

BAB V

PENUTUP

V. 1 Kesimpulan

1. Sistem pemetaan digital identifikasi dan analisis daerah rawan kecelakaan berhasil dibangun sebagai aplikasi berbasis *website* yang dikembangkan menggunakan *framework* Laravel, basis data MySQL, dan visualisasi peta interaktif berbasis LeafletJS. Sistem yang dibangun mampu melakukan penginputan, penyimpanan, serta perhitungan nilai *Equivalent Accident Number* (EAN) dan *Upper Control Limit* (UCL) secara otomatis, sekaligus mengklasifikasikan dan memetakan Daerah Rawan Kecelakaan pada ruas Tol Semarang ABC.
2. Pengujian sistem menggunakan metode *Black Box Testing* yang dilaksanakan pada sembilan modul dengan total 49 skenario pengujian menunjukkan bahwa seluruh skenario dinyatakan valid dengan tingkat keberhasilan 100%. Modul yang diuji mencakup autentikasi *login*, penginputan dan pengelolaan data, *import* data Excel, perhitungan EAN, perhitungan UCL, klasifikasi DRK, *filter* peta dan visualisasi interaktif, halaman laporan *admin*, serta fitur akses publik. Hasil ini membuktikan bahwa sistem telah berfungsi sesuai dengan spesifikasi fungsional yang telah ditetapkan dan dinyatakan layak digunakan.
3. Hasil identifikasi daerah rawan kecelakaan pada ruas Tol Semarang ABC selama periode 2021 - 2025 menunjukkan bahwa dari 25 titik yang dianalisis pada Jalur A, terdapat 8 titik yang dikategorikan sebagai DRK, yaitu titik 422, 429C, 430C, 431C, 432C, 434C, 435C, dan 437C, dengan titik 432C mencatat nilai EAN tertinggi sebesar 57 dan konsentrasi DRK terbesar berada di Seksi C (Kaligawe - Jatingaleh). Pada Jalur B, terdapat 5 titik DRK, yaitu titik 424, 425, 430, 431, dan 432C, dengan titik 430 mencatat nilai EAN tertinggi sebesar 387 yang melibatkan 77 korban luka ringan, 6 korban luka berat, dan 10 korban meninggal dunia. Faktor manusia merupakan penyebab utama kecelakaan di seluruh seksi pada kedua jalur, dengan dominasi terbesar pada Jalur B

Seksi B sebesar 217 kejadian (61,64%), sementara jenis tabrakan yang paling sering terjadi di kedua jalur adalah tabrakan depan-belakang.

V. 2 Saran

1. Pengembangan sistem dapat dilakukan dengan menambahkan metode identifikasi daerah rawan kecelakaan lainnya, seperti *Accident Rate* atau metode Z-Score, sebagai pembanding guna meningkatkan akurasi dan kelengkapan analisis.
2. Optimasi antarmuka pengguna untuk versi *mobile* perlu dilakukan agar sistem dapat diakses secara lebih optimal pada berbagai ukuran perangkat, sehingga memperluas aksesibilitas bagi masyarakat umum dan instansi terkait.
3. Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengintegrasikan fitur notifikasi atau peringatan dini berbasis data kecelakaan terkini kepada pihak pengelola jalan tol, sehingga penanganan pada titik rawan kecelakaan dapat dilakukan secara lebih cepat dan terkoordinasi dalam rangka mendukung peningkatan keselamatan lalu lintas secara berkelanjutan.
4. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur penyaringan (*filter*) yang lebih lengkap, seperti penyaringan berdasarkan cuaca, kendaraan terlibat, tingkat keparahan korban, serta kombinasi beberapa kriteria secara bersamaan. Penambahan fitur tersebut diharapkan dapat meningkatkan fleksibilitas analisis sehingga pengguna dan instansi terkait dapat memperoleh informasi daerah rawan kecelakaan secara lebih mendalam dan sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.
5. Pengembangan sistem dapat mempertimbangkan penambahan klasifikasi waktu kejadian kecelakaan berdasarkan kategori siang hari (pukul 06.00–17.59) dan malam hari (pukul 18.00–05.59). Dengan adanya pembeda waktu tersebut, sistem dapat mengidentifikasi pola daerah rawan kecelakaan berdasarkan kondisi pencahayaan, sehingga hasil analisis yang diperoleh lebih komprehensif dan dapat dijadikan dasar penetapan kebijakan keselamatan lalu lintas yang lebih tepat sasaran oleh pihak pengelola jalan tol.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, D. S. (2016). *Analisa Tingkat Kecelakaan Pada Jalan Sultan Serdang Tanjung Morawa*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Repository UMSU. <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/12951>
- Aditya, D. (2021). Analisis Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Ahmad Yani, Jalan Jenderal Soedirman, dan Jalan Urip Sumoharjo di Kota Magelang. Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan. PKTJ Repository. <http://eprints.pktj.ac.id/743/>
- Afolayan, A., & al. et. (2022). GIS-Based Spatial Analysis of Accident Hotspots. *Applied Sciences*, 7(8). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/infrastructures7080103>
- Arafat, M., Trimarsiah, Y., & Susantho, H. (2022). Rancang Bangun Sistem Informasi Pemesanan Online Percetakan Sriwijaya Multi Grafika Berbasis Website. *Jurnal INTECH*, 3(2), 6–11. <https://doi.org/10.54895/intech.v3i2.1691>
- Badan Pusat Statistik. (2024, Februari 29). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit), 2021-2022*. Retrieved April 16, 2025, from <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NTcjMg==/perkembangan-jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-jenis--unit-.html>
- Balla, D., & Gede, M. (2025). Vector Data Rendering Performance Analysis of Open-Source Web Mapping Libraries. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/ijgi14090336>
- Coding Studio. (2023, Oktober 24). *Black Box Testing Adalah: Teknik Dan Contoh Pengujiannya*. Retrieved April 17, 2025, from <https://codingstudio.id/blog/black-box-testing-adalah/>
- Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah. (2004). Pedoman Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas (Pd T-09-2004-B). Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta.

- Dharma, A. (2016). Identifikasi Kecelakaan Lalu Lintas (Study Kasus Jalan Dalu-Dalu sampai Pasir Pengaraian). *Jurnal Univerisitas Pasir Pengaraian*, 1(1), 1–6.
- Dicoding. (2021). *Black Box Testing Untuk Menguji Perangkat Lunak*. Retrieved April 20, 2025, from <https://www.dicoding.com/blog/black-box-testing/>
- Donohue, R. G. (2014). Web Cartography with Web Standards: Teaching, Learning, and Using Open Source Web Mapping Technologies. University of Wisconsin-Madison. UW-Madison Cartography. https://geography.wisc.edu/cartography/projects/StudentTheses/Donohue_2014_WebCartographyWithWebStandards.pdf
- Fadel, M., Nugroho, H., Maizir, H., & Misbah, M. (2024). The Analysis of Determining the Location of Blackspots and Blacksites on the Bypass Road KM 19–27 Padang City using the Accident Equivalent Number and Upper Control Limit Method. *Southeast Asia Journal of Engineering and Technology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.62447/sejaet.v1i2.13>
- Feni, S., & Mubalus, E. (2023). Analisis Faktor-faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas di Kabupaten Sorong dan Penanggulangannya. *SOSCIED*, 6(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.32531/jsosced.v6i1.624>
- Handayani, S., Angga, D., & Pasa, P. (2022). Perancangan Sistem Informasi Geografis Perlengkapan Jalan Berbasis Daerah Rawan Kecelakaan. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*, 9(1), 21–28. <https://doi.org/10.46447/ktj.v9i1.418>
- Harry Sukmana. (2017). Analisa Kecelakaan Lalu Lintas Pada Jalan Lintas Sumatera di Sekitar Kota Indrapura dan Kota Lima Puluh. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Repository UMSU. <http://repository.umsu.ac.id/bitstream/123456789/12904/1/Skripsi%20Harry%20Sukmana.pdf>
- Imtihan, K., & Fahmi, H. (2020). Kecelakaan dengan Menggunakan Geographic Information Systems (GIS). *MISI (Jurnal Manajemen*

Informatika & Sistem Informasi), 3(1), 16–23.
<https://doi.org/https://doi.org/10.17509/k.v22i2.72829>

Insani, R. M., & Ivandhi, I. M. (2024). Sistem Notifikasi Kecelakaan Berupa Pesan dan Lokasi Kejadian Kecelakaan. Universitas Islam Indonesia. DSpace Repository.
<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/dspace.uui.ac.id/123456789/52361>

Irsan, L. M., Hasanah, N., Musyawarah, R., & Garusu, E. H. (2024). Pemetaan Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Journal of Geographical Sciences and Education*, 2(2), 73–81.
<https://doi.org/10.69606/geography.v2i2.113>

Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2023). *Tekan Angka Kecelakaan Lalu Lintas, Kemenhub Ajak Masyarakat Beralih ke Transportasi Umum dan Utamakan Keselamatan Berkendara*. Retrieved April 20, 2025, from <https://dephub.go.id/post/read/tekan-angka-kecelakaan-lalu-lintas,-kemenhub-ajak-masyarakat-beralih-ke-transportasi-umum-dan-utamakan-keselamatan-berkendara>

Khatun, M. S., & al., et. (2024). Identification and Analysis of Accident Black Spots Using GIS. *Jurnal Science of the Total Environment*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25952>

Krisnani, R. N. H. (2021). Perilaku Pelanggaran Lalu Lintas Oleh Remaja Ditinjau Dari Perspektif Konstruksi Sosial. *Jurnal Kolaborasi Resolusi Konflik*, 3(22). <https://doi.org/https://doi.org/10.24198/jkrk.v3i1.31975>

Kurnia, R. R. (2024). Rancang Bangun Aplikasi Identifikasi Daerah Rawan Kecelakaan di Kota Sukabumi. Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan. PKTJ Repository. <http://eprints.pktj.ac.id/2978/>

Leafletjs. (2025). *Leaflet Quick Start Guide*. Retrieved Oktober 25, 2025, from <https://leafletjs.com/examples/quick-start>

Masron, T., Wan Hussin, W. M. T., Nordin, M. N., Yaakub, N. F., & Jamian, M. A. H. (2018). Applying GIS in Analysing Black Spot Areas in Penang,

Malaysia. *Indonesian Journal of Geography*, 50(2), 133–144.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22146/ijg.27440>

Masruchan, M. (2019). Rancang Bangun Aplikasi Kapasitas Jalan Indonesia (Simpang Bersinyal & Ruas Jalan Perkotaan) Berdasarkan MKJI 1997 Berbasis Android. Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan. PKTJ Repository. <http://eprints.pktj.ac.id/2061/>

Maulida, N., Agustin, I. W., & Utomo, D. M. (2020). Tingkat Kecelakaan Ruas Jalan Rawan Kecelakaan di Kota Malang. *Jurnal Planning for Urban Region and Environment*, 9(1), 1–10.

Media Hub Humas Polri. (2024, October 13). *Kecelakaan Lalu Lintas di Indonesia Didominasi Oleh Kendaraan Roda dua*. Retrieved April 20, 2025, from <https://Mediahub.Polri.Go.Id/Audio/Detail/93819-Kecelakaan-Lalu-Lintas-Di-Indonesia-Didominasi-Oleh-Kendaraan-Roda-Dua>.

Nisumanti, S. (2024). Penentuan Daerah Rawan Kecelakaan Bagi Pengguna Jalan Pada Ruas Jalan Kol. H. Burlian Palembang. *Jurnal Tekno Global*, 7(1), 28–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.36982/jtg.v7i1.510>

Noviantoro, A., Silviana, A. B., Fitriani, R. R., & Permatasari, H. P. (2022). Rancangan dan Implementasi Aplikasi Sewa Lapangan Badminton Wilayah Depok Berbasis Web. *Jurnal Teknik Dan Science*.

Nugraha, D. W. (2012). Perancangan Sistem Informasi Geografis Menggunakan Peta Digital. In *Jurnal Ilmiah Foristek* (Vol. 2, Issue 1).

Oktopianto, Y., Shofiah, S., Rokhman, F. A., & Pangestu, K. (2021). Analisis Daerah Rawan Kecelakaan (Black Site) Dan Titik Rawan Kecelakaan (Black Spot) Provinsi Lampung. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 40–51.

Pemerintah Republik Indonesia. (2009). Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Sekretariat Negara. Jakarta.

- Pradipta, A. D. R. (2018). Pemetaan Daerah Rawan Kecelakaan di Kota Semarang Dengan Menggunakan Metode Cluster Analysis (Studi Kasus: Kecamatan Banyumanik dan Tembalang). *Jurnal Geodesi Undip, September*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jgundip.2018.22423>
- Renaldi, R., & Anggoro, D. A. (2020). Sistem Informasi Geografis Pemetaan Sekolah Mengah Atas / Sederajat di Kota Surakarta Menggunakan Leaflet Javascript Library Berbasis Website. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*.
- Rifai, A. I., & Sopiyan, Y. (2020). Analysis of Traffic Accident Characteristics Using the EAN (Accident Equivalent Number) Method of the Case Study Narogong Road in Bekasi. *Journal of World Conference, 2*(3), 22–28.
<https://doi.org/https://doi.org/10.29138/prd.v2i3.214>
- Sahid, S. Y., Soesanto, E., & Nurhidayat, A. (2024). Implementasi Aturan Safety Riding Berbasis UUD 1945 Tentang Aturan Lalu Lintas di Sekolah Mitra Industri MM2100. *Scientica (Jurnal Ilmiah Sain Dan Teknologi), 2*, 142–156. <https://doi.org/https://doi.org/10.572349/scientica.v2i6.1514>
- Sari, D. M., & Lestari, F. (2024). Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas dan Klasifikasi Cedera Korban di Universitas X. *Jurnal Kesehatan Tambusai*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.31004/jkt.v5i4.38040>
- Siregar, Z., & Dewi, I. (2020). Analisis Ruas Jalan Lintas Sumatera Kota Tebing Tinggi Dan Kisaran Sebagai Titik Rawan Kecelakaan Lalu Lintas. *Jurnal Mesil (Mesin, Elektro, Sipil), 1*(2), 63–73.
<https://doi.org/https://doi.org/10.53695/jm.v1i2.88>
- Sugiyanto, G., Fadli, A., & Santi, M. Y. (2017). Identification of Black Spot and Equivalent Accident Number using Upper Control Limit Method (Case Study Purbalingga). *ARPJN Journal of Engineering and Applied Sciences, 12*(2).
- Suhariyanto, & Utari, W. (2020). Analisis Implementasi Data Informasi Geospasial Sebagai Upaya Peningkatan Kebutuhan Perlengkapan Jalan di Dinas Perhubungan Kabupaten Probolinggo. *MAP (Jurnal Manajemen dan Administrasi Publik), 3*(4). <https://doi.org/10.37504/map.v3i4.291>

- Susianto, D., & Guntoro, R. A. (2017). Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Daerah Titik Rawan Kecelakaan di Provinsi Lampung. *Jurnal Cendikia*, 14(1), 19–25.
- Thariq, A. (2020). Pemetaan Titik Kelandaian Permukaan Jalan Dengan Memanfaatkan Teknologi Google Maps 3D. *Jurnal SIMETRIK*. <https://doi.org/https://doi.org/10.31959/js.v10i2.432>
- Treeranurat, S., & Suanmali, S. (2021). Determination of black spots by using Accident Equivalent Number and Upper Control Limit on rural roads of Thailand. *Journal Engineering Management in Production and Services*, 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.2478/emj-2021-0031>
- Tuzzahra, Z., & Kusumaningtyas, R. (2021). Pembangunan Web Profil Pada UMKM Diva Digital. UPN Veteran Jawa Timur. UPNVJATIM Repository. <https://repository.upnjatim.ac.id/11913/>
- Wijaya, P. I., Sari, R. P., Febriyanto, F., & Informasi, J. S. (2022). Sistem Informasi Geografis Pemetaan Daerah Rawan Kecelakaan Berbasis Web di Kota Pontianak. *Coding: Jurnal Komputer dan Aplikasi* 10(01), 71–81. <https://doi.org/10.26418/coding.v10i01.52717>
- Zunino, A., Velázquez, G., Celemín, J. P., Mateos, C., Hirsch, M., & Rodriguez, J. M. (2020). Evaluating the performance of three popular web mapping libraries: A case study using Argentina's life quality index. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/ijgi9100563>