

SPATIAL ANALYSIS OF SPILLOVER EFFECTS IN THE MANUFACTURING INDUSTRY: THE INFLUENCE OF INFRASTRUCTURE AND INDUSTRIAL ESTATES IN EAST JAVA THROUGH AN OPEN DATA APPROACH

Byun Jiye Primasrani^{*1} Fadly Muhammad Akbar²Muhammad Prabu Dirgantara³¹Badan Pusat Statistik Kabupaten Kaur, Kaur, Indonesia²Badan Pusat Statistik Kabupaten Buleleng, Buleleng, Indonesia³Badan Pusat Statistik Kabupaten Mukomuko, Mukomuko, Indonesia

ABSTRACT

The transition from labor-intensive to capital-intensive industries is a key driver of long-term economic growth. East Java Province holds a strong foundation in the manufacturing sector, positioning it as a locomotive of national industrial growth. While local industrial estates contribute to increasing value-added, the concentration of economic activity also carries the risk of widening spatial disparities between regions. This study aims to examine the spillover effects of industrial estates and infrastructure on manufacturing output. Furthermore, it classifies districts and municipalities based on the most significant and promising variables for the development of new industrial zones. The dependent variable used is manufacturing output, while the independent variables include toll road length, the number of Base Transceiver Stations (BTS), Night-Time Lights (NTL), the Human Development Index (HDI), manufacturing investment, manufacturing labor, minimum wage, and an industrial estate dummy. The analytical method employed is spatial analysis using the Spatial Durbin Error Model (SDEM). The results indicate the presence of positive spillover effects from industrial estates, while BTS and NTL have a direct influence on manufacturing output. Conversely, toll road length, HDI, manufacturing investment, and manufacturing labor primarily affect the sector indirectly. Potential areas for future industrial estate development include urban centers such as Kediri City and Malang City.

Keywords: Manufacturing, Industrial Estate, Spatial, Cluster

RIWAYAT ARTIKEL

Tanggal Masuk:

14 Agustus 2025

Tanggal Revisi:

8 September 2025

Tanggal Diterima:

12 September 2025

Tersedia Online:

30 September 2025

*Korespondensi:

Byun Jiye Primasrani

E-mail: byunjiye2605@gmail.com

ABSTRAK

Transisi industri dari padat karya menuju padat modal merupakan salah satu kunci pertumbuhan ekonomi dalam jangka panjang. Provinsi Jawa Timur memiliki fondasi kuat di sektor manufaktur, menjadikannya lokomotif pertumbuhan industri nasional. Meski kawasan industri lokal mampu mendorong nilai tambah, pemusatan aktivitas juga berisiko memperlebar ketimpangan spasial antardaerah. Penelitian ini bertujuan melihat bagaimana efek spillover dari kawasan industri dan infrastruktur terhadap output manufaktur. Selain itu, studi ini mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan variabel signifikan yang paling prospektif untuk dikembangkan sebagai kawasan industri baru. Adapun variabel dependen yang digunakan yaitu output manufaktur, sedangkan variabel

independennya meliputi panjang jalan tol, jumlah Base Transceiver Station, Night Time Lights (NTL), Indeks Pembangunan Manusia (IPM), investasi manufaktur, Tenaga Kerja Manufaktur (TKM), Upah Minimum (UMK), dan Dummy kawasan industri. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis spasial dengan model Spatial Durbin Error Model (SDEM). Hasilnya menunjukkan adanya efek spillover positif dari keberadaan kawasan industri, sementara BTS dan NTL memberikan pengaruh langsung terhadap output manufaktur. Di sisi lain, panjang jalan IPM, investasi manufaktur, penyerapan tenaga kerja manufaktur, dan memengaruhi sektor ini terutama secara tidak langsung. Adapun wilayah yang berpotensi untuk menjadi kawasan industri selanjutnya terdiri dari wilayah perkotaan seperti Kota Kediri dan Kota Malang.

Kata Kunci: Manufaktur, Kawasan Industri, Spasial, Klaster

JEL : C5; E1

Pendahuluan

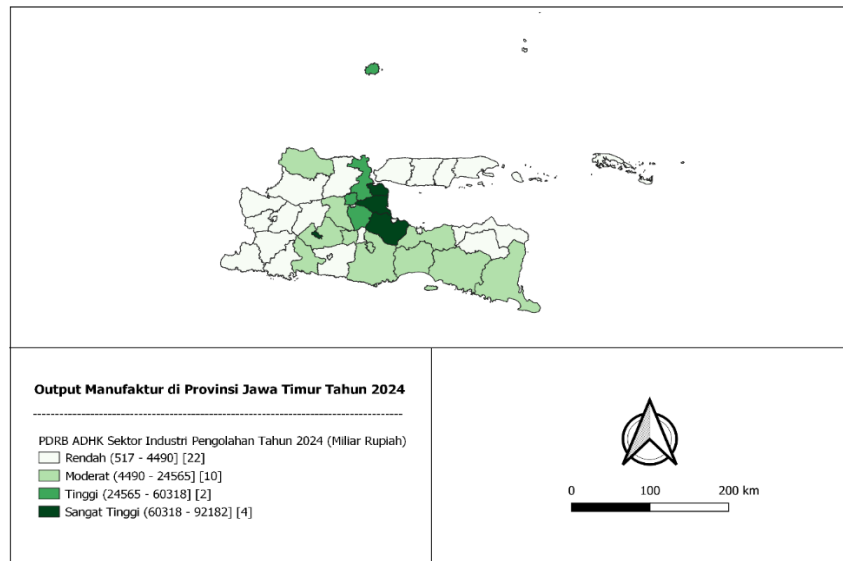
Pertumbuhan ekonomi jangka panjang di negara-negara maju umumnya didorong oleh terjadinya transformasi struktural, khususnya melalui pergeseran dari sektor industri padat karya menuju industri padat modal. Dalam kerangka teori pertumbuhan klasik seperti *Solow Growth Model*, akumulasi modal dipandang sebagai faktor kunci dalam mendorong peningkatan produktivitas. Teori dualisme [Lewis \(1954\)](#) juga menekankan pentingnya peralihan tenaga kerja dari sektor tradisional ke industri modern, sementara [Rodrik \(2013\)](#) melihat peralihan menuju industri padat modal menjadi krusial dalam rangka menciptakan nilai tambah yang lebih besar serta memperkuat ketahanan ekonomi dalam jangka panjang.

Sementara teori global menekankan industrialisasi sebagai penggerak pembangunan, Provinsi Jawa Timur menjadi salah satu pusat manufaktur nasional dengan kontribusi signifikan terhadap PDRB regional. Dominasi sektor ini tercermin dari kontribusi terhadap PDRB provinsi yang secara konsisten berada di atas 30 persen dan menjadi tulang punggung pertumbuhan ekonomi regional. Pertumbuhan tersebut banyak bertumpu pada keberadaan kawasan industri dan infrastruktur pendukung, khususnya di wilayah Surabaya, Sidoarjo, Pasuruan, dan Gresik. Namun, perkembangan industri di Jawa Timur masih menghadapi masalah ketimpangan spasial. Terlihat dari Gambar 1, sebagian besar output manufaktur masih terkonsentrasi di kawasan tertentu, sementara banyak kabupaten/kota lainnya memiliki kontribusi yang jauh lebih kecil. Kondisi ini menunjukkan bahwa pertumbuhan yang kuat secara agregat belum diikuti oleh pemerataan antarwilayah.

Meskipun kawasan industri mampu menciptakan efisiensi melalui skala ekonomi dan efek *spillover*, konsentrasi industri di beberapa wilayah juga menciptakan ketimpangan spasial ([Lall & Chakravorty, 2004](#)). Fenomena ini sejalan dengan studi yang dilakukan oleh [Geppert & Stephan \(2008\)](#) yang menunjukkan bahwa adanya kawasan industri dapat menyebabkan disparitas perkembangan antar daerah. Dengan demikian, ketimpangan spasial dalam sektor manufaktur di Jawa Timur masih menjadi persoalan yang memerlukan perhatian serius.

Kendati sektor manufaktur menunjukkan performa agregat yang kuat, sejumlah kabupaten/kota di luar kawasan industri belum mampu menunjukkan kontribusi signifikan terhadap output manufaktur. Dalam konteks ini, infrastruktur memegang peran kunci sebagai penghubung antarwilayah serta fasilitator aliran barang, jasa, dan pengetahuan ([Akwaji dkk, 2024](#); [Nnyanzi dkk 2022](#)). Menurut teori *New Economic Geography*, kemudahan akses

antarwilayah akibat peningkatan infrastruktur fisik seperti jalan, pelabuhan, dan logistik, berkontribusi terhadap distribusi aktivitas ekonomi yang lebih efisien, sekaligus memperkuat interaksi spasial antar pusat-pusat industri (Krugman, 1991).



Gambar 1: Peta Sebaran Output Manufaktur per Kabupaten/Kota (Miliar)

Salah satu tantangan dalam penelitian efek spasial manufaktur berbasis infrastruktur adalah keterbatasan akses data jalan yang lengkap dan terstruktur. Banyak *dataset* infrastruktur jalan bersifat tertutup atau hanya tersedia secara agregat di level provinsi tanpa rincian spasial atau kondisi aktual. Hal ini menghambat upaya analisis empiris yang membutuhkan presisi spasial. Untuk itu, penelitian ini memanfaatkan data terbuka (*open data*) dari *Open Street Map* (OSM) dan citra satelit *Night-Time Lights* (NTL). Pendekatan ini menjadi terobosan penting karena memungkinkan analisis yang lebih akurat terhadap keterkaitan antara persebaran infrastruktur jalan dan kawasan industri terhadap output manufaktur.

Wilayah yang menjadi pusat industri cenderung mengalami percepatan pembangunan karena terkonsentrasi modal, teknologi, dan tenaga kerja terampil, sementara daerah di luar klaster tersebut tertinggal secara struktural. Fenomena ini telah diamati dalam studi-studi seperti yang dilakukan oleh [Iammarino & McCann \(2013\)](#), yang menegaskan bahwa ketidakseimbangan spasial dalam pertumbuhan industri dapat memperkuat dualisme regional. Oleh karena itu, penting bagi perencanaan kebijakan untuk tidak hanya mendorong pertumbuhan sektor industri padat modal di wilayah yang sudah maju, tetapi juga merancang strategi distribusi industri yang lebih merata demi mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.

Ketimpangan ini menunjukkan perlunya pendekatan baru dalam perencanaan dan pengembangan industri di Jawa Timur. Pendekatan spasial yang memanfaatkan data terbuka, seperti citra satelit *Night-Time Lights* (NTL) dan data infrastruktur jalan, dapat membantu mengidentifikasi potensi wilayah yang selama ini terabaikan. Dengan demikian, perencanaan pembangunan kawasan industri tidak hanya berfokus pada wilayah yang sudah berkembang, tetapi juga mendorong pertumbuhan ekonomi di daerah-daerah yang memiliki potensi namun belum dimanfaatkan secara optimal.

Banyak studi sebelumnya mengenai pertumbuhan sektor manufaktur di Indonesia masih berfokus pada faktor non-spasial seperti investasi, tenaga kerja, dan kebijakan upah

(Cans & Riyanto, 2020; Carpio dkk, 2015). Hanya sedikit yang mengkaji secara eksplisit pengaruh kawasan industri dan infrastruktur dengan menggunakan *open data* pada level kabupaten/kota. Penelitian ini berupaya mengisi celah tersebut dengan menerapkan pendekatan spasial untuk menangkap efek *spillover* antarwilayah administratif di Provinsi Jawa Timur. Selain itu, pendekatan ini memperkenalkan variabel *dummy* untuk membedakan wilayah dengan status kawasan industri resmi dan non-resmi, sehingga memungkinkan analisis diferensial terhadap bagaimana keberadaan kawasan industri dapat memengaruhi output manufaktur di daerah sekitarnya.

Kesenjangan spasial dalam pertumbuhan industri berimplikasi langsung terhadap tidak meratanya kesejahteraan di Jawa Timur. Tanpa adanya intervensi kebijakan, konsentrasi industri hanya akan memperbesar ketimpangan antarwilayah dan memperlemah daya saing jangka panjang. Oleh karena itu, pemahaman mengenai hubungan antara kawasan industri, infrastruktur, dan output manufaktur sangat penting, tidak hanya untuk mendukung pertumbuhan industri, tetapi juga untuk merancang kebijakan pembangunan yang lebih adil, mengurangi ketimpangan regional, dan mendorong pertumbuhan berkelanjutan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efek *spillover* kawasan industri dan infrastruktur terhadap output manufaktur di Jawa Timur, serta mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan faktor-faktor signifikan guna mengidentifikasi wilayah potensial yang dapat dikembangkan sebagai kawasan industri baru di masa mendatang. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi metodologis melalui penerapan *Spatial Durbin Error Model* berbasis data terbuka (OSM dan NTL), kontribusi empiris dengan menghadirkan bukti baru dari Jawa Timur sebagai pusat manufaktur nasional, serta kontribusi kebijakan berupa rekomendasi untuk perencanaan kawasan industri yang lebih adil dan merata.

Telaah Literatur

Teori awal mengenai konsentrasi kawasan industri bermula dari teori ekonomi eksternal yang dicetuskan oleh (Marshall, 1920). Teori ini mengatakan bahwa adanya konsentrasi geografis pada perusahaan yang sejenis (*industrial districs*) dapat menurunkan biaya dan meningkatkan produktivitas. Gagasan ini kemudian dikembangkan lebih lanjut dalam kerangka *New Economic Geography* oleh Krugman (1991), yang menunjukkan bahwa skala ekonomi dan penurunan biaya transportasi mendorong konsentrasi spasial aktivitas ekonomi serta menghasilkan efek *spillover* antarwilayah. Sejalan dengan teori tersebut, Greenstone dkk, (2010) menunjukkan bahwa kehadiran perusahaan besar mampu meningkatkan produktivitas perusahaan lain di sekitar lokasi industri utama. Namun demikian, penelitian oleh (Duranton & Puga, 2004) menunjukkan bahwa terciptanya kawasan industri dapat menyebabkan konsentrasi aktivitas ekonomi di wilayah tertentu, sementara daerah lain menjadi tertinggal. Studi oleh (Baldwin & Okubo, 2006) juga menyoroti bahwa tanpa intervensi kebijakan, konsentrasi kawasan industri dapat memperbesar disparitas antarwilayah. Oleh karena itu, penting untuk menilai apakah pola aglomerasi di Jawa Timur menghasilkan manfaat produktivitas atau justru memperdalam ketimpangan spasial yang menjadi fokus penelitian ini.

Studi yang dilakukan oleh Konno dkk (2021) menegaskan bahwa investasi pada infrastruktur jalan memiliki dampak positif secara spasial terhadap produktivitas regional, dengan temuan bahwa wilayah yang terhubung dengan jaringan jalan cenderung menikmati pertumbuhan produktivitas yang disebabkan oleh efek *spillover* antarwilayah industri yang berdekatan. Liu dkk (2024) juga menekankan bahwa konsentrasi kawasan industri yang didukung oleh jaringan jalan yang *resilient* dan efisien memiliki efek *spillover* yang lebih

kuat terhadap pertumbuhan ekonomi regional dibandingkan dengan kawasan industri yang terisolasi. Namun, beberapa studi juga mencatat potensi efek negatif seperti adanya *crowding* di satu wilayah dan keterlambatan pembangunan di wilayah lain (Rosik, 2023). Dengan demikian, efek infrastruktur terhadap output manufaktur masih diperdebatkan, terutama di wilayah dengan ketimpangan spasial seperti Jawa Timur.

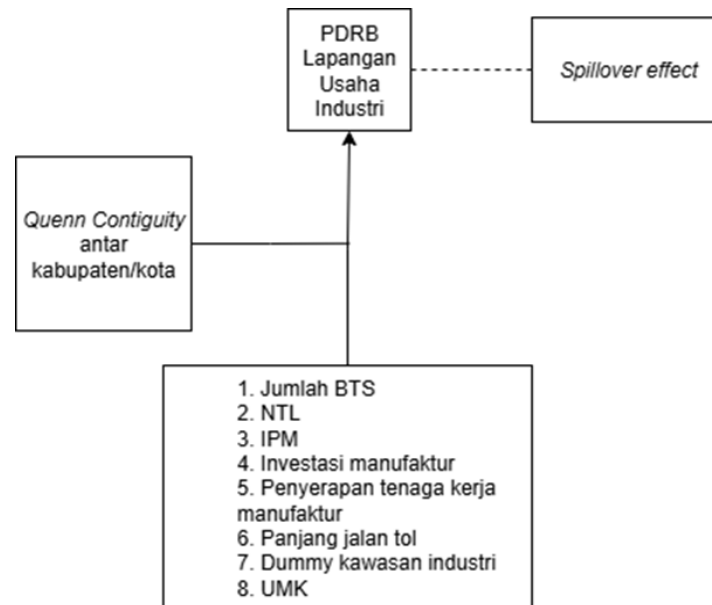
Tenaga kerja merupakan salah satu faktor produksi yang memainkan peran penting dalam menentukan performa sektor manufaktur. Teori dualisme ekonomi yang dikemukakan oleh Lewis (1954), serta model pembangunan oleh Fei & Ranis (1964) menekankan bahwa pengalihan tenaga kerja dari sektor tradisional ke sektor industri berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas secara nasional. Temuan empiris dari Chatterjee & Chatterjee (2021) mendukung pandangan ini dengan menunjukkan adanya hubungan positif antara penyerapan tenaga kerja dan output manufaktur lintas negara. Dalam perspektif pertumbuhan endogen, kualitas manusia juga memiliki peran strategis. Penelitian yang dilakukan oleh (Tan & Feng, 2023) memperlihatkan bahwa kenaikan indeks *human capital* secara signifikan meningkatkan pertumbuhan *output* dan kualitas produk manufaktur, terutama di provinsi berteknologi menengah-tinggi. Namun sebaliknya, studi pada 23 negara Afrika oleh Chukwu dkk (2022) menunjukkan bahwa peningkatan IPM tanpa kebijakan penyerapan tenaga terdidik dapat memindahkan pekerja ke sektor jasa, sehingga output manufaktur relatif menurun. Perbedaan hasil studi tersebut menunjukkan bahwa pengaruh tenaga kerja dan kualitas manusia terhadap kinerja manufaktur bersifat kompleks dan kontekstual. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya menelaah bagaimana tenaga kerja dan kualitas manusia berinteraksi dengan keberadaan kawasan industri dalam memengaruhi output manufaktur di Jawa Timur.

Dari sisi investasi, Azolibe (2021) menunjukkan bahwa *Foreign Direct Investment* (FDI) memiliki dampak positif terhadap pertumbuhan sektor manufaktur di wilayah Timur Tengah dan Afrika Utara, terutama ketika didukung oleh kualitas institusi yang baik. Demikian pula, penelitian oleh Khang (2024) menemukan bahwa dalam jangka pendek maupun jangka panjang, investasi sektor industri manufaktur berpengaruh positif signifikan terhadap pertumbuhan Produk Domestik Bruto (PDB) di Vietnam. Di Jawa Timur, konsentrasi investasi di kawasan industri telah menciptakan pusat pertumbuhan ekonomi yang signifikan. Namun, untuk mendorong pertumbuhan yang lebih merata, penting untuk memahami bagaimana investasi dapat menghasilkan efek *spillover* ke wilayah sekitarnya.

Secara ringkas, teori penawaran-permintaan menjelaskan bahwa kenaikan upah minimum kabupaten/kota (UMK) memengaruhi PDRB melalui dua jalur utama. Dari sisi permintaan, upah yang lebih tinggi meningkatkan pendapatan pekerja sehingga daya beli masyarakat naik dan mendorong permintaan output. Namun dari sisi penawaran, upah yang lebih tinggi juga membuat biaya produksi naik dan memungkinkan produsen untuk menaikkan harga. Hal ini justru dapat mengurangi output (Mankiw, 2014). Penelitian yang dilakukan oleh Pertama & Miati (2024) menemukan bahwa UMK memiliki pengaruh signifikan positif terhadap PDRB di Provinsi Bali. Sebaliknya, dalam konteks monopsoni dan pasar tenaga kerja terkonsentrasi, efek upah minimum terhadap pekerjaan bisa negatif atau positif tergantung pada struktur pasar (Popp, 2024).

Teori *New Economic Geography* menekankan aglomerasi akibat biaya transportasi dan skala ekonomi (Krugman, 1991). Dalam konteks ini, pendekatan ekonometrika spasial mampu menangkap ketergantungan antarwilayah serta efek *spillover* antar kabupaten/kota. Selain itu, inovasi data seperti *Night-Time Lights* (NTL) dan *OpenStreetMap* (OSM) semakin banyak digunakan dalam studi ekonomi regional. NTL dipandang sebagai proksi aktivitas ekonomi

yang dapat merepresentasikan dinamika spasial (Lin & Rybnikova, 2023). Penelitian yang dilakukan oleh Zheng dkk (2023) membuktikan bahwa NTL mampu mengestimasi perubahan nilai tambah ekonomi dengan presisi tinggi, menjadikannya instrumen penting dalam analisis spasial manufaktur. Sedangkan OSM menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan data infrastruktur di negara berkembang. Dengan mengintegrasikan teori spasial dan data terbuka, penelitian ini memberikan fondasi yang lebih kuat untuk menganalisis pertumbuhan manufaktur di Jawa Timur.



Gambar 2: Kerangka pikir

Metode Penelitian

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan kerangka fungsi produksi Cobb–Douglas sebagai dasar analisis. Model *Cobb–Douglas* menjelaskan hubungan output dengan input kapital dan tenaga kerja, yang dalam penelitian ini dimodifikasi untuk konteks spasial. Variabel kapital diproksikan dengan indikator infrastruktur (jalan tol, BTS, investasi), sedangkan tenaga kerja diproksikan oleh jumlah pekerja sektor manufaktur serta kualitas tenaga kerja melalui Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Secara umum, bentuk fungsi produksi *Cobb–Douglas* adalah sebagai berikut:

$$Y = AK^{\alpha}L^{\beta} \quad (1)$$

di mana Y adalah output, K kapital, dan L tenaga kerja. Dalam penelitian ini, kapital diproksikan melalui infrastruktur fisik (jalan tol), infrastruktur digital (BTS), serta investasi manufaktur. Tenaga kerja direpresentasikan oleh jumlah pekerja manufaktur, sedangkan kualitasnya dicerminkan oleh Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Faktor lain seperti UMK dan *Night Time Lights* (NTL) turut dipertimbangkan karena memengaruhi produktivitas dan aktivitas ekonomi.

Namun, model Cobb–Douglas standar tidak dapat menangkap interaksi antarwilayah. Dalam konteks Jawa Timur, output manufaktur juga dipengaruhi oleh infrastruktur dan kawasan industri di wilayah sekitar. Oleh karena itu, fungsi Cobb–Douglas diperluas dengan *Spatial Durbin Error Model* (SDEM) yang mampu menangkap efek *spillover* dan heterogenitas spasial antar kabupaten/kota.

Data dan Variabel

Data yang digunakan bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian Keuangan serta memanfaatkan sumber *open data* dari *Google Earth Engine* dan *OpenStreetMap*. Penelitian ini menggunakan data tahun 2024 karena merupakan data terbaru yang tersedia dari statistik resmi (*official statistics*). Selain itu, variabel infrastruktur seperti panjang jalan relatif stabil dan tidak mengalami perubahan signifikan dari tahun ke tahun, sehingga penggunaan data *cross-sectional* tahun 2024 dinilai memadai untuk merepresentasikan kondisi terkini. Variabel penelitian terbagi menjadi variabel dependen dan independen. Variabel dependen adalah output manufaktur yang diprosikan dengan Produk Domestik Regional Bruto Atas Dasar Harga Konstan (PDRB ADHK) sektor industri pengolahan. Variabel independen difokuskan pada aspek infrastruktur dan faktor-faktor lain yang relevan. Jumlah *Base Transceiver Station* (BTS) digunakan sebagai indikator infrastruktur telekomunikasi karena menunjukkan ketersediaan jaringan, bukan perilaku penggunaan, sehingga lebih tepat untuk menangkap kapasitas infrastruktur wilayah. NTL digunakan sebagai proksi aktivitas ekonomi karena terbukti berkorelasi erat dengan intensitas pembangunan. Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK) dimasukkan karena dapat memengaruhi output manufaktur melalui sisi permintaan (peningkatan daya beli) maupun sisi penawaran (kenaikan biaya produksi). Adapun rincian seluruh variabel penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1: Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Satuan
(1)	(2)	(3)
Output Manufaktur (Y)	PDRB Atas Dasar Harga Konstan (Triliun Rupiah) Sektor Industri Pengolahan	Miliar Rupiah
Jalan Tol (JT)	Panjang Jalan Tol	Km
Jumlah <i>Base Transceiver Station</i> (BTS)	Banyaknya Desa/Kelurahan Menurut Keberadaan <i>Base Transceiver Station</i> (BTS)	Jumlah
<i>Night Time Lights</i> (NTL)	Rata-rata <i>Night Time Lights</i>	nanoWatt/sr/cm ²
Indeks Pembangunan Manusia (IPM)	Indeks Pembangunan Manusia	Poin
Investasi Manufaktur (INVEST)	Realisasi Pembentukan Modal Asing (PMA) dan Pembentukan Modal Dalam Negeri (PMDN) Sektor Industri Pengolahan	Miliar Rupiah
Tenaga Kerja Manufaktur (TKM)	Penyerapan Tenaga Kerja Sektor Industri Pengolahan	Poin
Upah Minimum (UMK)	Upah Minimum Kabupaten/Kota (Juta Rupiah)	Juta Rupiah
<i>Dummy</i> Kawasan Industri (DKI)	Variabel dummy untuk mengklasifikasikan kabupaten/kota yang memiliki kawasan industri (nilai 1) dan yang tidak (nilai 0).	Poin

Metode Analisis

Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk memberikan gambaran umum terkait dengan variabel dependen dalam penelitian ini yaitu output manufaktur dengan menggunakan *box plot* dan peta sebaran di masing-masing kabupaten/kota. Selanjutnya, gambaran mengenai keterkaitan variabel-variabel infrastruktur terhadap output manufaktur dilihat dengan *bivariate choropleth map*. Dalam mendukung proses analisis deskriptif, aplikasi pengolahan data yang digunakan adalah Microsoft Excel, R-Studio, dan Geoda.

Matriks Pembobot Spasial

Selanjutnya, untuk menganalisis data spasial secara lebih akurat, digunakan matriks pembobot spasial (*spatial weight matrix*), yang merepresentasikan hubungan kedekatan antar wilayah. Dalam penelitian ini digunakan pendekatan *queen contiguity*, yang menganggap dua wilayah bertetangga apabila berbagi sisi atau titik batas. Metode ini lebih inklusif dan kompleks dibandingkan *rook contiguity* yang hanya mempertimbangkan sisi bersama. *Queen contiguity* mencerminkan keterkaitan wilayah administratif secara lebih luas dan dinilai lebih tepat untuk unit analisis kabupaten/kota (Anselin, 1988). Pada pembentukan matriks penimbang, penelitian ini melakukan penyesuaian dimana Kabupaten Bangkalan dipertimbangkan bertetangga dengan Kota Surabaya karena adanya Jembatan Suramadu. Penyesuaian serupa dapat diterapkan pada wilayah lain yang secara geografis terhubung melalui sarana transportasi reguler. Matriks yang telah disesuaikan ini disebut sebagai *modified contiguity*, yang mempertimbangkan kondisi geografis dan infrastruktur nyata antar wilayah (Pasaribu, 2015). Matriks ini berperan penting dalam mendukung validitas model regresi spasial yang digunakan dalam tahap analisis inferensial.

Analisis Inferensial

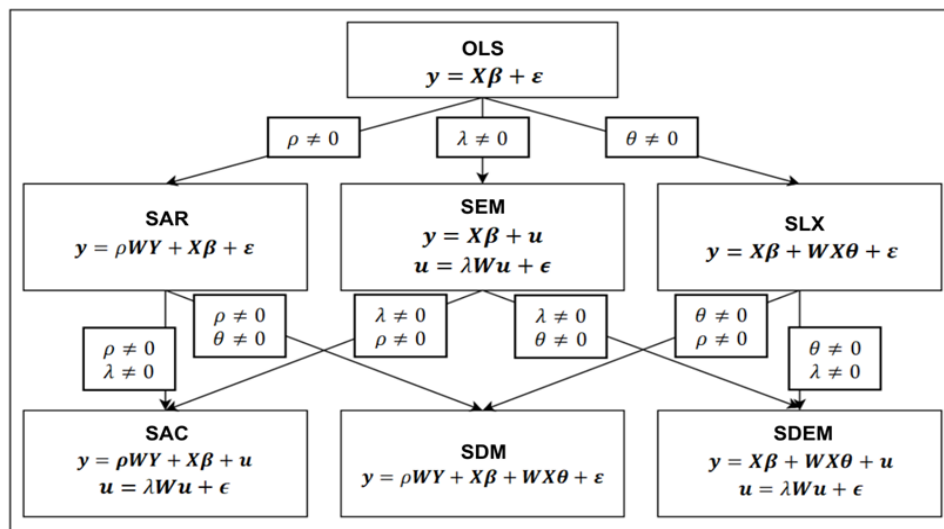
Analisis inferensial digunakan untuk menganalisis pengaruh variabel-variabel infrastruktur terhadap output manufaktur kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2024 dengan mempertimbangkan adanya efek spasial. Sampai saat ini, masih belum banyak penelitian terkait yang mempertimbangkan adanya efek spasial untuk melihat pengaruh infrastruktur terhadap output manufaktur. Untuk itu, pemodelan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan regresi spasial guna mengakomodasi keberadaan efek spasial pada data spasial. Regresi spasial dipilih karena mampu menangkap keterkaitan spasial dalam data empiris, yang meliputi autokorelasi spasial maupun heterogenitas spasial (Anselin, 1988). Dalam penelitian ini, model *General Nesting Spatial (GNS)* digunakan sebagai acuan dalam pembentukan model umum regresi spasial. Model GNS mencakup semua jenis efek interaksi spasial (Elhorst, 2014). Adapun model umum regresi spasial dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \ln(Y)_i = & \beta_0 + \rho \sum_{j=1}^{38} W_{ij} Y_j + \beta_1 BTS_i + \beta_2 NTL_i + \beta_3 IPM_i + \beta_4 INVEST_i + \beta_5 TKM_i \\ & + \beta_6 JT_i + \beta_7 DKI_i + \beta_8 UMK_i + \theta_1 \sum_{j=1}^{38} W_{ij} BTS_j + \theta_2 \sum_{j=1}^{38} W_{ij} NTL_j \\ & + \theta_3 \sum_{j=1}^{38} W_{ij} IPM_j + \theta_4 \sum_{j=1}^{38} W_{ij} INVEST_j + \theta_5 \sum_{j=1}^{38} W_{ij} TKM_j \\ & + \theta_6 \sum_{j=1}^{38} W_{ij} JT_j + \theta_7 \sum_{j=1}^{38} W_{ij} DKI_j + \theta_8 \sum_{j=1}^{38} W_{ij} UMK_j + \lambda \sum_{j=1}^{38} W_{ij} u_j \\ & + \epsilon_i \end{aligned} \quad (2)$$

Keterangan:

- Y : output manufaktur
 BTS : jumlah BTS
 NTL : night time light
 IPM : indeks pembangunan manusia

<i>INVEST</i>	: investasi manufaktur
<i>TKM</i>	: tenaga kerja manufaktur
<i>JT</i>	: jalan tol
<i>DKI</i>	: <i>dummy</i> kawasan industri
<i>UMK</i>	: upah minimum kabupaten
β_0	: <i>intercept</i>
$\beta_1, \dots, \beta_7$	: koefisien parameter regresi (pengaruh langsung) variabel independen
$\theta_1, \dots, \theta_7$	: koefisien parameter spasial <i>lag</i> (pengaruh tidak langsung) pada variabel independen
W_{ij}	: nilai elemen matriks penimbang spasial yang telah distandardisasi
ρ	: koefisien parameter spasial <i>lag</i> pada variabel dependen
λ	: koefisien parameter efek spasial dari <i>error</i> model
u	: <i>error</i> yang memiliki autokorelasi spasial
ε	: <i>error term</i>
i	: 1,2,3,...,38 (kabupaten/kota amatan)
j	: 1,2,3,...,38 (kabupaten/kota tetangga)



Gambar 3: Adaptasi skema pemilihan model regresi spasial Elhorts

Sumber: (Pasaribu dkk, 2024)

Dalam membentuk model regresi spasial pada penelitian ini, terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut.

- 1) Membentuk matriks penimbang spasial dengan metode *queen contiguity*.
- 2) Identifikasi autokorelasi spasial pada variabel dependen dan independen dengan menggunakan *Global Moran's I* sebagai bagian dari ESDA.

- 3) Sebelum membentuk model regresi spasial, dibutuhkan model regresi berganda dengan metode estimasi parameter *Ordinary Least Square* (OLS) sebagai model awal dalam pemilihan model spasial.
- 4) Pemilihan model regresi spasial berdasarkan skema pemilihan (Elhorst, 2014). Skema pemilihan model spasial Elhorst (2014) menjelaskan langkah pertama yang perlu dilakukan adalah pengujian *Lagrange Multiplier* (LM) dan *Robust Lagrange Multiplier* (RLM) untuk mengidentifikasi efek spasial baik pada *lag* atau *error*. Berikut keputusan pemilihan model berdasarkan hasil pengujian.
 - a) Model *Spatial Autoregressive* (SAR) atau *Spatial Durbin* (SDM) digunakan saat hasil uji LM menunjukkan terdapat efek spasial pada *lag*. Sedangkan, model *Spatial Error* (SEM) atau *Spatial Durbin Error* (SDEM) digunakan saat hasil uji LM menunjukkan terdapat efek spasial pada *error*. Namun, jika uji LM menunjukkan efek spasial pada *lag* dan *error*, maka uji RLM digunakan untuk melihat model yang lebih baik.
 - b) Model *Autoregressive Combine* (SAC) digunakan saat hasil uji RLM menunjukkan efek spasial pada *lag* dan *error*.
 - c) Model *Spatial Lag of X* (SLX) digunakan saat terdapat efek spasial pada variabel independen, yang ditunjukkan dari hasil *Global Moran's I*.
 - d) Perbandingan kebaikan model dengan *log-likelihood*, *R-squared*, AIC, dan BIC dilakukan saat terdapat lebih dari satu model yang dapat dipilih serta melakukan uji LR.
- 5) Melakukan estimasi model regresi spasial terpilih dengan metode estimasi parameter *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) dan menguji signifikansi parameter parsial dengan uji Wald.

K-means

Analisis kluster dilakukan untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan faktor-faktor yang signifikan memengaruhi output manufaktur. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi wilayah dengan karakteristik serupa sehingga dapat dipetakan potensi pengembangan kawasan industri baru. Metode *K-means* dipilih karena memiliki keunggulan sederhana, cepat, dan mudah diinterpretasikan sehingga lebih sesuai digunakan dalam analisis kebijakan dibanding metode lain seperti *hierarchical clustering* atau DBSCAN. Keunggulan ini menjadikan *K-means* banyak digunakan dalam penelitian ekonomi regional yang membutuhkan klasifikasi wilayah berdasarkan kesamaan karakteristik (Mittal dkk, 2019). Jumlah kluster ditentukan menggunakan pendekatan *elbow method* dan *silhouette score* untuk memastikan hasil yang optimal. Selain itu, pertimbangan praktis terkait kebutuhan kebijakan juga digunakan agar jumlah kluster yang dihasilkan relevan untuk perumusan strategi pembangunan wilayah. Dengan demikian, hasil dapat memberikan implikasi langsung bagi perencanaan kawasan industri yang lebih merata.

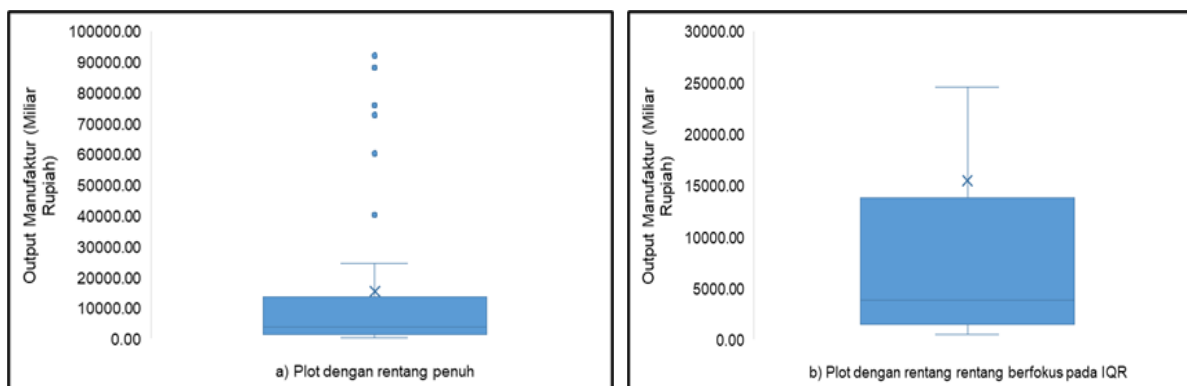
Hasil dan Pembahasan

Kondisi Umum Output Manufaktur Provinsi Jawa Timur Tahun 2024

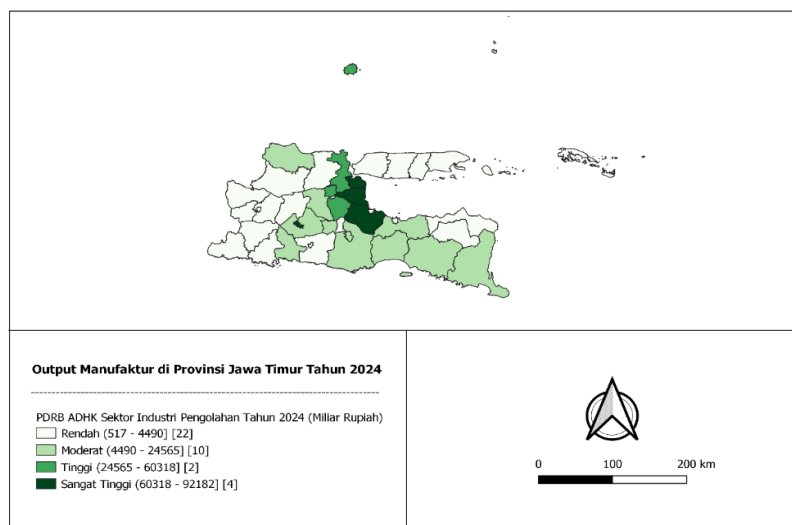
Berdasarkan plot yang ditunjukkan pada Gambar 4, output sektor manufaktur memiliki rentang nilai yang sangat lebar, yakni dari sekitar 517 hingga hampir 92.182 Miliar rupiah. Hal ini menunjukkan tingkat variasi yang tinggi dalam kontribusi sektor manufaktur antar wilayah. Terdapat beberapa kabupaten/kota yang menjadi *outlier*, yaitu wilayah-wilayah

dengan output manufaktur yang jauh lebih tinggi dibandingkan wilayah lainnya. Perbedaan yang mencolok ini umumnya disebabkan oleh konsentrasi kawasan industri besar di wilayah tertentu. Kabupaten/kota yang memiliki kawasan industri terintegrasi, infrastruktur logistik yang kuat, dan perusahaan manufaktur berskala besar, seperti Sidoarjo, Gresik, Pasuruan, dan Kota Surabaya, cenderung memiliki output manufaktur yang tinggi. Sebaliknya, wilayah-wilayah yang lebih bersifat agraris atau minim aktivitas industri menunjukkan nilai output yang jauh lebih rendah.

Selanjutnya, pada Gambar 4 juga dapat dilihat bahwa *interquartile range* (IQR) berada pada kisaran sekitar 1.494 hingga 13.826 miliar rupiah, menunjukkan bahwa 50% kabupaten/kota di Jawa Timur memiliki output manufaktur dalam rentang tersebut. Nilai median sebesar 3.853 Miliar Rupiah berada jauh di bawah rata-ratanya yang sebesar 15.505 miliar rupiah. Kondisi ini menunjukkan bahwa distribusi output manufaktur di Jawa Timur condong ke kanan (*right-skewed*). Artinya, sebagian besar kabupaten/kota memiliki output manufaktur yang relatif rendah hingga sedang, sementara hanya sedikit wilayah yang mendominasi dengan nilai output manufaktur yang sangat tinggi. Fenomena ini mencerminkan adanya kesenjangan kontribusi manufaktur antar daerah di Jawa Timur. Beberapa kabupaten/kota industri menjadi motor utama perekonomian, sementara daerah lainnya masih perlu penguatan kapasitas industri agar mampu bersaing dan berkontribusi lebih besar terhadap perekonomian di Provinsi Jawa Timur.



Gambar 4: Boxplot Output Manufaktur di Provinsi Jawa Timur Tahun 2024



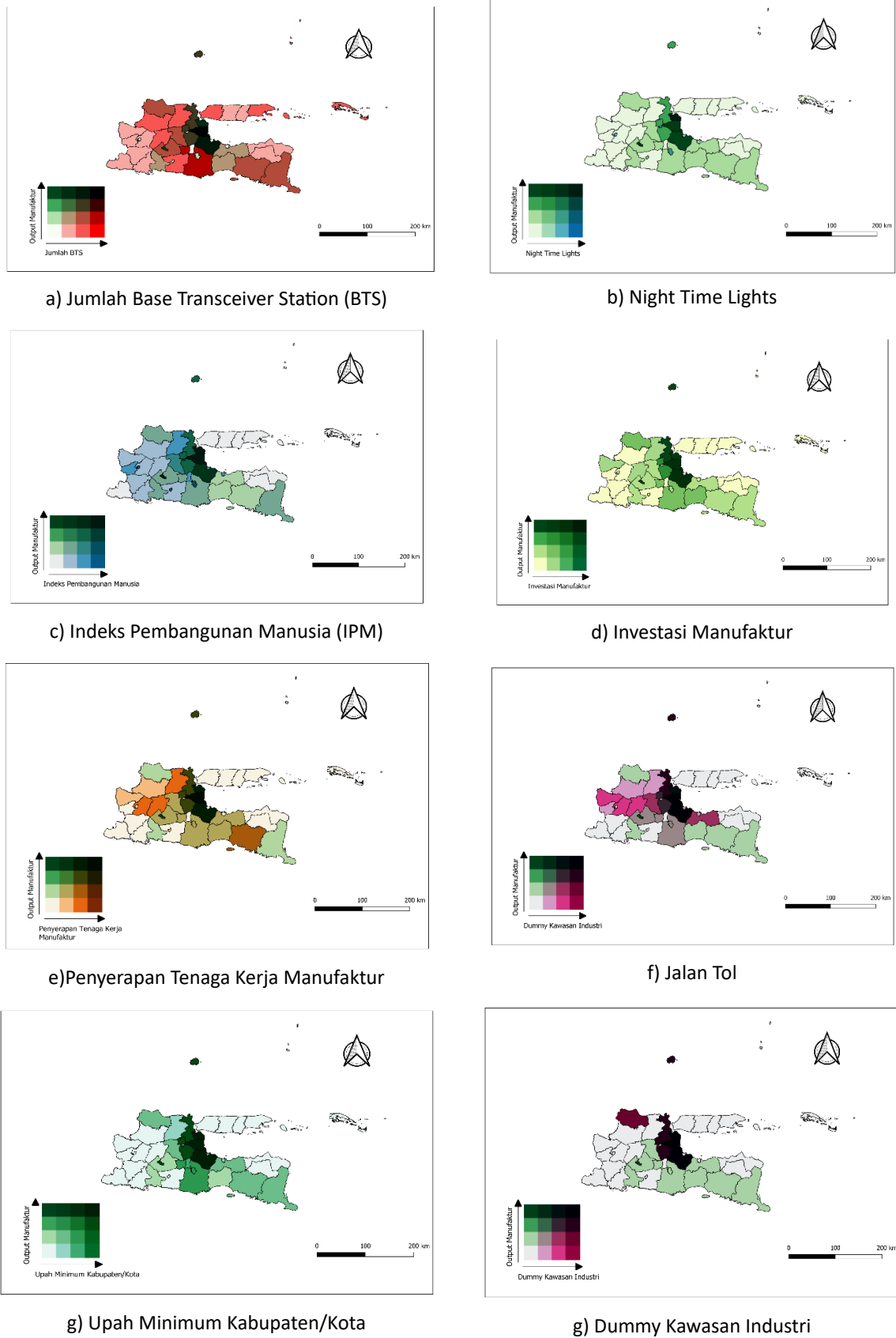
Gambar 5: Peta Sebaran Output Manufaktur (Miliar Rupiah) di Provinsi Jawa Timur Tahun 2024

Gambar 5 merupakan peta sebaran *output* manufaktur untuk melihat gambaran umum *output* sektor manufaktur kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur tahun 2024. Peta sebaran tersebut dibuat menggunakan metode pengelompokan *natural breaks* dengan empat kategori yaitu rendah, moderat, tinggi, dan sangat tinggi. Hasil visualisasi menunjukkan pola sebaran yang mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur menjadi beberapa kelompok output manufaktur berdasarkan kedekatan lokasi. Secara umum, daerah-daerah yang berdekatan atau bertetangga dengan Ibukota Provinsi Jawa Timur yaitu Kota Surabaya dan kabupaten/kota yang mempunyai kawasan industri mempunyai output manufaktur yang cenderung tinggi. Sebaran output manufaktur pada sebagian besar kabupaten/kota di Jawa Timur cenderung berkumpul pada rentang kategori rendah atau berkisar 517 hingga 4.490 miliar rupiah, khususnya di kabupaten/kota yang ada di bagian barat Provinsi Jawa Timur seperti Pacitan, Ponorogo, dan Trenggalek yang secara visual tercermin melalui dominasi warna putih. Terakhir, terdapat kabupaten/kota dengan output manufaktur yang dikategorikan sebagai sangat tinggi, melebihi angka 60.318 miliar rupiah, terdapat di beberapa kota besar yang menjadi pusat-pusat perekonomian dan kawasan industri, seperti Kota Surabaya, Kota Kediri, Sidoarjo, Pasuruan, dan Gresik yang tercermin melalui dominasi warna hijau gelap pada peta.

Hubungan antara Kondisi Infrastruktur dengan Perekonomian

Gambar 6 merupakan peta *bivariate choropleth* yang memberikan gambaran hubungan antara output manufaktur dengan variabel independen yang digunakan dalam penelitian. Variabel independen yang digunakan antara lain jumlah BTS, *night time light*, indeks pembangunan manusia, investasi manufaktur, penyerapan tenaga kerja sektor manufaktur, panjang jalan tol, upah minimum kabupaten/kota, dan *dummy* kawasan industri, yang dikelompokkan menjadi 4 kategori dengan metode *natural breaks*.

Analisis pola sebaran pada Gambar 6(a) mengindikasikan korelasi yang cenderung positif antara output manufaktur dan jumlah BTS. Hal tersebut ditunjukkan pada daerah dengan didominasi oleh warna gelap yang mengindikasikan hubungan searah seperti Kota Surabaya, Sidoarjo, dan Pasuruan, tetapi di sebagian besar kabupaten/kota tidak terlalu memiliki hubungan yang kuat antara output manufaktur dan jumlah BTS. Pada Gambar 6(b) dan 6(c) terlihat hubungan yang cukup mirip baik antara output manufaktur dengan NTL ataupun dengan IPM. Terlihat bahwa di daerah dengan output manufaktur besar cenderung diikuti dengan NTL dan IPM kategori besar juga yang mengindikasikan hubungan searah. Namun, pada sebagian daerah lainnya tidak terlalu terlihat hubungan yang kuat sehingga korelasi yang terbentuk memang ada tetapi tidak tinggi. Hal yang berbeda terjadi pada variabel investasi manufaktur, tenaga kerja manufaktur, panjang jalan tol, dan UMK yang tersaji pada Gambar 6(d), 6(e), 6(f), dan 6(g) yang mengindikasikan hubungan yang cukup kuat antara variabel independen dengan output manufaktur. Pada peta *bivariate choropleth* tersebut terlihat bahwa semakin tinggi kategori output manufaktur suatu daerah, maka akan diikuti oleh kategori investasi manufaktur, tenaga kerja manufaktur, panjang jalan tol, dan UMK yang tinggi juga. Ini menunjukkan bahwa korelasi yang terbentuk cukup tinggi pada ketiga variabel independen tersebut. Terakhir, pada gambar 6(h) terlihat hubungan yang terjadi antara *dummy* kawasan industri dan output manufaktur cukup tinggi. Hal tersebut diperkuat oleh kabupaten/kota yang merupakan kawasan industri cenderung mempunyai output manufaktur yang berkategori tinggi yang mengindikasikan bahwa adanya kawasan industri membawa dampak yang cukup besar bagi output manufaktur suatu daerah.



Gambar 6: Peta *Bivariate Choropleth* Hubungan Output Manufaktur dengan Variabel Independen di Jawa Timur Tahun 2024

Identifikasi Autokorelasi Spasial dengan Global Moran's I

Dalam memulai pemodelan yang mempertimbangkan adanya efek spasial, diperlukan tahapan untuk mengecek adanya autokorelasi spasial pada variabel dependen dan variabel independen. Pengujian autokorelasi spasial secara global di suatu wilayah dapat dilakukan dengan menggunakan Global Moran's I pada setiap variabel yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2: Pengujian Global Moran's I

Variabel	Global Moran's I	p-value
(1)	(2)	(3)
Y	0,3705	0,005*
JT	0,3346	0,009*
BTS	-0,0841	0,701
NTL	0,0329	0,274
IPM	0,2479	0,020*
INVEST	0,3798	0,003*
TKM	0,3841	0,003*
UMK	0,7059	0,001*
DKI	0,3813	0,004*

Keterangan: * (signifikan pada tingkat signifikansi 10 persen)

Menurut hasil pengujian Global Moran's I pada Tabel 2, variabel output manufaktur memberikan nilai *p-value* sebesar 0,005, yang menunjukkan penolakan hipotesis nol pada tingkat signifikansi 5%. Dengan demikian, terdapat autokorelasi spasial pada output manufaktur kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2024. Nilai indeks Moran's I yang didapatkan sebesar 0,37 menunjukkan bahwa terdapat autokorelasi positif. Artinya kabupaten/kota yang berdekatan akan cenderung mempunyai kemiripan nilai output manufaktur. Daerah yang bertetangga dengan kabupaten/kota yang perekonomiannya kuat, akan memiliki perekonomian yang kuat, begitu juga sebaliknya.

Hasil pengujian pada Tabel 2 ternyata juga menunjukkan adanya autokorelasi spasial pada beberapa variabel prediktor yang ditunjukkan dengan nilai *p-value* kurang dari 5 persen. Nilai indeks Moran's I pada masing-masing variabel prediktor cukup bervariasi dengan korelasi tertinggi pada variabel UMK yang memperoleh nilai indeks sebesar 0,70. Selain itu, pada variabel prediktor lainnya yaitu jalan tol, IPM, investasi manufaktur, dan *dummy* kawasan industri menunjukkan adanya autokorelasi spasial positif. Hal tersebut menunjukkan model SLX, SDM, dan SDEM dapat dijadikan opsi dalam pemilihan model.

Pemilihan Model Regresi Spasial

Adanya autokorelasi spasial pada variabel dependen menjadi tanda bahwa pemodelan dengan menggunakan *Ordinary Least Square* (OLS) sudah tidak relevan. Langkah selanjutnya adalah melihat dependensi spasial pada model OLS untuk menentukan model spasial mana yang perlu dibangun. Langkah yang perlu dilakukan dalam membentuk model regresi spasial yang sesuai dalam mengetahui pengaruh variabel-variabel infrastruktur terhadap *output* manufaktur di Jawa Timur tahun 2024. Salah satu cara untuk mengidentifikasi ketergantungan spasial (pada *lag* atau *error*) pada model OLS adalah dengan uji *Lagrange Multiplier* (LM) dan uji *Robust Lagrange Multiplier* (RLM).

Tabel 3: Pengujian Diagnostik Efek Spasial

Uji	Nilai Statistik Uji	<i>p-value</i>	Keputusan
(1)	(2)	(3)	(4)
LM-lag	0,0302	0,862	Gagal Tolak
LM-error	0,4665	0,495	Gagal Tolak
Robust LM-lag	0,1100	0,740	Gagal Tolak
Robust LM-error	0,5463	0,460	Gagal Tolak

Hasil pengujian diagnostik efek spasial pada Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat tidak efek spasial variabel dependen pada *lag* dan *error* dalam model. Hal tersebut dapat dilihat pada *p-value* uji LM-lag, LM-error, RLM-lag, dan RLM-error yang tidak signifikan sehingga model SAR, SEM, dan SAC. Dengan adanya efek spasial yaitu autokorelasi spasial pada variabel independen perlu dilakukan pengecekan model spasial yang memuat efek spasial baik pada variabel dependen maupun independen yaitu SLX, SDM, dan SDEM.

Tabel 4: Perbandingan Model SDM, SDEM, dan SLX

Model	<i>Log-likelihood</i>	<i>R-Squared</i>	AIC	BIC
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
SDM	-407,4842	0,8184	852,9684	884,0825
SDEM	-402,3593	0,8613	842,7186	873,8328
SLX	-408,1340	0,8160	852,2681	881,7446

Pada perbandingan model yang ditunjukkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa *Spatial Durbin Error Model* (SDEM) lebih baik dibandingkan model SDM dan SLX. Model SDEM mempunyai *log-likelihood* dan *r-squared* yang lebih besar serta nilai AIC dan BIC yang lebih kecil dibandingkan model lainnya. Hal ini juga diperkuat dengan hasil uji LR antara model SLX dengan SDEM (dengan *p-value* signifikan yang menunjukan *goodness of fit* SDEM dibandingkan SLX), sehingga model terbaik yang dipilih dalam penelitian ini adalah model SDEM. Hasil pemilihan model tersebut menunjukan bahwa *output* manufaktur kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur tidak hanya dipengaruhi oleh variabel-variabel infrastruktur dari daerah sendiri (*direct effect*) tetapi terdapat pengaruh tidak langsung (*indirect effect*) dari *output* manufaktur dan variabel-variabel infrastruktur daerah di sekitarnya.

Estimasi Parameter SDEM

Model *Spatial Durbin Error* (SDEM) yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk menangkap pengaruh langsung maupun tidak langsung antar kabupaten/kota terhadap variabel dependen. Berikut adalah hasil statistik dari model SDEM.

Tabel 5: Statistik SDEM

Statistik	Nilai
(1)	(2)
Lambda (λ)	0,86687
LR test value	10,749
<i>p-value</i> Lambda	0,00104
AIC (SDem)	842,72
AIC (OLS)	851,47
Nagelkerke pseudo-R ²	0,8613

Hasil estimasi pada Tabel 5 menunjukkan bahwa model memiliki kinerja yang baik, ditunjukkan oleh nilai Nagelkerke pseudo- R^2 sebesar 0,8613. Artinya, sekitar 86,13% variasi dalam variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabel-variabel independen dalam model. Selain itu, nilai lambda sebesar 0,86687 yang signifikan pada tingkat 1% ($p < 0,0001$) menunjukkan adanya autokorelasi spasial pada komponen *error*. Ini mengindikasikan bahwa gangguan atau faktor tak teramati dalam suatu wilayah memiliki keterkaitan dengan wilayah sekitarnya. Nilai AIC model SDEM (842,72) yang lebih rendah dibandingkan dengan model OLS (851,47) juga mendukung bahwa pendekatan spasial lebih tepat digunakan untuk data ini.

Tabel 6: Koefisien SDEM

Variabel	Estimasi Parameter	Std. Error	z-value	p-value
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(Intercept)	-168210	165350	-1,0173	0,309
BTS	98,36	49,27	1,9966	0,0459*
NTL	1873,2	728,68	2,5707	0,0102*
IPM	-956,31	974,55	-0,9813	0,3265
INVEST	51,46	121,17	0,4247	0,6711
TKM	-0,65	0,6	-1,0761	0,2819
JT	41,47	60,32	0,6876	0,4917
DKI	53708	13375	4,0154	0,00006*
UMK	14031	7738,8	1,8131	0,0698*
Lag_BTS	636,47	121,89	5,2218	1,77E-07*
Lag_NTL	2447,2	1600,4	1,5291	0,1262
Lag_IPM	4371,3	1931,5	2,2632	0,0236*
Lag_INVEST	-671,99	235,77	-2,8503	0,0044*
Lag_TKM	-4,87	1,44	-3,3736	0,0007*
Lag_JT	357,76	126,63	2,8254	0,0047*
Lag_DKI	209780	35588	5,8948	3,75E-09*
Lag_UMK	-91743	16213	-5,6585	1,53E-08*

Keterangan: * (signifikan pada tingkat signifikansi 10 persen)

$$\begin{aligned}
 Y_i = & -168210 + 98,36BTS_i + 1873,24NTL_i - 956,31IPM_i + 51,46INVEST_i \\
 & - 0,65TKM_i + 41,47JT_i + 53708DKI_i + 14031UMK_i \\
 & + 636,4W(BTS)_j + 2447,18W(NTL)_j + 4371,34W(IPM)_j \\
 & - 671,99(INVEST)_j - 4,87W(TKM)_j + 357,78W(JT)_j \\
 & + 209780W(DKI)_j - 91743W(UMK)_j + u_i
 \end{aligned} \quad (3)$$

$$u_i = \lambda \sum_j^n W_{ij} u_j + \epsilon_{i,\lambda} = 0,86687 \quad (4)$$

Berdasarkan hasil estimasi, terdapat beberapa variabel independen yang memiliki pengaruh langsung signifikan terhadap variabel dependen. Variabel Jumlah BTS memiliki koefisien positif sebesar 98,36 dan signifikan pada taraf 5% ($p = 0,0459$), yang menunjukkan bahwa peningkatan jumlah menara BTS di suatu wilayah berkontribusi terhadap peningkatan output ekonomi wilayah tersebut. Hasil penelitian ini selaras dengan temuan [Zhang dkk \(2022\)](#) yang mengidentifikasi bahwa pembangunan infrastruktur telekomunikasi, melalui kebijakan

Broadband China sebagai guncangan eksogen, memberikan pengaruh positif signifikan terhadap produktivitas Perusahaan. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa infrastruktur telekomunikasi meningkatkan produktivitas melalui pengembangan informasi, peningkatan efisiensi alokasi sumber daya, mendorong inovasi, dan menurunkan biaya transaksi. Dalam penelitian ini, menara BTS berperan sebagai komponen utama penyediaan jaringan telekomunikasi yang mendukung konektivitas digital.

Variabel *Night-time Light* (NTL), sebagai proksi aktivitas ekonomi malam hari, juga berpengaruh positif dan signifikan ($p = 0,0102$). Penelitian ini sejalan dengan hasil studi [Jarron dkk \(2022\)](#) yang menunjukkan bahwa data NTL memiliki hubungan signifikan positif dengan kapasitas produksi industri, sebagaimana dibuktikan pada kasus industri kayu di British Columbia. Studi tersebut menemukan adanya hubungan yang kuat antara intensitas NTL dan kapasitas produksi pabrik, serta kemampuan NTL untuk mendeteksi dinamika operasional seperti penutupan pabrik. Hal ini mendukung hasil penelitian yang menunjukkan bahwa aktivitas ekonomi yang dilihat melalui NTL berpengaruh positif signifikan terhadap output manufaktur, karena pola intensitas cahaya malam dapat menggambarkan aktivitas produksi di sektor industri.

Selain itu, variabel *dummy* yang dalam konteks penelitian ini diasumsikan merepresentasikan wilayah kawasan industri atau wilayah strategis, menunjukkan pengaruh positif yang sangat signifikan ($p < 0,0001$). Temuan ini memperkuat dugaan bahwa lokasi wilayah yang berada dalam kawasan industri atau memiliki posisi geografis unggul memberikan keuntungan ekonomi yang nyata. Penelitian pengaruh lokasi strategis terhadap output ekonomi diperkuat oleh temuan [Han \(2023\)](#) yang memanfaatkan pembentukan *National High-Tech Zones* di Tiongkok. Penelitian ini mendukung interpretasi bahwa kawasan industri memberikan keunggulan ekonomi bagi wilayah tersebut. Demikian pula studi tentang *Special Economic Zones* (SEZ) menunjukkan bahwa zona ini berperan penting dalam meningkatkan output, investasi, dan produktivitas secara lokal melalui efek aglomerasi dan seleksi sumber daya yang efisien ([Li dkk, 2021](#)). Sementara itu, variabel lainnya seperti IPM, investasi manufaktur, UMK, penyerapan tenaga kerja manufaktur, dan panjang jalan tol belum menunjukkan pengaruh langsung yang signifikan terhadap variabel dependen.

Selain pengaruh langsung, model ini juga mengungkap adanya pengaruh tidak langsung (*spillover effect*) dari variabel-variabel di wilayah tetangga. Variabel lag_BTS, lag_IPM, lag_JT, dan lag_DKI memiliki pengaruh positif yang signifikan terhadap wilayah yang diamati. Hal ini mengindikasikan bahwa keberadaan infrastruktur digital, pembangunan manusia, dan aksesibilitas di wilayah sekitar turut mendorong pertumbuhan ekonomi wilayah terdekatnya. [Keji dkk \(2024\)](#) menemukan bahwa pembangunan modal manusia dan infrastruktur seperti pendidikan, literasi, dan ICT memiliki efek *spillover* jangka panjang yang signifikan terhadap pertumbuhan sektor industri. Demikian pula penelitian yang dilakukan oleh [Shevtsova dkk \(2025\)](#) menunjukkan bahwa investasi pada infrastruktur transportasi terbukti mendistribusikan manfaat ekonomi secara luas antarwilayah. Hal ini juga didukung oleh data di China Barat Laut menunjukkan *spillover* positif dari infrastruktur jalan terhadap pertumbuhan ekonomi wilayah sekitar ([Lei dkk, 2015](#)).

Hasil estimasi menunjukkan bahwa variabel lag_DKI memiliki pengaruh signifikan positif terhadap output manufaktur. Hasil ini mengindikasikan adanya efek *spillover* dari keberadaan kawasan industri di daerah tetangga, yang mampu mendorong aktivitas ekonomi di wilayah sekitar. Fenomena ini sejalan dengan teori ekonomi eksternal [Marshall \(1920\)](#) yang menekankan manfaat aglomerasi, di mana konsentrasi aktivitas ekonomi mampu menurunkan

biaya dan meningkatkan produktivitas, serta kerangka *New Economic Geography* [Krugman \(1991\)](#) yang menunjukkan bahwa skala ekonomi dan konektivitas spasial dapat memicu pertumbuhan wilayah di sekitarnya. Temuan ini mengindikasikan bahwa kedekatan dengan pusat industri memberikan keuntungan kompetitif bagi daerah tetangga melalui transfer pengetahuan, integrasi pasar, dan peningkatan efisiensi logistik.

Sebaliknya, variabel *lag_INVEST*, *lag_TKM*, dan *lag_UMK* menunjukkan pengaruh negatif yang signifikan. Kondisi ini dapat mencerminkan adanya kompetisi antarwilayah dalam hal penyerapan investasi, perebutan tenaga kerja, atau daya saing upah minimum yang kurang seimbang. Variabel *lag_INVEST* yang berpengaruh negatif signifikan terhadap output manufaktur menandakan adanya kompetisi antardaerah dalam menarik modal. Temuan ini sejalan dengan penelitian [Vujanović \(2023\)](#) yang menunjukkan bahwa kehadiran FDI dapat menimbulkan *market-stealing effects*, di mana arus investasi asing justru menekan produktivitas perusahaan domestik di wilayah lain melalui perebutan pasar dan sumber daya. Dengan kata lain, konsentrasi investasi di daerah tetangga berpotensi mengurangi output manufaktur di wilayah sekitarnya.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa variabel *lag_TKM* berpengaruh negatif signifikan terhadap output manufaktur. Temuan ini sejalan dengan [Gao dkk \(2024\)](#) yang menemukan bahwa meskipun migrasi tenaga kerja terampil memberikan *spillover* positif pada level nasional, manfaatnya lebih besar dinikmati oleh wilayah maju, sementara daerah berkembang sering kali tidak memperoleh keuntungan yang sama. Perbedaan ini menegaskan bahwa mobilitas tenaga kerja dapat menimbulkan ketimpangan spasial.

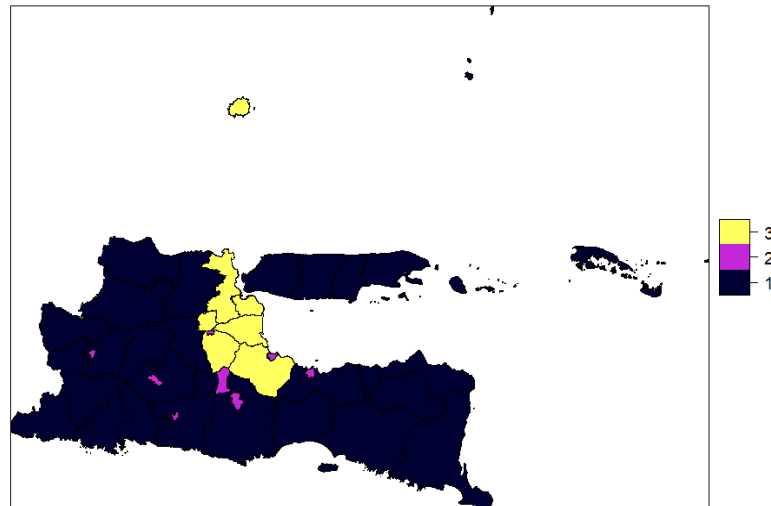
Hasil estimasi menunjukkan bahwa variabel *lag_UMK* berpengaruh negatif signifikan terhadap output manufaktur. Artinya, kenaikan upah minimum di wilayah tetangga justru menekan kapasitas produksi manufaktur di wilayah yang diamati. Temuan ini konsisten dengan studi [Jardim dkk, \(2024\)](#) yang menemukan bahwa kenaikan UMK di suatu kota mendorong perubahan struktur ketenagakerjaan dan penyesuaian jam kerja di wilayah tetangga, sehingga dapat menekan aktivitas produksi, termasuk sektor manufaktur. Dengan demikian, efek negatif *lag_UMK* dalam penelitian ini mencerminkan adanya kompetisi spasial akibat perbedaan kebijakan upah antarwilayah, yang berdampak pada melemahnya kinerja manufaktur di daerah sekitar.

Analisis Kluster

Selanjutnya yaitu dilakukan analisis kluster menggunakan *K-means clustering* dan didapatkan hasil pengelompokan untuk setiap kabupaten/kota sebagai berikut:

Tabel 7: Hasil Kluster

Cluster	Kabupaten/Kota
(1)	(2)
1	Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Kediri, Malang, Lumajang, Jember, Banyuwangi, Bondowoso, Situbondo, Probolinggo, Jombang, Nganjuk, Madiun, Magetan, Ngawi, Bojonegoro, Tuban, Lamongan, Bangkalan, Sampang, Pamekasan, Sumenep
2	Kota Kediri, Kota Blitar, Kota Malang, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, Kota Mojokerto, Kota Madiun, Kota Batu
3	Pasuruan, Sidoarjo, Mojokerto, Gresik, Kota Surabaya



Gambar 7: Peta Cluster

Berdasarkan Tabel 7 serta hasil pemetaan kabupaten/kota menurut klusternya, terlihat bahwa *cluster* 3 didominasi oleh daerah yang telah berkembang sebagai kawasan industri. Sementara itu, analisis variabel signifikan menunjukkan bahwa *cluster* 2, yang terdiri dari wilayah perkotaan, memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai kawasan industri formal. Dengan demikian, hasil ini memberikan arahan strategis bagi pemerintah daerah dalam menentukan prioritas pengembangan kawasan industri baru.

Simpulan

Transisi dari industri padat karya menuju padat modal dipandang sebagai prasyarat utama pertumbuhan ekonomi jangka panjang, dan Provinsi Jawa Timur dengan basis manufaktur yang solid memiliki potensi menjadi motor perubahan tersebut. Penelitian ini mengkaji bagaimana keberadaan kawasan industri beserta dukungan infrastruktur memengaruhi output manufaktur setempat dan di wilayah tetangga, sekaligus memetakan kabupaten/kota yang prospektif untuk pengembangan kawasan industri baru. Analisis dilakukan dengan pendekatan *Spatial Durbin Error Model* untuk menangkap efek spasial langsung dan tidak langsung.

Penelitian ini menegaskan pentingnya konsentrasi kawasan industri dapat menjadi katalis untuk transformasi struktural di Jawa Timur. Hasil estimasi *Spatial Durbin Error Model* menunjukkan bahwa keberadaan kawasan industri tidak hanya meningkatkan output manufaktur di lokasi inti, tetapi juga memiliki efek *spillover* positif yang signifikan ke kabupaten/kota tetangga. Temuan ini memperkuat argumentasi teori eksternalitas Marshallian sekaligus menambahkan bukti empiris berbasis konteks daerah berkembang.

Secara langsung, jumlah BTS dan NTL terbukti mendorong output manufaktur, menandakan bahwa kombinasi infrastruktur telekomunikasi dan aktivitas ekonomi merupakan determinan utama output manufaktur di Provinsi Jawa Timur. Di sisi lain, variabel panjang jalan tol, IPM, investasi manufaktur, penyerapan tenaga kerja manufaktur, dan UMK berpengaruh tidak langsung terhadap output manufaktur. Ini menegaskan perlunya koordinasi antarwilayah agar efek tersebut dapat dimaksimalkan.

Analisis kluster mengidentifikasi sejumlah kabupaten/kota yang paling prospektif untuk pengembangan kawasan industri baru, menyediakan peta prioritas bagi pembuat kebijakan dan investor. Daerah yang memiliki potensi untuk dijadikan kawasan industri

selanjutnya terdapat pada klaster 2 yang terdiri dari wilayah perkotaan seperti Kota Kediri dan Kota Malang. Dengan demikian, studi ini berkontribusi pada literatur spasial dan ekonomi regional dengan membuktikan efek *spillover* kawasan industri di provinsi berpenduduk besar, menekankan peran infrastruktur sebagai katalis, serta menawarkan kerangka klasifikasi wilayah berbasis variabel yang signifikan. Implikasinya, Pemerintah Provinsi dan pemangku kepentingan perlu merancang kebijakan terpadu dengan menggabungkan pengembangan kawasan industri, peningkatan infrastruktur, harmonisasi upah, dan perbaikan kualitas SDM untuk mempercepat transisi dari industri padat karya ke padat modal sekaligus meminimalkan ketimpangan spasial.

Adapun keterbatasan dalam penelitian ini yaitu belum dimasukkannya dimensi lingkungan dan keberlanjutan. Aspek-aspek seperti efisiensi energi, emisi karbon, serta penerapan prinsip *green industry* semakin relevan dalam konteks pengembangan kawasan industri modern, terutama terkait praktik produksi yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan variabel-variabel terkait keberlanjutan. Integrasi tersebut diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai peran kawasan industri dalam mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Akwaji, O. S., Emmanuel, O. S., & Marvelous, A. I. (2024). Transportation Services and Manufacturing Output Growth in Nigeria: A Disaggregate Approach (1990-2022). *International Journal of Advanced Studies in Economics and Public Sector Management / IJASEPSM*, 12(1), 1-17. <https://doi.org/10.48028/ijprds/ijasepsm.v12.i1.01>
- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Kluwer Academic Publishers.
- Azolibe, C. B. (2021). Does foreign direct investment influence manufacturing sector growth in Middle East and North African region? *International Trade, Politics and Development*, 5(1), 71–85. <https://doi.org/10.1108/ITPD-04-2020-0010>
- Baldwin, R. E., & Okubo, T. (2006). Heterogeneous firms, agglomeration and economic geography: spatial selection and sorting. *Journal of Economic Geography*, 6(3), 323–346. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbi020>
- Cans, L. R., & Riyanto, W. H. (2020). Analisis Pengaruh Investasi Dan Tenaga Kerja Terhadap Nilai Industri Sektor Industri Manufaktur Di Jawa Timur Tahun 1999-2018. *Jurnal Ilmu Ekonomi JIE*, 4(3), 565–576. <https://doi.org/10.22219/jie.v4i3.13717>
- Carpio, X. D., Nguyen, H., Pabon, L., & Wang, L. C. (2015). Do minimum wages affect employment? Evidence from the manufacturing sector in Indonesia. *IZA Journal of Labor & Development volume*, 4(17). <https://doi.org/10.1186/s40175-015-0040-8>
- Chatterjee, N., & Chatterjee, T. (2021). Effects of Labor Productivity and Growth of Manufacturing Sector on Overall Growth of the Nation – A Panel Data Analysis of the Major Economies. In M. K. Pal (Ed.), *Productivity Growth in the Manufacturing Sector* (pp. 17–29). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-80071-094-820211002>
- Chukwu, A.B., Adewuyi, A.O., Adeleke, A.M. et al. (2022). Modelling composition of growth, FDI and welfare in Africa: A SEM approach. *Economic Change and Restructuring*, 55(4), 2445–2478.

- Duranton, G., & Puga, D. (2004). Chapter 48 - Micro-foundations of urban agglomeration economies. In J. V. Henderson & J.-F. Thisse (Eds.), *Handbook of Regional and Urban Economics* (Vol. 4, pp. 2063–2117). [https://doi.org/10.1016/S1574-0080\(04\)80005-1](https://doi.org/10.1016/S1574-0080(04)80005-1)
- Elhorst, J. P. (2014). *Spatial Econometrics: From Cross Sectional Data to Spatial Panels*. Springer Berlin, Heidelberg
- Fei, J. C. H., & Ranis, G. (1964). *Development of the labor surplus economy: Theory and policy*. Homewood.
- Gao, X., Zhu, J., Zhu, H., & Zhang, X. (2024). Spatial spillover effects of skilled migration on innovation in China. *Heliyon*, 10(11), e30849 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30849>
- Geppert, K., & Stephan, A. (2008). Regional disparities in the European Union: Convergence and agglomeration. *Papers in Regional Science*, 87(2), 193–218. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2007.00161.x>
- Greenstone, M., Hornbeck, R., & Moretti, E. (2010). Identifying Agglomeration Spillovers: Evidence from Winners and Losers of Large Plant Openings. *The Journal of Political Economy*, 118(3), 536–598.
- Han, L. (2023). *The Impact of Industrial Zone: Evidence from China's National High-Tech Zone Policy*. Working Paper, 1–52. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.09775>
- Iammarino, S., & McCann, P. (2013). *Multinationals and economic geography: Location, technology and innovation*. Edward Elgar Publishing.
- Jardim, E., Long, M. C., Plotnick, R., Vigdor, J., & Wiles, E. (2024). Local minimum wage laws, boundary discontinuity methods, and policy spillovers. *Journal of Public Economics*, 234(May 2023), 105131. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2024.105131>
- Jarron, L. R., Coops, N. C., & Roeser, D. (2022). Measuring industrial lumber production using nighttime lights: A focus study on lumber mills in British Columbia, Canada. *PLoS ONE*, 17(9 September), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273740>
- Keji, S. A., Akinola, G. W., & Mbonigaba, J. (2024). A comparative analysis of the spillover effects from human capital skill and infrastructural development on industrial sector growth across sub-regional economies in sub-Saharan Africa. *Cogent Economics and Finance*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/23322039.2024.2402178>
- Khang, N. T. (2024). The impact of investment in the manufacturing and processing industry on economic growth in Vietnam. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(15), 9371. <https://doi.org/10.24294/jipd9371>
- Konno, A., Kato, H., Takeuchi, W., & Kiguchi, R. (2021). Global evidence on productivity effects of road infrastructure incorporating spatial spillover effects. *Transport Policy*, 103, 167–182. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.02.007>
- Krugman, P. (1991). Increasing Returns and Economic Geography. *Journal of Political Economy*, 99(3), 483–499. <https://doi.org/10.1086/261763>
- Lall, S. V., & Chakravorty, S. (2004). *Industrial location and spatial inequality: Theory and evidence from India*. (WIDER Research Paper, No. 2004/49).

- Lei, T., Xu, J., Jia, X., & Meng, W. (2015). Spatial Spillover Effects of Highway Transport Infrastructure on Economic Growth in Northwest China. *ICTE 2015*, 1798–1805. <https://doi.org/10.1061/9780784479384.227>
- LeSage, J. P. (1999). *The theory and practice of spatial econometrics*. University of Toledo.
- Lewis, W. A. (1954). Economic Development with Unlimited Supplies of Labour. *The Manchester School*, 22(2), 139–191. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1954.tb00021.x>
- Li, X., Wu, X., & Tan, Y. (2021). Impact of special economic zones on firm performance. *Research in International Business and Finance*, 58(June 2020), 101463. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101463>
- Lin, T., & Rybnikova, N. (2023). Changes in the Association between GDP and Night-Time Lights during the COVID-19 Pandemic: A Subnational-Level Analysis for the US. *Geomatics*, 3(1), 156–173. <https://doi.org/10.3390/geomatics3010008>
- Liu, X., Luo, P., Rijal, M., Hu, M., & Chong, K. L. (2024). Spatial Spillover Effects of Urban Agglomeration on Road Network with Industrial Co-Agglomeration. *Land*, 13(12), 2097. <https://doi.org/10.3390/land13122097>
- Mankiw, N. G. (2014). *Principles of Economics* (8th ed.). Cengage Learning.
- Marshall, A. (1920). *Principles of economics* (8th ed.). Macmillan.
- Mittal, K., Aggarwal, G., & Mahajan, P. (2019). Performance study of K-nearest neighbor classifier and K-means clustering for predicting the diagnostic accuracy. *International Journal of Information Technology (Singapore)*, 11(3), 535–540. <https://doi.org/10.1007/s41870-018-0233-x>
- Nnyanzi, J. B., Kavuma, S., Sseruyange, J., & Nanyiti, A. (2022). The manufacturing output effects of infrastructure development, liberalization and governance: evidence from Sub-Saharan Africa. *Journal of Industrial and Business Economics*, 49(2), 369–400. <https://doi.org/10.1007/s40812-022-00216-2>
- Pasaribu, E. (2015). *Dampak Spillover dan Multipolaritas Pengembangan Wilayah Pusat-Pusat Pertumbuhan di Kalimantan*. Institut Pertanian Bogor .
- Pasaribu, E., Siregar, H., & Nainggolan, F. (2024). *Pemodelan Data Spasial dan Aplikasinya* (S. Rahadianoro, Ed.). IPB Press.
- Pertama, I. G. A. W., & Miati, N. L. P. M. (2024). The Effect of Regional Minimum Wage on Gross Regional Domestic in Regencies and Cities in Bali Province. *International Journal of Multidisciplinary Research and Publications*, 6(12), 91-93
- Popp, M. (2024). *Minimum Wages in Concentrated Labor Markets*. (IZA DP No. 17357).
- Rodrik, D. (2013). The Past, Present, and Future of Economic Growth. *Challenge*, 57(3), 5–39.
- Rosik, P., & Wójcik, J. (2023). Transport Infrastructure and Regional Development: A Survey of Literature on Wider Economic and Spatial Impacts. *Sustainability*, 15(1), 548. <https://doi.org/10.3390/su15010548>
- Shevtsova, Y., Díaz-Lanchas, J., Persyn, D., & Mandras, G. (2025). Trade spillover effects of transport infrastructure investments: a structural gravity analysis for EU regions.

- Regional Studies*, 59(1). <https://doi.org/10.1080/00343404.2024.2441231>
- Tan, B., & Feng, C. (2023). The Impact of Human Capital on the High Quality Development of Manufacturing. *Academic Journal of Business & Management*, 5(12). <https://doi.org/10.25236/AJBM.2023.051221>
- Vujanović, N. (2023). *Who Learns More from Afar? Spatial Empirical Evidence on Manufacturing and Services*. (wiiw Working Paper No. 224).
- Zheng, Q., Seto, K. C., Zhou, Y., You, S., & Weng, Q. (2023). Nighttime Lights remote sensing for urban applications: Progress, challenges, and prospects. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 202, 125–141. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.05.028>