



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

PROGRAM STUDI SI TEKNOLOGI INFORMASI

Jalan Alumni No. 3 Gedung C, Kampus USU Padang Bulan, Medan 20155
Telepon/Fax: 061-8210077 | Email: tek.informasi@usu.ac.id | Laman: http://it.usu.ac.id

FORM PENGAJUAN JUDUL



Nama : Donny Adithya

NIM : 211402006

Judul diajukan oleh* : ☒ Dosen
☐ Mahasiswa

Bidang Ilmu (tuliskan dua bidang) :
• Computer Graphics and Vision
• Data Science and Intelligent System

Uji Kelayakan Judul** : ☐ Diterima ☐ Ditolak

Hasil Uji Kelayakan Judul :

Dosen Pembimbing I:
Romi Fadillah Rahmat, B.Comp.Sc., M.Sc.

Dosen Pembimbing II:
Rossy Nurhasanah, S.Kom, M.Kom

Paraf Dosen Pembimbing I

Medan, 9 Oktober 2024

Ka. Laboratorium Penelitian,

* Centang salah satu atau keduanya

** Pilih salah satu

(Fanindia Purnamasari, S.TI., M.IT)

NIP. 198908172019032023



RINGKASAN JUDUL YANG DIAJUKAN

*Semua kolom di bawah ini diisi oleh mahasiswa yang sudah mendapat judul

Judul / Topik Skripsi	IMPLEMENTASI <i>DEEP LEARNING</i> UNTUK SISTEM KLASIFIKASI <i>ROAD POTHOLE DETECTION</i> DENGAN KOMPARASI METODE YOLOv8 DAN YOLOv9
Latar Belakang dan Penelitian Terdahulu	<p>Latar Belakang</p> <p>Peningkatan infrastruktur jalan merupakan salah satu fokus utama dalam pembangunan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Jalan yang baik dan berkualitas tinggi mendukung mobilitas yang lebih lancar, pertumbuhan ekonomi, serta keamanan pengguna jalan. Namun, seiring dengan peningkatan penggunaan dan waktu, kualitas jalan cenderung menurun dan mengalami kerusakan, seperti jalan berlubang (<i>road pothole</i>). Deteksi dini terhadap kerusakan jalan sangat penting untuk mencegah kerusakan lebih parah dan menekan biaya perbaikan (Zhang et al., 2016). Oleh karena itu, teknologi yang mampu mendeteksi kerusakan jalan berlubang dengan cepat dan akurat sangat diperlukan.</p> <p>Secara tradisional, deteksi kerusakan jalan dilakukan secara manual oleh tenaga ahli, yang membutuhkan waktu lama, biaya tinggi, dan rentan terhadap kesalahan manusia (Guo et al., 2024). Teknologi berbasis citra seperti <i>image processing</i> dan <i>computer vision</i> mulai digunakan untuk mengatasi masalah ini. Namun, dengan berkembangnya teknologi kecerdasan buatan (<i>artificial intelligence</i>), khususnya <i>deep learning</i>, muncul peluang baru untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam sistem deteksi kerusakan jalan berlubang (Ren et al., 2024).</p> <p>Salah satu pendekatan <i>deep learning</i> yang populer dalam deteksi objek adalah metode <i>You Only Look Once</i> (YOLO), yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi objek dalam citra dengan kecepatan dan akurasi tinggi (Sornalakshmi et al., 2023). YOLO bekerja dengan membagi gambar menjadi <i>grid</i>, kemudian memprediksi <i>bounding box</i> serta label kelas untuk setiap bagian <i>grid</i> tersebut. Metode ini sangat efisien karena mampu mengolah informasi seluruh gambar hanya dalam satu kali proses (<i>one forward pass</i>). YOLOv8 dan YOLOv9 adalah dua versi terbaru yang menawarkan peningkatan performa dibandingkan versi sebelumnya, dengan optimisasi pada arsitektur jaringan yang lebih dalam, algoritma pelatihan yang lebih canggih, dan deteksi objek yang lebih presisi, terutama dalam kondisi pencahayaan yang rendah atau objek yang kecil seperti jalan berlubang (Zayani et al., 2024).</p> <p>Menurut (Sun et al., 2024), implementasi YOLOv8 dan YOLOv9 untuk sistem klasifikasi deteksi jalan berlubang (<i>road pothole detection</i>) sangat relevan untuk dieksplorasi karena kedua versi ini menawarkan keunggulan dalam kecepatan dan presisi deteksi. Penelitian ini berfokus</p>



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

PROGRAM STUDI S1 TEKNOLOGI INFORMASI

Jalan Alumni No. 3 Gedung C, Kampus USU Padang Bulan, Medan 20155
Telepon/Fax: 061-8210077 | Email: tek.informasi@usu.ac.id | Laman: http://it.usu.ac.id

pada komparasi performa kedua metode tersebut untuk menentukan metode yang paling optimal dalam mendeteksi berbagai jenis kerusakan jalan berlubang, termasuk faktor ketepatan, kecepatan proses deteksi, dan efektivitas penggunaan sumber daya komputasi.

Urgensi dari penelitian ini sangat tinggi karena kondisi jalan yang tidak terdeteksi kerusakannya dapat berdampak serius terhadap keselamatan pengendara dan menimbulkan biaya perbaikan yang jauh lebih besar di kemudian hari (Ashraf et al., 2022). Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya penting untuk memastikan kelayakan infrastruktur secara lebih cepat dan akurat, tetapi juga untuk mendukung proses pemeliharaan yang lebih efisien. Pemilihan metode yang optimal melalui komparasi YOLOv8 dan YOLOv9 diharapkan dapat menjadi solusi kunci dalam pengembangan sistem deteksi kerusakan jalan berlubang yang andal dan aplikatif secara luas. Oleh karena itu, penulis mengusulkan untuk melakukan penelitian berjudul, **“IMPLEMENTASI DEEP LEARNING UNTUK SISTEM KLASIFIKASI ROAD POTHOLE DETECTION DENGAN KOMPARASI METODE YOLOv8 DAN YOLOv9”**

Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Judul	Tahun
1.	Cunge Guo, Wenqi Gao dan Dongmei Zhou	Research on road surface crack detection based on SegNet network	2024
2.	Miao Ren, Xianfeng Zhang, Xiaobo Zhi, Yuanjia Wei & Ziyuan Feng	An Annotated Street View Image Dataset for Automated Road Damage Detection	2024
3.	Zhen Sun, Lingxi Zhu, Su Qin, Yongbo Yu, Ruiwen Ju dan Qingdang Li	Road Surface Defect Detection Algorithm Based on YOLOv8	2024
4.	Prabhat Singh, Ahmed E. Kamal, Abhay Bansal dan Sunil Kumar	Road Pothole Detection from Smartphone Sensor Data Using Improved LSTM	2024



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

PROGRAM STUDI S1 TEKNOLOGI INFORMASI

Jalan Alumni No. 3 Gedung C, Kampus USU Padang Bulan, Medan 20155
Telepon/Fax: 061-8210077 | Email: tek.informasi@usu.ac.id | Laman: http://it.usu.ac.id

5.	Gang Li, Yiyang Liu, Dan Shen & Biao Wang	Automatic Pixel-Level Bridge Crack Detection Using Learning Context Flux Field with Convolutional Feature Fusion	2024
6.	Gang Li, Yiyang Liu, Dan Shen & Biao Wang	Automatic Pixel-Level Bridge Crack Detection Using Learning Context Flux Field with Convolutional Feature Fusion	2024
7.	Rongdi Wang, Hao Wang, Zhenhao He, Jianchao Zhu dan Haiqiang Zuo	A Novel Real-Time Pixel-Level Road Crack Segmentation Network	2024
8.	Mohammadreza Sabouri dan Mohsen Mohammadi	Hybrid Method: Automatic Crack Detection of Asphalt Pavement Images Using Learning-Based and Density-Based Techniques	2023
9.	Jongwoo Ha, Dongsoo Kim & Minsoo Kim	Assessing Severity of Road Cracks Using Deep Learning-Based Segmentation and Detection	2022
10.	Arselan Ashraf, Ali Sophian, Amir Akramin Shafie, Teddy Surya Gunawan, Norfarah Nadia Ismail dan Ali Aryo Bawono	Detection of Road Cracks Using Convolutional Neural Networks and Threshold Segmentation	2022
11.	Lei Zhang, Fan Yang, Yimin Daniel Zhang & Ying Julie Zhu	Road Crack Detection Using Deep Convolutional Neural Network	2016

Keterangan Pembeda Penelitian

(Guo et al., 2024) pada penelitiannya yang berjudul “Research on road surface crack detection based on SegNet network” meningkatkan presisi dan keandalan deteksi retakan permukaan jalan. Tantangan utama yang dihadapi adalah mengatasi masalah morfologi fisik



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

PROGRAM STUDI S1 TEKNOLOGI INFORMASI

Jalan Alumni No. 3 Gedung C, Kampus USU Padang Bulan, Medan 20155
Telepon/Fax: 061-8210077 | Email: tek.informasi@usu.ac.id | Laman: <http://it.usu.ac.id>

retakan, seperti ketebalan yang tidak merata, distribusi yang tidak kontinu, serta deteksi fitur tepi yang kompleks. Penelitian ini juga ingin mengatasi masalah *overfitting* yang sering terjadi pada model *neural network* yang kompleks. Metode utama yang digunakan adalah SegCrackNet, yang didasarkan pada arsitektur SegNet. Model ini memanfaatkan teknik *multi-level output fusion*, *dropout layers*, dan *bridge block* untuk mendeteksi retakan dengan lebih efisien.

Selanjutnya, penelitian oleh (Ashraf et al., 2022) dengan judul “Detection of Road Cracks Using Convolutional Neural Networks and Threshold Segmentation” menggunakan dataset *Concrete Crack Images for Classification* yang berisi gambar retakan dan non-retakan. Dataset ini terdiri dari 40.000 gambar berukuran 227 x 227 piksel dengan kanal RGB. Untuk penelitian ini, mereka menggunakan total 4.000 gambar (3.000 untuk pelatihan, 600 untuk validasi, dan 400 untuk pengujian). Penelitian ini menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN). Dataset gambar retakan diolah melalui *preprocessing* dan segmentasi *threshold*, kemudian gambar yang sudah diproses diberikan ke CNN untuk ekstraksi fitur dan klasifikasi.

Dan yang terakhir penelitian oleh (Ren et al., 2024) dengan judul “An Annotated Street View Image Dataset for Automated Road Damage Detection” Penelitian ini mengangkat masalah deteksi kerusakan jalan, khususnya deteksi kerusakan permukaan jalan menggunakan citra tampilan jalan. Metode tradisional seperti inspeksi visual manual dan sistem pemantauan yang mahal dinilai tidak efisien dan tidak praktis untuk diterapkan secara luas. Penelitian ini menggunakan sepuluh algoritma deteksi objek yang berbeda, termasuk YOLOv5, Cascade R-CNN, YOLOX, Faster R-CNN, dan lainnya, untuk mengevaluasi kinerja terhadap dataset. Model YOLOv5 menunjukkan kinerja terbaik secara keseluruhan.

Dengan menggabungkan sebagai referensi dari beberapa penelian di atas, penulis mendapatkan pandangan yang lebih komprehensif mengenai sistem klasifikasi dan deteksi kerusakan jalan melalui citra gambar digital. Menerapkan metode komparasi antara YOLOv8 dan YOLOv9 dikarenakan peningkatan kemampuan dalam segmentasi dan klasifikasi objek dibandingkan versi sebelumnya. YOLO bekerja dengan membagi gambar menjadi grid, di mana setiap sel bertanggung jawab mendeteksi objek di wilayah tersebut. Pada YOLOv8, peningkatan terjadi dalam efisiensi deteksi objek kecil dan performa inferensi, sementara YOLOv9 menawarkan akurasi lebih tinggi melalui pembaruan struktur jaringan dan algoritma optimasi. Kedua versi akan dibandingkan dalam hal ketepatan (mAP) dan kecepatan (*latency*) untuk menentukan metode terbaik dalam mendeteksi kerusakan pada jalan berlubang.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

PROGRAM STUDI S1 TEKNOLOGI INFORMASI

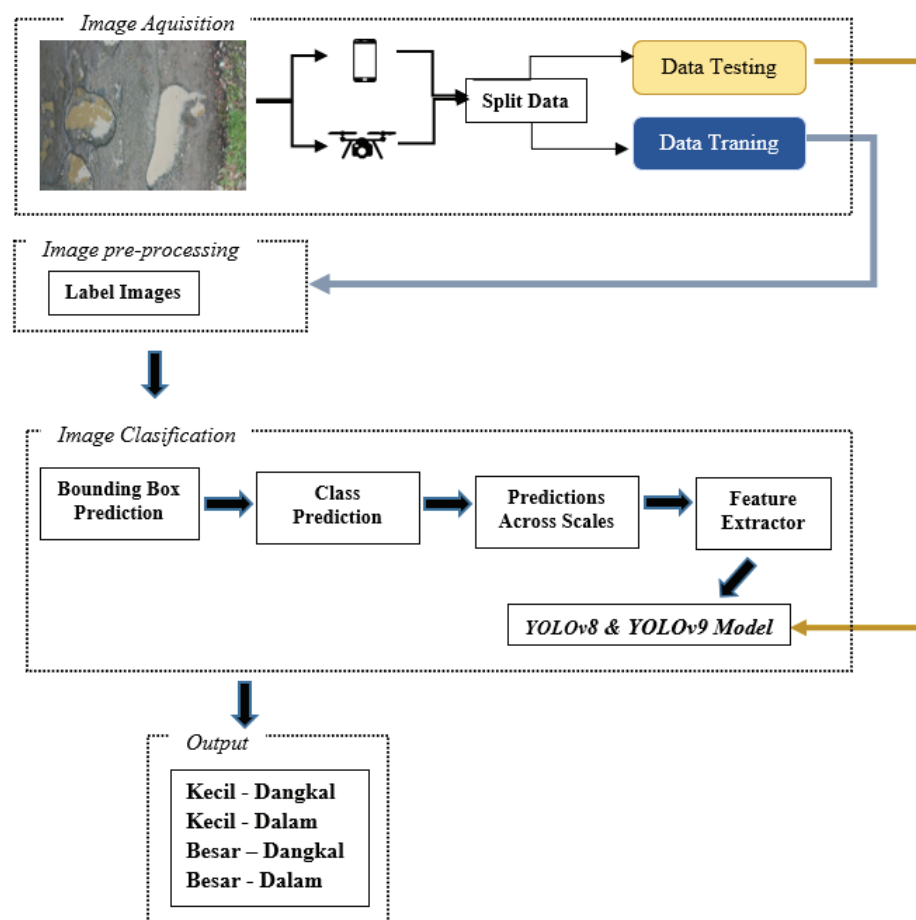
Jalan Alumni No. 3 Gedung C, Kampus USU Padang Bulan, Medan 20155
Telepon/Fax: 061-8210077 | Email: tek.informasi@usu.ac.id | Laman: <http://it.usu.ac.id>

Rumusan Masalah

Untuk mengetahui jenis kerusakan jalan berlubang, tim ahli masih menggunakan cara yang tradisional, yaitu dengan cara tim survei melakukan analisa secara langsung di lapangan dengan penilaian berdasarkan penglihatan manusia. Metode ini tentunya memiliki kelemahan, antara lain memakan waktu yang lama, biaya yang besar, serta potensi terjadinya kesalahan manusia (*human error*) akibat subjektivitas penilaian. Oleh karena itu, dilakukan pendekatan *image processing* sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam mendeteksi serta mengklasifikasikan kerusakan jalan berlubang. Pendekatan ini mampu memproses citra jalan secara otomatis dan objektif, sehingga dapat memberikan hasil yang lebih konsisten dan dapat diandalkan.

Dengan melakukan komparasi antara YOLOv8 dan YOLOv9, penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode mana yang lebih efektif dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan berbagai jenis kerusakan jalan berlubang. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dasar dalam pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat terkait pemeliharaan infrastruktur jalan, serta membantu memprioritaskan tindakan perbaikan yang diperlukan

Metodologi



Gambar 1. Arsitektur Umum Penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

PROGRAM STUDI S1 TEKNOLOGI INFORMASI

Jalan Alumni No. 3 Gedung C, Kampus USU Padang Bulan, Medan 20155
Telepon/Fax: 061-8210077 | Email: tek.informasi@usu.ac.id | Laman: <http://it.usu.ac.id>

Tahapan Penelitian:

Akuisisi Gambar (*Image Acquisition*)

Tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan data berupa gambar jalan yang akan digunakan dalam proses pelatihan dan pengujian model. Data diperoleh menggunakan dua perangkat utama, yaitu kamera ponsel dan *drone*. Penggunaan *drone* memungkinkan pengambilan gambar dari sudut yang lebih tinggi dan cakupan yang lebih luas, sementara kamera ponsel menyediakan gambar yang lebih dekat dengan permukaan jalan. Gambar-gambar yang terkumpul harus merepresentasikan berbagai kondisi jalan dan jenis kerusakan jalan yang berlubang. Setelah pengumpulan data selesai, gambar-gambar ini dipecah menjadi dua bagian yakni data pelatihan yang digunakan untuk melatih model dan data pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi performa model setelah pelatihan. Proses ini memastikan bahwa model dilatih pada data yang cukup beragam dan diuji secara obyektif pada data yang belum pernah dilihat selama pelatihan.

Pra-pemrosesan Gambar (*Image Pre-processing*)

Setelah gambar dikumpulkan, tahap selanjutnya adalah pra-pemrosesan, yang berfungsi untuk menyiapkan gambar sebelum dimasukkan ke dalam model pelatihan. Salah satu langkah penting dalam pra-pemrosesan ini adalah **pelabelan gambar**. Gambar-gambar yang terkumpul harus dilabeli secara manual atau semi-otomatis untuk menandai area yang mengalami kerusakan. Setiap jenis kerusakan pada jalan berlubang, seperti Kecil – Dangkal, Kecil – Dalam, Besar – Dangkal dan Besar – Dalam, diberi label yang spesifik. Pelabelan ini sangat penting karena membantu model untuk mempelajari karakteristik visual dari setiap jenis kerusakan. Selain pelabelan, pada tahap ini juga bisa dilakukan normalisasi gambar atau penyesuaian resolusi agar sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan oleh model YOLOv8 dan YOLOv9. Tujuannya adalah agar gambar memiliki kualitas dan ukuran yang seragam.

Klasifikasi Gambar (*Image Classification*)

Tahap ini merupakan inti dari penelitian, di mana model YOLOv8 dan YOLOv9 digunakan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis kerusakan pada gambar jalan. YOLO adalah model deteksi objek yang sangat efisien, karena mampu melakukan deteksi dalam satu langkah (*single shot detection*). Proses klasifikasi melibatkan beberapa langkah kunci. Pertama, model melakukan *Bounding Box Prediction*, di mana model memprediksi lokasi tepat dari kerusakan di dalam gambar dengan membuat kotak pembatas di sekitar area kerusakan jalan berlubang. Setelah itu, model melakukan *Class Prediction*, yaitu memprediksi jenis lubang yang ditemukan di dalam *bounding box* tersebut, apakah itu Kecil – Dangkal, Kecil – Dalam, Besar – Dangkal atau Besar – Dalam. Selain itu, YOLOv8 dan YOLOv9 juga mampu membuat prediksi pada



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

PROGRAM STUDI S1 TEKNOLOGI INFORMASI

Jalan Alumni No. 3 Gedung C, Kampus USU Padang Bulan, Medan 20155
Telepon/Fax: 061-8210077 | Email: tek.informasi@usu.ac.id | Laman: <http://it.usu.ac.id>

	<p>berbagai skala, artinya model ini dapat mengenali kerusakan dengan berbagai ukuran, dari yang kecil hingga besar, di berbagai bagian gambar. Fitur ekstraksi fitur pada YOLOv8 dan YOLOv9 juga memungkinkan model untuk menangkap ciri-ciri visual penting, seperti pola lubang pada jalan yang lebih kompleks, sehingga meningkatkan akurasi klasifikasi.</p> <p>Output</p> <p>Hasil akhir dari proses klasifikasi ini adalah <i>output</i> berupa identifikasi jenis kerusakan yang ada pada gambar. <i>Output</i> ini bisa berupa prediksi apakah gambar jalan tersebut memiliki skala lubang Kecil – Dangkal, Kecil – Dalam, Besar – Dangkal dan Besar – Dalam. Setiap gambar yang diproses oleh model akan menghasilkan <i>bounding box</i> di sekitar area lubang, disertai dengan label kelas yang menjelaskan jenis jalan berlubang yang terdeteksi. <i>Output</i> ini kemudian dapat diterapkan dalam berbagai bentuk aplikasi <i>website</i> praktis, seperti pemantauan kondisi jalan, perencanaan perbaikan infrastruktur, atau bahkan untuk pembuatan laporan otomatis bagi instansi terkait. Dengan demikian, sistem deteksi otomatis ini dapat membantu meningkatkan efisiensi dalam pemeliharaan jalan dan mengurangi waktu serta biaya yang diperlukan untuk inspeksi manual.</p>
Referensi	<p>Ashraf, A., Sophian, A., Shafie, A. A., Gunawan, T. S., Ismail, N. N., & Bawono, A. A. (2022). Detection of Road Cracks Using Convolutional Neural Networks and Threshold Segmentation. <i>Journal of Integrated and Advanced Engineering (JIAE)</i>, 2(2), 123–134. https://doi.org/10.51662/jiae.v2i2.82</p> <p>Guo, C., Gao, W., & Zhou, D. (2024). Research on road surface crack detection based on SegNet network. <i>Journal of Engineering and Applied Science</i>, 71(1), 1–15. https://doi.org/10.1186/s44147-024-00391-0</p> <p>Ha, J., Kim, D., & Kim, M. (2022). Assessing severity of road cracks using deep learning-based segmentation and detection. <i>Journal of Supercomputing</i>, 78(16), 17721–17735. https://doi.org/10.1007/s11227-022-04560-x</p> <p>Ren, M., Zhang, X., Zhi, X., Wei, Y., & Feng, Z. (2024). An annotated street view image dataset for automated road damage detection. <i>Scientific Data</i>, 11(1), 1–13. https://doi.org/10.1038/s41597-024-03263-7</p> <p>Sabouri, M., & Mohammadi, M. (2023). Hybrid Method: Automatic Crack Detection of Asphalt Pavement Images Using Learning-Based and Density-Based Techniques. <i>International Journal of Pavement Research and Technology</i>, 0123456789.</p>



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

PROGRAM STUDI S1 TEKNOLOGI INFORMASI

Jalan Alumni No. 3 Gedung C, Kampus USU Padang Bulan, Medan 20155
Telepon/Fax: 061-8210077 | Email: tek.informasi@usu.ac.id | Laman: http://it.usu.ac.id

<https://doi.org/10.1007/s42947-023-00356-1>

Singh, P., Kamal, A. E., Bansal, A., & Kumar, S. (2024). Road pothole detection from smartphone sensor data using improved LSTM. *Multimedia Tools and Applications*, 83(9), 26009–26030. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-16177-0>

Sornalakshmi, M., Sakthimohan, M., Elizabeth Rani, G., Aravindhan, V., Surya, B. K., & Devadharshni, M. (2023). Real Time Object Detection Using Deep Learning. *ViTECoN 2023 - 2nd IEEE International Conference on Vision Towards Emerging Trends in Communication and Networking Technologies, Proceedings, May*. <https://doi.org/10.1109/ViTECoN58111.2023.10157311>

Sun, Z., Zhu, L., Qin, S., Yu, Y., Ju, R., & Li, Q. (2024). Road Surface Defect Detection Algorithm Based on YOLOv8. *Electronics (Switzerland)*, 13(12), 1–17. <https://doi.org/10.3390/electronics13122413>

Wang, R., Wang, H., He, Z., Zhu, J., & Zuo, H. (2024). A novel real-time pixel-level road crack segmentation network. *Journal of Real-Time Image Processing*, 21(3), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11554-024-01458-0>

Yang, J., Fu, Q., & Nie, M. (2020). Road Crack Detection Using Deep Neural Network with Receptive Field Block. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 782(4), 0–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/782/4/042033>

Zayani, H. M., Ammar, I., Ghodhbani, R., Saidani, T., Sellami, R., Kallel, M., Alsuwaylimi, A. A., Alshammari, K., Alrslani, F. A. F., & Algarni, M. H. (2024). Unveiling the Potential of YOLOv9 through Comparison with YOLOv8. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 2024(3), 2845–2854. www.ijisae.org

Zhang, L., Yang, F., Daniel Zhang, Y., & Zhu, Y. J. (2016). Road crack detection using deep convolutional neural network. *Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP, 2016-Augus*, 3708–3712. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2016.7533052>

Medan, 9 Oktober 2024
Mahasiswa yang mengajukan,

Donny Adithya
NIM. 211402006