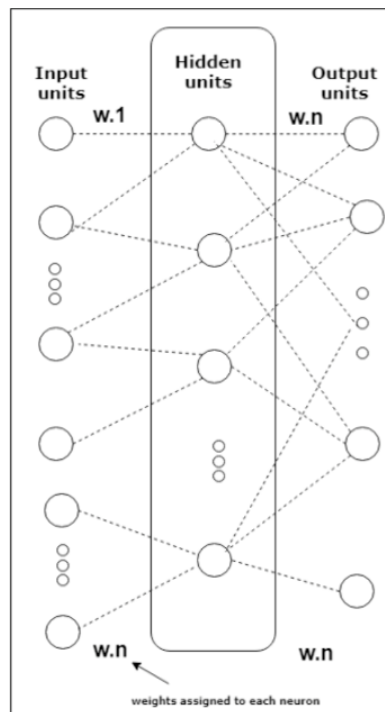
Singkatnya, bagian metodologi ini memberikan gambaran umum pendekatan kami dalam mengevaluasi desain sistem NN untuk prediksi cuaca, menyoroti kekuatan, kelemahan, dan kesesuaiannya untuk tugas peramalan tertentu.

Artificial Neural Network - ANN

Artificial Neural Network (ANN) merupakan model yang dirancang untuk meniru fungsi otak manusia, memungkinkan mesin untuk belajar dari data dan membuat prediksi atau keputusan berdasarkan input yang diterima. ANN memiliki aplikasi yang luas, melintasi berbagai disiplin ilmu seperti matematika, teknik, kesehatan, keuangan, geologi, meteorologi, dan banyak lagi, berkat arsitektur adaptifnya yang terdiri dari node-node yang terhubung dalam lapisan masukan, tersembunyi, dan keluaran (Kumar, Rizwan, & Nangia, 2018; Moradi & Zulkernine, 2004).

Keunggulan ANN terletak pada kemampuannya untuk mengestimasi fungsi yang kompleks tanpa harus mendefinisikan hubungan fisik antara input dan output secara eksplisit, membuatnya sangat berguna dalam situasi dimana mekanisme yang mendasari suatu fenomena tidak sepenuhnya dipahami, seperti dalam prediksi cuaca (Şahin, 2012). Model ANN belajar dari pengalaman, mengumpulkan pengetahuan yang kemudian digunakan untuk membuat pemetaan numerik dari input ke output, memfasilitasi pembuatan prediksi atau proyeksi masa depan (LeCun, Bengio, & Hinton, 1995).

Ketersediaan data yang relevan dan cukup merupakan kunci untuk pelatihan dan pengujian model ANN, memastikan efektivitasnya dalam memprediksi variabel tertentu atau menyelesaikan masalah yang ditargetkan (Morid, Smakhtin, & Bagherzadeh, 2007). Dengan demikian, fleksibilitas dan kemampuan adaptasi ANN menjadikannya alat yang berharga dalam menghadapi tantangan pemodelan yang kompleks di berbagai bidang aplikasi.



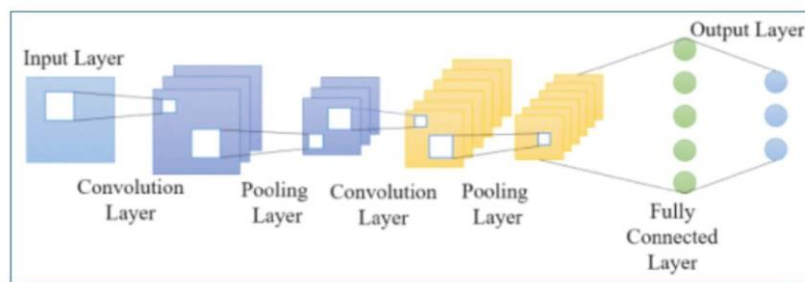
Gambar 1. Arsitektur Umum ANN [8].

Convolution Neural Network - CNN

Convolutional Neural Network (CNN) adalah jenis jaringan saraf yang dirancang khusus untuk pemrosesan data dalam topologi grid [40]. CNN telah mendapatkan daya tarik yang signifikan dalam literatur, khususnya untuk tugas-tugas seperti pengenalan gambar dan berbagai aplikasi visi komputer. Salah satu ciri khas CNN adalah pemanfaatan operasi linier tertentu yang disebut konvolusi, yang memainkan peran penting dalam pemrosesan data. Meskipun gambar biasanya direpresentasikan sebagai grid 2D, tipe data lainnya, seperti data deret waktu seperti data konsumsi energi, dapat direpresentasikan sebagai grid 1D (Amarasinghe, Marino, & Manic, 2017; LeCun, Bengio, & Hinton, 2015). CNN unggul dalam ekstraksi fitur, menangkap pola dan informasi yang

relevan dari data masukan, yang kemudian dimasukkan ke dalam algoritma klasifikasi tradisional. Arsitektur pembelajaran mendalam CNN terdiri dari serangkaian lapisan yang saling berhubungan, yang mencakup operasi dasar seperti konvolusi dan sub-sampling, yang berpuncak pada serangkaian lapisan yang terhubung sepenuhnya yang beroperasi mirip dengan jaringan syaraf tiruan (JST) konvensional. CNN telah muncul sebagai standar de facto untuk mengatasi beragam masalah dalam bidang visi komputer, klasifikasi pola, dan pengenalan gambar. Namun, penting untuk dicatat bahwa melatih jaringan CNN dari awal biasanya memerlukan akses ke kumpulan data yang besar, sebuah proses yang memakan waktu yang sering ditemui dalam aplikasi dunia nyata (Chaabani et al., 2018).

Dalam konteks prakiraan cuaca, CNN telah diterapkan untuk memecahkan masalah klasifikasi cuaca. Beberapa faktor berkontribusi terhadap pilihan penggunaan CNN untuk tujuan ini. CNN memiliki kemampuan untuk menangkap pemetaan nonlinier kompleks antara domain berbeda, seperti ruang fitur dan ruang label. Deep CNN, khususnya, telah menunjukkan kemampuan diskriminatif yang kuat dalam berbagai teknik deskripsi dan klasifikasi gambar. Selain itu, CNN dicirikan oleh kesederhanaan dan kejelasan arsitekturnya, memungkinkan klasifikasi cuaca yang efisien tanpa memerlukan fitur yang direkayasa secara manual. Meskipun sebagian besar penelitian CNN berpusat pada deteksi dan pengenalan objek, prakiraan cuaca menghadirkan tantangan tersendiri. Klasifikasi cuaca lebih sensitif terhadap variabel lingkungan seperti kondisi pencahayaan, kondisi cuaca, dan sinar matahari, dibandingkan dengan detail terkait objek seperti warna dan ukuran (Yadav et al., 2018).



Gambar 2. Kerangka Dasar CNN [37].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan tinjauan literatur komprehensif yang disajikan sebelumnya, kami telah mengumpulkan wawasan dan temuan dari penelitian sebelumnya, lalu merangkumnya dalam Tabel 1 di bawah ini untuk memfasilitasi penilaian yang jelas dan komparatif terhadap model yang dipilih.

Tabel 1. Hasil Aplikasi Prakiraan Cuaca Memanfaatkan Algoritma ANN dan CNN

Method/Model	Objektif	Hasil Signifikan
CNN	Klasifikasi Cuaca melalui Pengenalan Gambar	Hasilnya menunjukkan superioritas yang signifikan dibandingkan dengan teknologi terkini, mencapai akurasi sebesar 82,2% dibandingkan dengan 53,1% (Yadav et al., 2018).
ANN	Prediksi Kecepatan Angin Jangka Pendek untuk Pembangkitan Listrik	Evaluasi model ANN pada 10, 20, 30 menit, dan 1 jam ke depan dari peramalan mengindikasikan bahwa kesalahan prediksi selama 10 menit adalah yang terendah di antara interval waktu yang diuji (Bou-Rabee et al., 2020).
CNN	Estimasi Tingkat Curah Hujan yang Tepat	Model ini menunjukkan kinerja yang baik dalam merespons perubahan tiba-tiba dalam distribusi hujan, memperlihatkan efektivitasnya dalam estimasi tingkat curah hujan (Weyn et al., 2020).

ANN	Potensi Energi Angin Menggunakan Model Hybrid	Model peramalan secara konsisten menunjukkan akurasi yang signifikan yang lebih tinggi dalam memprediksi potensi energi angin di semua lokasi yang dievaluasi (Trebing et al.,2020).
CNN	CNN Multidimensional untuk Prediksi Kecepatan Angin	Model yang diusulkan menunjukkan kemampuan untuk meramalkan kecepatan angin dengan akurasi yang lebih tinggi beberapa langkah waktu ke depan (Hasan et al., 2018).
ANN	Jaringan Saraf Tiruan untuk Prediksi Cuaca	Dengan desain yang ditingkatkan, model ANN ini mencapai prediksi cuaca dengan tingkat kesalahan yang lebih rendah dan akurasi yang lebih baik (Kumar et al., 2018).

KESIMPULAN

Prakiraan cuaca merupakan salah satu tantangan paling rumit dalam penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk memprediksi kondisi cuaca di wilayah tertentu. Ini melibatkan prediksi hasil akurat yang memiliki kegunaan praktis di berbagai aplikasi waktu nyata. Kompleksitas yang melekat pada parameter yang terlibat dalam prediksi cuaca, yang masing-masing memiliki rentang nilainya sendiri, menambah tantangan yang ada. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) telah muncul sebagai solusi yang menjanjikan untuk mengatasi kompleksitas ini. ANN mahir dalam mengenali parameter masukan yang rumit dan, melalui pelatihan, menghasilkan pola cerdas yang dimanfaatkan untuk merumuskan perkiraan. Tinjauan ini memberikan penilaian komparatif terhadap akurasi dan kinerja Convolutional Neural Networks (CNN) dan ANN dalam konteks prediksi cuaca. Baik CNN maupun ANN menunjukkan karakteristik dan fitur berbeda yang membedakan keduanya. Oleh karena itu, sangat penting untuk memahami perbedaannya secara komprehensif untuk membuat keputusan yang tepat mengenai penggunaannya dalam proses peramalan. ANN, dengan kapasitasnya untuk mendeteksi secara tidak langsung interaksi nonlinier kompleks antara variabel dependen dan independen, menunjukkan potensi untuk mencapai tingkat akurasi yang sebanding dengan CNN, khususnya dalam tugas klasifikasi data. Khususnya, solusi CNN sering kali menuntut penambahan kumpulan data dan bersaing dengan persyaratan penyimpanan dan perangkat keras, sehingga kurang cocok untuk tantangan klasifikasi data. Eksperimen dengan berbagai bentuk ANN, termasuk algoritma Long Short-Term Memory (LSTM), Multilayer Perceptron (MLP), dan Backpropagation (BP), menunjukkan bahwa ANN secara konsisten mengungguli CNN dalam hal kinerja. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ANN adalah pilihan yang lebih baik untuk tugas prediksi cuaca. Meskipun mempunyai kompleksitas yang melekat, mendapat manfaat yang signifikan dari kemampuan ANN, yang menawarkan cara efektif untuk mengatasi interaksi parameter yang rumit dan menghasilkan prediksi yang akurat. Pemilihan model yang paling sesuai, baik itu ANN atau CNN, harus dilakukan dengan pemahaman yang komprehensif mengenai kekuatan dan keterbatasan masing-masing, dipandu oleh persyaratan khusus dari masalah peramalan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdalwahid, S. M. J., Kareem, S. W., & Yousif, R. Z. (2020). An approach for enhancing data confidentiality in Hadoop. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 20(3), 1547-1555.
- Abhishek, K., Singh, M., Ghosh, S., & Anand, A. (2012). Weather forecasting model using artificial neural network. *Procedia Technology*, 4, 311-318.
- Al-Jumur, S. M. R. K., Kareem, S. W., & Kareem, R. Z. Y. (2021). Predicting temperature of Erbil city applying deep learning and neural network. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 22(2), 944-952.
- Amarasinghe, K., Marino, D. L., & Manic, M. (2017). Deep neural networks for energy load forecasting. In *IEEE*.
- Avanzato, R., & Beritelli, F. J. I. (2020). An innovative acoustic rain gauge based on convolutional neural networks. *p.* 183, November 4.
- Balsamo, G., Salgado, R., Dutra, E., Boussetta, S., Stockdale, T., & Potes, M. (2012). On the contribution of lakes in predicting near-surface temperature in a global weather forecasting model. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 64(1).

- Bou-Rabee, M., Lodi, K. A., Ali, M., Ansari, M. F., Tariq, M., & Sulaiman, S. A. J. I. A. (2020). One-Month-Ahead Wind Speed Forecasting Using Hybrid AI Model for Coastal Locations. *pp.* 198482-198493, August.
- Chaabani, H., Werghe, N., Kamoun, F., Taha, B., & Outay, F. J. (2018). Estimating meteorological visibility range under foggy weather conditions: A deep learning approach. *Procedia Computer Science*, 141, 478-483
- Deo, R. C., & Şahin, M. (2015). Application of the artificial neural network model for prediction of monthly standardized precipitation and evapotranspiration index using hydrometeorological parameters and climate indices in eastern Australia. *Atmospheric Research*, 161-162, 65-81.
- Elhoseiny, M., Huang, S., & Elgammal, A. (2015). Weather classification with deep convolutional neural networks. In *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 3349-3353.
- Floor, L., Batina, L., & Larson, M. (2020). Ensemble Learning with small machine learning algorithms for Network Intrusion Detection. 2020.
- Hasan, M., Ullah, S., Khan, M. J., & Khurshid, K. J. (2019). Comparative analysis of SVM, ANN, and CNN for classifying vegetation species using hyperspectral thermal infrared data. *Journal of the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*.
- Ismael, R. S., Youail, R. S., & Kareem, S. W. (2014). Image encryption by using RC4 algorithm. *European Academic Research*, 4(2), 5833-5839.
- Ismael, S. H., Kareem, S. W., & Almkhtar, F. H. (2020). Medical Image Classification Using Different Machine Learning Algorithms. *AL-Rafidain Journal of Computer Sciences and Mathematics*, 14(1), 135-147.
- Johari, D., Rahman, T. K. A., & Musirin, I. (2007). Artificial neural network based technique for lightning prediction. In *5th Student Conference on Research and Development*. IEEE, 1-5.
- Kakar, S. A., Sheikh, N., Naseem, A., Iqbal, S., Rehman, A., Kakar, A. U., ... & Khan, B. (2018). Artificial neural network based weather prediction using Back Propagation Technique. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(8), 462-470.
- Kareem, S. W., & Okur, M. C. (2018). Bayesian Network Structure Learning Using Hybrid Bee Optimization and Greedy Search. *Çukurova University, Adana, Turkey*.
- Kareem, S. W., & Okur, M. C. (2019). Pigeon Inspired Optimization of Bayesian Network Structure Learning and a Comparative Evaluation. *Journal of Cognitive Science*, 20(4), 535-552.
- Kareem, S. W., & Okur, M. C. (2020). Structure Learning of Bayesian Networks Using Elephant Swarm Water Search Algorithm. *International Journal of Swarm Intelligence Research*, 11(2), 19-30.
- Kiş, Ö. (2007). Streamflow forecasting using different artificial neural network algorithms. *Journal of Hydrologic Engineering*, 12(5), 532-539.
- Kumar, A., Rizwan, M., & Nangia, U. (2018). Artificial neural network based model for short term solar radiation forecasting considering aerosol index. In *2nd IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEIES)*, 212-217.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (1995). Convolutional networks for images, speech, and time series. *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*, 3361(10).
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- Liu, Y., et al. (2016). Application of deep convolutional neural networks for detecting extreme weather in climate datasets. In *International Conference on Advances in Big Data Analytics*, 81-88.
- Luk, K.C., Ball, J., & Sharma, A. (2001). An application of artificial neural networks for rainfall forecasting. *Mathematical and Computer Modelling*, 33(6-7), 683-693.
- Maqsood, I., Khan, M. R., & Abraham, A. (2004). An ensemble of neural networks for weather forecasting. *Neural Computing & Applications*, 13(2), 112-122.
- Mohammed, A. S., Kareem, S. W., Al azzawi, A. K., & Sivaram, M. (2018). Time Series Prediction Using SRE- NAR and SRE- ADALINE. *Journal of Advanced Research in Dynamical & Control Systems*, 10(12).
- Moradi, M., & Zulkernine, M. (2004). A neural network based system for intrusion detection and classification of attacks. In *IEEE*.
- Morid, S., Smakhtin, V., & Bagherzadeh, K. J. (2007). Drought forecasting using artificial neural networks and time series of drought indices. *Journal of Climate*, 27(15), 2103-2111.
- Narvekar, M., & Fargose, P. (2015). Daily Weather Forecasting using Artificial Neural Network. *International Journal of Computer Applications*, 9-13, December 2015.

- Okur, M. C., & Kareem, S. W. (2020). An Evaluation Algorithms for Classifying Leukocytes Images. In *7th International Engineering Conference Research & Innovation amid Global Pandemic (IEC2021)* Erbil, Iraq, 67-72.
- Rahul, G. K., Singh, S., & Dubey, S. (2020). Weather Forecasting Using Artificial Neural Networks. In *IEEE*.
- Şahin, M. J. (2012). Modelling of air temperature using remote sensing and artificial neural network in Turkey. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 50(7), 973-985.
- Shank, D., & McClendon, R. (2008). Dewpoint temperature prediction using artificial neural networks. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47(6), 1757-1769.
- Shereef, S. S. B., & Shereef, I. K. (2010). An efficient weather forecasting system using artificial neural network. *International Journal of Environment Science & Development*, 1(4), 321.
- Shi, E., Li, Q., Gu, D., & Zhao, Z. (2018). A method of weather radar echo extrapolation based on convolutional neural networks. In *International Conference on Multimedia Modeling*, Springer, 16-28.
- Trebing, K., & Mehrkanoon, S. (2020). Wind speed prediction using multidimensional convolutional neural networks. In *IEEE*.
- Weyn, J. A., Durran, D. R., & Caruana, R. J. (2020). Improving Data-Driven Global Weather Prediction Using Deep Convolutional Neural Networks on a Cubed Sphere. December 9.
- Yadav, A. K., & Malik, H. (2019). Short-term wind speed forecasting for power generation in Hamirpur, Himachal Pradesh, India, using artificial neural networks. In *Applications of Artificial Intelligence Techniques in Engineering: Springer*, 263-271.
- Yadav, A., Sahay, A., Yadav, M. R., Bhandari, S., Yadav, A., & Sahay, K. B. (2018). One hour Ahead Short-Term Electricity Price Forecasting Using ANN Algorithms. In *International Conference and Utility Exhibition on Green Energy for Sustainable Development*. IEEE, 1-4.