

EVALUASI KUALITAS PENDIDIKAN SEKOLAH DASAR MELALUI KLASIFIKASI SPASIAL DENGAN *NEURAL NETWORK*

Rauhun Jannah*¹⁾

1. STKIP Hamzar, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: *Neural Network*, Regresi Spasial, Kualitas Pendidikan

Keywords: *Neural Network*, Spatial Regression, Education Quality

Article history:

Received 22 April 2025

Revised 18 May 2025

Accepted 27 May 2025

Available online 28 May 2025

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jipi.v10i2.7899>

* Corresponding author.

Corresponding Author

E-mail address:

rauhunj20@gmail.com

ABSTRAK

Pendidikan dasar di Indonesia merupakan pilar utama dalam menciptakan sumber daya manusia yang kompeten dan berdaya saing. Meskipun pemerintah telah berupaya meningkatkan kualitas pendidikan, terdapat disparitas yang signifikan di berbagai wilayah, yang dipengaruhi oleh faktor sumber daya manusia, infrastruktur, dan kondisi sosial-ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh jumlah guru tersertifikasi dan kondisi ruang kelas yang layak terhadap tingkat kelulusan siswa sekolah dasar, menggunakan metode klasifikasi spasial berbasis *Neural Network*. Data diperoleh dari survei dan sumber sekunder yang mencakup informasi mengenai jumlah guru, ruang kelas, dan tingkat kelulusan. Model *Neural Network* digunakan untuk memetakan hubungan non-linear antara variabel input dan output. Hasil analisis menunjukkan adanya disparitas kualitas pendidikan antar wilayah, dengan sebagian besar daerah mengalami rendahnya kualitas pendidikan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi kebijakan berbasis data untuk mengurangi kesenjangan pendidikan di Indonesia..

ABSTRACT

Primary education in Indonesia is a key pillar in creating competent and competitive human resources. Although the government has made efforts to improve the quality of education, there are significant disparities across regions, influenced by factors such as human resources, infrastructure, and socio-economic conditions. This study aims to evaluate the impact of the number of certified teachers and the condition of classroom facilities on the graduation rate of primary school students, using a spatial classification method based on *Neural Networks*. Data was obtained from surveys and secondary sources, including information about the number of teachers, classrooms, and graduation rates. A *Neural Network* model was used to map the non-linear relationships between input and output variables. The analysis results show significant disparities in education quality across regions, with most areas experiencing low education quality. This research is expected to provide data-driven policy recommendations to reduce the educational gap in Indonesia.

I. PENDAHULUAN

Pendidikan dasar merupakan landasan utama dalam membangun kualitas sumber daya manusia yang kompeten dan berdaya saing. Di Indonesia, pendidikan dasar tidak hanya menjadi pintu gerbang untuk memperoleh pengetahuan, tetapi juga berperan penting dalam membentuk karakter dan keterampilan dasar yang mendukung pembelajaran sepanjang hayat [1]. Pemerintah telah menunjukkan komitmennya terhadap peningkatan kualitas pendidikan dasar melalui berbagai kebijakan dan program, termasuk alokasi anggaran pendidikan yang signifikan, sertifikasi guru, dan penyediaan fasilitas pendidikan. Namun, meskipun upaya tersebut terus dilakukan, kualitas pendidikan dasar di berbagai wilayah di Indonesia masih menunjukkan disparitas yang signifikan. Ketimpangan ini menjadi tantangan besar yang memerlukan perhatian lebih serius untuk menciptakan sistem pendidikan yang inklusif dan merata [2].

Disparitas kualitas pendidikan dasar di Indonesia dapat dilihat dari berbagai aspek, mulai dari ketersediaan sumber daya manusia yang berkualitas, infrastruktur sekolah yang memadai, hingga kondisi sosial-ekonomi masyarakat setempat. Sebagai contoh, wilayah perkotaan umumnya memiliki akses lebih baik terhadap fasilitas pendidikan dan tenaga pengajar yang kompeten dibandingkan wilayah pedesaan atau terpencil. Hal ini mengakibatkan kesenjangan dalam hasil belajar siswa, yang pada akhirnya berkontribusi pada ketidakmerataan

kualitas sumber daya manusia di tingkat nasional [3]. Faktor-faktor seperti ketersediaan guru tersertifikasi, kondisi ruang kelas, dan akses terhadap teknologi pendidikan menjadi beberapa variabel kunci yang memengaruhi kualitas pendidikan dasar. Oleh karena itu, analisis yang komprehensif diperlukan untuk mengidentifikasi akar permasalahan dan memberikan rekomendasi kebijakan yang tepat sasaran [4].

Tingkat kelulusan siswa sekolah dasar (SD) adalah salah satu indikator penting dalam menilai kualitas pendidikan dasar. Tingkat kelulusan yang tinggi mencerminkan keberhasilan sistem pendidikan dalam menyediakan lingkungan belajar yang mendukung. Namun, pencapaian tingkat kelulusan ini tidak terlepas dari berbagai tantangan. Penelitian menunjukkan bahwa tingkat kelulusan siswa dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk jumlah guru tersertifikasi dan ketersediaan ruang kelas yang layak. Guru yang tersertifikasi diharapkan memiliki kompetensi pedagogis yang tinggi, kemampuan dalam penguasaan materi, serta keterampilan manajemen kelas yang baik [5]. Di sisi lain, ruang kelas yang layak, dengan fasilitas seperti pencahayaan yang memadai, ventilasi yang baik, dan kelengkapan alat pembelajaran, berperan penting dalam menciptakan suasana belajar yang kondusif [6].

Guru merupakan ujung tombak dalam proses pendidikan, dan kualitas pengajaran sangat bergantung pada kompetensi dan profesionalisme guru. Pemerintah Indonesia telah menerapkan program sertifikasi guru sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas tenaga pengajar. Guru yang telah tersertifikasi diharapkan memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mendidik siswa, sehingga mampu meningkatkan hasil belajar. Namun, salah satu tantangan utama dalam program ini adalah distribusi guru tersertifikasi yang masih belum merata. Di wilayah perkotaan, jumlah guru tersertifikasi cenderung lebih banyak dibandingkan di wilayah pedesaan atau terpencil. Ketimpangan ini dapat menyebabkan kesenjangan kualitas pendidikan antarwilayah [7]. Sebagai contoh, di wilayah terpencil, seringkali ditemukan kekurangan guru yang berkualifikasi, sehingga siswa di wilayah tersebut tidak mendapatkan pengajaran yang setara dengan siswa di wilayah perkotaan.

Selain sumber daya manusia, infrastruktur pendidikan juga memainkan peran penting dalam keberhasilan pendidikan dasar. Ruang kelas yang layak, fasilitas pendukung seperti laboratorium, perpustakaan, dan akses internet, sangat memengaruhi kualitas pembelajaran. Sayangnya, banyak sekolah dasar di Indonesia, terutama di daerah terpencil, masih menghadapi masalah infrastruktur yang serius. Ruang kelas yang rusak, kurangnya alat pembelajaran, serta minimnya akses terhadap teknologi menjadi hambatan utama dalam proses belajar-mengajar. Kondisi ini tidak hanya menghambat siswa dalam mencapai hasil belajar yang optimal, tetapi juga dapat menurunkan motivasi mereka untuk belajar [4]. Oleh karena itu, investasi dalam perbaikan infrastruktur pendidikan harus menjadi prioritas dalam upaya meningkatkan kualitas pendidikan dasar.

Penting untuk memahami bahwa kualitas pendidikan dasar di Indonesia sangat bervariasi antarwilayah. Dalam konteks ini, analisis spasial menjadi alat yang sangat berguna untuk mengidentifikasi pola-pola spasial dalam kualitas pendidikan. Regresi spasial, misalnya, adalah metode statistik yang memungkinkan analisis hubungan antarvariabel dengan mempertimbangkan kedekatan geografis. Dengan menggunakan regresi spasial, dapat dianalisis bagaimana variabel-variabel seperti jumlah guru tersertifikasi dan kondisi ruang kelas yang layak memengaruhi tingkat kelulusan siswa. Selain itu, metode ini juga dapat mendeteksi efek limpahan spasial, yaitu pengaruh kualitas pendidikan di satu wilayah terhadap wilayah sekitarnya [3]. Dengan demikian, analisis spasial tidak hanya membantu dalam memahami faktor-faktor yang memengaruhi kualitas pendidikan, tetapi juga memberikan dasar bagi perencanaan kebijakan yang lebih terarah.

Dalam konteks penerapan metode pembelajaran mesin pada analisis data pendidikan, *Neural Network* (NN) terbukti unggul dalam menangkap hubungan non-linear dan kompleks antar variabel yang sering kali sulit ditangkap oleh metode lain seperti *Decision Tree* dan *Support Vector Machine* (SVM). *Neural Network* memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam menghadapi dataset yang heterogen, yang menjadi nilai tambah penting terutama ketika mengklasifikasikan kualitas pendidikan berdasarkan berbagai karakteristik yang mempengaruhi, seperti tingkat kelulusan dan jumlah sarana prasarana pendidikan. Meskipun *Decision Tree* dikenal akan keterbacaannya, metode ini sering kali tidak mampu menangkap interaksi yang kompleks antar variabel yang diperlukan dalam klasifikasi spasial. Penelitian menunjukkan bahwa *Decision Tree* dapat mengalami kesulitan dalam memodelkan data yang memiliki banyak variabel saling berkaitan, yang sering kali terjadi dalam konteks pendidikan [8]. Keunggulan *Neural Network* dalam hal ini membuktikan bahwa model tersebut lebih efektif dalam mengidentifikasi pola-pola yang lebih kompleks, yang tidak dapat diakomodasi oleh model-model yang lebih sederhana. Selain itu, SVM juga menunjukkan performa yang baik pada data berdimensi tinggi, namun performanya sangat bergantung pada pemilihan kernel yang tepat. SVM cenderung tidak sefleksibel *Neural Network*, khususnya dalam situasi di mana data memiliki banyak fitur dan kompleksitas [9]. Hal ini menjadi penting mengingat dalam analisis data pendidikan, variabel yang terlibat sering kali saling berinteraksi dan tidak linier.

Oleh karena itu, pemilihan metode yang tepat untuk analisis data pendidikan sangat penting untuk memperoleh hasil yang komprehensif dan akurat. Beberapa kajian sebelumnya mengindikasikan kurangnya penelitian yang secara spesifik mengkaji aplikasi *Neural Network* untuk klasifikasi spasial dalam konteks pendidikan [10].

Penelitian ini berfokus pada tantangan dalam meningkatkan kualitas pendidikan dasar di Indonesia, khususnya dalam konteks disparitas antarwilayah. Pendekatan klasifikasi spasial dan *Neural Network* digunakan untuk mengevaluasi pengaruh jumlah guru tersertifikasi serta ruang kelas yang layak terhadap tingkat kelulusan siswa sekolah dasar. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan rekomendasi kebijakan berbasis data untuk mengurangi disparitas kualitas pendidikan antarwilayah. Dengan memanfaatkan metode analisis yang canggih, diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi perumusan kebijakan yang lebih efektif dalam meningkatkan kualitas pendidikan dasar di Indonesia. Secara keseluruhan, upaya untuk meningkatkan kualitas pendidikan dasar di Indonesia memerlukan pendekatan yang komprehensif dan berbasis data. Pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta perlu bekerja sama untuk menciptakan sistem pendidikan yang inklusif dan merata. Dengan mengatasi tantangan dalam distribusi guru tersertifikasi, perbaikan infrastruktur, dan peningkatan kualitas pembelajaran, diharapkan kualitas pendidikan dasar di Indonesia dapat meningkat secara signifikan. Pendidikan dasar yang berkualitas tidak hanya akan menciptakan generasi yang lebih cerdas dan berdaya saing, tetapi juga menjadi fondasi bagi pembangunan bangsa yang lebih baik di masa depan.

II. METODE

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif dengan metode klasifikasi spasial berbasis *Neural Network* untuk mengevaluasi kualitas pendidikan di Sekolah Dasar. Metode ini dipilih karena kemampuannya menangkap hubungan non-linear antara variabel yang memengaruhi kualitas pendidikan, dengan tingkat kelulusan siswa (Y) sebagai variabel dependen, serta jumlah guru tersertifikasi (X_1) dan kondisi ruang kelas yang layak (X_2) sebagai variabel independen. Definisi masing-masing variabel ditunjukkan pada tabel 1:

TABEL I
 DEFINISI OPERASIONAL VARIABEL

Variabel	Definsi
Tingkat Kelulusan Siswa (Y)	Persentase siswa di tingkat Sekolah Dasar yang berhasil menyelesaikan pendidikan mereka dengan memenuhi standar kelulusan yang telah ditetapkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan [11]
Jumlah Guru Tersertifikasi (X_1)	Jumlah total guru di setiap sekolah dasar yang telah memperoleh sertifikasi profesi sebagai bukti kelayakan kompetensi mereka dalam mengajar [12].
Kondisi Ruang Kelas yang Layak (X_2)	Proporsi atau jumlah ruang kelas di setiap sekolah yang memenuhi standar kelayakan fisik, seperti ventilasi yang baik, pencahayaan memadai, ketersediaan fasilitas belajar, dan kondisi bangunan yang aman [13].

Populasi penelitian mencakup seluruh sekolah dasar di Indonesia, dengan sampel purposif berdasarkan wilayah dengan perbedaan kualitas pendidikan signifikan. Data diperoleh melalui survei dan data sekunder dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan serta Dinas Pendidikan, mencakup informasi jumlah guru, kondisi ruang kelas, tingkat kelulusan, dan data spasial lokasi sekolah. Penelitian ini dilaksanakan pada tahun akademik 2023-2024. Teknik analisis data dilakukan melalui langkah-langkah sistematis berikut:

1. *Preprocessing* data, yang mencakup pengecekan kualitas data, penanganan nilai yang hilang, dan normalisasi variabel. Perhitungan untuk normalisasi data, digunakan rumus [14]:

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (1)$$

di mana X adalah nilai asli dari variabel yang akan dinormalisasi, X_{min} dan X_{max} adalah nilai minimum dan maksimum dari variabel tersebut.

2. Membangun model *Neural Network* (NN) untuk memetakan variabel input (jumlah guru tersertifikasi dan kondisi ruang kelas) terhadap output (tingkat kelulusan siswa). Fungsi aktivasi yang umum digunakan dalam *Neural Network* adalah fungsi sigmoid untuk output, yang dirumuskan sebagai [15]:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (2)$$

di mana y adalah output dari neuron, z adalah bobot yang dihitung berdasarkan input dan bias, dan e adalah basis logaritma natural.

3. Evaluasi kinerja model dilakukan dengan menggunakan metrik seperti akurasi (A), presisi (P), dan *recall* (R), yang dihitung dengan rumus berikut [16]:

$$A = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (3)$$

$$P = \frac{TP}{TP + FP} \quad (4)$$

$$R = \frac{TP}{TP + FN} \quad (5)$$

di mana TP adalah *true positives*, TN adalah *true negatives*, FP adalah *false positives*, dan FN adalah *false negatives*.

4. Membentuk persamaan regresi spasial dengan pengujian hipotesis yang dilakukan untuk mengidentifikasi pengaruh signifikan antara faktor-faktor tersebut terhadap kualitas pendidikan. Salah satu metode yang digunakan adalah analisis regresi spasial, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut [17]:

$$y_i = \rho W y + X_i \beta + \varepsilon_i \quad (6)$$

di mana y_i adalah variabel dependen yang menggambarkan tingkat kualitas pendidikan di Lokasi i , W adalah matriks bobot spasial yang menggambarkan hubungan antar lokasi, dan ρ adalah parameter autoregresif yang mengukur kekuatan ketergantungan spasial. Variabel independen X_i mencakup faktor-faktor seperti jumlah guru tersertifikasi dan kondisi ruang kelas, dengan koefisien β yang menggambarkan pengaruh masing-masing variabel terhadap kualitas pendidikan. Selain itu, ε_i mewakili error atau residual yang tidak dapat dijelaskan oleh model.

5. Melakukan pengujian autokorelasi spasial digunakan untuk mengetahui apakah terdapat pola spasial yang tidak acak dalam data. Jika ada ketergantungan spasial, maka model yang digunakan harus memperhitungkan hubungan antar lokasi yang berdekatan. Moran's I adalah salah satu statistik yang digunakan untuk menguji autokorelasi spasial, dengan rumus sebagai berikut [18]:

$$I = \frac{n}{W} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (7)$$

di mana n adalah jumlah unit spasial (misalnya, jumlah provinsi), W adalah jumlah bobot spasial, w_{ij} adalah bobot spasial antara lokasi i dan j , x_i dan x_j adalah nilai pada lokasi i dan j , \bar{x} adalah rata-rata nilai variabel yang diamati

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Statistik Deskriptif

Pada subbab ini, akan dibahas mengenai statistik deskriptif, yang berfungsi untuk memberikan gambaran umum tentang karakteristik utama dari data yang digunakan. Statistik deskriptif meliputi pengukuran seperti rata-rata, median, modus, standar deviasi, dan lain-lain, yang dapat membantu dalam memahami distribusi dan pola data pendidikan sekolah dasar berdasarkan variabel yang diteliti. Adapun hasil statistik deskriptif ditunjukkan pada Tabel 2:

TABEL II
 STATISTIK DESKRIPTIF

Variabel	Mean	Standar Deviasi	min	max
Y	116955	153314	10604	735807
X1	14558	17196	902	66574
X2	13618	15178	1656	59592

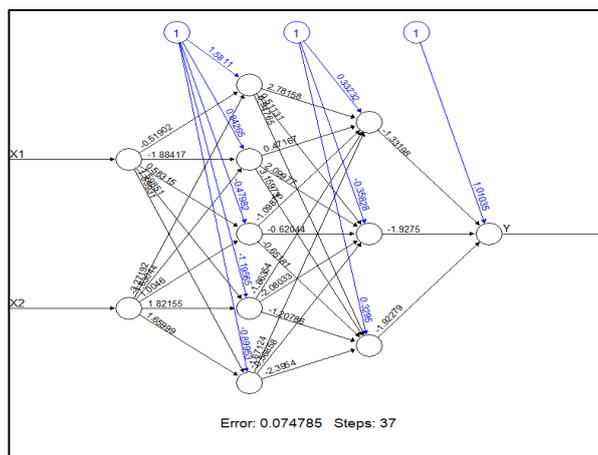
Sumber: Olahan Penulis, 2025

Tabel 2 menunjukkan statistik deskriptif dari tiga variabel yang digunakan dalam penelitian, yaitu tingkat kelulusan (Y), jumlah guru tersertifikasi (X1), dan kondisi ruang kelas yang layak (X2). Rata-rata tingkat kelulusan (Y) adalah 116955, dengan deviasi standar yang cukup besar yaitu 153314, menunjukkan adanya variasi yang signifikan antar sekolah dalam hal tingkat kelulusan. Nilai minimum dan maksimum untuk tingkat kelulusan masing-masing adalah 10604 dan 735807, menandakan perbedaan besar dalam hasil kelulusan antara sekolah-sekolah yang diteliti. Untuk jumlah guru tersertifikasi (X1), rata-rata adalah 14558, dengan deviasi standar 17.196, yang menunjukkan variasi besar antar sekolah terkait jumlah guru tersertifikasi. Nilai minimum dan maksimum jumlah guru tersertifikasi adalah 902 dan 66.574, mencerminkan ketidakseimbangan distribusi guru tersertifikasi di sekolah-sekolah tersebut.

Sedangkan untuk kondisi ruang kelas yang layak (X2), rata-rata jumlah ruang kelas yang memenuhi standar kelayakan adalah 13618, dengan deviasi standar 15178, menunjukkan variasi yang serupa. Nilai minimum dan maksimum ruang kelas layak adalah 1656 dan 59592, menunjukkan perbedaan yang besar dalam kualitas fasilitas ruang kelas antar sekolah. Secara keseluruhan, terdapat variasi yang signifikan dalam ketiga variabel ini, yang menunjukkan ketidakmerataan sumber daya pendidikan antar sekolah dasar yang dapat memengaruhi kualitas pendidikan di berbagai daerah.

B. Klasifikasi dengan Neural Network

Pada subbab ini, akan dijelaskan mengenai proses pembangunan model *Neural Network* (NN) yang digunakan untuk memetakan hubungan antara variabel input, yaitu jumlah guru tersertifikasi dan kondisi ruang kelas, dengan output berupa tingkat kelulusan siswa. Model ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola dan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kelulusan siswa berdasarkan data yang tersedia. Visualisasi model NN ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber: Olahan Penulis, 2025

Gambar 1 Diagram Pembentukan Model *Neural Network*.

Diagram yang ditampilkan pada Gambar 1 menggambarkan struktur dasar dari sebuah jaringan saraf tiruan (*Artificial Neural Network/ANN*). Model yang digunakan mengadopsi pendekatan feedforward dengan algoritma pembelajaran backpropagation. Implementasi jaringan dilakukan dengan arsitektur yang terdiri dari dua neuron input (X1 dan X2), dua lapisan tersembunyi yang masing-masing berisi 5 dan 3 neuron, serta satu neuron output yang merepresentasikan variabel target Y. Pemilihan arsitektur ini bukan dilakukan secara acak, melainkan melalui proses eksperimen dan penyesuaian hyperparameter untuk mencapai keseimbangan antara kompleksitas model dan kemampuan generalisasi, khususnya dalam konteks klasifikasi spasial kualitas pendidikan. Jumlah lapisan tersembunyi dan neuron ditentukan dengan mempertimbangkan kemampuan jaringan dalam menangkap hubungan non-linear antar variabel serta mencegah overfitting terhadap data pelatihan. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah sigmoid (*logistic*), karena tugas klasifikasi membutuhkan output dalam bentuk probabilitas antara 0 dan 1. Oleh karena itu, jaringan disetel agar lapisan output tetap menggunakan fungsi aktivasi non-linear, bukan fungsi linear, sehingga hasil keluaran dapat diinterpretasikan sebagai nilai probabilitas. Model ini menunjukkan performa yang cukup baik, dengan nilai error akhir sebesar 0,074785 setelah melalui 37 epoch pelatihan. Nilai error yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa jaringan telah mencapai konvergensi dan mampu merepresentasikan pola dalam data dengan baik, sebagaimana ditunjukkan dalam visualisasi struktur jaringan. Berdasarkan pembentukan model yang dilakukan dengan menggunakan jaringan saraf tiruan (*Neural Network*), diperoleh hasil klasifikasi yang menggambarkan kualitas pendidikan pada sekolah dasar yang divisualisasikan pada Gambar 2:



Sumber: Olahan Penulis, 2024
 Gambar 2 Klasifikasi Kualitas Pendidikan per Provinsi di Indonesia

Berdasarkan gambar 2, dapat dilihat bahwa terdapat dua indikator kualitas pendidikan di Indonesia, yaitu Rendah dengan nilai 27 dan Tinggi dengan nilai 7. Dari data ini, dapat disimpulkan bahwa kualitas pendidikan di Indonesia masih didominasi oleh kategori Rendah, dengan nilai yang jauh lebih tinggi dibandingkan kategori Tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat banyak pekerjaan rumah yang harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia, terutama dalam aspek-aspek yang menyebabkan rendahnya kualitas tersebut. Pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya perlu mengambil langkah-langkah strategis untuk mengatasi masalah ini, seperti meningkatkan anggaran pendidikan, memperbaiki infrastruktur sekolah, meningkatkan kualifikasi dan kesejahteraan guru, serta mengembangkan kurikulum yang lebih relevan dengan kebutuhan masyarakat. Dengan adanya perbaikan yang komprehensif dan berkelanjutan, diharapkan kualitas pendidikan di Indonesia dapat meningkat secara signifikan di masa mendatang, sehingga dapat menghasilkan generasi yang lebih siap dan berdaya saing dalam menghadapi tantangan global.

C. Pembentukan Regresi Spasial

Pada subbab ini, akan dibahas mengenai pembentukan regresi spasial, yang dilakukan untuk menganalisis hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas pendidikan di Sekolah Dasar, yang diukur melalui tingkat kelulusan. Model regresi spasial ini mempertimbangkan variabel-variabel seperti jumlah guru tersertifikasi dan kondisi ruang kelas yang layak sebagai faktor penentu, dengan tujuan untuk mengidentifikasi pola spasial yang ada dalam data dan memahami bagaimana faktor-faktor tersebut saling memengaruhi di berbagai lokasi. Hubungan tersebut didefinisikan dalam bentuk model yang ditunjukkan pada Tabel 3:

TABEL III
 TINGKAT SIGNIFIKANSI JUMLAH GURU SERTIFIKASI DAN KONDISI RUANG KELAS YANG LAYAK TERHADAP TINGKAT KELULUSAN SEKOLAH DASAR

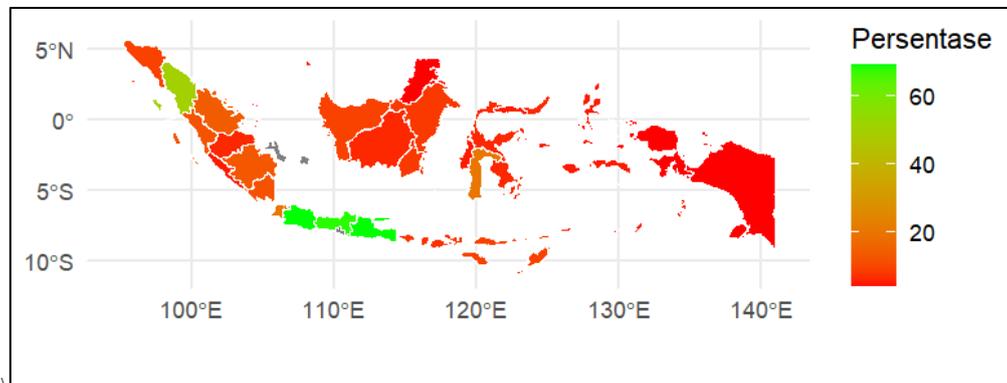
Variabel	Nilai Koefisien	P-Value	Hubungan
Intercept	-10009,74		-
ρ	-0,10		-
X1	3,01	0,103	Tidak Signifikan
X2	7,06	0,001	Signifikan

Sumber: Olahan Penulis, 2024

Berdasarkan Tabel 3, koefisien untuk jumlah guru tersertifikasi (X1) sebesar 3,01 dengan p-value 0,103. Nilai p-value ini menunjukkan bahwa variabel jumlah guru tersertifikasi tidak signifikan secara statistik pada tingkat signifikansi umum (misalnya, 0,05). Artinya, meskipun arah pengaruhnya positif terhadap tingkat kelulusan, pengaruh tersebut belum cukup kuat untuk dinyatakan signifikan secara statistik. Sebaliknya, variabel kondisi ruang kelas yang layak (X2) memiliki koefisien sebesar 7,06 dengan p-value 0,001, yang berarti variabel ini berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelulusan. Dengan kata lain, semakin baik kondisi ruang kelas, semakin tinggi kemungkinan siswa untuk lulus, dan hubungan ini terbukti signifikan secara statistik.

Sementara itu, efek spasial (ρ) menunjukkan koefisien negatif sebesar -0,10. Meskipun tidak disertai dengan nilai p-value, koefisien ini mengisyaratkan adanya kemungkinan pengaruh spasial negatif terhadap tingkat kelulusan. Namun, karena signifikansinya tidak dapat dipastikan, interpretasi lebih lanjut diperlukan, khususnya dengan mempertimbangkan pola spasial yang mungkin tersembunyi dalam data.

Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan kualitas pendidikan dasar dapat lebih efektif dilakukan melalui perbaikan fasilitas fisik sekolah, seperti penyediaan ruang kelas yang layak, daripada hanya menambah jumlah guru bersertifikasi. Selain itu, hasil ini menekankan pentingnya mempertimbangkan aspek spasial dalam analisis pendidikan, karena distribusi geografis dapat memengaruhi capaian pendidikan secara tidak langsung. Pemetaan spasial terhadap persentase kelulusan pendidikan di Indonesia yang ditunjukkan pada Gambar 3 memperkuat temuan ini dengan visualisasi perbedaan regional yang jelas.



Sumber: Olahan Penulis, 2024

Gambar 3 Peta Persentase Kelulusan Pendidikan di Indonesia

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan adanya disparitas kelulusan yang cukup signifikan antar wilayah. Secara regional, Pulau Jawa menonjol dengan tingkat kelulusan yang relatif tinggi. Provinsi seperti Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Jawa Barat tampak dalam warna hijau terang, menandakan bahwa lebih dari 60% penduduk usia sekolah berhasil menyelesaikan pendidikannya. Hal ini dapat dikaitkan dengan ketersediaan infrastruktur pendidikan yang memadai serta perhatian lebih besar dari pemerintah terhadap pembangunan sektor pendidikan di wilayah ini. Di sisi lain, wilayah Sumatera menunjukkan kondisi yang bervariasi. Beberapa provinsi seperti Sumatera Utara dan Sumatera Barat berada pada kategori menengah dengan warna kuning hingga jingga, menandakan bahwa persentase kelulusan berada di kisaran 40-50%. Meskipun tidak sebaik Jawa, wilayah ini masih menunjukkan pencapaian pendidikan yang cukup stabil. Sementara itu, wilayah Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku, hingga Papua secara umum ditampilkan dalam warna merah hingga oranye tua, yang mengindikasikan bahwa persentase kelulusan di provinsi-provinsi tersebut berada pada tingkat rendah, bahkan di bawah 30% di beberapa wilayah. Kondisi ini mencerminkan tantangan besar yang dihadapi oleh wilayah Indonesia bagian timur, seperti keterbatasan akses terhadap pendidikan, minimnya fasilitas, dan distribusi guru yang belum merata. Beberapa wilayah seperti Papua, Nusa Tenggara Timur, dan sebagian Kalimantan Timur tampaknya memerlukan perhatian khusus dari segi kebijakan pendidikan. Dengan demikian, peta ini tidak hanya menggambarkan kondisi capaian pendidikan di berbagai wilayah, tetapi juga mengindikasikan pentingnya pendekatan pembangunan pendidikan yang berbasis wilayah guna mengatasi kesenjangan yang masih terjadi antar provinsi di Indonesia.

D. Pengujian Efek Spasial

Pengujian efek spasial yang bertujuan untuk mengevaluasi tingkat keterkaitan atau korelasi antarprovinsi di Indonesia dalam konteks variabel yang dianalisis. Pengujian efek spasial penting untuk memahami bagaimana hubungan antara wilayah geografis dapat memengaruhi fenomena yang sedang diteliti, seperti kualitas pendidikan, tingkat kelulusan, atau faktor lainnya. Hasil uji efek spasial ditunjukkan pada Tabel 4:

TABEL IV.
 HASIL UJI EFEK SPASIAL

Statistik Uji	Nilai
Moran I	3,2441
P-Value	0,000589

Sumber: Olahan Penulis, 2024

Tabel 4 menampilkan hasil analisis uji indeks Moran berdasarkan data yang diamati. Nilai indeks Moran (Moran I) tercatat sebesar 3,2441, dengan p-value sebesar 0,000589. P-value yang sangat kecil ini memberikan

bukti kuat untuk menolak hipotesis nol, yang menyatakan adanya autokorelasi spasial. Dengan demikian, hasil tersebut mengindikasikan adanya autokorelasi spasial positif yang signifikan dalam data yang dianalisis.

E. Evaluasi Model

Evaluasi model bertujuan untuk menilai kinerja dan kualitas prediksi yang dihasilkan oleh model yang telah dibangun. Proses ini dilakukan menggunakan berbagai metrik, seperti akurasi (A), presisi (P), dan recall (R), yang memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas model dalam memetakan hubungan antara variabel input dan output pada Tabel 5.

TABEL V.
METRIK EVALUASI HASIL KLASIFIKASI

Metrik	Persentase
Akurasi	91%
Presisi	100%
Recall	70%

Sumber: Olahan Penulis, 2024

Hasil evaluasi model klasifikasi sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 5 memberikan gambaran mengenai kinerja model berdasarkan tiga metrik utama, yaitu akurasi, presisi, dan recall. Tingkat akurasi sebesar 91% menunjukkan bahwa model mampu membuat prediksi yang benar pada sebagian besar data yang diuji. Presisi yang mencapai 100% mengindikasikan bahwa setiap prediksi positif yang dihasilkan model benar-benar merupakan kelas positif, tanpa adanya kesalahan prediksi positif (*false positive*). Namun, recall sebesar 70% menunjukkan bahwa model hanya mampu mendeteksi 70% dari total kelas positif yang sebenarnya, sehingga masih terdapat 30% kelas positif yang terlewat (*false negatives*). Secara keseluruhan, meskipun model memiliki akurasi dan presisi yang sangat baik, tingkat recall yang lebih rendah menunjukkan bahwa model cenderung lebih konservatif dalam mengidentifikasi kelas positif. Hal ini menunjukkan perlunya optimalisasi lebih lanjut untuk meningkatkan recall, agar model lebih seimbang dalam mendeteksi kelas positif tanpa mengorbankan presisi dan akurasi secara signifikan.

F. Diskusi dan Rekomendasi

Kualitas pendidikan di Indonesia masih menjadi perhatian utama, sebagaimana ditunjukkan oleh analisis yang mengungkapkan dominasi kategori rendah dibandingkan kategori tinggi. Ketimpangan ini menunjukkan adanya tantangan besar dalam meningkatkan mutu pendidikan, terutama terkait dengan aspek infrastruktur, kualitas tenaga pendidik, dan relevansi kurikulum. Berdasarkan analisis regresi spasial, diketahui bahwa kondisi ruang kelas yang layak memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat kelulusan siswa, sedangkan keberadaan guru tersertifikasi, meskipun memberikan kontribusi positif, tidak menunjukkan dampak yang cukup berarti secara statistik. Temuan ini mengindikasikan pentingnya perbaikan fasilitas fisik sekolah sebagai salah satu prioritas dalam peningkatan kualitas pendidikan. Hal ini sejalan dengan Penelitian ini sejalan dengan temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti kualitas pengajaran dan dukungan akademik sangat mempengaruhi motivasi dan minat belajar siswa [19]. Hal ini mengindikasikan bahwa evaluasi yang komprehensif harus memperhatikan elemen-elemen tersebut agar dapat menghasilkan analisis yang menyeluruh terhadap kualitas pendidikan dalam konteks yang lebih luas [20]. Selain itu, hasil pengujian terhadap efek spasial mengungkap adanya autokorelasi spasial positif antarwilayah, yang berarti bahwa wilayah dengan kualitas pendidikan rendah maupun tinggi cenderung berkelompok secara geografis. Temuan ini memperkuat argumen perlunya penerapan pendekatan berbasis wilayah dalam merumuskan kebijakan pendidikan, agar intervensi yang dilakukan lebih tepat sasaran dan efektif. Sebagai contoh, wilayah dengan konsentrasi kualitas pendidikan rendah perlu difokuskan pada peningkatan akses terhadap sarana dan prasarana pendidikan, serta penguatan kapasitas tenaga pendidik. Sementara itu, wilayah dengan kualitas pendidikan tinggi dapat berfungsi sebagai model atau pusat pembelajaran (*learning hub*) yang membagikan praktik terbaik kepada wilayah sekitar. Selanjutnya, berdasarkan hasil evaluasi performa model, diperoleh tingkat akurasi yang tinggi, yang mengindikasikan kemampuan prediksi model yang baik secara keseluruhan. Di sisi lain, nilai presisi yang mencapai angka sempurna menunjukkan bahwa prediksi positif yang dihasilkan oleh model sangat dapat diandalkan. Namun demikian, nilai recall yang relatif lebih rendah mengindikasikan bahwa model masih bersifat konservatif dalam mengidentifikasi seluruh wilayah dengan kualitas pendidikan rendah. Artinya, masih terdapat sejumlah wilayah yang masuk dalam kategori tersebut namun belum berhasil terdeteksi oleh model. Oleh karena itu, diperlukan optimalisasi lebih lanjut,

khususnya untuk meningkatkan sensitivitas model (recall), sehingga cakupan wilayah yang membutuhkan intervensi kebijakan menjadi lebih inklusif. Temuan ini sejalan dengan studi sebelumnya, di mana enam set data dengan ukuran berbeda digunakan untuk menguji performa lima algoritma pembelajaran mesin. Selanjutnya, teknik seleksi fitur seperti Sequential Forward Selection (SFS), Sequential Backward Selection (SBS), dan analisis regresi berganda diterapkan untuk mengevaluasi dampak pemilihan fitur perilaku terhadap performa algoritma. Evaluasi dilakukan menggunakan tiga metrik utama: precision, recall, dan F1-score. Hasilnya menunjukkan bahwa Deep Neural Network yang dikombinasikan dengan seleksi fitur berbasis regresi berganda mampu mencapai skor F1 sebesar 99,25% pada dataset berskala besar, mengungguli model-model lain dengan margin 1,25%, yang menunjukkan efektivitas pendekatan ini dalam meningkatkan kualitas klasifikasi berbasis spasial [21].

Melihat tantangan yang ada, diperlukan berbagai langkah strategis untuk meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia. Salah satu langkah utama adalah memastikan infrastruktur sekolah memadai. Ruang kelas yang layak, fasilitas pendukung seperti peralatan belajar, akses teknologi pendidikan, dan lingkungan yang nyaman adalah elemen penting dalam menciptakan suasana belajar yang kondusif. Tanpa infrastruktur yang memadai, proses belajar mengajar tidak akan berjalan dengan optimal, sehingga memengaruhi hasil belajar siswa. Selain itu, perhatian khusus harus diberikan kepada peningkatan kesejahteraan dan kompetensi guru. Guru adalah ujung tombak pendidikan, sehingga memastikan mereka mendapatkan pelatihan berkelanjutan untuk meningkatkan kapasitas mengajar serta memberikan insentif yang layak menjadi langkah krusial. Dengan kualifikasi yang lebih baik, guru dapat memberikan pengajaran yang lebih efektif dan mampu memotivasi siswa untuk mencapai hasil terbaik.

Pengembangan kurikulum yang relevan juga menjadi kunci dalam meningkatkan kualitas pendidikan. Kurikulum harus mencerminkan kebutuhan masyarakat serta mampu membekali siswa dengan keterampilan yang relevan untuk masa depan. Misalnya, pengembangan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta literasi digital harus menjadi bagian integral dari kurikulum. Selain itu, pendekatan berbasis spasial perlu diterapkan dalam kebijakan pendidikan. Dengan menggunakan analisis spasial, pemerintah dapat mengidentifikasi wilayah-wilayah dengan kualitas pendidikan rendah dan merancang intervensi yang sesuai dengan kebutuhan lokal. Misalnya, wilayah dengan kondisi ruang kelas yang buruk dapat difokuskan pada perbaikan infrastruktur, sementara wilayah dengan kekurangan guru tersertifikasi dapat ditingkatkan melalui kebijakan distribusi tenaga pendidik yang lebih merata. Selain itu, optimalisasi anggaran pendidikan sangat penting. Pemerintah perlu memastikan bahwa anggaran pendidikan dialokasikan secara efisien dan merata, sehingga setiap wilayah mendapatkan sumber daya yang memadai. Anggaran pendidikan juga harus difokuskan pada program-program yang memberikan dampak langsung terhadap peningkatan mutu pendidikan, seperti pelatihan guru, pembangunan sekolah, dan pengadaan alat belajar. Dengan pengelolaan anggaran yang lebih baik, diharapkan upaya peningkatan kualitas pendidikan dapat berjalan lebih efektif dan berkelanjutan.

Langkah lain yang tidak kalah penting adalah kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta. Pendidikan adalah tanggung jawab bersama, sehingga keterlibatan berbagai pihak diperlukan untuk menciptakan ekosistem pendidikan yang lebih baik. Pemerintah dapat berperan sebagai pengarah kebijakan, sementara masyarakat dapat berkontribusi dalam pengawasan pelaksanaan program-program pendidikan. Di sisi lain, sektor swasta dapat memberikan dukungan dalam bentuk pendanaan, teknologi, atau program-program pemberdayaan pendidikan. Dengan kombinasi langkah-langkah ini, diharapkan kualitas pendidikan di Indonesia dapat meningkat secara signifikan. Upaya ini bukan hanya penting untuk menciptakan generasi yang lebih cerdas dan berdaya saing, tetapi juga menjadi fondasi bagi pembangunan bangsa yang lebih baik di masa depan. Pendidikan yang berkualitas akan menghasilkan sumber daya manusia yang kompeten, inovatif, dan mampu menghadapi tantangan global. Oleh karena itu, investasi dalam pendidikan harus dilihat sebagai investasi jangka panjang yang akan memberikan manfaat besar bagi seluruh masyarakat. Dengan perbaikan yang komprehensif dan berkelanjutan, Indonesia dapat mewujudkan sistem pendidikan yang inklusif, merata, dan berkualitas tinggi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Simpulan dari analisis menggunakan model *Neural Network*, regresi spasial, dan evaluasi model menunjukkan bahwa kualitas pendidikan di Indonesia, khususnya di tingkat sekolah dasar, masih didominasi oleh kategori rendah. Hanya beberapa provinsi yang menunjukkan kualitas pendidikan tinggi, sehingga perlu perbaikan menyeluruh, terutama dalam aspek jumlah guru tersertifikasi dan kondisi ruang kelas. Regresi spasial menunjukkan bahwa kondisi ruang kelas yang layak berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelulusan, sementara jumlah guru tersertifikasi tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Evaluasi model klasifikasi menunjukkan akurasi tinggi

dan presisi sempurna, namun recall yang rendah mengindikasikan perlu optimisasi agar model dapat lebih efektif dalam mendeteksi kategori positif dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data untuk perbaikan kualitas pendidikan di Indonesia.

B. Saran

Penelitian lebih lanjut dapat memasukkan faktor eksternal seperti kebijakan pemerintah atau program pelatihan guru untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang kualitas pendidikan. Penggunaan data spasial yang lebih mendalam serta pemantauan berkelanjutan untuk pembaruan model secara periodik juga sangat disarankan untuk meningkatkan akurasi dan relevansi hasil. Selain itu, eksperimen dengan metode klasifikasi lain seperti SVM atau KNN dapat memberikan wawasan baru mengenai kinerja model.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. A. Putri, "Pengaruh Disparitas Pendidikan terhadap Ketimpangan Pendapatan dan Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia," *Parahyangan Economic Development Review (PEDR)*, Vol. 2 No. 1, pp. 29-46, 2023.
- [2] N. A. S. Harwanti and A. T. Rumiati, "Pengelompokan Mutu Sekolah Dasar di Indonesia Berdasarkan Standar Nasional Pendidikan dengan Metode Fuzzy C-Means," *Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 9, No. 2*, pp. 2337-3520, 2020.
- [3] M. and J. Adiwinata, "Pemodelan Regresi Global (GLM) dan Regresi Spasial (SAR dan SDM) pada Kasus Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Kalimantan Selatan," *RAGAM: Journal of Statistics and Its Application Volume 02 Nomor 02*, 2023.
- [4] A. Hudiah, A. Jamal and S. Alisyah, "Pengaruh Fasilitas Belajar Terhadap Hasil Belajar Siswa Jurusan Tata Busana Kelas XI di SMK Negeri Balanipa Polewali Mandar," *TEACHING : Jurnal Inovasi Keguruan dan Ilmu Pendidikan Vol. 4. No. 2*, 2024.
- [5] Z. Musthan and S. Zur, "Sertifikasi dan Implikasinya dalam Meningkatkan Kompetensi Profesional Guru," *Al-Ta'dib: Jurnal Kajian Ilmu Kependidikan*, 15(2), pp. 115-125, 2022.
- [6] N. K. F. Shufa, S. Utaminingsih and T. P. Adji, "Korelasi Guru Bersertifikat Pendidik Terhadap Kompetensi Pedagogik Guru dan Peningkatan Kualitas Pembelajaran di Sekolah Dasar," *Inopendas Jurnal Ilmiah Kependidikan Vol. 7 No. 2*, pp. 127-139, 2024.
- [7] G. R. Pertiwi, L. Y. Sari and D. Saherawan, "Dampak Sertifikasi Guru Terhadap Kinerja Guru Madrasah Tsanawiyah Al-Irsyadiyah Merangin Provinsi Jambi," *QOSIM : Jurnal Pendidikan, Sosial & Humaniora Volume 2 Nomor 2*, 2024.
- [8] B. Permama and H. D. Purnomo, "Analisis Risiko Pinjaman dengan Metode Support Vector Machine, Artificial Neural Network dan Naïve Bayes," *Jurnal JTik (Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi)*, vol. 7, no. 1, pp. 92-99, 2023.
- [9] T. Tan, H. Sama, G. Wijaya and O. E. Aboagye, "Studi Perbandingan Deteksi Intrusi Jaringan menggunakan Machine Learning: (Metode SVM dan ANN)," *Jurnal Teknologi Dan Informasi*, vol. 13, no. 2, pp. 152-164, 2023.
- [10] M. H. Diponegoro, S. S. Kusumawardani and I. Hidayah, "Tinjauan Pustaka Sistematis: Implementasi metode Deep Learning pada Prediksi Kinerja Murid," *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, vol. 10, no. 2, pp. 131-138, 2021.
- [11] Z. Zulfikar, E. S. Podungge, M. I. Saleh and N. Nurdin, "Penerapan Data Mining untuk Memprediksi Tingkat Kelulusan Siswa Menggunakan Algoritma Neural Network," *Jurnal Elektronik Sistem Informasi dan Komputer Vol.5 No.1*, 2019.
- [12] A. Irmawan, "Analisis Perbandingan Kinerja Guru yang Sudah Disertifikasi dan yang Belum Disertifikasi pada SMA Negeri Pulau Wangi-Wangi Kabupaten Wakatobi," *Jurnal Administrasi Publik Volume XVIII (1)*, pp. 97-126, 2022.
- [13] A. N. D. Cintya and J. Nugraha, "Pengaruh Sarana Prasarana dan Motivasi Belajar Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas XII Otomatisasi Tata Kelola Perkantoran di SMK Ketintang Surabaya," *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran (JPAP) Volume 9, Nomor 1*, 2021.
- [14] G. A. B. Suryanegara, A. and M. D. Purbolaksono, "Peningkatan Hasil Klasifikasi pada Algoritma Random Forest untuk Deteksi Pasien Penderita Diabetes Menggunakan Metode Normalisasi," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi) Vol. 5 No. 1*, pp. 114 - 122, 2021.
- [15] R. Saputra, S. Sunardiyo, A. Nugroho and S. , "Implementasi Multilayer Perceptron Artificial Neural Network untuk Prediksi Konsumsi Energi Listrik PT PLN (Persero) UP3 Salatiga," *Elektrika, Vol. 15 No.2*, pp. 60-68, 2023.
- [16] M. Azhari, Z. Situmorang and R. Rosnelly, "Perbandingan Akurasi, Recall, dan Presisi Klasifikasi pada Algoritma C4.5, Random Forest, SVM dan Naive Bayes," *Jurnal Media Informatika Budidarma Volume 5, Nomor 2*, pp. 640-651, 2021 .
- [17] D. Kurnianto, M. A. N. Arya, I. Kharisudin and F. Fauzi, "Analisis Regresi Spasial dengan Pembobot Queen Contiguity pada Tingkat Pengangguran Terbuka di Povinsi Jawa Tengah Tahun 2019," *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika 4*, pp. 595-601, 2021.
- [18] S. W. Sanusi and H. H, "Analisis Moran's I, Geary's C, dan Getis-Ord G pada Penerapan Jumlah Penderita Kusta di Kabupaten Gowa," *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics Vol. 2. No. 2*, p. 151 – 163, 2019.
- [19] E. Nirtha, H. A. Au and R. Purwanti, "Faktor-faktor yang Memengaruhi Minat dan Motivasi Belajar Numerasi Mahasiswa Pendidikan Guru Sekolah Dasar," *Edukasi Tematik: Jurnal Pendidikan Sekolah Dasar*, vol. 5, no. 2, pp. 01-11, 2024.
- [20] A. J. Jemadis, H. Midun, A. Mensiana, A. A. Sarni and A. B. Karim, "Analisis Kesiapan Pelaksanaan dan Evaluasi Pembelajaran Masa Pandemi Covid 19 Jenjang Sekolah Dasar di Kota Ruteng," *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan Missio*, vol. 14, no. 1, pp. 37-51, 2022.
- [21] H. Mi, Z. Gao, Q. Zhang and Y. Zheng, "Research on Constructing Online Learning Performance Prediction Model Combining Feature Selection and Neural Network," *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, vol. 17, no. 7, pp. 94-111, 2022.