

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data Curah Hujan

4.1.1 Deskripsi Data

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari sumber resmi seperti DPU Kota Surabaya. Dataset mencakup data curah hujan bulanan selama 10 (sepuluh tahun) terhitung dari tahun 2013 hingga 2023 dengan format CSV. Data ini mencakup tiga stasiun pos lokasi yaitu pos Wonokromo (**Tabel 4.1**) Pos Gubeng (**Tabel 4.2**) dan Pos Tandes (**Tabel 4.3**) yang mewakili wilayah strategis di Surabaya dan sekitarnya.

Ringkasan Data:

1. Lokasi Curah hujan di Wonokromo

Tabel 4.1 Data Pos Wonokromo

Bulan	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Jan	19.84	6.97	10.58	10.52	11.77	11.13	12.58	10.45	12.32	10.68	7.23
Peb	11.16	11	13.81	26.26	8.9	13.71	10.39	13.41	9.65	6.15	9.4
Mar	16.61	18.45	12	9.74	8.65	15.68	9.58	9.55	11.97	8.18	5.79
April	10.19	6.81	8.65	7.48	5.58	4.81	8.45	18.81	5.5	4.74	16.29
Mei	9.58	4.48	6.13	10.9	2.71	0.61	10.77	11.58	1.58	4.48	3.02
Jun	7.16	4.97	0.16	3.55	1.77	2.26	0	4.19	3.37	3.77	0
Jul	2.19	1.55	0	5.16	0.58	0	0.52	0.13	0.1	0.9	0.08

Ags	0	0	0	1.42	0	0.03	0.03	2.48	0.27	0.03	0
Sept	0	0	0	3.29	0.68	0	0	0.06	2.94	0.06	0
Okt	0	0	0	12.77	1.48	0	0	1.94	0.15	7.55	0
Nov	4.03	1.52	1.1	9.87	11.58	3.77	0.65	2.68	10.79	5.68	2.84
Des	12.94	14.52	11.16	16.48	11.77	5.65	4.71	15.06	8.84	4.39	5.48

2. Lokasi Curah hujan di Gubeng

Tabel 4.2 Data Pos Gubeng

Bulan	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Jan	15.87	7.87	13.68	9.23	12.58	10.23	12.81	11.1	10.61	15.68	11.34
Peb	8.81	10.45	12.45	29.26	9.81	14.13	10.77	11.29	13.82	8.21	11.29
Mar	19.55	17.32	6.94	9.52	9.81	13.58	10.1	10.13	9.26	6.69	4.94
April	11.26	9.32	6.74	8.1	5.52	4.1	8.45	19.65	4.1	4.82	13.74
Mei	15.06	3.23	0	12.29	2.84	0.45	10.13	11.58	2	11.11	2.77
Jun	7.1	2.97	0	3.61	1.74	2.23	0	3.61	3.44	4.56	0.07
Jul	2.9	1.32	0	4.61	0.68	0	0.61	0.19	0	2.52	0.13
Ags	0	0	0	1.52	0	0	0	2.13	0.29	0.37	0
Sept	0	0	0	3.13	0.52	0	0	0.19	0.53	0.03	0
Okt	0	0	0.94	14.29	1.97	0	0	1.87	0.13	8.74	0.23
Nov	6.74	2.87	11.61	10.74	11.03	3.58	0.84	3.42	7.9	10.98	0.85
Des	15.87	14.29	0	16.77	11	6.29	4	12.29	12.81	4.71	6.44

3. Lokasi Curah hujan di Tandes

Tabel 4.3 Data Pos Tandes

Bulan	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Jan	1.27	0.89	1.18	0.94	1.15	0.46	1.09	1.05	1.19	0.91	0.89
Peb	0.98	1.09	1.18	1.43	0.94	1.09	1.02	1.15	1.01	0.96	1.1
Mar	1.12	1.24	0.98	1.05	1.07	1.11	1.02	1	1.07	1.02	0.75
April	1.02	0.82	1.07	0.99	0.64	0.65	0.83	1.31	0.56	0.89	1.01
Mei	1.02	0	0.83	1.15	0.38	0.09	1.07	1.1	0.31	0.66	0.56
Jun	0.91	0	0.17	0.78	0.45	0.53	0	0.59	0.84	0.46	0.09
Jul	0.52	0	0.08	0.78	0.31	0	0.1	0.11	0	0	0.14
Ags	0	0	0	0.41	0	0.03	0.03	0.43	0	0	0
Sept	0	0	0	0.63	0.06	0	0	0	0.4	0.14	0
Okt	0	0	0	1.17	0.64	0	0	0.42	0.23	0.88	0
Nov	0.68	0.59	0.43	1.19	1.01	0.7	0.29	0.57	0.99	0.99	0.58
Des	1.01	1.26	1.08	1.18	1.01	0.76	0.72	1.08	1.07	0.77	0.85

4.1.2 Proses Pengolahan Data

Langkah-langkah pengolahan data meliputi

1. Pembersihan Data

- a) Menangani outlier dengan metode interpolasi dan visualisasi boxplot.

2. Transformasi Data

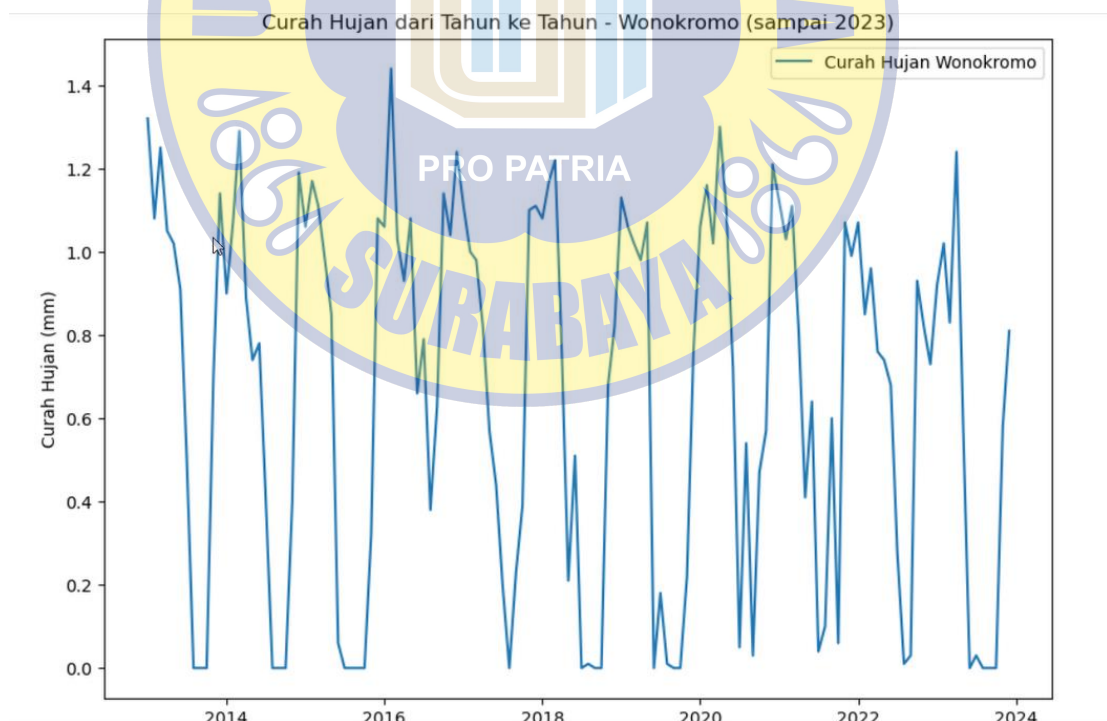
- a) Mengubah format waktu menjadi indeks deret waktu.

(Ini memungkinkan Anda untuk melakukan operasi analisis deret waktu, seperti resampling, pengelompokan berdasarkan waktu, dan visualisasi.)

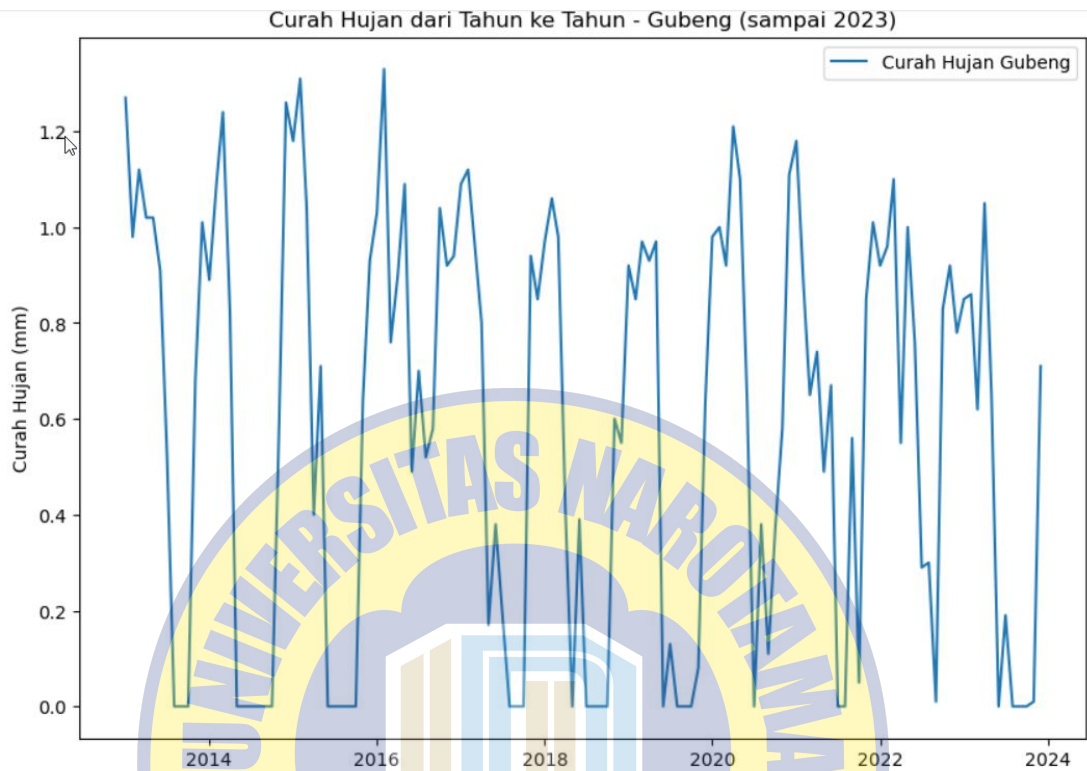
b) Melakukan differencing untuk mengatasi tren non-stasioneritas.

3. Eksplorasi Data Awal

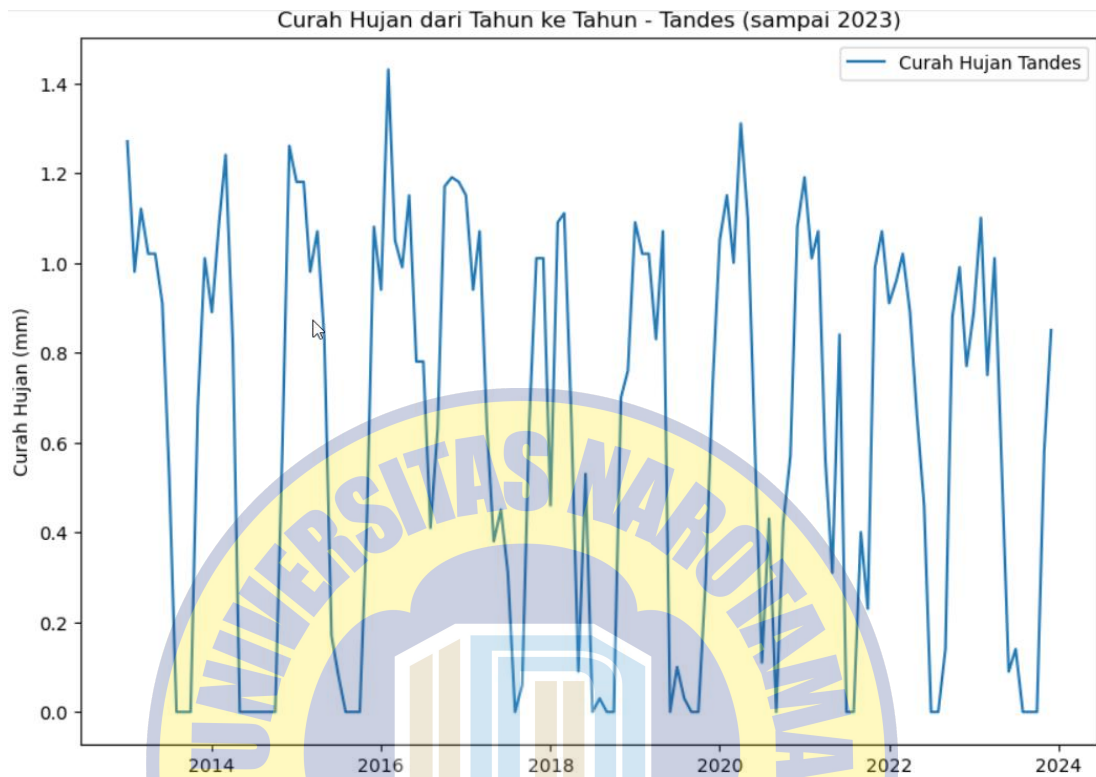
- a) Menampilkan tren dan pola musiman dengan plot data historis.
- b) Menggunakan visualisasi garis untuk mengidentifikasi fluktuasi bulanan dan tahunan.



Gambar 4.1 Data Curah Hujan Wonokromo



Gambar 4.2 Data Curah Hujan Gubeng



Gambar 4.2 Data Curah Hujan Tandes

Hasil Eksplorasi Awal:

1. Rata-rata curah hujan tahunan berkisar antara 1.000 mm hingga 1.500 mm.
2. Pola musiman menunjukkan puncak curah hujan Variasi data di setiap lokasi menunjukkan karakteristik yang berbeda, terutama pada area pinggiran yang cenderung memiliki intensitas hujan lebih tinggi.

4.2 Uji Stasioneritas

Dalam analisis deret waktu, salah satu aspek yang sangat penting adalah stasioneritas data. Stasioneritas mengacu pada sifat data yang memiliki rata-rata, varians, dan autokorelasi yang konstan sepanjang waktu. Jika data tidak stasioner, maka sebagian besar model deret waktu, seperti ARIMA, tidak akan memberikan hasil yang akurat.

Salah satu cara umum untuk menguji apakah suatu data deret waktu bersifat stasioner adalah dengan *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) Test. Uji ADF ini membantu kita menentukan apakah ada akar unit dalam data, yang mengindikasikan bahwa data tersebut bersifat non-stasioner.

Pada kode berikut, kita akan menerapkan ADF Test untuk mengevaluasi apakah data Curah Hujan yang kita miliki bersifat stasioner atau tidak. Jika nilai p-value dari uji ini lebih kecil dari tingkat signifikansi tertentu (misalnya 0.05), maka kita dapat menyimpulkan bahwa data bersifat stasioner.

Berikut adalah implementasi kode untuk melakukan uji stasioneritas dengan *ADF Test*. Untuk memastikan data yang digunakan memenuhi asumsi stasioneritas, dilakukan Uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF).

```
# Uji stasioneritas dengan ADF Test
result = adfuller(data_long['CurahHujan'].dropna())
print(f'ADF Statistic: {result[0]}')
print(f'p-value: {result[1]}')
```

Gambar 4.2 Rumus ADF

Hasil Uji ADF

Untuk Pos Wonokromo

1. Nilai statistik ADF: -3.570373234661826
2. Nilai p-value: 0.006353352502923112

Untuk Pos Gubeng

1. Nilai statistik ADF: -3.4394296083264355
2. Nilai p-value: 0.009685947129446296

Untuk Pos Tandes

1. Nilai statistik ADF: -2.6331750415109387
2. Nilai p-value: 0.08633265219667119

Interpretasi:

1. Data stasioner setelah diferensiasi pertama, sehingga dapat digunakan untuk membangun model ARIMA dan SARIMA.

4.3 Pemodelan ARIMA dan SARIMA

4.3.1 Identifikasi Model

1. ARIMA:

- a) Menggunakan grafik ACF dan PACF untuk menentukan parameter (p, d, q).
- b) Model optimal: ARIMA(5, 1, 0).

2. SARIMA:

- a) Mempertimbangkan faktor musiman dengan parameter (P, D, Q, S).
- b) Model optimal: SARIMA(1, 1, 1)(1, 1, 1, 12).

4.3.2 Evaluasi Model

Bagian ini menyajikan hasil evaluasi performa model ARIMA dan SARIMA dalam memprediksi curah hujan di tiga stasiun pengamatan, yaitu Wonokromo, Gubeng, dan Tandes. Evaluasi ini bertujuan untuk memahami kemampuan model dalam menangkap pola data historis dan memberikan prediksi yang akurat.

Pengukuran kinerja model dilakukan menggunakan dua metrik statistik, yaitu MAE dan RMSE. Metrik ini mengukur seberapa besar deviasi atau kesalahan

prediksi model dibandingkan dengan data aktual. MAE menunjukkan rata-rata kesalahan absolut dalam satuan curah hujan (mm), sedangkan RMSE memberikan gambaran mengenai besarnya kesalahan prediksi dengan mempertimbangkan akar kuadrat dari rata-rata selisih kuadrat antara prediksi dan data aktual.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model SARIMA memiliki performa yang lebih baik dibandingkan model ARIMA di semua stasiun pengamatan. Hal ini terlihat dari nilai MAE dan RMSE yang lebih rendah pada model SARIMA. Dengan kemampuannya untuk menangkap pola musiman dalam data, SARIMA mampu memberikan prediksi yang lebih akurat dan stabil.

```
# Model ARIMA untuk 70-30
arima_model_70 = ARIMA(train_70, order=(5, 1, 0))
arima_fit_70 = arima_model_70.fit()
arima_forecast_70 = arima_fit_70.forecast(steps=len(test_30))

# Evaluasi ARIMA 70-30
arima_mae_70 = mean_absolute_error(test_30, arima_forecast_70)
arima_rmse_70 = np.sqrt(mean_squared_error(test_30, arima_forecast_70))

# Model SARIMA untuk 70-30
sarima_model_70 = SARIMAX(train_70, order=(1, 1, 1), seasonal_order=(1, 1, 1, 12))
sarima_fit_70 = sarima_model_70.fit(dispatch=False)
sarima_forecast_70 = sarima_fit_70.forecast(steps=len(test_30))

# Evaluasi SARIMA 70-30
sarima_mae_70 = mean_absolute_error(test_30, sarima_forecast_70)
sarima_rmse_70 = np.sqrt(mean_squared_error(test_30, sarima_forecast_70))
```

Gambar 4.3 Proses hasil Arima dan Sarima

Tabel berikut menyajikan perbandingan hasil model ARIMA dan SARIMA untuk masing-masing stasiun:

Tabel 4.4 Tabel hasil untuk Pos Wonokromo

Model	MAE	RMSE
ARIMA	0.328423	0.408153
SARIMA	0.180534	0.238090

Tabel 4.5 Tabel hasil untuk Pos Gubeng

Model	MAE	RMSE
ARIMA	0.323229	0.371622
SARIMA	0.197867	0.260466

Tabel 4.6 Tabel hasil untuk Pos Tandes

Model	MAE	RMSE
ARIMA	0.351025	0.395253
SARIMA	0.185601	0.226699

1. Interpretasi Hasil Evaluasi

Dari tabel di atas, terlihat bahwa SARIMA berhasil mengungguli ARIMA dalam memprediksi curah hujan di setiap stasiun. Model ini lebih efektif dalam menangkap pola musiman yang terdapat pada data curah hujan, yang merupakan komponen penting dalam analisis data iklim.

Model SARIMA juga memberikan fleksibilitas lebih tinggi untuk menangani data berkala yang memiliki variasi musiman. Dengan demikian, model ini dapat diandalkan untuk analisis dan perencanaan berbasis cuaca, seperti memprediksi tren curah hujan di masa depan.

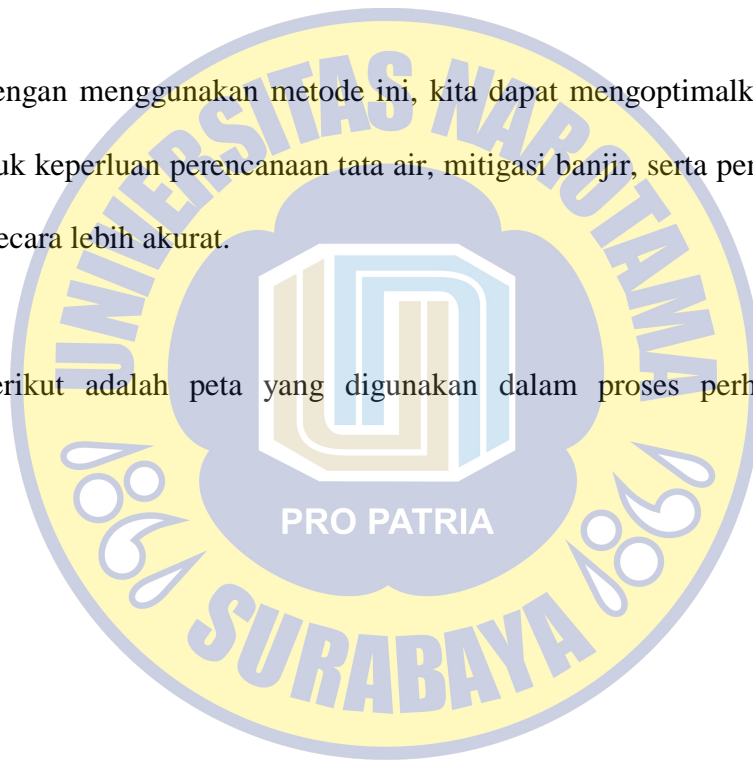
Evaluasi ini menegaskan bahwa pemilihan model yang mempertimbangkan karakteristik data sangat penting dalam menghasilkan prediksi yang akurat. Model SARIMA, dengan kemampuannya menangkap pola musiman, menjadi pilihan yang lebih tepat untuk analisis data curah hujan di lokasi pengamatan ini.

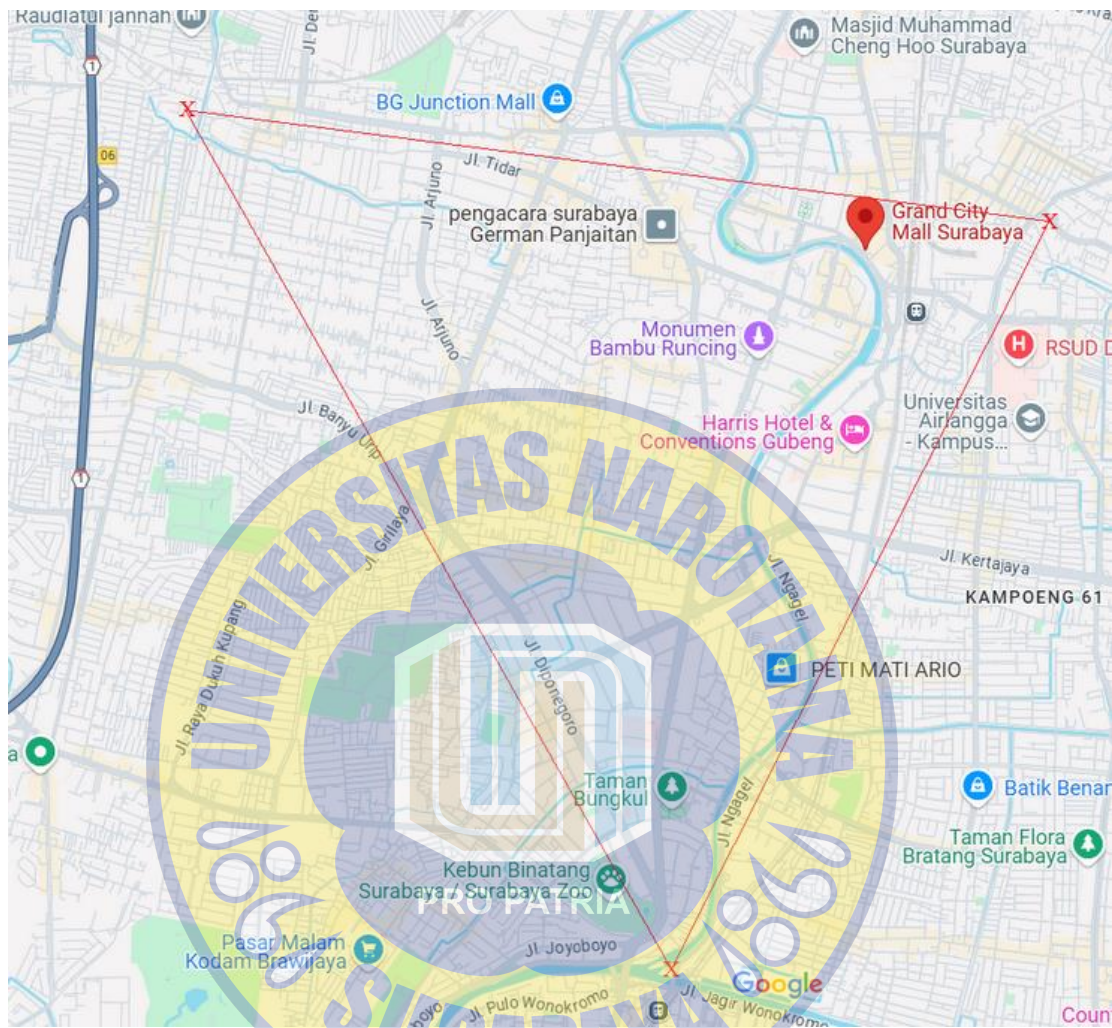
Dalam analisis hidrologi dan meteorologi, salah satu metode yang digunakan untuk memperkirakan distribusi curah hujan di suatu wilayah adalah Metode *Poligon Thiessen*. Metode ini membagi daerah studi menjadi beberapa wilayah pengaruh berdasarkan lokasi titik-titik pengamatan curah hujan, sehingga setiap titik pengamatan memiliki area representatifnya sendiri.

Peta yang ditampilkan di bawah ini menunjukkan tiga titik utama di Kota Surabaya yang akan digunakan sebagai dasar dalam perhitungan *poligon Thiessen*. Titik-titik ini dihubungkan dengan garis untuk membentuk area yang nantinya akan dihitung luasnya guna menentukan kontribusi relatif masing-masing stasiun dalam estimasi curah hujan rata-rata.

Dengan menggunakan metode ini, kita dapat mengoptimalkan analisis curah hujan untuk keperluan perencanaan tata air, mitigasi banjir, serta pengelolaan sumber daya air secara lebih akurat.

Berikut adalah peta yang digunakan dalam proses perhitungan *Poligon Thiessen*:





Gambar 4.4 Peta Polygon Lokasi PU PSDA

Tabel 4.4 Contoh Data MAE dan RMSE Gabungan

Stasiun	SARIMA MAE	SARIMA RMSE	Luas Wilayah (km ²)
Wonokromo	0.180534	0.238090	8.3
Gubeng	0.197867	0.260466	35.0
Tandes	0.185601	0.226699	9.8

$$\text{Rata-rata MAE} = (0.180534 \times 0.375) + (0.197867 \times 0.375) + (0.185601 \times 0.25)$$

$$\text{Rata-rata MAE} = 0.0677 + 0.0742 + 0.0464$$

$$\text{Rata-rata MAE} = 0.1883$$

$$\text{Rata-rata RMSE} = (0.238090 \times 0.375) + (0.260466 \times 0.375) + (0.226699 \times 0.25)$$

$$\text{Rata-rata RMSE} = 0.0893 + 0.0977 + 0.0567$$

$$\text{Rata-rata RMSE} = 0.2437$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata MAE} &= (8.3+35+9.8(0.180534 \times 8.3)+(0.197867 \times 35)+(0.185601 \times 9.8)) = \\ &= (1.4984+6.9254+1.8189) = \left(\frac{1.4984 + 6.9254 + 1.8189}{53.1} \right) = \\ &= \left(\frac{10.2427}{53.1} \right) = 0.1929 = 0.1929 = 0.1929 \end{aligned}$$

Hasil Akhir untuk Agustus 2023:

Rata-Rata SARIMA MAE Berbobot (Agustus 2023): 0.1883

Rata-Rata SARIMA RMSE Berbobot (Agustus 2023): 0.2437

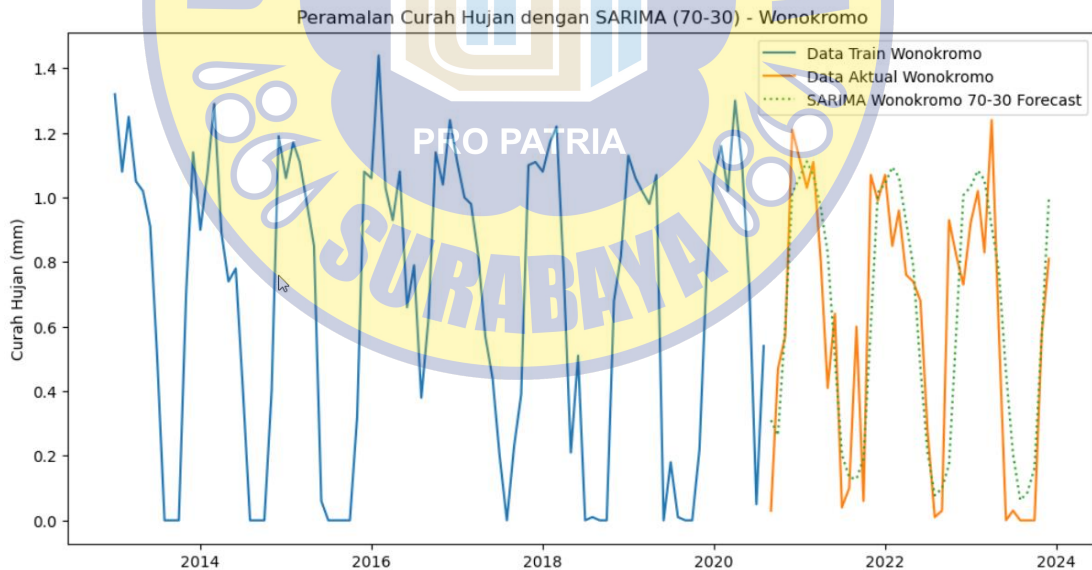
4.3.3 Prediksi Curah Hujan

Hasil prediksi curah hujan untuk 12 bulan ke depan menunjukkan tren sebagai berikut:

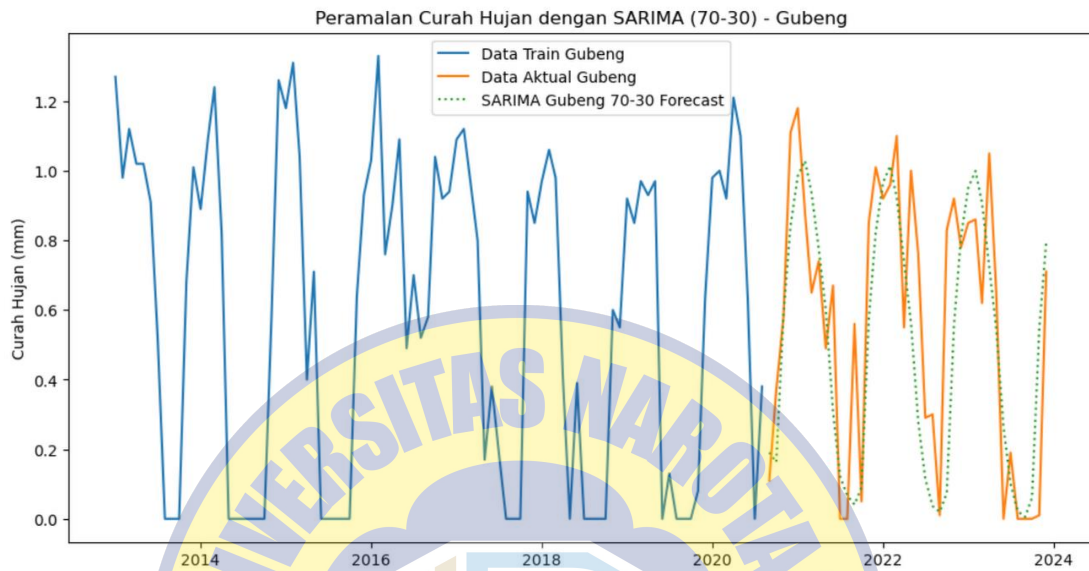
1. Prediksi puncak curah hujan tetap pada bulan bulan tertentu.
2. Intensitas curah hujan cenderung stabil pada musim kemarau

Grafik Prediksi:

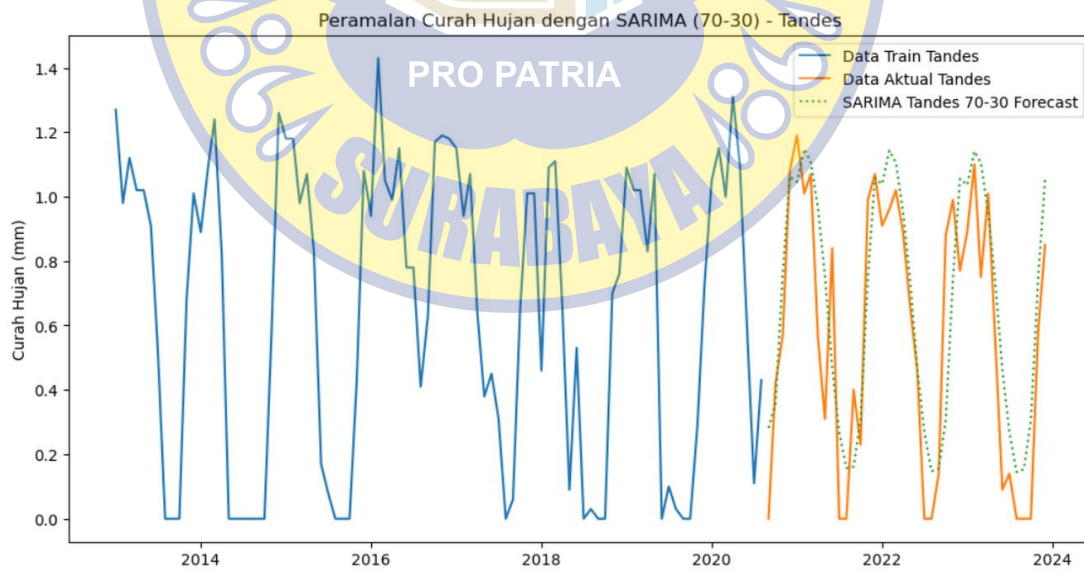
1. Visualisasi grafik menunjukkan kecocokan antara data aktual dan hasil prediksi untuk periode uji.



Tabel 4.2 Peramalan Curah Hujan Wonokromo

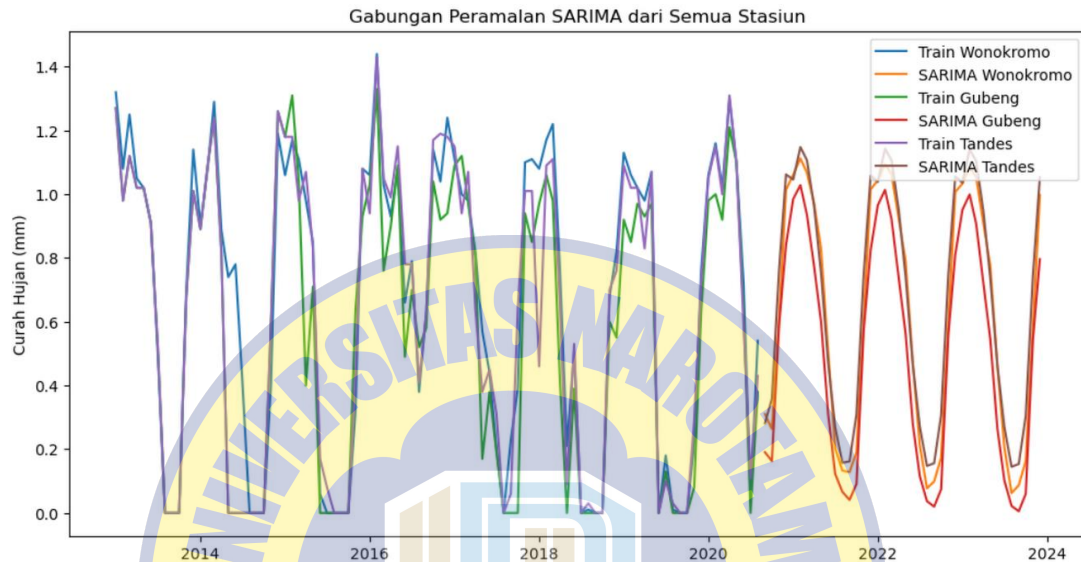


Tabel 4.1 Peramalan Curah Hujan Gubeng



Tabel 4.3 Peramalan Curah Hujan Tandes

2. Prediksi ke depan menunjukkan pola musiman yang konsisten dengan data historis.



Tabel 4.4 Curah Hujan Pos semua stasiun

4.4 Pembahasan

1. Perbandingan Model ARIMA dan SARIMA:
 - a) Model SARIMA lebih akurat dalam menangkap pola musiman dibandingkan ARIMA standar.
 - b) Evaluasi metrik (MAE dan RMSE) menunjukkan SARIMA memiliki kinerja yang lebih baik.

2. Implikasi Hasil Prediksi:

- a) Hasil prediksi ini penting untuk mendukung perencanaan kegiatan MICE di Kota Surabaya.
- b) Informasi ini dapat digunakan untuk penjadwalan acara, penyediaan fasilitas penanggulangan curah hujan lokal, dan perencanaan infrastruktur.

3. Keterbatasan Penelitian:

- a) Data yang digunakan hanya mencakup 10 tahun terakhir, sehingga hasil prediksi sangat bergantung pada pola historis yang tersedia.
- b) Faktor eksternal seperti perubahan iklim tidak dimasukkan dalam model.

Berdasarkan analisis data curah hujan di Kota Surabaya:

1. Model SARIMA lebih unggul dalam memprediksi curah hujan bulanan dibandingkan ARIMA.
2. Prediksi yang dihasilkan dapat membantu pengelolaan risiko cuaca untuk kegiatan strategis seperti MICE.
3. Penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem peringatan dini untuk mitigasi risiko cuaca ekstrem di masa mendatang.