

**IMPLEMENTASI METODE *WAVELET* DAN  
*BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK* PADA DETEKSI  
RETAK JALAN RAYA BERBASIS PENGOLAHAN CITRA**

**SKRIPSI**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)



**Disusun Oleh:**

**TEGAR PRIYO UTOMO**

**NPM. 3332160055**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
2023**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis skripsi berikut:

Judul : Implementasi Metode Wavelet Dan Backpropagation Neural Network Pada Deteksi Retak Jalan Raya Berbasis Pengolahan Citra

Nama Mahasiswa : Tegar Priyo Utomo

NPM : 3332160055

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggung jawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini

Cilegon, Agustus 2023



**Tegar Priyo Utomo**

**3332160038**

## LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Implementasi Metode Wavelet dan *Backpropagation Neural Network* Pada Deteksi Retak Jalan Raya Berbasis Pengolahan Citra

Nama Mahasiswa : Tegar Priyo Utomo

NPM : 3332160055

Fakultas/Jurusan : Teknik Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 10 Juni 2022 melalui Sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan **LULUS**.

### Dewan Penguji

### Tanda Tangan

Pembimbing I : Rian Fahrizal, S.T., M.Eng.

Pembimbing II : Dr. Eng. Rocky Alfan, M.Sc

Penguji I : Ir. Ri Munarto, M.Eng.

Penguji II : Dr. Siswo Wardoyo, M.Eng.



Mengetahui,  
Ketua Jurusan



**Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng.**

NIP. 198307032009121006

## PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua ibu dan bapak tercinta, dan adik-adik saya yang telah memberikan nasehat, semangat, doa, dan materi yang tak terhingga nilainya.
2. Bapak Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Untirta.
3. Bapak Rian Fahrizal, S.T., M.Eng. selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktunya dengan sabar memberikan bimbingan selama penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Eng. Rocky Alfan, M.Sc. selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktunya dan dengan sabar memberikan bimbingan selama penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh teman-teman jurusan Teknik Elektro dan BIDIKMISI 2016 yang telah mendukung dan membantu sejak awal masa perkuliahan hingga sekarang.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Cilegon, Agustus 2023

Tegar Priyo Utoomo  
3332160055

## **ABSTRAK**

Tegar Priyo Utomo

Teknik Elektro

### Implementasi Metode Wavelet Dan Backpropagation Neural Network Pada Deteksi Retak Jalan Raya Berbasis Pengolahan Citra

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pengolahan citra untuk deteksi retak adalah CNN. Jumlah data citra yang digunakan pada penelitian ini yaitu 876 citra yang terdiri dari 560 data pelatihan, 140 data validasi, dan 176 data pengujian. Arsitektur model CNN yang digunakan terdiri dari tiga lapisan konvolusi dan tiga lapisan *max pooling*. Tahap pelatihan, model dikenalkan dengan pola citra retak buaya, retak garis dan tidak retak kemudian divalidasi. Tahap pengujian, model mengklasifikasikan citra retak buaya, retak garis dan tidak retak. Tingkat akurasi model pada tahap pelatihan sebesar 96,43% dan pada tahap pengujian sebesar 96,65%.

Kata kunci: *deep learning*, CNN, DWT, retak

## ABSTRACT

Tegar Priyo Utomo  
Electrical Engineering

### Implementation of The Wavelet Method and Backpropagation Neural Network on Road Crack Detection Based on Image Processing

One method that can be used in image processing for *crack* detection is CNN. The amount of image data used in this study is 876 images consisting of 560 *training* data, 140 validation data, and 176 testing data. The CNN model architecture used consists of three convolution *layers* and three max *pooling layers*. In the *training* stage, the model is introduced to the image patterns of crocodile *cracks*, line *cracks* and no *cracks* and then validated. In the testing stage, the model classifies crocodile *crack*, line *crack* and no *crack* images. The accuracy of the model in the *training* stage is 96,43% and in the testing stage is 96,65%.

**Keywords:** deep learning, CNN, DWT, *crack*

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                      | i    |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> ..... | ii   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....                  | iii  |
| <b>PRAKATA</b> .....                            | iv   |
| <b>ABSTRAK</b> .....                            | v    |
| <b>ABSTRACT</b> .....                           | vi   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                         | vii  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                      | viii |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                       | xii  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                  | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                        | 1    |
| 1.2 Perumusan Masalah .....                     | 2    |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                      | 2    |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                     | 3    |
| 1.5 Batasan Masalah.....                        | 3    |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                 | 4    |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....            | 5    |
| 2.1 Retak Jalan Raya .....                      | 5    |
| 2.2 Transformasi Wavelet.....                   | 6    |
| 2.3 <i>Convolution Neural Network</i> .....     | 7    |
| 2.4 YOLO .....                                  | 9    |
| 2.5 Evaluasi.....                               | 10   |
| 2.6 Kajian Pustaka.....                         | 12   |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....      | 15   |
| 3.1 Metode Penelitian.....                      | 15   |
| 3.2 Instrumen Penelitian .....                  | 15   |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3 Perancangan Penelitian .....  | 16        |
| 3.4 Pengumpulan Data.....   | 17        |
| 3.5 Jenis dan Sumber Data.....  | 17        |
| 3.6 <i>Preprocessing</i> .....  | 17        |
| 3.7 Ekraksi Ciri Menggunakan Dekomposisi DWT .....                                      | 19        |
| 3.8 Pembagian Data.....   | 20        |
| 3.9 Pembangunan Arsitektur Model <i>Neural Network</i> .....                            | 20        |
| 3.12 Deteksi Kondisi Retak Jalan Raya Secara <i>Real-time</i> .....                     | 22        |
| 3.13 Pelatihan dan Pengujian.....   | 25        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....  | <b>29</b> |
| 4.1 Hasil <i>Training</i> dan Validasi .....  | 29        |
| 4.1.1 Pelatihan dengan Variasi <i>Epoch</i> .....                                       | 29        |
| 4.1.2 Pelatihan dengan Variasi <i>Learning Rate</i> .....                               | 30        |
| 4.1.3 Perbandingan Hasil Pelatihan dengan Variasi <i>Epoch</i> dan <i>Learning Rate</i> | 30        |
| 4.2 Hasil Pengujian Model CNN .....   | 31        |
| 4.2.1 Pengujian Model CNN dengan Pelatihan 100 <i>Epochs</i> .....                      | 33        |
| 4.2.2 Pengujian Model CNN dengan Pelatihan 300 <i>Epochs</i> .....                      | 34        |
| 4.2.3 Pengujian Model CNN dengan Pelatihan 500 <i>Epochs</i> .....                      | 35        |
| 4.3 Hasil Pengujian dengan Variasi <i>Learning rate</i> .....                           | 36        |
| 4.3.1 Pengujian Model CNN dengan Pelatihan <i>Learning Rate</i> 0,01.....               | 36        |
| 4.3.2 Pengujian Model CNN dengan Pelatihan <i>Learning Rate</i> 0,001.....              | 37        |
| 4.3.3 Pengujian Model CNN dengan Pelatihan <i>Learning Rate</i> 0,0001 ....             | 38        |
| 4.4 Perbandingan Hasil Pengujian dengan Variasi <i>Epoch</i> dan <i>Learning Rate</i> . | 39        |
| 4.5 Pengujian GUI.....  | 42        |
| 4.5.1 Tampilan dan Fungsi Tombol .....  | 42        |



|  |     |
|--|-----|
| 4.5.2 Evaluasi Performa GUI.....                                     | 43  |
| 4.6 Pengujian Deteksi Retak Jalan Raya Secara <i>Real-time</i> ..... | 45  |
| 4.7 Hasil Pengujian Performa Sistem.....                             | 47  |
| <b>BAB V PENUTUP</b> .....   | 49  |
| 5.1 Kesimpulan .....   | 49  |
| 5.2 Saran .....  | 50  |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....  | 51  |
| <b>LAMPIRAN</b> .....  | 56  |
| <b>LAMPIRAN A</b> Arsitektur CNN.....                                | A-1 |
| <b>LAMPIRAN B</b> <i>Listing Code</i> .....                          | B-1 |
| <b>LAMPIRAN C</b> Citra Pengujian .....                              | C-1 |
| <b>LAMPIRAN D</b> Pelatihan CNN .....                                | D-1 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Dekomposisi Wavelet.....  | 6  |
| Gambar 2.2 <i>Convolution Neural Network</i> .....   | 8  |
| Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....  | 17 |
| Gambar 3.2 Kondisi Jalan .....   | 18 |
| Gambar 3.3 Jenis Jalan .....   | 19 |
| Gambar 3.4 Proses Ekstraksi Ciri.....  | 20 |
| Gambar 3.5 Histogram Citra .....   | 20 |
| Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> Deteksi Retak Jalan Secara <i>Real-Time</i> .....                | 24 |
| Gambar 3.7 Pelabelan Data.....   | 25 |
| Gambar 3.8 Alur Pengujian Sistem .....   | 27 |
| Gambar 3.9 GUI Deteksi Retak Jalan.....  | 28 |
| Gambar 4.1 <i>Confusion Matrix</i> Hasil Pengujian .....                                     | 31 |
| Gambar 4.2 Hasil Evaluasi Model CNN.....   | 32 |
| Gambar 4.1 <i>Confusion Matrix</i> Hasil Pengujian .....                                     | 32 |
| Gambar 4.2 Evaluasi Model CNN.....   | 33 |
| Gambar 4.3 <i>Confusion Matrix</i> Pelatihan dengan 100 <i>Epochs</i> .....                  | 34 |
| Gambar 4.4 Evaluasi Model CNN dengan Pelatihan 100 <i>Epochs</i> .....                       | 34 |
| Gambar 4.5 <i>Confusion Matrix</i> Hasil Pelatihan dengan 300 <i>Epochs</i> .....            | 35 |
| Gambar 4.6 Evaluasi Model CNN dengan Pelatihan 300 <i>Epochs</i> .....                       | 35 |
| Gambar 4.7 <i>Confusion Matrix</i> Hasil Pelatihan dengan 500 <i>Epochs</i> .....            | 36 |
| Gambar 4.8 Hasil Evaluasi Model CNN Dengan Pelatihan 500 <i>Epochs</i> .....                 | 37 |
| Gambar 4.9 <i>Confusion Matrix</i> hasil pelatihan dengan <i>Learning Rate</i> 0,01.....     | 37 |
| Gambar 4.10 Evaluasi Model CNN dengan Pelatihan <i>Learning Rate</i> 0,01.....               | 38 |
| Gambar 4.11 <i>Confusion Matrix</i> Hasil Pelatihan dengan <i>Learning Rate</i> 0,001 .....  | 39 |
| Gambar 4.12 Evaluasi Model CNN dengan Pelatihan <i>Learning Rate</i> 0,001.....              | 39 |
| Gambar 4.13 <i>Confusion Matrix</i> Hasil Pelatihan dengan <i>Learning Rate</i> 0,0001... .. | 40 |
| Gambar 4.14 Evaluasi Model CNN dengan Pelatihan <i>Learning Rate</i> 0,0001 .....            | 40 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Definisi Parameter TP, FP, FN, TN .....  | 10 |
| Table 3.1 Jumlah <i>Dataset</i> Hasil DWT .....  | 20 |
| Table 3.2 Konfigurasi YOLO.....  | 24 |
| Tabel 4.1 Perbandingan Jumlah <i>Epoch</i> Terhadap <i>Loss</i> dan <i>Accuracy</i> .....        | 29 |
| Tabel 4.2 Perbandingan Nilai <i>Learning Rate</i> Terhadap <i>Loss</i> dan <i>Accuracy</i> ..... | 30 |
| Tabel 4.3 Perbandingan Jumlah <i>Epoch</i> Terhadap Performa Sistem .....                        | 39 |
| Tabel 4.4 Perbandingan Performa Hasil Pengujian Variasi <i>Learning Rate</i> .....               | 40 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian Klasifikasi Retak Jalan Raya Menggunakan GUI .....                     | 43 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian Klasifikasi Retak Jalan Raya Secara <i>Real-Time</i> .....             | 45 |
| Tabel 4.7 Hasil Pengujian Performa Sistem.....   | 47 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemerintah di seluruh dunia selalu menjadikan kualitas perkerasan jalan sebagai perhatian utama [1]. Pemeriksaan kondisi jalan secara berkala merupakan hal penting yang digunakan untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam perencanaan dan pembuatan jadwal tindakan pemeliharaan dan perbaikan. Retak adalah kerusakan jalan yang paling umum ditemukan selama pemeriksaan tersebut [2]. Kerusakan berbentuk cacat permukaan dan retakan secara konsisten teramati di seluruh wilayah yang diteliti, dan memiliki proporsi tingkat kerusakan yang signifikan jika dibandingkan dengan variasi jenis kerusakan lainnya. Pendapat ini juga diperkuat oleh pandangan para ahli yang menganggap bahwa cacat permukaan dan retakan adalah elemen dominan dalam kerusakan perkerasan jalan di ruas-ruas jalan nasional dan provinsi di Indonesia [3].

Pengecekan kondisi jalan oleh petugas lapangan masih dilakukan secara manual yaitu pengecekan dengan indra penglihatan [4]. Cara ini memerlukan banyak waktu dan tidak efektif dan mempunyai resiko bahaya ditengah lalu lintas jalanan yang padat. Dibutuhkan sebuah metode baru yang lebih aman dan dapat memudahkan petugas lapangan untuk memantau kondisi jalan guna keperluan perawatan dan pemeliharaan jalan. Teknologi *computer vision* dan *machine learning* telah berhasil diterapkan sebagai solusi untuk mengklasifikasi kerusakan jalan [5-9]. Metode pengolahan citra digunakan untuk mendapatkan informasi berupa ekstraksi ciri dari data citra kerusakan jalan [10]. Penelitian lain menggunakan metode pengolahan citra untuk mendapatkan ekstraksi ciri yaitu, *Local Binary Patern* (LBP) [11], *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM)[11], *Hue Saturation Value* (HSV) [12] dan untuk metode klasifikasi antara lain: *K-Nearest Neighbor* (K-NN) [13], LDA [14], *Support Vector Machine* (SVM) [15], dan *Neural Network* [16].

Penelitian ini mengusulkan metode untuk mendeteksi retakan jalan, yaitu menggunakan pengolahan citra. Selain metode ini telah banyak diimplementasikan

untuk mendeteksi retak jalan karena biayanya lebih sedikit dibandingkan dengan inspeksi manual [17], Metode ini juga mengurangi gangguan terhadap lalu lintas umum dan bahaya kepadatan lalu lintas jalan bagi petugas lapangan selama melakukan survei [18]. Bidang *computer vision* yang telah mencapai kemajuan besar adalah *deep learning*. *Deep learning* merupakan implementasi dari *neural network* yang memiliki banyak *hidden layers* [19]. *Deep learning* mendapatkan hasil yang lebih baik untuk mendeteksi retak jalan, dalam penelitian ini metode *CNN* dikombinasikan dengan transformasi Wavelet sebagai metode ekstraksi ciri untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

Deteksi retak jalan secara *real-time* pada penelitian ini menggunakan metode YOLO yang lebih unggul baik dari segi akurasi dan kecepatan [20][21]. Meskipun memiliki berbagai versi, YOLOv4 adalah salah satu yang terbaru, mencapai rata-rata 10% lebih banyak presisi (AP) pada *dataset* MS COCO dibandingkan versi sebelumnya, YOLOv3 [20]. Algoritma YOLOv4 digunakan untuk mendeteksi retak jalan secara *real-time* pada penelitian ini.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah untuk penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana merancang sistem deteksi retak jalan raya menggunakan CNN dan YOLO?
2. Bagaimana pengaruh parameter *epoch* dan *learning rate* dalam proses pelatihan data menggunakan metode CNN?
3. Bagaimana membandingkan hasil kinerja CNN, GUI, dan YOLO berupa *accuracy*, *precision*, *recall*, *f1score* pada deteksi retak jalan raya?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah dan rumusan masalah yang telah dijabarkan, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai diantaranya yaitu:

1. Membangun sistem yang dapat mendeteksi retak pada jalan raya menggunakan metode CNN dan YOLO.

2. Mengetahui pengaruh parameter *epoch* dan *learning rate* dalam proses *training* data menggunakan metode CNN.
3. Membandingkan hasil kinerja CNN, GUI, dan YOLO berupa *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score* pada deteksi retak jalan raya.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian diharapkan dapat bermanfaat untuk membantu mempermudah dinas terkait dalam pengecekan kondisi jalan.
2. Menambah referensi untuk pengaplikasian pengolahan citra untuk ekstraksi ciri dan klasifikasi retak pada jalan raya.
3. Memberikan dukungan teknologi terkait dalam pemeriksaan dan pemeliharaan jalan yang efektif dan efisien.

#### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

1. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Python.
2. Ekstraksi ciri pada penelitian ini menggunakan metode Wavelet.
3. Metode klasifikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode CNN.
4. Kerusakan jalan yang dibahas hanya retakan pada jalan jenis aspal.
5. Analisis berfokus pada klasifikasi retak garis, retak buaya dan tidak retak.
6. Penelitian ini hanya fokus pada analisa dan pengembangan *software* tidak mencakup pengembangan *hardware*.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan penulisan skripsi ini dibagi dalam 5 bab, sehingga isi dari masing-masing bab meliputi sebagai berikut:

##### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, serta sistematika penulisan pada penelitian.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat mengenai teori pengolahan citra pada pengolahan citra, metode ekstraksi ciri Wavelet dan metode CNN.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat mengenai metodologi penelitian yang digunakan meliputi pengolahan citra pada citra dan perancangan penelitian dengan menggunakan metode Wavelet, CNN, dan YOLOv4.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat hasil data dari ekstraksi citra untuk program yang telah dibuat, serta pembahasan dari klasifikasi hasil ekstraksi ciri menggunakan Wavelet dan CNN.

## BAB V PENUTUP

Bab ini membahas mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan secara singkat, padat, dan jelas. Bab ini juga membahas mengenai saran untuk penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Oliveira and P. L. Correia, "Road surface *crack* detection: Improved segmentation with pixel-based refinement," in 2017 25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), pp. 2026–2030, 2017.
- [2] N. A. Munggarani And A. Wibowo, "Kajian Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Dini Perkerasan Jalan Lentur Dan Pengaruhnya Terhadap Biaya Penanganan," *Jurnal Infrastruktur*, Vol. 3, No. 01, P. 10, 2017.
- [3] S. Bang, S. Park, H. Kim, Y. Yoon, and H. Kim, "A Deep Residual Network with Transfer Learning for Pixel-level Road Crack Detection," presented at the 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Taipei, Taiwan, Jul. 2018.
- [4] R. Medina, J. Llamas, E. Zalama, and J. Gomez-Garcia-Bermejo, "Enhanced automatic detection of road surface *cracks* by combining 2D/3D image processing techniques," in 2014 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), pp. 778–782, 2014.
- [5] L. Zhang, F. Yang, Y. Daniel Zhang, and Y. J. Zhu, "Road *crack* detection using deep Convolution neural network," in *2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 3708–3712. 2016.
- [6] V. Mandal, L. Uong, and Y. Adu-Gyamfi, "Automated Road Crack Detection Using Deep Convolution Neural Networks," in *2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, pp. 5212–5215, 2018.
- [7] B. Pitaloka, B. Pitaloka, A. Putra, and S. Lestari, "Implementasi Metode Forward Chaining Dan Backward Chaining Dalam Mendeteksi Kerusakan Pada Prasarana Lalu Lintas," 2023.
- [8] D. Ma, H. Fang, N. Wang, B. Xue, J. Dong, and F. Wang, "A real-time *crack* detection algorithm for pavement based on CNN with multiple feature *layers*," *Road Materials and Pavement Design*, vol. 23, no. 9, pp. 2115–2131, Sep. 2022.



- [9] S. A. Shifani, P. Thulasiram, K. Narendran, and D. R. Sanjay, "A Study of Methods using Image Processing Technique in Crack Detection," in *2020 2nd International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA)*, pp. 578–582, 2020.
- [10] A. N. Utomo, "Extraction Data Analysis Of Histogram Moment Image And Comparison Of Classification Algorithm Models Of Naive Bayes, Nearest Neighbor, Support Vector Machine, And Decision Tree In Case Study Of Damaged Asphalt And Undamaged Asphalt Road Images," vol. 9, 2020.
- [11] N. Neneng, A. S. Puspaningrum, and A. A. Aldino, "Perbandingan Hasil Klasifikasi Jenis Daging Menggunakan Ekstraksi Ciri Tekstur Gray Level Co-occurrence Matrices (GLCM) Dan Local Binary Pattern (LBP)," *SMATIKA*, vol. 11, no. 01, pp. 48–52, Jul. 2021.
- [12] F. M. Sarimole and M. I. Fadillah, "Classification Of Guarantee Fruit Murability Based on HSV Image With K-Nearest Neighbor," *JAETS*, vol. 4, no. 1, pp. 48–57, Sep. 2022.
- [13] D. S. Guru, "Texture Features and KNN in Classification of Flower Images".
- [14] N. Rasiwasia and N. Vasconcelos, "Latent Dirichlet Allocation Models for Image Classification," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 35, no. 11, pp. 2665–2679, Nov. 2013.
- [15] P. Zhu, J. Isaacs, B. Fu, and S. Ferrari, "Deep learning feature extraction for target recognition and classification in underwater sonar images," in *2017 IEEE 56th Annual Conference on Decision and Control (CDC)*, Melbourne, Australia: IEEE, pp. 2724–2731, 2017.
- [16] T. Guo, J. Dong, H. Li, and Y. Gao, "Simple Convolution neural network on image classification," in *2017 IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA)*, pp. 721–724, 2017.
- [17] N. Shatnawi, "Automatic Pavement Cracks Detection using Image Processing Techniques and Neural Network," *ijacsa*, vol. 9, no. 9, 2018.

- [18] S. Riyadi, F. Yusfida A'la, C. Oktomy, and K. Hawari Ghazali, "Road Surface Crack Detection using Wavelets Features Extraction Technique," *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 9, no. 47, Dec. 2016.
- [19] R. Chauhan, K. K. Ghanshala, and R. C. Joshi, "Convolution Neural Network (CNN) for Image Detection and Recognition," in *2018 First International Conference on Secure Cyber Computing and Communication 61 Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (ICSCCC)*, Jalandhar, India, Dec. 2018, pp. 278–282..
- [20] S. Singha and B. Aydin, "Automated Drone Detection Using YOLOv4," *Drones*, vol. 5, no. 3, p. 95, Sep. 2021.
- [21] J. Redmon and A. Farhadi, "YOLOv3: An Incremental Improvement," arXiv:1804.02767 [cs], Apr. 2018, Accessed: Mar. 30, 2022. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1804.02767>
- [22] Pemerintah Indonesia, "Undang - Undang Republik Indonesia No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009, No. 96," Sekretariat Negara, Jakarta, 2009.
- [23] Shahin, M. Y. (1994), *Pavement management for airports, roads, and parking lots*.
- [24] Ikhwanul, F. Yudaningrum, "Analisis Kerusakan Retak Padar Ruas Jalan Kedungmundu-Metesih Serta Metode Perbaikannya," *Prosiding Seminar Nasional*, ISBN: 978-602-14020-3-0, 2016.
- [25] Putra, Darma, (2010). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [26] W. S. Eka Putra, "Klasifikasi Citra Menggunakan Convolution Neural Network (CNN) pada Caltech 101," *JTITS*, vol. 5, no. 1, Mar. 2016.
- [27] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R. dan Farhadi, A., You only look once: Unifed, real-time object detection, in 'Proceedings of the IEEE Conference on computer vision and pattern recognition', pp. 779-788, 2016.

- [28] B. Sasmito, B. H. Setiadji, and R. Isnanto, "Deteksi Kerusakan Jalan Menggunakan Pengolahan Citra Deep Learning di Kota Semarang," *TEKNIK*, vol. 44, no. 1, pp. 7-14, 2023.
- [29] S. Jana, S. Thangam, A. Kishore, V. Sai Kumar, and S. Vandana, "Transfer learning based deep Convolution neural network model for pavement *crack* detection from images," *IJNAA*, vol. 13, no. 1, Jan. 2022.
- [30] N. Safaei, O. Smadi, A. Masoud, and B. Safaei, "An Automatic Image Processing Algorithm Based on Crack Pixel Density for Pavement Crack Detection and Classification," *Int. J. Pavement Res. Technol.*, vol. 15, no. 1, pp. 159–172, Jan. 2022.
- [31] S. Liu, Y. Han, and L. Xu, "Recognition of road *cracks* based on multi-scale Retinex fused with wavelet transform," *Array*, vol. 15, p. 100193, Sep. 2022.
- [32] A. Ashraf, A. Sophian, A. A. Shafie, T. S. Gunawan, N. N. Ismail, and A. A. Bawono, "Detection of Road Cracks Using Convolution Neural Networks and Threshold Segmentation," *JIAE*, vol. 2, no. 2, pp. 123–134, Sep. 2022.