

Analisis Spasial Desa Membangun Berbasis Jaringan Jalan dan Penggunaan Lahan di Kabupaten Brebes

Spatial Analysis of Developing Village Based on Road Network and Land Use in Brebes Regency

Aenul Yakin^{1*}, Ernan Rustiadi^{1,2}, Didit Okta Pribadi²

¹Program Studi Ilmu Perencanaan Wilayah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

²Pusat Pengkajian Perencanaan dan Pengembangan Wilayah, LPPM Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

*Penulis korespondensi. e-mail: aendonesia@gmail.com

(Diterima: 1 Agustus 2023; Disetujui: 4 Oktober 2023)

Abstrak

Indeks Desa Membangun merupakan indikator yang menilai perkembangan desa yang menyertakan unsur penilaian infrastruktur, termasuk jaringan jalan, dan terkait dengan penggunaan lahan. Pembangunan infrastruktur desa dan penggunaan lahan secara umum berdampak pada sosial ekonomi perdesaan dan perkembangan desa. Wilayah Kabupaten Brebes terdiri dari 292 desa yang dinilai masih belum mandiri dan belum merata pembangunannya sehingga penentuan tingkat kemajuan/kemandirian desa jadi poin penting dalam evaluasi perkembangan wilayah perdesaan. Untuk mengurai permasalahan mengenai perkembangan desa di Kabupaten Brebes, perlu diketahui faktor-faktor yang memengaruhinya terutama terkait jaringan jalan dan penggunaan lahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh signifikan variabel konektivitas jalan, kepadatan jalan, jarak hasil rute terpendek, tingkat lahan terbangun, kekompakan lahan terbangun, dan keragaman penggunaan lahan terhadap perkembangan desa. Analisis yang digunakan adalah Geographically Weighted Regression (GWR) sebagai analisis spasial yang menghasilkan persamaan regresi lokal. GWR dipilih sebagai model regresi terbaik dalam menjelaskan variabel penelitian ini karena memiliki nilai Akaike Information Criterion (AIC) lebih kecil daripada AIC hasil analisis Ordinary Least Square (OLS) dan nilai determinasi hasil GWR sebesar 64,5% yang lebih besar dibandingkan nilai hasil OLS sebesar 55,6%. Berdasar analisis GWR, diketahui bahwa variabel yang berpengaruh di semua desa adalah indeks beta bagian dari konektivitas jalan, diikuti indeks alfa yang berpengaruh di 85,3% jumlah desa, kekompakan wilayah yang berpengaruh di 58,2% jumlah desa, dan jarak kedekatan dengan gerbang tol yang berpengaruh 55,1% jumlah desa.

Kata kunci: analisis spasial; indeks desa membangun; jaringan jalan; penggunaan lahan; perkembangan wilayah

Abstract

The Developing Village Index is the indicator used to assess village development. It includes elements such as infrastructure assessment, road network, and land-use. Village infrastructure and land-use have a significant impact on rural socio-economic development. In the Brebes Regency area, there are 292 villages that are still considered to be dependent, and their development is not evenly distributed. Therefore, evaluating the level of village progress and independence is crucial for assessing rural development in this region. To address the issues related to village development in Brebes Regency, it is important to understand the factors that influence it, particularly those related to the road network and land-use. This study aims to determine the significant effects of variables such as road connectivity, road density, shortest path distance, level of built-up land, built-up compactness, and land-use diversity on village development. The chosen analysis method is Geographically Weighted Regression (GWR), which is a spatial analysis technique that produces local regression equations. GWR is considered the best regression model for this research as it has a smaller Akaike Information Criterion (AIC) value compared to Ordinary Least Squares (OLS) analysis. Furthermore, the GWR result determination value is 64.5%, which is higher than the OLS result value of 55.6%. Based on the GWR analysis, the variable that affects all villages is the beta index, which is part of road connectivity. The alpha index affects 85.3% of the villages, regional compactness affects 58.2% of the villages, and the distance to the toll gate affects 55.1% of the villages.

Keywords: developing village index; land-use; regional development; road network; spatial analysis

1. PENDAHULUAN

Perdesaan telah menjadi perhatian penting pemerintah pusat melalui agenda pokok pemerintah butir ketiga, yakni “Membangun Indonesia dari pinggiran dengan memperkuat daerah-daerah dan desa dalam kerangka negara kesatuan”.

Hal tersebut sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals* atau SDGs). Sebagai tindak lanjut pembangunan desa, pemerintah mengembangkan Indeks Desa Membangun (IDM) sebagai peta pengembangan pembangunan desa untuk penentuan sasaran pengentasan desa tertinggal (Astika & Sri Subawa, 2021). IDM merupakan indeks komposit dari penilaian atas Indeks Ketahanan Sosial, Indeks Ketahanan Ekonomi, dan Indeks Ketahanan Lingkungan yang merupakan penerjemahan dari kebutuhan pembangunan berdasar UU Nomor 6 Tahun 2014 tentang Desa. Ketiga indeks tersebut sejalan dengan konsep pembangunan berkelanjutan, yakni pembangunan pada dimensi sosial, ekonomi, dan lingkungan hidup melalui pembangunan yang inklusif dan terlaksananya tata kelola yang mampu menjaga peningkatan kualitas kehidupan dari satu generasi ke generasi berikutnya (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2020). Penilaian kondisi lapangan sesuai indikator setiap indeks menghasilkan status desa, yaitu Desa Mandiri, Desa Maju, Desa Berkembang, Desa Tertinggal dan Desa Sangat Tertinggal. Klasifikasi tersebut sebagai instrumen penentu status kemajuan dan kemandirian desa serta penanganan yang perlu diberikan.

Sistem infrastruktur berperan penting dalam perkembangan suatu wilayah. Jaringan jalan sebagai bagian dari sistem infrastruktur memiliki peran untuk memperlancar kegiatan aliran orang, barang maupun jasa yang menjadikan suatu wilayah berkembang secara ekonomis (Miri et al., 2014). Hal tersebut sejalan dengan Farida (2013) yang menilai jaringan jalan dari aksesibilitasnya atau tingkat kemudahan untuk mencapai lokasi atau barang atau jasa yang diperlukan oleh masyarakat. Aksesibilitas yang tinggi dapat tercipta dengan ketersediaan prasarana jaringan jalan yang juga berkaitan dengan konektivitas, jarak, dan waktu tempuh perjalanan. Faktor aksesibilitas mendorong pertumbuhan ekonomi di sekitar jalan yang selanjutnya berdampak pada perubahan penggunaan lahan contohnya dari lahan pertanian (agrikultur) menjadi lahan nonpertanian seperti permukiman atau industri. Aksesibilitas diadakan dengan menggabungkan sistem tata guna lahan secara geografis dengan sistem jaringan jalan yang berpengaruh pada perubahan tata ruang dan perubahan aktivitas sosial ekonomi di wilayah-wilayah yang dilalui (Masrianto et al., 2012; Harahap et al., 2020). Dengan kata lain, penggunaan lahan merupakan salah satu indikator pembangunan dan perkembangan fisik di suatu wilayah termasuk perdesaan. Penggunaan lahan salah satunya ditandai oleh keberadaan lahan terbangun dan dinamikanya seiring dengan kebutuhan ruang yang semakin meningkat dan ketersediaan lahan yang terbatas (Nuraeni et al., 2017). Pada dasarnya, pengembangan wilayah harus memperhatikan dinamika kewilayahan karena setiap wilayah memiliki potensi, fokus pengembangan, dan masalah yang berbeda-beda, terlebih lagi untuk wilayah bercorak perdesaan.

Wilayah Kabupaten Brebes sebagian besar terdiri dari wilayah perdesaan yang didominasi kawasan pertanian. Luas Kabupaten Brebes adalah 1.770 km², terdiri atas 292 desa dan 5 kelurahan yang terbagi dalam 17 kecamatan. Secara geografis, Kabupaten Brebes berada di wilayah pantai utara (pantura) provinsi Jawa Tengah yang berbatasan langsung dengan provinsi Jawa Barat serta dilalui jalan nasional pantura dan jalan tol Trans-Jawa (Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes, 2022). Selain jalan tol, terdapat rencana pembangunan Kawasan Industri Brebes. Dapat dikatakan lokasi Kabupaten Brebes strategis sehingga pembangunan infrastruktur diharapkan dapat mengoptimalkan perkembangan sosial ekonomi Kabupaten Brebes. Namun, faktanya Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) per kapita tahun 2022 Kabupaten Brebes sebesar Rp 17,61 juta, yang adalah lebih rendah dibandingkan rata-rata PDRB per kapita lingkup eks Karesidenan Pekalongan sebesar Rp 22,02 juta. Angka tersebut tidak berbeda jauh dengan data tahun 2021 yaitu Rp 16,38 juta dibandingkan Rp 21,07 juta. Selain itu, Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Kabupaten Brebes adalah 67,03, yakni paling rendah di lingkup provinsi Jawa Tengah atau jauh lebih rendah jika dibandingkan IPM provinsi Jawa Tengah sebesar 73,48. Hal tersebut diperparah dengan tingkat kemiskinan Kabupaten Brebes tahun 2021 dan 2022 sebesar 17,43% dan 16,05% yang menjadi tertinggi ketiga di Jawa Tengah. Indikator lain yang bisa menjadi gambaran Kabupaten Brebes sesuai dengan karakteristik wilayahnya yang didominasi perdesaan adalah Indeks Desa Membangun (IDM). IDM Kabupaten Brebes pada tahun 2022 adalah 0,6850 atau secara umum berstatus desa berkembang. Nilai tersebut di bawah rata-rata IDM provinsi Jawa Tengah yang sebesar 0,7118 dan di bawah rata-rata IDM tingkat kabupaten lingkup eks Karesidenan Pekalongan yang sebesar 0,6913.

Mengingat wilayah Kabupaten Brebes bercorak perdesaan dan pertanian, penentuan tingkat kemajuan atau kemandirian desa bisa menjadi poin penting dalam evaluasi perkembangan wilayah. Pembangunan desa terutama infrastruktur akan berdampak pada sosial ekonomi perdesaan atau perkembangan desa secara umum (Farida, 2013; Adelia et al., 2022). Selanjutnya, pertumbuhan sosial ekonomi perdesaan tersebut akan mendorong pertumbuhan fisik dan kawasan serta pengembangan penggunaan lahan. Untuk mengurai permasalahan mengenai perkembangan desa di Kabupaten Brebes, perlu diketahui faktor-faktor yang memengaruhinya terutama dalam kaitan dengan infrastruktur fisik berupa jaringan jalan dan penggunaan lahan. Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat menambah khazanah pengetahuan mengenai perkembangan wilayah secara fisik maupun nonfisik. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat bagi pemerintah maupun pemangku kepentingan lain dalam perencanaan dan pengembangan perdesaan terutama dalam pembangunan jaringan jalan dengan memperhatikan konektivitas, kompleksitas, dan arah

pengembangannya, serta penataan tata guna lahan. Melalui kekhasan kondisi sosial ekonomi dan pengelolaan sumber daya, desa punya tantangan tersendiri dalam pembangunan. Desa tetap diharapkan bisa terus berkembang bahkan mencapai taraf mandiri dan turut berkontribusi pada perekonomian dan pembangunan dalam skala lebih luas.

2. KAJIAN TEORI

2.1 PEMBANGUNAN DESA

Desa adalah suatu tatanan terendah dalam sistem pemerintahan Indonesia di bawah kecamatan, kabupaten, dan provinsi. Desa memiliki hak dalam pengelolaan desa melalui pembentukan dan pelaksanaan lembaga pemerintahan sendiri sesuai amanat Undang-undang Nomor 6 Tahun 2014 tentang Desa (UU Desa). Implementasi lebih lanjut UU Desa mengenai pembangunan desa adalah keleluasaan desa dalam pelaksanaan program dan kegiatan desa di bidang pembangunan desa dan pemberdayaan masyarakat desa. Perkembangan wilayah dan pertumbuhan sosial ekonomi desa pada praktiknya masih dipengaruhi pembangunan fisik atau infrastruktur desa (Farida, 2013; Adelia et al., 2022). Salah satu indikator penilaian perkembangan desa adalah Indeks Desa Membangun (IDM) yang disusun oleh Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi (PDDT) sejak 2016.

IDM adalah indeks komposit dari Indeks Ketahanan Sosial, Indeks Ketahanan Ekonomi, dan Indeks Ketahanan Lingkungan yang menghasilkan klasifikasi status perkembangan dan kemajuan atau kemandirian desa (Peraturan Menteri Desa PDDT Nomor 2 Tahun 2016). Klasifikasi status perkembangan dan kemajuan atau kemandirian desa tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Klasifikasi Status Desa berdasarkan Indeks Desa Membangun

Nomor	Nilai IDM (x)	Status Desa
1	$x > 0,8155$	Desa Mandiri
2	$0,7072 < x \leq 0,8155$	Desa Maju
3	$0,5989 < x \leq 0,7072$	Desa Berkembang
4	$0,4907 < x \leq 0,5989$	Desa Tertinggal
5	$x \leq 0,4907$	Desa Sangat Tertinggal

Sumber: Peraturan Menteri Desa PDDT Nomor 2 Tahun 2016

Indikator penilaian IDM menyertakan unsur penilaian atas infrastruktur, antara lain jaringan jalan, jaringan air bersih, jaringan listrik, fasilitas umum, fasilitas perdagangan, moda transportasi umum, dan lain-lain. Jaringan jalan menjadi perhatian karena punya peran penting melingkupi dimensi sosial dan dimensi ekonomi desa. Desa di Indonesia yang pada umumnya bercorak pertanian bergantung pada jaringan jalan untuk pengangkutan dan pemasaran hasil pertanian. Namun, beberapa studi empiris mengenai jaringan jalan di perdesaan masih menunjukkan ada ketidakmerataan antar desa atau bahkan ada ketimpangan jika dibandingkan jaringan jalan di wilayah perkotaan. Studi di Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur dan Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah yang punya corak wilayah serupa dengan Kabupaten Brebes, yaitu didominasi wilayah pertanian dan sebagian kecil industri, menunjukkan hasil jaringan jalan di kedua wilayah tersebut tidak merata tingkat aksesibilitas atau konektivitasnya dan pembangunannya berpengaruh pada perkembangan wilayah tiap desa atau kecamatan (Sutomo & Shalihati, 2015; Dinanti & Pratama, 2021). Pada aspek lain, penggunaan lahan juga merupakan indikator penting dalam penilaian perkembangan desa karena pada dasarnya pemanfaatan ruang atau tata guna lahan berdampak pada perkembangan wilayah. Hal tersebut didasari oleh fungsi lahan sebagai ruang fungsional untuk memwadahi berbagai penggunaan dan mengakomodasi pertumbuhan kawasan yang didorong oleh pertumbuhan penduduk dan ekspansi ekonomi. Studi empiris mengenai perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Brebes selama tahun 2005-2019 menunjukkan telah terjadi konversi lahan pertanian menjadi nonpertanian atau terjadi perubahan tata guna lahan secara umum yang terkait dinamika sosial ekonomi perdesaan (Dwinanto et al., 2016; Suryaningsih, 2021).

2.2 KONEKTIVITAS DAN KEPADATAN JALAN

Jaringan jalan merupakan salah satu penggunaan lahan yang mewakili ciri perkembangan wilayah. Infrastruktur jalan yang tidak memperhatikan kesesuaian aktivitas ekonomi berpotensi menjadikan pengembangan wilayah tidak terarah dan tidak optimal karena jalan adalah fasilitas publik yang penting (Prapti et al., 2015). Menurut Shamshad & Khan (2012), pertumbuhan dan intensitas transportasi jalan serta tingkat perkembangan sosial ekonomi di suatu wilayah saling berhubungan dan bergantung satu sama lain. Konektivitas jalan merupakan cikal bakal pembangunan di suatu wilayah karena tidak hanya membantu masyarakat di daerah terpencil dan terbelakang melalui pembangunan dan pemanfaatan yang optimal dari kekayaan alam tetapi juga membawa momentum dalam mutasi pekerja dari primer ke sekunder dan

dari sekunder ke kegiatan ekonomi tersier. Secara sederhana konektivitas jalan dapat digambarkan sebagai ukuran ketersediaan fasilitas petunjuk jalan (*guideway*) antara titik-titik tertentu pada suatu jaringan. Selain itu, konektivitas dapat dinyatakan dengan mengacu pada tipologi jaringan jalan (Labi et al., 2019).

Jaringan jalan terdiri dari *vertex* atau simpul jalan (*node*) dan *edge* atau ruas jalan (*link*) yang digunakan untuk mengidentifikasi titik awal dan titik akhir dari setiap rute. Setiap *vertex* (*v*) dan *edge* (*e*) adalah representasi karakteristik jalan di suatu wilayah (Widiawaty et al., 2018). Penilaian atas *vertex* dan *node* menghasilkan indeks konektivitas yang terdiri dari indeks alfa (α) dan indeks beta (β). Indeks alfa merupakan perbandingan antara jumlah aktual lintasan jalan dalam jaringan dan jumlah maksimum lintasan jalan yang hasil perhitungannya berkisar antara 0 sampai 1. Indeks alfa bernilai 1 mengindikasikan jaringan jalan sangat terkoneksi dengan jaringan jalan lainnya. Sementara itu, indeks beta merupakan perbandingan antara jumlah *edge* dan *vertex* yang hasil perhitungannya berkisar antara 0 sampai 3. Jaringan yang lebih kompleks memiliki nilai lebih besar dari 1 dan dalam jaringan dengan jumlah *vertex* tetap semakin tinggi jumlah tautan maka semakin tinggi jumlah jalur yang mungkin ada dalam jaringan (Oluwole & Daful, 2014; Sreelekha et al., 2016; Labi et al., 2019). Jaringan jalan yang terkoneksi dengan baik mengurangi jarak tempuh perjalanan untuk mencapai tujuan dan meningkatkan pilihan rute perjalanan (Departemen Transportasi AS dalam Labi et al., 2019).

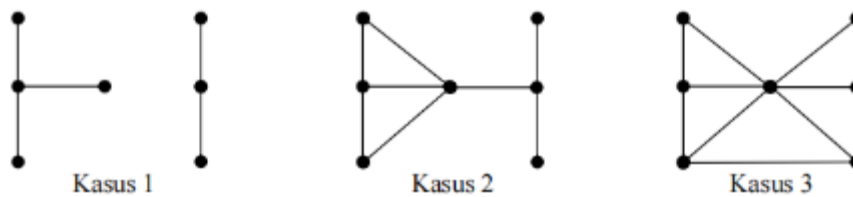
Rumus persamaan indeks alfa dan beta (Sreelekha et al., 2016) sebagai berikut.

$$\text{Indeks Alfa } (\alpha) = \frac{(e-v+p)}{(2v-5p)} \quad \text{Pers. (1)}$$

$$\text{Indeks Beta } (\beta) = e / v \quad \text{Pers. (2)}$$

Keterangan:

- e = Jumlah *edge* (ruas jalan)
- v = Jumlah *vertex* (simpul jalan)
- p = Subgraf



Sumber: Bintarto & Hadisumarno, 1979 dalam Wulandano, 2021

Gambar 1. Ilustrasi Edges dan Vertices

Tabel 2. Perhitungan Ilustrasi

Kasus	Edges (e)	Vertices (v)	Subgraf (p)	Indeks α	Indeks β
1	7	5	2	0,00	0,71
2	7	8	1	0,22	1,14
3	7	11	1	0,56	1,57

Sumber: Bintarto & Hadisumarno, 1979 dalam Wulandono, 2021

Selain konektivitas jalan, instrumen pengukuran lain atas jaringan jalan yang ada di suatu wilayah adalah analisis kepadatan jaringan jalan atau *network density* (ND). Tingkat kepadatan jaringan jalan dapat diukur dengan mengacu pada rasio total panjang garis tengah dari jaringan jalan terhadap luas wilayah (Zhao et al., 2017). Indeks ini juga merupakan ukuran cakupan jalan (*road coverage*) untuk mengukur perkembangan jaringan transportasi. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan lebih banyak pembangunan jaringan jalan (Sreelekha et al., 2016).

Rumus persamaan tingkat kepadatan jalan (Sreelekha et al., 2016) sebagai berikut.

$$\text{Indeks ND} = L / A \quad \text{Pers. (3)}$$

Keterangan:

- L = Panjang jalan (*length*) dalam km
- A = Luas wilayah (*area*) dalam ha atau km²

2.2 RUTE JALAN TERPENDEK

Secara umum, aksesibilitas di suatu wilayah menunjukkan kemudahan mencapai tujuan dan interaksi antara tata guna lahan dan sistem transportasi. Oleh sebab itu, mengintegrasikan transportasi dan tata guna lahan adalah salah satu tujuan kebijakan perencanaan di seluruh dunia. Elemen ukuran aksesibilitas akan menggambarkan distribusi spasial destinasi, kemudahan mencapai destinasi tersebut, dan kualitas destinasi (Juremalani & Chauhan, 2019). Di antara aspek penting dalam desain wilayah adalah jarak minimal dan sirkulasi jaringan jalan yang optimal termasuk akses yang baik ke tempat-tempat tertentu. Jaringan jalan utama dimodelkan dalam graf, tempat-tempat penting direpresentasikan dengan simpul, dan jalan utama di antara keduanya direpresentasikan dalam *edge* (Pioh, 2012). Tempat-tempat penting dimaksud adalah lokasi-lokasi yang memengaruhi perkembangan sosial ekonomi suatu wilayah sesuai teori pertumbuhan wilayah, antara lain pusat pertumbuhan fungsional maupun geografis atau jalan tol (Imelda, 2013; Gulo, 2015; Prasetyo & Djunaedi, 2019). Pengukuran rute terpendek atas lokasi yang memberi pengaruh dan wilayah pengamatan (desa) dilakukan sebagai representasi jarak. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Merchán et al. (2020) bahwa faktor lintasan jalan suatu wilayah dapat memberi informasi berharga mengenai efisiensi dan kompleksitas jaringan jalan yang dapat dimanfaatkan untuk menginformasikan kebijakan dan praktik terkait jaringan jalan.

2.3 TINGKAT LAHAN TERBANGUN DAN KEKOMPAKAN WILAYAH

Tata guna lahan dan pola ruangnya merupakan unsur tata ruang wilayah dan mencerminkan aktivitas penduduk beserta efeknya yang sangat penting untuk regulasi ekologi wilayah. Mempelajari penggunaan lahan permukiman penting untuk evaluasi dan perbaikan efisiensi lahan, perencanaan, dan penataan permukiman berbasis sumber daya, serta keberlanjutan pengembangan wilayah ekologi (Shao et al., 2022). Penggunaan lahan dapat diketahui dari penginderaan jauh dengan cara ekstraksi citra satelit suatu wilayah, dimana salah satunya adalah melalui klasifikasi terbimbing terhadap citra sentinel 2A. Pengolahan citra sentinel 2A mencakup koreksi atmosferik atau radiometrik, komposit gambar (*image composite*), penetapan kelas lahan, penentuan *training area*, pelaksanaan klasifikasi terbimbing, dan uji akurasi (Mandala et al., 2020). Dari hasil pemetaan penggunaan lahan dengan klasifikasi terbimbing, dapat diketahui kelas-kelas penggunaan lahan yang dibutuhkan untuk penelitian lanjutan salah satunya adalah mengetahui tingkat lahan terbangun suatu wilayah. Hal tersebut karena lahan terbangun sebagai bentuk dan pola penggunaan lahan di suatu wilayah bergantung pada elemen ekonomi, sosial, dan demografi di suatu wilayah yang mencerminkan kebutuhan penduduk (Al-Hinkawi et al., 2021).

Persamaan untuk menghitung persentase lanskap kelas lahan terbangun atau disebut juga sebagai tingkat lahan terbangun (McGarigal et al., 1994) sebagai berikut.

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \quad (100) \quad \text{Pers. (4)}$$

Keterangan:

- P_i = Proporsi *patch* pada suatu wilayah (dalam persentase)
- a_{ij} = Luas area *patch* ij (dalam ha atau km²)
- A = Luas area wilayah (dalam ha atau km²)

Kekompakan wilayah yang berbeda dari penyebaran (*spread*) dan penjalaran (*sprawl*) adalah salah satu atribut yang menggambarkan bentuk suatu wilayah. Wilayah yang menjadi objek pengamatan adalah bentuk permukiman (*urban form*) atas dasar pendapat yang menilai bentuk permukiman yang seimbang dalam hal kekompakan dapat memenuhi kebutuhan produktivitas wilayah urban dan kesejahteraan ekologis (Guan, 2017). Penilaian kekompakan bentuk permukiman didasarkan pada data metrik spasial melalui Sistem Informasi Geografis (SIG). Indeks struktur lanskap diklasifikasikan menjadi tiga kategori, antara lain area, bentuk, dan agregasi yang digunakan untuk menunjukkan dinamika spasial dan temporal pembangunan. Salah satu indeks pengukuran yang diusulkan Baker dan Cai (1992) adalah *Related Circumscribing Circle* (RCC) yang mengukur keseluruhan perpanjangan *patch* (Alphan, 2021).

Persamaan untuk perhitungan *RCC* (McGarigal et al., 1994) adalah sebagai berikut.

$$RCC = 1 - \left(\frac{a_{ij}}{a_{ij}^s} \right) \quad \text{Pers. (5)}$$

Keterangan:

- a_{ij} = Luas area (dalam ha atau km²) dari patch ij
- a_{ij}^s = Luas area lingkaran pembatas terkecil sekitar patch ij

Metode ini menilai bentuk berdasarkan rasio *area patch* dengan area lingkaran pembatas (*circumscribing circle*) terkecil dan menilai ukuran perpanjangan *patch* keseluruhan. *Patch* yang sangat berbelit-belit tetapi sempit akan memiliki nilai *RCC* yang relatif rendah karena kekompakan relatif dari *patch*. Sebaliknya, *patch* yang sempit dan memanjang akan memiliki indeks *RCC* yang relatif tinggi. Indeks ini sangat berguna untuk membedakan *patch* yang linier (sempit) dan memanjang. Rentang nilai *RCC* adalah antara 0 sampai 1 yang berarti semakin kecil nilai *RCC* di suatu wilayah menunjukkan bahwa wilayah tersebut semakin kompak.

2.4 KERAGAMAN PENGGUNAAN LAHAN

Comer & Greene (2015) berpandangan bahwa karakteristik dan keragaman penggunaan lahan menjadi bagian integral yang menentukan bagaimana suatu wilayah berkembang. Hasil analisis penggunaan lahan dengan klasifikasi terbimbing akan menghasilkan peta penggunaan lahan yang lebih akurat dan presisi menampakkan keragaman penggunaan lahan berdasar luas area tiap kelas. Luas tersebut menjadi dasar perhitungan keragaman penggunaan lahan.

Keragaman penggunaan lahan tersebut dapat dihitung dengan Indeks Entropi (Crevero, 2004 dalam Bahadure & Kotharkar, 2015) melalui persamaan berikut.

$$\text{Entropi} = (-1) \times \sum_j \frac{\ln(P_j)}{\ln(j)} \quad \text{Pers. (6)}$$

Keterangan:

- j = Tipe penggunaan lahan (misal permukiman, hutan, pertanian, dan lainnya)
- P_j = Proporsi lahan yang dikembangkan di tipe penggunaan lahan

Nilai entropi keragaman penggunaan lahan akan bervariasi antara 0 dan 1 yang berarti nilai 0 mengindikasikan tidak ada penggunaan lahan campuran (*mixed land-use*) atau seragam (homogen) dan semakin mendekati nilai 1 berarti penggunaan lahan campuran semakin maksimal (heterogen).

2.5 ANALISIS SPASIAL

Analisis dengan *Geographically Weighted Regression* (GWR) adalah analisis spasial berbasis regresi yang turut mempertimbangkan jarak geografis. Dengan tidak menghitung hubungan global dari seluruh data, GWR berkonsentrasi pada hubungan variabel dependen dan variabel independen secara lokal dalam area pengamatan yang ditentukan dan memungkinkan pertimbangan dari proses spasial yang bervariasi. Sederhananya, GWR adalah pengembangan dari model regresi global (*Ordinary Least Square*) karena melalui penggunaannya dimungkinkan untuk mempertimbangkan fitur lokal yang tidak diungkap oleh pendekatan global (Fábián, 2014). Secara konseptual, GWR memperluas regresi global konvensional dengan menghasilkan persamaan regresi lokal untuk setiap area pengamatan. Setiap persamaan dikalibrasi menggunakan pembobotan yang berbeda dari pengamatan pada kumpulan data (Shariff & Gairola, 2020).

Rumus persamaan model GWR (Lu et al., 2002) sebagai berikut.

$$Y = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) X_{ik} + \varepsilon \quad \text{Pers. (7)}$$

Keterangan:

- (u_i, v_i) = Koordinat lokasi pengamatan (i)
- $\beta_0(u_i, v_i)$ = Intersep untuk lokasi i
- $\beta_k(u_i, v_i)$ = Estimasi parameter lokal untuk variabel independen X_k di lokasi i
- ε = Galat di lokasi i

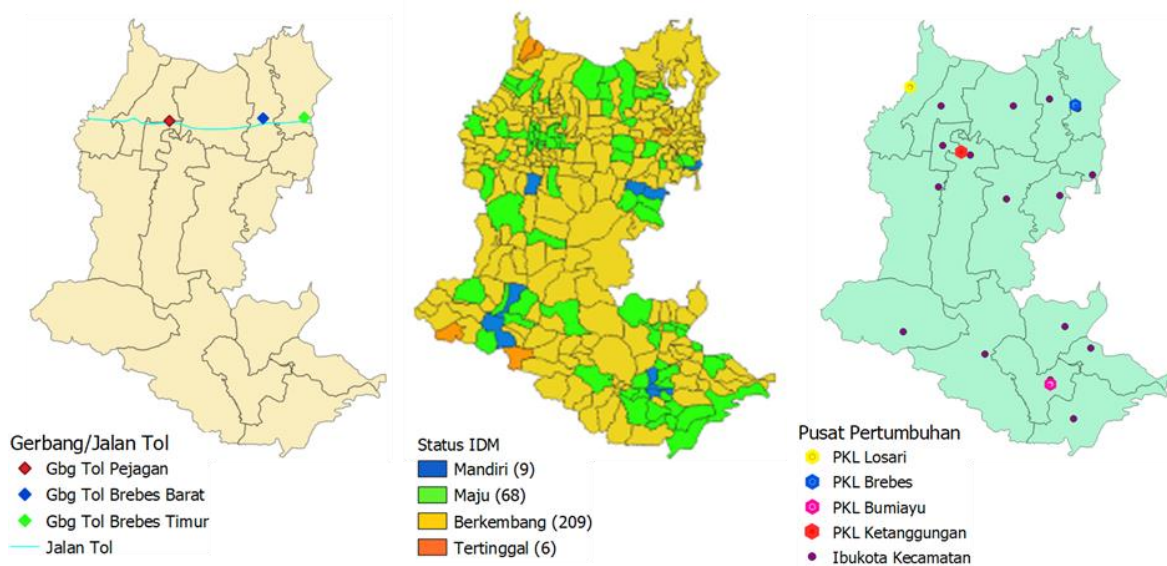
Pemanfaatan GWR sebagai analisis spasial diharapkan bisa memberi gambaran lebih detail dalam pemetaan wilayah dan pengambilan kebijakan perencanaan wilayah.

3. METODE PENELITIAN

3.1 DATA DAN PENDEKATAN PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan terhadap desa-desa di Kabupaten Brebes dengan pendekatan kuantitatif dan deduktif melalui analisis spasial berdasarkan hasil analisis jaringan jalan (*network analysis*) dan analisis penggunaan lahan (*land use*). Analisis jaringan jalan yang dipilih adalah analisis konektivitas jalan, kepadatan jalan, dan rute terpendek, sedangkan analisis penggunaan lahan yang dipilih adalah analisis tingkat lahan terbangun, kekompakan permukiman, dan keragaman penggunaan lahan. Data yang digunakan dalam analisis jaringan jalan adalah data sekunder dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Brebes dan Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Kabupaten Brebes, Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah dan DI Yogyakarta, dan Geofabrik, dimana masing-masing berupa peta jaringan jalan di Kabupaten Brebes dan Google Earth berupa gambar permukaan bumi di wilayah Kabupaten Brebes. Sementara itu, analisis penggunaan lahan yang berupa raster mengolah citra satelit sentinel 2A. Selain itu, terdapat peta wilayah administrasi Kabupaten Brebes sebagai peta dasar yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Sumber Daya Air, dan Tata Ruang Provinsi Jawa Tengah. Data utama lainnya adalah data Indeks Desa Membangun (IDM) tahun 2022 dari Kementerian Desa Pembangunan Daerah Tertinggal. Terdapat 9 desa berstatus mandiri, 68 berstatus maju, 209 berstatus berkembang, dan 6 berstatus tertinggal. Peta jaringan jalan Brebes berupa *polyline*, peta wilayah administrasi Brebes berupa *polygon*, citra satelit berupa raster, dan data IDM berupa data numerik.

Objek pengamatan untuk penentuan indeks konektivitas dan tingkat kepadatan jalan adalah hasil perhitungan *vertex* dan *edge* dari peta jaringan jalan yang tersedia atas jenis jalan berupa jalan nasional, jalan kabupaten, dan jalan desa atau lingkungan. Hasil analisis jaringan terkait konektivitas jalan dan kepadatan jalan adalah indeks alfa, indeks beta, dan tingkat kepadatan jalan. Lokasi pengamatan untuk pengukuran jarak berupa desa, gerbang tol, pusat kegiatan lokal, dan kota kecamatan. Tiga lokasi pengamatan terakhir merupakan lokasi yang diduga memberi pengaruh terhadap perkembangan sosial ekonomi setiap desa. Terdapat 3 gerbang tol, 4 Pusat Kegiatan Lokal (PKL) sesuai Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Brebes tahun 2019-2039, dan 17 kota kecamatan. Penentuan titik koordinat gerbang jalan tol sesuai titik koordinat hasil pengamatan dari Google Earth, penentuan titik koordinat pusat kegiatan lokal berdasar lokasi pusat perekonomian atau pasar induk di kecamatan utama, dan penentuan titik koordinat kota kecamatan berdasar lokasi kantor kecamatan. Sementara itu, titik koordinat desa didapat dari perhitungan titik tengah (*centroid*) jaringan jalan yang berupa *polyline* di tiap desa. Titik-titik koordinat tersebut digunakan untuk pengukuran rute terpendek sebagai representasi jarak antara setiap desa dengan empat pusat pertumbuhan dan tiga gerbang tol.



Gambar 2. Peta Status IDM dan Lokasi Pengamatan

Objek pengamatan untuk analisis penggunaan lahan adalah berdasar peta penggunaan lahan di tiap desa hasil klasifikasi terbimbing (*supervised classification*). Peta penggunaan lahan tersebut memuat informasi kelas-kelas

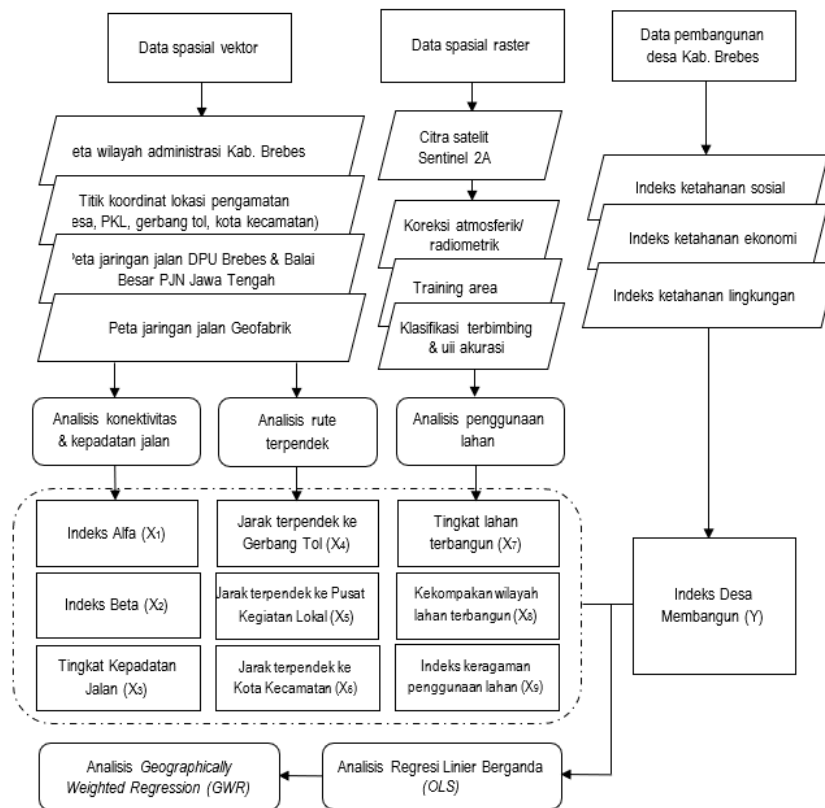
penggunaan lahan pada peta skala 1:50.000 merujuk pada Klasifikasi Penutup Lahan (Badan Standarisasi Nasional, 2010) sebagai berikut.

- (1) Daerah vegetasi dengan rincian, antara lain:
 - (a) daerah vegetasi pertanian berupa sawah, ladang, perkebunan; dan
 - (b) daerah vegetasi bukan pertanian berupa hutan.
- (2) Daerah tak bervegetasi dengan rincian, antara lain:
 - (a) lahan terbuka berupa hamparan pasir;
 - (b) permukiman dan lahan bukan pertanian yang berkaitan; dan
 - (c) perairan berupa danau, waduk, tambak, sungai.

Kelas permukiman yang diindikasikan dengan lahan terbangun (*built-up area*) pada peta penggunaan lahan cukup menjadi perhatian. Kelas permukiman menjadi dasar analisis tingkat lahan terbangun yang dihitung berdasarkan luas kelas permukiman dibagi luas area desa. Selain itu, kelas permukiman juga jadi dasar perhitungan indeks kekompakan wilayah dalam hal ini wilayah permukiman dengan perhitungan *related circumscribing circle* atas bentuk *patch* kelas permukiman tiap desa. Sementara itu, indeks keragaman penggunaan lahan berdasar perhitungan entropi atas luas masing-masing kelas di setiap desa yang berbeda-beda proporsinya.

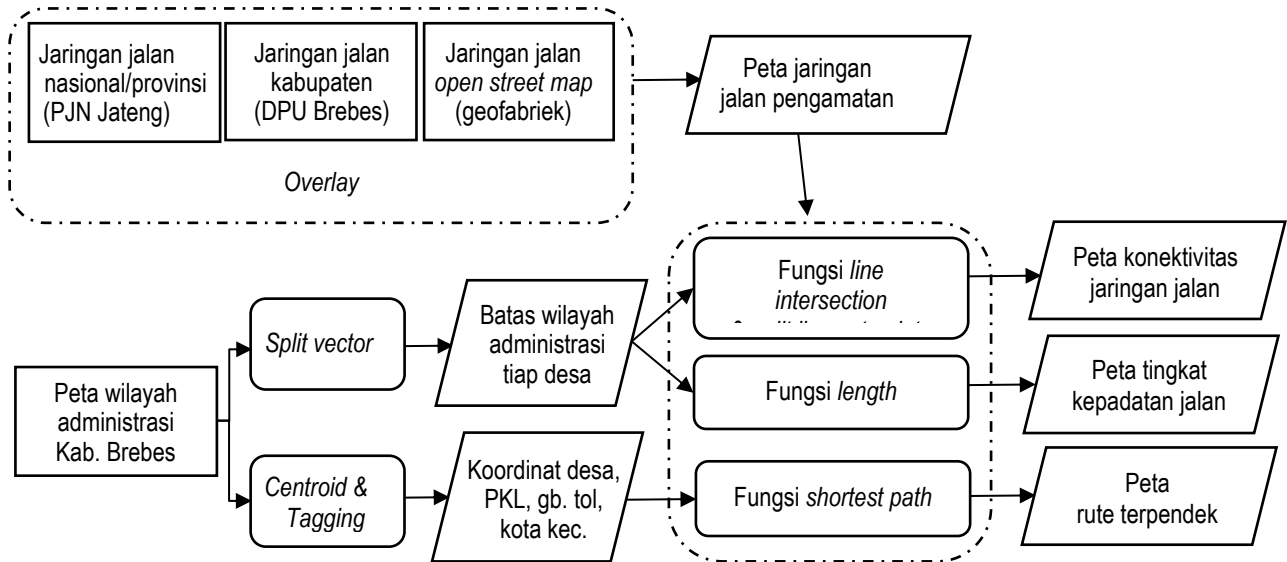
3.2 TEKNIK ANALISIS DATA

Analisis jaringan jalan dan penggunaan lahan menghasilkan data kuantitatif yang digunakan sebagai variabel independen dan data IDM yang sudah tersedia sebagai variabel dependen. Analisis selanjutnya adalah analisis spasial untuk mengetahui pengaruh variabel independen terhadap IDM (variabel dependen) melalui *Geographically Weighted Regression (GWR)* yang didahului dengan analisis regresi linier berganda (*OLS*) dengan membandingkan keduanya. Analisis GWR bersifat lokal yang menghasilkan perkiraan parameter untuk setiap titik regresi di area tertentu sehingga memungkinkan pengukuran dan pemetaan lokal. Alat dan perangkat analisis yang digunakan adalah aplikasi Microsoft Excel 365, QGIS 3.28, Minitab 16, Fragstats 4.2, dan MGWR 2.2. Teknik analisis data secara lengkap digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut.



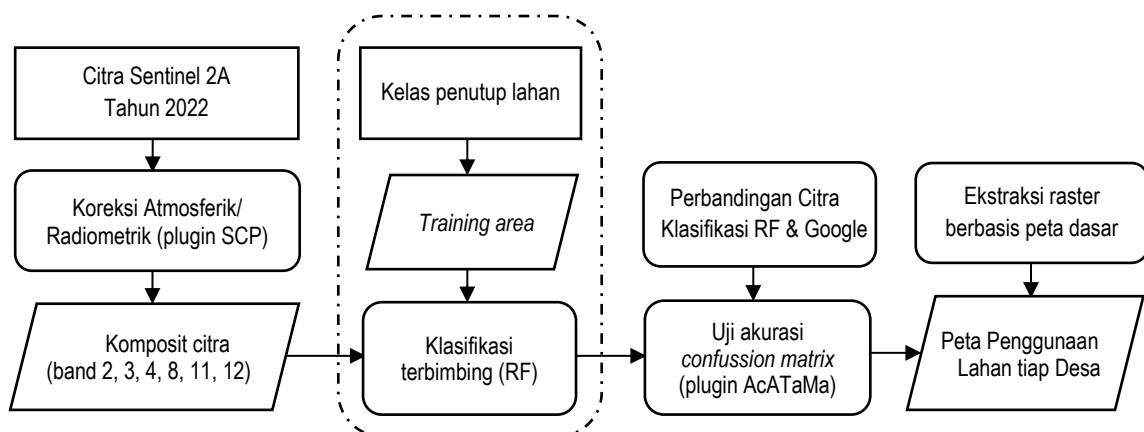
Gambar 3. Diagram Alir Teknik Analisis Data

Dalam analisis jaringan jalan, data spasial jaringan jalan yang didapat dari berbagai sumber ditumpangtindihkan (*overlay*) untuk mendapatkan peta jaringan jalan yang lengkap dan sesuai dengan ketentuan jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, dan jalan lingkungan (jalan perdesaan/jalan poros desa). Proses *overlay* jaringan jalan dilakukan pada peta dengan skala 1:50.000 berbasis peta wilayah administrasi Kabupaten Brebes. Jaringan jalan yang terbentuk menjadi bahan analisis lebih lanjut untuk menghitung konektivitas jalan dengan indeks alfa atau beta dan tingkat kepadatan jalan serta mengukur jarak antar objek pengamatan berdasar rute terpendek (*shortest path*). Bagan teknik analisis data jaringan jalan pada aplikasi QGIS 3.28 sebagai berikut.



Gambar 4. Bagan Teknik Analisis Jaringan Jalan

Dalam analisis penggunaan lahan, data spasial citra satelit diolah dengan klasifikasi terbimbing untuk mendapatkan peta penggunaan lahan sesuai kelas-kelas penutup lahan yang ditentukan. Proses klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) menggunakan pendekatan *random forest* (RF) pada citra satelit sentinel 2A serta peta wilayah administrasi Kabupaten Brebes sebagai peta dasar dan citra Google Earth untuk perbandingan dalam uji akurasi dengan pendekatan *stratified-random sampling*. Peta penggunaan lahan yang terbentuk menjadi bahan analisis lebih lanjut untuk menilai tingkat lahan terbangun, kekompakan wilayah, dan keragaman penggunaan lahan pada aplikasi Fragstats 4.2 berbasis *class metrics* dan *landscape metrics*. Bagan teknik analisis data citra satelit dengan klasifikasi terbimbing pada aplikasi QGIS 3.28 sebagai berikut.



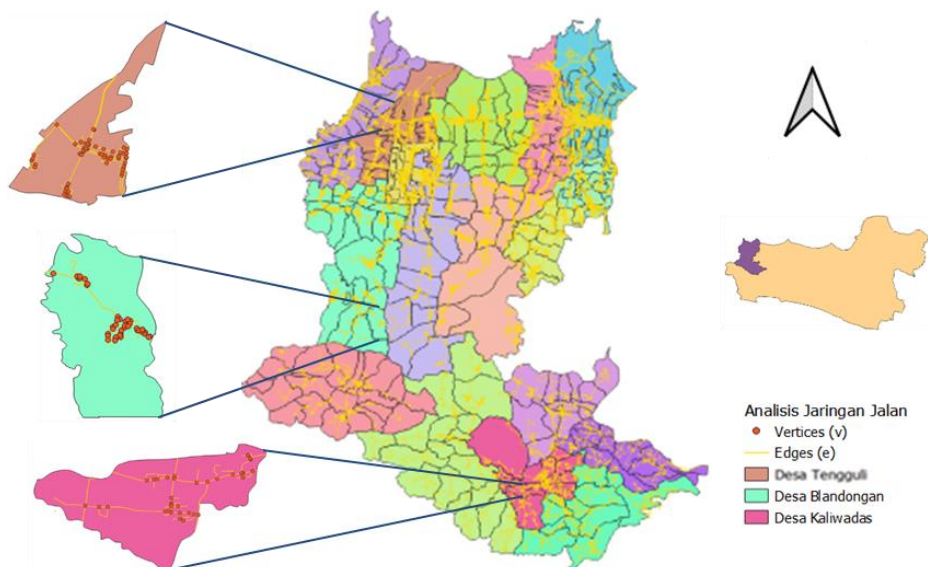
Gambar 5. Bagan Teknik Analisis Penggunaan Lahan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 INDEKS KONEKTIVITAS DAN KEPADATAN JALAN

Analisis konektivitas jalan yang berbasis *edge* dan *vertex* sebagaimana terlihat pada Gambar 4 menghasilkan indeks alfa dan indeks beta pada setiap desa di Kabupaten Brebes. Ukuran konektivitas jalan melalui hubungan *edge* dan *vertex* bisa menjadi dasar perbandingan jaringan jalan antar desa. Tipologi jaringan di wilayah Kabupaten Brebes cenderung berbeda-beda di setiap desa meski ada konsentrasi penyebaran tertentu di beberapa titik dan mencerminkan aspek spasial setiap desa. Indeks alfa digunakan untuk mengetahui keterhubungan fisik jaringan jalan dan indeks beta menunjukkan sifat atau kondisi kompleksitas jaringan jalan (Kansky dan Dascoine, 1989 dalam Lukman & Prakoso, 2020).

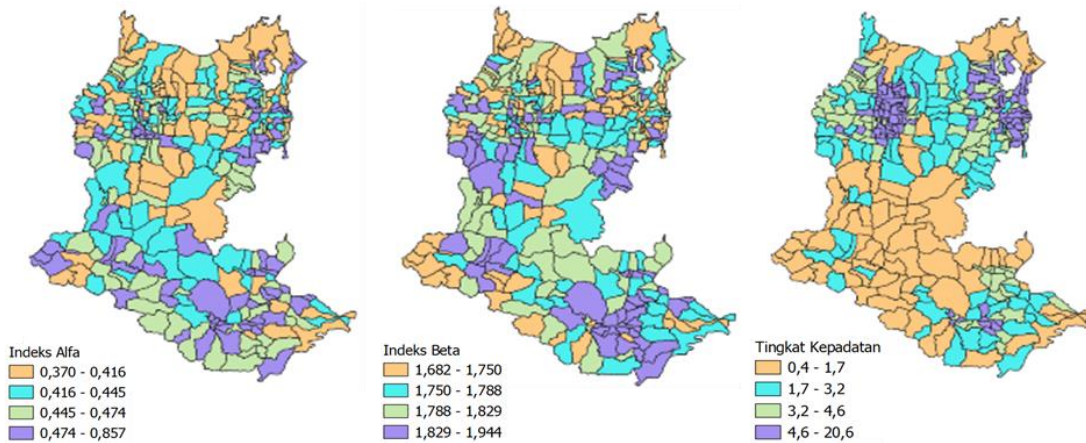
Nilai indeks alfa (α) di Kabupaten Brebes berkisar pada interval 0,370-0,856 (Gambar 5) dengan nilai rata-rata adalah 0,455. Hal tersebut mengindikasikan bahwa angka hasil analisis masih di bawah nilai sempurna ($\alpha=1$) atau dengan kata lain jaringan jalan di Kabupaten Brebes dalam lingkup desa masih belum sepenuhnya terkoneksi dengan baik. Indeks alfa tertinggi berada di Desa Mendala, Kecamatan Sirampog dengan nilai 0,857 begitu pula rata-rata indeks tertinggi tingkat kecamatan ada di Kecamatan Sirampog dengan nilai 0,510. Sementara itu, indeks terendah ada di Desa Kaliwlingi, Kecamatan Brebes, yakni 0,370 dan rata-rata indeks terendah tingkat kecamatan ada di Kecamatan Larangan (0,410).



Gambar 6. Peta Analisis Jaringan Jalan

Nilai indeks beta (β) di Kabupaten Brebes berkisar pada interval 1,682-1,944 (Gambar 5) dengan nilai rata-rata adalah 1,792. Hal tersebut menunjukkan bahwa angka hasil analisis dalam rentang $1 < \beta < 3$ yang berarti bahwa jaringan jalan di Kabupaten Brebes dinilai kompleks karena memiliki nilai lebih dari 1 meski masih di bawah 3. Indeks beta tertinggi berada di Desa Langkap, Kecamatan Bumiayu sebesar 1,944, sedangkan rata-rata indeks tertinggi tingkat kecamatan ada di Kecamatan Bumiayu dengan nilai 1,863. Sementara itu, indeks terendah ada di Desa Pedeslohor, Kecamatan Jatibarang yakni 1,682 dan rata-rata indeks terendah tingkat kecamatan ada di Kecamatan Wanasari yakni 1,761.

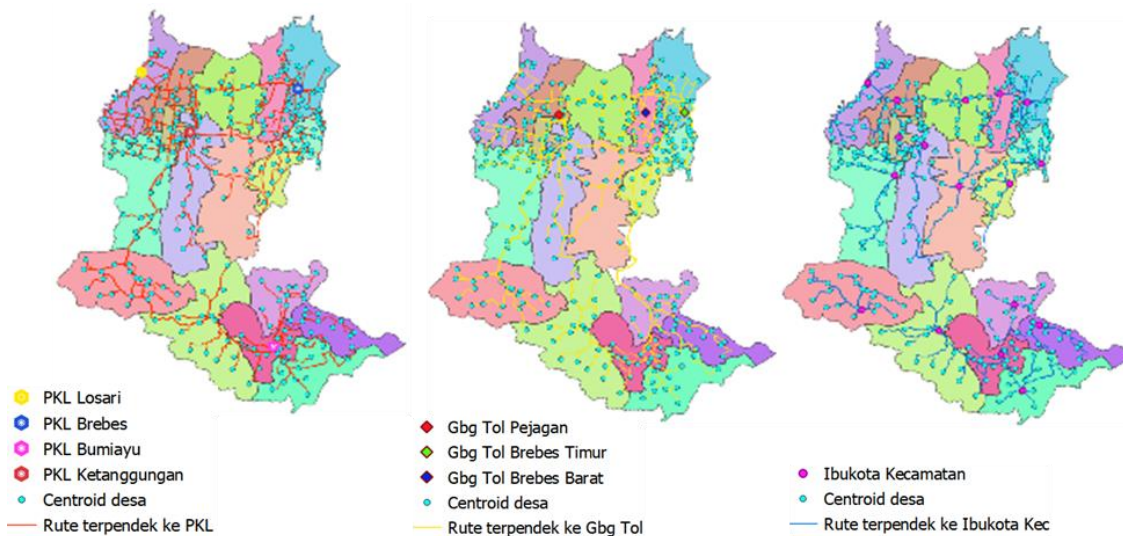
Tingkat kepadatan jaringan jalan diindikasikan dengan rasio panjang jalan (satuan kilometer) terhadap luas desa (satuan hektare). Dari hasil perhitungan rasio tersebut, diketahui bahwa konsentrasi kepadatan jalan tinggi di Kabupaten Brebes cenderung ada di tiga titik yakni dekat Pusat Kegiatan Lokal (PKL) Ketanggungan, PKL Brebes, dan PKL Bumiayu. Tingkat kepadatan jalan di Kabupaten Brebes ada pada rentang 0,447 sampai dengan 20,611 dan nilai rata-rata sebesar 3,438 yang berarti dalam 1 hektare area terdapat 3,438 kilometer panjang jalan. Tingkat kepadatan jalan di desa-desa di Kabupaten Brebes dipengaruhi luas area terbangun dan area pertanian yang keduanya merupakan komponen luas desa. Tingkat kepadatan tertinggi sebesar 20,611 berada di Desa Kalipucang, Kecamatan Jatibarang yang memiliki luas desa kurang dari 1 hektare. Sementara itu, rata-rata indeks tertinggi tingkat kecamatan ada di Kecamatan Jatibarang yang merupakan kecamatan tersempit kedua di Brebes dengan nilai 5,919. Adapun indeks terendah ada di Desa Citimbang, Kecamatan Salem yang punya luas 10,77 hektare, yakni sebesar 0,447 dan rata-rata indeks terendah tingkat kecamatan ada di Kecamatan Salem yang merupakan kecamatan terluas kedua di Brebes dengan nilai 1,309.



Gambar 7. Peta Indeks Konektivitas dan Kepadatan Jalan

4.2 RUTE JALAN TERPENDEK

Jarak dalam penelitian ini merupakan nilai jarak tempuh berdasar model rute terpendek antara dua titik lokasi pengamatan. Analisis rute terpendek berbasis pada pilihan lintasan jalan terdekat dalam satuan kilometer, sedangkan dua titik lokasi pengamatan adalah titik tengah jaringan jalan desa dan pusat pertumbuhan atau gerbang tol, sebagai lokasi yang memengaruhi perkembangan wilayah sekitar. Terdapat 3 alternatif rute untuk gerbang tol sesuai jumlah gerbang tol dan 4 alternatif rute untuk pusat kegiatan lokal sesuai jumlah PKL. Terhadap alternatif-alternatif yang ada, dipilih rute jalan paling pendek. Rute terpendek untuk kota kecamatan adalah sesuai wilayah administrasi desa dalam kecamatan.



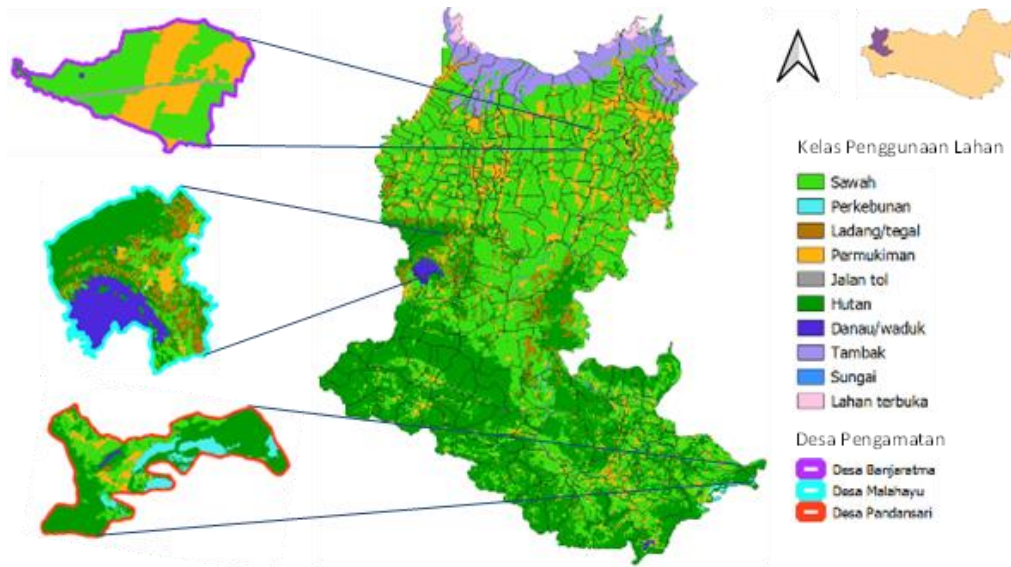
Gambar 8. Peta Analisis Rute Jalan Terpendek

Hasil analisis rute terpendek terhadap gerbang tol (Gambar 6) menunjukkan bahwa rute terpendek desa (dalam kecamatan) menuju gerbang tol berlaku pada 9 kecamatan dengan Gerbang Tol Pejagan, 4 kecamatan dengan Gerbang Tol Brebes Barat, dan 8 kecamatan dengan Gerbang Tol Brebes Timur. Sementara itu, rute terpendek desa (dalam kecamatan) menuju PKL berlaku pada 3 kecamatan dengan PKL Losari, 8 kecamatan dengan PKL Ketanggungan, 5 kecamatan dengan PKL Brebes, dan 6 kecamatan dengan PKL Bumiayu. Terdapat beberapa kecamatan memiliki dua kedekatan terhadap pusat pertumbuhan/gerbang tol sesuai kedekatan desa-desa di dalamnya yang berbeda-beda.

4.3 TINGKAT LAHAN TERBANGUN DAN KEKOMPAKAN WILAYAH

Peta penggunaan lahan (Gambar 7) dihasilkan dari analisis klasifikasi terbimbing menggunakan metode *random forest* dengan kelas penggunaan lahan terdiri dari (a) sawah, (b) perkebunan, (c) ladang/tegal, (d) permukiman, (e) jalan tol, (f) hutan, (g) hutan, (h) danau atau waduk, (i) tambak, (j) sungai, dan (k) lahan terbuka. Penentuan kelas tersebut didasarkan pada karakteristik wilayah Kabupaten Brebes yang didominasi lahan pertanian berupa sawah dan ladang atau tegal yang tersebar merata di wilayah utara dan selatan Brebes serta vegetasi nonpertanian, yaitu hutan yang dominan di wilayah

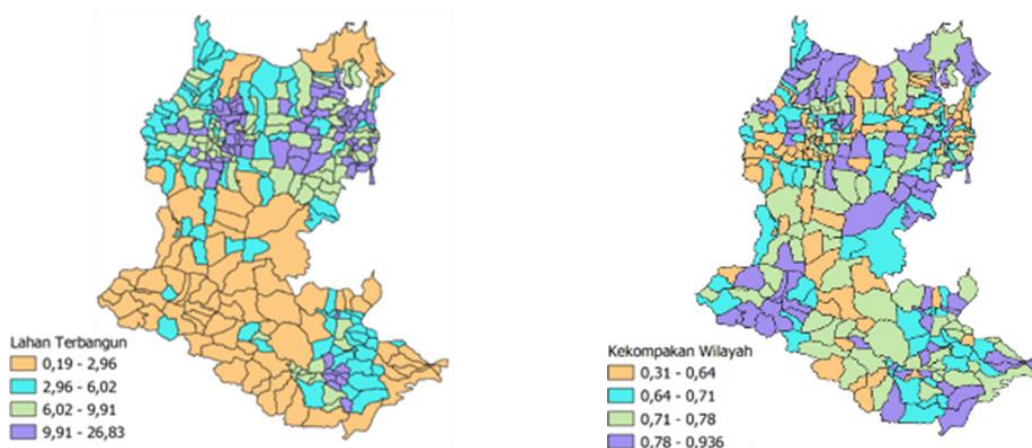
selatan Brebes. Sementara itu, lahan perkebunan ada di wilayah selatan Brebes dan lahan tambak ada di wilayah utara Brebes. Uji akurasi atas peta penggunaan lahan dari klasifikasi terbimbing menghasilkan angka 88,161% yang berarti dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.



Gambar 9. Peta Penggunaan Lahan

Setelah pemetaan penggunaan lahan, dilanjutkan dengan analisis penggunaan lahan yang pertama, yaitu analisis tingkat lahan terbangun. Analisis ini berdasar keluasan lahan terbangun sebagai indikator permukiman dibagi luas area desa. Analisis penggunaan lahan selanjutnya adalah analisis kekompakan wilayah berdasar bentuk wilayah lahan terbangun (kelas permukiman). Keduanya dihasilkan dari aplikasi Fragstats 4.2 berbasis analisis metrik kelas (*class metrics*).

Nilai tingkat lahan terbangun perdesaan di Kabupaten Brebes berkisar pada interval 0,196-26,832 (Gambar 8) dengan nilai rata-rata adalah 7,050. Hal tersebut mengindikasikan bahwa wilayah perdesaan Kabupaten Brebes secara umum didominasi oleh daerah vegetasi baik pertanian atau nonpertanian karena lahan permukiman penduduk hanya sekitar 7% dari total luas wilayah perdesaan. Tingkat lahan terbangun tertinggi berada di Desa Jatibarang Kidul, Kecamatan Jatibarang dengan nilai 26,832 atau memiliki luas lahan terbangun 26,83% dari total luas desa, sedangkan rata-rata tingkat lahan terbangun tertinggi tingkat kecamatan ada di Kecamatan Wanasari dengan nilai 11,860. Tingkat lahan terbangun terendah ada di Desa Gunung Tajem, Kecamatan Salem yakni 0,196 atau hanya memiliki luas lahan terbangun 0,196% dari total luas desa, begitu pula rata-rata tingkat lahan terbangun terendah tingkat kecamatan ada di Kecamatan Salem yakni 1,324.



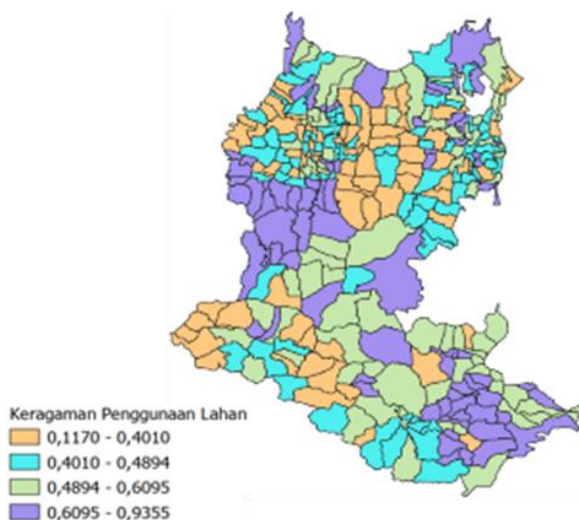
Gambar 10. Peta Tingkat Lahan Terbangun dan Kekompakan Wilayah

Nilai kekompakan wilayah permukiman perdesaan di Kabupaten Brebes berkisar pada interval 0,314-0,936 (Gambar 8) dengan nilai rata-rata adalah 0,706. Hal tersebut menunjukkan bahwa wilayah perdesaan Kabupaten Brebes secara

umum memiliki kekompakan wilayah permukiman tidak terlalu kompak karena mendekati nilai 1. Wilayah permukiman yang paling mendekati status tidak kompak berada di Desa Gunung Sugih, Kecamatan Salem dengan nilai 0,936 (mendekati nilai 1), sedangkan wilayah kecamatan yang rata-ratanya paling mendekati status tidak kompak ada di Kecamatan Songgom dengan nilai 0,784. Wilayah permukiman yang paling mendekati status kompak ada di Desa Dumeling, Kecamatan Wanasari, yakni 0,314 (mendekati nilai 0) dan wilayah kecamatan yang rata-ratanya paling mendekati status kompak ada di Kecamatan Banjarharjo (0,634).

4.4 KERAGAMAN PENGGUNAAN LAHAN

Dengan mengetahui keluasan setiap kelas penggunaan lahan yang terdiri dari sepuluh kelas bisa dinilai tingkat keragaman penggunaan lahan dengan rumus indeks entropi. Analisis tersebut dihasilkan dari aplikasi Fragstats 4.2 berbasis analisis metrik lanskap (*landscape metrics*).



Gambar 11. Peta Tingkat Keragaman Penggunaan Lahan

Nilai tingkat keragaman penggunaan lahan di Kabupaten Brebes berkisar pada interval 0,117-0,936 (Gambar 9) dengan nilai rata-rata adalah 0,510. Hal tersebut menunjukkan bahwa Kabupaten Brebes secara umum memiliki keragaman penggunaan lahan yang relatif berimbang pada keluasan tiap kelas penggunaan lahan di wilayah perdesaan Brebes. Tingkat keragaman penggunaan lahan yang paling heterogen berada di Desa Parereja, Kecamatan Banjarharjo dengan nilai 0,936 (mendekati nilai 1) yang terdiri dari kelas penggunaan lahan sawah, ladang/tegal, permukiman, dan hutan, sedangkan rata-rata keragaman penggunaan lahan yang paling heterogen tingkat kecamatan ada di Kecamatan Paguyangan dengan nilai 0,652. Tingkat keragaman penggunaan lahan paling homogen ada di Desa Winduasri, Kecamatan Salem yakni 0,117 (mendekati nilai 0), begitu pula nilai keragaman penggunaan lahan paling homogen tingkat kecamatan ada di Kecamatan Salem yakni 0,377.

4.5 ANALISIS SPASIAL

Tahap awal sebelum melakukan analisis *Geographically Weighted Regression* (GWR) adalah meregresikan nilai IDM sebagai variabel dependen dengan sembilan variabel independen hasil analisis jaringan jalan dan analisis penggunaan lahan melalui analisis *Ordinary Least Square* (OLS) atau regresi linier berganda. Jumlah data tiap variabel adalah 292 data sesuai jumlah desa pengamatan dengan urutan indeks alfa (X1), indeks beta (X2), tingkat kepadatan jalan (X3), jarak ke gerbang tol (X4), jarak ke pusat kegiatan lokal (X5), jarak ke kota kecamatan (X6), tingkat lahan terbangun (X7), indeks kekompakan wilayah (X8), dan indeks keragaman lahan (X9). Untuk tujuan pengujian hipotesis nilai parameter model, model regresi linier mengasumsikan beberapa hal yang dikenal sebagai Uji Asumsi Klasik, antara lain uji normalitas, uji heteroskedastisitas, dan uji multikolinieritas. Sementara itu, untuk interpretasi model regresi melalui uji regresi parsial (uji t), uji signifikansi simultan (uji F), dan uji koefisien determinasi (uji R²) (Janie, 2012). Nilai alfa atau tingkat signifikansi atau kepercayaan yang ditetapkan dalam analisis OLS penelitian ini adalah 5% (0,05).

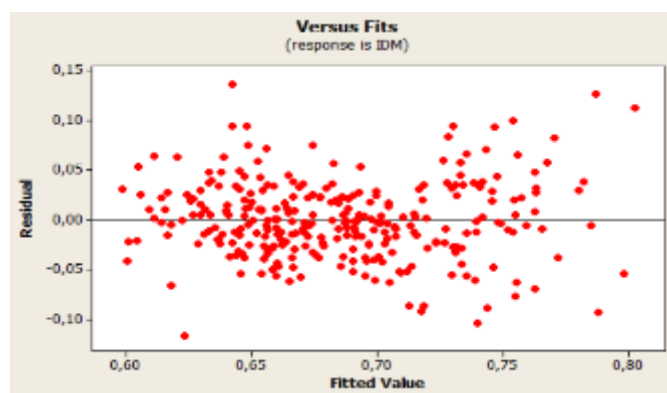
Hasil uji normalitas dari regresi linier berganda dilihat dari *p-value* hasil tes kolmogorov-smirnov atas nilai residual seluruh variabel yang nilainya adalah 0,119. Nilai tersebut lebih besar daripada 0,05 (alfa) sehingga dinyatakan data yang digunakan terdistribusi normal. Sementara itu, uji multikolinearitas dilihat dari *Variance Inflation Factor* (VIF) pada tabel

coefficients dengan ketentuan jika $0,01 < VIF < 10$ maka dinyatakan tidak terjadi multikolinearitas. Hasil tes multikolinearitas dapat dilihat pada Gambar 10 sebagai berikut.

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-0,82508	0,09157	-9,01	0,000	
X1	-0,20458	0,04705	-4,35	0,000	1,431
X2	0,86591	0,05630	15,38	0,000	1,452
X3	0,001344	0,001430	0,94	0,348	1,820
X4	0,0002285	0,0001514	1,51	0,132	1,709
X5	0,0001824	0,0003377	0,54	0,590	1,609
X6	-0,0017041	0,0005904	-2,89	0,004	1,210
X7	0,0008997	0,0006570	1,37	0,172	2,001
X8	0,07876	0,02322	3,39	0,001	1,089
X9	-0,02414	0,01729	-1,40	0,164	1,205

Gambar 12. Tabel Coefficients

Dari nilai VIF masing-masing variabel independen, diketahui bahwa seluruhnya memenuhi ketentuan sehingga dinyatakan tidak terjadi multikolinearitas. Untuk tes heteroskedastisitas dilihat dari diagram *scatter plot Versus Fits* pada Gambar 11 sebagai berikut.



Gambar 13. Diagram Scatter Plot Versus Fits

Berdasarkan Gambar 11, terlihat bahwa plot menyebar merata atau tidak terkumpul di satu titik tertentu maka disimpulkan tidak terjadi heteroskedastisitas.

Tahap selanjutnya adalah uji parsial (uji t) dengan melihat *p-value* pada tabel *coefficients* (Gambar 7) dengan ketentuan jika $p\text{-value} < 0,05$ maka dinyatakan variabel tersebut berpengaruh signifikan. Diketahui bahwa *p-value* atas sembilan variabel independen berbeda-beda nilainya dengan rincian variabel yang berpengaruh signifikan adalah variabel X1, X2, X6, dan X8 (empat variabel). Sementara itu, variabel X3, X4, X5, X7, dan X9 (lima variabel) dinyatakan tidak berpengaruh signifikan. Sementara itu, untuk uji simultan (uji F) dapat dilihat pada Gambar 12 tabel *analysis of variance* sebagai berikut.

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	9	0,565596	0,062844	39,20	0,000
Residual Error	282	0,452107	0,001603		
Total	291	1,017703			

Gambar 14. Tabel Analysis of Variance

Diketahui bahwa nilai *p-value* atas regresi seluruh variabel independen terhadap variabel dependen adalah 0,000 atau kurang dari 0,05 (alfa). Berdasar hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa variabel independen secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

Uji terakhir dari OLS adalah uji koefisien determinasi untuk menilai model dalam menerangkan pengaruh variabel independen secara bersama-sama terhadap variabel dependen yang dapat diindikasikan oleh nilai R^2 . Hasil analisis OLS penelitian ini menghasilkan nilai R^2 sebesar 55,6% yang berarti bahwa kemampuan variabel independen dalam penelitian ini memengaruhi variabel dependen adalah sebesar 55,6%, sedangkan sisanya sebesar 44,4% dijelaskan oleh variabel lain selain variabel independen dalam penelitian. Model regresi hasil OLS sebagai berikut.

$$Y = -0,825 - 0,205 X_1 + 0,866 X_2 + 0,00134 X_3 + 0,000228 X_4 + 0,000182 X_5 - 0,00170 X_6 + 0,000900 X_7 + 0,0788 X_8 + 0,0241 X_9$$

Setelah analisis OLS dilakukan, tahap berikutnya adalah analisis GWR dengan tipe model berbasis matriks pembobot berupa *kernel gaussian* dan *adaptive bi-square*. Fungsi untuk menghasilkan *bandwidth* optimal menggunakan indikator *akaike information criterion* (AIC). Indikator AIC lebih umum digunakan dan mudah diaplikasikan. Semakin kecil nilai AIC maka model prediksi hasil GWR akan semakin baik. Analisis GWR menghasilkan model regresi lokal dan koefisien determinasi yang berbeda-beda pada tiap desa. Seluruh variabel independen secara parsial berpengaruh signifikan secara lokal dan berbeda-beda pada tiap desa sesuai Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Variabel Berpengaruh Tiap Kecamatan/Desa

No	Kecamatan	IDM	Variabel Berpengaruh	Rincian Desa atas Variabel Berpengaruh	Wilayah
1	Brebes (PKL)	0,6623	X1, X2, X4, X5, X8 (bervariasi)	1 desa (X1,X2,X4,X5), 17 desa (X1,X2,X4,X5,X8)	Utara
2	Bulakamba	0,7115	X1, X2, X4, X5, X8 (bervariasi)	3 desa (X1,X2,X4), 7 desa (X1,X2,X4,X5,X8), 9 desa (X1,X2,X4,X5)	Utara
3	Wanasari	0,6580	X1, X2, X4, X5, X8 (bervariasi)	2 desa (X1,X2,X4,X5), 18 desa (X1,X2,X4,X5,X8)	Utara
4	Losari (PKL)	0,6671	X1, X2, X4 (bervariasi)	3 desa (X1,X2), 19 desa (X1,X2,X4)	Utara
5	Tanjung	0,6722	X1, X2, X4 (semua desa)	18 desa (X1,X2,X4)	Utara
6	Ketanggungan (PKL)	0,6697	X1, X2, X3, X4, X5, X8 (bervariasi)	1 desa (X2), 2 desa (X1,X2), 2 desa (X1,X2,X8), 2 desa (X1,X2,X3,X8), 4 desa (X1,X2,X4), 4 desa (X1,X2,X4,X5,X8), 6 desa (X1,X2,X4,X8)	Tengah
7	Banjarharjo	0,6808	X1, X2, X3, X4, X8 (bervariasi)	1 desa (X1,X2,X3), 2 desa (X1,X2), 3 desa (X1,X2,X4,X8), 4 desa (X1,X2,X4), 6 desa (X1,X2,X8), 9 desa (X1,X2,X3,X8)	Tengah
8	Jatibarang	0,6747	X1, X2, X4, X5, X6, X8 (bervariasi)	3 desa (X1,X2,X5,X6,X8), 7 desa (X1,X2,X4,X5,X6,X8), 12 desa (X1,X2,X4,X5,X8)	Tengah
9	Kersana	0,6995	X1, X2, X4, X8 (bervariasi)	4 desa (X1,X2,X4,X8), 9 desa (X1,X2,X4)	Tengah
10	Larangan	0,6693	X1, X2, X3, X4, X5, X8 (bervariasi)	1 desa (X2), 1 desa (X1,X2), 1 desa (X1,X2,X3,X8), 8 desa (X1,X2,X4,X5,X8)	Tengah
11	Songgom	0,7408	X1, X2, X4, X5, X6, X8 (bervariasi)	1 desa (X1,X2,X8), 1 desa (X1,X2,X4,X5,X6,X8), 2 desa (X1,X2,X6,X8), 2 desa (X1,X2,X5,X6,X8), 4 desa (X1,X2,X4,X5,X8)	Tengah
12	Bumiayu (PKL)	0,7565	X1, X2, X4, X7, X8, X9 (bervariasi)	1 desa (X1,X2,X4,X7,X8,X9), 3 desa (X1,X2), 5 desa (X1,X2,X8), 6 desa (X2,X8)	Selatan
13	Bantarkawung	0,6670	X1, X2, X8 (bervariasi)	1 desa (X2), 1 desa (X1,X2,X8), 16 desa (X1,X2)	Selatan
14	Paguyangan	0,7052	X1, X2, X8 (bervariasi)	5 desa (X1,X2,X8), 7 desa (X2,X8)	Selatan
15	Salem	0,6850	X1, X2 (semua desa)	21 desa (X1,X2)	Selatan
16	Sirampog	0,6812	X2, X8 (semua desa)	13 desa (X2,X8)	Selatan
17	Tonjong	0,6991	X2, X8 (bervariasi)	1 desa (X2), 13 desa (X2,X8)	Selatan

Dari tabel di atas, diketahui bahwa variabel yang berpengaruh di semua desa adalah indeks beta diikuti indeks alfa yang berpengaruh di 249 desa (85,3% jumlah desa) dan kekompakan wilayah yang berpengaruh di 170 desa (58,2%). Variabel selanjutnya adalah jarak kedekatan dengan gerbang tol yang berpengaruh di 161 desa (55,1%), jarak kedekatan dengan pusat kegiatan lokal yang berpengaruh di 95 desa (32,5%), jarak kedekatan dengan kota kecamatan yang berpengaruh di 15 desa (5,1%), dan tingkat kepadatan jaringan jalan yang berpengaruh di 13 desa (4,5%). Sementara itu, tingkat lahan terbangun dan keragaman penggunaan lahan berpengaruh masing-masing hanya di 1 desa (0,3%).

GWR menghasilkan model regresi lokal tiap desa dengan koefisien determinasi hasil GWR ada pada rentang 51,55% sampai dengan 97,39%. Untuk pemilihan model regresi terbaik, dilakukan perbandingan antara hasil OLS dan GWR

dengan melihat koefisien determinasi (R^2) dan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC). Model terbaik ditunjukkan dengan nilai R^2 terbesar dan nilai AIC terkecil.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Analisis OLS dan GWR

Model	R^2	AIC
<i>Ordinary least square</i>	55,6%	611.736
<i>Geographically weighted regression</i>	64,5%	597.133

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa koefisien determinasi (R^2) hasil GWR lebih besar daripada koefisien determinasi hasil OLS dan nilai AIC hasil GWR lebih kecil daripada AIC hasil OLS. Atas dasar itu dapat disimpulkan bahwa hasil analisis GWR adalah model regresi terbaik dalam menjelaskan variabel penelitian.

5. KESIMPULAN

Perkembangan wilayah perdesaan Kabupaten Brebes dari sisi pembangunan desa dipengaruhi oleh jaringan jalan dan penggunaan lahan. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis spasial atas dua faktor utama tersebut yang dirinci pada aspek konektivitas, jarak antara desa dengan pusat pertumbuhan, dan bentuk dan proporsi penggunaan lahan. Jaringan jalan dinilai berpengaruh karena mendorong peningkatan aktivitas sosial ekonomi masyarakat perdesaan, sedangkan penggunaan lahan merupakan indikator perkembangan dan pembangunan fisik wilayah. Variabel-variabel yang menjadi objek pengamatan adalah (1) indeks alfa (kerapatan jalan), (2) indeks beta (keterhubungan jalan), (3) tingkat kepadatan jalan, (4) jarak desa dengan gerbang tol, (5) jarak desa dengan pusat kegiatan lokal (PKL), (6) jarak desa dengan kota kecamatan, (7) tingkat lahan terbangun, (8) kekompakan wilayah, dan (9) keragaman penggunaan lahan. Analisis *Geographically Weighted Regression* (GWR) dipilih sebagai analisis spasial karena menghasilkan model regresi lokal pada tiap desa dan bisa memberi gambaran lebih detail dalam pemetaan wilayah serta pengambilan kebijakan perencanaan wilayah.

Berdasar aspek spasial perdesaan atas variabel-variabel tersebut hasil analisis GWR dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

- Konektivitas jalan yang dinilai dari indeks alfa dan indeks beta berpengaruh merata di wilayah Kabupaten Brebes khususnya indeks beta yang punya pengaruh di seluruh desa.
- Kekompakan wilayah relatif merata pengaruhnya meski lebih banyak berpengaruh di wilayah tengah Kabupaten Brebes diikuti wilayah selatan Kabupaten Brebes terutama pada wilayah padat penduduk.
- Kedekatan dengan gerbang tol dominan berpengaruh di wilayah utara Kabupaten Brebes diikuti wilayah tengah Kabupaten Brebes yang merupakan wilayah jalan tol berada. Akses jalan tol utamanya berpengaruh terhadap desa-desa pada kecamatan yang dilintasi jalan tol atau yang memiliki aksesibilitas baik ke gerbang tol khususnya pada desa tidak padat penduduk dan bercorak pertanian juga industri.
- Kepadatan jaringan jalan masih terkonsentrasi tinggi di desa-desa pada kecamatan yang menjadi pusat kegiatan lokal tetapi secara umum kepadatan jaringan jalan tidak memengaruhi perkembangan desa-desa di Kabupaten Brebes.
- Kedekatan dengan Pusat Kegiatan Lokal (PKL) berpengaruh di wilayah utara dan tengah Brebes terutama pada kecamatan yang berbatasan langsung dengan kecamatan lokasi PKL.
- Kedekatan dengan kota kecamatan sangat sedikit berpengaruh dan hanya berpengaruh pada dua Kecamatan, yakni Songgom dan Jatibarang di wilayah tengah Brebes yang jauh dari gerbang tol dan PKL.

Kabupaten Brebes sangatlah luas dengan karakteristik, potensi, dan tantangan desa masing-masing dilihat dari topologi jaringan jalan dan tipikal atau pola penggunaan lahan yang berbeda-beda. Arah pembangunan, perbaikan, dan/atau peningkatan kapasitas jalan serta penataan penggunaan lahan diharapkan bisa memperhatikan hal-hal berikut:

- Pengembangan jaringan jalan terutama jalan nasional, jalan kabupaten, dan jalan perdesaan, serta perlu mempertimbangkan aksesibilitas terhadap jalan tol dan konektivitas jaringan jalan dalam desa atau antar desa terutama untuk desa-desa yang jauh dari jangkauan pusat pertumbuhan.
- Penataan tata guna lahan setiap desa perlu mempertimbangkan kekompakan wilayah permukiman yang diselaraskan dengan pembangunan jaringan jalan baru terutama di desa-desa yang tingkat kepadatan jalannya rendah karena hal tersebut memengaruhi perubahan atau pola penggunaan lahan secara umum. Selain itu, wilayah perdesaan yang cenderung tidak kompak memerlukan peningkatan jaringan jalan yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Pusat Pembinaan, Pendidikan, dan Pelatihan Perencana, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, dan Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional yang telah mendanai dan mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adelia, D. indah P., Fatmasari, E., & Mulia, S. (2022). Pengaruh Pembangunan Infrastruktur Jalan terhadap Pertumbuhan Ekonomi Masyarakat di Desa Sonomartani Kab. Labuhan Batu Utara. *E-Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana*, 11(10), 3845–3860. Diakses dari: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/eeep/article/download/94358/47373>
- Al-Hinkawi, W. S., Youssef, S. S., & Abd, H. A. (2021). Effects of Urban Growth on Street Networks and Land Use in Mosul, Iraq: A Case Study. *Civil Engineering and Architecture*, 9(6), 1667–1676. <https://doi.org/10.13189/cea.2021.090601>
- Alphan, H. (2021). Multi-Temporal Analysis of Urbanisation Patterns as Coastal Development Indicators: Eastern Mediterranean Coast of Turkey. *Ecological Indicators*, 121, 106994. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106994>
- Astika, A. N., & Sri Subawa, N. (2021). Evaluasi Pembangunan Desa Berdasarkan Indeks Desa Membangun. *Jurnal Ilmiah Muqoddimah: Jurnal Ilmu Sosial, Politik Dan Hummanioramania*, 5(2), 223. <https://doi.org/10.31604/jim.v5i2.2021.223-232>
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2020). Pedoman Teknis Penyusunan Rencana Aksi Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB)/Sustainable Development Goals (SDGs) Edisi II. Diakses dari: <https://sdgs.bappenas.go.id/website/wp-content/uploads/2020/10/Buku-Pedoman-Rencana-Aksi-SDGs.pdf>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes. (2022). Kabupaten Brebes dalam Angka 2022. Diakses dari: <https://brebeskab.bps.go.id/publication/2022/02/25/cdf2ed2faf9964186b9b4cd8/kabupaten-brebes-dalam-angka-2022.html>
- Badan Standardisasi Nasional. (2010). Klasifikasi Penutup Lahan. Diakses dari: https://www.big.go.id/assets/download/sni/SNI/15_SNI_7645-2010_Klasifikasi_penutup_lahan.pdf
- Bahadure, S., & Kotharkar, R. (2015). Assessing Sustainability of Mixed Use Neighbourhoods through Residents' Travel Behaviour and Perception: The Case of Nagpur, India. *Sustainability*, 7(9), 12164–12189. <https://doi.org/10.3390/su70912164>
- Comer, D., & Greene, J. S. (2015). The Development and Application of a Land Use Diversity Index for Oklahoma City, OK. *Applied Geography*, 60, 46–57. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.02.015>
- Dinanti, D., & Pratama, I. (2021). Tingkat Konektivitas Fasilitas Wilayah Pertumbuhan/Kawasan Potensial Kabupaten Mojokerto. *Tata Kota dan Daerah*, 13(1), 23–34. <https://doi.org/10.21776/ub.takoda.2021.013.01.4>
- Dwinanto, A. A. P., Munibah, K., & Sudadi, U. (2016). Model Perubahan dan Arahan Penggunaan Lahan untuk Mendukung Ketersediaan Beras di Kabupaten Brebes dan Kabupaten Cilacap. *Jurnal Tata Loka*, 18(3), 157–171. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jvsar.v%25vi%25i.688>
- Fábián, Z. (2014). Method of the Geographically Weighted Regression and an Example for its Application. *Regional Statistics*, 4(1), 61–75. <https://doi.org/10.15196/rs04105>
- Farida, U. (2013). Pengaruh Aksesibilitas terhadap Karakteristik Sosial Ekonomi Masyarakat Pedesaan Kecamatan Bumijawa Kabupaten Tegal. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 1(1), 49–66. Diakses dari: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jwl/article/view/125/pdf>
- Guan, C. (2017). Spatial metrics of urban form. In Z. Lin & J. Gamez (Eds.), *Vertical Urbanism: Designing Compact Cities in China*. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781351206839-14>.
- Gulo, Y. (2015). Identifikasi Pusat-Pusat Pertumbuhan dan Wilayah Pendukungnya dalam Pengembangan Wilayah Kabupaten Nias. *Jurnal Widyaiset*, 18(1), 37-48. Diakses dari: <https://core.ac.uk/download/pdf/304736659.pdf>
- Harahap, S. N. H., Marisa, A., & Nasution, A. D. (2020). The Effect of Road Expansion on the Use of Space (Case Study: Simpang Ujung Aji Road Section - The Boundary of Kabanjahe City, North Sumatra). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 452(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/452/1/012136>
- Janie, D. N. A. (2012). Statistik Deskriptif & Regresi Berganda dengan SPSS. Semarang: Semarang University Press.
- Juremalani, J., & Chauhan, K. A. (2019). Evaluation of Urban Accessibility through Travel Behavior for Mixed Land Use Zones. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(1), 233–241. Diakses dari: <https://iaeme.com/Home/issue/IJCIET?Volume=10&Issue=1>
- Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi. (2022). Peringkat Nilai Rata-rata Indeks Desa Membangun Tahun 2022. Diakses dari: <https://idm.kemendes.go.id/view/detil/3/publikasi>.
- Labi, S., Faiz, A., Saeed, T. U., Alabi, B. N. T., & Woldemariam, W. (2019). Connectivity, Accessibility, and Mobility Relationships in the Context of Low-Volume Road Networks. *Transportation Research Record*, 2673(12), 717–727. <https://doi.org/10.1177/0361198119854091>
- Lu, B., Charlton, M., Harris, P., & Fotheringham, A. S. (2002). Geographically Weighted Regression with a Non-Euclidean Distance Metric: A Case Study Using Hedonic House Price Data. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(4), 660–681. <https://doi.org/10.1080/13658816.2013.865739>
- Lukman, W. K., & Prakoso, E. (2020). *Interaksi antara Jaringan Jalan dengan Struktur Ruang Kabupaten Kendal*. Skripsi, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- Mandala, M., Indarto, I., Arifin, F. F., & Hakim, F. L. (2020). Aplikasi Citra Sentinel-2 untuk Pemetaan Tutupan lahan dan Peruntukan

- Lahan pada Tingkat Desa. *Jurnal Geografi*, 12(02), 189–201. <https://doi.org/10.24114/jg.v12i02.16970>
- Masrianto, Soetomo, S., Poerwo, P., & Riyanto, B. (2012). Pembangunan Jaringan Jalan Perkotaan Berdasarkan Kajian Struktur Ruang dan Aksesibilitas Kota. *Jurnal Transportasi*, 12(2), 153–164.
- McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C., & Ene, E. (1994). FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. *Universitas Massachusetts*, 97331(503), 1-171. Diakses dari: https://www.researchgate.net/publication/259011515_FRAGSTATS_Spatial_pattern_analysis_program_for_categorical_maps
- Merchán, D., Winkenbach, M., & Snoeck, A. (2020). Quantifying the Impact of Urban Road Networks on the Efficiency of Local Trips. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38–62. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.02.015>
- Miri, G., Barus, B., & Soma, S. (2014). Analisis Perencanaan Prioritas Jaringan Jalan untuk Pengembangan Wilayah di Kabupaten Tana Toraja. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 16(1), 1. <https://doi.org/10.29244/jitl.16.1.1-8>
- Nuraeni, R., Risma, S., Sitorus, P., Dyah, D., & Panuju, R. (2017). An Analysis of Land Use Change and Regional Land Use Planning in Bandung Regency. *Buletin Tanah Dan Lahan*, 1(1), 79–85.
- Oluwole, O. A., & Daful, N. G. (2014). Characterization of Jos City Road Network, Nigeria. *Indonesian Journal of Geography*, 46(2), 177. <https://doi.org/10.22146/ijg.6078>
- Pemerintah Indonesia. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2014 tentang Desa. Indonesia: Sekretariat Negara RI.
- Pioh, P. S. (2012). Graph Model for Minimal Distance and Optimal Circulation in Urban Design. *Jurnal Ilmiah Sains*, 12(1), 1–7. <https://doi.org/doi:10.35799/jis.12.1.2012.394>
- Prapti, L., Suryawardana, E., & Triyani, D. (2015). Analisis Dampak Pembangunan Infrastruktur Jalan terhadap di Kota Semarang. *Jurnal Dinamika Sosial Budaya Universitas Semarang*, 17(2), 82–103. Diakses dari: <https://journals.usm.ac.id/index.php/jdsb/article/view/505/0>
- Shamshad, & Khan, J. H. (2012). Road Density and Levels of Development in West Bengal. *Indian Streams Reserach Journal*, 1(12), 1–8.
- Shao, S., Yu, M., Huang, Y., Wang, Y., Tian, J., & Ren, C. (2022). Towards a Core Set of Landscape Metrics of Urban Land Use in Wuhan, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(5), 281 <https://doi.org/10.3390/ijgi11050281>
- Shariff, N. M., & Gairola, S. (2020). Geographically Weighted Regression Model: A Potential Approach for Better Management of Urban Growth. *European Proceeding of Social and Behavioural Sciences EpSBS*, 776–784. Penang: European Proceedings. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2020.03.03.90>
- Sreelekha, M. G., Krishnamurthy, K., & Anjaneyulu, M. V. L. R. (2016). Assessment of Topological Pattern of Urban Road Transport System of Calicut City. *Transportation Research Procedia*, 17, 253–262. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.089>
- Suryaningsih, W. (2021). *Pengaruh Pembangunan Jalan Tol terhadap Perubahan Penggunaan Lahan dan Penurunan Luas Lahan Sawah di Kabupaten Brebes* (Institut Pertanian Bogor, Indonesia). Institut Pertanian Bogor, Indonesia. Diakses dari: <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/107322?show=full>
- Sutomo, & Shalihati, S. F. (2015). Kajian Kemiskinan dan Perkembangan Wilayah Kabupaten Purbalingga dalam Perspektif Geospasial. *Jurnal Geo Edukasi*, 4(1), 7–22.
- Widiawaty, M. A., Pramulatsih, G. P., & Pebriani, V. (2018). Jaringan Transportasi dan Pengembangan Destinasi Pariwisata di Kota Cirebon. *Proceeding Book: Travel Industry Student Forum The Driving Force in Travel and Tourism Industry*, 127–148. Diakses dari: <https://osf.io/preprints/inarxiv/qsngx>
- Wulandano, O. (2021). *Perkembangan Kecamatan Berbasis Sistem Infrastruktur dan Interaksi Wilayah di Kabupaten Pandeglang*. Tesis, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Indonesia. Diakses dari: <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/105980>
- Zhao, G., Zheng, X., Yuan, Z., & Zhang, L. (2017). Spatial and Temporal Characteristics of Road Networks and Urban Expansion. *Land*, 6(30), 1–19. <https://doi.org/10.3390/land6020030>