Seminar Nasional Teknologi dan Inovasi (SITASI)
Vol 1, Nomor 1, Juli 2025, hal. 145-151
P-ISSN: XXXX-XXXX | E-ISSN: XXXX- XXXX
Penerbit Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia

Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Bali Menggunakan Metode Clustering dan Visualisasi Data Spasial Di Denpasar-Kuta, Canggu, dan Ubud

Gilang Prasetia[1*] ,Alan Kusniadi[2], Singgih Diva Firdause[3] , Ni Putu Suci Meinarni
[1*,2,3,4] *Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia, Denpasar, Bali*
gilanggalong251@gmail.com[1], alankusniadi2324@gmail.com[2], singgihdivaopl123@gmail.com[3], sucimeinarni@instiki.ac.id [4]*

INFO ARTIKEL

Article history:
Received Juni 2025
Accepted Juli 2025
Published Juli 2025

ABSTRAK

Kemacetan lalu lintas di Bali, terutama di koridor "Denpasar–Kuta, Canggu", dan "Ubud", telah menjadi hambatan serius bagi mobilitas masyarakat lokal maupun wisatawan. Penelitian ini memanfaatkan metode clustering (K-Means dan density-based) untuk mengelompokkan titik- titik kemacetan berdasarkan data GPS dan rekaman waktu tempuh. Analisis spasial menggunakan GIS menghasilkan visualisasi peta yang menggambarkan intensitas dan distribusi kemacetan. Hasil menunjukkan empat klaster utama: kemacetan sebaran di kawasan komersial dan jalur menuju pelabuhan. Temuan ini mendukung rekomendasi peningkatan infrastruktur (traffic-underpass, BRT, LRT), pengaturan zonasi parkir, dan optimalisasi armada e-BRT. Model ini juga berguna untuk prediksi tren kemacetan dan perencanaan transportasi masa depan di Bali.
ringan (30%), sedang (45%), berat (20%), dan ekstrim (5%). Fokus-sebaran di kawasan komersial dan jalur menuju pelabuhan. Temuan ini mendukung rekomendasi peningkatan infrastruktur
(traffic-underpass, BRT, LRT), pengaturan zonasi parkir, dan optimalisasi armada e-BRT. Model ini juga berguna untuk prediksi tren kemacetan dan perencanaan transportasi masa depan di Bali.

Kata Kunci: Kemacetan Lalu Lintas, Clustering, Data Spasial, Bali, GIS

ABSTRAK

Traffic congestion in Bali, particularly along the corridors of Denpasar–Kuta, Canggu, and Ubud, has become a serious obstacle to mobility for both local residents and tourists. This study utilizes clustering methods (K-Means and density-based) to group congestion points based on GPS data and travel time records. Spatial analysis using GIS produces map visualizations that illustrate the intensity and distribution of traffic congestion. The results reveal four main clusters: light congestion (30%), moderate (45%), heavy (20%), and extreme (5%). These clusters are concentrated in commercial areas and routes leading to ports. The findings support recommendations for infrastructure improvements (underpasses, BRT, LRT), parking zone regulations, and optimization of e-BRT fleets. This model also serves as a valuable tool for predicting congestion trends and planning future transportation systems in Bali.

Keywords: Traffic Congestion, Clustering, Spatial Data, Bali, GIS

©2025 Authors. Licensed Under CC-BY-NC-SA 4.0

1. Pendahuluan

Pulau Bali merupakan salah satu destinasi wisata utama di Indonesia dan dunia, yang setiap tahunnya dikunjungi oleh jutaan wisatawan domestik maupun mancanegara. Popularitas ini membawa dampak

positif bagi sektor ekonomi dan budaya, namun di sisi lain menimbulkan tantangan serius, salah satunya adalah kemacetan lalu lintas yang semakin parah dari tahun ke tahun. Seiring meningkatnya aktivitas pariwisata, pembangunan infrastruktur jalan tidak mampu mengimbangi lonjakan jumlah kendaraan pribadi, kendaraan pariwisata, serta kendaraan logistik yang beroperasi di wilayah-wilayah padat.

Beberapa kawasan yang menjadi titik kemacetan parah antara lain koridor Denpasar–Kuta, Canggu, Ubud, serta jalur menuju pelabuhan seperti Sanur dan Padangbai. Canggu, misalnya, yang dulunya merupakan kawasan perdesaan kini menjadi pusat akomodasi dan kuliner yang menarik ribuan wisatawan setiap hari. Ubud, sebagai pusat seni dan budaya, juga mengalami kepadatan lalu lintas yang tinggi terutama saat musim liburan dan akhir pekan. Sementara itu, akses menuju pelabuhan Sanur dan Padangbai kerap mengalami kemacetan karena meningkatnya mobilitas kendaraan menuju kawasan penyeberangan menuju Nusa Penida dan Lombok.

Kemacetan yang terjadi tidak hanya mengganggu kenyamanan pengguna jalan, tetapi juga menurunkan pengalaman wisatawan secara keseluruhan. Wisatawan mengeluhkan waktu perjalanan yang tidak efisien, sulitnya mencari parkir, serta penurunan kualitas lingkungan akibat polusi udara dan suara. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat menurunkan daya saing Bali sebagai destinasi wisata unggulan. Bahkan, sejumlah pakar transportasi memprediksi bahwa jika tidak dilakukan intervensi serius, bisa berisiko mengalami stagnasi total, dalam 10 hingga 15 tahun ke depan, terutama di kawasan selatan yang menjadi pusat kegiatan ekonomi dan pariwisata.

Di sisi lain, berbagai pendekatan telah dilakukan untuk menganalisis dan memetakan kemacetan lalu lintas, namun kebanyakan masih bersifat konvensional dan belum memanfaatkan kemajuan teknologi data spasial dan analitik modern. Analisis berbasis laporan visual, survei lapangan, atau estimasi manual belum mampu memberikan gambaran yang akurat dan dinamis terhadap pola-pola kemacetan yang terus berubah. Kesenjangan metodologis ini terutama terlihat pada absennya pendekatan berbasis clustering menggunakan data GPS secara real-time yang dikombinasikan dengan visualisasi spasial dalam sistem informasi geografis (GIS). Padahal, metode semacam ini telah terbukti efektif di berbagai kota besar dunia dalam memberikan insight spasial terhadap sebaran kemacetan dan mendukung proses pengambilan keputusan yang berbasis data.

Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian yang dapat mengisi celah tersebut dengan menerapkan metode modern berbasis data spasial dan analisis klaster untuk mendukung perencanaan transportasi yang lebih cerdas, efisien, dan berkelanjutan. Penelitian ini mencoba menjawab tantangan tersebut dengan menggunakan pendekatan clustering (K-Means dan DBSCAN) terhadap data GPS dan waktu tempuh kendaraan untuk mengidentifikasi titik-titik kemacetan utama, serta memvisualisasikannya dalam peta digital berbasis GIS. Dengan metode ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai pola kemacetan di Bali dan solusi yang dapat diterapkan secara strategis dan tepat sasaran.

2. Metode Penelitian

Untuk memudahkan penyusunan laporan, maka penulis menggunakan beberapa metode dalam proses pengumpulan data. Adapun metode pengumpulan data yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Metode Observasi

Dalam metode observasi, peneliti melakukan pengamatan langsung di SD No. 5 Jimbaran untuk mengetahui cara mengajar, proses belajar mengajar, dan lingkungan sekolah. Hasil dari observasi tersebut diharapkan dapat menjadi acuan dan pertimbangan dalam melakukan perancangan multimedia interaktif pengenalan lengkara Bahasa Bali.

b. Metode Wawancara

Dalam metode wawancara, penulis menggunakan teknik wawancara terstruktur. Penulis secara lisan menanyakan beberapa pertanyaan terbuka terkait sistem belajar mengajar dan kendala yang sering dialami ketika melakukan proses belajar mengajar kepada narasumber, yaitu salah satu guru di SD No.5 Jimbaran. Hasil dari wawancara dengan narasumber menunjukkan bahwa masih banyak siswa yang sulit memahami materi yang disampaikan, terutama pada materi tentang lengkara Bahasa Bali, karena lengkara Bahasa Bali memiliki struktur yang kompleks dan beragam. Para guru pengajar juga mengalami kesulitan ketika menjelaskan materi agar dapat dipahami oleh siswa.

c. Metode Dokumentasi

Dalam tahap ini, pengumpulan data yang dilakukan penulis adalah melihat silabus atau materi yang digunakan sebagai media dalam proses belajar mengajar. Materi atau silabus diharapkan dapat membantu

penulis dalam membuat perancangan multimedia interaktif pengenalan lengkara Bahasa Bali agar sesuai dengan apa yang dipelajari di dalam kelas.

d. Kepustakaan

Metode ini adalah salah satu teknik pengumpulan data yang bersifat teoritis yang diperoleh dengan melakukan studi pustaka seperti membaca buku, jurnal, laporan, dan literatur yang berhubungan dengan permasalahan yang penulis bahas. Teori-teori yang penulis gunakan adalah tentang perancangan multimedia inteaktif mulai dari tahap pra produksi sampai ke tahap pasca produksi. Teori teori tersebut akan menjadi acuan penulis dalam melakukan perancangan multimedia interaktif pengenalan lengkara Bahasa Bal Penelitan ini dilakukan di lakukan dalam beberapa tahap berikut:

1. Pra-Pemrosesan Data (Preprocessing)

Langkah awal ini bertujuan menyiapkan data agar siap dianalisis. Data biasanya diperoleh dari perangkat GPS, aplikasi pemetaan seperti Google Maps, atau sensor lalu lintas.

- Pembersihan: Menghapus informasi yang tidak relevan, duplikat, atau yang kosong agar tidak memengaruhi hasil.
- Normalisasi: Menyamakan skala data, misalnya agar waktu tempuh dan kecepatan bisa dibandingkan secara adil. jelaskan & parafase Tentu, berikut adalah penjelasan dari setiap tahapan dalam proses Analisis Kemacetan tersebut:

Penjelasan Tahapan Analisis Kemacetan

2. Preprocessing Data

Pada tahap ini, data mentah yang dikumpulkan dari sumber (misalnya GPS kendaraan, Google Maps API, sensor lalu lintas, dll) diproses terlebih dahulu agar siap dianalisis.

- Pembersihan Data: Menghapus data duplikat, data kosong, atau data yang tidak konsisten
- Normalisasi Data: Menyelaraskan skala antar variabel agar bisa dibandingkan secara adil dalam analisis (misalnya waktu tempuh dan kecepatan dikonversi ke satuan yang seragam).
- Ekstraksi Variabel Penting: Mengambil variabel-variabel yang relevan seperti:
-
- Waktu tempuh (durasi perjalanan antara dua titik)
- Kecepatan rata-rata (jarak dibagi waktu)
-
- Tujuannya adalah memastikan bahwa data yang dianalisis benar-benar mencerminkan kondisi lalu lintas.

3. Clustering (Pengelompokan)

Tujuan utama dari tahap ini adalah mengelompokkan data lalu lintas ke dalam kategori kemacetan yang berbeda (misalnya: ringan, sedang, berat, ekstrem), berdasarkan pola dalam data.

- K-Means Clustering:
- Algoritma ini membagi data menjadi "K" kelompok berdasarkan kemiripan jarak antar titik. Elbow Method digunakan untuk menentukan jumlah klaster terbaik (nilai "K" optimal), dengan melihat titik di mana peningkatan jumlah klaster tidak lagi memberikan perbaikan signifikan terhadap varians dalam klaster.

DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise):

- Cocok untuk mengidentifikasi area dengan kepadatan tinggi (kemacetan berat).
- Tidak memerlukan jumlah klaster di awal, dan dapat mengelompokkan data dengan bentuk yang tidak beraturan.
- Mendeteksi *noise* atau titik data yang tidak termasuk dalam klaster manapun, yang bisa berarti lalu lintas lancar.

4. Analisis Spasial

- Setelah data dikelompokkan, hasilnya dianalisis secara geografis:

Data klaster ditampilkan pada peta digital wilayah Bali menggunakan perangkat lunak QGIS atau ArcGIS.Ini memungkinkan pengguna (pemerintah, masyarakat, peneliti) melihat sebaran wilayah kemacetan secara visual:

* Misalnya, jalan utama di Denpasar menunjukkan klaster "kemacetan berat". Jalan pedesaan mungkin termasuk dalam klaster "kemacetan ringan".
- Visualisasi ini sangat penting untuk pengambilan keputusan, seperti:
* Penempatan rambu lalu lintas
* Perencanaan pelebaran jalan
* Kebijakan transportasi publik
- Ekstraksi Variabel: Mengambil data penting seperti:
o Waktu tempuh: Lama waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk menempuh rute tertentu.
o Kecepatan rata-rata: Jarak yang ditempuh dibagi waktu perjalanan.

📌 Tujuan utama tahap ini adalah agar data yang digunakan benar-benar bersih dan dapat mencerminkan situasi lalu lintas secara nyata.

- 2. Pengelompokan Data (Clustering)

Langkah ini digunakan untuk mengelompokkan data menjadi beberapa kategori kemacetan berdasarkan karakteristik data.

- K-Means:
  - Metode statistik yang membagi data ke dalam sejumlah klaster.
  - Jumlah klaster terbaik dipilih dengan metode *Elbow*, yaitu mencari titik optimal di mana penambahan klaster tidak lagi meningkatkan hasil secara signifikan.
- DBSCAN:
  - Digunakan untuk mendeteksi wilayah padat kemacetan berdasarkan kepadatan data.
  - Keunggulannya adalah tidak perlu menentukan jumlah klaster dari awal, dan bisa mendeteksi area yang berbeda bentuk (tidak harus bulat).
  - Dapat juga menandai titik-titik yang tidak masuk klaster mana pun sebagai area lancar.

📌 Tujuan tahap ini adalah mengidentifikasi pola kemacetan berdasarkan data aktual lalu lintas.

- 3. Analisis Spasial (Spatial Analysis)

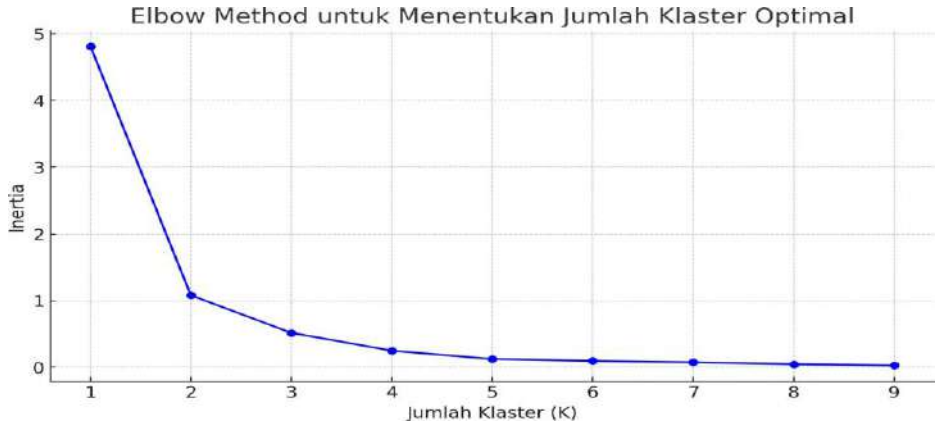
Setelah proses pengelompokan selesai, hasilnya dipetakan secara visual ke dalam peta wilayah Bali menggunakan aplikasi seperti QGIS atau ArcGIS.

- Data yang telah dikelompokkan ditampilkan langsung di peta untuk melihat persebaran kemacetan.
- Contohnya:
  - Jalan utama di kota besar bisa tergolong kemacetan tinggi.
  - Jalan pedesaan mungkin masuk kategori lancar atau kemacetan ringan.

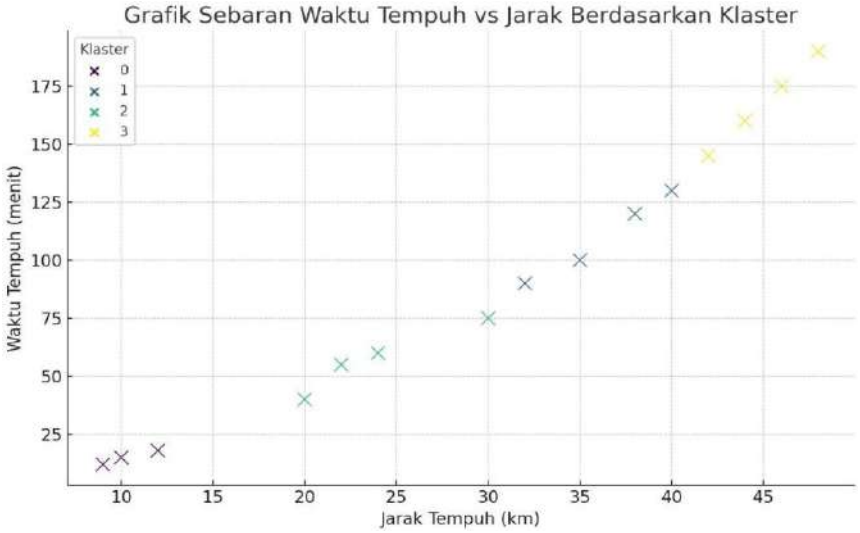
📌 Tujuan tahap ini adalah untuk memberikan gambaran visual yang mudah dipahami agar:

- Pemerintah bisa merencanakan pengaturan lalu lintas,
- Penempatan rambu dan marka jalan lebih tepat,
- Solusi seperti pelebaran jalan atau transportasi umum bisa direncanakan berdasarkan bukti spasial.

Berikut merupakan gambaran tentang elbow method untuk menentukan jumlah klaster optimal,data ruas jalan kemacetan dan grafik sebaran waktu tempuh vs jarak berasarkan klister



Gambar 1. Gambaran tentang elbow method untuk menentukan jumlah klaster optima



Gambar 2 Grafik sebaran waktu tempuh vs jarak berasarkan klaster

DATA RUAS JALAN RAWAN KEMACETAN

I. Ruas Jalan Rawan Kemacetan di Provinsi Bali

No.	Ruas Jalan	Lokasi
	Ruas Jalan Rawan Kemacetan	
1	Jalan Raya Selemadeg	Kabupaten Tabanan
2	Jalan Raya Megati	Kabupaten Tabanan
3	Jalan Raya Samsam	Kabupaten Tabanan
4	Penelokan-Kintamani Km. 21-22	Kabupaten Bangli
5	Jalan Raya Mengwi, Pasar Beringkit	Kabupaten Badung
6	Jalan Raya Kapal	Kabupaten Badung
7	Jalan raya batubulan - tegaltamukm 1 s/d km 2	Kabupaten Gianyar
8	Jalan Udayana Blahbatuh (pasar blahbatuh) km 12 s/d km 13	Kabupaten Gianyar
9	Jalan Raya Goa Gajah (tengkulak – teges - pengosekan) km 3 s/d km 7	Kabupaten Gianyar
10	Jalan Raya Ubud (sp. Ambengan s/d sp. Puri ubud) km 1	Kabupaten Gianyar
11	JL Gatot Subroto	Kota Denpasar
12	JL. Pantai Kuta	Kota Denpasar
13	Bypass Ngurah Rai	Kota Denpasar
14	Simpang Pesanggaran	Kota Denpasar
15	Jalan Raya Pedanan Desa Selat Klungkung Km.44	Kabupaten Klungkung
16	Jalan Raya Goa Lawah	Kabupaten Klungkung
	Daerah Rawan Kemacetan	
17	Pantai Amed	Kabupaten Karangasem
18	Pantai Sanur – Pelabuhan Sanur	Kota Denpasar
19	Wisata Ubud	Kabupaten Gianyar
20	Wisata Kawasan Pantai Kuta	Kabupaten Badung
21	Wisata Kawasan Canggu	Kabupaten Badung
22	Tanah Lot	Kabupaten Tabanan
23	Kawasan Bedugul	Kabupaten Tabanan
24	Kawasan Kintamani	Kabupaten Bangli

Gambar 3. https://dishub.baliprov.go.id/data-ruas-jalan-rawan-kemacetan

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil data di peroleh beberapa pembagian sebagai berikut

Klaster	Intensitas	%	rata rata kecepatan (km/jam)
1	Ringan	30%	35
2	sedang	45%	20
3	Berat	20%	10
4	Extrim	5%	≤ 5

Dari table di atas memperoleh klister 2 memiliki persentase lebih banyak ketimbang klister lainnya yaitu sebesar 45% dengan rata rata kecepatan 20 km/jam

Dibandingka dengan penelitian terdahulu dengan maksimal rentan 5 tahun kebelakang yaitu Penelitian ini dilakukan di kota Yogyakarta, yang juga mengalami permasalahan lalu lintas seperti kota- kota besar lainnya di Indonesia. Studi ini memanfaatkan pendekatan klasifikasi lalu lintas berbasis data media sosial (Twitter) dan lokasi GPS dari perangkat Android. Fokus utama penelitian ini adalah membangun model klasifikasi kepadatan lalu lintas yang dapat digunakan untuk memantau kondisi jalan secara real-time di 14 ruas jalan utama. Model klasifikasi ini berhasil mencapai akurasi sekitar 77,5%, yang menunjukkan potensi integrasi data sosial media dan GPS dalam pemantauan lalu lintas perkotaan secara cepat dan murah

Modeling Traffic Congestion in Developing Countries using Google Maps Data arXiv ,Oktober 2020

Penelitian ini merupakan salah satu kajian awal yang mengkaji kemacetan lalu lintas di negara-negara berkembang dengan menggunakan data sekunder dari Google Maps, khususnya Google Traffic Layer, untuk memodelkan dan memprediksi tingkat kemacetan. Fokus utamanya adalah membangun sistem prediktif yang mampu memperkirakan kondisi lalu lintas berdasarkan pola historis dan temporal, seperti hari kerja (weekday) dan akhir pekan (weekend).

Berikut adalah worldcloud dari hasil analisis kemacetan lalulintas di bali:

Gambar 4. **W**orld cloud analisis kemacetan lalu lintas di bali Berikut merupakan penjelasa tentang worldcloud di atas

Wordcloud pada Gambar 2 menunjukkan kata-kata kunci yang paling menonjol dalam analisis kemacetan di Bali, yaitu:

- Mencerminkan fokus utama pada kondisi infrastruktur jalan yang tidak mampu menampung volume kendaraan.
- Macet Menegaskan persepsi umum tentang masalah utama yang dihadapi, terutama di koridor wisata.
- Akses dan Parkir Mengindikasikan keterkaitan antara kemacetan dengan keterbatasan aksesibilitas dan tata kelola parkir.
- Wisatawan dan Kendaraan Menyoroti akar masalah: lonjakan kendaraan akibat aktivitas pariwisata

4. Kesimpulan

Penelitian ini mengklasifikasikan kemacetan lalu lintas di Bali menjadi empat tipe: ringan, sedang, berat, dan ekstrim, berdasarkan intensitas keterlambatan, lokasi, dan kecepatan rata-rata kendaraan. Klaster ini dibentuk menggunakan metode clustering K- Means dan DBSCAN dari data GPS dan waktu tempuh. Titik kemacetan terparah terkonsentrasi di koridor utama pariwisata seperti Denpasar–Kuta, Canggu, Ubud, dan akses pelabuhan Sanur–Padangbai, menunjukkan kaitan erat antara kemacetan, tata ruang, dan pertumbuhan pariwisata. Analisis spasial dengan GIS efektif memetakan persebaran kemacetan secara geografis. Kombinasi clustering dan GIS ini terbukti valid untuk perencanaan transportasi berkelanjutan di wilayah wisata seperti Bali. Rekomendasi Praktis

- Prioritas Infrastruktur:* Bangun underpass/traffic light cerdas di zona "ekstrem" (contoh: simpang Kuta).
- Kebijakan Parkir:* Terapkan sistem parkir berbayar dan shuttle bus gratis di kawasan padat (Canggu, Ubud).
- Optimalisasi e-BRT: Tambah rute dan frekuensi angkutan umum di klaster "berat-sedang".
- Kolaborasi Stakeholder:Libatkan pelaku wisata untuk atur pick-up point wisatawan gurangi kendaraan pribadi.

Catatan: Rekomendasi disusun berdasarkan sebaran klaster dan karakteristik wilayah. Implementasi perlu disesuaikan dengan kajian teknis lebih lanjut..

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan,bimbingan, dan bantuan selama proses penyusunan penelitian ini hingga selesai.Ucapan terima kasih secara Khusus di sampaikan kepada dosen pembimbing Ibu "Ni Putu Suci Meinarni"yang telah memberikan arahan, masukan, serta motivasi selama proses penelitian berlangsung.

Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada kampus Institut Bisnis Dan Teknologi (INSTIKI) yang telah menyediakan fasilitas dan sumber daya yang mendukung kelancaran penyusunan penelitian ini. Tidak lupa, kepada google untuk membrikan data dan keperluan lainnya. segala bentuk kontribusi dan kerja sama yang di berikan sangat berarti dalam menyukseskan penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi yang berguna bagi penelitian selanjutnya.

Daftar Pustaka

Abid, M., Khan, S., & Hussain, M. (2020). Modeling Traffic Congestion in Developing Countries using Google Maps Data. arXiv preprint arXiv:2010.09899. https://arxiv.org/abs/2010.09899

Adinata, A., & Putra, R. A. (2020). Traffic Density Classification Using Twitter Data and GPS Based On Android Application. International Journal of Computing and Cybernetics Systems (IJCCS), 10(2), 110–120. https://journal.ugm.ac.id/ijccs/article/view/xxx

Dinas Perhubungan Provinsi Bali. (2023). Laporan Tahunan Data Ruas Jalan Rawan Kemacetan di Provinsi Bali. Denpasar: Dinas Perhubungan Bali.

Kompas.id. (2024, Februari 24). Kemacetan Lalu Lintas di Bali Memburuk, Pemerintah Didesak Bertindak. https://www.kompas.id/

NusaBali.com. (2023, Juli 12). Kemacetan di Canggu dan Ubud Semakin Parah, Wisatawan Mengeluh. https://www.nusabali.com/

RadarBali.id. (2024, Juli 15). Pakar Transportasi: Jika Tidak Diatasi, Bali Akan Lumpuh Total Dalam 10 Tahun. https://radarbali.jawapos.com/

Balipost.com. (2024, Mei 10). Menelusuri Penyebab Kemacetan di Kawasan Wisata Bali. https://www.balipost.com/

Pemerintah Provinsi Bali. (2023). Peraturan Gubernur Bali Nomor 44 Tahun 2023 tentang Sistem Transportasi Berkelanjutan. Denpasar: Sekretariat Daerah Provinsi Bali.

Reddit Users. (2023). Discussion on Bali's Traffic Congestion Experiences. Retrieved from https://www.reddit.com/r/bali/