

Pendekatan Principal Component Analysis untuk Peningkatan Efektivitas Pemeliharaan Jalan Kabupaten

Bagus Gilang Pratama¹, Sely Novita Sari², Oni Yuliani³

^{1,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

² Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : sely.novita@itny.ac.id

ABSTRAK

Pemeliharaan jalan merupakan aspek krusial dalam menjaga kualitas dan keberlanjutan infrastruktur transportasi, terutama di tingkat kabupaten, karena jalan yang terpelihara dengan baik mendukung kelancaran distribusi dan mobilitas ekonomi. Namun, dengan bertambahnya jumlah ruas jalan dan terbatasnya anggaran, penentuan prioritas pemeliharaan menjadi tantangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan Principal Component Analysis (PCA) dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi penentuan prioritas pemeliharaan jalan kabupaten. Menggunakan data dari 141 ruas jalan, variabel-variabel seperti kondisi jalan, volume lalu lintas, lebar perkerasan, dan jumlah kendaraan berat dianalisis melalui metode PCA. Kesimpulannya, PCA efektif dalam menyederhanakan proses pengambilan keputusan terkait pemeliharaan jalan dengan fokus pada variabel-variabel signifikan, sehingga meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya dan akurasi penentuan prioritas pemeliharaan. Data yang telah dinormalisasi dengan Min-Max Scaler kemudian direduksi menjadi 9 variabel utama yang mampu menjelaskan lebih dari 90% varians dari data asli.

Kata kunci: PCA, Peningkatan, Efektivitas, Pemeliharaan Jalan

ABSTRACT

Road maintenance is a crucial aspect of maintaining the quality and sustainability of transportation infrastructure, especially at the district level, as well-maintained roads support the smooth distribution and economic mobility. However, with the increasing number of road sections and limited budget, determining maintenance priorities becomes a challenge. This study aims to analyze the application of Principal Component Analysis (PCA) in improving the efficiency and accuracy of road maintenance priority determination at the district level. Using data from 141 road sections, variables such as road conditions, traffic volume, pavement width, and heavy vehicle count were analyzed using the PCA method. In conclusion, PCA is effective in simplifying the decision-making process regarding road maintenance by focusing on significant variables, thereby increasing the efficiency of resource management and the accuracy of maintenance priority determination. The data normalized using Min-Max Scaler was reduced to 9 principal variables that explained more than 90% of the variance from the original data.

Keyword : PCA, Improvement, Effectiveness, Road Maintenance

PENDAHULUAN

Pemeliharaan jalan merupakan salah satu faktor krusial dalam menjaga kualitas dan keberlanjutan infrastruktur transportasi di berbagai wilayah, terutama di tingkat kabupaten. Infrastruktur jalan yang baik tidak hanya menjamin keselamatan dan kenyamanan pengguna, tetapi juga memainkan peran kunci dalam mendukung perekonomian lokal. [1]Jalan yang terpelihara dengan baik memudahkan distribusi barang dan jasa, mempercepat mobilitas, dan mengurangi biaya transportasi. Sebaliknya, jalan yang rusak atau tidak terpelihara dengan baik dapat menyebabkan keterlambatan pengiriman, meningkatkan risiko kecelakaan, serta memperbesar biaya perbaikan di masa depan. Oleh karena itu, penting bagi pemerintah daerah untuk memastikan bahwa pemeliharaan jalan dilakukan secara berkelanjutan dan efektif.[2]

Tantangan utama yang dihadapi pemerintah kabupaten adalah penentuan prioritas dalam pemeliharaan jalan, mengingat semakin bertambahnya jumlah ruas jalan yang membutuhkan perhatian serta terbatasnya anggaran yang tersedia. Anggaran yang tidak mencukupi sering kali memaksa pemerintah untuk membuat keputusan sulit terkait alokasi sumber daya pemeliharaan.[3] Dalam situasi ini, penentuan prioritas secara tepat menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa jalan-jalan dengan tingkat kerusakan tertinggi atau dengan dampak ekonomi terbesar yang pertama kali mendapatkan perbaikan. Metode tradisional yang bersifat subjektif sering

kali tidak mampu memberikan hasil yang optimal, sehingga diperlukan pendekatan yang lebih sistematis dan efisien dalam proses ini.[4]

Pendekatan tradisional dalam menentukan prioritas pemeliharaan jalan sering kali mengandalkan penilaian visual dan pengalaman subjektif, yang walaupun praktis, memiliki keterbatasan dalam hal keakuratan dan objektivitas. Penilaian visual bisa dipengaruhi oleh faktor manusia seperti persepsi individu dan pengalaman lapangan, yang menyebabkan variasi dalam keputusan.[5] Selain itu, metode ini kurang mampu menggabungkan berbagai faktor penting yang mempengaruhi kondisi jalan, seperti volume lalu lintas, jenis kerusakan, dan biaya pemeliharaan. Akibatnya, keputusan yang dihasilkan sering kali tidak optimal, terutama ketika dihadapkan pada kompleksitas jaringan jalan yang luas dan keterbatasan anggaran. Kebutuhan akan pendekatan yang lebih objektif dan berbasis data semakin mendesak untuk memastikan bahwa sumber daya yang terbatas dialokasikan pada pemeliharaan jalan yang benar-benar membutuhkan[6][7].

Dalam konteks ini, Principal Component Analysis (PCA) menawarkan solusi analitis yang lebih efektif untuk mengidentifikasi prioritas pemeliharaan jalan. PCA merupakan teknik statistik multivariat yang berguna untuk mereduksi dimensi data dengan mempertahankan variabilitas utama dari kumpulan data tersebut.[8] Dalam analisis pemeliharaan jalan, PCA dapat digunakan untuk menganalisis data dari berbagai variabel terkait kondisi jalan seperti tingkat kerusakan, volume lalu lintas, biaya pemeliharaan, dan faktor-faktor lainnya secara efisien. Dengan mereduksi dimensi data, PCA membantu memfokuskan pada faktor-faktor yang paling signifikan dalam menentukan prioritas. Hasil akhirnya adalah penentuan prioritas pemeliharaan yang lebih obyektif dan berbasis data, sehingga memungkinkan pengalokasian sumber daya yang lebih tepat sasaran serta peningkatan efektivitas program pemeliharaan jalan secara keseluruhan[9][10].

Penelitian-penelitian sebelumnya telah mengkaji berbagai metode untuk menentukan prioritas pemeliharaan jalan, seperti Metode Bina Marga, Metode PCI, dan Metode SDI [2]. Metode-metode tersebut umumnya berfokus pada penilaian kondisi kerusakan jalan sebagai dasar dalam menentukan prioritas. Namun, kajian lain menyatakan bahwa faktor-faktor lain seperti mobilitas, volume lalu lintas, tingkat aksesibilitas, dan pengembangan wilayah juga perlu dipertimbangkan dalam proses penentuan prioritas [4]. Penelitian yang dilakukan di Kabupaten Kudus menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process untuk menentukan skala prioritas penanganan jalan. Hasilnya menunjukkan bahwa kriteria kerusakan jalan memperoleh bobot tertinggi (45,06%), diikuti oleh kriteria mobilitas (20,62%), volume lalu lintas, tingkat aksesibilitas, dan pengembangan wilayah [4]. Sementara itu, studi kasus di kawasan Blok M, Jakarta juga menggunakan pendekatan serupa dengan mempertimbangkan preferensi pejalan kaki dan preferensi para ahli terkait keamanan dan kenyamanan. [4] [11]. Dapat disimpulkan bahwa penentuan prioritas pemeliharaan jalan harus mempertimbangkan berbagai faktor, tidak hanya kondisi kerusakan jalan, tetapi juga aspek-aspek lain seperti mobilitas, aksesibilitas, dan pengembangan wilayah [4] [11].

Pendekatan ini memungkinkan pengelola jalan di tingkat kabupaten untuk membuat keputusan yang lebih akurat dan berbasis data dalam mengalokasikan sumber daya pemeliharaan. Selain itu, penerapan PCA dapat membantu mengidentifikasi pola dan tren dalam data pemeliharaan jalan, sehingga perencanaan jangka panjang dapat dilakukan dengan lebih baik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan Principal Component Analysis (PCA) dalam membantu pengelolaan pemeliharaan jalan kabupaten, khususnya dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi penentuan prioritas pemeliharaan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Principal Component Analysis (PCA) untuk meningkatkan efektivitas dalam penentuan prioritas pemeliharaan jalan kabupaten. Berikut adalah tahapan metodologi yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data dari 141 ruas jalan di kabupaten dengan berbagai variabel penting yang berkaitan dengan kondisi dan kebutuhan pemeliharaan jalan. Variabel-variabel ini mencakup kondisi fisik jalan, volume lalu lintas, beban kendaraan, dan faktor-faktor ekonomi yang relevan. Data ini penting untuk memberikan gambaran yang komprehensif terkait status jalan dan membantu dalam menentukan prioritas pemeliharaan yang tepat.

Variabel utama yang digunakan meliputi **kondisi jalan** yang diklasifikasikan menjadi empat kategori yaitu **rusak berat, rusak, rusak sedang, dan kondisi baik**. Klasifikasi ini penting untuk menilai tingkat kerusakan yang memerlukan perhatian segera. Selain itu, **Volume Lalu Lintas Harian (LHR)** juga



dikumpulkan untuk mengukur jumlah kendaraan yang melintas di setiap ruas jalan, yang berkaitan dengan potensi kerusakan akibat beban lalu lintas.

Lebar perkerasan jalan dan jumlah kendaraan berat juga merupakan variabel kunci yang mempengaruhi daya tahan jalan. Jalan yang lebih lebar dan menerima lebih banyak kendaraan berat cenderung lebih cepat mengalami kerusakan. Oleh karena itu, data ini digunakan untuk menilai kapasitas jalan dan kebutuhannya untuk diperbaiki. Selain itu, **faktor ekonomi** daerah dan **Angka LER** membantu mengidentifikasi pentingnya jalan dalam mendukung kegiatan ekonomi dan perdagangan. Jalan yang melayani area dengan aktivitas ekonomi tinggi atau terhubung dengan pusat distribusi mungkin memerlukan prioritas pemeliharaan lebih tinggi untuk memastikan kelancaran operasional.

Terakhir, **kelayakan jalan** diklasifikasikan dalam empat kategori yaitu **kelayakan tinggi, sedang, rendah, dan tidak layak**, untuk menentukan apakah jalan masih dapat digunakan dengan aman atau memerlukan perbaikan segera. Dengan semua variabel ini, analisis PCA akan digunakan untuk mereduksi dimensi data dan mengidentifikasi faktor-faktor paling signifikan yang mempengaruhi prioritas pemeliharaan jalan, sehingga keputusan dapat diambil dengan lebih efektif dan efisien.

2. Normalisasi Data

Data yang telah dikumpulkan akan diproses dengan menggunakan metode normalisasi, yaitu **Min-Max Scaler**. Proses normalisasi ini dilakukan untuk mengonversi nilai variabel ke dalam rentang tertentu (biasanya 0 sampai 1) agar variabel yang memiliki skala berbeda dapat dibandingkan secara adil dalam analisis PCA.

Sebelum PCA dilakukan, data dalam matriks X dinormalisasi menggunakan **Min-Max Scaler** atau **Z-score normalization**, yang bertujuan untuk membuat setiap variabel memiliki rentang yang sama [12][13].

Untuk **Min-Max Scaler**, rumus normalisasi setiap elemen X_{ij} adalah

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (1)$$

Di mana X_{min} dan X_{max} adalah nilai minimum dan maksimum dari variabel ke- j .

3. Aplikasi Principal Component Analysis (PCA)

Setelah proses normalisasi data menggunakan Min-Max Scaler dilakukan, langkah berikutnya adalah menerapkan Principal Component Analysis (PCA). PCA merupakan teknik statistik yang digunakan untuk mereduksi dimensi data, terutama ketika terdapat banyak variabel yang saling berkorelasi. Dalam konteks pemeliharaan jalan kabupaten, PCA digunakan untuk menganalisis variabilitas di antara variabel-variabel yang dikumpulkan, seperti kondisi jalan, volume lalu lintas, lebar perkerasan, jumlah kendaraan berat, dan lain-lain [14].

PCA bekerja dengan cara menghitung varians dari setiap variabel dan mengidentifikasi komponen utama (principal components) yang dapat menjelaskan sebagian besar variabilitas data. Komponen-komponen utama ini merupakan kombinasi linear dari variabel-variabel asli, tetapi memiliki kemampuan untuk menyederhanakan data tanpa kehilangan informasi yang signifikan.

4. Analisis dan Interpretasi

Setelah PCA diaplikasikan dan komponen utama diidentifikasi, langkah berikutnya adalah melakukan analisis dan interpretasi hasil PCA. Analisis ini melibatkan evaluasi terhadap bobot (*loading*) dari setiap variabel pada masing-masing komponen utama. Bobot tersebut menunjukkan kontribusi variabel asli terhadap komponen utama yang terbentuk. Variabel dengan bobot yang tinggi pada komponen tertentu dianggap sebagai faktor yang paling signifikan dalam menjelaskan varians data [15].

Dalam konteks pemeliharaan jalan, interpretasi hasil PCA akan mengarahkan pengelola untuk fokus pada faktor-faktor seperti tingkat kerusakan jalan, volume lalu lintas harian, dan jumlah kendaraan berat yang melintas. Komponen utama ini memberikan dasar yang kuat untuk memprioritaskan ruas jalan yang memerlukan perhatian segera. Dengan kata lain, analisis PCA membantu mereduksi kompleksitas data menjadi sejumlah kecil faktor yang paling penting untuk dipertimbangkan dalam pengambilan keputusan pemeliharaan.

HASIL DAN ANALISIS

Dalam penelitian ini, penerapan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk mereduksi variabel pada pelatihan model neural network.

Pemrosesan Data

Langkah awal dalam penelitian ini adalah pemrosesan data dengan melakukan normalisasi menggunakan Min-Max Scaler. Proses ini bertujuan untuk menstandarkan nilai variabel agar berada dalam rentang 0 hingga 1, sehingga mencegah bias yang mungkin terjadi akibat skala variabel yang berbeda-beda. Dalam konteks ini, normalisasi membantu mempersiapkan data agar sesuai untuk digunakan dalam analisis PCA dan pelatihan model neural network.

Data yang digunakan terdiri dari 15 variabel, seperti kondisi jalan (rusak berat, rusak, rusak sedang, kondisi baik), volume lalu lintas harian (LHR), lebar perkerasan jalan, jumlah kendaraan berat, serta aspek ekonomi dan kelayakan jalan. Masing-masing variabel ini merupakan parameter penting dalam proses identifikasi kondisi jalan dan prioritas pemeliharaan.

#	Column	Non-Null Count	Dtype
0	kondisiRusakBerat	141 non-null	int64
1	kondisiRusak	141 non-null	int64
2	kondisiRusakSedang	141 non-null	int64
3	kondisiBaik	141 non-null	int64
4	LHR	141 non-null	int64
5	LebarPerkerasan	141 non-null	int64
6	JumlahKendaraanBeraet	141 non-null	int64
7	AngkaLER	141 non-null	int64
8	Ekonomi	141 non-null	int64
9	JumlahPenduduk	141 non-null	int64
10	JalanStrategis	141 non-null	int64
11	KelayakanTinggi	141 non-null	int64
12	KelayakanSedang	141 non-null	int64
13	KelayakanRendah	141 non-null	int64
14	TidakLayak	141 non-null	int64
15	Kelas	141 non-null	int64

Gambar 1. Variabel Parameter Dalam Pelatihan Model Neural Network

Gambar 1 menunjukkan informasi tentang dataset yang digunakan dalam analisis kondisi jalan, dengan 15 variabel yang masing-masing berisi 141 entri non-null. Semua variabel bertipe data integer, yang siap digunakan untuk analisis lebih lanjut seperti PCA (*Principal Component Analysis*) atau pelatihan model neural network, di mana setiap variabel memegang peran penting dalam menentukan prioritas pemeliharaan jalan berdasarkan kondisi, lalu lintas, dan faktor ekonomi.

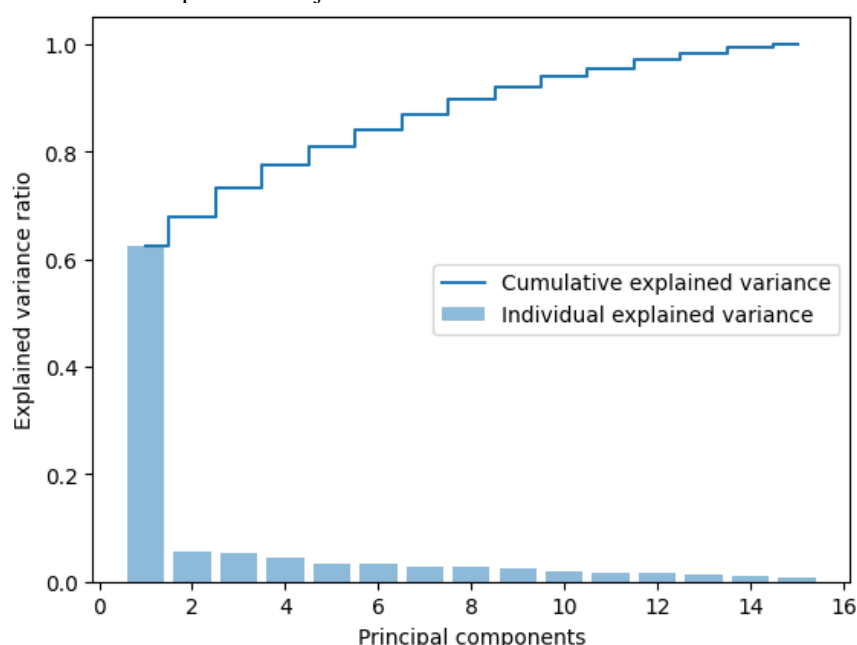
Pemrosesan dengan Principal Component Analysis (PCA)

Setelah data dinormalisasi menggunakan metode Min-Max Scaler, langkah selanjutnya dalam proses analisis ini adalah menerapkan Principal Component Analysis (PCA). Tujuan utama penerapan PCA adalah untuk mereduksi dimensi data, yakni mengurangi jumlah variabel yang perlu dianalisis tanpa menghilangkan informasi penting yang terkandung dalam data. Pada dasarnya, PCA bekerja dengan cara menganalisis varians dari setiap variabel dan mengidentifikasi faktor-faktor utama yang paling berpengaruh terhadap varians total. Hasilnya, beberapa variabel yang memiliki kontribusi paling kecil terhadap varians data dapat dihilangkan atau digabungkan ke dalam komponen utama yang mewakili lebih banyak informasi.

Dalam penelitian ini, PCA diterapkan pada dataset yang terdiri dari 15 variabel, yang masing-masing menggambarkan kondisi jalan, volume lalu lintas, jumlah kendaraan berat, dan faktor lainnya yang

mempengaruhi prioritas pemeliharaan jalan. Setelah PCA diaplikasikan, didapati bahwa hanya 9 variabel yang mampu menjelaskan lebih dari 90% dari varians total dalam data. Ini berarti bahwa dengan hanya menggunakan 9 dari 15 variabel, sebagian besar informasi yang terkandung dalam keseluruhan dataset masih dapat dipertahankan. Pengurangan jumlah variabel ini sangat penting karena dapat menyederhanakan proses analisis tanpa kehilangan kualitas informasi yang relevan.

Salah satu manfaat utama dari penerapan PCA adalah efisiensi dalam pengolahan data. Dengan mengurangi jumlah variabel yang perlu dipertimbangkan, proses analisis dan pelatihan model menjadi lebih cepat dan efisien. Proses yang melibatkan lebih sedikit variabel juga mengurangi risiko overfitting, yang sering terjadi ketika terlalu banyak variabel dimasukkan ke dalam model tanpa kontribusi informasi yang signifikan. Dengan kata lain, PCA membantu memastikan bahwa model yang digunakan hanya fokus pada variabel-variabel yang paling penting, sehingga dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan lebih cepat. Pada tahap selanjutnya, grafik explained variance ratio digunakan untuk memvisualisasikan distribusi varians yang dijelaskan oleh masing-masing komponen utama. Grafik ini menunjukkan bagaimana setiap komponen utama menjelaskan bagian tertentu dari varians data. Komponen utama pertama selalu menjelaskan varians terbesar, yang berarti bahwa variabel-variabel yang tergabung dalam komponen ini memiliki pengaruh paling signifikan terhadap keseluruhan dataset. Komponen-komponen berikutnya menjelaskan varians yang lebih kecil secara bertahap. Namun, meskipun setiap komponen tambahan memiliki kontribusi yang lebih kecil, secara kumulatif, 9 komponen utama sudah cukup untuk menjelaskan lebih dari 90% dari varians total.



Gambar 2. Grafik Explained Variance Ratio untuk Principal Component Analysis

Gambar 2 menampilkan hubungan antara komponen utama (*principal components*) dengan explained variance ratio, baik secara individual maupun kumulatif, yang menunjukkan seberapa besar varians total dalam data yang dapat dijelaskan oleh masing-masing komponen utama.

Dengan hasil ini, disimpulkan bahwa penerapan 9 komponen utama sudah mampu memberikan representasi yang baik terhadap dataset. Ini menunjukkan tingkat kepercayaan (*confidence level*) yang tinggi, yaitu lebih dari 90%. Hal ini sangat penting dalam konteks analisis data karena menunjukkan bahwa sebagian besar informasi dari data asli tetap terjaga meskipun beberapa variabel telah direduksi. Dengan kata lain, meskipun ada pengurangan dalam jumlah variabel yang dianalisis, tidak ada kehilangan informasi yang signifikan yang dapat mempengaruhi hasil akhir analisis atau pengambilan keputusan.

Penerapan PCA dalam konteks ini memiliki implikasi yang luas terhadap proses pengambilan keputusan, terutama dalam pengelolaan dan pemeliharaan jalan. Dengan mengidentifikasi variabel-variabel kunci yang paling berpengaruh terhadap kondisi dan penggunaan jalan, pengelola dapat menentukan prioritas pemeliharaan dengan lebih tepat dan efisien. Selain itu, dengan pengurangan jumlah variabel, pengelola juga dapat mengalokasikan sumber daya dengan lebih efektif, memastikan bahwa anggaran dan tenaga kerja yang tersedia digunakan untuk memperbaiki jalan-jalan yang paling membutuhkan perhatian.

Analisis dan Interpretasi

Setelah proses Principal Component Analysis (PCA) diterapkan, langkah berikutnya adalah melakukan analisis lebih mendalam untuk mengevaluasi kontribusi masing-masing variabel terhadap komponen utama yang terbentuk. Dalam PCA, komponen utama (principal components) adalah kombinasi linear dari variabel asli, dengan bobot yang berbeda-beda. Bobot ini mengukur seberapa besar kontribusi masing-masing variabel terhadap komponen utama tertentu. Oleh karena itu, variabel-variabel dengan bobot tertinggi pada komponen utama pertama dianggap sebagai faktor yang paling penting dalam menjelaskan varians data dan, dalam hal ini, dianggap sebagai faktor yang paling berpengaruh dalam proses pemeliharaan jalan.

Pada komponen utama pertama, variabel-variabel seperti kondisi jalan (termasuk kondisi rusak berat dan rusak sedang), volume lalu lintas harian (LHR), dan jumlah kendaraan berat muncul sebagai variabel dengan bobot tertinggi. Hal ini berarti bahwa variabel-variabel ini memiliki pengaruh paling besar terhadap kondisi jalan dan menjadi penentu utama dalam menentukan prioritas pemeliharaan. Misalnya, jalan dengan kondisi rusak berat dan volume lalu lintas yang tinggi akan memerlukan perhatian lebih cepat dibandingkan jalan-jalan lain yang dalam kondisi lebih baik atau memiliki lalu lintas lebih rendah. Dengan memahami kontribusi ini, pengelola jalan dapat lebih fokus pada faktor-faktor yang benar-benar mempengaruhi kondisi infrastruktur jalan secara signifikan.

Komponen utama kedua dan seterusnya menjelaskan varians yang lebih kecil dan mencakup variabel-variabel yang memiliki kontribusi lebih rendah terhadap kondisi jalan. Meskipun kontribusi mereka lebih kecil, variabel-variabel ini tetap penting karena menyumbang informasi yang bersifat komplementer. Misalnya, variabel-variabel seperti lebar perkerasan, ekonomi daerah, dan jumlah penduduk mungkin tidak berpengaruh sebesar kondisi jalan atau volume lalu lintas, tetapi tetap relevan dalam analisis jangka panjang terkait beban dan kapasitas jalan.

Dengan menerapkan PCA, dataset yang semula terdiri dari 15 variabel berhasil direduksi menjadi hanya 9 variabel utama yang tetap mampu menjelaskan lebih dari 90% varians data (Ditunjukkan pada tabel 1). Ini berarti bahwa meskipun beberapa variabel dihilangkan atau digabungkan ke dalam komponen-komponen utama, sebagian besar informasi dalam data asli tetap dipertahankan. Reduksi ini memiliki implikasi penting bagi efisiensi pemrosesan data, terutama dalam konteks pelatihan model machine learning seperti neural network. Dengan berkurangnya jumlah variabel yang harus diproses oleh model, proses pelatihan menjadi lebih cepat dan efisien.

Tabel 1 Nilai PCA untuk 9 Komponen

No	PCA	Nilai PCA
1	PCA 1	62,4%
2	PCA 2	5,6%
3	PCA 3	5,2%
4	PCA 4	4,4%
5	PCA 5	3,4%
6	PCA 6	3,3%
7	PCA 7	2,8%
8	PCA 8	2,7%
9	PCA 9	2,4%
Total		91.8%

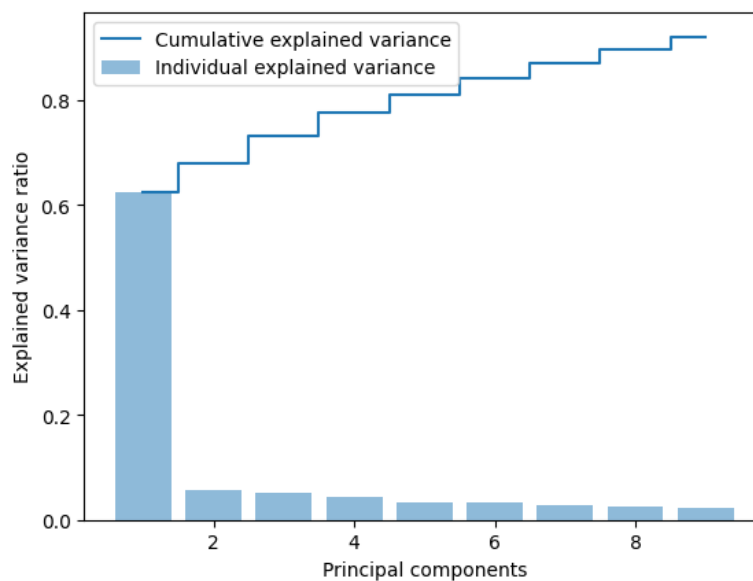
Pada model neural network, semakin banyak variabel yang digunakan, semakin besar juga kebutuhan komputasi yang diperlukan, baik dalam hal waktu pelatihan maupun penggunaan memori. Selain itu, penggunaan variabel yang tidak relevan atau memberikan kontribusi informasi yang kecil dapat menyebabkan overfitting, di mana model menjadi terlalu spesifik terhadap data pelatihan dan kehilangan kemampuannya untuk generalisasi terhadap data baru. Dengan mengurangi variabel menjadi hanya yang paling signifikan melalui PCA, model neural network dapat bekerja lebih optimal karena model hanya memproses variabel yang memberikan kontribusi nyata terhadap prediksi yang dihasilkan.

Dalam penerapan Principal Component Analysis (PCA), penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan 9 parameter utama, tingkat kepercayaan yang dicapai mencapai 92%. Artinya, 9 komponen utama tersebut mampu menjelaskan 92% varians dari keseluruhan data, yang berarti sebagian besar informasi penting dari data asli tetap terwakili dengan baik meskipun jumlah variabel yang dianalisis telah berkurang. Pengurangan variabel ini tidak mengorbankan akurasi, karena informasi signifikan yang mendasari

pengambilan keputusan tetap dipertahankan, sehingga proses penentuan prioritas pemeliharaan jalan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien tanpa kehilangan keandalan hasil analisis.

Gambar 3 menunjukkan bagaimana varians yang dijelaskan oleh setiap komponen utama (principal components) secara individual (diwakili oleh bar biru) dan bagaimana varians tersebut terakumulasi secara bertahap (diwakili oleh garis biru). Tujuan dari grafik ini adalah untuk mengilustrasikan berapa banyak varians yang dapat dijelaskan oleh setiap komponen utama dalam data setelah PCA diterapkan

Secara keseluruhan, penerapan PCA dalam mereduksi variabel dari 15 menjadi 9 tidak hanya meningkatkan efisiensi pemrosesan data, tetapi juga meningkatkan performa model neural network, baik dalam proses pelatihan maupun prediksi. Lebih dari itu, PCA juga membantu dalam membuat proses analisis lebih terfokus, memastikan bahwa hanya variabel-variabel yang paling signifikan yang dipertimbangkan dalam proses pengambilan keputusan. Dengan pendekatan ini, pengelola jalan dapat membuat keputusan yang lebih cepat, efisien, dan berbasis data yang solid, yang pada akhirnya meningkatkan efektivitas program pemeliharaan jalan di tingkat kabupaten atau wilayah.



Gambar 3. Grafik Cumulative Explained Variance dan Individual Explained Variance untuk Principal Component Analysis (PCA)

KESIMPULAN

Penerapan **Principal Component Analysis (PCA)** secara signifikan dapat membantu dalam pengelolaan pemeliharaan jalan kabupaten dengan meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam penentuan prioritas pemeliharaan. Hasil PCA berhasil mereduksi jumlah variabel dari **15 variabel** asli menjadi hanya **9 variabel** utama, yang tetap mampu menjelaskan lebih dari **90% varians** dari data asli. Dengan hanya menggunakan **9 komponen utama**, sebagian besar informasi yang diperlukan untuk membuat keputusan prioritas pemeliharaan jalan dapat dipertahankan, yang pada akhirnya menyederhanakan proses pengambilan keputusan. Penerapan PCA tidak hanya mempercepat analisis data dan pelatihan model, tetapi juga membantu fokus pada variabel-variabel yang paling signifikan, seperti **kondisi jalan (rusak berat, rusak sedang)**, **volume lalu lintas harian (LHR)**, dan **jumlah kendaraan berat**, yang terbukti sebagai faktor utama dalam mempengaruhi prioritas pemeliharaan. Kesimpulannya, dengan mereduksi dimensi data, PCA memungkinkan pengelola untuk mengalokasikan sumber daya pemeliharaan secara lebih efisien dan berdasarkan data yang akurat, meningkatkan efektivitas program pemeliharaan jalan kabupaten..

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian, Pengabdian Masyarakat, dan Inovasi (LPPMI) Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY) atas dukungan serta pendanaan yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Penelitian ini didanai melalui Bantuan Dana Penelitian ITNY untuk Tahun Anggaran 2023/2024, yang memungkinkan penelitian ini dapat diselesaikan

dengan baik dan memberikan kontribusi ilmiah yang berarti. Peneliti berharap agar dukungan ini dapat terus berlanjut untuk mendorong perkembangan penelitian di lingkungan ITNY.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. D. Rarasati and T. R. Iskandar, "Integrated sustainability for transportation infrastructure development in Indonesia: A case study of Karawang region".
- [2] A. Gusnilawati, "Analisis Penilaian Faktor Kerusakan Jalan Dengan Perbandingan Metode Bina Marga, Metode Pci (Pavement Condition Index), Dan Metode Sdi (Surface Distress Index) (Studi Kasus Ruas Jalan Patuk-Dlingo, Kec. Dlingo, Kab. Bantul)".
- [3] D. Purwanto and E. E. Yulipriyono, "Efektifitas Pemberlakuan Sistem Satu Arah pada Jalan Indraprasta Kota Semarang dalam Rangka Pemerataan Sebaran Beban Lalu Lintas".
- [4] H. Irawan, I. Ismiyati and B. Pudjianto, "Penentuan Skala Prioritas Penanganan Jalan Kabupaten di Kabupaten Kudus Dengan Metode Analytical Hierarchy Process".
- [5] S. N. Sari, B. G. Pratama and I. Ircham, "Kolaborasi Jaringan Saraf Tiruan (JST) Dalam Identifikasi Prioritas Penanganan Pemeliharaan Jalan Kabupaten".
- [6] J. S. Christiawan and Y. Basuki, "Penentuan Prioritas Peningkatan Layanan Penerangan Jalan Umum Di Kota Kediri".
- [7] A. Roza, Q. Guvil and R. B. Birman, "Analisis Kinerja Ruas Jalan Akibat On – Street Parking System Pasca Pemasangan Alat Meter Parkir (Studi Kasus Ruas Jalan Permindo Kota Padang)".
- [8] I. Rahimah, E. S. Y. Siregar, T. Heriyanto and V. P. Siregar, "Application of Principal Component Analysis to Characterize The Effect of Fishing Ground of *Portunus pelagicus* in Lancang Island Based on Environmental Parameters".
- [9] E. Kusnadi and H. L. H. S. Warnars, "Prediksi Prioritas Infrastruktur Jalan di Provinsi Banten Dengan Metode AHP".
- [10] D. A. W. Savitri, D. M. P. Wedagama and I. G. P. Suparsa, "Analisis Penentuan Prioritas Penanganan Jalan Di Kota Denpasar Berdasarkan Metode Analytic Hierarchy Process (Ahp) Dengan Kombinasi Metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fahp) Dan Topsis".
- [11] H. G. Mulia and O. R. Manullang, "Penentuan Prioritas Indikator Dalam Merencanakan Jalur Pejalan Kaki (Studi Kasus: Kawasan Blok M, Jakarta Selatan)".
- [12] I. T. Jolliffe, "Principal Component Analysis".
- [13] F. L. Gewers et al., "Principal Component Analysis: A Natural Approach to Data Exploration".
- [14] I. B. Ristanto, Y. R. W. Utami and T. Susyanto, "Penerapan Metode Clustering dengan Fuzzy C-Means untuk Memetakan Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas di Surakarta".
- [15] S. B. F. Ginting, S. Sawaluddin and M. Zarlis, "Kombinasi Pembobotan Symmetrical Uncertainty Pada K-Means Clustering Dalam Peningkatan Kinerja Pengelompokan Data".