

Kajian Model Spasial Tingkat Aksesibilitas Sarana Pendidikan terhadap Nilai Indeks Pembangunan Manusia berdasarkan Faktor Pendidikan dan Ekonomi di Kabupaten Brebes

A Study of the Spatial Accessibility Model of Educational Facilities in Relation to Human Development Index Values Based on Education and Economic Factors in Brebes Regency

Irham Annafi Kishandoko¹, Crismon Alfajri Agus Pratama², Jasmine Akhiru Ramadhanti³

^{1,2,3} Universitas Diponegoro, Indonesia

Penulis Korespondensi

Irham Annafi Kishandoko
irhamannafi@gmail.com

Histori Artikel

Diajukan: 15 April 2025
Revisi Akhir: 13 Juni 2025
Disetujui: 20 Juni 2025
Terbit: 30 Juni 2025

Abstrak

Kabupaten Brebes menjadi salah satu wilayah di Jawa Tengah dengan capaian IPM terendah selama 10 tahun terakhir. Kemudian di tahun 2024, IPM Kabupaten Brebes mengalami kenaikan. Kenaikan nilai IPM tidak merata pada ketiga dimensi IPM, hanya dimensi kesehatan yang mengalami kenaikan cukup signifikan, sementara itu kenaikan di dimensi pendidikan dan ekonomi relatif lebih rendah. Diketahui, Kabupaten Brebes masih mengalami berbagai permasalahan dalam melangsungkan pembangunan sektor pendidikan dan ekonominya. Permasalahan tersebut secara umum memperlihatkan ketimpangan pembangunan di Kabupaten Brebes, sehingga akses masyarakat terhambat dan cenderung mengalami ketertinggalan. Penelitian ini bertujuan untuk memahami bagaimana faktor-faktor dari dimensi pendidikan dan ekonomi saling berkaitan terhadap nilai IPM Kabupaten Brebes dalam konteks spasial. Penelitian ini menggunakan metode analisis spasial berupa analisis jangkauan pelayanan, analisis tutupan lahan, serta analisis persebaran dan perkembangan aktivitas perekonomian; serta analisis statistik berupa korelasi pearson. Dari penelitian ini didapatkan bahwa tingkat aksesibilitas sarana pendidikan SLTA Kabupaten Brebes tahun 2024 tergolong cukup baik karena didominasi oleh tingkat aksesibilitas dengan luas kategori sedang sebesar 51,6%. Tingkat aksesibilitas sarana pendidikan SLTA juga memiliki korelasi terhadap nilai IPM karena hasil signifikansi lebih kecil dari 0.05.

Kata Kunci

Model Spasial; IPM; Sarana Pendidikan; SLTA; Kabupaten Brebes

Abstract

Brebes Regency is one of the regions in Central Java with the lowest Human Development Index (HDI) achievement over the past ten years. However, in 2024, the HDI of Brebes Regency has increased. This increase, however, is not evenly distributed across the three HDI dimensions—only the health dimension has shown a significant rise, while the education and economic dimensions have experienced relatively lower growth. It is known that Brebes Regency still faces various challenges in developing its education and economic sectors. These issues generally indicate development disparities within Brebes Regency, which hinder public access and tend to result in lagging behind. This study aims to understand how the factors within the education and economic dimensions are interrelated with the HDI value of Brebes Regency in a spatial context. The study employs spatial analysis methods, including service area analysis, land use analysis, as well as distribution and development analysis of economic activities; and statistical analysis in the form of Pearson correlation. The study found that the accessibility level of senior high school (SLTA) educational facilities in Brebes Regency in 2024 is considered fairly good, as it is predominantly characterized by a medium accessibility category, covering 51.6% of the area. The accessibility level of SLTA educational facilities also shows a correlation with the Human Development Index (HDI) value, as indicated by a significance result of less than 0.05.

Keywords

Spatial Modelling; HDI; Education Facilities; Higher Education; Brebes Regency

1. Pendahuluan

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) didefinisikan sebagai alat pengukuran untuk menilai perbandingan dan keberhasilan antara pembangunan dengan kesejahteraan manusia. IPM disusun oleh UNDP sejak tahun 1990 dalam skala negara, mulanya untuk menentukan peringkat serta level dari pembangunan negara (Klugman *et al.*, 2011; Kusumandari & Nugroho, 2015). IPM tahun 1990 memiliki tiga dimensi indeks, yaitu umur panjang dan hidup sehat, pengetahuan, serta standar hidup layak. Adapun indikator yang digunakan untuk mewakili ketiga dimensi antara lain umur harapan hidup saat lahir, angka melek huruf, angka partisipasi kasar, serta produk domestik bruto per kapita. UNDP melakukan pembaruan secara berkala terkait perhitungan IPM. Dalam pembaruan terakhir di tahun 2010, terdapat perubahan indikator yang digunakan. Indikator angka melek huruf dan angka partisipasi kasar diubah menjadi rata-rata lama sekolah dan harapan lama sekolah. Kemudian produk domestik bruto per kapita diubah menjadi produk nasional bruto per kapita (Badan Pusat Statistik, 2019).

Indonesia mengalami peningkatan IPM secara berkala dari tahun 2020-2024, dengan rata-rata kenaikan sebesar 0,75% setiap tahunnya. Meskipun terus meningkat, kenaikan nilai IPM tersebut masih dalam kategori sedang, dan peningkatan IPM masih menjadi pekerjaan rumah bagi pemerintah untuk terus didongkrak. Di tahun 2024, IPM Indonesia mencapai nilai 75,02. Nilai tersebut mengalami peningkatan 0,63 poin atau 0,85% dari tahun sebelumnya. Jika dibandingkan dengan negara-negara di dunia, Indonesia berada di peringkat ke 112 dari 195 negara. Di Asia, Indonesia berada di peringkat 18 dari 48 negara. Di ASEAN, Indonesia berada di peringkat 6 dari 11 negara. Dari peringkat tersebut, dapat diketahui bahwa IPM Indonesia masih cenderung rendah dan tertinggal (Sodiq, 2024).

Provinsi Jawa Tengah mencapai IPM sebesar 73,87 di tahun 2024. Nilai tersebut mengalami peningkatan dari tahun sebelumnya sebesar 0,48 poin. Dalam 10 tahun terakhir, IPM Jawa Tengah cenderung mengalami peningkatan yang stabil dan berada di status IPM tinggi. Meskipun begitu, IPM Jawa Tengah masih berada di bawah rata-rata nilai IPM Indonesia. Jika dibandingkan dengan provinsi lainnya di Indonesia, Jawa Tengah

berada di peringkat 18 dari 38 provinsi (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, 2024).

Kabupaten Brebes adalah salah satu wilayah di Jawa Tengah yang memiliki capaian IPM rendah. Dalam rentang tahun 2014-2023, IPM Kabupaten Brebes menjadi yang terendah di antara 29 kabupaten dan 6 kota di Provinsi Jawa Tengah. Namun, Kabupaten Brebes berhasil mengalami peningkatan IPM di tahun 2024 dari angka 67,95 di tahun 2023 menjadi 70,18. Peningkatan tersebut cukup drastis, Kabupaten Brebes berhasil naik dua tingkat dari posisi sebelumnya. Capaian tersebut mengindikasikan adanya perbaikan pembangunan yang dilakukan, meskipun belum optimal. Nilai IPM Kabupaten Brebes masih termasuk rendah jika dibandingkan dengan kabupaten kota lainnya di Jawa Tengah, yang mencerminkan masih adanya permasalahan mendasar terutama dalam dimensi IPM.

Nilai IPM yang relatif rendah menunjukkan adanya pelaksanaan pembangunan yang belum optimal, terkhusus di dimensi yang menjadi indikator IPM yaitu kesehatan (umur panjang dan hidup sehat), pendidikan (pengetahuan), dan ekonomi (standar hidup layak). Dalam konteks Kabupaten Brebes, dimensi kesehatan mengalami peningkatan yang cukup signifikan, sementara itu dimensi pendidikan dan ekonomi cenderung mengalami peningkatan yang lebih rendah. Hal ini yang mendasari perlunya perhatian lebih terhadap dimensi pendidikan dan ekonomi di Kabupaten Brebes.

Permasalahan dimensi pendidikan di Kabupaten Brebes tidak jauh dari permasalahan yang umum ditemui di Indonesia. Permasalahan tersebut berupa keterbatasan akses pendidikan, kualitas pendidikan, serta persebaran infrastruktur penunjang pendidikan (Samala *et al.*, 2024). Kabupaten Brebes mengalami kesenjangan akses pendidikan yang cukup besar, terutama jika dibandingkan akses di kawasan perkotaan dengan kawasan perdesaan dan terpencil. Kawasan perkotaan cenderung memiliki akses kepada pendidikan yang lebih besar daripada perdesaan. Begitu juga dengan kelengkapan fasilitas pendidikan dan kualitas pendidikan, terdapat gap yang cukup signifikan di antara keduanya. Kualitas pendidikan ditunjang oleh kualifikasi dan kompetensi guru, anggaran pendidikan, serta

infrastruktur pendidikan seperti ruang kelas dan sarana belajar lainnya.

Selain permasalahan ketersediaan fasilitas pendidikan yang kurang merata, permasalahan lain yang dapat diidentifikasi adalah tingginya angka putus sekolah dan anak yang tidak sekolah. Berdasarkan Rapor Pendidikan Indonesia Tahun 2024, angka partisipasi sekolah anak-anak umur 7-15 tahun berada pada kategori tinggi. Sementara itu angka partisipasi sekolah anak-anak umur 16-18 tahun berada pada kategori rendah. Hal ini menunjukkan bahwa partisipasi masyarakat di pendidikan menengah atas masih rendah ([BSKAP Kemdikbud, 2024](#)). Rendahnya partisipasi masyarakat dalam pendidikan ini salah satunya dilatarbelakangi oleh kemampuan ekonomi masyarakat Kabupaten Brebes.

Permasalahan dimensi ekonomi yang dihadapi masyarakat Kabupaten Brebes secara umum adalah terkait kemiskinan. Kabupaten Brebes menjadi salah satu dari tiga kabupaten/kota dengan tingkat kemiskinan tertinggi di Provinsi Jawa Tengah. Di tahun 2024, tingkat kemiskinan Kabupaten Brebes adalah sebesar 15,6% dengan jumlah penduduk miskin sebanyak 283 ribu jiwa. Secara umum, tingginya kemiskinan didorong oleh faktor pendapatan perkapita yang rendah dan tingkat pengangguran yang tinggi. Berdasarkan data BPS, PDRB per kapita Kabupaten Brebes dengan nominal sekitar Rp18 juta/kapita/tahun termasuk dalam kategori pendapatan terendah di Provinsi Jawa Tengah. Provinsi Jawa Tengah sendiri memiliki nominal PDRB per kapita di angka sekitar Rp47 juta/kapita/tahun. Dilihat dari nominal tersebut, pendapatan Kabupaten Brebes masih sangat jauh di bawah rata-rata. Ketimpangan pendapatan tersebut disebabkan oleh faktor sektor ekonomi yang berbeda di daerah perdesaan dan perkotaan, Kabupaten Brebes yang didominasi daerah perdesaan memiliki sektor ekonomi utama berupa pertanian dan informal.

Selain faktor pendapatan, pengeluaran per kapita Kabupaten Brebes juga masih berada di bawah rata-rata Provinsi Jawa Tengah. Berdasarkan data BPS tahun 2024, rata-rata pengeluaran per kapita Provinsi Jawa Tengah berada di sekitar nominal Rp12 juta/orang/tahun, sementara Kabupaten Brebes di sekitar Rp11 juta/orang/tahun. Pengeluaran per kapita di Provinsi Jawa Tengah juga menunjukkan ketimpangan yang

signifikan di antara daerah perkotaan dan perdesaannya, menunjukkan bahwa ketimpangan ekonomi yang terjadi masih sangat besar. Di samping itu, tingkat pengangguran Kabupaten Brebes di tahun 2024, yaitu sebesar 8,35%, masih menjadi posisi tingkat pengangguran tertinggi di Provinsi Jawa Tengah.

Permasalahan ekonomi seperti yang sudah dijelaskan tersebut menunjukkan bahwa kualitas hidup masyarakat Kabupaten Brebes masih rendah. Kondisi tersebut tidak hanya berdampak pada perhitungan dimensi ekonomi IPM, tetapi juga mempengaruhi perhitungan dimensi lainnya. Dalam konteks dimensi pendidikan, tingkat perekonomian masyarakat akan berpengaruh pada keputusan untuk memprioritaskan pendidikan anak dalam rumah tangga. Umumnya, keluarga dengan tingkat perekonomian rendah lebih memprioritaskan pemenuhan kebutuhan hidup sehari-hari dibandingkan pendidikan anak-anaknya. Penelitian [Burlacu et al. \(2023\)](#) menunjukkan bahwa masyarakat masih memilih pemenuhan kebutuhan sehari-hari dibandingkan pemenuhan kebutuhan pendidikan anak-anak bahkan ketika sudah diberikan bantuan subsidi oleh pemerintah.

Capaian IPM Kabupaten Brebes yang rendah berkaitan antara masalah pendidikan dan ekonomi yang tidak bisa dipisahkan. Permasalahan tersebut tidak cukup untuk dipahami secara statistik, tetapi juga perlu dipahami distribusi spasial antar wilayahnya. Ketimpangan antar wilayah yang terjadi mempengaruhi ketercapaian dimensi pendidikan dalam perhitungan IPM.

Kabupaten Brebes memiliki karakteristik wilayah yang didominasi oleh pedesaan. Hal ini menyebabkan isu keterjangkauan pendidikan secara spasial semakin terlihat. Ketimpangan akses pendidikan antara kawasan perkotaan dan perdesaan pinggiran di Kabupaten Brebes berpotensi mempengaruhi angka partisipasi sekolah yang kemudian menyebabkan rendahnya perhitungan dimensi pendidikan IPM. Selain itu, faktor ekonomi seperti tingkat kemiskinan, sebaran pusat kegiatan ekonomi, serta besarnya pendapatan dan pengeluaran masyarakat juga mempengaruhi kemampuan masyarakat untuk mengakses pendidikan.

Hal tersebut juga dijelaskan oleh [Utami et al. \(2025\)](#) dan [Fradani et al. \(2025\)](#) dalam penelitian terkait faktor-faktor pendorong nilai IPM. Di Provinsi Jawa Barat,

faktor ekonomi seperti pengeluaran per kapita berpengaruh signifikan terhadap IPM, sementara itu jumlah infrastruktur pendidikan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap IPM (Utami *et al.*, 2025). Kemudian di Provinsi Lampung, pengeluaran pemerintah di sektor pendidikan berpengaruh terhadap IPM (Ramadanisa & Triwahyuningtyas, 2022). Begitu juga di Provinsi Riau, tingkat kemiskinan secara signifikan berpengaruh negatif terhadap IPM dan rata-rata lama sekolah berpengaruh signifikan terhadap IPM (Fradani *et al.*, 2025). Penelitian di ketiga wilayah tersebut dilakukan dengan menggunakan metode analisis regresi linear berganda.

Dari ketiga penelitian tersebut baru diketahui faktor-faktor pendidikan dan ekonomi yang mempengaruhi nilai IPM suatu wilayah secara kuantitatif. Analisis secara spasial diperlukan untuk memahami bagaimana faktor-faktor tersebut dapat saling berkaitan dan berkontribusi terhadap nilai IPM. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui model spasial pengaruh tingkat aksesibilitas sarana pendidikan terhadap nilai IPM berdasarkan faktor pendidikan dan ekonomi di Kabupaten Brebes. Pemahaman spasial terkait permasalahan ini penting untuk pengambilan keputusan, terutama dalam upaya peningkatan akses pendidikan yang lebih merata dan lebih inklusif di Kabupaten Brebes.

2. Metode

Studi terkait pembangunan manusia khususnya pada dimensi pendidikan Kabupaten Brebes dalam penelitian ini dikaji melalui pendekatan kuantitatif dengan teknik statistik dan teknik spasial. Kedua teknik analisis tersebut bertujuan untuk menggambarkan fenomena makro pada objek penelitian yang merupakan wilayah administratif Kabupaten Brebes. Teknik analisis statistik memiliki kedudukan untuk menggambarkan hubungan variabel pendidikan dan perekonomian melalui teknik matematis. Namun, teknik analisis statistik ini tentunya tidak menggambarkan wilayah sub-regional secara spesifik dikarenakan data yang digunakan bersifat agregat atau data makro. Oleh karena itu, analisis statistik yang digunakan dalam penelitian ini akan disempurnakan melalui analisis data spasial untuk memperkuat argumentasi fenomena pembangunan manusia khususnya pada dimensi pendidikan di Kabupaten

Brebes. Kedua analisis ini pada akhirnya saling melengkapi dan memberikan sintesis baru terhadap kondisi pendidikan Kabupaten Brebes dan bagaimana hubungannya dengan pembangunan kualitas sumbar daya manusia di wilayah tersebut.

2.1. Analisis Data Spasial

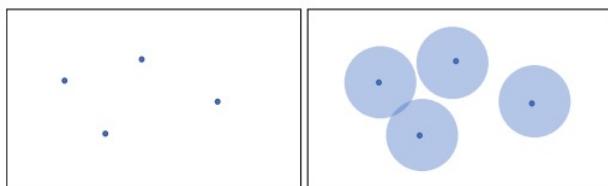
Analisis data spasial merupakan metode analisis yang melibatkan referensi keruangan pada setiap data yang akan digunakan (Susilo *et al.*, 2021). Analisis data spasial secara umum mampu menjabarkan fenomena dengan lebih baik melalui klasifikasi ruang. Dengan demikian, analisis spasial dapat membentuk komparasi antar wilayah mikro terkait fenomena yang dikaji dalam penelitian.

Analisis data spasial dalam studi ini berfokus pada interpretasi kondisi keruangan mengenai kondisi pendidikan dan kondisi perekonomian di Kabupaten Brebes sebagai objek analisis. Analisis data spasial yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan tiga teknik yakni buffer analysis untuk memaparkan jangkauan pelayanan fasilitas pendidikan, *Random Forest Classification* untuk menganalisis tutupan lahan Kabupaten Brebes dan *Stepwise Calibration Night Time Light* (NTL) untuk menunjukkan kondisi perekonomian wilayah melalui frekuensi gelombang cahaya malam sebagai salah satu variabel sentral. Analisis data spasial pada penelitian ini memiliki keluaran berbentuk peta yang selanjutnya akan diperkuat melalui analisis korelasi *Pearson* terkait hubungan antara kondisi pendidikan dan perekonomian masyarakat Kabupaten Brebes terhadap dimensi pendidikan pembangunan manusia di wilayah tersebut.

2.1.1. Analisis Jangkauan Pelayanan (Buffer Analysis)

Jangkauan pelayanan merupakan studi keruangan yang bertujuan untuk mengukur sejauh apa kemampuan suatu fasilitas atau objek ruang mampu diakses oleh penduduk berdasarkan standar yang telah ditetapkan (Pratama & Nasution, 2024). Dalam konsepnya, analisis jangkauan pelayanan mengintegrasikan data spasial berupa lokasi objek yang diukur dan data statistik berupa kemampuan akses dan jarak jangkauan sehingga mampu memberikan gambaran zona-zona pelayanan fasilitas di dalamnya (Muin & Rakuasa, 2023). Analisis jangkauan

pelayanan dalam penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan kondisi akses fasilitas pendidikan sebagai salah satu variabel sentral dalam studi ini. Dengan demikian, keluaran hasil model spasial pada sub pembahasan ini menunjukkan sejauh apa fasilitas SMA eksisting di Kabupaten Brebes mampu melayani jumlah penduduk usia sekolah berdasarkan wilayah sub-regionalnya.

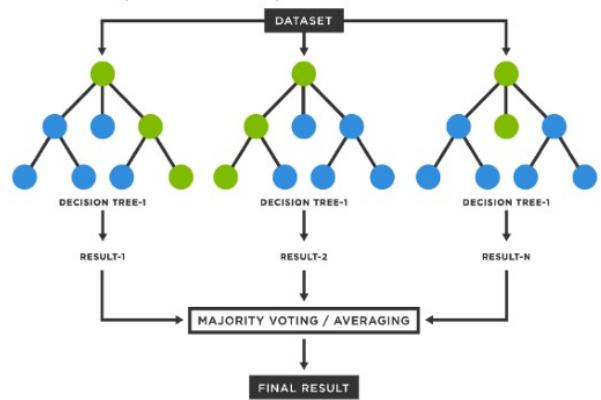


Gambar 1. Simulasi Buffer Analysis (Rizal & Syaibana, 2022).

Teknik spasial yang digunakan dalam analisis ini adalah pendekatan *buffer analysis* dengan menggunakan aplikasi *Geographic Information System* (GIS) yakni Q-GIS. *Buffer analysis* adalah teknik spasial yang berfungsi untuk menggambarkan area penyangga suatu objek. Dalam studi ini, objek yang akan dianalisis menggunakan teknik *buffer* adalah titik lokasi fasilitas Sekolah Menengah Atas yang diidentifikasi melalui citra Google Earth. Untuk membentuk model zona jangkauan, maka diberikanlah standarisasi jangkauan fasilitas SMA yang bersumber dari SNI 03-1733-2004 tentang Perencanaan Lingkungan yang menetapkan area jangkauan pelayanan SMA pada radius 3.000 m². Penetapan panjang radius ini didasarkan pada kemampuan dan kemudahan akses pendidikan oleh peserta didik yang diukur melalui variabel jarak. Sejalan dengan justifikasi tersebut, studi oleh [Perdana \(2015\)](#) yang menemukan bahwa faktor jarak merupakan salah satu ukuran dalam menentukan tingkat aksesibilitas layanan pendidikan. Studi tersebut menunjukkan bahwa jarak maksimal SMA untuk dapat masuk dalam kategori aksesibilitas tinggi memiliki jarak tidak lebih dari 3.7 km. Lebih lanjut, hasil analisis *buffer* akan menggambarkan zona-zona pelayanan yang disusun melalui mekanisme komputasi seperti Gambar 1 ([Rizal & Syaibana, 2022](#)). Dengan demikian, hasil analisis tersebut dapat menginterpretasikan wilayah yang belum maupun yang sudah terlayani oleh fasilitas SMA di Kabupaten Brebes.

2.1.2. Analisis Tutupan Lahan (*Random Forest Supervised Classification*)

Random Forest Classification merupakan salah satu bagian dari kelompok *Supervised Classification*. *Supervised Classification* dalam studi berbasis GIS merupakan mekanisme klasifikasi ruang yang membutuhkan sampel ruang sebelum data citra ditransformasikan menjadi kelas-kelas tutupan lahan ([Pratama & Nasution, 2024](#)). Sementara itu, *Random Forest Classification* adalah bagian dari metode *Supervised Classification* yang menggunakan *machine learning* dengan mekanisme *ensemble learning* untuk menggabungkan beberapa pohon keputusan sehingga membuat prediksi tutupan lahan yang lebih baik ([Aisyah et al., 2021](#)). *Random Forest* menyusun klasifikasi tutupan lahan berdasarkan sampel spektrum warna yang diambil dari basis data citra yang akan dianalisis ([Danar & Wahyu, 2019](#)). Dengan demikian, klasifikasi ini akan membagi kelas tutupan lahan berdasarkan kemiripan spektrum warna pada masing-masing pixel data dalam citra satelit.



Gambar 2. Diagram Random Forest ([Aisyah et al., 2021](#)).

Pemilihan jumlah sampel pada random forest classification ini didasarkan pada formulasi Slovin dengan menggunakan basis populasi yang berasal dari nilai Grid Kabupaten Brebes sebesar 145 satuan jumlah. Lebih lanjut, untuk menjaga keabsahan penelitian, formulasi Slovin yang dilakukan akan memilih koefisien margin of error sebesar 5%. Dengan demikian, hasil perhitungan mendapatkan bahwa sampel minimal yang digunakan dalam penelitian ini yakni sebesar 103 grid. Berikut formulasi perhitungan sampel menggunakan pendekatan Slovin:

$$n = \frac{N}{1 + (N(e)^{(2)})}$$

Keterangan:

n : Jumlah Sampel

N : Total Populasi (145 Grid)

e : Margin of Error (5%)

Pasca penetapan jumlah sampel, pengumpulan sampel dalam studi ini menggunakan pendekatan *stratified random sampling* dengan mengumpulkan jumlah sampel berdasarkan proporsi kelas terhadap total populasi (Triyono & Febriani, 2018). Dalam studi ini akan ditetapkan dua kelas utama hasil klasifikasi yakni lahan terbangun dan non terbangun. Adapun penetapan sampel dalam studi ini terdiri dari (xxx) sampel lahan terbangun dan (xxx) sampel lahan non terbangun. Berikut formulasi yang digunakan dalam penetapan jumlah sampel sesuai strata klasifikasi.

$$na = \frac{nb}{N} \cdot n$$

Keterangan:

na : proporsi sampel kelas a

nb : total stratum populasi

N : total populasi

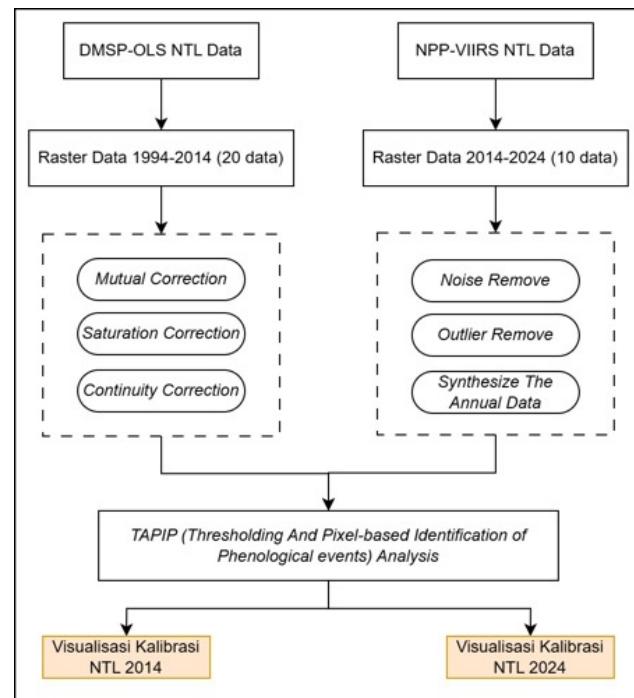
n : total sampel (Perhitungan slovin)

Dalam studi ini, *Random Forest Classification* bertujuan untuk menentukan lahan terbangun dan non terbangun untuk menjadi data pendukung dalam analisis jangkauan pelayanan. Visualisasi hasil analisis ini disajikan dengan batas administrasi pada tingkat kecamatan sehingga dapat ditinjau wilayah mana yang memiliki intensitas lahan terbangun yang padat. Lebih lanjut, interpretasi hasil klasifikasi ini memungkinkan adanya wilayah kecamatan yang tidak terlayani layanan pendidikan tingkat menengah atas, namun memiliki intensitas lahan terbangun yang tinggi dan memungkinkan menjadi salah satu penyebab rendahnya nilai IPM di Kabupaten Brebes khususnya pada dimensi pendidikan.

2.1.3. Analisis Persebaran dan Perkembangan Aktivitas Perekonomian (*Stepwise Calibration Night Time Light*)

Night Time Light atau cahaya malam perkotaan merupakan salah satu indikator perkembangan

ekonomi. Secara umum, semakin terang cahaya suatu wilayah perkotaan yang diamati melalui data spasial, maka semakin tinggi tingkat urbanisasi yang memungkinkan masifnya kegiatan ekonomi di wilayah tersebut (Yong et al., 2022). Fenomena ini tentunya juga dapat digunakan untuk meninjau perkembangan ekonomi atau nilai output ekonomi (PDB) melalui potensi aglomerasi di suatu wilayah (Afrianto, 2022).



Gambar 3. Proses NTL Calibration (Sumber: Diadopsi dari Yong et al., 2022).

Data NTL yang digunakan dalam analisis ini terdiri dari dua jenis sumber data yakni *Defense Meteorological Satellite Program* (DMSP-OLS) dan *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS-DNB). Kedua data citra dalam analisis ini digunakan untuk menunjukkan intensitas radiasi pada cahaya malam wilayah Kabupaten Brebes pada dua periode yakni 1994-2014 (DMSP-OLS) dan 2014-2024 (VIIRS-DNB) sehingga sasaran ini akan menampilkan bagaimana korelasi perekonomian pada wilayah sub regional di Kabupaten Brebes dalam dua klasifikasi waktu yang selanjutnya disandingkan dengan perkembangan kualitas dimensi pendidikan di wilayah tersebut.

Untuk mengelola kedua data tersebut, teknik analisis spasial yang digunakan adalah NTL *Calibration* yang secara spesifik menggunakan metode *Thresholding and*

Tabel 1. Daftar Variabel yang Dianalisis

No	Variabel	Sub-Variabel	Bentuk Data
1	Pendidikan	Jumlah Sekolah SLTA (Sekolah Lanjut Tingkat Atas)	Time Series 2015-2024
2	Ekonomi	Angka Kemiskinan	Time Series 2015-2024
3	Ekonomi	Jumlah Penduduk Miskin	Time Series 2015-2024
4	Ekonomi	Laju Pertumbuhan Ekonomi	Time Series 2015-2024
5	Ekonomi	Pengeluaran Per Kapita	Time Series 2015-2024
6	Output Pembangunan Manusia	Indeks Pembangunan Manusia (IPM)	Time Series 2015-2024
7	Output Pembangunan Manusia	Harapan Lama Sekolah (HLS)	Time Series 2015-2024
8	Output Pembangunan Manusia	Rata-Rata Lama Sekolah (RLS)	Time Series 2015-2024

Sumber: Hasil Identifikasi Penulis, 2025.

Pixel-based Identification of Phenological events (TAPIP). Metode NTL Calibration adalah proses penyesuaian data cahaya malam untuk mengatasi kesalahan sistemik seperti *over* estimasi maupun *under* estimasi yang disebabkan oleh berbagai faktor (Li & Zhou, 2017). Proses kalibrasi NTL yang dipaparkan oleh gambar 3 memiliki tiga fungsi utama yakni meningkatkan akurasi data, meningkatkan konsistensi temporal hasil visualisasi dan memungkinkan analisis mendalam dan akurat (Yong et al., 2022). Dengan demikian, metode spasial ini mampu menunjukkan fenomena perkembangan ekonomi Kabupaten Brebes sebagai salah satu variabel sentral yang berhubungan langsung dengan kualitas pendidikan di wilayah tersebut.

2.2. Analisis Korelasi Pearson

Analisis korelasi merupakan studi statistik melalui pendekatan asosiasi untuk menilai sejauh apa hubungan dua fenomena atau data (Cohen, 1988; Sedgwick, 2012). Dalam studi ini, analisis korelasi dilakukan untuk memahami bagaimana asosiasi antara variabel pendidikan dan perekonomian terhadap output kualitas sumber daya manusia khususnya pada dimensi pendidikan (lihat Tabel 1).

Untuk memahami hubungan antara variabel pendidikan dan ekonomi terhadap perkembangan dimensi pendidikan IPM Kabupaten Brebes, studi ini memilih analisis statistik korelasi Pearson sebagai metode uji olah data statistik tersebut. *Pearson's Correlation* sendiri ditemukan oleh Karl Pearson, seorang statistikawan kebangsaan Britania Raya. Analisis korelasi Pearson merupakan salah satu teknik analisis korelasi

yang masih eksis dan terus digunakan hingga saat ini bersama dengan teknik analisis korelasi lainnya seperti Kendall's, Spearman dan lain sebagainya. Dalam beberapa dekade, analisis korelasi Pearson telah mengalami penyempurnaan dan menghasilkan formulasi akhir sebagai berikut (Chok, 2010):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n ((x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Keterangan:

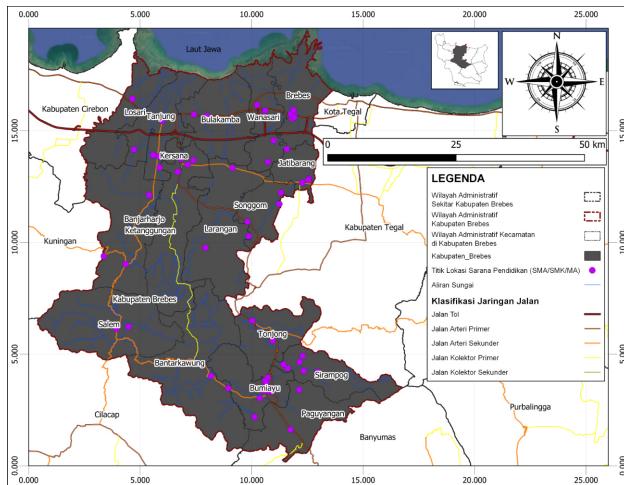
r: Pearson's Correlation

n: Jumlah Sampel

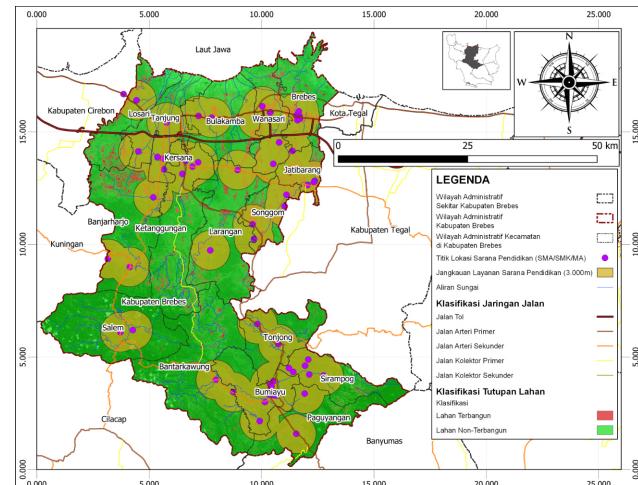
x: Variabel ekonomi dan pendidikan

y: Variabel Output Pembangunan Manusia

Teknik analisis korelasi Pearson merupakan metode statistik analisis bivariat. Artinya, analisis korelasi ini hanya digunakan untuk mengasosiasikan dua variabel. Untuk meninjau kekuatan hubungan fenomena pembangunan manusia di Kabupaten Brebes, analisis ini mengikuti standar hipotesis korelasi Pearson yakni melalui nilai koefisien Pearson (r) maupun nilai *Sig. (2 Tailed)*. Pada indikator r, hasil analisis diharuskan untuk membandingkan nilai koefisien kalkulasi dengan standarisasi nilai koefisien Pearson yang ditinjau melalui jumlah sampel. Melalui indikator ini, kedua variabel memiliki hubungan kuat apabila r kalkulasi $>$ r standarisasi. Selain itu, studi lain juga menjabarkan klasifikasi kekuatan korelasi melalui nilai r yang dibagi menjadi lima kelas yakni hubungan sangat lemah ($0.00 < r < 0.199$), lemah ($0.20 < r < 0.399$), sedang ($0.40 < r < 0.599$), kuat ($0.60 < r < 0.799$) dan sangat kuat ($0.80 < r < 1.000$) (Jabnabillah & Margina, 2022). Sementara itu,



Gambar 4. Peta Sebaran Sarana Pendidikan SLTA di Kabupaten Brebes Tahun 2024 (Sumber: BPS diolah dengan QGIS, 2025).



Gambar 5. Peta Tutupan Lahan Kabupaten Brebes Tahun 2024 (Sumber: Data diolah dengan QGIS, 2025).

indikator *sig.* digunakan untuk meninjau hubungan dua variabel melalui standarisasi *margin of error*. Hasil analisis korelasi *Pearson* dapat dikatakan berhubungan bila nilai *Sig. < 0.05 (5%)* (Sirtama, 2021).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Model Sarana Pendidikan Kabupaten Brebes Tahun 2024

Model sarana pendidikan Kabupaten Brebes 2024 dihasilkan dengan melalui analisis spasial. Penggunaan analisis spasial ini menggunakan alat perangkat QGIS (Chan, 2011). Penggunaan data spasial berasal dari data citra satelit dari proses penginderaan jauh. Pemrosesan tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nurhidayati *et al.* (2017) tentang tutupan lahan, serta Chen & Nordhaus (2015) yang menghasilkan model tutupan lahan untuk merepresentasikan kondisi eksisting permukaan bumi.

3.1.1. Persebaran Sarana Pendidikan Kabupaten Brebes Tahun 2024

Berdasarkan identifikasi sarana pendidikan SLTA yang dilakukan melalui Google Earth atau Google Maps dan sudah disesuaikan data Badan Pusat Statistika (BPS) Kabupaten Brebes tahun 2024, Kabupaten Brebes memiliki total 65 SLTA (SMA/sederajat). Persebaran SLTA pada Gambar 4 sudah termasuk dari seluruh jenis SLTA, meliputi SMA (Sekolah Menengah Atas), SMK (Sekolah Menengah Kejuruan), dan MA (Madrasah Aliyah) baik dari negeri maupun swasta. Kecamatan

Brebes memiliki jumlah sarana pendidikan SLTA negeri paling banyak, sedangkan Kecamatan Bumiayu memiliki jumlah SLTA swasta paling banyak daripada kecamatan lainnya sesuai dengan Gambar 4.

Rincian jumlah SLTA tersebut sudah disesuaikan dengan observasi berdasarkan Google Earth dan Google Maps yang terdiri dari SMA/SMK/MA negeri maupun swasta. Validasi melalui observasi tersebut sesuai dengan penelitian Marlina *et al.* (2021).

3.1.2. Kondisi Tutupan Lahan Kabupaten Brebes Tahun 2024

Hasil model tutupan lahan Kabupaten Brebes dihasilkan dari Analisis Tutupan Lahan menggunakan *Algoritma Random Forest* (Aisyah *et al.*, 2021; Belgu & Drăgu, 2016). Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Aisyah *et al.* (2021), klasifikasi tutupan lahan menggunakan *Supervised Classification* (klasifikasi terbimbing) dengan jumlah titik sampel sebanyak 142 yang terdiri atas 88 lahan terbangun dan 64 lahan non-terbangun. Jumlah titik sampel lahan terbangun lebih banyak karena Kabupaten Brebes didominasi oleh lahan non-terbangun secara keseluruhan. Kondisi tersebut menandakan Kabupaten Brebes lebih didominasi oleh kawasan pedesaan daripada perkotaan sesuai dengan penelitian Destianto & Pigawati (2014). Berdasarkan Gambar 5, lahan terbangun terpusat pada beberapa kecamatan, meliputi Kecamatan Brebes, Jatibarang, Songgom, Wanayasa, Bulakamba, dan Kersana.

Berdasarkan [Tabel 2](#), Kecamatan Larangan memiliki luas lahan terbangun terbesar sebesar 1.238,55 Ha, tetapi tingkat kepadatan lahan terbangun paling besar terdapat pada Kecamatan Jatibarang sebesar 26,7%. Kondisi tersebut menunjukkan tingkat keterbutuhan layanan sarana pendidikan SLTA berada pada Kecamatan Jatibarang karena memiliki kepadatan lahan terbangun paling tinggi. Kondisi tingginya lahan terbangun tersebut menandakan tingginya jumlah penduduk dan aktivitas sosial sesuai dengan Penelitian yang dilakukan oleh [Anggraeni & Sunaryo \(2015\)](#).

Tabel 2. Luas Klasifikasi Tutupan Lahan Kabupaten Brebes Tahun 2024

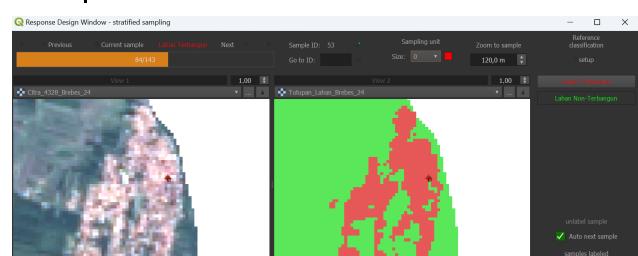
Kecamatan	Luas Klasifikasi Tutupan Lahan			
	Lahan Terbangun		Lahan Non Terbangun	
	Ha	%	Ha	%
Banjarharjo	1272,74	8,0	14613,88	92,0
Bantarkawung	567,36	2,7	20111,51	97,2
Brebes	1045,79	11,9	7737,5	88,0
Bulakamba	972,72	8,4	10617,8	91,6
Bumiayu	413,45	5,1	7670,31	94,9
Jatibarang	987,05	26,7	2705,57	73,2
Kersana	347,69	13,1	2302,34	86,9
Ketanggungan	1231,25	7,9	14316,64	92,1
Larangan	1238,55	7,8	14672,35	92,2
Losari	977,16	11,7	7381,27	88,3
Paguyangan	324,71	3,1	10136,2	96,9
Salem	188,15	1,1	16651,73	98,9
Sirampog	219,41	2,9	7246,1	97,0
Songgom	1163,37	22,1	4100,74	77,9
Tanjung	528,74	7,4	6662,86	92,6
Tonjong	189,59	2,2	8422,35	97,8
Wanasari	965,31	13,3	6315,43	86,7
Total	12633,04	7,2	161664,58	92,8

Sumber: USGS, 2024 (Data Diolah, 2025).

Penelitian ini menghasilkan Uji Validasi sejumlah 143 sampel dari perhitungan otomatis dari *Stratified Random Sampling* melalui *Standard Error* sebesar 0,04 dan Standar Deviasi sebesar 0,65 pada Tutupan Lahan Kabupaten Brebes tahun 2024. Jumlah sampel tersebut berdasarkan hasil algoritma *Random Forest* yang berasal dari 148 digitasi sampel dengan proporsi klasifikasi

Lahan Terbangun sejumlah 54 sampel dan Lahan Non-Terbangun sejumlah 81 sampel.

Hasil Uji Validasi menggunakan *Stratified Random Sampling* melalui observasi lapangan dari hasil tutupan lahan terhadap Citra Satelit Landsat. Penggunaan metode ini sesuai dengan Penelitian Dewa dan lainnya (2023) karena citra satelit merepresentasikan kondisi eksisting lapangan. Hasil perbandingan Uji Validasi Metode *Stratified Random Sampling* antara citra satelit dengan tutupan lahan Kabupaten Brebes tahun 2024 terdapat pada [Gambar 6](#).



Gambar 6. Perbandingan Hasil Uji Validasi Metode Stratified Random Sampling (Sumber: Data diolah dengan QGIS, 2025).

Hasil Uji Validasi Tutupan Lahan Kabupaten Brebes tahun 2024 menunjukkan hasil akurasi keseluruhan sebesar 0,97 dengan standar deviasi sebesar 0,0150. Hasil tersebut dapat dijadikan sebagai bahan penelitian dengan data yang valid karena sesuai dengan penelitian [Mikulane et al. \(2022\)](#). Penelitian Mikulane memiliki nilai akurasi keseluruhan dengan nilai di atas 0,85. Nilai Uji Validasi tersebut juga memiliki kesesuaian lahan dengan kondisi eksisting proporsi wilayah administratif berdasarkan Citra Satelit, meliputi Lahan Terbangun sejumlah 11 sampel dan Lahan Non-Terbangun sejumlah 132 sampel.

Tabel 3. Hasil Uji Validasi

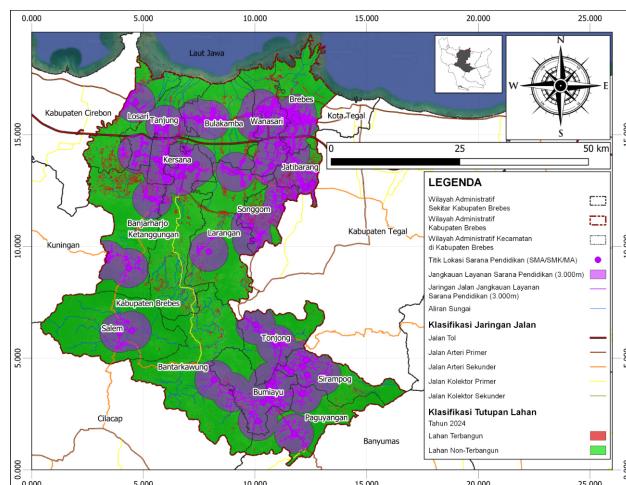
Tabel Hasil Uji Validasi							
	Klasifikasi Tutupan Lahan		Total	Akurasi Pengguna	Standar Deviasi	Total Luas Klasifikasi (Ha)	
	Lahan Terbangun	Lahan Non-Terbangun					
Klasifikasi Tutupan Lahan	9	2	11	0.81818	0.12197	142.239,50	
	3	129	132	0.97727	0.01302	1.601.411,28	
Total	12	131	143			869.922,09	
Akurasi Pembuat	0.74201	0.98535					
Standar Deviasi	0.10023	0.01062					
Akurasi Keseluruhan			0.9655				
Standar Deviasi			0.01506				

Sumber: Hasil Uji Validasi Tutupan Lahan Kabupaten Brebes Tahun 2024 (Sumber: USGS, 2024 diolah, 2025).

Hasil Uji Validasi memiliki nilai *Kappa Cohen* sebesar 0,99. Nilai *Kappa Cohen* tersebut memiliki fungsi untuk mengetahui tingkat konsistensi hasil penelitian sesuai yang dilakukan oleh [Foody \(2020\)](#). Hasil Uji Validasi Tutupan Lahan Kabupaten Brebes tahun 2024 terdapat pada [Tabel 3](#).

3.1.3. Jangkauan Layanan Sarana Pendidikan (SLTA) Kabupaten Brebes Tahun 2024

Dari [Gambar 6](#), persebaran titik lokasi sarana pendidikan SLTA, terdapat 4 kecamatan dengan jumlah dan layanan fasilitas yang tidak terjangkau lahan terbangun secara dominan, meliputi Kecamatan Ketangguhan, Banjarharjo, Losari, dan Bantarkawung. Selain itu, ditinjau berdasarkan dari aspek jaringan jalan, beberapa kecamatan memiliki tingkat aksesibilitas yang rendah karena banyak lahan terbangun yang tidak terjangkau sarana pendidikan, meliputi Kecamatan Ketangguhan, Banjarharjo, dan Losari.



Gambar 7. Peta Jangkauan Layanan Sarana Pendidikan Kabupaten Brebes Tahun (Sumber: USGS, 2024 diolah dengan QGIS, 2025).

Jangkauan layanan pendidikan pada [Gambar 7](#) memiliki radius 3.000 meter sesuai dengan SNI Nomor 3/1733/2004 yang dilakukan penelitian oleh [Pratama & Nasution \(2024\)](#). Jangkauan tersebut sudah masuk batas terdekat/terkecil dari sistem zonasi sesuai Permendikbud Tahun 2021 yang tidak menyatakan spesifik jarak radius. Hasil model jangkauan layanan menggunakan Analisis Multi Ring Buffer melalui QGIS 3.28.13. Akses jaringan jalan dengan klasifikasi di bawah kelas jaringan kolektor juga menjadi faktor tingkat aksesibilitas karena menjadi

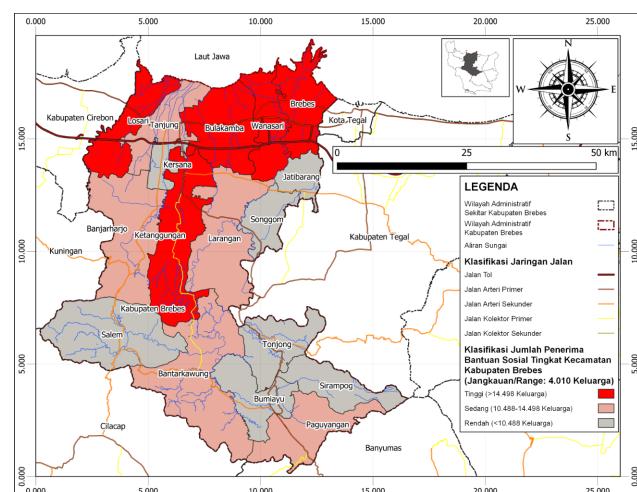
faktor utama akses dalam menjangkau sarana pendidikan.

3.2. Model Perekonomian Kabupaten Brebes

Hasil model perekonomian Brebes ditinjau berdasarkan data primer dan sekunder. Data primer bersumber dari citra Satelit DMSP dan VIIRS yang diolah melalui Metode *Stepwise Calibration Nighttime Light* sesuai dengan penelitian [Li & Zhou \(2017\)](#). Sedangkan data sekunder berasal dari BPS yang dipetakan menggunakan QGIS.

3.2.1. Persebaran Jumlah Penerima Bantuan Sosial (Bansos) Masyarakat Tingkat Kecamatan di Kabupaten Brebes Tahun 2024

Berdasarkan Badan Pusat Statistika (BPS), jumlah penerima bansos Kabupaten Brebes dihitung sesuai keluarga (jumlah kartu keluarga). Kategorisasi tingkat penerima bansos menggunakan perhitungan distribusi frekuensi. Distribusi frekuensi diambil dari jumlah terbesar yang terdapat pada Kecamatan Brebes sejumlah 16.162 KK, sedangkan terendah terdapat pada Kecamatan Sirampog sejumlah 6.478 KK. Dari selisih jumlah tersebut didapatkan rentang nilai yang akan dibagi menjadi tiga kelas klasifikasi, yaitu kelas tinggi, sedang, dan rendah sesuai dengan penelitian [Imansari dan Khadiyanta \(2015\)](#).

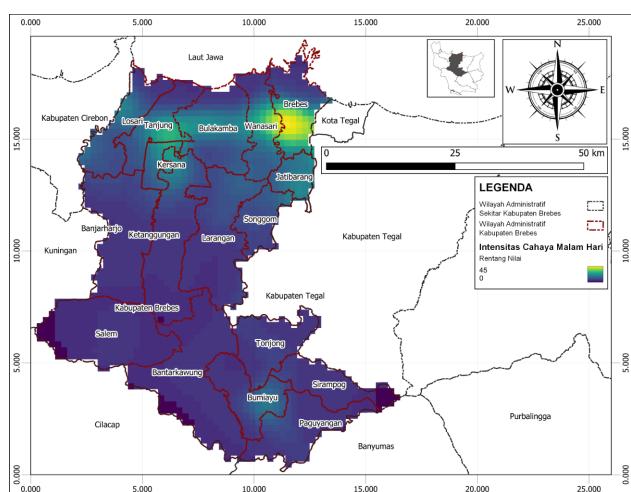


Gambar 8. Peta Persebaran Jumlah Penerima Bansos (Kartu Keluarga) Kabupaten Brebes Tahun 2024 (Sumber: BPS, 2024 diolah dengan QGIS, 2025).

Pada [Gambar 8](#), terdapat beberapa kecamatan memiliki tingkat jumlah penerima bansos cukup tinggi (> 4.489 KK), meliputi Kecamatan Brebes, Bulakamba, Ketangguhan, Losari, dan Wanasari. Padahal, beberapa kecamatan tersebut berada pada pusat pemerintahan Kabupaten Brebes dan jaringan jalan dengan klasifikasi tinggi (jaringan jalan tol dan arteri primer) sesuai dengan penelitian [Arif dan Manullang \(2017\)](#). Namun, Kecamatan Ketangguhan tidak berdekatan dengan kedua faktor tersebut karena hanya memiliki akses jaringan jalan dengan klasifikasi tertinggi berupa jalan kolektor primer dan sekunder sesuai penelitian [Nurcahyo et al. \(2016\)](#).

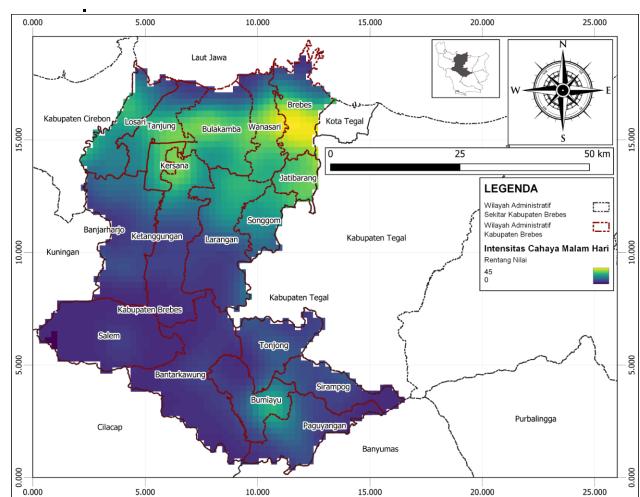
3.2.2. Perubahan *Nighttime Light* (Intensitas Cahaya Malam Hari) Kabupaten Brebes Tahun 2014 dan 2024

Nighttime Light (NTL) dapat merepresentasikan persebaran ekonomi dengan agregasi dari sektor formal, seperti kawasan industri, perdagangan-jasa, permukiman, dan lainnya. Representasi tersebut juga dapat mengetahui perkembangan suatu wilayah dari rentang waktu tertentu sesuai dengan penelitian [Afrianto \(2022\)](#) dan [Zheng \(2022\)](#). Pada [Gambar 3](#), persebaran ekonomi hanya terpusat pada Kecamatan Brebes dengan memiliki nilai NTL sebesar 45 dibandingkan kecamatan lainnya. Kondisi tersebut terjadi disebabkan oleh berbatasan secara langsung dengan pusat Kota Tegal.



Gambar 9. Peta Intensitas Cahaya Malam Hari (*Nighttime Light*) Kabupaten Brebes Tahun 2014 (Sumber: NASA, 2014 diolah dengan QGIS, 2025).

Berdasarkan [Gambar 9](#), perkembangan wilayah menyebar dari pusat NTL pada Kecamatan Brebes menuju Kecamatan Jatibarang yang berbatasan secara langsung dari tahun 2014 Sesuai dengan penelitian [Zhang dan Li \(2018\)](#). Selain itu, terdapat pusat pertumbuhan wilayah lainnya yang tidak berbatasan secara langsung, yaitu Kecamatan Kersana dan Bumiayu. Kedua kecamatan tersebut memiliki fenomena perkembangan ekonomi yang tidak dominan terdampak dari ekonomi sekitarnya pada Kecamatan Jatibarang sesuai dengan penelitian [Chen dan Nordhaus \(2015\)](#).



Gambar 10. Peta Intensitas Cahaya Malam Hari (*Nighttime Light*) Kabupaten Brebes Tahun 2014 (Sumber: NASA, 2024 diolah dengan QGIS, 2025).

Berdasarkan [Gambar 9](#) dan [Gambar 10](#), terdapat beberapa kecamatan yang tidak mengalami perubahan nilai NTL signifikan. Beberapa kecamatan tersebut terdapat pada Kecamatan Bantarkawung, Banjarharjo, Ketangguhan, dan Salem yang berpusat pada sisi selatan Kecamatan Ketangguhan dan timur Kecamatan Salem. Rentang nilai NTL Kabupaten Brebes tahun 2014 dan 2024 juga tidak berubah dengan nilai 0 hingga 45. Kondisi tersebut sesuai dengan Penelitian yang dilakukan oleh [Bennett dan Smith \(2017\)](#) tentang perbedaan dari perkembangan antar wilayah.

3.3. Tingkat Aksesibilitas Sarana Pendidikan Kabupaten Brebes Tahun 2024

Dari dua model spasial sektor pendidikan dan ekonomi Kabupaten Brebes tahun 2024 sebelumnya dijadikan sebagai data untuk mengetahui tingkat aksesibilitas sarana pendidikan. Tingkat aksesibilitas sarana

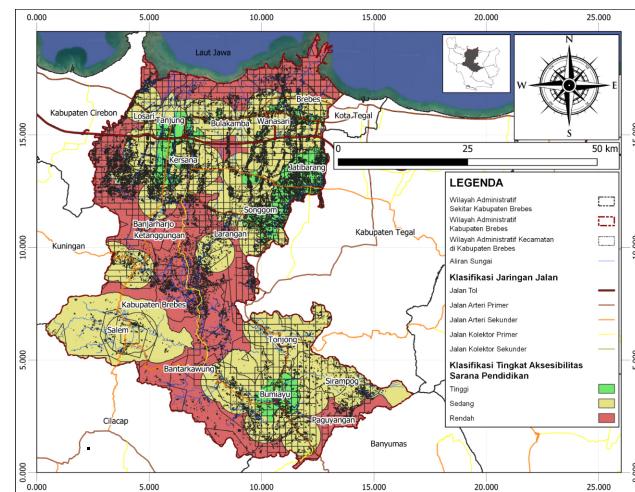
pendidikan tersebut dihasilkan dari Analisis *Weighted Overlay* menggunakan QGIS QGIS 3.28.13. Analisis tersebut memberikan bobot atau nilai dari setiap indikator dengan kategori tertentu sesuai Penelitian [Christina dan Pigawati \(2015\)](#) tentang pembobotan suatu wilayah. Klasifikasi skor tingkat aksesibilitas sarana pendidikan Kabupaten Brebes tahun 2024 sebagai berikut.

Tabel 4. Klasifikasi Skor Tingkat Aksesibilitas Sarana Pendidikan Kabupaten Brebes Tahun 2024

Indikator WO	Klasifikasi	Skor	Kelas
Jangkauan Layanan Sarana Pendidikan dan Tutupan Lahan Kabupaten Brebes Tahun 2024	Tidak terjangkau, Lahan Non-Terbangun, dan Lahan Terbangun	1	Rendah
	Terjangkau dan Lahan Non-Terbangun	2	Sedang
	Terjangkau dan Lahan Terbangun	3	Tinggi
Persebaran Jumlah Penerima Bansos (Jumlah KK) Tingkat Kecamatan Kabupaten Brebes Tahun 2024	Tinggi (> 14.498 Keluarga)	1	Rendah
	Sedang (< 10.488-14.498 Keluarga)	2	Sedang
	Rendah (< 10.488 Keluarga)	3	Tinggi
Tingkat NTL Kabupaten Brebes Tahun 2024	Nilai Rendah (0-19)	1	Rendah
	Nilai Sedang (20-36)	2	Sedang
	Nilai Tinggi (37-56)	3	Tinggi
Tingkat Aksesibilitas Sarana Pendidikan	Akumulasi Nilai Bobot/Skor Setiap Indikator	3 - 4	Rendah
		5 - 7	Sedang
		8 - 9	Tinggi

Sumber: Christina dan Pigawati, 2015.

Dari penentuan bobot setiap indikator menghasilkan total akhir/akumulasi bobot akhir. Pada bobot akhir tersebut menjadi hasil tingkat aksesibilitas sarana pendidikan Kabupaten Brebes. Tingkat aksesibilitas terbagi menjadi tiga kelas, meliputi rendah (3-4), sedang (5-7), dan tinggi (8-9). Pembagian jenis klasifikasi pembobotan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [Rakuasa et al. \(2022\)](#) dengan nilai kecil memiliki kategori rendah. Berdasarkan [Gambar 10](#), tingkat aksesibilitas sarana pendidikan dengan kelas tinggi terdapat pada beberapa kecamatan, meliputi Kecamatan Jatibarang, Songgom, Tanjung, Kersana, dan Bumiayu.



Gambar 11. Peta Tingkat Aksesibilitas Sarana Pendidikan Kabupaten Brebes Tahun 2024 (Sumber: USGS, 2024; NASA, 2024; BPS, 2024; Christina dan Pigawati, 2015, diolah dengan QGIS, 2025).

Pada [Tabel 5](#), Kecamatan Songgom memiliki tingkat aksesibilitas sarana pendidikan kelas tinggi paling luas sebesar 3.868,27 Ha, tetapi persentase luas paling besar terdapat pada seluruh Kecamatan Kersana (100%). Terdapat beberapa kecamatan yang tidak memiliki luasan tingkat aksesibilitas sarana pendidikan kelas rendah, yaitu Kecamatan Bumiayu, Jatibarang, Kersana, Salem, Sirampog, Songgom, dan Tonjong. Kondisi tersebut sesuai Penelitian Pratama dan Nasution (2024) yang menyebutkan jangkauan sarana pendidikan mempengaruhi tingkat aksesibilitas sarana pendidikan.

Tingkat aksesibilitas sarana pendidikan kelas rendah paling luas terdapat pada Kecamatan Bantarkawung sebesar 17.448,7 Ha. Selain itu, Kecamatan Bantarkawung juga memiliki persentase luas aksesibilitas sarana pendidikan paling besar sebesar 84,4% daripada kecamatan lainnya. Kondisi dapat ditinjau pada [Tabel 5](#).

3.4. Korelasi Layanan Pendidikan dan Perekonomian terhadap Pembangunan Manusia Kabupaten Brebes

Hasil analisis yang dijabarkan pada [Tabel 6](#) di bawah ini menunjukkan bahwa hampir seluruh sub variabel penelitian memiliki hubungan terhadap peningkatan kualitas hidup masyarakat Kabupaten Brebes. Berdasarkan tabel tersebut, dapat diketahui bahwa rata-rata nilai koefisien signifikansi pana masing-masing hubungan antar variabel menunjukkan nilai < 0.05 atau memiliki tingkat kepercayaan $>95\%$. Namun, hasil

Tabel 5. Luas Klasifikasi Tingkat Aksesibilitas Sarana Pendidikan Kabupaten Brebes Tahun 2024.

Kecamatan	Klasifikasi Aksesibilitas Sarana Pendidikan Kabupaten Brebes					
	Rendah		Sedang		Tinggi	
	ha	%	ha	%	ha	%
Banjarharjo	8555,37	53,9	7077,9	44,6	253,35	1,6
Bantarkawung	17448,7	84,4	3233,61	15,6	0	0,0
Brebes	4317,74	49,1	3695,4	42,0	777,63	8,8
Bulakamba	3621,43	31,2	7350,74	63,4	619,13	5,3
Bumiayu	0	0,0	4780,01	59,1	3303,75	40,9
Jatibarang	0	0,0	129,55	3,5	3566,56	96,5
Kersana	0	0,0	0	0,0	2650,03	100,0
Ketanggungan	11517,5	74,1	3754,06	24,1	276,38	1,8
Larangan	5599,08	35,2	9578,22	60,2	734,82	4,6
Losari	5621,56	67,2	2681,59	32,1	60,54	0,7
Paguyangan	4866,82	46,5	5510,82	52,7	87,86	0,8
Salem	0	0,0	16724,8	99,3	117,88	0,7
Sirampog	0	0,0	7357,95	98,5	110,56	1,5
Songgom	0	0,0	1398,2	26,5	3868,27	73,5
Tanjung	1639,51	22,8	3474,14	48,3	2079,07	28,9
Tonjong	0	0,0	8327,89	96,7	286,84	3,3
Wanasari	1693,45	23,3	4899,79	67,3	687,5	9,4
Total	64881,1	37,2	89974,7	51,6	19480,2	11,2

Sumber: Christina dan Pigawati, 2015 (Data Diolah, 2025).

analisis tersebut juga menunjukkan bahwa terdapat satu variabel yang mengalami anomali dalam analisis yakni pada variabel laju pertumbuhan ekonomi. Sementara itu pada tiga variabel lainnya menunjukkan hubungan yang signifikan antar variabel terhadap output pengembangan manusia Kabupaten Brebes. Adapun Secara ringkas hasil analisis tersebut yakni:

1. Jumlah fasilitas SLTA memiliki hubungan yang signifikan terhadap rata-rata lama sekolah (RLS) dan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) namun tidak memiliki hubungan yang signifikan terhadap Harapan Lama Sekolah (HLS). Fenomena ini tentunya merupakan kondisi yang rasional sebab jumlah fasilitas pendidikan bukan menjadi variabel sentral yang mempengaruhi psikologi masyarakat sehingga memiliki asosiasi dengan harapan publik. Meski demikian, hubungan jumlah fasilitas SLTA

terhadap HLS masuk dalam kelas klasifikasi menengah ($0.40 < (r=0.496) < 0.599$).

2. Angka kemiskinan memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan HLS, RLS dan IPM. Artinya semakin rendah angka kemiskinan Kabupaten Brebes, maka HLS, RLS dan IPM akan meningkat dengan baik. Sementara itu, meskipun variabel ini memiliki hubungan yang signifikan terhadap pembangunan manusia, khusus asosiasi variabel ini terhadap HLS masuk dalam klasifikasi kedua/kuat ($0.60 < (r=0.633) < 0.799$).
3. Serupa dengan angka kemiskinan, jumlah penduduk miskin juga memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan HLS, RLS dan IPM. Sejalan dengan hasil uji pada rasio tingkat kemiskinan, meskipun hubungan variabel ini menunjukkan tingkat signifikansi yang tinggi, hubungan jumlah penduduk

Tabel 6. Hasil Analisis Korelasi Pearson

Variabel	Jumlah SLTA	Angka Kemiskinan	Jumlah Penduduk Miskin	LPE	Pengeluaran Per Kapita	HLS	RLS	IPM
Jumlah SLTA	r 1	-.845**	-.833**	-0.378	.855**	0.496	.951**	.817**
	Sig.	0.002	0.003	0.282	0.002	0.145	0.000	0.004
Angka Kemiskinan	r -0.845**	1	.999**	0.205	-.937**	-.633*	-.821**	-.888**
	Sig.	0.002		0.000	0.569	0.000	0.049	0.004
Jumlah Penduduk Miskin	r -.833**	.999**	1	0.181	-.934**	-.633*	-.812**	-.884**
	Sig.	0.003	0.000		0.616	0.000	0.049	0.004
LPE	r -0.378	0.205	0.181	1	-0.178	-0.006	-0.177	-0.171
	Sig.	0.282	0.569	0.616		0.623	0.987	0.624
Pengeluaran Per Kapita	r .855**	-.937**	-.934**	-0.178	1	.800**	.896**	.985**
	Sig.	0.002	0.000	0.000	0.623		0.005	0.000
HLS	r 0.496	-.633*	-.633*	-0.006	.800**	1	.637*	.883**
	Sig.	0.145	0.049	0.049	0.987	0.005		0.001
RLS	r .951**	-.821**	-.812**	-0.177	.896**	.637*	1	.880**
	Sig.	0.000	0.004	0.004	0.624	0.000	0.048	0.001
IPM	r .817**	-.888**	-.884**	-0.171	.985**	.883**	.880**	1
	Sig.	0.004	0.001	0.001	0.637	0.000	0.001	0.001

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Sumber: BPS, 2024 (Data Diolah dengan SPSS, 2025).

miskin masuk dalam klasifikasi kedua (kuat) ($0.60 < r = 0.633 < 0.799$).

4. Variabel LPE merupakan variabel anomali dalam analisis data agregat di Kabupaten Brebes. Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terjadi hubungan yang signifikan dalam upaya pembangunan SDM di Kabupaten Brebes. Lebih lanjut, hasil analisis menunjukkan hubungan LPE terhadap HLS, RLS dan IPM masuk dalam tingkat hubungan sangat rendah ($0.00 < r_{HLS} = -0.006, r_{RLS} = -0.177, r_{IPM} = -0.171 < 0.199$).

5. Pengeluaran per kapita memiliki hubungan yang sangat signifikan terhadap sub variabel output pembangunan manusia yang dianalisis. Berdasarkan tabel 2, nilai korelasi Pearson sub variabel ini berada pada angka posisi lebih besar dari 0.80. Koefisien signifikansi bahkan juga menunjukkan nilai < 0.01 (1%) dan menjadikannya sebagai variabel prediktor utama yang signifikan terhadap harapan lama sekolah, rata-rata lama sekolah dan indeks pembangunan

manusia Kabupaten Brebes dalam satu dekade terakhir.

Hasil analisis pada Tabel 6. dapat kembali diverifikasi melalui data perkembangan SDM. Dalam 10 tahun analisis, terjadi pertumbuhan jumlah sekolah hingga 17 unit sekolah yang terdiri dari satu unit SMA, 10 unit SMK dan enam unit MA. Sejalan dengan pertumbuhan unit fasilitas pendidikan tersebut, juga terjadi pertumbuhan RLS hingga 0.53 poin dari 5.88 menjadi 6.41. Artinya, pertumbuhan jumlah rata-rata lama sekolah yang didukung oleh pertumbuhan fasilitas pendidikan berhasil meningkatkan taraf pendidikan rata-rata penduduk dari masa sekolah 5.88 tahun (tidak lulus SD) menjadi 6.41 tahun (setara dengan kelas I SMP). Tidak hanya itu, pertumbuhan jumlah fasilitas pendidikan tersebut juga berhubungan dengan pertumbuhan IPM yang juga dikatalisasi oleh pertumbuhan RLS tersebut hingga 7 poin dalam satu dekade terakhir ($63.18 \Rightarrow 70.18$). Hubungan jumlah

layanan pendidikan ini tentunya sejalan dengan teori-teori terdahulu mengenai asosiasi positif akses pendidikan terhadap indeks pembangunan manusia (Maulana & Bowo, 2013).

Sejalan dengan hasil analisis pada [Tabel 2](#), studi lainnya juga menguji hal yang serupa terhadap IPM dan didapati hubungan yang signifikan dan berbanding terbalik ([Mirza, 2012](#)). Fenomena yang dipaparkan pada [Tabel 2](#) juga dapat dibuktikan melalui progres perkembangan pengentasan kemiskinan di Kabupaten Brebes. Sepanjang 10 tahun terakhir, Kabupaten Brebes telah berhasil menekan angka kemiskinan dari 19,79% pada tahun 2015 menjadi 15,6% per tahun 2024. Tidak hanya itu, jumlah penduduk miskin Kabupaten Brebes juga mengalami penurunan yang sangat drastis hingga 69 ribu jiwa. Artinya, turunnya jumlah penduduk miskin di suatu wilayah tentunya berbanding lurus dengan peningkatan pendapatan dan peningkatan akses kebutuhan dasar yang berimplikasi pada pertumbuhan kualitas sumber daya manusia termasuk dimensi pendidikan di dalamnya ([Mirza, 2012](#)). Meski demikian, perkembangan pembangunan SDM di Kabupaten Brebes masih mengalami banyak tantangan. Kendati terus mengalami perkembangan, IPM Kabupaten Brebes masih masuk dalam kategori terendah sepanjang satu dekade ini. Tidak hanya itu, angka kemiskinan yang menjadi salah satu variabel prediktor juga menunjukkan rasio yang sangat tinggi per tahun 2024. Artinya, pembangunan kualitas manusia di Kabupaten Brebes tidak hanya berkaitan dengan upaya pembangunan fasilitas/akses infrastruktur melainkan juga perlu memperhatikan kebijakan perekonomian dalam rangka pengentasan kemiskinan.

4. Kesimpulan

Model tingkat aksesibilitas sarana pendidikan SLTA Kabupaten Brebes tahun 2024 menunjukkan terdapat beberapa kecamatan yang memiliki tingkat aksesibilitas dengan kategori rendah lebih dominan, meliputi Kecamatan Banjarharjo, Bantarkawung, Ketanggungan, dan Losari. Kondisi tersebut dibuktikan dengan persentase luas tingkat aksesibilitas kategori rendah di atas 50%. Selain itu, Kecamatan Bantarkawung menjadi kecamatan dengan jumlah luas dan persentase paling tinggi pada tingkat aksesibilitas sarana pendidikan daripada kecamatan lainnya.

Hasil analisis korelasi Pearson Kabupaten Brebes memperlihatkan perbedaan keterkaitan antar variabel pendukung, meliputi jumlah SLTA, angka kemiskinan, jumlah penduduk miskin, pengeluaran per-kapita, dan LPE terhadap variabel utama berupa HLS, RLS, dan nilai IPM. Keterkaitan data dari jumlah SLT dan pengeluaran per-kapita memiliki keterkaitan positif terhadap data HLS, RLS, dan nilai IPM. Sebaliknya, keterkaitan dari data angka kemiskinan dan jumlah penduduk miskin memiliki keterkaitan negatif terhadap data HLS, RLS, dan nilai IPM. Sedangkan keterkaitan data LPE tidak memiliki keterkaitan terhadap HLS, RLS, dan nilai IPM.

Dari hasil penelitian model spasial dan data statistik, dapat disimpulkan adanya hubungan tingkat aksesibilitas sarana pendidikan terhadap peningkatan SDM. Kondisi tersebut dibuktikan dengan Kabupaten Brebes memiliki dominasi luas tingkat aksesibilitas kelas sedang sebesar 89.974,7 Ha atau 51,6%, sehingga nilai IPM Kabupaten Brebes tergolong cukup baik. Namun, perlu adanya mitigasi berupa penambahan jumlah SLTA dan peningkatan kapasitas jalan pada beberapa titik lokasi karena luas tingkat aksesibilitas kelas rendah tergolong tinggi sebesar 64.881,1 Ha atau 37,2%. Oleh karena itu, Pemerintah Kabupaten Brebes harus berupaya menjaga nilai IPM untuk terus meningkat, sehingga tidak kembali menjadi kabupaten dengan nilai IPM terendah di Provinsi Jawa Tengah.

Penelitian ini selanjutnya berkontribusi dalam memberikan masukan pada pemangku kebijakan publik khususnya Pemerintah Kabupaten Brebes. Dalam upaya peningkatan pembangunan manusia, komponen pendidikan menjadi salah satu parameter utama dalam pencapaian peningkatan IPM. Meski demikian, Kabupaten Brebes masih memiliki 37,2% area yang tergolong dalam akses pendidikan rendah. Oleh karena itu, tentu perlu adanya upaya pemerataan akses pendidikan pada wilayah ini baik melalui peningkatan infrastruktur akses pendidikan, maupun kebijakan insentif dan disincentif bagi penduduk untuk dapat mendorong peningkatan rasio RLS ke depannya.

Lebih lanjut, studi ini tentunya masih butuh pengembangan di masa depan. Studi yang dilakukan sangat terfokus pada komponen pendidikan terhadap IPM, tidak mempertimbangkan komponen utama

lainnya seperti kesehatan dan kesejahteraan ekonomi. Selain itu, variabel komponen pendidikan yang digunakan berorientasi pada teknis kewilayahan dan belum mempertimbangkan kebijakan pro pendidikan sebagai variabel tambahan. Oleh karena itu, rekomendasi penelitian di masa depan setidaknya melibatkan variabel-variabel kebijakan pendidikan serta dua komponen utama IPM lainnya untuk membentuk studi yang lebih tajam dan komprehensif.

Referensi

- Afrianto, F. (2022). East Java Province GRDP Projection Model Using Night-Time Light Imagery. *East Java Economic Journal*, 6(2), 208–223. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Aisyah, W., Koman, F., Janur, A., Nisaul, F., Putri, I. D., & Pratiwi, G. (2021). Perbandingan Metode Otomatisasi Supervised Machine Learning terhadap Perubahan Tutupan Lahan. *Prosiding Forum Ilmiah Tahunan (FIT)- Ikatan Surveyor Indonesia (ISI)*, 1(0), 301–307. [Google Scholar](#)
- Anggraeni, N., & Sunaryo, B. (2015). Hubungan Perubahan Fisik Ruang dengan Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat di Kawasan Koridor Aglomerasi Mertoyudan, Kabupaten Magelang. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 3(2), 79. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Arif, F. N., & Manullang, O. R. (2017). Kesesuaian Tata Guna Lahan Terhadap Penerapan Konsep Transit Oriented Development (TOD) di Kota Semarang. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 13(3), 301–311. [Google Scholar](#)
- Badan Pusat Statistik. (2019). Indeks Pembangunan Manusia 2020. Badan Pusat Statistik. Retrieved from <https://www.bps.go.id/id/publication/2021/04/30/8e777ce2d7570ced44197a37/indeks-pembangunan-manusia-2020.html>.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. (2024). Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Provinsi Jawa Tengah 2024. Retrieved from <https://jateng.bps.go.id/id/pressrelease/2024/11/15/1527/indeks-pembangunan-manusia-ipm-provinsi-jawa-tengah-2024.html>.
- Belgiu, M., & Drăgu, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 24–31. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Bennett, M. M., & Smith, L. C. (2017). Advances in using multitemporal night-time lights satellite imagery to detect, estimate, and monitor socioeconomic dynamics. *Remote Sensing of Environment*, 192, 176–197. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- BSKAP Kemdikbud. (2024). Kabupaten Brebes Apa itu Rapor Pendidikan?. Retrieved from <https://bbppmpjateng.kemendikdasmen.go.id/rapor-pendidikan-kabupaten-brebes-tahun-2024-tuntas-pratama/>.
- Burlacu, S., Mani, A., Ronzani, P., & Savadori, L. (2023). The preoccupied parent: How financial concerns affect child investment choices. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 105. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Chan, Y. (2011). *Location Theory and Decision Analysis: Analytics of Spatial Information Technology*. Springer Berlin Heidelberg. [Google Scholar](#)
- Chen, X., & Nordhaus, W. (2015). A test of the new VIIRS lights data set: Population and economic output in Africa. *Remote Sensing*, 7(4), 4937–4947. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Chok, N. S. (2010). Pearson's versus Spearman's and Kendall's correlation coefficients for continuous data. *University of Pittsburgh. University of Pittsburgh*. [Google Scholar](#)
- Christina, S., & Pigawati, B. (2015). Penentuan Lokasi Industri Olahan Karet UIKM di Kabupaten Sijunjung. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 11(1), 76. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. Lawrence Erlbaum Associates Publishers. [Google Scholar](#)
- Danar, D., & Wahyu, A. (2019). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Emisi GRK pada Wilayah Cepat Tumbuh di Kota Semarang. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, 1(1), 24–31. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Destianto, R., & Pigawati, B. (2014). Analisis Keterkaitan Perubahan Lahan Pertanian Terhadap Ketahanan Pangan Kabupaten Magelang Berbasis Model Spatio Temporal Sig. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning*, 1(1), 21–32. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Dewa, D. D., Buchori, I., Rudiarto, I., & Sejati, A. W. (2023). Modifying the Contact Perimeter Approach for Measuring Urban Compactness Gradients in the Joglosemar Urban Region, Indonesia. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 7(1), 1–20. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Foody, G. M. (2020). Explaining the unsuitability of the kappa coefficient in the assessment and comparison of the accuracy of thematic maps obtained by image classification. *Remote Sensing of Environment*, 239(January), 111630. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Fradani, F. A. R., Aziza, N. N., Wielgmans, G. S. D., Monika, K., Wijayanti, H. P., & Rahajeng, A. (2025). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Riau Tahun 2021-2024. *Socius: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial*, 2(10). [Google Scholar](#)
- Henderson, J. V., Storeygard, A., & Weil, D. N. (2009). *Nber Working Paper Series Measuring Economic Growth From Outer Space*. National Bureau of Economic Research. [Google Scholar](#)
- Imansari, N., & Khadiyanta, P. (2015). Penyediaan Hutan Kota dan Taman Kota sebagai Ruang Terbuka Hijau (RTH) Publik Menurut Preferensi Masyarakat di Kawasan Pusat Kota Tangerang. *Ruang*, 1(3), 101–110. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Jabnabillah, F., & Marginia, N. (2022). Analisis Korelasi Pearson Dalam Menentukan Hubungan Antara Motivasi Belajar Dengan Kemandirian Belajar Pada Pembelajaran Daring. *Jurnal Sintak*, 1(1), 14–18. [Google Scholar](#)
- Klugman, J., Rodríguez, F., & Choi, H.-J. (2011). The HDI 2010: New controversies, old critiques. *Journal of Economic Inequality*, 9(2), 249–288. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Kusumandari, A., & Nugroho, P. (2015). Land Capability Analysis Based on Hydrology and Soil Characteristics for Watershed Rehabilitation. *Procedia Environmental Sciences*, 28(Sustain 2014), 142–147. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Li, X., & Zhou, Y. (2017). A stepwise calibration of global DMSP/OLS stable nighttime light data (1992–2013). *Remote Sensing*, 9(6). [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Marlina, L., Endaryanto, T., & Hijriani, A. (2021). Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Pertanian Akibat Pembangunan Jalan Tol Berbasis Citra Satelit Di Kabupaten Lampung Selatan. *Journal of Food System and Agribusiness*, 5(1), 11–18. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Maulana, R., & Bowo, P. A. (2013). Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Pendidikan Dan Teknologi Terhadap IPM Provinsi di Indonesia 2007-2011. *JEJAK Journal of Economics and Policy*, 6(2), 163–169. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Mikulane, S., Siegmund, A., Río, C. del, Koch, M. A., Osses, P., & García, J. L. (2022). Remote sensing based mapping of *Tillandsia* fields - A semi-automatic detection approach in the hyperarid coastal Atacama Desert, northern Chile. *Journal of Arid Environments*, 205(December 2021), 104821. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Mirza, D. S. (2012). Pengaruh Kemiskinan, Pertumbuhan Ekonomi, dan Belanja Modal Terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Tengah Tahun 2006-2009. *Economics Development Analysis Journal*, 1(1), 2–15. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)

- Muin, A., & Rakuasa, H. (2023). Pemanfaatan Sistem Informasi Geografi Untuk Analisis Jarak Jangkauan Pelayanan Fasilitas Kesehatan Di Kota Ambon. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(4), 664–674. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Nurcahyo, D., Nugraha, A., & Haniah, H. (2016). Aplikasi Sistem Informasi Geografis Jalur Kondusif Bersepeda di Kota Semarang Berbasis Web. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(2), 190–199. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Nurhidayati, E., Buchori, I., & Mussadun, M. (2017). Cellular Automata Modeling in the Built Up Areas Within Urban Development At Pontianak, West Borneo, Indonesia. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning*, 4(2), 201. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Perdana, N. S. (2015). Faktor-Faktor yang Berpengaruh Terhadap Aksesibilitas Memperoleh Pendidikan untuk Anak-Anak di Indonesia. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 21(3), 279–298. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Pratama, C. A. A., & Nasution, K. (2024). Analysis of the Optimal Location for the Development of Senior High School Facilities in Response to the Zoning System in Siak Hulu District Using Geographic Information Systems. *Frontier Advances in Applied Science and Engineering*, 2(2), 86–97. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Rakuasa, H., Sihasale, D. A., Mehdila, M. C., & Wlary, A. P. (2022). Analisis Spasial Tingkat Kerawanan Banjir di Kecamatan Teluk Ambon Baguala, Kota Ambon. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 3(2), 60–69. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Ramadanisa, N., & Triwahyuningtyas, N. (2022). Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Lampung. *SIBATIK JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, dan Pendidikan*, 1(7), 1049–1061. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Rizal, S., & Syaibana, P. L. D. (2022). Analisis Keterjangkauan dan Pola Persebaran SMA/MA Negeri di Kabupaten Banyuwangi Menggunakan Analisis Buffering dan Nearest Neighbor pada Aplikasi Q-GIS. *Techno.com*, 21(2), 355–363. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Samala, A. D., Rawas, S., Criollo-C, S., Bondarenko, O., Gentarefori Samala, A., & Novaliendry, D. (2024). Harmony in Education: An In-Depth Exploration of Indonesian Academic Landscape, Challenges, and Prospects Towards the Golden Generation 2045 Vision. *TEM Journal*, 13(3), 2436–2456. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Sedgwick, P. (2012). Pearson's correlation coefficient. *Bmj*, 345. [Google Scholar](#)
- Sirtama, B. W. (2021). Hubungan Antara Pertumbuhan Ekonomi dan Ketimpangan Pendapatan di Provinsi Nusa Tenggara Barat (Pembuktian Hipotesis Kuznets). *Jurnal Ilmu Ekonomi JIE*, 5(4), 654–664. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Sodiq, M. J. (2024). Pakar UNESA Beri Analisis dan Rekomendasi Peningkatan IPM Indonesia yang Masih Kategori Sedang. *Humas Universitas Negeri Surabaya*. Retrieved from <https://www.unesa.ac.id/pakar-unesa-beri-analisis-dan-rekomendasi-peningkatan-ipm-indonesia-yang-masih-kategori-sedang>.
- Susilo, B., Afani, M. R., & Hidayah, S. I. (2021). Integrasi Analisis Spasial dan Statistik untuk Identifikasi Pola dan Faktor Determinan Perkembangan Kota Yogyakarta. *Majalah Geografi Indonesia*, 35(2), 156–162. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Triyono, T., & Febriani, R. D. (2018). Persepsi peserta didik sekolah menengah atas terhadap pendidikan lanjutan. *Edudikara: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 3(1), 70–77. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Utami, P., Purnomo, S. D., & Fatmawati, A. (2025). Analisis Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Manajemen, Akuntansi, Ekonomi*, 4(1). [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Yong, Z., Li, K., Xiong, J., Cheng, W., Wang, Z., Sun, H., & Ye, C. (2022). Integrating DMSP-OLS and NPP-VIIRS Nighttime Light Data to Evaluate Poverty in Southwestern China. *Remote Sensing*, 14(3). [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Zhang, X., & Li, P. (2018). A temperature and vegetation adjusted NTL urban index for urban area mapping and analysis. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 135, 93–111. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)
- Zheng, Y., He, Y., Zhou, Q., & Wang, H. (2022). Quantitative Evaluation of Urban Expansion using NPP-VIIRS Nighttime Light and Landsat Spectral Data. *Sustainable Cities and Society*, 76(1799), 103388. [Crossref](#) | [Google Scholar](#)