

**SKRIPSI**

**DETEKSI DAN ESTIMASI DIMENSI LUBANG JALAN  
SECARA *REAL-TIME* DENGAN ALGOTIRMA MASK  
R-CNN**



**OLEH:**

**PUTRI SALMA NINGAYU**

**03041182025011**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

# SKRIPSI

## DETEKSI DAN ESTIMASI DIMENSI LUBANG JALAN SECARA *REAL-TIME* DENGAN ALGOTIRMA MASK R-CNN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Pada Universitas Sriwijaya



OLEH:

PUTRI SALMA NINGAYU

03041182025011

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

### DETEKSI DAN ESTIMASI DIMENSI LUBANG JALAN SECARA *REAL-TIME* DENGAN ALGOTIRMA MASK R-CNN



#### SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

Oleh

**PUTRI SALMA NINGAYU**

**NIM. 03041182025011**

**Palembang, Juli 2024**

**Menyetujui**

**Dosen Pembimbing**

**Mengetahui**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T. M.Eng. Ph.D., IPU**

**NIP. 199108141999031005**

**Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.**

**NIP. 197812072002122002**

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Putri Salma Ningayu

NIM : 03041182025011

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 9%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian Saya yang berjudul “Deteksi dan Estimasi Dimensi Lubang Jalan Secara *Real-Time* dengan Algoritma Mask R-CNN” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka Saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini Saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, 16 Juli 2024



Putri Salma Ningayu

NIM. 03041182025011

## HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing menyatakan bahwa telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencakupi sebagai mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan :  \_\_\_\_\_  
Pembimbing Utama : Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.  
Tanggal : 14 Juli/2024

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putri Salma Ningayu  
NIM : 03041182025011  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah Saya yang berjudul:

### **DETEKSI DAN ESTIMASI DIMENSI LUBANG JALAN SECARA *REAL-TIME* DENGAN ALGOTIRMA MASK R-CNN**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Indralaya

la tanggal : 16 Juli 2024



Putri Salma Ningayu

NIM. 03041182025011

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena berkat Rahmat dan karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan penulisan dan pembuatan Tugas Akhir yang berjudul **“Deteksi dan Estimasi Dimensi Lubang Jalan Secara *Real-Time* dengan Algoritma Mask R-CNN”** yang telah dilaksanakan dari bulan Desember 2023 hingga Juni 2024 sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Shalawat serta salam tidak hentinya tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya yang insyaAllah hingga akhir zaman.

Penulisan tugas akhir ini terlaksana berkat bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih terutama pada dosen Pembimbing Tugas Akhir yakni Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng. yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan kepada penulis. Lalu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orangtua serta keluarga yang selalu memberikan semangat dan dukungan baik secara mental, fisik, maupun finansial.
2. Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng selaku pembimbing utama tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingan dan ilmu selama proses penulisan skripsi.
3. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM dan Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S., IPM. selaku pencetus dan memberikan bimbingan pada tugas akhir ini serta pengembang ide.
4. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM., Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S., IPM., Bapak Baginda Oloan Siregar, S.T., M.T., Bapak Irmawan, S.Si., M.T., dan Bapak Rendyansyah, S.Kom., M.T. yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penelitian yang dilakukan agar menjadi lebih baik.

6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama perkuliahan.
7. Teman-teman seperjuangan *Pothole Detection* Hildianah, Rischantika, dan Aditya yang telah berkontribusi baik tenaga, waktu dan pikiran dalam menyelesaikan penelitian ini.
8. Teman-teman angkatan 2020 konsentrasi teknik kendali dan komputer yang telah memberikan semangat serta dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini.
9. Orang terdekat Syauqi Zalfa Daffa yang telah memberi semangat serta motivasi dalam menyelesaikan penelitian ini.
10. Seluruh pihak yang tidak mampu disebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir hingga meraih gelar Sarjana Teknik.
11. Kepada diri sendiri karena mampu bertahan dan selalu berusaha berpikir positif dalam menjalani perkuliahan hingga bisa menyelesaikan sampai ke tahap menyusun skripsi ini.

Penulis menyadari terdapat kesalahan yang berasal dari keterbatasan pengetahuan serta kemampuan penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak dan pembaca agar memperbaiki tugas akhir ini menjadi lebih baik. Akhir kata, Penulis berharap semoga tugas akhir ini menjadi ilmu dan bermanfaat bagi para pembaca terutama Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Univeristas Sriwijaya dan masyarakat umum.

Palembang, 12 Juli 2024



Putri Salma Ningayu

NIM. 03041182025011

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan transportasi darat yang sangat pesat perlu diimbangi dengan infrastruktur yang memadai. Salah satu infrastruktur yang memegang peranan yang sangat penting adalah jalan. Intensitas jumlah kendaraan yang terus meningkat bersamaan dengan kondisi cuaca yang tidak selalu baik, menambah beban pada infrastruktur jalan setiap harinya. Dari situasi ini berdampak banyaknya jalan mengalami kerusakan yang serius dan kondisinya sangat mengkhawatirkan. Salah satu kerusakan yang umum terjadi adalah lubang di jalan, yang dapat meningkatkan risiko kecelakaan lalu lintas [1].

Menurut hasil penelitian, pada tahun 2013 ditemukan bahwa 26 persen dari kecelakaan lalu lintas disebabkan oleh kondisi jalan yang rusak atau berlubang [2]. Namun, upaya yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan jalan berlubang saat ini masih secara manual [3]. Metode manual yaitu dengan berjalan menyusuri jalan, menggunakan kamera untuk mengambil foto lubang jalan, menentukan tingkat kerusakan berdasarkan jenis kerusakan jalan, kemudian menghitung dan menulis sebagai laporan. Metode ini memakan banyak waktu, tenaga dan biaya. Metode ini juga bersifat subyektif sehingga dapat memberikan tingkat akurasi kerusakan jalan yang rendah. Oleh karena itu, dibutuhkan metode yang lebih efektif dan efisien untuk mengatasi masalah ini, seperti deteksi lubang jalan yang berbasis pada *computer vision*.

Deteksi objek secara *real-time* dengan memanfaatkan metode *computer vision* pernah diteliti oleh (P. Heitzmann, R. Szeliski) yang mana pada penelitian tersebut, *dataset* yang digunakan berupa video yang dikonversi menjadi kumpulan gambar. Pada kumpulan citra yang telah diperoleh dilakukan *pre-processing* dengan tujuan memastikan citra-citra tersebut dalam keadaan yang sesuai untuk tahap pengolahan berikutnya [4],[5]. Penelitian lain dilakukan oleh (Bandi Sasmito, dkk) dengan menggunakan prinsip penginderaan jauh dengan teknologi Jaringan Syaraf Tiruan

*Deep Learning* YOLO (*You Only Look Once*) yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan jalan. Kemudian untuk memberikan lokasi dan posisi yang akurat, hasil pendeteksian tersebut ditambahkan lokasi menggunakan *Global Navigation Satellite System* (GNSS) [6]. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh (Arman, dkk) menerapkan algoritma R-CNN dan Faster R-CNN untuk mendeteksi kerusakan jalan, selanjutnya Support Vector Machine (SVM) digunakan untuk mengklasifikasikan jenis kerusakan jalan [7]. Identifikasi kerusakan jalan juga dilakukan oleh (Andriyana Fajar, dkk) dengan menggunakan metode Faster R-CNN yang mana memiliki keakuratan dan kecepatan lebih tinggi dibandingkan dengan R-CNN [8]. Selanjutnya Pengidentifikasian kerusakan jalan pernah diteliti oleh (Rudi Hartono, Yudi Wibisono, Rosa Ariani Sukamto) yang mendeteksi kerusakan jalan otomatis dengan memanfaatkan teknologi akselerometer dan GPS pada smartphone [9]. Kemudian Deepika AR dkk melakukan deteksi lubang jalan dengan pelatihan *tiny YOLO* (*you only look once*) versi 3 [10].

Dari penelitian sebelumnya, penerapan *computer vision* telah digunakan untuk mendeteksi lubang secara *real-time*. Namun penelitian-penelitian tersebut belum mempertimbangkan estimasi dimensi dari lubang. Padahal hal ini menjadi penting karena informasi tersebut sangat diperlukan untuk menentukan ukuran lubang yang perlu diperbaiki. Sehingga, pada penelitian ini digunakan MASK R-CNN yang memiliki akurasi dan kecepatan lebih baik dari versi R-CNN lainnya untuk mendeteksi lubang, termasuk mengukur panjang dan lebar lubang secara *real-time*. Dengan demikian, kondisi jalan berlubang akan digambarkan secara komprehensif sehingga pemantauan dan rencana perawatan dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Menurut hasil penelitian, 26 persen dari kecelakaan lalu lintas disebabkan oleh kondisi jalan yang rusak atau berlubang [2]. Namun, upaya yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan jalan berlubang saat ini masih secara manual [3]. Yaitu dengan berjalan menyusuri jalan, menggunakan kamera untuk mengambil foto lubang jalan, kemudian menghitung panjang dan lebar lubang jalan dan menulisnya sebagai laporan. Metode ini memakan banyak waktu, tenaga dan biaya. Oleh karena

itu, dalam penelitian ini *computer vision* digunakan dengan menggunakan algoritma MASK R-CNN untuk mengimplementasikan proses pengukuran dimensi lubang tersebut secara *real-time*.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem yang mampu mendeteksi dan mengetahui estimasi dimensi lubang jalan secara *realtime* dengan menggunakan pendekatan algoritma MASK R-CNN. Dengan demikian, penelitian ini berpotensi memberikan manfaat signifikan dalam konteks pemeliharaan jalan dan keselamatan pengguna jalan. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk melihat performa MASK R-CNN sebagai algoritma deteksi dan estimasi dimensi lubang jalan.

### 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini :

1. Deteksi dilakukan dengan objek berupa lubang jalan.
2. MASK R-CNN sebagai algoritma yang digunakan untuk mendeteksi dan memberikan estimasi dimensi lubang.
3. Pengukuran kedalaman lubang didapatkan dari sensor ultrasonik yang dipasang pada sepeda motor.
4. Data berupa video yang dikonversi menjadi kumpulan gambar yang diambil di Jalan Kampung Bali, Sungai Dua hingga Jalan Sungai Kundur, Sungai Kedukan, Kec. Banyuasin I, Kab. Banyuasin, Sumatera Selatan.
5. Data diambil dengan kondisi lubang kering (tidak tergenang air).
6. Pelatihan model dilakukan dengan *Google Colab* sebagai *platform cloud computing* berbasis Python.

### 1.5 Keaslian Penelitian

Penelitian yang dilakukan oleh Zuo Wei dkk melakukan pengukuran dimensi dari objek perkakas menggunakan pendekatan Mask R-CNN. Pada penelitian ini sebanyak 1500 dataset digunakan untuk pelatihan data. Algoritma pengukuran dimensi objek, langkah pertama mengambil gambar objek yang akan diukur

menggunakan kamera. Kedua, mendeteksi semua objek yang akan diukur dan melakukan segmentasi setiap objek dengan Mask R-CNN. Ketiga, ekstraksi fitur kontur dari semua wilayah objek. Keempat, mendapatkan *bounding box* yang membatasi setiap kontur objek. Kelima, sesuai dengan hasil kalibrasi sistem, ukuran aktual dari setiap piksel dalam gambar dapat diketahui. Hitung ukuran aktual dari persegi terkecil yang membatasi kontur objek, dan ukuran dari persegi terkecil tersebut mencerminkan ukuran dua dimensi dari suatu objek [11].

Penelitian yang dilakukan oleh Catur Ariya dkk, melibatkan pendekatan deteksi objek dengan memanfaatkan Mask R-CNN. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi objek pada rak toko untuk membantu pemilik toko dalam melihat stok barang yang ada pada rak toko. Metode ini diuji dengan menggunakan dataset yang diambil berupa video yang dipecah menjadi banyak frame. Kemudian data yang didapat akan di proses menjadi anotasi citra, yaitu data diproses dengan melabelkan gambar dengan cara memberikan nama kelas pada objek yang telah dikotakkan pada setiap gambar. Pengujian model Mask R-CNN dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama menggunakan data pelatihan sebagai data pengujian dengan variasi epoch (10, 15, 20, 30), dan epoch 30 dipilih karena mencapai akurasi tertinggi. Tahap kedua melibatkan pengujian model pada tiga skenario (2 objek, 3 objek, 5 objek) menggunakan model pada epoch 30 untuk mencapai akurasi yang sesuai dengan susunan pada rak supermarket atau toko. Dari penelitian yang dilakukan, metode Mask RCNN terbukti efektif untuk prediksi objek secara real-time. Pada uji coba dengan variasi epoch (10, 15, 20, 30), epoch 30 mencapai akurasi tertinggi, yaitu 97,33%. Sementara itu, pada pengujian skenario dengan 2 objek, metode ini mencapai akurasi sebesar 66,25% [12].

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Moch. Rizal Budi Utomo dkk menggunakan Mask R-CNN untuk segmentasi gambar area tumpukan sampah, dengan tujuan membantu petugas kebersihan dalam menangani masalah penumpukan sampah di jalan. Dataset penelitian terdiri dari 27.963 gambar, yang dibagi menjadi 70% untuk pelatihan dan 30% untuk pengujian. Fokus deteksi adalah sampah. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa Mask R-CNN mampu mendeteksi objek sampah dalam gambar dengan baik. Pengujian dengan berbagai variasi data menunjukkan kinerja deteksi yang superior, dengan *mean average*

*precision* mencapai 80.16% dalam mendeteksi semua jenis objek pada gambar. Mask R-CNN juga dapat menangani variasi skenario gambar, seperti perbedaan sudut pengambilan dan kondisi pencahayaan, dalam proses deteksi objek [13].

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Ken Ayu Bellynza dkk yang menggunakan *instance segmentation* Mask R-CNN untuk mendeteksi objek yaitu burung lovebird. Pengumpulan data diambil secara langsung menggunakan kamera. Data berjumlah masing masing 50 gambar dari lima jenis burung lovebird berformat jpg. Dataset dibagi menjadi dua bagian yaitu 80% data latih dan 20% data uji. Tahap *training* data dilakukan sebanyak 500 *epoch* dan didapatkan nilai loss dibawah 0,05 sehingga mampu menghasilkan akurasi yang cukup tinggi. Kemudian pada tahap *testing* menghasilkan gambar yang sama namun terdapat *mask*, *bounding box* dan nama jenis burung lovebird dan tingkat akurasinya. Hasil akurasi didapatkan sebesar 98,6% untuk jenis *Agapornis Fishceri* dan 99% untuk jenis *Agapornis Personata* [14].

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Milzamah Elvi dkk menggunakan Mask R-CNN untuk mendeteksi penggunaan alat pelindung diri (APD) dalam konteks keselamatan dan kesehatan kerja diselidiki dalam penelitian ini. Dataset terdiri dari 1300 gambar yang diperoleh dari situs *roboflow* dan diverifikasi menggunakan *teachable machine*. Sebelum menerapkan Mask R-CNN, dilakukan tahap *pre-processing* data yang mencakup pengelompokan dan anotasi. Implementasi Mask R-CNN melibatkan tahap *training* dan *testing*. Pada tahap *training*, langkah-langkah meliputi instalasi Mask R-CNN, pemanggilan dataset, proses pelatihan, dan pengujian dengan gambar acak. Sementara itu, tahap *testing* melibatkan instalasi Mask R-CNN, pemanggilan hasil dataset yang telah dilatih, dan pengujian dataset. Hasil terbaik diperoleh pada parameter epoch 35, dengan tingkat akurasi mencapai 95%, presisi 96%, dan *recall* 97% [15].

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Yusuf Budiarto and Sutikno, “Deteksi Objek Lubang Pada Citra Jalan Raya Menggunakan Pengolahan Citra Digital,” *J. Komput. Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 109–118, 2017, [Online]. Available: <http://jurnal.pcr.ac.id>
- [2] S. Djaja, R. Widyastuti, K. Tobing, D. Lasut, and J. Irianto, “Situasi Kecelakaan Lalu Lintas Di Indonesia, Tahun 2010-2014,” *J. Ekol. Kesehat.*, vol. 15, no. 1, pp. 30–42, 2016, doi: 10.22435/jek.v15i1.4436.30-42.
- [3] M. Jurusan, T. Sipil, F. Teknik, and U. Sriwijaya, “Tommy Putra Armada,” vol. 2, no. 3, pp. 445–456, 2014.
- [4] R. Szeliski, *Computer Vision : Algorithms and Applications 2nd Edition*. 2021.
- [5] P. Heitzmann, “A Computer Vision-assisted Approach to Automated Real-Time Road Infrastructure Management,” 2022.
- [6] 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, doi: 10.14710/teknik.v44i1.51908.
- [7] M. S. Arman, M. M. Hasan, F. Sadia, A. K. Shakir, K. Sarker, and F. A. Himu, “Detection and classification of road damage using R-CNN and faster R-CNN: A deep learning approach,” *Lect. Notes Inst. Comput. Sci. Soc. Telecommun. Eng. LNICST*, vol. 325 LNICST, no. July, pp. 730–741, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-52856-0\_58.
- [8] A. Fajar, D. I. Mulyana, A. S. Amrullah, and ..., “Identifikasi Kerusakan Jalan dengan Metode Faster R-CNN Studi Kasus di Jalan Pakansari Bogor Jawa Barat,” *Smart Comp ...*, vol. 11, no. 2, pp. 247–256, 2022, [Online]. Available: <http://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/smartcomp/article/view/3509>

- [9] R. Hartono, Y. Wibisono, and R. A. Sukamto, "Damropa (Damage Roads Patrol): Aplikasi Pendeteksi Jalan Rusak Memanfaatkan Accelerometer pada Smartphone Programming Fun Learning dengan DOMjudge View project Damropa (Damage Roads Patrol): Aplikasi Pendeteksi Jalan Rusak Memanfaatkan Accelerometer pada ," no. June 2020, 2017, doi: 10.31219/osf.io/yekpr.
- [10] D. A L, "Pothole Detection Using Yolo V3: A Deep Learning Approach," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 9, no. VII, pp. 1989–1993, 2021, doi: 10.22214/ijraset.2021.36796.
- [11] Z. Wei, B. Z. B, and P. Liu, "Object Dimension Measurement Based on Mask R-CNN," vol. 1, pp. 320–330, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-27538-9.
- [12] C. Ariya and L. Lina, "Perancangan Deteksi Objek Pada Rak Toko Menggunakan Metode Mask Rcnm," *Simtek J. Sist. Inf. dan Tek. Komput.*, vol. 8, no. 2, pp. 295–299, 2023, doi: 10.51876/simtek.v8i2.213.
- [13] R. Budi, R. A. Harianto, and E. Setyati, "Segmentasi Citra Area Tumpukan Sampah Dengan Memanfaatkan Mask R-CNN," *J. Intell. Syst. Comput.*, vol. 5, no. 1, pp. 58–64, 2023, doi: 10.52985/insyst.v5i1.305.
- [14] K. A. Bellynza and H. Syaputra, "Objek Deteksi Burung Lovebird Menggunakan Instance Segmentation Mask R-CNN," vol. 4, no. 1, pp. 245–254, 2022.
- [15] M. E. Laily, F. N. Fajri, and G. Q. O. Pratamasunu, "Deteksi Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Untuk Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode Mask Region Convolutional Neural Network (Mask R-CNN)," *J. Komput. Terap.*, vol. 8, no. 2, p. 2022, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/jkt/>
- [16] R. C. Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*. 2007. doi: 10.4324/9780203127490-10.
- [17] K. Umam and B. S. Negara, "Deteksi Obyek Manusia Pada Basis Data Video Menggunakan Metode Background Subtraction Dan Operasi Morfologi," *J.*

- CoreIT J. Has. Penelit. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 2, p. 31, 2016, doi: 10.24014/coreit.v2i2.2391.
- [18] R. A. Safitri, “Implementasi Metode Viola And Jones Untuk Mengenali Isyarat Jari Sebagai Sarana Navigasi Pada Aplikasi Pemutar Musik,” *Jbptunikompp*, pp. 7–31, 2015.
- [19] A. Salim, “Estimasi Kecepatan Kendaraan Melalui Video Pengawas Lalu Lintas Menggunakan Parallel Line Model,” pp. 1–100, 2020.
- [20] Ardianumam, “Understanding How Mask RCNN Works for Semactic Segmentation,” 2017.
- [21] R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, and J. Malik, “Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation,” *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, pp. 580–587, 2014, doi: 10.1109/CVPR.2014.81.
- [22] A. Rosebrock, “Mask R-CNN with OpenCV,” 2018, [Online]. Available: <https://pyimagesearch.com/2018/11/19/mask-r-cnn-with-opencv/>
- [23] S. Ananth, “R-CNN for object detection,” 2019, [Online]. Available: <https://towardsdatascience.com/r-cnn-for-object-detection-a-technical-summary-9e7bfa8a557c>
- [24] D. Agustiani, “Implementasi Machine Learning dan Computer Vision pada Pengembangan Sistem Otomasi Klasifikasi dan Perhitungan Kendaraan,” *Semin. Nas. Din. Inform.*, pp. 16–19, 2019, [Online]. Available: <https://prosiding.senadi.upy.ac.id/index.php/senadi/article/view/96/92>
- [25] E. Odemakinde, “Everything about Mask R-CNN: A Beginner’s Guide”, [Online]. Available: <https://viso.ai/deep-learning/mask-r-cnn/>
- [26] E. C. P. and R. M. Awangga, “TUTORIAL GENDER CLASSIFICATION USING THE YOU LOOK ONLY ONCE (YOLO).,” in *Computer Vision. Kreatif. [Online]*, [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=bGUHEAAAQBAJ>