

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan sosial dan ekonomi yang sangat pesat pada era modern telah membawa berbagai dampak terhadap kehidupan masyarakat. Salah satu dampak yang cukup signifikan dari dinamika tersebut adalah munculnya ketimpangan sosial yang berpotensi meningkatkan jumlah kejahatan [1]. Ketimpangan ini mencerminkan adanya ketidakseimbangan dalam akses terhadap sumber daya dan kesempatan hidup yang layak. Berdasarkan laporan *Global Peace Index* (GPI) yang dirilis oleh *Institute for Economics & Peace* (IEP), Indonesia pada tahun 2023 menempati peringkat ke-52 dari 163 negara di dunia dalam hal tingkat keamanan. Posisi ini menunjukkan bahwa Indonesia belum termasuk dalam kategori 50 besar negara teraman secara global, yang mengindikasikan masih adanya tantangan serius terkait stabilitas sosial dan keamanan dalam negeri [2].

Provinsi Jawa Timur merepresentasikan kondisi tersebut dengan menempati peringkat ketiga dalam jumlah kejahatan yang dilaporkan berdasarkan data Kepolisian Daerah tahun 2024, dengan total 60.102 kasus menurut publikasi Statistik Kriminal 2024 dari Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur [3]. Fenomena tingginya tingkat kejahatan di Jawa Timur tercermin dari berbagai kasus yang dilaporkan media massa, antara lain kasus penjambretan bersenjata tajam di Kota Pasuruan [4], kekerasan seksual terhadap anak di Kabupaten Malang [5], serta pencurian motor di Kabupaten Lumajang [6]. Keragaman jenis dan lokasi tindak pidana tersebut secara jelas menandakan bahwa masalah kejahatan di Jawa Timur merupakan fenomena spasial yang heterogen antar wilayah. Lebih lanjut, hal ini mengindikasikan adanya pengaruh kuat dari faktor-faktor lokal yang spesifik, seperti kondisi sosial-ekonomi, tingkat pengangguran, dan efektivitas penegakan hukum di masing-masing wilayah.

Permasalahan ini penting untuk dikaji karena berdampak pada stabilitas sosial, pertumbuhan ekonomi, serta rasa aman masyarakat, sekaligus sejalan dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin ke-16 yang berbunyi

“Perdamaian, Keadilan dan Kelembagaan yang Tangguh” [7] serta arah pembangunan dalam UU No. 59 Tahun 2024 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2025–2045, yaitu hukum berkeadilan, keamanan nasional tangguh, dan demokrasi substansial untuk mewujudkan visi Indonesia Emas 2045 [8]. Prediksi tingkat kejahatan dilakukan untuk mengidentifikasi pola spasial-temporal dan memperkirakan perubahan tingkat kejahatan di masa mendatang sebagai dasar penyusunan kebijakan pencegahan [9]. Untuk itu, dibutuhkan pendekatan analisis yang mampu menangkap variasi spasial dan temporal dari hubungan antar variabel yang memengaruhi tingkat kejahatan.

Berdasarkan penelitian [10], faktor kejahatan di Jawa Timur dipengaruhi secara signifikan oleh Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) dan Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Hal ini sejalan dengan penelitian [11] yang menunjukkan bahwa variabel gini rasio dan persentase penduduk miskin juga memiliki pengaruh di berbagai wilayah. Selain itu, variabel rasio polisi ditambahkan untuk melihat aspek penegakan hukum, merujuk pada penelitian [12] yang menyatakan bahwa peningkatan jumlah aparat kepolisian berpengaruh signifikan dalam menurunkan tingkat kejahatan. Secara keseluruhan, pemilihan kelima variabel independen tersebut didasarkan pada dua alasan utama. Pertama, variabel TPT, gini ratio, dan persentase penduduk miskin digunakan untuk melihat sejauh mana faktor ketimpangan dan kesulitan ekonomi mendorong terjadinya kejahatan [13]. Kedua, variabel IPM dan rasio polisi digunakan untuk melihat pengaruh dari sisi kualitas masyarakat serta pengamanan. IPM mencerminkan tingkat pendidikan yang berkaitan dengan kesadaran hukum, sementara rasio polisi mewakili peran aparat dalam mencegah terjadinya kejahatan [14].

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan dalam menganalisis secara spasial adalah *Geographically Weighted Regression* (GWR), yaitu metode regresi spasial yang memperhatikan variasi data berdasarkan aspek geografis. GWR melakukan estimasi parameter regresi secara lokal dengan menerapkan bobot spasial, yang memungkinkan terjadinya variasi dalam hubungan antar variabel di lokasi yang berbeda. Hal ini memberikan pemahaman yang lebih dalam mengenai faktor-faktor lokal yang berpengaruh terhadap kejahatan. Kelebihan utama dari

Geographically Weighted Regression adalah kemampuannya untuk mengungkap heterogenitas spasial secara lebih tajam dibanding metode regresi global, sehingga sangat efektif untuk menganalisis fenomena yang distribusinya geografisnya tidak merata [15].

Dinamika kejahatan memiliki sifat yang bervariasi baik antar wilayah maupun dalam perkembangannya dari waktu ke waktu, pendekatan spasial seperti GWR tidak cukup untuk merepresentasikan kompleksitas fenomena tersebut secara menyeluruh. Sehingga dikembangkan model *Geographically and Temporally Weighted Regression* (GTWR) yang menggabungkan aspek spasial dan temporal secara bersamaan. GTWR memungkinkan estimasi parameter dengan memperhitungkan kedekatan secara spasial dan temporal secara bersamaan, sehingga hubungan antar variabel dapat terdeteksi secara lebih adaptif terhadap perubahan ruang dan waktu [16].

Penelitian oleh [17] membuktikan bahwa model GTWR mampu meningkatkan akurasi dibanding regresi global dengan nilai R^2 sebesar 0,957 dan RMSE sebesar 1302, sehingga efektif menangkap variasi spasial-temporal kasus COVID-19 di Kalimantan. Namun, GTWR masih memiliki keterbatasan karena mengasumsikan semua variabel bersifat lokal, sehingga model menjadi kompleks, sulit diinterpretasikan, dan berpotensi *overfitting*.

Model *Mixed Geographically and Temporally Weighted Regression* (Mixed GTWR) dikembangkan untuk menjawab keterbatasan pada model GTWR. Pendekatan ini menggabungkan variabel lokal dan global ke dalam satu model, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan akurasi dalam menganalisis fenomena spasial-temporal yang kompleks [18].

Penelitian yang dilakukan oleh [19] menerapkan Mixed GTWR untuk menganalisis pengaruh faktor iklim terhadap penyakit *Hand, Foot, and Mouth Disease* (HFMD) di Inner Mongolia tahun 2016. Melalui *bootstrap test* untuk seleksi variabel dan *two-step estimation* (OLS–WLS) dengan *fixed bi-square kernel* dan *AICc minimization*, diperoleh hasil bahwa kelembapan udara bersifat global, sedangkan suhu, tekanan udara, dan kecepatan angin bersifat lokal, dengan R^2 sebesar 0,749 dan AICc sebesar 220,19 yang lebih efisien dibanding GTWR.

Penelitian serupa oleh [20] menggunakan model *Mixed Geographically and Temporally Weighted Regression* (MGTWR) untuk menganalisis deformasi bendungan Wuqiangxi di Tiongkok dengan melakukan lima tahap uji *non-stasioneritas* spasial-temporal untuk menentukan variabel global dan lokal. Model dengan *Gaussian kernel* dan *bandwidth Cross-Validation* ini mampu meningkatkan akurasi prediksi sebesar 57,6% dibanding GTWR, dengan R^2 meningkat dari 0,997 menjadi 0,999 serta RMS error menurun dari 0,5 mm menjadi 0,3 mm.

Penelitian selanjutnya oleh [21] mengembangkan *Robust Improved GTWR* (R-IGTWR) menggunakan *M-Estimator (Huber)* dengan iterasi IRLS untuk memodelkan kasus demam berdarah di Sulawesi Selatan tahun 2016–2021. Model *robust* ini menunjukkan peningkatan performa dengan *Adjusted R²* naik dari 0,723 menjadi 0,741, serta penurunan RMSE dari 38,46 menjadi 37,97 dan MAD dari 18,67 menjadi 15,97, sehingga lebih tahan terhadap *outlier* dan menghasilkan estimasi yang lebih akurat.

Berdasarkan penelitian terdahulu, model GTWR dan *Mixed GTWR* telah banyak digunakan dalam analisis data spasial-temporal. Namun, penggabungan *Mixed GTWR* dengan pendekatan *robust* masih jarang dilakukan, padahal metode *robust* terbukti mampu mengatasi *outlier* dan menghasilkan estimasi yang lebih andal sebagaimana diterapkan oleh [21]. Untuk meningkatkan stabilitas dan efisiensi estimasi, penelitian ini menggunakan model *Mixed GTWR* dengan *estimator robust MM-Estimator* yang diperkenalkan oleh [22]. Metode ini menggabungkan dua tahapan estimasi, yaitu *S-Estimator* untuk memastikan ketahanan terhadap *outlier* dan *M-Estimator* untuk meningkatkan efisiensi hasil estimasi. Dengan penerapan pendekatan tersebut, model diharapkan mampu memberikan hasil estimasi spasial-temporal yang lebih stabil dan akurat.

Selanjutnya, penelitian ini menerapkan *Robust Mixed GTWR* dengan *MM-Estimator* untuk memprediksi tingkat kejahatan di Provinsi Jawa Timur dengan variabel independen antara lain variabel Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), Indeks Pembangunan Manusia (IPM), gini rasio, persentase penduduk miskin, dan rasio polisi, dengan rentang waktu penelitian tahun 2020 hingga 2024. Pemilihan periode tersebut didasarkan pada ketersediaan data terbaru dari Badan Pusat

Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur [3] serta urgensi untuk memahami dinamika pola kejahatan dalam berbagai kondisi sosial, mencakup masa pandemi hingga pemulihan nasional. Selain itu, penelitian ini membandingkan akurasi model GTWR, *Mixed* GTWR, dan *Robust Mixed* GTWR untuk melihat keunggulan pada masing-masing pendekatan. Hasil penelitian kemudian diimplementasikan dalam GUI berbasis *R-Shiny* yang menyajikan analisis spasial-temporal secara interaktif melalui visualisasi peta tematik. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap pola kejahatan, menghasilkan estimasi prediksi tingkat kejahatan, serta menjadi dasar bagi perumusan kebijakan pencegahan di tingkat daerah.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana implementasi model *Mixed Geographically and Temporally Weighted Regression (Mixed GTWR)* dengan *estimator robust (MM-estimator)* untuk menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh signifikan secara global dan lokal terhadap tingkat kejahatan di Jawa Timur secara spasial dan temporal?
2. Bagaimana implementasi model *Mixed Geographically and Temporally Weighted Regression (Mixed GTWR)* dengan *estimator robust (MM-estimator)* dalam memprediksi tingkat kejahatan di Jawa Timur secara spasial dan temporal?
3. Bagaimana evaluasi kinerja antara model GTWR, *Mixed* GTWR, dan *Robust Mixed* GTWR menggunakan nilai *Mean Square Error (MSE)* dan R^2 ?
4. Bagaimana implementasi model *Robust Mixed* GTWR dapat dikembangkan dalam bentuk GUI berbasis *R-Shiny* untuk menyajikan hasil analisis spasial-temporal dan prediksi tingkat kejahatan secara interaktif?

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan ruang lingkup dan fokus penelitian, batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek yang dianalisis adalah tingkat kejahatan di 38 kabupaten/kota di Jawa Timur, dengan cakupan data tahun 2020 hingga 2024.
2. Variabel independen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), Persentase Penduduk Miskin, Indeks Pembangunan Nasional (IPM), Gini Rasio, dan Rasio Polisi.
3. Penelitian ini berasumsi bahwa fenomena kejahatan memiliki potensi dependensi spasial serta heterogenitas spasial dan temporal, sehingga model *Mixed* GTWR digunakan untuk menangkap variasi global dan lokal antar wilayah dan waktu.
4. *Estimator robust* yang digunakan adalah *MM-estimator*.
5. Analisis dilakukan tanpa mempertimbangkan kategori jenis kejahatan secara spesifik.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan model *Mixed Geographically and Temporally Weighted Regression (Mixed GTWR)* dengan *estimator robust (MM-estimator)* untuk menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh signifikan secara global dan lokal terhadap tingkat kejahatan di Jawa Timur dengan mempertimbangkan variasi spasial dan temporal.
2. Mengimplementasikan model *Mixed Geographically and Temporally Weighted Regression (Mixed GTWR)* dengan *estimator robust (MM-estimator)* dalam memprediksi tingkat kejahatan di Jawa Timur secara spasial dan temporal.
3. Mengevaluasi kinerja antara model GTWR, *Mixed GTWR*, dan *Robust Mixed GTWR* menggunakan nilai *Mean Square Error (MSE)* dan R^2 .

4. Mengembangkan implementasi model *Robust Mixed* GTWR dalam bentuk GUI berbasis *R-Shiny* untuk menyajikan hasil analisis spasial-temporal dan prediksi tingkat kejahatan secara interaktif.

1.5. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang telah dijelaskan, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode regresi spasial-temporal melalui penerapan *Mixed* GTWR dengan pendekatan *MM-Estimator* sebagai metode *robust*, serta memperluas kajian literatur di bidang statistika terapan.
2. Menjadi sumber informasi bagi pemerintah daerah dan aparat penegak hukum dalam mengidentifikasi wilayah dengan tingkat kejahatan tinggi, memahami faktor-faktor yang berpengaruh signifikan, serta memperoleh gambaran estimasi prediksi tingkat kejahatan di masa mendatang.
3. Menjadi dasar dalam penyusunan kebijakan pencegahan kejahatan yang lebih adaptif, berbasis data, dan sesuai dengan karakteristik tiap wilayah.
4. Menyediakan hasil analisis, hasil prediksi, dan visualisasi interaktif berbasis *R-Shiny* yang menampilkan peta tematik dan evaluasi model untuk memudahkan interpretasi serta pemanfaatan hasil penelitian oleh pemangku kebijakan.

Halaman ini sengaja dikosongkan