

**DETEKSI DAN KLASIFIKASI RAMBU LARANGAN LALU LINTAS
MENGUNAKAN METODE YOLO V5s DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

(SKRIPSI)

Oleh

TASYA NURSITA DEWI

1917051035



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

ABSTRAK
DETEKSI DAN KLASIFIKASI RAMBU LARANGAN LALU LINTAS
MENGGUNAKAN METODE YOLO V5s DI KOTA BANDAR LAMPUNG

Oleh
Tasya Nursita Dewi

Rambu lalu lintas atau biasa disebut rambu adalah perangkat di lalu lintas jalan yang berupa lambang, huruf, angka, kalimat atau kombinasinya sebagai peringatan, larangan, perintah, atau petunjuk bagi pengguna jalan. Rambu larangan adalah rambu yang menunjukkan tindakan yang dilarang bagi pengguna jalan. Warna dasar rambu larangan adalah putih dan simbol serta tulisan berwarna hitam atau merah. Kurangnya pemahaman, kesadaran dan edukasi pengguna jalan terhadap arti dan fungsi dari rambu lalu lintas. Hal ini dapat mengakibatkan pengguna jalan mengalami kecelakaan. Solusi untuk masalah ini dapat diperoleh dengan memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence). Implementasi AI dalam kendaraan otonom dan sistem pengawasan lalu lintas dapat meningkatkan kepatuhan dan keselamatan di jalan raya. Pada penelitian pengenalan objek rambu larangan lalu lintas di lingkungan kota Bandar Lampung, dengan metode yang digunakan adalah metode YOLO (You Look Only Once) V5s untuk mendeteksi sekaligus melakukan klasifikasi terhadap rambu larangan lalu lintas. Tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasi metode Yolo V5s dan mengetahui performansi metode Yolo V5s untuk deteksi dan klasifikasi pada rambu larangan lalu lintas menggunakan video. Hasil menggunakan metode YOLO V5s untuk deteksi dan klasifikasi rambu larangan lalu lintas menggunakan video di kota Bandar Lampung, mendapatkan hasil akurasi

untuk jalan Pagar Alam 88,12%, Unila 95,21%, Teuku Umar 95,44%, dan Raden Intan 91,58%. Sedangkan dalam performansi rata-ratanya running time untuk jalan Pagar Alam 8.3, Unila 8.8, Teuku Umar 8.4, dan Raden Intan 7.3.

Kata Kunci: Deteksi; klasifikasi; rambu larangan lalu lintas; yolo V5s;

ABSTRACT
DETECTION AND CLASSIFICATION OF TRAFFIC PROHIBITION SIGNS
USING YOLO V5s METHOD IN THE CITY OF BANDAR LAMPUNG

By
Tasya Nursita Dewi

Traffic signs or commonly called signs are devices in road traffic in the form of symbols, letters, numbers, sentences or combinations thereof as warnings, prohibitions, orders, or instructions for road users. Prohibition signs are signs that indicate prohibited actions for road users. The base color of prohibition signs is white and the symbols and text are black or red. Lack of understanding, awareness and education of road users on the meaning and function of traffic signs. This can result in road users getting into accidents. The solution to this problem can be obtained by utilizing artificial intelligence technology. The implementation of AI in autonomous vehicles and traffic surveillance systems can improve road compliance and safety. In the research on object recognition of traffic ban signs in the Bandar Lampung city environment, the method used is the YOLO (You Look Only Once) V5s method to detect and classify traffic ban signs. The purpose of this research is to implement the Yolo V5s method and determine the performance of the Yolo V5s method for detection and classification of traffic ban signs using video. The results of using the YOLO V5s method for the detection and classification of traffic prohibition signs using video in the city of Bandar Lampung, obtained accuracy results for Pagar Alam road 88.12%, Unila 95.21%, Teuku Umar 95.44%, and Raden Intan 91.58%.

Meanwhile, the average running time for Pagar Alam 8.3, Unila 8.8, Teuku Umar 8.4, and Raden Intan 7.3.

Keywords: *Detection; classification; traffic prohibition signs; yolo V5s;*

**DETEKSI DAN KLASIFIKASI RAMBU LARANGAN LALU LINTAS
MENGUNAKAN METODE YOLO V5s DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

Oleh

TASYA NURSITA DEWI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA ILMU KOMPUTER**

Pada

**Jurusan Ilmu Komputer
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **DETEKSI DAN KLASIFIKASI RAMBU LARANGAN
LALU LINTAS MENGGUNAKAN METODE YOLO V5s
DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Tasya Nursita Dewi**

NPM : **1917051035**


Program Studi : **S1 Ilmu Komputer**

Jurusan : **Ilmu Komputer**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. rer. nat. Akmal Junaidi, M.Sc
NIP. 197101291997021001



Ridho Sholehurrohman, M. Mat
NIP. 232111970128101

2. Ketua Jurusan Ilmu Komputer

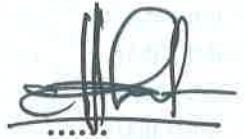


Dwi Sakethi, S.Si., M.Kom
NIP. 196806111998021001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. rer. nat. Akmal Junaidi, S.Si., M.Sc**



Sekretaris : **Ridho Sholehurrohman, M. Mat.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Rico Andrian, S.Si., M.Kom.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 13 Agustus 2024

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tasya Nursita Dewi

NPM : 1917051035

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“DETEKSI DAN KLASIFIKASI RAMBU LARANGAN LALU LINTAS MENGGUNAKAN METODE YOLO V5s DI KOTA BANDAR LAMPUNG”** merupakan karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini sudah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti skripsi saya merupakan hasil penjiplakan atau dibuat orang lain, maka bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang telah saya terima.

Bandar Lampung, 23 September 2024



Tasya Nursita Dewi

NPM.1917051035

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 01 April 2001, sebagai anak kedua dari dua bersaudara.

Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SDN 5 Merak Batin dan selesai pada tahun 2013. Kemudian pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Natar yang diselesaikan pada tahun 2016, lalu melanjutkan ke pendidikan menengah atas di SMAN 1 Natar yang diselesaikan pada tahun 2019.

Pada tahun 2019 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis melakukan beberapa kegiatan antara lain.

1. Menjadi anggota Adapter Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer pada periode 2019/2020.
2. Menjadi anggota bidang Kaderisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer periode 2020/2021.
3. Menjadi staff ahli Kementrian Luar Negeri BEM U KBM Universitas Lampung periode 2020/2021.
4. Menjadi anggota Pengelolaan Sumber Daya Manusia (PSDM) Forkom Universitas Lampung periode 2020/2021.
5. Menjadi anggota Dinas Hubungan Luar BEM FMIPA Universitas Lampung periode 2021/2022.
6. Mengikuti program Kredensial Mikro Mahasiswa Indonesia (KMMI) di Universitas Amikom Yogyakarta tahun pada 2021.

7. Melaksanakan Kerja Praktek periode 2021/2022 di Dinas Perhubungan Provinsi Lampung.
8. Mengikuti KKN 2022 periode 2 di kelurahan Suka Bandung, Kecamatan Talang Padang, Tanggamus.

MOTTO

“Bahkan jika tidak ada seorang pun yang mendukung cita-cita mu, aku akan selalu berada disini untuk mendukung impianmu”

-Huang Renjun-

“Anyways, have good friends around you, have good person surround yourself with good people coz you’re a good person too.”

-Mark Lee-

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbilalamin

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Agung Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam.

Kupersembahkan karya ini kepada:

Kedua Orang Tuaku Tercinta

Yang selalu mendukung, memberikan cinta dan kasih sayang yang tak terhingga, serta do'a yang selalu menyertaiku. Kuucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas pengorbanan dan perjuangan dalam mendidik dan membesarkanku yang tak akan dapat terbalaskan.

Seluruh Keluarga Besar Ilmu Komputer 2019

Yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung dan Jurusan Ilmu Komputer

Tempat bernaung mengemban semua ilmu untuk menjadi bekal hidup.

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayat-Nya, serta petunjuk dan pedoman dari Rasulullah Nabi Muhammad Sholallahu Alaihi Wasallam penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Deteksi Dan Klasifikasi Rambu Larangan Lalu Lintas Menggunakan Metode Yolo V5s Di Kota Bandar Lampung” dengan baik dan lancar.

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dan berperan besar dalam menyusun skripsi ini, antara lain.

1. Kedua orang tua serta kakak tercinta yang selalu memberi dukungan, do’a, semangat, motivasi, dan kasih sayang yang tak terhingga. Semoga Allah SWT selalu memberikan kebahagiaan dan keberkahan dalam kehidupan dan akhirat.
2. Bapak Dr. rer. nat. Akmal Junaidi, M.Sc. sebagai pembimbing utama yang telah memberikan arahan, ide, motivasi, kritik serta saran kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
3. Bapak Ridho Sholehurrohman, M.Mat. sebagai pembimbing kedua yang juga memberikan waktu untuk membimbing penulis dalam memberikan ide, kritik serta saran untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Rico Andrian, S.Si., M.Kom. sebagai pembahas yang telah memberikan masukan yang bermanfaat dalam perbaikan skripsi ini.
5. Ibu Yohana Tri Utami sebagai PA yang selalu mendukung peningkatan akademik penulis.
6. Bapak Dwi Saktethi, S.Si., M.Kom. selaku ketua Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.

8. Ibu Annie Rose Irawati, ST., M.Cs. selaku Sekretaris Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung.
9. Ibu Ade Nora Maela, Bang Zainuddin dan Mas Nofal yang telah membantu segala urusan administrasi penulis di Jurusan Ilmu Komputer.
10. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan pengalaman dalam hidup untuk menjadi lebih baik.
11. Teman dekat di jurusan, yaitu Revita Setianingsih dan Salsabila Qurota'aini. Terima kasih telah menjadi teman baik penulis dan banyak membantu selama perkuliahan.
12. Member TAPA yaitu Ade Irma Putri Maitra, Asri Ages Widyaningrum, dan Putri Alifatul Qisti. Rizqi dan Qori yang telah memberikan semangat dan dukungan.
13. Huang Renjun selaku member NCT Dream. Terima kasih telah menghibur dan menjadi penyemangat menulis melalui karya-karya yang luar biasa.
14. Keluarga Ilmu Komputer 2019 yang tidak bisa penulis sebut satu persatu. Keluarga kedua penulis, rekan kelompok, rekan diskusi, rekan bercanda, dan telah memberi arti dan warna serta pengalaman tak ternilai semasa duduk di bangku kuliah.
15. Seluruh kakak tingkat dan adik tingkat Ilmu Komputer yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah menjadi warna selama masa perkuliahan penulis.
16. Diri saya sendiri, Tasya Nursita Dewi. Terima kasih sudah bertahan, tidak menyerah dan bekerja keras untuk menyelesaikan skripsi ini sampai dengan selesai.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dikarenakan keterbatasan pengalaman, kemampuan dan pengetahuan penulis, serta skripsi ini juga masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun bagi para pembaca untuk bahan evaluasi dan

pembelajaran penulis di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat dan keberkahan bagi para pembaca.

Bandar Lampung, 23 September 2024

Tasya Nursita Dewi
NPM.1917051035

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	ii
<i>ABSTRACT</i>	iv
MENGESAHKAN.....	viii
PERNYATAAN	ix
RIWAYAT HIDUP	x
MOTTO	xii
PERSEMBAHAN.....	xiii
SANWACANA.....	xiv
DAFTAR ISI.....	xix
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxiii
DAFTAR KODE PROGRAM.....	xxiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penelitian-Penelitian Terkait.....	6
2.2. Rambu Lalu Lintas.....	8
2.3. Citra Digital	8
2.4. Video Digital.....	9
2.5. <i>Resizing Image</i>	9

2.6. Pelabelan Gambar	9
2.7. <i>Artificial Intelligence</i> (AI)	10
2.8. <i>Deep Learning</i>	10
2.9. <i>Convolution Layer</i>	10
2.10. <i>Pooling Layer</i>	11
2.11. Fully Connected Layer.....	12
2.12. CSPDarkNet-53	12
2.12. PANet.....	13
2.13. YOLO	13
2.14. YOLO V5s	16
2.15. Deteksi	20
2.16. Klasifikasi	20
2.17. Confusion Matrix	20
III. METODE PENELITIAN.....	23
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2. Tahapan Penelitian.....	23
3.3. Alat dan Bahan.....	26
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Pengumpulan data video	27
4.2. <i>Pre-processing</i> data	28
4.3. <i>Training Model</i>	36
4.4. Analisis Performansi Model.....	46
V. KESIMPULAN.....	56
5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	58

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Rambu larangan lalu lintas.....	8
Gambar 2. Ilustrasi Convolution Layer (Tammina, 2019).....	11
Gambar 3. Pooling layer (Tammina, 2019).	11
Gambar 4. CSPDarkNet-53.....	13
Gambar 5. Sistem deteksi YOLO.	14
Gambar 6. Ilustrasi <i>Anchor box</i> dan <i>Ground truth</i> (Sholehurrohman, 2021).	15
Gambar 7. Model deteksi YOLO.....	16
Gambar 8. Arsitektur Yolo V5s (Qiao et al., 2022).....	18
Gambar 10. Alur Penelitian.....	24
Gambar 11. Ilustrasi Pengambilan Video	28
Gambar 12. Ilustrasi Hasil Ekstraksi Video ke Gambar.	29
Gambar 13. Visualisasi Cropping & Resizing.....	30
Gambar 14. Pelabelan Rambu Larangan Lalu Lintas.	32
Gambar 15. Pembuatan Kotak Pembatas.....	33
Gambar 16. Koordinat Kotak Pembatas.....	33
Gambar 17. Keterangan Kotak Pembatas.	34
Gambar 18. Titik Koordinat Bounding Box.	35
Gambar 19. Isi File Data.txt.....	36
Gambar 20. Ilustrasi Arsitekture Yolo V5s.	37
Gambar 21. Ilustrasi IOU.....	37
Gambar 22. Ilustrasi kotak prediksi, Anchox box dan Ground Truth (Sholehurrohman, 2021).	38
Gambar 23. Ilustrasi Koordinat Ground Truth, Anchor dan Prediksi.....	39
Gambar 24. Tampilan Hasil Testing Objek yang Tertutup.....	46

Gambar 25. Tampilan Hasil Testing yang Berhasil Mendeteksi Objek.....	46
Gambar 26. Tampilan Hasil Testing yang Tidak Mengenali Objek.	47
Gambar 27. Tampilan Hasil Testing yang Mengenali Objek Lain.	47
Gambar 28. Perbandingan Akurasi Rambu Larangan.....	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Penelitian-Penelitian Terkait.....	6
Tabel 2. Confusion Matrix	21
Tabel 3. Data Testing Video	29
Tabel 4. Data Asli	30
Tabel 5. Data Augmentasi.....	31
Tabel 6. Keseluruhan Data Penelitian.....	31
Tabel 7. Pembagian Data	36
Tabel 8. Konfigurasi Hyperparameter.....	40
Tabel 9. Tabel Perbandingan <i>Running-Time testing</i> , FPS, Objek yang Terdeteksi, dan Jumlah Frame Video.	54

DAFTAR KODE PROGRAM

	Halaman
Kode Program 1. <i>Backbone</i> Yolo V5s.....	41
Kode Program 2. <i>Neck</i> Pada Yolo V5s.	42
Kode Program 3. <i>Head</i> Pada Yolo V5s.	42
Kode Program 4. Implementasi <i>Training</i>	44
Kode Program 5. Implementasi <i>Testing</i>	45

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemerintah melalui Menteri Perhubungan telah memasang berbagai rambu lalu lintas di jalan-jalan utama yang memberikan informasi kepada setiap pengguna jalan yang lewat tentang kondisi lalu lintas. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 13 Tahun 2014, rambu lalu lintas adalah bagian dari prasarana jalan yang berupa lambang, huruf, angka, kalimat atau gabungannya yang berfungsi sebagai peringatan, larangan, dan perintah. Rambu lalu lintas berperan penting dalam menjaga keamanan dan ketertiban pengguna jalan. Memahami arti dari setiap rambu lalu lintas sangat penting bagi semua pengguna jalan (Rizarta & Avianto, 2019). Menurut data dari Dinas Perhubungan, ada lebih dari 300 rambu lalu lintas di Indonesia yang terdiri dari berbagai jenis rambu, seperti rambu peringatan, larangan, wajib, dan petunjuk (Akbar, 2020).

Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) merupakan teknologi komputerisasi yang hangat diperbincangkan. Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dapat diartikan sebagai kemampuan tertentu seperti manusia yang dirancang untuk berinteraksi dengan dunia dalam bentuk sistem komputer (Salamah et al., 2022). Pengenalan objek telah menjadi topik penting di bidang komputer salah satunya adalah pengenalan objek rambu lalu lintas. Banyak aplikasi berbasis AI (*Artificial Intelligence*) seperti kendaraan otonom, pengawasan pintar, dan kota pintar telah dianggap sebagai dasar pengembangan kota pintar (Nugroho & Cahyono, 2022).

Dengan kemajuan teknologi yang pesat, banyak pihak berlomba-lomba mengembangkan solusi inovatif yang mendukung keselamatan berkendara. Pengembangan aplikasi AI berbasis deteksi rambu lalu lintas berperan besar dalam menurunkan angka pelanggaran lalu lintas serta kecelakaan, yang merupakan tujuan utama dari penerapan sistem cerdas di lingkungan **smart city** dan kendaraan otonom. Salah satu bentuk pengembangan transportasi cerdas adalah sistem *Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)*, yang dirancang untuk membantu pengemudi dalam memperhatikan lingkungan sekitar, termasuk mendeteksi rambu dan lampu lalu lintas. ADAS dapat memberikan informasi yang berguna untuk meningkatkan keselamatan, misalnya dengan memberi peringatan kepada pengemudi agar lebih waspada terhadap potensi bahaya di jalan raya (Zhang et al., 2023).

Smart city mengintegrasikan teknologi canggih untuk meningkatkan kualitas hidup penduduk kota, termasuk dalam hal manajemen lalu lintas yang lebih efisien dan aman. Deteksi otomatis rambu lalu lintas menggunakan AI memungkinkan kendaraan dan infrastruktur lalu lintas berinteraksi dengan lebih cerdas. Hal ini mendukung penerapan konsep kota pintar yang dapat mengurangi kemacetan, meningkatkan keselamatan, serta mendukung sistem transportasi yang lebih ramah lingkungan. Implementasi teknologi ini akan mendukung upaya menciptakan lingkungan jalan yang lebih aman dan tertib serta menjadi langkah maju menuju penerapan smart city (Englund et al., 2021).

Penelitian dengan judul "*Traffic Signs Detection and Recognition Based on the improved YOLOv5 Algorithm*" melakukan pendeteksian terhadap rambu lalu lintas menggunakan YOLO v5 yang telah dimodifikasi dengan modul *Squeeze and Excitation*. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini lebih baik daripada versi YOLO v5 sebelumnya (Tong & Gong, 2022). Penelitian dengan judul "*Poisonous Mushroom Detection using YOLO V5*" menggunakan metode YOLO V5s untuk melakukan pendeteksian terhadap jenis jamur beracun (*Autumn*

Skullcap (Galerina marginata), Destroying Angels, Conocybe Filaris, Deadly Dapperling, Death Cap, Podostroma Cornu-damae, Fly Agaric, dan Webcaps). Hasil yang didapatkan pada penelitian ini dengan nilai Mean Average Precision semua kelas mendapat akurasi yang baik (Cengil & Çinar, 2021).

Berdasarkan yang telah dipaparkan penelitian deteksi dan klasifikasi rambu larangan lalu lintas di kota Bandar Lampung penting dilakukan karena kota ini menghadapi tantangan dalam hal kepatuhan terhadap aturan lalu lintas dan keselamatan di jalan raya. Implementasi teknologi berbasis AI seperti YOLO V5s menawarkan deteksi yang cepat dan akurat, sangat cocok untuk mendeteksi rambu berukuran kecil, serta membantu penegakan aturan lalu lintas secara real-time. maka pada penelitian pengenalan objek rambu larangan lalu lintas di lingkungan kota Bandar Lampung, dengan metode yang digunakan adalah metode YOLO (*You Look Only Once*) V5s untuk mendeteksi sekaligus melakukan klasifikasi terhadap rambu lalu lintas akan mendapatkan hasil yang baik. Pengusulan metode YOLO V5s pada penelitian ini selanjutnya akan dianalisis menggunakan *confusion matrix* untuk mengetahui performansi kinerja hasil deteksi dan klasifikasi metode tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan pada latar belakang, maka rumusan masalah yang akan diteliti adalah:

1. Bagaimana implementasi metode YOLO V5s pada rambu lalu lintas larangan menggunakan video?
2. Bagaimana performansi metode YOLO V5s untuk deteksi dan klasifikasi rambu larangan lalu lintas menggunakan video?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 6 dataset rambu lalu lintas (Dilarang parkir, dilarang putar balik, dilarang masuk, dilarang belok kanan, dilarang belok kiri, dan dilarang berhenti).
2. Penelitian ini menggunakan gambar dan video sebagai data penelitian.
3. Penelitian ini dilakukan di lingkungan kota Bandar Lampung tepatnya pada jalan ZA Pagar Alam, Raden Intan, Teuku Umar dan Universitas Lampung.
4. Jarak antara kamera dengan objek sekitar 5 meter.
5. Penelitian ini menggunakan metode YOLO V5s untuk deteksi dan klasifikasi.
6. Penelitian ini digunakan performa metrik untuk mengetahui performansi deteksi dan klasifikasi rambu lalu lintas.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang didapat dari penelitian ini, yaitu:

1. Mengimplementasikan metode YOLO V5s untuk deteksi dan klasifikasi rambu larangan lalu lintas menggunakan video.

2. Mengetahui performansi metode YOLO V5s untuk deteksi dan klasifikasi pada rambu larangan lalu lintas menggunakan video.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu:

1. Memperoleh hasil implementasi menggunakan video data rambu larangan lalu lintas menggunakan metode YOLO V5s.
2. Mendapatkan hasil performansi metode YOLO V5s pada pendeteksian dan klasifikasi dari data objek rambu larangan lalu lintas menggunakan video.
3. Hasil dari implementasi metode YOLO V5s pada rambu larangan lalu lintas dapat digunakan sebagai bahan rujukan untuk *smart city*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian-Penelitian Terkait

Tabel 1. Penelitian-Penelitian Terkait

No.	Penulis	Judul Paper	Objek	Pokok Pembahasan
1.	(Tong & Gong, 2022)	<i>Traffic Signs Detection and Recognition Based on the improved YOLO v5 Algorithm</i>	Rambu lalu lintas	Penelitian ini membahas tentang perbandingan YOLO v5 dengan YOLO v5 modifikasi modul <i>Squeeze and Excitation</i> dengan objek rambu lalu lintas, dengan hasil <i>MAP</i> nya lebih baik 1,5% (86,8%) dari YOLO v5 sebelumnya.
2.	(Liu et al., 2021)	<i>Real-time Signal Light Detection based on Yolo v5 for Railway</i>	Lampu sinyal kereta api	Penelitian ini membahas tentang perbandingan <i>CenterNet</i> dengan YOLO V5s menggunakan objek lampu sinyal kereta api

				mendapatkan hasil rata-rata tingkat <i>recall</i> dan akurasi 0,972, sementara kecepatan bisa mencapai 100FPS. Hasil tersebut tidak jauh lebih baik dari hasil <i>CenterNet</i> .
3.	(Cengil & Çinar, 2021)	<i>Poisonous Mushroom Detection using YOLO V5</i>	Jamur : <i>Autumn Skullcap (Galerina marginata), Destroying Angels, Conocybe Filaris, Deadly Dapperling, Death Cap, Podostroma Cornu-damae, Fly Agaric,</i> dan <i>Webcaps</i>	Penelitian ini membahas tentang metode YOLO v5x yang merupakan metode terbesar dalam YOLO v5, dengan objek jamur beracun melakukan klasifikasi dan deteksi dengan hasil <i>Mean Average Precision</i> semua kelas adalah 0,77 dan nilai AP masing-masing kelas berturut-turut adalah 0,818, 0,825, 0,610, 0,737, 0,826, 0,854, 0,993, 0,556.

2.2. Rambu Lalu Lintas

Rambu lalu lintas atau biasa disebut rambu adalah perangkat di lalu lintas jalan yang berupa lambang, huruf, angka, kalimat atau kombinasinya sebagai peringatan, larangan, perintah, atau petunjuk bagi pengguna jalan. Menurut arah lalu lintas yang berkaitan dengan lokasi, rambu yang berlaku harus memperhatikan kondisi jalan, kondisi lalu lintas dan aspek keselamatan, keamanan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas (Tinambunan et al., 2018). Rambu larangan adalah rambu yang menunjukkan tindakan yang dilarang bagi pengguna jalan. Warna dasar rambu larangan adalah putih dan simbol serta tulisan berwarna hitam atau merah (Rohkim & Manik, 2023).



Gambar 1. Rambu larangan lalu lintas.

2.3. Citra Digital

Pengolahan citra adalah ilmu pengolahan sinyal, terutama yang berupa gambar. Pengertian matematis, gambar adalah fungsi kontinu dari intensitas cahaya dalam bidang dua dimensi. Keunggulan pengolahan citra terletak pada perbaikan bentuk

citra, analisis dan pengenalan citra. Ada berbagai jenis gambar yang diukur dengan nilai piksel dalam rentang tertentu dari 0 hingga 255 (Oddy Chrisdwianto & Fitriyah, 2018).

2.4. Video Digital

Video merupakan kumpulan *frame* yang direkam oleh dalam satuan waktu tertentu, biasanya dalam 1 detik video berisi 25-30 *frame* gambar. Video digital adalah representasi informasi melalui serangkaian gambar yang diambil dan ditampilkan sesuai dengan sistem pemindaian standar, *frame rate*, dan ukuran gambar yang digunakan oleh teknologi video. Citra video digital dapat diambil menggunakan kamera video digital atau perangkat yang dilengkapi kamera video digital (Wardhani & Madenda, 2016).

2.5. Resizing Image

Resizing image adalah mengubah ukuran panjang dan tinggi gambar. Langkah ini berfungsi untuk mempercepat perhitungan dan standarisasi dataset (Handono et al., 2020). Pada penelitian dengan judul “*A Real-Time Detection Algorithm for Kiwifruit Defects Based on YOLO v5*” menggunakan input gambar asli 640 x 640 kemudian diresize 320 x 320 (Yao et al., 2021). Penelitian dengan judul “*Poisonous Mushroom Detection using YOLO V5*” menggunakan input gambar dengan ukuran 640 x 640 (Cengil & Çinar, 2021). Penelitian yang berjudul “*YOLO v4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection*” menggunakan inputan gambar yang telah diubah ukurannya yaitu: 512 x 512 (Bochkovskiy et al., 2020). Penelitian ini menggunakan input gambar dengan ukuran 512 x 512.

2.6. Pelabelan Gambar

Pelabelan gambar adalah langkah pemberian nama terhadap dataset input dengan tujuan untuk menyimpan informasi gambar, yang kemudian disimpan ke file .txt

dengan format YOLO. Pelabelan gambar dilakukan dengan kelas nama disetiap objek untuk mengidentifikasi selama proses pelatihan (*training*) (Mulyanto et al., 2021).

2.7. Artificial Intelligence (AI)

Artificial Intelligence adalah kecerdasan buatan yang terintegrasi ke dalam suatu sistem. Secara teknis, sistem AI biasanya dapat secara otomatis membaca gambar, suara, atau keinginan seseorang akan sesuatu. Kecerdasan buatan adalah studi tentang bagaimana membangun sistem komputer yang menunjukkan kecerdasan dengan cara yang berbeda. *Artificial Intelligence* atau kecerdasan buatan mengumpulkan dan menganalisis data yang awalnya tidak terstruktur dan kemudian dihubungkan bersama. Model operasional kecerdasan buatan dimulai dengan serangkaian proses algoritma canggih dan sistematis data, yang kemudian menganalisis data dan pola perilaku serta trend target (Sari, 2019).

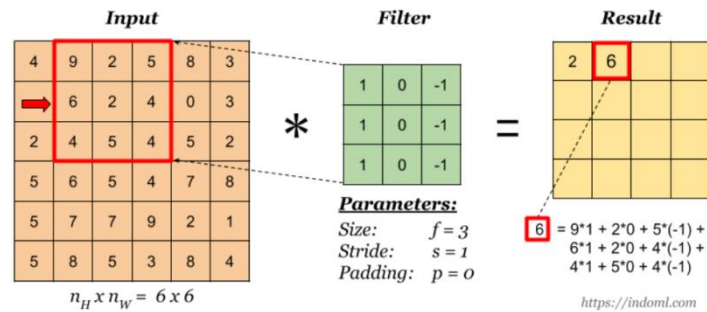
2.8. Deep Learning

Deep learning adalah metode pembelajaran yang menggunakan jaringan syaraf tiruan multilayer. Jaringan saraf tiruan sekarang dimodelkan setelah otak manusia, dimana *neuron* terhubung untuk membentuk jaringan *neuron* yang sangat kompleks. *Deep Learning* atau *deep structured learning* atau *hierarchical learning* atau *deep neural* adalah metode pembelajaran yang menggunakan beberapa transformasi *non linier*. Pembelajaran mendalam dapat dilihat sebagai kombinasi pembelajaran mesin dan AI (jaringan saraf tiruan) (P. A. Nugroho et al., 2020).

2.9. Convolution Layer

Convolution layer merupakan sebuah matrix kernel diteruskan ke matrix inputan untuk menghasilkannya peta fitur untuk lapisan berikutnya. Kemudian

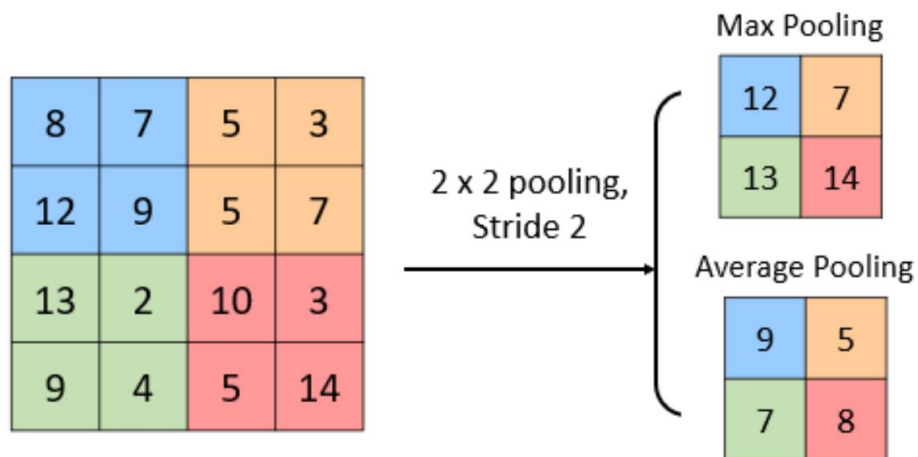
dengan operasi matematika yang disebut konvolusi bergeser ke matrixs kernel pada matrixs inputan. Semua posisi, perkalian matrixs dengan elemen adalah dilakukan dan hasilnya ditambahkan ke peta fitur. Konvolusi adalah jenis operasi linier khusus banyak digunakan di berbagai bidang, termasuk pemrosesan gambar, statistik, fisika (Tammina, 2019).



Gambar 2. Ilustrasi Convolution Layer (Tammina, 2019).

2.10. Pooling Layer

Pooling layer adalah langkah berikutnya setelah *convolution layer*. *Pooling layer* terdiri dari filter dengan ukuran dan langkah tertentu. Setiap pergeseran akan ditentukan oleh hasil langkah yang akan digeser pada seluruh area feature map. Pooling layer yang umum digunakan yaitu *max pooling* dan *average pooling* (Nugroho & Cahyono, 2022).



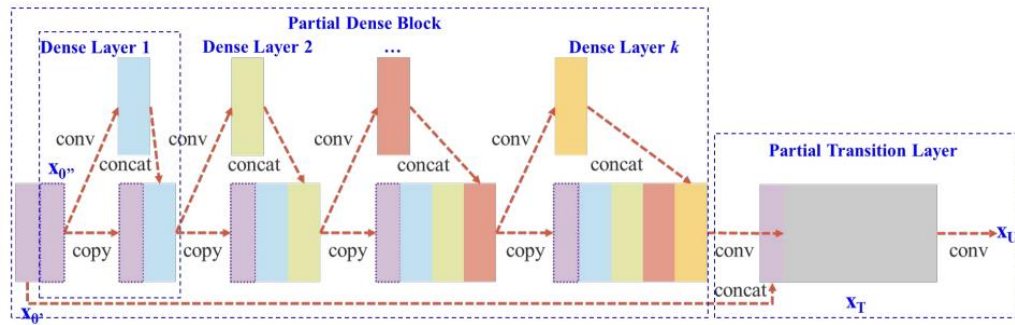
Gambar 3. Pooling layer (Tammina, 2019).

2.11. Fully Connected Layer

Fully connected layer berfungsi untuk mengubah array multidimensi menjadi vektor. Setiap neuron di lapisan konvolusional harus terlebih dahulu diubah menjadi data satu dimensi sebelum dapat dimasukkan ke dalam fully connected layer. Karena menyebabkan data kehilangan informasi spasial dan tidak dapat diubah, sedangkan lapisan yang terhubung sepenuhnya hanya dapat diterapkan di ujung jaringan (Andika et al., 2019).

2.12. CSPDarkNet-53

Darknet adalah kerangka kerja *open source* yang ditulis dalam C dan CUDA. Cepat, mudah dipasang, dan mendukung komputasi CPU dan GPU (Reddy et al., 2021). CSPDarkNet-53 (*Cross Stage Partial Darknet*) sebuah arsitektur model jaringan saraf yang digunakan dalam pengolahan citra dan pengenalan objek. Tujuan desain utama *CSPDarkNet-53* adalah untuk memungkinkan arsitektur ini mencapai kombinasi gradien yang lebih kaya sekaligus mengurangi *overhead* komputasi. Tujuan *CSPDarkNet-53* dicapai dengan membagi peta fitur lapisan dasar menjadi dua bagian dan kemudian menggabungkannya melalui hierarki tingkat menengah yang diusulkan. Konsep utama *CSPDarkNet-53* adalah membiarkan arus gradien menyebar melalui jalur jaringan yang berbeda dengan memisahkan arus gradien. Dengan cara ini, *CSPDarkNet-53* mengkonfirmasi bahwa data gradien yang disebarkan dapat menunjukkan perbedaan korelasi yang besar dengan tahapan kopling dan transisi kopling. Selain itu, *CSPDarkNet-53* dapat secara signifikan mengurangi *overhead* komputasi dan meningkatkan kecepatan dan akurasi inferensi (Wang et al., 2020).



Gambar 4. CSPDarkNet-53.

2.12. PANet

Path Aggregation Network (PANet) adalah sebuah arsitektur yang dirancang untuk meningkatkan kinerja pendeteksian objek dalam pemrosesan gambar. PANet memecahkan masalah ketika objek berukuran kecil atau memiliki konteks penting, yang seringkali sulit dideteksi dengan arsitektur deteksi objek tradisional. PANet sebagai jaringan pada neck yang berguna untuk mempercepat arus informasi. *Feature Pyramid Networks* (FPN) yang berisi banyak lapisan *top-down* dan *bottom-up* untuk meningkatkan propagasi fitur tingkat rendah dalam model (Zachary et al., 2022)

2.13. YOLO

YOLO (*You Only Look Once*) merupakan pendekatan baru untuk sistem deteksi objek yang ditujukan untuk pemrosesan waktu nyata (*real time*). YOLO menghadirkan deteksi objek sebagai masalah regresi tunggal, yang secara langsung memetakan piksel gambar ke kotak pembatas (*bounding box*) yang berbeda secara spasial dan probabilitas kelas yang terkait. YOLO melakukan deteksi dan pengenalan objek menggunakan jaringan syaraf tunggal yang secara langsung memprediksi kotak pembatas dan probabilitas kelas dalam satu evaluasi (Hutauruk et al., 2020).

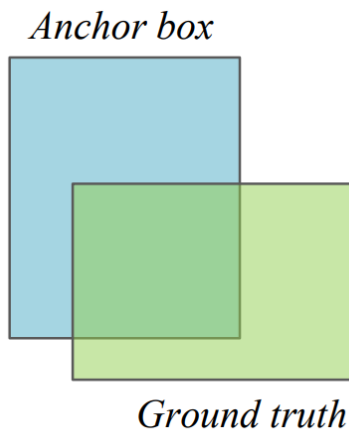
Memproses gambar dengan YOLO sangat sederhana dan lugas. YOLO mengubah ukuran gambar input menjadi 448×448 , lalu melakukan jaringan konvolusional tunggal pada gambar dan membatasi deteksi yang dihasilkan untuk keakuratan model (Redmon et al., 2016)



Gambar 5. Sistem deteksi YOLO.

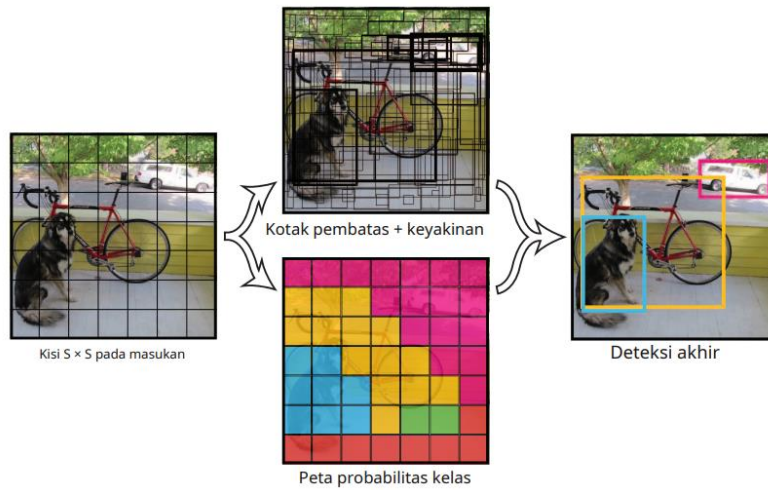
Gambar 5. Sebuah jaringan konvolusional tunggal secara bersamaan memprediksi beberapa frame batas dan probabilitas kelas untuk frame tersebut. YOLO melatih seluruh gambar dan secara langsung mengoptimalkan kinerja pengenalan. Model terpadu ini menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan metode deteksi objek tradisional.

Bounding box adalah kotak imajiner yang mengelilingi objek yang teridentifikasi. *Bounding box* berbentuk kotak yang ukurannya sesuai dengan ukuran objek yang teridentifikasi. Untuk membuat bounding box sendiri menggunakan koordinat piksel objek *upper-left* (UL), *upper-right* (UR), *lower-left* (LL), dan *lower-right* (LR) (Putra et al., 2021). *Intersection over Union* (IoU) adalah metode evaluasi untuk mengukur akurasi pendeteksian objek terhadap sebuah dataset. Untuk IoU, dua wilayah harus diambil dan digabungkan. Kedua wilayah tersebut adalah wilayah *ground-truth bounding box*, yang merupakan *bounding box actual*, dan wilayah yang diamati dari model yang dibangun. Representasi dari persamaan IoU ditunjukkan pada gambar 4 (Shianto et al., 2019).



Gambar 6. Ilustrasi *Anchor box* dan *Ground truth* (Sholehurrohman, 2021).

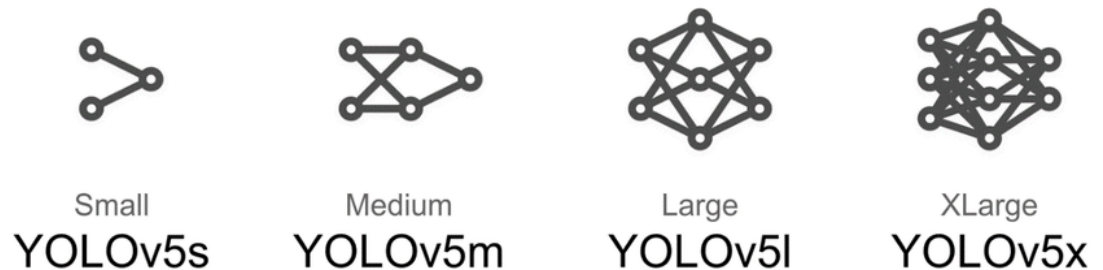
Sistem YOLO membagi gambar input menjadi *grid* $S \times S$. Jika pusat objek jatuh pada sel *grid*, sel *grid* bertanggung jawab mendeteksi dari objek tersebut. Setiap sel *grid* memprediksi kotak pembatas B dan nilai *confidence* untuk *grid* tersebut. Nilai *confidence* ini mencerminkan seberapa yakin model bahwa kotak berisi objek dan seberapa akurat kotak membuat prediksi. Setiap kotak pembatas(bounding box) terdiri dari lima prediksi: x , y , w , h , dan *confidence* (c). Koordinat (x,y) mewakili pusat *grid* relatif terhadap batas sel *grid*. Lebar dan tinggi diperkirakan relatif terhadap semua gambar objek. Terakhir, prediksi *confidence* mewakili IoU antara kotak yang diprediksi dan kotak *confidence* dimanapun (Redmon et al., 2016).



Gambar 7. Model deteksi YOLO.

2.14. YOLO V5s

YOLO v5 didasarkan pada arsitektur deteksi YOLO dan memanfaatkan beberapa strategi optimasi dari jaringan saraf konvolusi seperti *anchor*, *bounding box*, augmentasi data, dan *cross-stage partial network*. Dibandingkan dengan model-model YOLO sebelumnya, detektor objek ini adalah yang pertama mengintegrasikan prosedur prediksi *bounding box* dengan label kelas dalam jaringan yang dapat dibedakan secara *end-to-end* (Horvat et al., 2022). Ada empat arsitektur pada YOLO v5, yang secara khusus disebut YOLO V5s, YOLO v5m, YOLO v5l, dan YOLO v5x. Perbedaan utamanya terletak pada kedalaman dan lebar model (Guo et al., 2022).



Gambar 8. Model Yolo V5 (Guo et al., 2022)

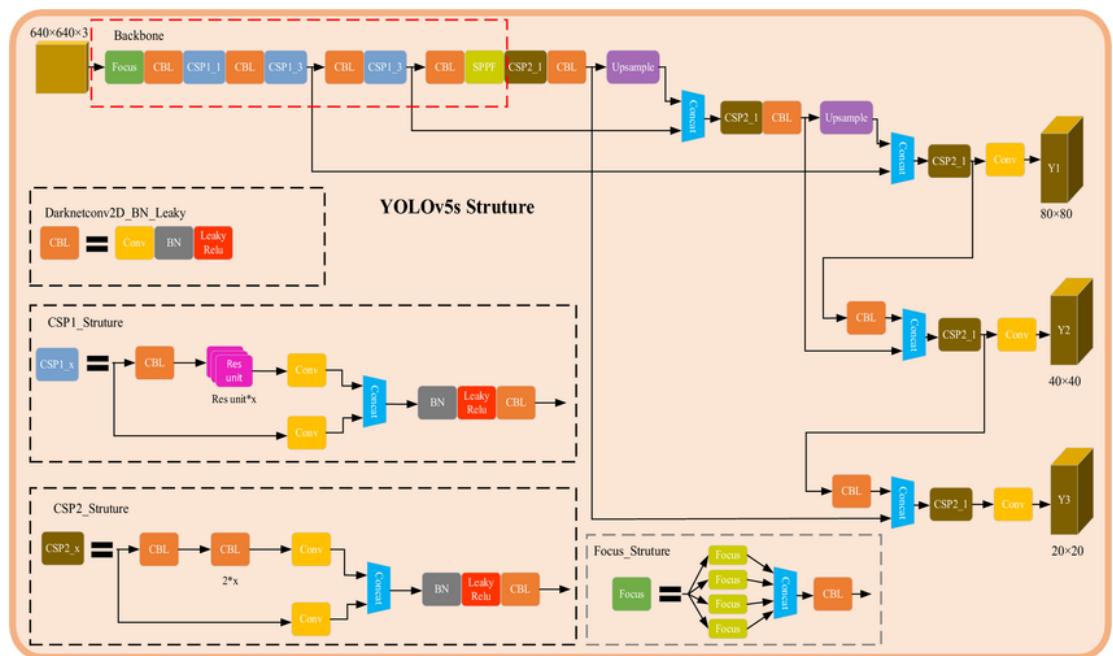
Ada 4 arsitektur yang berbeda untuk YOLOv5, termasuk YOLOv5s, YOLOv5m, YOLOv5l, dan YOLOv5x. Perbedaan utama didasarkan pada jumlah ekstraksi fitur dan kernel konvolusi yang tersebar di jaringan di berbagai lokasi yang telah ditentukan. Desain YOLOv5 menggabungkan sejumlah teknologi yang berbeda, termasuk penahan kotak pembatas pembelajaran otomatis, peningkatan data mosaik, dan jaringan parsial. Desain ini memanfaatkan algoritme yang paling efektif dikembangkan baru-baru ini untuk jaringan saraf convolutional (Dewi et al., 2022).

Setiap arsitektur dalam YOLOv5 memiliki jumlah lapisan yang berbeda. YOLOv5s dan YOLOv5m memiliki 213 lapisan, dengan jumlah lapisan untuk *backbone* 137 lapisan, *neck* 44 lapisan, dan *head* 32 lapisan. Kemudian YOLOv5l memiliki 367 lapisan diantaranya *backbone* memiliki 232 lapisan, *neck* 103 lapisan, dan *head* 32 lapisan. Serta YOLOv5x memiliki lapisan paling banyak yaitu sekitar 444 lapisan, yaitu *backbone* 285 lapisan, *neck* 127 lapisan, dan *head* 32 lapisan. "Lapisan" yang dimaksud mencakup seluruh elemen dalam YOLOv5, termasuk lapisan konvolusi, normalisasi, aktivasi, pooling, dan lain-lain. Perbedaan dalam jumlah lapisan di antara berbagai varian YOLOv5 (s, m, l, x) mencerminkan tingkat kompleksitas dan kapasitas model dalam mengekstraksi dan memproses fitur dari data gambar (Dewi et al., 2022).

Penelitian ini menggunakan YOLOv5s, maka dari itu lebih berfokus membahas YOLOv5s. YOLOv5s adalah model yang memiliki akurasi deteksi yang tinggi, desain yang ringan, dan kecepatan deteksi yang cepat. YOLO v5 telah mengalami pembaruan yang signifikan pada keempat versi modelnya, masing-masing terdiri dari komponen input, *backbone*, *neck*, dan *head* (Qiao et al., 2022).

Bagian input memproses gambar terlebih dahulu menggunakan seperti augmentasi data, *automatic learning rate limit*, *anchor box*, dan penskalaan

gambar. Bagian *backbone* menggunakan *downsampling* intensif, struktur *Bottleneck CSP*, dan *Spatial Pyramid Pooling* (SPP) yang disempurnakan untuk mengekstrak informasi fitur dari gambar. Hal ini memastikan bahwa detail penting ditangkap secara efektif untuk pendeteksian objek. Komponen *neck* Yolo V5 menggabungkan *Feature Pyramid Networks* (FPN) dan *Path Aggregation Network* (PAN) untuk mentransfer informasi fitur dari objek dengan ukuran yang berbeda, untuk mengatasi tantangan variasi skala. Dengan mengintegrasikan jaringan ini, Yolo V5 dapat secara efektif menangani objek dengan skala yang berbeda-beda dalam sebuah gambar, sehingga meningkatkan akurasi pendeteksian secara keseluruhan. Bagian *head* menggunakan tiga fungsi kerugian untuk menghitung klasifikasi, lokalisasi, dan keandalan kerugian serta meningkatkan akurasi jaringan melalui NMS (*Non-Maximum Suppression*) (Qiao et al., 2022).



Gambar 8. Arsitektur Yolo V5s (Qiao et al., 2022).

Proses yang terjadi pada yolo V5s (Qiao et al., 2022):

- Pada bagian input, augmentasi data digunakan pada tahap pelatihan model. Gambar digabungkan menurut penskalaan acak, pemangkasan acak, dan penempatan acak. Jumlah objek kecil dalam kumpulan data

meningkat dan kemampuan mendeteksi objek kecil meningkat. YOLOV5s dapat secara otomatis belajar untuk mulai menghitung *anchor box* adaptif berdasarkan parameter dan menghasilkan *anchor box* berdasarkan data pelatihan.

- Struktur *backbone* memiliki lapisan konvolusi awal untuk mengekstraksi fitur awal dan meningkatkan jumlah *channel*. *Backbone* juga menggunakan *CSPDarkNet53* untuk mengekstrak peta fitur menggunakan lapisan konvolusi 1x1 dan 3x3 serta *residual connection*. Kemudian *backbone* juga menggunakan *max pooling* untuk mengurangi lapisan spasial dan menggabungkan fitur yang diekstraksi.
- Proses *neck* pada yolo V5s menggabungkan FPN (*Feature Pyramid Network*) dan PAN (*Path Aggregation Network*) untuk meningkatkan kemampuan deteksi objek berbagai skala. Fitur dari *backbone* (*CSPDarknet53*) diambil dari beberapa lapisan kemudian fitur tersebut dinaikan (*up-sampled*) dan digabungkan dengan fitur yang resolusi lebih rendah. Fitur dari FPN kemudian diturunkan (*down-sampled*) melalui jalur *bottom-up*. Selanjutnya fitur *top-down* (FPN) dan jalur *bottom-up* (PAN) digabungkan untuk menghasilkan representasi fitur yang lebih kuat. Fitur gabungan dari FPN dan PAN kemudian digunakan untuk menghasilkan prediksi *bounding box*, skor keyakinan, dan kelas objek.
- Pada proses *head*, IOU (*Intersection over Union*) digunakan sebagai *loss function* dari *bounding box*. Dalam proses pasca-pemrosesan deteksi objek, NMS digunakan untuk memfilter prediksi yang meningkatkan kemampuan deteksi objek.

2.15. Deteksi

Deteksi adalah suatu proses untuk memeriksa atau melakukan pemeriksaan terhadap sesuatu dengan menggunakan cara dan teknik tertentu. Deteksi digunakan untuk berbagai masalah, misalkan pendeteksi rambu larangan lalu lintas, dimana sistem ini mengidentifikasi berbagai rambu larangan lalu lintas. Tujuan dari deteksi adalah memecahkan suatu masalah dengan berbagai cara tergantung metode yang diterapkan sehingga menghasilkan sebuah solusi (Riyadi, 2022).

2.16. Klasifikasi

Klasifikasi adalah cara pengelompokan objek berdasarkan ciri-ciri objek klasifikasi tersebut. Klasifikasi dapat dilakukan dengan berbagai cara, baik secara manual maupun dengan bantuan teknologi. Klasifikasi manual adalah klasifikasi yang dilakukan oleh manusia tanpa bantuan algoritma komputer cerdas. Klasifikasi dapat juga dilakukan dengan menggunakan teknologi, terdapat beberapa algoritma diantaranya *Naive Bayes*, *Support Vector Machine*, *Decide Tree*, *Fuzzy*, dan *Artificial Neural Networks* (Wibawa et al., 2018).

2.17. Confusion Matrix

Confusion matrix merupakan tabel yang menunjukkan kinerja model klasifikasi dari data jawaban yang benar. Dari tabel yang dihasilkan, akurasi, presisi, *F-score*, dan banyak variabel model klasifikasi dapat dihitung berdasarkan data yang akan diprediksi atau diklasifikasikan (Shianto et al., 2019).

Confusion matrix memiliki tabel dengan 4 isi yaitu:

Tabel 2. Confusion Matrix

<i>Class</i>	<i>Predictive Positive</i>	<i>Predictive Negative</i>
Actual Positive	TP	FN
Actual Negative	FP	TN

1. *True Positive* (TP), kondisi dimana model yang mengklasifikasikan data sebagai Ya (BENAR/TRUE) dan jawaban sebenarnya adalah Ya (BENAR/TRUE).
2. *True Negative* (TN), kondisi dimana model yang mengklasifikasikan data sebagai Tidak (SALAH/FALSE) dan jawaban sebenarnya adalah Tidak (SALAH/FALSE).
3. *False Positive* (FP), kondisi dimana model yang mengklasifikasikan data sebagai Ya (BENAR/TRUE) dan jawaban sebenarnya adalah Tidak (SALAH/FALSE).
4. *False Negative* (FN), kondisi dimana model yang mengklasifikasikan data sebagai Tidak (SALAH/FALSE) dan jawaban sebenarnya adalah Ya (BENAR/TRUE).

Persamaan yang digunakan menurut data dari *confusion matrix* yaitu akurasi, presisi, *recall*, dan *f-score*. Akurasi adalah ukuran seberapa akurat sistem dapat mengklasifikasikan objek. akurasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN}$$

Presisi adalah rasio perbandingan jumlah data yang dikategorikan positif dan diklasifikasikan dengan benar oleh sistem terhadap semua data yang diklasifikasikan positif. Presisi dapat dihitung menggunakan persamaan.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP}$$

Recall adalah rasio data kelas positif yang diklasifikasikan dengan benar oleh sistem terhadap semua data yang diklasifikasikan positif. *Recall* dapat dihitung menggunakan persamaan.

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN}$$

F-Score bertujuan untuk menghitung kombinasi dari presisi dan *recall*. *F-Score* akan menggunakan *harmonic mean* dari presisi dan *recall*. *F-score* dapat dihitung menggunakan persamaan.

$$F\text{-Score} = 2 \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall}$$

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Mei 2023 sampai Juni 2024 bertempat pada wilayah Bandar Lampung dan Jurusan Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2. Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

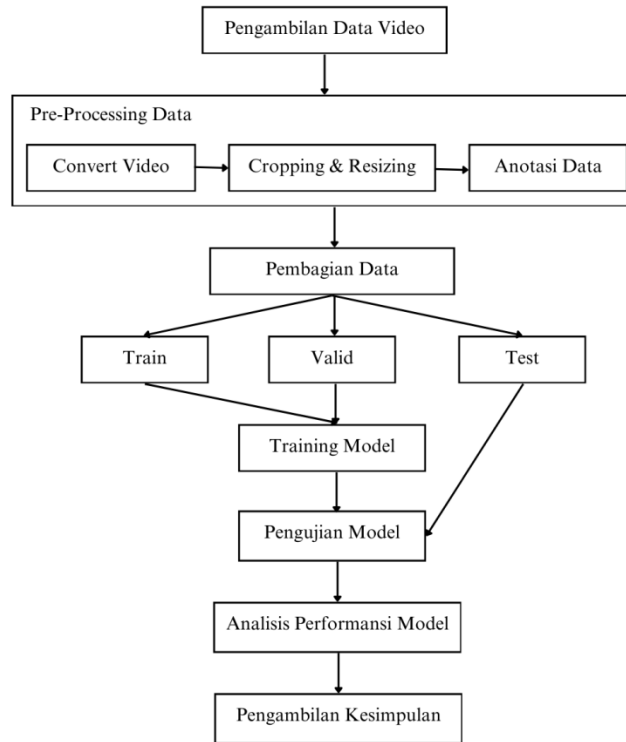
3.2.1. Studi Literatur

Tahap studi literatur ini melakukan pendalaman materi dengan membaca jurnal, buku, artikel, dan *website* yang terkait dengan penelitian ini.

3.2.2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah rambu larangan lalu lintas yang ada di kota Bandar Lampung. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis data primer. Pengambilan data ini dilakukan secara langsung pada jalan yang ada di kota Bandar Lampung tepatnya jalan Pagar Alam, Unila, Teuku Umar, dan Raden Intan dengan menggunakan kamera *handphone*.

3.2.3. Diagram Metode Penelitian



Gambar 9. Alur Penelitian

3.2.3.1. *Pre-Processing* Data

Pre-processing data dalam penelitian ini merupakan proses menyiapkan data untuk proses selanjutnya dengan format tertentu. Pada tahap ini terdapat 3 proses yaitu: *convert* (mengubah) format video menjadi gambar, *cropping & resizing*, dan anotasi.

3.2.3.2. Pembagian Data

Pembagian data dalam penelitian ini dibagi menjadi 3 yaitu, data berupa gambar yang telah dikonversi menjadi gambar menjadi data *train* dan *valid*. Sedangkan untuk data testingnya menggunakan video.

3.2.3.3. *Training Model*

Tahap *training* model, data yang digunakan adalah data yang telah melalui *pre-processing* data. Dari data tersebut digunakan untuk melatih model deteksi YOLOV5s agar dapat melakukan deteksi dan klasifikasi rambu larangan lalu lintas.

3.2.3.4. *Pengujian Model*

Pada tahap pengujian model YOLOV5s memiliki tujuan untuk menguji kinerja kinerja model yang telah melakukan proses *training* dengan menggunakan data selain data *train* dan *valid* atau lebih tepatnya menggunakan data test.

3.2.3.5. *Analisis Performansi Model*

Pada tahap ini dilakukan analisis performansi model dari deteksi dan klasifikasi rambu larangan lalu lintas menggunakan metode YOLO V5s. Perhitungan yang digunakan pada penelitian ini adalah peforma matrix yang mencakup akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-Score*. Dalam penelitian ini juga terdapat pengelompokan rambu larangan lalu lintas dilarang parkir, dilarang putar balik, dilarang masuk, dilarang belok kanan dan dilarang berhenti.

3.2.3.6. *Kesimpulan*

Pada tahap ini akan dilakukan penarikan kesimpulan terhadap penelitian deteksi dan klasifikasi rambu larangan lalu lintas menggunakan YOLO V5s dalam performa metrik diantaranya akurasi, akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-Score*. Selain kesimpulan saran juga diperlukan dalam penelitian ini untuk pengembangan selanjutnya.

3.3. Alat dan Bahan

Untuk menunjang penelitian ini dibutuhkan alat dan bahan untuk menyelesaikan beberapa diantaranya:

3.3.1. Alat Penelitian

3.3.1.1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Laptop
 - Processor : Intel® Core™ i5-4210M CPU @ 2.60GHz
 - RAM : 8 GB
 - System type : 64-bit operating system, x64-based processor
- Handphone
 - Kamera : 48 MP
 - RAM/ROM : 8/128 GB

3.3.1.2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Sistem Operasi Windows 10 64-bit
- Video to photo untuk mengubah video menjadi gambar
- Photo scape untuk cropping dan resizing
- Roboflow untuk pelabelan pada gambar
- Google collab untuk melakukan deteksi dan klasifikasi
- Google Drive sebagai penyimpan dataset

3.3.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa gambar dan video rambu larangan lalu lintas yang diambil secara langsung menggunakan kamera di beberapa jalan yang ada di lingkungan kota Bandar Lampung.

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dalam penelitian ini yang berjudul deteksi dan klasifikasi rambu larangan lalu lintas menggunakan yolo V5s menggunakan video di kota bandar lampung dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini telah berhasil melakukan implementasi deteksi dan klasifikasi pada video rambu larangan lalu lintas yang ada pada jalan Pagar Alam, Unila, Teuku Umar, dan Raden Intan menggunakan metode YOLO V5s.
2. Hasil performansi menggunakan metode YOLO V5s untuk deteksi dan klasifikasi rambu larangan lalu lintas menggunakan video, dengan akurasi untuk jalan Pagar Alam 88,12%, Unila 95,21%, Teuku Umar 95,44%, dan Raden Intan 91,58%. Sedangkan dalam performansi rata-ratanya *running time* untuk jalan Pagar Alam 8.3, Unila 8.8, Teuku Umar 8.4, dan Raden Intan 7.3.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa saran untuk menjadi bahan pertimbangan penelitian masa mendatang diantaranya:

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan menyediakan kamera dengan resolusi lebih baik agar data yang diambil dapat terlihat lebih jelas dan mengatur kamera sebelum digunakan agar intensitas cahaya pada objek lebih stabil.
2. Untuk penelitian selanjutnya bisa menambahkan rambu lalu lintas lainnya dan untuk jalan bisa menambahkan jalan yang belum digunakan pada penelitian ini untuk wilayah Bandar Lampung.

3. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan metode lain atau versi YOLO yang terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. (2020). Traffic sign recognition using convolutional neural networks. *International Journal of Electrical Engineering and Technology*, 11(3), 210–217. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2021.13959>
- Andika, L. A., Pratiwi, H., & Handajani, S. S. (2019). Klasifikasi Penyakit Pneumonia Menggunakan Metode Convolutional Neural Network Dengan Optimasi Adaptive Momentum. *Indonesian Journal of Statistics and Its Applications*, 3(3), 331–340. <https://doi.org/10.29244/ijsa.v3i3.560>
- Bochkovski, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020). *YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection*. <http://arxiv.org/abs/2004.10934>
- Cengil, E., & Çinar, A. (2021). Poisonous Mushroom Detection using YOLOV5. *Turkish Journal of Science & Technology*, 16(1), 119–127.
- Dewi, C., Chen, R. C., Zhuang, Y. C., & Christanto, H. J. (2022). Yolov5 Series Algorithm for Road Marking Sign Identification. *Big Data and Cognitive Computing*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/bdcc6040149>
- Englund, C., Aksoy, E. E., Alonso-Fernandez, F., Cooney, M. D., Pashami, S., & Åstrand, B. (2021). Ai perspectives in smart cities and communities to enable road vehicle automation and smart traffic control. *Smart Cities*, 4(2), 783–802. <https://doi.org/10.3390/smartcities4020040>

- Guo, K., He, C., Yang, M., & Wang, S. (2022). A pavement distresses identification method optimized for YOLOv5s. *Scientific Reports*, 12(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07527-3>
- Handono, S. F., Fetty, T. A., & Basuki, R. (2020). Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Deteksi Retinopati Diabetik. *Jurnal Informatika Dan Sistem Informasi (JIFoSI)*, 1(1), 669–678.
- Horvat, M., Jelecevic, L., & Gledec, G. (2022). A comparative study of YOLOv5 models performance for image localization and classification. *Proceedings of the Central European Conference on Information and Intelligent Systems*, 349–356. <https://github.com/mhorvat/YOLOv5-models->
- Hutauruk, J. S. W., Matulatan, T., & Hayaty, N. (2020). *Jurnal Sustainable : Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan Deteksi Kendaraan Secara Real Time Menggunakan Metode YOLO Berbasis Android*. 09(01).
- Liu, W., Wang, Z., Zhou, B., Yang, S., & Gong, Z. (2021). Real-time Signal Light Detection based on Yolov5 for Railway. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 769(4). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/769/4/042069>
- Mulyanto, A., Susanti, E., Rossi, F., Wajiran, W., & Borman, R. I. (2021). Penerapan Convolutional Neural Network (CNN) pada Pengenalan Aksara Lampung Berbasis Optical Character Recognition (OCR). *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 7(1), 52. <https://doi.org/10.26418/jp.v7i1.44133>
- Nugroho, A., & Cahyono, M. R. A. (2022). Implementasi Object Recognition Pada Rambu-Rambu Dan Lampu Lalu Lintas Dengan Raspberry Pi Dengan Algoritma Yolov5. *Sebatik*, 26(2), 549–556.

<https://doi.org/10.46984/sebatik.v26i2.2047>

Nugroho, P. A., Fenriana, I., & Arijanto, R. (2020). Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn) Pada Ekspresi Manusia. *Algor*, 2(1), 12–21.

Oddy Chrisdwianto, T., & Fitriyah, H. (2018). Perancangan Sistem Deteksi dan Pengenalan Rambu Peringatan Menggunakan Metode Template Matching. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya*, 2(3), 1265–1274. <http://j-ptiik.ub.ac.id>

Putra, B., Pamungkas, G., Nugroho, B., & Anggraeny, F. (2021). Deteksi dan Menghitung Manusia Menggunakan YOLO-CNN. *Jurnal Informatika Dan Sistem Informasi*, 02(1), 67–76.

Qiao, G., Yang, M., & Wang, H. (2022). A Water Level Measurement Approach Based on YOLOv5s. *Sensors*, 22(10). <https://doi.org/10.3390/s22103714>

Reddy, B. K., Bano, S., Reddy, G. G., Kommineni, R., & Reddy, P. Y. (2021). Convolutional Network based Animal Recognition using YOLO and Darknet. *Proceedings of the 6th International Conference on Inventive Computation Technologies, ICICT 2021*, 1198–1203. <https://doi.org/10.1109/ICICT50816.2021.9358620>

Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016-Decem*, 779–788. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>

Riyadi, S. (2022). *Sistem Pengembangan Deteksi Kanker Prostat Berbasis Image*

Processing dengan Metode Convolutional Neural Network k. 5(36), 52–63.

Rizarta, R. E. F., & Avianto, D. (2019). Pengenalan Citra Rambu Lalu Lintas Menggunakan Ekstraksi Fitur Momenwarna Dan K-Nearest Neighbor. *Computatio : Journal of Computer Science and Information Systems*, 3(1), 39. <https://doi.org/10.24912/computatio.v3i1.4272>

Rohkim, M. N., & Manik, Y. M. (2023). Pemanfaatan Game Edukasi Rambu-Rambu Lalu Lintas. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Komputer*, 3(01), 118–129. <https://doi.org/10.47709/jpsk.v3i01.2331>

Salamah, I., Said, M. R. A., & Soim, S. (2022). Perancangan Alat Identifikasi Wajah Dengan Algoritma You Only Look Once (YOLO) Untuk Presensi Mahasiswa. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 6(3), 1492. <https://doi.org/10.30865/mib.v6i3.4399>

Sari, E. A. (2019). Peran Pustakawan Ai (Artificial Intelligent) Sebagai Strategi Promosi Perpustakaan Perguruan Tinggi Di Era Revolusi 4.0. *BIBLIOTIKA : Jurnal Kajian Perpustakaan Dan Informasi*, 3(1), 64–73. <https://doi.org/10.17977/um008v3i12019p064>

Shianto, K. A., Gunadi, K., & Setyati, E. (2019). A survey: Comparison between Convolutional Neural Network and YOLO in image identification. *Journal of Physics: Conference Series*, 07(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1453/1/012139>

Sholehurrohman, R. (2021). PENGEMBANGAN YOLOv3 DENGAN FITUR EKSTRAKTOR MobileNetv2 UNTUK DETEKSI DAN KLASIFIKASI KENDARAAN BEGERAK. In *Thesis*. <http://repository.its.ac.id/id/eprint/90714>

- Tammina, S. (2019). Transfer learning using VGG-16 with Deep Convolutional Neural Network for Classifying Images. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, 9(10), p9420. <https://doi.org/10.29322/ijsrp.9.10.2019.p9420>
- Tinambunan, A., Ginting, G. L., & Panjaitan, M. (2018). Perancangan Aplikasi Rambu-Rambu Lalu Lintas Untuk Anak Usia Dini Berbasis Android Menggunakan CAI (Computer Assisted Intruction). *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 5(3), 290–295. <http://ejournal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom/article/view/843>
- Tong, H., & Gong, Z. (2022). *Traffic Signs Detection and Recognition Based on the improved YOLOv5 Algorithm*. 1–16.
- Wang, C. Y., Mark Liao, H. Y., Wu, Y. H., Chen, P. Y., Hsieh, J. W., & Yeh, I. H. (2020). CSPNet. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2020-June*, 1571–1580.
- Wardhani, I. P., & Madenda, S. (2016). Algoritma Ekstraksi Video Frame Berdasarkan Analisis Histogram Warna HCL. *Jurnal Ilmiah KOMPUTASI*, 15(2), 77–84.
- Wibawa, A. P., Muhammad Guntur Aji Purnama, M. F. A., & Dwiyanto, F. A. (2018). Metode-metode Klasifikasi. *Prosiding Seminar Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, 3(1), 134.
- Yao, J., Qi, J., Zhang, J., Shao, H., Yang, J., & Li, X. (2021). A real-time detection algorithm for kiwifruit defects based on yolov5. *Electronics (Switzerland)*, 10(14). <https://doi.org/10.3390/electronics10141711>

Zachary, M., Elektro, F. T., Telkom, U., Wibowo, S. A., Elektro, F. T., Telkom, U., Akhyar, F., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2022). *Implementasi Pengenalan Rambu Berdasarkan Deep Neural Network Untuk Lajur Pada Quadcopter Implementation Of Sign Recognition Based On Deep Neural Network For Quadcopter Trajectory*. 8(6), 3080–3088.

Zhang, R., Zheng, K., Shi, P., Mei, Y., Li, H., & Qiu, T. (2023). Traffic Sign Detection Based on the Improved YOLOv5. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(17). <https://doi.org/10.3390/app13179748>