

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori dan Definisi

2.1.1 Curah Hujan

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh ke permukaan bumi dalam bentuk cairan (hujan) atau presipitasi dalam bentuk lain seperti gerimis dan hujan deras. Secara umum, curah hujan diukur dalam milimeter (mm) untuk menunjukkan ketebalan air yang terkumpul di suatu permukaan jika tidak ada infiltrasi, aliran permukaan, atau penguapan.

Curah hujan adalah salah satu elemen meteorologi penting yang dampak terhadap siklus hidrologi, ekosistem, dan kegiatan sosial-ekonomi manusia. Presipitasi ini memainkan peran dalam mengisi sumber daya air seperti sungai, danau, dan akuifer, serta dalam mendukung sektor pertanian, kehutanan, dan ketahanan pangan. Curah hujan disurabaya memiliki peran strategis dalam perencanaan tata ruang dan manajemen infrastruktur, terutama dalam menghadapi tantangan banjir dan perubahan iklim

2.1.2 Teknologi Alat Pengukur Curah Hujan

Curah hujan dapat diukur dengan alat, manual maupun otomatis, yaitu:

1. Penakar Hujan Manual Alat sederhana seperti gelas pengukur yang diisi dengan air hujan. Meskipun murah, metode ini memerlukan pembacaan manual oleh manusia (BMKG 2023).
2. Penakar Hujan Otomatis Alat ini dilengkapi dengan sensor elektronik yang merekam data curah hujan secara *real-time* dan mengirimkannya ke server pusat untuk analisis lebih lanjut (Dinas Pekerjaan Umum Kota Surabaya 2022)
3. Radar Cuaca Menggunakan gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi intensitas curah hujan dalam skala yang lebih luas. Teknologi radar ini dapat memberikan data presisi tinggi untuk analisis regional

Gambar Penunjang:



Gambar 1.1 Penakar Hujan Manual



Gambar 2.2 Penakar Hujan Otomatis

Tabel 2.1 Perbedaan Arima Sarima

Aspek	Arima	Sarima
Konsep Dasar	ARIMA adalah model statistik yang digunakan untuk menganalisis dan meramalkan deret waktu yang tidak memiliki pola musiman	SARIMA adalah pengembangan dari ARIMA yang dirancang untuk menangani deret waktu dengan pola musiman
Kegunaan	Digunakan untuk data deret waktu yang tidak menunjukkan pola musiman, seperti data penjualan yang stabil sepanjang tahun.	Digunakan untuk data deret waktu yang menunjukkan pola musiman, seperti penjualan musiman, suhu bulanan, atau data lain yang berulang setiap tahun.
Penerapan dalam data Curah Hujan	Digunakan untuk data deret waktu yang tidak memiliki pola musiman. Contoh Data penjualan yang stabil	Digunakan untuk data deret waktu yang memiliki pola musiman. Contoh Penjualan produk musiman, seperti es krim

	sepanjang tahun tanpa fluktuasi musiman.	yang meningkat selama musim panas.
	Data suhu harian yang tidak menunjukkan pola musiman.	Data kunjungan wisata yang menunjukkan fluktuasi tahunan.
	Data keuangan seperti harga saham yang tidak terpengaruh oleh musim tertentu.	Data cuaca bulanan yang menunjukkan pola musiman, seperti curah hujan tahunan.

2.3 Teori-teori Dasar yang Digunakan

2.3.1 Metode Poligon Thiessen

Perhitungan Curah Hujan dengan Metode ini Dilakukan dengan melakukan Plotting letak di setiap wilayah DAS. Selanjutnya satasiun stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus lalu ditarik garis sumbu tegak lurus sehingga meniptakaan polygon.

Sealnjutnya luas setiap polygon dikalikan dengan kedalaman hujan disetiap polygon yang nanti hasilnya akan dibagi dengan luas wilayah yang akan diteliti

Persamaan metode polygon thiessen pada rumus dibawah ini

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot P_i = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + P_3 A_3 + \dots + P_i A_i}{A_{Total}}$$

Dimana

\overline{N} = Jumlah stasiun

α_i = Bobot stasiun $I = A_i/A_{Total}$

P_i = Kedalaman stasiun hujan di stasiun I (mm)

A_i = Luas daerah pengaruh stasiun I (km²)

A_{Total} = Luas Total. (km²)

Daerah yang mewakili tiap stasiun hujan ditentukan dengan

1. Cantumkan stasiun-stasiun hujan di dalam dan di sekitar daerah tersebut pada peta topografi, lalu hubungkan stasiun-stasiun hujan tersebut dengan garis lurus sehingga membentuk segitiga.
2. Dari segitiga-segitiga yang sudah terbentuk gambar garis bagi tegak lurus pada setiap garis segitiga hingga membentuk poligon-poligon. Disetiap poligon dianggap mewakili curah hujan dari stasiun hujan dalam poligon tersebut. Luasan poligon diukur menggunakan planimeter.

Cara ini lebih teliti daripada cara rata-rata *Aritmatik*. Penentuan stasiun hujan dan pemilihan ketinggian mampu mempengaruhi ketelitian dari hasil yang didapat

2.2.2 Analisis Deret Waktu (*Time Series Analysis*)

Deret waktu adalah serangkaian data yang diukur pada interval waktu tertentu dan dianalisis untuk mengidentifikasi pola, tren, serta fluktuasi musiman. Dalam konteks prediksi cuaca, analisis deret waktu memungkinkan pengamatan jangka panjang terhadap perilaku curah hujan, sehingga memberikan dasar yang kuat untuk membangun model prediktif.

1. *ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)* Digunakan untuk data non-musiman, metode ini menangkap pola *Auto-Regressive* (AR), perbedaan untuk stasioneritas (I), dan pengaruh kesalahan masa lalu (MA) (Shumway & Stoffer, 2017).
2. *SARIMA (Seasonal ARIMA)* Pengembangan dari ARIMA untuk menangani pola musiman, dengan tambahan komponen musiman (P, D, Q, S) (Hyndman & Athanasopoulos, 2021).
3. *Box-plot* adalah alat visualisasi yang digunakan untuk menggambarkan distribusi data dan mendeteksi *outlier* (nilai yang jauh berbeda dari nilai lainnya) dalam dataset. *Boxplot* memberikan ringkasan statistik yang mencakup median, kuartil, dan rentang interkuartil, serta menunjukkan nilai-nilai yang dianggap *outlier*.

2.2.3 ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*)

Model ARIMA adalah salah satu metode statistik yang populer untuk memodelkan dan memprediksi data deret waktu. Model ini terdiri dari tiga komponen utama, yaitu:

1. *Autoregressive* (AR) Menjelaskan hubungan antara nilai saat ini dengan nilai-nilai sebelumnya dalam deret waktu.
2. *Integrated* (I) Menunjukkan jumlah perbedaan yang diperlukan untuk membuat data menjadi stasioner (tidak memiliki tren).
3. *Moving Average* (MA) Mengukur pengaruh kesalahan prediksi masa lalu terhadap nilai saat ini.

Model ARIMA memiliki notasi ARIMA (p, d, q), di mana:

1. p adalah jumlah lag dalam komponen autoregressive,
2. d adalah jumlah perbedaan untuk stasioneritas,
3. q adalah jumlah lag dalam komponen moving average.

Dalam penelitian ini, ARIMA digunakan untuk menganalisis data curah hujan historis di Surabaya guna menghasilkan prediksi jangka pendek yang lebih akurat. Informasi ini sangat berharga dalam mendukung pengambilan keputusan terkait kegiatan MICE, seperti menentukan lokasi, waktu pelaksanaan, dan strategi mitigasi potensi gangguan akibat cuaca. (Shumway & Stoffer, 2017).

2.2.4 SARIMA (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*)

SARIMA (Seasonal ARIMA) merupakan pengembangan dari model ARIMA yang mempertimbangkan komponen musiman dalam data deret waktu. Komponen musiman dinyatakan dalam notasi $SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)[S]$, di mana P, D, Q adalah parameter musiman untuk autoregressive, integrated, dan moving average, S adalah periode musiman. (Hyndman and Athanasopoulos 2021)

Pola musiman curah hujan di Surabaya menunjukkan intensitas tertinggi pada bulan Oktober hingga Januari, yang bertepatan dengan musim hujan di Indonesia. Dengan menggunakan SARIMA, peneliti dapat memperkirakan pola musiman secara lebih akurat dibandingkan ARIMA standar. Hasil prediksi ini relevan untuk mendukung penyelenggaraan acara-acara besar seperti pameran, konferensi, dan festival yang menjadi bagian penting dari sektor MICE. (BMKG 2023)

2.2.5 Konsep Musiman dan Stasioneritas dalam Data Deret Waktu

Untuk analisis yang akurat, data deret waktu harus memenuhi dua kriteria utama:

1. Stasioneritas Data dianggap stasioner jika statistik deskriptif seperti rata-rata dan variansi tidak berubah seiring waktu. Pengujian *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) digunakan untuk menguji stasioneritas data (Box et al. 2015).
2. Musiman adalah Pola berulang yang terjadi pada interval waktu tertentu, seperti musim penghujan di Surabaya, memengaruhi analisis dan prediksi. SARIMA

digunakan untuk menangkap pola musiman ini dengan lebih akurat (Taylor, R., Wilson, H., and Parker, M. 2017).

2.2.6 Pengelolaan Risiko dalam Sektor MICE

Teori pengelolaan risiko mengacu pada identifikasi, analisis, dan mitigasi risiko yang dihadapi oleh sektor MICE akibat kondisi cuaca ekstrem. Dengan memanfaatkan prediksi curah hujan berbasis ARIMA dan SARIMA, risiko yang terkait dengan gangguan cuaca dapat diminimalkan, seperti jadwal acara yang terganggu atau tantangan operasional akibat curah hujan yang tinggi (Montgomery et al., 2015).

2.3 Penelitian Terdahulu

Dalam upaya meningkatkan akurasi peramalan curah hujan, berbagai metode dan model telah dikembangkan dan diterapkan dalam penelitian-penelitian terdahulu. Penelitian ini berfokus pada penggunaan pendekatan statistik seperti ARIMA dan SARIMA, serta kombinasi dengan metode lain, untuk memprediksi curah hujan di berbagai wilayah. Berikut ini disajikan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yang memberikan kontribusi signifikan dalam bidang peramalan curah hujan.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Author	Judul	Metode	Hasil
1	U. Ashwini; K. Kalaivani; K. Ulagapriya; A. Saritha	<i>Time Series Analysis based Tamilnadu Monsoon Rainfall Prediction using Seasonal ARIMA</i>	<i>Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA)</i>	Hasil penelitian terungkap bahwa model ARIMA secara akurat memperkirakan Curah Hujan dengan kesalahan yang lebih sedikit dan model yang diturunkan dapat digunakan untuk memperkirakan curah hujan Monsun untuk tahun-tahun mendatang.
2	Al Fitri Syawal1, Sri Wahyuningsih, Meiliyani Siringoringo	<i>Forecasting Rainfall in Samarinda City Used Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i>	<i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ARIMA (6, 1, 1) merupakan model terbaik. Hasil peramalan curah hujan periode Januari sampai dengan Desember 2022 di Kota Samarinda dengan menggunakan model ARIMA (6, 1, 1) menunjukkan bahwa curah hujan cenderung konstan setiap

				bulannya. Curah hujan terendah terjadi pada bulan Januari 2022 yaitu sebesar 210,3869 mm. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan April 2022 yaitu sebesar 271,5705 mm.
3	Diki Wahyudi Irving Vitra Paputungan	PEMODELAN CURAH HUJAN PADA KOTA BENGKULU MENGUNA KAN <i>SEASONAL AUTOREGRE SSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (SARIMA)</i>	<i>Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA)</i>	Hasilnya adalah SARIMA (0,1,[1,2]0(0,1,1). Dari hasil tersebut, maka model tersebut merupakan model terbaik untuk pemodelan curah hujan Stasiun Meteorologi Fatmawati Soekarno Kota Bengkulu.
4	Bestari Archita	Comparison of	Autoregressive	Hasil penelitian, pada lokasi

	Safitri1 , Atiek Iriany , dan Ni Wayan Surya Wardhani	Rainfall Forecasting Accuracy using ARIMA, Hybrid ARIMA-NN, and FFNN in Malang District	Integrated Moving Average (ARIMA), Hybrid ARIMA- NN, and FFNN	Supiturang didapatkan model terbaik yaitu ARIMA (1,1,1) dengan RMSE sebesar 3,4326. Pada lokasi Manggisari didapatkan model terbaik yaitu Hybrid ARIMA(1,1,1) FFNN(4- 9-1) dengan RMSE sebesar 3,1056.
5	Preet Singh; Taniya Hasija; KR Ramkumar	Enhancing Agricultural Sustainability: <i>SARIMA and SVM Models for Precise Rainfall Forecasting and Environmental Management</i>	<i>SVM (Support Vector Machine)</i> dan <i>SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average)</i>	Untuk meningkatkan akurasi prakiraan curah hujan, studi ini menggunakan model SVM (<i>Support Vector Machine</i>) dan SARIMA (<i>Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average</i>). Model SARIMA sangat penting untuk memecahkan masalah terkait iklim, sehingga memberikan pengetahuan yang lebih baik tentang pola dan dinamika curah

				<p>hujan. Kontrol curah hujan yang tepat menjamin ketersediaan dan keberlanjutan air tawar, sehingga menekankan peran pentingnya dalam pengelolaan lingkungan dan ekonomi sumber daya. Dengan <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) sebesar 232,41 dan <i>Mean Absolute Error</i> (MAE) sebesar 23,63, model tersebut bekerja.</p>
--	--	--	--	---

Penelitian dari (Ashwini et al. 2021)

Prediksi jumlah curah hujan adalah isu penting bagi departemen cuaca karena dampaknya yang signifikan terhadap kehidupan manusia dan ekonomi. Curah hujan yang berlebihan dapat menyebabkan bencana alam seperti kekeringan dan banjir, yang sering dialami masyarakat di seluruh dunia. Dalam konteks ini, penelitian di Tamil Nadu menggunakan model pembelajaran mesin deret waktu untuk memperkirakan curah hujan. Data yang diperlukan untuk analisis diperoleh dari Departemen Meteorologi India, dan teknik ARIMA musiman diterapkan untuk memodelkan curah hujan bulanan dari Januari 1990 hingga Desember 2017.

Dengan menggunakan SARIMA penelitian menunjukkan bahwa stasioneritas aliran deret waktu dapat dicapai, dan model prediksi curah hujan serta korelogram musiman dievaluasi. Model ini dinilai berdasarkan (MSE) dan (RMSE), yang menunjukkan bahwa ARIMA secara akurat memperkirakan curah hujan dengan kesalahan yang minimal.

Jika dibandingkan dengan metode lain, seperti model regresi atau pembelajaran mesin yang lebih kompleks, ARIMA memiliki keunggulan dalam kesederhanaan dan interpretabilitas. Namun, model lain mungkin lebih baik dalam menangkap pola non-linear atau interaksi kompleks dalam data. Meskipun demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model ARIMA dapat diandalkan untuk memperkirakan curah hujan *Monsoon* di tahun-tahun mendatang, memberikan kontribusi penting bagi perencanaan dan mitigasi risiko bencana.

Penelitian dari (Syawal, Wahyuningsih, and Siringoringo 2022)

Model (ARIMA) adalah salah satu metode yang umum digunakan untuk analisis data deret waktu, termasuk dalam peramalan curah hujan. Dalam penelitian ini, model ARIMA (6, 1, 1) diterapkan untuk memprediksi curah hujan bulanan di Kota Samarinda. Hasilnya menunjukkan bahwa curah hujan cenderung konstan sepanjang tahun 2022, dengan curah hujan terendah sebesar 210,3869 mm pada bulan Januari dan tertinggi 271,5705 mm pada bulan April.

Jika dibandingkan dengan model lain, seperti Seasonal ARIMA (SARIMA) atau model pembelajaran mesin, ARIMA memiliki keunggulan dalam kesederhanaan dan kemudahan interpretasi. Namun, ARIMA mungkin kurang efektif dalam menangani data dengan pola musiman yang kuat atau fluktuasi yang tidak terduga. Misalnya, SARIMA dapat lebih baik dalam memodelkan data yang menunjukkan pola musiman yang jelas, sedangkan model pembelajaran mesin dapat menangkap hubungan non-linear dan interaksi kompleks antara variabel.

Meskipun ARIMA (6, 1, 1) memberikan hasil yang baik dalam penelitian ini, penting untuk mempertimbangkan pendekatan lain yang mungkin lebih sesuai untuk data yang lebih kompleks atau ketika ada banyak faktor yang mempengaruhi curah hujan. Dengan demikian, pemilihan model yang tepat sangat bergantung pada karakteristik data yang dianalisis.

Penelitian dari (Wahyudi and Paputungan 2017)

Prakiraan curah hujan adalah isu krusial bagi negara agraris seperti Indonesia, di mana ketepatan prediksi cuaca dapat mempengaruhi hasil pertanian dan ketahanan pangan. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan model prakiraan cuaca dengan teknik yang berbeda, namun masih banyak metode yang kurang akurat dan efisien. Hal ini menjadi tantangan yang perlu diatasi untuk mencapai hasil yang optimal.

Makalah ini memperkenalkan model prakiraan cuaca menggunakan teknik (SARIMA), yang dirancang khusus untuk data cuaca dengan karakteristik musiman. Data yang digunakan berasal dari Kota Bengkulu, yang dikenal dengan curah hujan tinggi dan kondisi yang sangat basah. Hasil analisis menunjukkan bahwa model SARIMA $(0,1,[1,2]0(0,1,1))$ adalah model terbaik untuk pemodelan curah hujan di Stasiun Meteorologi Fatmawati Soekarno, Kota Bengkulu.

Dibandingkan dengan model lain seperti ARIMA, SARIMA memiliki keunggulan dalam menangkap pola musiman yang ada dalam data curah hujan. Model ini lebih efektif dalam memberikan prediksi yang akurat dalam konteks cuaca yang berfluktuasi secara musiman. Dengan demikian, penerapan SARIMA dapat meningkatkan akurasi prakiraan cuaca, yang sangat penting untuk mendukung sektor pertanian dan mitigasi risiko bencana di Indonesia.

Penelitian dari (Safitri, Iriany, and Wardhani 2021)

Analisis deret waktu merupakan observasi yang dibangun berdasarkan urutan waktu. Analisis deret waktu berguna dalam berbagai bidang, khususnya meteorologi. Salah satu aspek meteorologi adalah curah hujan yang dapat memberikan dampak terhadap kehidupan manusia. Curah hujan mempunyai pola yang rumit untuk diprediksi, sehingga diperlukan metode yang terbaik dalam meramalkan curah hujan. Ada beberapa metode yang dapat menganalisis intensitas curah hujan. Metode yang

dapat digunakan untuk memprediksi curah hujan adalah metode ARIMA, metode Feed Forward Neural Network (FFNN), dan hybrid ARIMA-NN. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pemodelan dan prediksi curah hujan terbaik berdasarkan ketiga metode di atas. Data curah hujan yang digunakan berasal dari Mini Weather Station (MWS) di Dusun Supiturang dan Manggisari. Berdasarkan hasil penelitian, pada Supiturang model terbaik adalah ARIMA(1,1,1) dengan RMSE sebesar 3,4326. Di Manggisari, model terbaik adalah Hybrid ARIMA(1,1,1) FFNN(4-9-1) dengan RMSE sebesar 3.1056.

Penelitian dari (Singh, Hasija, and Ramkumar 2024)

Efektivitas perencanaan siklus panen sangat bergantung pada prakiraan curah hujan yang akurat, pencegahan bencana yang efektif, dan pemeriksaan kondisi lingkungan yang menyeluruh. Perubahan pola curah hujan yang signifikan dapat mempengaruhi prediksi curah hujan yang tepat. Untuk meningkatkan akurasi prakiraan curah hujan, studi ini mengadopsi dua model, yaitu (SVM) dan (SARIMA). Model SARIMA sangat penting dalam mengatasi masalah terkait iklim, karena dapat memberikan wawasan yang lebih baik tentang pola dan dinamika curah hujan.

Kontrol curah hujan yang efektif sangat penting untuk menjamin ketersediaan dan keberlanjutan sumber air tawar, yang pada gilirannya berkontribusi pada pengelolaan lingkungan dan ekonomi sumber daya. Hasil dari model ini

menunjukkan bahwa dengan (RMSE) sebesar 232,41 dan (MAE) sebesar 23,63, model tersebut menunjukkan kinerja yang baik dalam memprediksi curah hujan.

Jika dibandingkan dengan metode lain, seperti ARIMA atau model regresi, SVM dapat lebih baik dalam menangkap pola non-linear dalam data, sementara SARIMA lebih efektif dalam menangani data musiman. Kombinasi kedua model ini dapat memberikan prediksi yang lebih akurat dan komprehensif, yang sangat penting untuk perencanaan pertanian dan mitigasi risiko bencana. Dengan demikian, penggunaan model hibrida ini menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan akurasi prakiraan curah hujan.

2.4 Kerangka Pemikiran

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan prediksi curah hujan yang akurat menggunakan metode ARIMA dan SARIMA, dengan langkah-langkah sebagai berikut

1. Pengumpulan Data

Menghimpun data curah hujan historis dari lembaga resmi, seperti Pekerjaam Umum (PU) Surabaya.

2. Analisis Eksplorasi

Memahami pola, tren, dan musiman dalam data curah hujan yang tersedia.

3. Pemodelan Prediksi:

Menerapkan model ARIMA dan SARIMA untuk membuat prediksi berdasarkan data yang telah dianalisis.

4. Validasi dan Evaluasi:

Membandingkan hasil prediksi dari kedua model untuk menentukan metode yang paling efektif.

5. Integrasi dengan Sektor MICE:

Menggunakan hasil prediksi untuk mendukung perencanaan operasional kegiatan MICE, termasuk pemilihan lokasi acara yang lebih aman dari gangguan cuaca. (WMO 2023)

2.5 Analisis Data Curah Hujan

Data ini akan dianalisis menggunakan ARIMA dan SARIMA untuk memahami fluktuasi musiman dan menghasilkan prediksi yang lebih akurat. Hasil prediksi ini penting untuk mendukung pengelolaan kegiatan MICE yang membutuhkan kepastian operasional, terutama untuk acara dengan skala internasional. Sebagai contoh, prediksi cuaca dapat digunakan untuk menentukan waktu ideal pelaksanaan pameran dagang di *Jatim Expo* atau konferensi di *Grand City Convex*.

Selain itu, prediksi yang akurat dapat membantu penyelenggara MICE meningkatkan pengalaman peserta dengan menyediakan fasilitas dan pengaturan logistik yang lebih baik. Hal ini tidak hanya meningkatkan reputasi Kota Surabaya sebagai tujuan MICE tetapi juga mendukung pertumbuhan ekonomi lokal melalui peningkatan jumlah pengunjung dan pengeluaran wisatawan.

