

**Visi Komputer untuk Pengawasan Lalu-lintas  
serta Peluang dan Tantangannya**

**Commented [RP1]:** Komentar umum:

1. Isi dan urutan penyampaian topik menurut saya sudah lengkap dan baik. Namun demikian saya mengusulkan adanya heading (judul-judul section) untuk membantu pembaca dan memberikan struktur yang lebih jelas.
2. Teks pada saat ini sudah termasuk panjang dan mendetil. Pada saat orasi sebaiknya sudah dipersiapkan bagian yang akan dilewati (bukan impromptu). Sebagai tulisan ilmiah perlu lengkap meskipun pada waktu orasi dilewati.
3. Review lain saya sebagian besar adalah masalah tipografi dan sudah saya langsung tuliskan pada naskah atau saya sampaikan dalam bentuk komentar.

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar  
Dalam bidang Elektronika dan Instrumentasi  
Pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Gadjah Mada**

**Oleh:**

**Prof. Drs. Agus Harjoko, M.Sc., Ph.D.**

Bismillaahirrahmanirrohim.  
Assalamu'alaikum warahmatullaahi wabarakatuh.

Selamat pagi dan salam Sejahtera untuk kita semua.

Yang saya hormati,  
Pimpinan dan segenap anggota Majelis Wali Amanat Universitas Gadjah Mada.  
Rektor dan para Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada.  
Pimpinan dan segenap anggota Senat Akademik Universitas Gadjah Mada.  
Pimpinan dan segenap anggota Dewan Guru Besar Universitas Gadjah Mada.  
Pimpinan dan segenap anggota Senat Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada;  
Dekan, para Wakil Dekan, Ketua dan Sekretaris Departemen, Ketua dan Sekretaris Program Studi, Kepala Laboratorium dan Ketua Unit dan Gugus Jaminan Mutu di lingkungan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada;  
Para Dekan, Wakil Dekan, dan Ketua Lembaga di lingkungan Universitas Gadjah Mada;  
Segenap sivitas akademika, khususnya para dosen dan staf kependidikan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada;  
Para tamu undangan, handai tolan, kerabat, saudara, keluarga saya, dan para hadirin yang saya muliakan.

Alhamdulillahahirabbil'alamiin. Marilah kita panjatkan puji dan Syukur ke hadirat Allah Subhanahuwata'ala yang telah melimpahkan karunia Kesehatan dan kesempatan kepada kita semua sehingga pada pagi ini kita dapat berkumpul secara luring di Balai Senat Universitas Gadjah Mada maupun secara daring melalui Zoom dan kanal YouTube untuk menghadiri acara pengukuhan ini.

Topik yang akan saya sampaikan pada pidato pengukuhan ini masuk pada bidang *Computer Vision* atau Penglihatan Komputer atau Visi Komputer, merupakan bagian dari Kecerdasan Artifisial dalam Ilmu Komputer. Visi komputer berfokus pada memungkinkan komputer menafsirkan dan memahami informasi visual seperti yang dilakukan manusia dengan mata dan otaknya. Hal ini melibatkan pengembangan algoritme dan sistem yang dapat memproses dan menganalisis gambar dan video, mengekstrak informasi dan makna dari data visual.

Pidato pengukuhan ini menyajikan tinjauan menyeluruh tentang penerapan teknik visi komputer dalam domain pengawasan lalu lintas (*traffic surveillance*). Pengawasan lalu lintas merupakan aspek penting sistem transportasi modern, membantu manajemen lalu lintas, penegakan hukum, dan keselamatan publik. Teknologi visi komputer telah muncul sebagai alat yang ampuh untuk meningkatkan kemampuan pengawasan lalu lintas, memungkinkan deteksi, pelacakan, dan analisis otomatis terhadap kendaraan dan pejalan kaki. Tinjauan ini bertujuan untuk mengeksplorasi evolusi visi komputer untuk pengawasan lalu lintas, menganalisis metode-metode mutakhir, mendiskusikan tantangan dan prospek masa depan, dan menyoroti dampak potensial dari teknologi-teknologi ini terhadap manajemen lalu lintas dan mobilitas perkotaan.

### Visi Komputer

Visi komputer adalah bidang interdisipliner kecerdasan buatan (AI) yang berfokus pada kemampuan komputer untuk menafsirkan, memahami, dan memahami informasi visual dari dunia, seperti halnya yang dilakukan manusia dengan mata dan otak mereka. Bidang ini melibatkan pengembangan algoritme dan sistem yang dapat memproses dan menganalisis gambar dan video, mengekstraksi informasi dan wawasan yang bermakna dari data visual.

Visi komputer memiliki berbagai aplikasi di berbagai industri, termasuk:

1. Kendaraan Otonom: Memungkinkan kendaraan untuk "melihat" lingkungan sekitar dan membuat keputusan berdasarkan data visual (Sugiharto dkk., 2020).
2. Kesehatan: Membantu analisis citra medis, seperti mendiagnosis penyakit talasemia dan penyakit mata (Harjoko dkk., 2023a; Septiarini dkk., 2018).
3. Pengawasan dan Keamanan: Memperkirakan kepadatan lalu lintas (Harjoko dkk., 2023b), mendeteksi dan melacak individu atau objek dalam rekaman kamera keamanan (Hidayat, 2023).
4. Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR): Meningkatkan pengalaman pengguna dengan melapisi informasi digital di dunia nyata (AR) atau menciptakan lingkungan digital yang imersif (VR) (Mahmud dkk., 2015).
5. Ritel: Meningkatkan pengalaman pelanggan melalui aplikasi seperti toko tanpa kasir dan pencarian produk secara visual (Liu dkk., 2016).
6. Pertanian: Memantau tanaman dan ternak menggunakan *drone* dan kamera untuk mengoptimalkan proses pertanian (Frisky dan Harjoko, 2016) dan jaminan kualitas (Harjoko dkk., 2019).
7. Manufaktur: Kontrol kualitas dan pengoptimalan proses di lini produksi (Karacan dkk., 2021; Lins dkk., 2013).
8. Hiburan: Efek khusus dalam film, *video game*, dan sistem rekomendasi konten (Chen dkk., 2019).

Dalam visi komputer, serangkaian langkah pemrosesan yang diterapkan pada gambar atau video input untuk mengekstrak informasi atau fitur yang berguna darinya disebut *pipeline*. Setiap langkah dalam *pipeline* melakukan tugas atau analisis tertentu, dan output dari satu langkah berfungsi sebagai input untuk langkah berikutnya (Szeliski, 2011). Pengembangan visi komputer melewati tahapan yang panjang untuk memperoleh hasil yang baik, yang meliputi:

1. Akuisisi Gambar: Proses ini dimulai dengan mengambil gambar atau *frame* video dari kamera atau sumber lain. Langkah ini sangat penting karena menyediakan data awal untuk analisis.
2. Pemrosesan awal: Langkah-langkah prapemrosesan dilakukan untuk meningkatkan kualitas data masukan. Hal ini dapat mencakup tugas-tugas seperti mengubah ukuran, *denoising*, koreksi warna, dan peningkatan gambar untuk mempersiapkan data untuk analisis lebih lanjut.
3. Segmentasi Gambar: Segmentasi gambar adalah proses membagi gambar menjadi wilayah atau objek yang bermakna. Hal ini membantu mengisolasi dan memisahkan objek yang menarik dari latar belakang.
4. Deteksi dan Ekstraksi Fitur: Pada tahap ini, *pipeline* mengidentifikasi dan mengekstrak fitur yang menarik dalam gambar. Fitur-fitur ini dapat berupa tepi, sudut, gumpalan, atau struktur yang lebih kompleks, tergantung pada tugas tertentu.
5. Representasi Fitur: Fitur yang diekstraksi diubah menjadi representasi yang lebih sesuai untuk tugas tertentu. Misalnya, fitur dapat direpresentasikan sebagai vektor atau deskriptor untuk analisis lebih lanjut.
6. Deteksi atau Pengenalan Objek: Ini adalah langkah penting di mana *pipeline* mengidentifikasi dan mengklasifikasikan objek di dalam gambar. Teknik seperti deteksi objek atau algoritma klasifikasi, termasuk model pembelajaran mendalam, biasanya digunakan dalam tahap ini.
7. Pelacakan (Opsional): Jika aplikasi melibatkan analisis data video, pelacakan objek dapat diterapkan untuk memantau pergerakan objek dari waktu ke waktu. Hal ini membantu dalam mempertahankan identitas objek di seluruh *frame*.
8. Pasca-pemrosesan: Langkah-langkah pasca-pemrosesan menyempurnakan hasil dan mungkin melibatkan tugas-tugas seperti menyaring positif palsu, menyempurnakan batas-batas objek, atau lebih jauh meningkatkan kualitas objek yang terdeteksi atau dikenali.

9. Pengambilan Keputusan dan Tindakan: Tergantung pada aplikasinya, *pipeline* dapat membuat keputusan atau mengambil tindakan berdasarkan analisis. Misalnya, pada kendaraan otonom, sistem dapat memutuskan untuk menginjak rem jika terdeteksi adanya rintangan.
10. Visualisasi dan Pelaporan: Hasil analisis sering kali divisualisasikan atau dilaporkan kepada pengguna atau sistem lain. Hal ini mungkin melibatkan menampilkan gambar yang diproses, menghasilkan laporan, atau memberikan peringatan.
11. Pelatihan dan Pembaruan Model (Opsional): Untuk banyak tugas visi komputer, model pembelajaran mesin digunakan. Model-model ini membutuhkan data pelatihan dan mungkin memerlukan pembaruan berkala untuk menjaga keakuratannya.
12. Evaluasi Kinerja: Evaluasi berkelanjutan sangat penting untuk menilai keakuratan dan kinerja sistem visi komputer. Langkah ini melibatkan metrik dan pengujian terhadap data *ground truth*.
13. Integrasi: Output dari *pipeline* visi komputer sering kali diintegrasikan ke dalam sistem atau aplikasi yang lebih besar. Misalnya, mungkin memasukkan data ke sistem kontrol robotika atau menjadi bagian dari sistem pengawasan cerdas.
14. Pertimbangan Keamanan dan Privasi: Sistem visi komputer perlu mengatasi masalah keamanan dan privasi, terutama jika melibatkan data sensitif atau umpan video langsung. Langkah-langkah untuk perlindungan data dan kontrol akses harus dipertimbangkan.

Tugas spesifik dan urutan langkah dalam *pipeline* visi komputer dapat bervariasi tergantung pada aplikasi dan kompleksitas masalah yang sedang diselesaikan. *Pipeline* visi komputer tingkat lanjut sering kali menggabungkan model pembelajaran mendalam untuk deteksi, pengenalan, dan pelacakan objek, memberikan hasil yang kuat dan akurat untuk berbagai aplikasi.

### Evolusi Pengawasan Lalu-lintas

Seiring dengan urbanisasi yang terus berkembang, kota-kota menghadapi tantangan yang semakin besar dalam mengelola kemacetan lalu lintas, memastikan kelancaran arus lalu lintas, dan meminimalkan kecelakaan lalu lintas. Sistem pengawasan lalu lintas telah muncul sebagai alat penting untuk mengatasi masalah ini secara efektif. Dengan memanfaatkan visi komputer, sistem ini dapat secara otomatis mendeteksi dan menganalisis kendaraan, pejalan kaki, dan perilaku mereka, memberdayakan pihak berwenang untuk membuat keputusan yang tepat untuk manajemen lalu lintas dan perencanaan infrastruktur.

Pendekatan awal terhadap pemantauan lalu lintas pada umumnya bersifat manual dan menggunakan metode dasar untuk mengumpulkan data tentang arus dan pola lalu lintas. Beberapa pendekatan awal untuk pemantauan lalu lintas meliputi:

1. Penghitungan Lalu Lintas Manual: Pada masa-masa awal, para insinyur lalu lintas dan surveyor secara fisik menghitung jumlah kendaraan yang melewati titik tertentu di jalan. Hal ini melibatkan pengamat yang ditempatkan untuk mencatat jumlah kendaraan dengan menggunakan penghitung atau pencatat manual. Meskipun metode ini memberikan data yang berharga, metode ini membutuhkan banyak tenaga kerja, memakan waktu, dan cakupannya terbatas.
2. Penghitung Lalu Lintas Mekanis: Penghitung lalu lintas mekanis, seperti tabung pneumatik, diperkenalkan untuk mengotomatiskan penghitungan kendaraan. Tabung-tabung ini diletakkan di seberang jalan, dan ketika sebuah kendaraan melintas di atasnya, tabung tersebut akan menekan kendaraan tersebut, dan perubahan tekanan dicatat. Meskipun metode ini meningkatkan efisiensi dibandingkan dengan penghitungan manual, metode ini masih membutuhkan upaya yang signifikan untuk pengumpulan dan pemrosesan data.
3. Studi Observasi Kendaraan: Dalam pendekatan ini, pengamat yang terlatih akan memperkirakan secara visual jumlah kendaraan dan pergerakannya pada suatu ruas jalan. Metode ini memberikan

data kualitatif mengenai pola dan perilaku lalu lintas, namun tidak memiliki akurasi dan informasi kuantitatif seperti yang didapatkan melalui teknik lainnya.

4. **Studi Waktu Tangan (*Hand-timing Studies*):** Studi penghitungan waktu dengan menggunakan *stopwatch* untuk mengukur waktu yang dibutuhkan oleh kendaraan untuk melakukan perjalanan di antara dua titik. Data ini kemudian digunakan untuk menghitung kecepatan rata-rata dan waktu tempuh. Meskipun memberikan beberapa informasi tentang kecepatan lalu lintas, data ini terbatas pada segmen jalan tertentu.
5. **Pengawasan Kamera Video:** Sistem kamera video awal digunakan untuk pemantauan lalu lintas dengan memasang kamera di lokasi-lokasi strategis untuk menangkap rekaman lalu lintas secara langsung. Namun, analisis data video secara manual diperlukan, sehingga prosesnya memakan waktu.
6. **Sensor Lingkaran Induktif:** Sensor *loop* induktif diperkenalkan untuk mengotomatiskan penghitungan lalu lintas dan deteksi kendaraan. Sensor ini ditanamkan di permukaan jalan dan dapat mendeteksi perubahan medan magnet yang disebabkan oleh kendaraan yang lewat. Sensor ini memberikan data yang lebih akurat dan *real-time* dibandingkan dengan penghitung mekanis dan metode manual.
7. **Sistem berbasis radar:** Sistem berbasis radar juga digunakan untuk pemantauan lalu lintas, di mana perangkat radar dapat mendeteksi kecepatan dan keberadaan kendaraan di jalan. Sistem ini berguna untuk mengumpulkan data kecepatan dan volume.

Meskipun pendekatan awal ini menjadi dasar untuk pemantauan lalu lintas, namun pendekatan tersebut memiliki keterbatasan dalam hal akurasi data, cakupan, dan kemampuan *real-time*. Munculnya visi komputer dan teknologi sensor canggih telah merevolusi pemantauan lalu lintas, memungkinkan pengumpulan, analisis, dan manajemen data yang lebih komprehensif dan efisien dalam sistem transportasi modern.

Integrasi kecerdasan buatan (AI) dalam sistem pengawasan lalu lintas telah merevolusi cara lalu lintas dipantau, dikelola, dan dikendalikan. Teknologi AI meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kemampuan sistem pengawasan lalu lintas (Jagannathan dkk., 2021). AI diintegrasikan ke dalam sistem pengawasan lalu lintas untuk deteksi dan pelacakan objek (Wang dkk., 2020; Song dkk., 2018), pengenalan plat nomor (LPR), deteksi anomali (Chen dkk., 2022), analisis arus lalu lintas (Gao dkk., 2023), identifikasi jenis dan warna kendaraan, serta tugas-tugas lainnya.

### Deteksi dan Pelacakan Kendaraan

Deteksi dan pelacakan kendaraan menggunakan visi komputer melibatkan identifikasi dan pemantauan kendaraan dalam gambar atau aliran video (Liu dkk., 2019; Ghahremannezhad dkk., 2022). Tugas-tugas ini sangat penting dalam berbagai aplikasi, termasuk pengawasan lalu lintas, kendaraan otonom, dan sistem transportasi pintar. Metode visi komputer modern, terutama yang didasarkan pada pembelajaran mendalam, telah sangat meningkatkan akurasi dan ketahanan deteksi dan pelacakan kendaraan.

Metode pendeteksian kendaraan yang dibuat secara tradisional sering kali didasarkan pada pengurangan latar belakang, deteksi tepi dan analisis kontur, segmentasi berbasis warna, dan pencocokan *template*. Metode-metode ini telah digunakan selama bertahun-tahun dan sangat berharga karena efisiensi dan keakuratannya dalam berbagai skenario.

Pengurangan latar belakang melibatkan pemisahan objek bergerak (kendaraan) dari latar belakang yang tidak bergerak dalam urutan video. Hal ini didasarkan pada gagasan bahwa objek bergerak akan menonjol sebagai objek latar depan. Teknik yang umum digunakan adalah *Gaussian Mixture Models* (GMM) dan *frame differencing*. Teknik deteksi tepi seperti detektor tepi Canny dapat digunakan untuk

mengidentifikasi tepi kendaraan dalam sebuah gambar. Hal ini dapat diikuti dengan analisis kontur untuk mengekstrak bentuk kendaraan. Kendaraan sering dicirikan dengan bentuk persegi panjang, sehingga dapat dibedakan dari objek lain. Metode berbasis warna menggunakan informasi warna untuk menyegmentasikan kendaraan dari latar belakang. Pendekatan ini cocok untuk skenario di mana kendaraan memiliki warna yang berbeda. *Thresholding* warna, histogram warna, dan segmentasi berbasis wilayah digunakan. Pencocokan *template* melibatkan perbandingan *template* (gambar kendaraan yang diketahui) dengan sub-gambar pada gambar target. Ketika *template* cocok dengan sebagian gambar, kendaraan terdeteksi. Metode ini sederhana tetapi mungkin tidak terlalu kuat terhadap variasi penampilan kendaraan. Pengklasifikasi *Haar Cascade*, varian metode berbasis pembelajaran mesin, digunakan untuk mendeteksi kendaraan. Pengklasifikasi ini dilatih dengan contoh positif dan negatif dan dapat mengidentifikasi kendaraan berdasarkan fitur-fitur mirip Haar.

Metode tradisional untuk pelacakan kendaraan (Hsieh dkk., 2006) sering kali menggunakan penyaringan Kalman, pelacakan pergeseran rata-rata, CamShift (pergeseran rata-rata adaptif berkelanjutan), pelacakan berbasis aliran optik, dan pelacakan fitur titik (misalnya Lucas-Kanade).

Filter Kalman adalah algoritme rekursif yang memperkirakan keadaan sistem dinamis. Dalam pelacakan kendaraan, filter ini digunakan untuk memprediksi posisi kendaraan di masa depan berdasarkan kondisi sebelumnya dan memperbarui kondisi tersebut berdasarkan pengamatan baru. Pergeseran rata-rata adalah teknik non-parametrik yang digunakan untuk melacak objek dalam urutan video. Teknik ini melibatkan pencarian modus (puncak) dari distribusi probabilitas, yang mewakili posisi objek. CamShift adalah perpanjangan dari pelacakan mean-shift, yang secara terus menerus beradaptasi dengan perubahan skala dan orientasi objek. Ini berguna untuk melacak objek dengan berbagai ukuran dan orientasi, seperti kendaraan di jalan yang melengkung. Algoritme aliran optik memperkirakan gerakan objek dalam urutan gambar. Ini dapat digunakan untuk melacak pergerakan kendaraan di antara *frame*. Metode pelacakan fitur titik mengidentifikasi titik-titik utama dalam gambar (misalnya, sudut) dan melacak pergerakannya di antara bingkai. Metode ini dapat digunakan untuk melacak kendaraan dengan mengidentifikasi fitur yang stabil pada kendaraan tersebut.

Metode deteksi dan pelacakan kendaraan tradisional sering kali efisien secara komputasi dan dapat bekerja dengan baik dalam kondisi yang terkendali. Namun, metode ini mungkin mengalami kesulitan dalam menghadapi tantangan seperti oklusi, kondisi pencahayaan yang berubah-ubah, dan pemandangan yang kompleks. Akibatnya, pendekatan modern, termasuk teknik berbasis pembelajaran mendalam, menjadi semakin populer karena kemampuannya menangani skenario yang lebih beragam dan kompleks.

Pendekatan berbasis pembelajaran mendalam telah secara signifikan memajukan deteksi dan pelacakan kendaraan dalam aplikasi visi komputer (Wang dkk., 2020). Metode-metode ini memanfaatkan kekuatan jaringan saraf untuk mempelajari fitur dan pola yang kompleks dari gambar, sehingga sangat efektif dalam mendeteksi dan melacak kendaraan dalam berbagai skenario.

Metode Deteksi Kendaraan berbasis pembelajaran mendalam menggunakan CNN sebagai fondasi. Metode lainnya termasuk YOLO (You Only Look Once) dan Faster R-CNN, CNN Berbasis Wilayah (R-CNN), dan arsitektur khusus lainnya.

Beberapa pendekatan pelacakan kendaraan berbasis pembelajaran mendalam menggunakan jaringan Siam, filter korelasi, DeepSORT (pelacakan online dan *real-time* sederhana berbasis deep learning), dan jaringan pelacakan beberapa objek (MOT).

Metode deteksi dan pelacakan kendaraan berbasis pembelajaran mendalam unggul dalam berbagai skenario dunia nyata, menawarkan akurasi tinggi dan kinerja yang kuat, bahkan dalam kondisi yang

menantang seperti oklusi, perubahan pencahayaan, dan lalu lintas yang padat. Pendekatan ini memainkan peran penting dalam sistem bantuan pengemudi canggih (ADAS), kendaraan otonom, dan sistem pengawasan lalu lintas.

Membandingkan pendekatan deteksi dan pelacakan kendaraan tradisional dengan metode berbasis pembelajaran mendalam menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam hal kinerja, akurasi, dan penerapannya pada berbagai skenario:

Pendekatan Deteksi dan Pelacakan Kendaraan Tradisional memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut:

1) Kelebihan:

- a) Efisiensi: Metode tradisional sering kali efisien secara komputasi dan dapat diterapkan dalam skenario waktu nyata, sehingga cocok untuk sistem dengan keterbatasan perangkat keras.
- b) Kekokohan: Metode ini dapat bekerja dengan cukup baik di lingkungan yang terkendali dengan pencahayaan yang dapat diprediksi dan oklusi minimal.
- c) Kebutuhan Data Rendah: Banyak metode tradisional yang tidak memerlukan kumpulan data pelatihan yang besar, yang dapat menguntungkan ketika data berlabel terbatas.
- d) Dapat ditafsirkan: Logika dan mekanisme di balik algoritme tradisional sering kali lebih mudah diinterpretasikan dan dipahami.

2) Kekurangan:

- a) Kemampuan Beradaptasi Terbatas: Metode tradisional dapat mengalami kesulitan dalam skenario yang kompleks dengan kondisi pencahayaan yang menantang, oklusi, dan variasi tampilan kendaraan.
- b) Rekayasa Fitur Manual: Metode ini sering kali memerlukan rekayasa dan penyetelan fitur secara manual, yang dapat memakan waktu dan tenaga dan mungkin tidak dapat digeneralisasi dengan baik untuk situasi yang beragam.
- c) Akurasi yang Kurang: Pendekatan tradisional mungkin tidak mencapai tingkat akurasi yang sama dengan metode berbasis pembelajaran mendalam, terutama dalam skenario dengan variasi yang signifikan.

Pendekatan Deteksi dan Pelacakan Kendaraan Berbasis deep learning memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut:

1) Kelebihan:

- a) Akurasi Tinggi: Metode berbasis deep learning dikenal dengan akurasinya yang tinggi, bahkan dalam skenario yang kompleks dan dinamis. Metode-metode ini unggul dalam menangani variasi penampilan kendaraan.
- b) Fleksibilitas: Model deep learning dapat beradaptasi dengan skenario yang berbeda dengan rekayasa fitur yang minimal, sehingga lebih fleksibel.
- c) Pembelajaran dari ujung ke ujung: Model ini dapat melakukan pembelajaran dari ujung ke ujung, sehingga memungkinkan model untuk secara bersamaan menangani tugas pendeteksian dan pelacakan dalam kerangka kerja terpadu.
- d) Performa Mutakhir: Dalam beberapa tahun terakhir, metode berbasis deep learning telah mencapai kinerja terunggul dalam berbagai tugas visi komputer, termasuk deteksi dan pelacakan kendaraan.

2) Kekurangan:

- a) Komputasi Intensif: Metode deep learning sering kali lebih intensif secara komputasi, membutuhkan perangkat keras yang kuat untuk aplikasi waktu nyata.
- b) Persyaratan Data: Metode ini biasanya membutuhkan set data berlabel besar untuk pelatihan, yang bisa jadi sulit untuk diperoleh dan diberi label.
- c) Kurangnya Transparansi: Model deep learning dapat dianggap sebagai "kotak hitam" karena proses pengambilan keputusannya yang kompleks dan tidak mudah ditafsirkan.
- d) Tantangan Penyempurnaan model: Menyempurnakan model deep learning untuk kasus penggunaan tertentu mungkin membutuhkan keahlian dan sumber daya yang cukup besar.

Dalam analisis kinerja, metode deteksi dan pelacakan kendaraan berbasis deep learning cenderung mengungguli pendekatan tradisional, terutama di lingkungan yang menantang dan dinamis. Metode ini unggul dalam hal akurasi dan kemampuan beradaptasi, sehingga cocok untuk aplikasi seperti kendaraan otonom dan sistem pengawasan lalu lintas tingkat lanjut.

Namun, metode tradisional masih memiliki tempatnya, terutama di lingkungan dengan sumber daya terbatas yang mengutamakan kinerja dan efisiensi waktu nyata. Pilihan antara metode tradisional dan metode berbasis pembelajaran mendalam harus mempertimbangkan persyaratan spesifik aplikasi, ketersediaan sumber daya komputasi, dan kompleksitas skenario yang akan digunakan. Dalam banyak kasus, pendekatan hibrida yang menggabungkan kekuatan metode pembelajaran tradisional dan deep learning dapat memberikan hasil terbaik.

### Pengenalan Pelat Nomor

Pengenalan pelat nomor (LPR) adalah komponen penting dari sistem pengawasan lalu lintas, yang membantu identifikasi kendaraan dan penegakan hukum. Bagian ini akan membahas berbagai pendekatan untuk pengenalan pelat nomor, termasuk metode pengenalan karakter optik (OCR) dan solusi berbasis pembelajaran mendalam (Anagnostopoulos dkk., 2008). Selain itu, bagian ini juga akan membahas tantangan yang terkait dengan berbagai format pelat nomor, oklusi, dan masalah privasi.

Metode Pengenalan Karakter Optik (Optical Character Recognition/OCR) adalah komponen penting dari sistem pengenalan pelat nomor (LPR). Metode ini digunakan untuk mengekstrak karakter alfanumerik dari pelat nomor dalam gambar atau bingkai video. OCR memainkan peran penting dalam mengubah informasi visual pada pelat nomor menjadi teks yang dapat dibaca oleh mesin (Xie dkk., 2018). Ada berbagai metode untuk pengenalan karakter, termasuk pencocokan *template*, metode berbasis fitur, dan metode berbasis pembelajaran mesin.

Pencocokan *template* melibatkan perbandingan setiap karakter yang tersegmentasi dengan sekumpulan *template* karakter yang telah ditentukan sebelumnya. Karakter dikenali dengan menemukan kecocokan terbaik. Metode Berbasis Fitur mengekstrak fitur yang relevan dari karakter, seperti tepi, sudut, atau karakteristik pembeda lainnya. Fitur-fitur ini digunakan untuk pengenalan. Model pembelajaran mendalam, seperti convolutional neural networks (CNN), semakin banyak digunakan untuk pengenalan karakter. CNN dilatih pada kumpulan data besar karakter pelat nomor berlabel dan dapat belajar mengenali karakter dengan akurasi tinggi.

Langkah-langkah pasca-pemrosesan sering kali diterapkan untuk meningkatkan hasil OCR. Pelat nomor biasanya mengikuti pola dan aturan tertentu, dan model ini membantu menyaring pembacaan yang tidak mungkin atau salah. Karakter yang dikenali biasanya diintegrasikan ke dalam sistem LPR yang lebih luas. Mereka dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk pelacakan kendaraan, kontrol akses, dan penegakan hukum.

Metode pengenalan pelat nomor berbasis pembelajaran mendalam (LPR) telah merevolusi keakuratan dan ketangguhan sistem LPR. Metode-metode ini memanfaatkan jaringan saraf, khususnya



convolutional neural network (CNN), untuk mengekstrak dan mengenali karakter dari pelat nomor dalam gambar atau bingkai video (Li dkk., 2019).

Beberapa pelat nomor berisi huruf dan angka, dan urutan karakter sangat penting. Sistem LPR berbasis pembelajaran mendalam sering kali menggunakan model pengenalan urutan, seperti Recurrent Neural Networks (RNN) atau jaringan Connectionist Temporal Classification (CTC), untuk mengenali karakter dalam urutan yang benar.

Metode LPR berbasis pembelajaran mendalam menawarkan beberapa keuntungan, termasuk akurasi tinggi, kemampuan beradaptasi dengan berbagai jenis huruf dan gaya, dan ketahanan terhadap kondisi dan sudut pencahayaan yang berbeda. Metode ini telah menjadi standar untuk sistem LPR modern, yang secara signifikan meningkatkan keandalan dan efisiensi pengenalan plat nomor dalam berbagai aplikasi.

Metode pengenalan pelat nomor (LPR), baik yang tradisional maupun yang berbasis pembelajaran mendalam, menghadapi beberapa tantangan, dan menilai keakuratannya sangat penting untuk memastikan keandalannya dalam berbagai aplikasi. Berikut adalah beberapa tantangan yang terkait dengan LPR:

1. Variabilitas dalam Desain Pelat: Pelat nomor dapat sangat bervariasi dalam desain, termasuk font, warna, dan pengaturan karakter. Mengenali karakter di seluruh variabilitas ini merupakan tantangan besar.
2. Kondisi Pencahayaan: Perubahan pencahayaan, seperti silau, bayangan, dan cahaya redup, dapat menyulitkan untuk menangkap dan mengenali karakter pelat nomor secara akurat.
3. Keburaman dan Distorsi: Pergerakan kendaraan atau guncangan kamera dapat menyebabkan keburaman atau distorsi pada gambar pelat nomor, yang berdampak pada pengenalan karakter.
4. Oklusi: Pelat nomor dapat terhalang sebagian atau seluruhnya oleh objek seperti bingkai, aksesoris mobil, atau kotoran, sehingga menyulitkan pengenalan karakter.
5. Refleksi: Pelat nomor logam dapat memantulkan cahaya, menyebabkan pencahayaan yang berlebihan pada gambar dan membuat ekstraksi karakter menjadi sulit.
6. Pelat Nomor Tidak Standar: Beberapa kendaraan mungkin memiliki pelat nomor non-standar atau yang dipersonalisasi yang tidak sesuai dengan pola standar, sehingga menambah kerumitan dalam pengenalan.
7. Lingkungan yang Beragam: Pelat nomor dapat ditangkap di berbagai lingkungan, termasuk jalan-jalan perkotaan, jalan raya, dan tempat parkir, masing-masing dengan tantangannya sendiri.

### **Deteksi dan Analisis Pejalan Kaki**

Memastikan keselamatan pejalan kaki merupakan bagian integral dari upaya pengawasan lalu lintas. Visi komputer memainkan peran penting dalam deteksi dan analisis pejalan kaki, membantu mengidentifikasi potensi risiko dan meningkatkan strategi manajemen lalu lintas yang berpusat pada pejalan kaki. Bagian ini akan mengeksplorasi metodologi yang digunakan untuk deteksi pejalan kaki dan analisis perilaku, dengan menekankan pada aplikasi dan tantangan di dunia nyata (Priscilla dkk., 2020; Cao dkk., 2022).

Pendekatan berbasis fitur untuk deteksi dan analisis pejalan kaki melibatkan ekstraksi fitur-fitur khas dari gambar atau bingkai video untuk mengidentifikasi dan menganalisis pejalan kaki. Metode-metode ini menggunakan fitur yang direkayasa dan teknik visi komputer tradisional untuk menemukan dan menganalisis individu dalam gambar atau aliran video. Komponen utama dan langkah-langkah yang terlibat dalam deteksi dan analisis pejalan kaki berbasis fitur (Cao dkk., 2022; Priscilla dkk., 2020) adalah ekstraksi fitur, pelatihan pengklasifikasi, Deteksi Jendela Geser, dan Penekanan Non-

Maksimum. Beberapa fitur yang sering dipakai di antaranya adalah *Histogram of Oriented Gradients* (HOG), *Haar-like features*, dan Pola Biner Lokal (LBP).

Pendekatan berbasis fitur memiliki tantangan dan keterbatasan sebagai berikut:

1. Variabilitas Skala dan Rotasi: Metode berbasis fitur mungkin mengalami kesulitan dalam menangani pejalan kaki pada skala atau orientasi yang berbeda. Keterbatasan ini dapat diatasi dengan menggunakan analisis multi-skala dan fitur rotasi-invariant.
2. Oklusi Parsial: Ketika pejalan kaki terhalang sebagian oleh objek atau pejalan kaki lain, akurasi deteksi dapat menurun. Metode lanjutan dapat menggabungkan model berbasis bagian untuk menangani oklusi parsial.
3. Latar Belakang yang Kompleks: Latar belakang yang bising atau kompleks dapat menyebabkan hasil positif palsu. Pemilihan fitur yang cermat dan pengklasifikasi yang kuat sangat penting.
4. Pemrosesan Waktu Nyata: Meskipun metode berbasis fitur bisa efektif, metode ini mungkin tidak selalu memenuhi persyaratan pemrosesan waktu nyata. Algoritme yang efisien diperlukan untuk aplikasi waktu nyata.

Karena metode berbasis pembelajaran mendalam telah menjadi lebih populer karena ketangguhan dan akurasi yang lebih baik, metode berbasis fitur sering kali digabungkan dengan teknik-teknik pembelajaran mendalam untuk meningkatkan kinerja lebih lanjut.

Pendekatan berbasis pembelajaran mendalam telah membuat kemajuan yang signifikan dalam pendeteksian dan analisis pejalan kaki, yang secara signifikan meningkatkan akurasi dan ketangguhan sistem yang mengidentifikasi dan menganalisis pejalan kaki dalam gambar dan aliran video (Cao dkk., 2022; Priscilla dkk., 2020). Pendekatan-pendekatan ini memanfaatkan jaringan syaraf tiruan (deep neural network), khususnya convolutional neural network (CNN), untuk secara otomatis mempelajari fitur dan pola untuk deteksi dan analisis pejalan kaki.

Setelah suatu wilayah diidentifikasi mengandung pejalan kaki, model pembelajaran mendalam tidak hanya menyediakan lokasi pejalan kaki tetapi juga dapat menganalisis berbagai atribut. Analisis ini dapat mencakup:

1. Penghitungan Pejalan Kaki: Menghitung jumlah pejalan kaki dalam sebuah gambar atau aliran video.
2. Estimasi Pose Pejalan Kaki: Memperkirakan pose pejalan kaki, termasuk posisi anggota tubuh dan persendian.
3. Pengenalan Emosi Pejalan Kaki: Mengidentifikasi emosi atau ekspresi pada wajah pejalan kaki.
4. Pelacakan Pejalan Kaki: Melacak pergerakan pejalan kaki secara terus menerus dalam beberapa *frame*.

Sistem deteksi pejalan kaki berbasis pembelajaran mendalam dioptimalkan untuk pemrosesan waktu nyata, yang sangat penting untuk aplikasi seperti pengawasan video, kendaraan otonom, dan sistem bantuan pengemudi tingkat lanjut (ADAS).

Beberapa tantangan dan keterbatasan dari metode berbasis deep learning adalah

1. Model deep learning membutuhkan dataset berlabel yang luas, yang dapat memakan waktu dan biaya untuk membuatnya.
2. Menyempurnakan model untuk domain atau skenario tertentu membutuhkan keahlian dalam pelatihan dan pengoptimalan model.
3. Model deep learning bisa jadi sangat intensif secara komputasi dan mungkin memerlukan perangkat keras yang kuat untuk pemrosesan waktu nyata.

4. Dalam skenario yang menantang, seperti jalanan yang ramai atau latar belakang yang kompleks, model mungkin mengalami kesulitan untuk membedakan pejalan kaki dengan objek lain.

Metode deteksi dan analisis pejalan kaki berbasis pembelajaran mendalam menawarkan tingkat akurasi dan ketahanan yang tinggi, menjadikannya alat yang berharga dalam berbagai aplikasi, mulai dari memastikan keselamatan pejalan kaki dalam kendaraan otonom hingga meningkatkan keamanan di tempat umum. Pengembangan dan adopsi teknik pembelajaran mendalam terus mendorong kemajuan dalam deteksi dan analisis pejalan kaki.

Studi kasus tentang deteksi dan analisis pejalan kaki dalam aplikasi dunia nyata sering kali menyoroti pentingnya teknologi ini dalam mengatasi tantangan keselamatan, keamanan, dan perencanaan kota. Studi kasus ini juga menjelaskan tantangan dunia nyata yang dihadapi oleh para peneliti dan insinyur. Berikut adalah beberapa contoh:

1. Kendaraan Otonom dan Mobilitas Perkotaan: Perusahaan seperti Waymo dan Uber telah melakukan penelitian dan pengembangan ekstensif untuk meningkatkan sistem deteksi pejalan kaki untuk kendaraan otonom mereka. Mereka telah menerapkan solusi berbasis pembelajaran mendalam yang dapat mengidentifikasi pejalan kaki, memprediksi pergerakan mereka, dan memastikan interaksi yang aman antara kendaraan dan pejalan kaki.
2. Kota Cerdas dan Manajemen Lalu Lintas: Proyek "Kota Pintar" Barcelona adalah contoh yang menonjol. Mereka telah menerapkan sistem berbasis visi komputer untuk memantau arus pejalan kaki secara *real-time* di persimpangan-persimpangan utama. Data ini menginformasikan manajemen lalu lintas dan membantu merencanakan perbaikan infrastruktur untuk meningkatkan keselamatan pejalan kaki.
3. Pengawasan dan Keamanan: Bandara seperti Dubai International telah menerapkan sistem pengawasan video canggih yang menggunakan algoritme pendeteksi pejalan kaki berbasis pembelajaran mendalam. Sistem ini dapat mengidentifikasi individu secara *real-time*, melacak pergerakan mereka, dan membantu petugas keamanan dalam menjaga lingkungan yang aman.
4. Keselamatan Lalu Lintas dan Perencanaan Kota: Kota Los Angeles telah memulai sebuah proyek yang disebut "Vision Zero". Proyek ini menggunakan teknologi pendeteksi pejalan kaki untuk mengumpulkan data tentang kecelakaan pejalan kaki dan nyaris celaka. Data tersebut digunakan untuk memprioritaskan peningkatan keselamatan, seperti penyeberangan yang lebih baik dan pengaturan waktu sinyal lalu lintas.

Studi kasus ini menunjukkan beragam aplikasi dan pentingnya deteksi dan analisis pejalan kaki. Meskipun teknologi telah berkembang pesat, tantangan tetap ada, termasuk kebutuhan akan ketahanan dalam berbagai kondisi lingkungan, pemrosesan waktu nyata, dan kemampuan untuk menangani skenario perkotaan yang kompleks. Mengatasi tantangan-tantangan ini sangat penting untuk kelanjutan pengembangan dan pengadopsian solusi pendeteksian pejalan kaki di lingkungan nyata.

### Deteksi Anomali Dalam Pengawasan Lalu-lintas

Mendeteksi anomali dalam pola lalu lintas sangat penting untuk mengidentifikasi kecelakaan, kemacetan lalu lintas, atau kejadian tidak normal (Ghahremannezhad dkk., 2022). Selain itu, analisis arus lalu lintas membantu dalam memprediksi kemacetan dan mengoptimalkan manajemen lalu lintas. Bagian ini akan membahas teknik-teknik yang digunakan untuk deteksi anomali dan analisis arus lalu lintas, beserta implikasinya terhadap sistem pengawasan lalu lintas.

Teknik deteksi anomali dalam pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer digunakan untuk mengidentifikasi kejadian, perilaku, atau objek yang tidak biasa atau tidak normal di dalam situasi lalu

lintas (Santhosh dkk., 2020; Zhou dkk., 2011). Anomali ini dapat berupa kecelakaan, kegiatan ilegal, atau penyimpangan lain yang membutuhkan perhatian segera dari pihak manajemen lalu lintas (Hu dkk., 2023; Mehran dkk., 2009). Teknik deteksi anomali meliputi pemodelan latar belakang, deteksi dan pelacakan obyek, analisis aliran, dan analisis semantik. Teknik deteksi ini dapat menggunakan pendekatan berbasis fitur maupun pembelajaran mendalam maupun penyandi otomatis.

Tantangan yang dihadapi dalam mendeteksi anomali antara lain:

1. Variabilitas Data: Pemandangan lalu lintas di dunia nyata dapat sangat bervariasi karena faktor-faktor seperti cuaca, pencahayaan, dan kondisi lalu lintas, sehingga membuat deteksi anomali menjadi lebih menantang.
2. Pemrosesan Waktu Nyata: Sistem pengawasan lalu lintas sering kali membutuhkan pemrosesan waktu nyata atau hampir waktu nyata, yang dapat menjadi sangat intensif secara komputasi untuk metode deteksi anomali yang kompleks.
3. Skalabilitas: Menerapkan sistem deteksi anomali dalam jaringan pengawasan lalu lintas di seluruh kota atau nasional membutuhkan algoritme yang dapat diskalakan dan efisien.
4. Positif Palsu: Sistem deteksi anomali dapat menghasilkan alarm palsu karena variasi pola lalu lintas atau gangguan sementara.

Teknik deteksi anomali dalam pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer dapat digunakan dalam berbagai kasus penggunaan di mana identifikasi kejadian yang tidak teratur atau tidak biasa sangat penting untuk manajemen lalu lintas, keselamatan, dan keamanan. Berikut ini adalah beberapa kasus penggunaan deteksi anomali dalam pengawasan lalu lintas:

1. Deteksi Kecelakaan: Deteksi anomali sangat penting untuk mengidentifikasi kecelakaan lalu lintas secara *real time*. Ini termasuk mendeteksi tabrakan antara kendaraan, pejalan kaki yang terlibat dalam kecelakaan, atau kejadian mendadak yang mengganggu arus lalu lintas normal.
2. Deteksi Kemacetan Lalu Lintas: Mengidentifikasi kemacetan atau perlambatan lalu lintas yang tak terduga dapat membantu dalam mengelola lalu lintas secara lebih efisien dan mengubah rute kendaraan untuk mencegah kemacetan.
3. Deteksi Cara Mengemudi yang Salah: Deteksi anomali dapat digunakan untuk mengidentifikasi kendaraan yang melaju ke arah yang salah di jalan satu arah, jalan raya, atau jalan yang tidak landai. Hal ini membantu mencegah situasi yang berpotensi berbahaya.
4. Deteksi dan Analisis Pejalan Kaki: Mendeteksi pejalan kaki yang berjalan di area yang tidak sah, berjalan sambil menyeberang, atau berlama-lama di tempat berbahaya seperti jalan raya sangat penting untuk meningkatkan keselamatan pejalan kaki.
5. Deteksi Kerusakan Kendaraan atau Kendaraan Mogok: Deteksi anomali dapat mengidentifikasi kendaraan yang mogok atau terhenti di jalan, yang berpotensi menyebabkan gangguan dan bahaya lalu lintas.
6. Deteksi Putaran Balik Ilegal atau Perubahan Jalur: Mendeteksi putaran balik ilegal atau perubahan jalur di area terlarang, seperti persimpangan atau pintu keluar jalan raya, berkontribusi pada keselamatan lalu lintas dan kepatuhan terhadap peraturan lalu lintas.
7. Deteksi Pelanggaran Lampu Lalu Lintas: Mendeteksi kendaraan yang menerobos lampu merah atau tidak mematuhi rambu lalu lintas penting untuk menegakkan peraturan lalu lintas dan meningkatkan keselamatan di persimpangan.
8. Deteksi Pelanggaran Parkir: Deteksi anomali dapat mengidentifikasi kendaraan yang diparkir di zona dilarang parkir atau menghalangi arus lalu lintas. Hal ini berguna untuk penegakan lalu lintas dan memastikan keselamatan di jalan raya (Wahyono dkk., 2020).

9. Keselamatan Penyeberangan Pejalan Kaki: Memastikan bahwa pejalan kaki memiliki hak jalan di penyeberangan sangat penting untuk keselamatan. Deteksi anomali dapat mengidentifikasi kendaraan yang tidak berhenti untuk pejalan kaki di penyeberangan yang telah ditentukan.
10. Deteksi Puing-puing Benda: Mendeteksi objek atau puing-puing di jalan, seperti kargo yang jatuh atau rintangan, sangat penting untuk mencegah kecelakaan dan membersihkan jalan agar aman dilalui.
11. Pengawasan Infrastruktur Kritis: Memantau infrastruktur penting, seperti jembatan atau terowongan, untuk mendeteksi akses yang tidak sah, penyusupan, atau gangguan yang dapat mengancam keselamatan publik dan keamanan infrastruktur.
12. Deteksi Objek yang Ditinggalkan: Mengidentifikasi benda-benda yang tidak dijaga atau ditinggalkan di tempat umum atau pusat transportasi, yang dapat menimbulkan risiko keamanan.
13. Keamanan Muatan pada Kendaraan Komersial: Memantau keamanan muatan kendaraan komersial untuk memastikan kargo diamankan dengan baik dan tidak menimbulkan bahaya bagi pengguna jalan lainnya.
14. Penyeberangan Hewan: Mendeteksi hewan yang menyeberang jalan di daerah pedesaan atau pinggiran kota untuk mencegah tabrakan dan meningkatkan keselamatan satwa liar.

Deteksi anomali dalam pengawasan lalu lintas membantu pihak berwenang merespons dengan cepat terhadap penyimpangan, memastikan manajemen lalu lintas yang lebih aman dan efisien. Hal ini juga membantu dalam menegakkan hukum dan peraturan lalu lintas, mengurangi dampak kecelakaan dan insiden, serta meningkatkan keselamatan dan keamanan jalan secara keseluruhan.

### Analisis dan prediksi arus lalu lintas

Analisis dan prediksi arus lalu lintas merupakan komponen penting dalam manajemen lalu lintas modern dan perencanaan kota (Boukerche dkk., 2020; Li dkk., 2022; Buch dkk., 2011). Proses-proses ini melibatkan studi, penilaian, dan prakiraan kondisi lalu lintas di jaringan jalan. Analisis arus lalu lintas berfokus pada pemahaman dan karakterisasi pergerakan kendaraan di jaringan jalan. Hal ini meliputi: pengumpulan data, metrik arus lalu lintas (volume lalu lintas, kepadatan lalu lintas, kecepatan lalu lintas, kemacetan lalu lintas), pola arus lalu lintas (seperti jam-jam sibuk, waktu puncak kemacetan, dan kemacetan lalu lintas yang berulang), identifikasi kemacetan (di mana lalu lintas rawan kemacetan atau perlambatan), dan simulasi lalu lintas (menggunakan simulasi komputer untuk memodelkan dan memprediksi arus lalu lintas dalam berbagai kondisi).

Prediksi arus lalu lintas bertujuan untuk meramalkan kondisi lalu lintas di masa depan berdasarkan data historis dan informasi *real-time*. Hal ini dapat membantu meningkatkan manajemen lalu lintas, perencanaan rute, dan sistem informasi perjalanan. Model prediksi, yang sering kali didasarkan pada teknik pembelajaran mesin seperti jaringan syaraf, pohon keputusan, atau analisis deret waktu, digunakan untuk membuat prediksi arus lalu lintas. Model-model ini mempertimbangkan berbagai faktor, seperti pola lalu lintas historis, kondisi cuaca, peristiwa khusus, dan waktu. Dalam Prediksi Jangka Pendek, model ini memperkirakan kondisi lalu lintas untuk beberapa menit hingga beberapa jam ke depan, yang sangat penting untuk manajemen lalu lintas waktu nyata dan perencanaan rute. Dalam Prediksi Jangka Panjang, model memprediksi kondisi lalu lintas untuk beberapa hari, minggu, atau tahun ke depan, yang berguna untuk perencanaan kota dan pembangunan infrastruktur.

Estimasi kepadatan lalu lintas merupakan aspek penting dalam analisis arus lalu lintas, yang bertujuan untuk memahami dan mengelola pergerakan kendaraan di jaringan jalan. Kepadatan lalu lintas secara khusus berfokus pada pengukuran jumlah kendaraan yang ada di suatu ruas jalan pada waktu tertentu. Ukuran ini sangat penting untuk berbagai aplikasi, termasuk manajemen lalu lintas, prediksi kemacetan, dan perencanaan kota.

Estimasi kepadatan lalu lintas berbasis visi komputer adalah metode untuk mengukur kepadatan lalu lintas di jalan dan jalan raya dengan menggunakan kamera dan teknik pemrosesan gambar. Metode ini memanfaatkan data visual dari kamera untuk memantau dan menganalisis pergerakan kendaraan secara *real time*. Elemen-elemen kunci dalam estimasi kepadatan lalu lintas meliputi:

1. Pengumpulan Data: Estimasi kepadatan lalu lintas dimulai dengan pengumpulan data. Berbagai sensor dan sistem pemantauan digunakan untuk mengumpulkan data pergerakan kendaraan, biasanya pada titik atau segmen tertentu di sepanjang jalan. Sumber-sumber data ini dapat mencakup:
  - a) Detektor Lingkaran Induktif (*Inductive Loop Detectors*, ILD): Ini adalah sensor elektromagnetik yang tertanam di jalan yang mendeteksi keberadaan kendaraan yang melintas di atasnya. ILD memberikan informasi tentang jumlah kendaraan, kecepatan, dan tingkat kepadatan.
  - b) Sistem Kamera: Kamera pengawas menangkap gambar atau video jalan, yang dapat diproses untuk mendeteksi dan menghitung kendaraan. Algoritme visi komputer yang canggih sering digunakan untuk tujuan ini.
  - c) Sensor Radar dan Lidar: Sensor ini menggunakan gelombang radio atau sinar laser untuk mendeteksi keberadaan dan pergerakan kendaraan. Sensor ini dapat memberikan informasi tentang kecepatan dan jarak kendaraan.
  - d) Sistem Pemosisian Global (GPS): Data GPS dari kendaraan, terutama dalam hal manajemen armada atau aplikasi navigasi, dapat digunakan untuk memperkirakan kepadatan lalu lintas.
2. Pengolahan Data: Setelah data dikumpulkan, data tersebut diproses untuk mengekstrak informasi yang relevan, seperti jumlah kendaraan dan waktu pengamatan. Data juga dapat dibersihkan untuk menghilangkan pencilaan atau kesalahan.
3. Perhitungan Kepadatan: Kepadatan lalu lintas biasanya diukur sebagai jumlah kendaraan per satuan panjang jalan (misalnya, kendaraan per kilometer). Rumus untuk kepadatan lalu lintas adalah:  $\text{Kepadatan Lalu Lintas (kendaraan/km)} = \frac{\text{Jumlah Kendaraan}}{\text{Panjang Ruas Jalan (km)}}$ . Rumus ini diterapkan pada setiap segmen jalan atau titik di mana data dikumpulkan.
4. Estimasi Waktu Nyata: Kepadatan lalu lintas dapat diperkirakan secara *real-time* dengan terus memproses data dari sensor atau kamera. Informasi ini dapat digunakan untuk memberikan informasi lalu lintas secara *real-time* kepada para komuter atau untuk manajemen lalu lintas yang dinamis.
5. Analisis Historis: Data kepadatan lalu lintas historis dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola, seperti jam-jam puncak lalu lintas, hari-hari dengan kemacetan yang tidak biasa, atau dampak peristiwa atau pembangunan jalan terhadap kepadatan lalu lintas.
6. Visualisasi: Perkiraan kepadatan lalu lintas sering kali divisualisasikan pada sistem manajemen lalu lintas, peta, atau aplikasi seluler. Peta dengan kode warna atau indikator kemacetan membantu para komuter untuk membuat keputusan yang tepat tentang rute mereka.

Adapun tantangan yang dihadapi dalam estimasi kepadatan lalu lintas adalah:

1. Kualitas data: Memastikan keakuratan dan keandalan data sangat penting untuk estimasi kepadatan lalu lintas yang akurat.
2. Integrasi Data: Menggabungkan data dari berbagai sumber, seperti sensor dan kamera, bisa jadi rumit dan mungkin memerlukan teknik fusi data.
3. Pola Lalu Lintas yang Bervariasi: Kepadatan lalu lintas dapat bervariasi secara signifikan sepanjang hari dan di berbagai segmen jalan. Model harus memperhitungkan variasi ini.
4. Kondisi Pencahayaan dan Cuaca: Algoritme visi komputer mungkin kesulitan dengan kondisi pencahayaan yang buruk, silau, atau cuaca buruk, yang dapat memengaruhi keakuratan deteksi kendaraan.

5. Beban Pemrosesan Data: Memproses aliran video beresolusi tinggi secara *real time* dapat menjadi sangat intensif secara komputasi, sehingga membutuhkan perangkat keras yang kuat dan algoritme yang efisien.
6. Privasi dan Keamanan Data: Menangani dan menyimpan data video dan GPS dapat menimbulkan masalah privasi dan keamanan data. Teknik anonimisasi mungkin diperlukan untuk melindungi informasi pribadi.

Estimasi kepadatan lalu lintas berbasis visi komputer menawarkan wawasan waktu nyata dan akurat tentang kondisi lalu lintas, membantu pihak berwenang dan penumpang membuat keputusan yang tepat. Hal ini memainkan peran penting dalam mengoptimalkan manajemen lalu lintas, meningkatkan keselamatan di jalan raya, dan meningkatkan efisiensi transportasi.

Di samping estimasi kepadatan lalu lintas diperlukan pula estimasi panjang antrean. Estimasi panjang antrean berbasis visi komputer adalah teknologi yang digunakan dalam sistem pengawasan lalu lintas untuk menilai panjang antrean atau garis kendaraan di berbagai titik di sepanjang jalan (Arif dkk., 2021). Estimasi panjang antrean memainkan peran penting dalam manajemen lalu lintas dengan memberikan wawasan waktu nyata tentang kemacetan lalu lintas dan membantu pihak berwenang mengoptimalkan arus lalu lintas dan mengurangi kemacetan di titik-titik kritis. Informasi ini bermanfaat bagi operator lalu lintas dan pengguna jalan, yang mengarah pada transportasi yang lebih aman dan efisien.

Tantangan yang dihadapi dan pertimbangan yang harus diambil ketika memperkirakan panjang antrean lalu lintas meliputi:

1. Akurasi: Deteksi dan pelacakan kendaraan yang akurat sangat penting untuk estimasi panjang antrian yang dapat diandalkan. Kondisi cuaca buruk, pencahayaan yang buruk, dan oklusi (ketika satu kendaraan menyembunyikan kendaraan lain) dapat menjadi tantangan bagi akurasi.
2. Pemrosesan Waktu Nyata: Agar efektif, estimasi panjang antrean harus dilakukan secara *real time* atau mendekati *real time*. Hal ini membutuhkan pemrosesan data video yang efisien dan perangkat keras yang mumpuni.
3. Privasi Data: Menangani data video dapat menimbulkan masalah privasi dan keamanan data. Langkah-langkah yang tepat sering kali diperlukan untuk melindungi informasi pribadi.
4. Pola Lalu Lintas yang Bervariasi: Pola lalu lintas dapat berubah sepanjang hari dan dalam kondisi yang berbeda, sehingga membuat estimasi panjang antrean menjadi sulit. Model harus dapat beradaptasi untuk menangani variasi ini.

Prediksi kemacetan lalu lintas menggunakan visi komputer adalah teknik yang menggunakan analisis data gambar dan video untuk meramalkan kemacetan lalu lintas di area tertentu atau di sepanjang jaringan jalan (Guo dkk., 2019). Dengan menganalisis data visual dari kamera, pendekatan ini membantu otoritas transportasi dan pengemudi untuk membuat keputusan yang tepat mengenai rute dan waktu tempuh mereka.

Tantangan yang dihadapi dalam prediksi kemacetan lalu lintas, antara lain

1. Kualitas Data: Memastikan keakuratan dan keandalan data, serta menghadapi kondisi cuaca buruk dan skenario cahaya rendah, sangat penting untuk prediksi kemacetan yang akurat.
2. Pemrosesan Waktu Nyata: Memproses aliran video resolusi tinggi secara *real time* dapat menjadi intensif secara komputasi dan mungkin memerlukan perangkat keras yang kuat dan algoritme yang efisien.
3. Privasi Data: Menangani dan menyimpan data video dapat menimbulkan masalah privasi dan keamanan data. Teknik anonimisasi mungkin diperlukan untuk melindungi informasi pribadi.

4. Pola Lalu Lintas yang Bervariasi: Pola lalu lintas dapat berubah sepanjang hari dan dalam kondisi yang berbeda. Model harus dapat beradaptasi untuk menangani variasi ini.

Prediksi kemacetan lalu lintas menggunakan visi komputer meningkatkan manajemen lalu lintas, meningkatkan perencanaan perjalanan, dan berkontribusi pada pengurangan kemacetan dan sistem transportasi yang lebih efisien. Hal ini membantu para komuter menghindari kemacetan lalu lintas dan mendukung pihak berwenang dalam mengoptimalkan arus lalu lintas dan mengurangi kemacetan.

Teknik penggabungan data untuk meningkatkan analisis dalam prediksi kemacetan lalu lintas menggunakan visi komputer melibatkan pengintegrasian informasi dari berbagai sumber untuk meningkatkan akurasi dan keandalan prediksi. Teknik-teknik ini bertujuan untuk memberikan pandangan yang lebih komprehensif mengenai kondisi lalu lintas dan meningkatkan efektivitas model prediksi kemacetan.

Fusi data dimulai dengan integrasi data dari berbagai sumber:

1. Data Kamera: Data ini mencakup rekaman video dan gambar dari kamera lalu lintas, yang digunakan untuk mendeteksi dan melacak kendaraan serta menilai pergerakannya.
2. Sensor: Data dari berbagai sensor, seperti detektor *loop* induktif, radar, lidar, dan perangkat GPS, dapat memberikan informasi tambahan mengenai jumlah kendaraan, kecepatan, dan lokasi.
3. Data Cuaca: Kondisi cuaca, termasuk faktor-faktor seperti curah hujan, suhu, dan jarak pandang, dapat secara signifikan memengaruhi arus lalu lintas. Mengintegrasikan data cuaca waktu nyata penting untuk prediksi kemacetan.
4. Data Historis: Data lalu lintas historis, termasuk pola lalu lintas, kejadian kemacetan, dan catatan kecelakaan, memberikan konteks untuk memprediksi kemacetan di masa depan.

Berbagai fitur diekstraksi dari data terintegrasi, termasuk jumlah kendaraan, kecepatan kendaraan, okupansi jalur, kondisi cuaca, dan pola kemacetan historis. Fitur-fitur ini menjadi dasar untuk prediksi kemacetan.

Beberapa teknik fusi data dapat diterapkan untuk menggabungkan dan menganalisis data secara efektif:

1. Penggabungan Sensor: Teknik ini menggabungkan data dari beberapa sensor untuk menciptakan pandangan yang lebih komprehensif tentang kondisi lalu lintas. Sebagai contoh, data dari kamera dan sensor radar dapat digabungkan untuk meningkatkan deteksi dan pelacakan kendaraan.
2. Penggabungan Temporal: Menggabungkan data yang dikumpulkan pada interval waktu yang berbeda memungkinkan pembuatan profil temporal kondisi lalu lintas, yang dapat mengungkapkan pola dan tren.
3. Penggabungan Spasial: Mengintegrasikan data dari lokasi spasial yang berbeda dalam jaringan jalan yang sama memungkinkan prediksi kemacetan di beberapa titik secara bersamaan.
4. Fusi Tingkat Fitur: Pendekatan ini menggabungkan fitur-fitur yang diekstrak dari berbagai sumber data. Sebagai contoh, pendekatan ini dapat mengintegrasikan jumlah kendaraan dari kamera dan informasi kecepatan dari sensor untuk memberikan prediksi kemacetan yang lebih rinci.
5. Fusi Tingkat Model: Beberapa model prediksi yang dilatih pada sumber data atau tipe data yang berbeda digabungkan. Teknik fusi ini memanfaatkan kekuatan masing-masing model untuk meningkatkan akurasi.

Teknik fusi data meningkatkan prediksi kemacetan lalu lintas dengan menggabungkan informasi dari berbagai sumber, sehingga menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan dapat diandalkan. Model-model yang terintegrasi ini mampu mempertimbangkan berbagai faktor yang lebih luas yang



mempengaruhi kondisi lalu lintas, seperti cuaca, data historis, dan informasi sensor, sehingga menghasilkan manajemen kemacetan yang lebih baik dan arus lalu lintas yang lebih baik.

### Tantangan dan Keterbatasan

Pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer telah membuat kemajuan yang signifikan dalam meningkatkan manajemen dan keselamatan transportasi. Namun, hal ini bukannya tanpa tantangan dan keterbatasan. Terlepas dari tantangan ini, pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer memiliki potensi untuk secara signifikan meningkatkan manajemen lalu lintas, keselamatan, dan efisiensi transportasi. Upaya penelitian dan pengembangan yang sedang berlangsung bertujuan untuk mengatasi keterbatasan ini dan meningkatkan keandalan dan keefektifan sistem ini.

Kondisi cuaca dan pencahayaan dapat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sistem pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer. Kondisi ini dapat memengaruhi akurasi dan keandalan kinerja sistem, yang mengarah pada tantangan dalam mendeteksi dan melacak kendaraan dan objek.

1. Kondisi Cuaca Buruk: Tetesan hujan dan butiran salju dapat menghalangi bidang pandang kamera dan menyebabkan deteksi yang salah. Kabut dan kabut mengurangi jarak pandang dan dapat mengaburkan objek di kejauhan, sehingga menyulitkan sistem visi komputer untuk mendeteksi dan melacak kendaraan secara akurat. Angin kencang dapat menyebabkan objek seperti puing-puing, rambu-rambu, atau cabang pohon bergerak tidak menentu di bidang pandang kamera, sehingga menyebabkan alarm palsu.
2. Kondisi Cahaya Rendah dan Malam Hari: Kondisi cahaya redup dan malam hari dapat membatasi visibilitas objek di jalan, sehingga menyulitkan untuk mendeteksi dan melacak kendaraan, terutama yang tidak memiliki pencahayaan yang memadai. Silau dari lampu depan kendaraan dapat memengaruhi eksposur sensor kamera dan mengaburkan detail pada gambar.
3. Dampak pada Deteksi Objek: Pencahayaan yang buruk dan cuaca buruk dapat mengurangi kontras antara objek dan latar belakang, sehingga lebih sulit untuk mengidentifikasi dan memisahkan objek dari sekelilingnya. Silau, pantulan, dan bayangan yang disebabkan oleh kondisi pencahayaan dapat mengubah tampilan objek, sehingga berpotensi menyebabkan *false positive* atau deteksi yang terlewatkan.
4. Dampak pada Pelacakan Objek: Perubahan cuaca dan pencahayaan dapat menyebabkan hilangnya pelacakan objek, terutama ketika terjadi oklusi. Objek seperti pejalan kaki, pengendara sepeda, dan hewan dapat bergerak secara tidak terduga dalam kondisi cuaca yang buruk, sehingga membuat pelacakan menjadi lebih menantang.

Untuk mengurangi dampak cuaca buruk dan kondisi cahaya redup pada pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer, langkah-langkah berikut ini sering digunakan:

1. Beberapa sistem pengawasan menggunakan kamera yang dirancang untuk beroperasi secara efektif dalam kondisi buruk, seperti kamera inframerah untuk operasi malam hari.
2. Rumah kamera dengan mekanisme pemanas dan penyeka dapat mencegah penumpukan salju, es, atau tetesan air hujan pada lensa kamera.
3. Algoritme visi komputer terus ditingkatkan agar lebih kuat dalam kondisi buruk, termasuk kondisi dengan cahaya redup atau jarak pandang yang berkurang.
4. Menggabungkan informasi dari berbagai jenis sensor, seperti radar dan lidar, dapat memberikan redundansi dan meningkatkan deteksi dan pelacakan dalam kondisi yang menantang.
5. Dalam beberapa kasus, solusi pencahayaan cerdas digunakan untuk meningkatkan visibilitas dan mengurangi silau selama operasi malam hari.

**Commented [RP2]:** Sebelumnya menggunakan istilah positif palsu.

Oklusi dan skenario lalu lintas yang kompleks menghadirkan tantangan bagi sistem pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer. Situasi ini dapat menghambat deteksi dan pelacakan kendaraan dan objek yang akurat, yang berpotensi menyebabkan kesalahan atau deteksi yang terlewat. Untuk mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh oklusi dan skenario lalu lintas yang kompleks, sistem pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer menggunakan strategi berikut:

1. Deteksi Objek Tingkat Lanjut: Penggunaan model pendeteksian objek tingkat lanjut, seperti Faster R-CNN, YOLO, atau SSD, yang dapat mengidentifikasi dan menemukan banyak objek bahkan dalam pemandangan yang ramai.
2. Asosiasi Objek: Memanfaatkan teknik asosiasi objek yang canggih untuk menghubungkan objek di seluruh *frame* dan menyelesaikan masalah pelacakan dalam skenario yang kompleks.
3. Fusi Sensor: Menggabungkan data dari beberapa sensor, seperti radar dan lidar, untuk meningkatkan keandalan deteksi dan pelacakan objek dalam situasi lalu lintas yang tersumbat dan kompleks.
4. Model Pembelajaran Mesin: Mengembangkan model pembelajaran mesin yang secara khusus dilatih untuk skenario lalu lintas yang kompleks, termasuk yang memiliki berbagai jenis objek dan interaksi.
5. Peningkatan Model yang Konstan: Terus menyempurnakan dan melatih model visi komputer untuk beradaptasi dengan skenario lalu lintas yang berubah-ubah dan meningkatkan akurasi.

Penggunaan sistem pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer menimbulkan beberapa masalah privasi dan etika, terutama terkait dengan pengumpulan, penyimpanan, dan penggunaan data:

1. Pelanggaran Privasi: Kamera pengawas menangkap gambar dan video dari ruang publik, yang secara tidak sengaja dapat menangkap individu di tempat umum. Hal ini menimbulkan kekhawatiran tentang pelanggaran privasi, karena individu mungkin tidak menyadari bahwa mereka sedang direkam. Menerapkan papan nama yang jelas dan terlihat yang menunjukkan keberadaan kamera pengintai dapat memberi tahu individu tentang penggunaannya dan mencegah perilaku yang tidak pantas.
2. Penyimpanan Data: Penyimpanan dan penyimpanan rekaman video dalam jangka waktu lama dapat dilihat sebagai pelanggaran privasi. Semakin lama data disimpan, semakin besar potensi penyalahgunaan atau akses yang tidak sah. Menetapkan kebijakan penyimpanan data yang jelas dan mematuhi persyaratan hukum untuk batas penyimpanan data dapat membantu mengatasi masalah ini.
3. Keamanan Data: Keamanan data yang tersimpan adalah yang terpenting. Pelanggaran data dapat menyebabkan tereksposnya informasi sensitif, termasuk aktivitas dan perilaku individu di ruang publik. Menerapkan langkah-langkah keamanan siber yang kuat, enkripsi, dan kontrol akses dapat melindungi data dari akses yang tidak sah.
4. Data Biometrik: Beberapa sistem pengawasan dapat menangkap data biometrik, seperti pengenalan wajah. Pengumpulan dan penggunaan informasi biometrik tanpa persetujuan dapat dianggap sebagai tindakan invasif. Kebijakan yang transparan mengenai penggunaan data biometrik, serta mendapatkan persetujuan eksplisit jika diperlukan, dapat mengatasi masalah ini.
6. Praktik Diskriminatif: Ada risiko bahwa sistem visi komputer dapat menunjukkan bias dalam mendeteksi dan melacak individu, yang mengarah pada praktik yang tidak adil atau diskriminatif, terutama terkait ras, jenis kelamin, atau atribut lainnya. Mengaudit dan menguji algoritme visi komputer secara teratur untuk mengetahui adanya bias dan memastikan bahwa algoritme tersebut dilatih dengan set data yang beragam dan representatif dapat membantu mengurangi masalah ini.

7. **Pengawasan Tidak Sah:** Pengawasan yang tidak sah atau terselubung dapat dilakukan dengan menggunakan sistem pengawasan, yang berpotensi untuk tujuan jahat, seperti menguntit atau melecehkan. Peraturan yang ketat, izin, dan hukuman untuk pengawasan yang tidak sah dapat mencegah kegiatan tersebut.
8. **Persetujuan dan Transparansi:** Individu mungkin tidak menyadari keberadaan dan tujuan kamera pengintai. Kurangnya transparansi dan persetujuan dapat melanggar hak privasi. Mengkomunikasikan dengan jelas keberadaan kamera pengintai, tujuannya, dan kebijakan penggunaan data dapat mengatasi masalah ini. Mendapatkan persetujuan jika diperlukan juga penting.
9. **Penggunaan Data Sekunder:** Data yang dikumpulkan untuk tujuan pengawasan lalu lintas dapat digunakan untuk tujuan sekunder, seperti investigasi penegakan hukum, yang mungkin tidak sesuai dengan harapan individu ketika data dikumpulkan. Memastikan bahwa kebijakan penggunaan data transparan tentang penggunaan sekunder dan mematuhi batasan hukum adalah penting.
10. **Kepatuhan Hukum dan Peraturan:** Ketidakpatuhan terhadap peraturan perlindungan data dan privasi dapat mengakibatkan konsekuensi hukum dan keuangan. Mematuhi hukum, peraturan, dan standar privasi yang relevan, seperti GDPR, CCPA, atau HIPAA, jika berlaku, adalah penting.

Kompleksitas komputasi dan pemrosesan waktu nyata merupakan konsep penting dalam konteks sistem pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer, dan keduanya memiliki dampak yang signifikan terhadap kinerja dan efektivitas sistem.

Kompleksitas komputasi dan pemrosesan waktu nyata adalah pertimbangan yang saling berhubungan dan penting dalam pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer. Menyeimbangkan kebutuhan akan algoritme yang kompleks dan akurat dengan kebutuhan akan hasil waktu nyata merupakan tantangan konstan dalam pengembangan dan penerapan sistem tersebut. Pengoptimalan dan penggunaan perangkat keras khusus merupakan strategi utama untuk mengatasi tantangan ini dan memastikan analisis data lalu lintas yang tepat waktu dan efektif.

### **Kemajuan dan Inovasi**

Salah satu cara untuk memajukan pengawasan lalu lintas adalah dengan menggabungkan teknik visi komputer tradisional, deep learning, dan fusi sensor, pendekatan hibrida bertujuan untuk memanfaatkan keunggulan masing-masing pendekatan sambil mengimbangi keterbatasan masing-masing. Pendekatan-pendekatan ini memanfaatkan kombinasi teknik visi komputer tradisional, pembelajaran mendalam, dan fusi sensor untuk mengatasi tantangan spesifik dan meningkatkan kinerja sistem pengawasan. Hal ini menghasilkan sistem pengawasan lalu lintas yang lebih akurat, kuat, dan mudah beradaptasi yang dapat memberikan wawasan yang dapat diandalkan tentang kondisi lalu lintas dan mendukung transportasi yang lebih aman dan efisien.

Integrasi multi-kamera mengacu pada penggunaan beberapa kamera pengawas, yang ditempatkan secara strategis di berbagai lokasi, untuk memberikan pandangan yang lebih komprehensif tentang lingkungan lalu lintas. Kamera-kamera ini menangkap rekaman video, yang dapat dianalisis dan digabungkan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang kondisi lalu lintas.

Integrasi multi-sensor melibatkan penggunaan berbagai sensor, seperti radar, lidar, GPS, dan sensor lingkungan, di samping kamera untuk mengumpulkan data pelengkap tentang lingkungan lalu lintas. Sensor-sensor ini memberikan informasi tentang kecepatan kendaraan, lokasi, kondisi cuaca, dan banyak lagi.

Integrasi dan fusi multi-kamera dan multi-sensor, data dari beberapa kamera dan sensor dikumpulkan dan diintegrasikan ke dalam sistem terpusat. Hal ini mungkin melibatkan sinkronisasi waktu untuk memastikan bahwa data selaras dengan benar. Teknik fusi data diterapkan untuk menggabungkan dan menganalisis data yang terintegrasi. Teknik-teknik ini dapat melibatkan ekstraksi fitur, pelacakan objek, dan pembuatan representasi multi-modal yang terpadu dari skenario lalu lintas. Hal ini melibatkan penggunaan beberapa kamera dan berbagai sensor secara simultan, seperti radar, lidar, dan GPS, untuk meningkatkan akurasi, keandalan, dan kemampuan beradaptasi pengawasan lalu lintas. Hal ini memastikan bahwa sistem pengawasan dapat beroperasi secara efektif dalam kondisi yang beragam dan menantang, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan manajemen lalu lintas, keselamatan, dan efisiensi.

Komputasi tepi mengacu pada praktik pemrosesan dan analisis data pada atau di dekat sumber penghasil data, yang, dalam konteks pengawasan lalu lintas, dapat berupa kamera pengintai atau sensor yang dipasang di pinggir jalan. Solusi berbasis cloud melibatkan transmisi data dari perangkat tepi ke server cloud jarak jauh untuk diproses dan disimpan. Server cloud dapat menjalankan algoritme yang canggih dan menyediakan manajemen data yang terpusat.

Komputasi tepi dan solusi berbasis cloud mewakili dua pendekatan berbeda untuk memproses dan mengelola data dalam sistem pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer. Setiap pendekatan menawarkan manfaat yang unik dan cocok untuk kasus penggunaan yang berbeda.

Dalam praktiknya, banyak sistem pengawasan lalu lintas menggunakan pendekatan hibrida yang menggabungkan komputasi tepi dan solusi berbasis cloud. Dalam pengaturan ini, beberapa pemrosesan terjadi di tepi untuk operasi *real-time* atau operasi penting, sementara data yang tidak sensitif terhadap waktu dapat dikirim ke cloud untuk penyimpanan jangka panjang, analisis historis, dan pemrosesan tingkat lanjut. Pendekatan hibrida ini memanfaatkan kekuatan dari kedua paradigma tersebut.

Explainable AI (XAI) atau AI yang dapat dijelaskan menjanjikan peningkatan transparansi dan pemahaman dalam sistem pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer. XAI diharapkan dapat memberikan interpretabilitas, deteksi dan koreksi kesalahan, analisis akar masalah, umpan balik untuk operator manusia, dan manfaat lainnya. Oleh karena itu, XAI diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga tentang keputusan yang dibuat oleh model AI, meningkatkan kepercayaan, meningkatkan keselamatan, dan mendukung kepatuhan hukum dan etika. XAI memiliki potensi untuk membuat sistem ini lebih akuntabel dan dapat beradaptasi dengan skenario lalu lintas tertentu, yang pada akhirnya berkontribusi pada manajemen lalu lintas yang lebih aman dan efisien.

### **Prospek dan Dampak Masa Depan**

Prospek dan dampak pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer di masa depan cukup signifikan dan menjanjikan, dengan berbagai manfaat potensial untuk manajemen lalu lintas, keselamatan, dan efisiensi (Liu dkk., 2019; Zhang dkk., 2022; Buch dkk., 2011). Pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer kemungkinan besar akan terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT). Data lalu lintas dapat dibagikan dengan perangkat IoT lainnya untuk meningkatkan operasi kota secara keseluruhan, seperti penerangan jalan pintar dan pengelolaan limbah. Pengawasan lalu lintas yang efektif dapat memberikan dampak ekonomi yang positif dengan mengurangi biaya terkait lalu lintas dan meningkatkan efisiensi transportasi. Dampak masa depan dari pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer akan bergantung pada kemajuan teknologi, kerangka kerja peraturan, dan kemampuan untuk menyeimbangkan manfaat sistem ini dengan kekhawatiran tentang privasi dan keamanan data.

Integrasi pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer dengan kota pintar dan kendaraan otonom diharapkan memiliki dampak besar pada kehidupan perkotaan, manajemen lalu lintas, dan transportasi. Integrasi ini dapat meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan keberlanjutan serta berkontribusi pada pengembangan sistem transportasi perkotaan yang lebih mudah diakses dan merata. Namun, keberhasilan integrasi teknologi ini akan membutuhkan perencanaan yang matang, pengembangan infrastruktur, dan langkah-langkah keamanan siber yang kuat untuk mengatasi potensi tantangan dan masalah privasi.

Pengawasan lalu lintas cerdas menyediakan data waktu nyata tentang kondisi lalu lintas, menawarkan wawasan tentang pola lalu lintas dan kemacetan, menyediakan data untuk pengambilan keputusan berbasis bukti, dan sinyal lalu lintas yang adaptif. ITS dapat mengubah manajemen lalu lintas dan perencanaan kota dengan menyediakan data yang akurat dan *real-time*, meningkatkan keselamatan, dan memungkinkan pengambilan keputusan berdasarkan data. Hal ini dapat berkontribusi pada arus lalu lintas yang lebih efisien, mengurangi kemacetan, dan meningkatkan kualitas hidup secara keseluruhan di daerah perkotaan. Seiring dengan perkembangan teknologi ini, manfaatnya bagi manajemen lalu lintas dan perencanaan kota diharapkan akan semakin meningkat.

Keselamatan jalan dan penegakan hukum telah mendapatkan manfaat yang signifikan dari pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer. Pengawasan berbasis visi komputer, antara lain, dapat dengan cepat mendeteksi kecelakaan lalu lintas, dapat mengukur kecepatan kendaraan secara akurat, dapat mengidentifikasi kendaraan yang menerobos lampu merah atau gagal berhenti di rambu berhenti, dapat memonitor berbagai pelanggaran lalu lintas, dapat mengidentifikasi kendaraan yang dicuri dan tersangka dalam kasus-kasus kriminal. Data pengawasan dapat digunakan di pengadilan untuk menentukan kesalahan dalam kecelakaan lalu lintas, membuktikan pelanggaran lalu lintas, dan membantu penuntutan kasus kriminal. Seiring dengan perkembangan teknologi, manfaat ini diharapkan dapat semakin meningkatkan upaya keselamatan dan penegakan hukum di jalan raya.

Pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer memainkan peran penting dalam mendukung solusi lalu lintas yang ramah lingkungan dengan berkontribusi pada pengurangan emisi, sistem transportasi yang efisien, dan perencanaan kota yang berkelanjutan dengan menyediakan data waktu nyata tentang kondisi lalu lintas dan kemacetan, data yang dapat diintegrasikan dengan sistem transportasi umum, merekomendasikan rute yang ramah lingkungan kepada pengemudi, sinyal lalu lintas yang adaptif berdasarkan kondisi lalu lintas waktu nyata, dan data untuk kebijakan lingkungan yang berbasis bukti. Dengan menyediakan data dan wawasan secara *real-time*, sistem ini memungkinkan otoritas lalu lintas dan perencana kota untuk mengambil keputusan yang tepat yang bermanfaat bagi lingkungan dan kualitas hidup di daerah perkotaan.

### **Pertimbangan Etis Dalam Pengawasan Lalu-lintas**

Masalah privasi dan perlindungan data merupakan aspek penting yang perlu dipertimbangkan ketika menerapkan sistem pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer (Asghar dkk, 2019; Kininmonth dkk., 2018). Teknologi ini mengumpulkan data dalam jumlah besar, termasuk gambar dan informasi pribadi yang berpotensi sensitif, yang, jika salah penanganan, dapat melanggar privasi individu. Seiring berjalannya waktu, sistem pengawasan dapat memantau dan melacak perilaku individu, sehingga menimbulkan kekhawatiran tentang pembuatan profil atau pengawasan yang tidak beralasan.

Menyeimbangkan manfaat pengawasan lalu lintas dengan masalah privasi adalah sebuah tantangan. Namun, dengan mengambil langkah-langkah perlindungan data dan mengatasi masalah privasi secara proaktif, kota dan organisasi dapat menggunakan sistem pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer yang tidak hanya efektif tetapi juga menghormati privasi individu dan mematuhi standar hukum dan etika.

Bias algoritmik mengacu pada adanya diskriminasi yang sistematis dan tidak adil dalam hasil yang dihasilkan oleh suatu algoritme. Keadilan dalam desain algoritme mengacu pada perlakuan yang adil terhadap semua individu dan kelompok tanpa diskriminasi atau bias. Bias dan keadilan dalam desain algoritme merupakan pertimbangan penting ketika menerapkan sistem pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer. Istilah-istilah ini berkaitan dengan potensi algoritme untuk menghasilkan hasil yang tidak adil atau diskriminatif, terutama dalam konteks pengumpulan data dan pengambilan keputusan.

Penggunaan AI yang bertanggung jawab dalam manajemen lalu lintas, khususnya ketika menerapkan pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer, melibatkan kepatuhan terhadap prinsip-prinsip etika, hukum, dan sosial untuk memastikan bahwa teknologi tersebut digunakan dengan cara yang memaksimalkan manfaatnya sekaligus meminimalkan potensi bahaya. Penggunaan AI yang bertanggung jawab dalam manajemen lalu lintas memastikan bahwa teknologi digunakan untuk tujuan yang dimaksudkan - meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan keberlanjutan lalu lintas - dengan tetap menghormati hak-hak individu dan kepentingan masyarakat. Hal ini juga membantu membangun kepercayaan dan penerimaan publik terhadap teknologi ini, yang sangat penting untuk keberhasilan penerapannya.

### Rekomendasi Untuk Penelitian di Masa Depan

Penelitian di masa depan dalam pengawasan lalu lintas berbasis visi komputer harus memperhatikan kemajuan teknologi dan pertimbangan etika dan sosial seputar penggunaannya. Dengan berfokus pada bidang-bidang ini, para peneliti dapat berkontribusi pada pengembangan sistem pengawasan lalu lintas yang lebih efisien, adil, dan bertanggung jawab.

1. Berinvestasi dalam penelitian untuk mengembangkan algoritme yang tidak hanya akurat tetapi juga menunjukkan keadilan yang lebih tinggi. Hal ini termasuk mengatasi bias dalam data, pelabelan, dan hasil untuk memastikan bahwa sistem pengawasan lalu lintas tidak berdampak secara tidak proporsional pada kelompok tertentu.
2. Mengembangkan dan menerapkan teknologi perlindungan privasi yang canggih yang memungkinkan pengawasan lalu lintas yang efektif sekaligus menjaga privasi individu. Hal ini dapat mencakup teknik anonimisasi dan enkripsi data tingkat lanjut.
3. Menyelidiki metode untuk meningkatkan pemrosesan data secara *real-time*, terutama dalam skenario lalu lintas yang kompleks, untuk memastikan bahwa sistem pengawasan dapat beradaptasi dengan kondisi yang berubah dengan cepat.
4. Meneliti sistem pengawasan yang sadar konteks yang dapat beradaptasi dengan skenario lalu lintas yang berbeda, seperti lingkungan perkotaan, pedesaan, atau jalan raya, dan menyesuaikan parameternya.
5. Mengeksplorasi integrasi berbagai sumber data, termasuk visi komputer, sensor lingkungan, dan data yang bersumber dari masyarakat, untuk menciptakan ekosistem manajemen lalu lintas yang komprehensif.
6. Menyelidiki penggunaan visi komputer untuk menganalisis perilaku pengemudi dan pejalan kaki, yang dapat berkontribusi pada manajemen lalu lintas yang lebih aman dan efisien.
7. Meneliti algoritme kontrol sinyal lalu lintas adaptif yang merespons kondisi lalu lintas secara *real-time*, meminimalkan waktu tunggu dan kemacetan.
8. Mengembangkan solusi perangkat keras dan perangkat lunak yang hemat energi untuk pengawasan lalu lintas guna meminimalkan dampak lingkungan dari sistem ini.
9. Mengembangkan metode untuk membuat pengambilan keputusan berbasis AI menjadi lebih transparan dan dapat dijelaskan, terutama dalam situasi di mana tindakan penegakan hukum diambil berdasarkan analisis visi komputer.

11. Mengeksplorasi potensi kolaborasi manusia dan AI dalam pengawasan lalu lintas. Hal ini termasuk merancang antarmuka yang memungkinkan operator manusia bekerja secara efektif dengan sistem AI untuk pengambilan keputusan.
12. Mendorong kemitraan penelitian antara otoritas publik, akademisi, dan perusahaan swasta untuk mendorong inovasi dalam teknologi pengawasan lalu lintas dengan tetap menjaga standar etika dan menghormati privasi.
13. Mengembangkan dataset dan metrik tolok ukur standar untuk mengevaluasi kinerja sistem pengawasan lalu lintas. Hal ini akan memfasilitasi perbandingan yang adil dan kemajuan di lapangan.
14. Menyelidiki penggunaan teknologi pengawasan lalu lintas untuk mengatasi tantangan lingkungan, seperti pemantauan dan pengurangan polusi udara dan emisi karbon.
15. Melakukan penelitian tentang persepsi dan penerimaan masyarakat terhadap teknologi pengawasan lalu lintas. Hal ini dapat menginformasikan rancangan sistem dan kebijakan yang sesuai dengan harapan masyarakat.
16. Berupaya untuk membuat kerangka kerja peraturan yang jelas yang menyeimbangkan manfaat pengawasan lalu lintas dengan hak privasi individu. Hal ini akan memastikan bahwa teknologi digunakan secara bertanggung jawab dan etis.
17. Meneliti aspek hukum dan etika pengawasan lalu lintas, termasuk pengembangan pedoman dan praktik terbaik yang dapat memandu penggunaannya secara bertanggung jawab.
18. Mengkaji bagaimana pengawasan lalu lintas dapat diintegrasikan ke dalam inisiatif kota cerdas yang lebih luas, yang berkontribusi pada perencanaan kota dan pembangunan infrastruktur yang lebih efisien.
19. Memastikan bahwa rancangan sistem pengawasan lalu lintas berpusat pada kebutuhan dan hak-hak individu, termasuk pertimbangan aksesibilitas dan inklusivitas.
20. Menyelidiki metode-metode untuk menjaga kualitas dan integritas data yang dikumpulkan oleh sistem pengawasan lalu lintas, khususnya dalam kondisi cuaca buruk atau saat terjadi kerusakan teknis.
21. Mengeksplorasi penerapan teknologi pengawasan lalu lintas di ranah lain, seperti penegakan hukum, keselamatan publik, dan tanggap darurat.

*Bapak ibu hadirin yang saya muliakan,*

Mengakhiri pidato ini, izinkan saya menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada guru-guru, kolega, teman-teman, dan keluarga yang saya cintai dan banggakan yang telah banyak membantu di sepanjang perjalanan karier akademik saya.

*Bapak ibu hadirin yang saya muliakan,*

Pertama saya mengucapkan terimakasih kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia atas Amanah jabatan fungsional Guru Besar dalam bidang Elektronika dan Instrumentasi yang diberikan kepada saya. Kepada Prof. dr. Ova Emilia, M.Med.Ed., Sp.OG(K), Ph.D. dan ibu bapak Wakil Rektor, Direktur Sumber Daya Manusia, bu Kenok, dan bapak ibu di direktorat Sumber Daya Manusia, saya mengucapkan terimakasih atas bantuan dan dukungan selama proses kenaikan jabatan saya. Penghargaan yang sama saya sampaikan kepada Prof. Triyono, Prof. Kuwat Triyana, Prof. Reza Pulungan; bapak ibu di Urusan Pegawai Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: pak Bomahasko Rossasih, pak Dwi Winarno, dan bu Shafa Purnama Sari; serta Dr. Azhari, alm. Dr. Anny Kartika Sari, dan Dr. Andi Dharmawan di Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika.

Tidak ada ungkapan terimakasih yang cukup untuk guru-guru saya di SD Negeri Cebongan 1, SMP Negeri VIII Yogyakarta, dan SMA Negeri VI Yogyakarta. Penghargaan yang sama saya sampaikan kepada

guru-guru saya di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang tidak memungkinkan untuk saya sebutkan satu-persatu karena keterbatasan saya. Penghargaan yang sama juga saya sampaikan kepada guru-guru saya di Faculty of Computer Science, the University of New Brunswick, Canada. Ucapan terimakasih yang istimewa saya sampaikan kepada pembimbing skripsi saya Drs. Widodo Priyodiprojo, M.Sc., E.E. dan Drs. Fadli serta pembimbing thesis dan disertasi saya Prof. Bernd J. Kurz.

Saya mengucapkan terimakasih dan memberikan penghargaan yang tinggi kepada seluruh rekan rekan dosen dan staf kependidikan di Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika yang telah berkomitmen untuk mewujudkan DIKE Unggul dalam berbagai bidang. Saya bersyukur menjadi bagian dari Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi dengan suasana kekeluargaan dan kerjasamanya: Prof. Jazi Eko Istiyanto, Dr. Andi Dharmawan, Dr. Danang Lelono, Dr. Agfianto Eko Putra, Drs. Abdul Ro`uf, M.I.Kom., Dr. Raden Sumiharto, Dr.techn. Aupaclav Zatu Kusuma Frisky, Ika Candradewi, S.Si., M.Cs., Roghib Muhammad Hujja, S.Si., M.Cs., Bakhtiar Alldino Ardi Sumbodo, S.Si., M.Cs., Catur Atmaji, S.Si., M.Cs., Lukman Awaludin, S.Si., M.Cs., Tri Wahyu Supardi, S.Si., M.Cs., Nia Gella Augoestien, S.Si., M.Cs. dan Oskar Natan, Ph.D.

Saya mengucapkan terimakasih kepada seluruh rekan di Pengurus Pusat Aptikom: Prof. Achmad Benny Mutiara dan jajarannya; Pengurus Pusat IndoCEISS: Prof. Sri Hartati dan jajarannya, Pengurus Coris: Dr. Djoko Soetarno dan jajarannya, Majelis Amanah LAM Infokom: Prof. Zainal Hasibuan dan jajarannya, dan Dewan Eksekutif LAM Infokom: Prof. Sri Hartati dan jajarannya. Mereka telah berjasa dalam memperluas wawasan keilmuan dan jaringan Kerjasama bidang Infokom.

Doa saya untuk bapak mertua saya almarhum Wiryo Daryanto dan ibu mertua saya almarhumah Suhardiyah yang telah merelakan anaknya untuk saya nikahi. Mereka telah ikut mendidik kami dan anak kami. Doa yang tiada henti untuk kedua orang tua saya almarhum bapak Sosro Widarsono dan almarhum ibu Sukinem. Mereka adalah guru pertama saya. Mereka mengajarkan kejujuran, kerja keras, kedisiplinan dan menghargai waktu. Ayah saya telah berangkat bekerja sebelum saya dan kakak serta adik saya bangun tidur dan pulang setelah kami tidur. Ibu saya merawat dan mendidik kami dari bangun tidur sampai tidur lagi. Dengan kerja kerasnya mereka mengentaskan saya dan saudara-saudara saya: mbak Yuni dan mas Edi, mas Haryanto dan mbak Ita, mas Bambang dan mbak Darti, serta adik Tinuk dan adik Junaedi.

Saya sangat bersyukur telah dipertemukan dengan istri saya Sri Hartati, pendukung utama karier saya, tiang rumah tangga kami dan pendidik terbaik di keluarga kecil kami. Kasih sayangnya yang tiada henti telah saya dan anak-anak kami merindukannya pulang kerumah ketika dia sedang bertugas keluar kota. Semoga upaya kami mendidik anak-anak kami, Devica Kurniasari Harjoko, Ivan Arkan Harjoko dan Jaris Rabbani Raziq di ridhoi Allah subhanahuwata'ala. Semoga Allah memperkenankan mereka menjadi orang yang sholeh, sehat, berbahagia, berbakti dan bermanfaat bagi masyarakat dan keluarga mereka.

*Bapak ibu hadirin yang saya muliakan,*

Sebelum saya akhiri, mari kita luangkan waktu dan tundukkan kepala sejenak untuk mengenang kembali guru-guru kita masing-masing dan mendoakan mereka semoga ilmu yang telah mereka ajarkan kepada kita menjadi amal jariyah bagi mereka. Ya Allah yang maha mengabulkan doa, jadikanlah ilmu yang telah diajarkan oleh guru-guru kami menjadi ilmu yang bermanfaat dan jadikanlah upaya penyebaran ilmu mereka amalan jariyah.

Wabillaahi taufiq wal hidayah. Wassalamu'alaikum warrahmatullaahi wabarakatuh.



### Daftar Pustaka

- Anagnostopoulos, C., Anagnostopoulos, I., Psoroulas, I., Loumos, V., & Kayafas, E. (2008). License plate recognition from still images and video sequences: a survey. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 9(3), 377-391. <https://doi.org/10.1109/tits.2008.922938>
- Arif, M. U., Farooq, M. U., Raza, R. H., Chen, Q., & Abdulhai, B. (2021). Efficient video-based vehicle queue length estimation using computer vision and deep learning for an urban traffic scenario. *Processes*, 9(10), 1786. <https://doi.org/10.3390/pr9101786>
- Asghar, M. N., Kanwal, N., Lee, B., Fleury, M., Herbst, M., & Qiao, Y. (2019). Visual surveillance within the eu general data protection regulation: a technology perspective. *IEEE Access*, 7, 111709-111726. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2934226>
- Boukerche, A., Tao, Y., & Sun, P. (2020). Artificial intelligence-based vehicular traffic flow prediction methods for supporting intelligent transportation systems. *Computer Networks*, 182, 107484. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107484>
- Buch, N., Velastin, S. A., & Orwell, J. (2011). A review of computer vision techniques for the analysis of urban traffic. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 12(3), 920-939. <https://doi.org/10.1109/tits.2011.2119372>
- Cao, J., Pang, Y., Xie, J., Khan, F. S., & Shao, L. (2022). From handcrafted to deep features for pedestrian detection: a survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 44(9), 4913-4934. <https://doi.org/10.1109/tpami.2021.3076733>
- Chen, X., Liu, Y., Zhao, L., Fang, J., Sheng, V. S., & Cui, Z. (2019). Exploiting aesthetic features in visual contents for movie recommendation. *IEEE Access*, 7, 49813-49821. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2910722>
- Frisky, A.Z.K. & Harjoko, A. (2016). Palm oil plantation area clusterization for monitoring. 2016 2nd International Conference on Science and Technology-Computer (ICST). 145-149.
- Ghahremannezhad, H., Shi, H., & Liu, C. (2022). Object detection in traffic videos: a survey. *IEEE Transaction on Intelligent Transportation System*. pp.1-21. <https://doi.org/10.36227/tehrxiv.20477685>
- Guo, S., Lin, Y., Feng, N., Song, C., & Wan, H. (2019). Attention based spatial-temporal graph convolutional networks for traffic flow forecasting. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 33(01), 922-929. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.3301922>
- Harjoko, A., Prahara, A., Supardi, T.W., Candradewi, I., Pulungan, R. & Hartati, S. (2019). Image processing approach for grading tobacco leaf based on color and quality. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 12(1),1-10.
- Harjoko, A., Tyas, D.A., Hartati, S. & Ratnaningsih, T. (2023a). Erythrocyte Classification Using Alexnet and Simple CNN. *ICIC Express Letters*, 17(1), 103. <https://doi.org/10.24507/icicel.17.01.103>
- Harjoko, A., Wahyono, Susyanto, N., Endrayanto, I., Putra, M.A., & Kamil, D.A. (2023b). Traffic Density Estimation Based on Block Occupancy Classification. *ICIC Express Letters*, 17(11),1187-1194. DOI: 10.24507/icicel.17.11.1187
- He, F. (2020). Intelligent video surveillance technology in intelligent transportation. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2020/8891449>

- Ho, G., Tsang, Y. P., Wu, C., Wong, W. H., & Choy, K. L. T. (2019). A computer vision-based roadside occupation surveillance system for intelligent transport in smart cities. *Sensors*, 19(8), 1796. <https://doi.org/10.3390/s19081796>
- Hsieh, J., Yu, S., Chen, Y., & Hu, W. (2006). Automatic traffic surveillance system for vehicle tracking and classification. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 7(2), 175-187. <https://doi.org/10.1109/tits.2006.874722>
- Hu, Y., Zhang, Y., Wang, Y., & Work, D. B. (2023). Detecting socially abnormal highway driving behaviors via recurrent graph attention networks. *Proceedings of the ACM Web Conference 2023*. <https://doi.org/10.1145/3543507.3583452>
- Jagannathan, P., Sujatha, R., Frnda, J., Parameshachari, B., & Subramani, P. (2021). Moving vehicle detection and classification using gaussian mixture model and ensemble deep learning technique. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2021/5590894>
- Karacan, İ., Erdoğan, İ., İğdil, M., & Cebeci, U. (2021). Machine vision supported quality control applications in rotary switch production by using both process fmea and design fmea. *Natural and Applied Sciences Journal*, 4(2), 16-31. <https://doi.org/10.38061/idunas.850545>
- Kininmonth, J., Thompson, N., McGill, T., & Bunn, A. (2018). Privacy concerns and acceptance of government surveillance in australia. *Australasian Conference on Information Systems 2018*. <https://doi.org/10.5130/acis2018.cn>
- Li, H., Wang, P., & Shen, C. (2019). Toward end-to-end car license plate detection and recognition with deep neural networks. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(3), 1126-1136. <https://doi.org/10.1109/tits.2018.2847291>
- Li, S., Niu, L. (2022). Short-term traffic flow prediction method based on wt-igwo-elm. *International Journal of New Developments in Engineering and Society*, 6(3). <https://doi.org/10.25236/ijndes.2022.060310>
- Lins, R. G. and Kurka, P. R. G. (2013). Architecture for multi-camera vision system for automated measurement of automotive components. *2013 IEEE International Systems Conference (SysCon)*. <https://doi.org/10.1109/syscon.2013.6549931>
- Liu, Z., Luo, P., Qiu, S., Wang, X., & Tang, X. (2016). Deepfashion: powering robust clothes recognition and retrieval with rich annotations. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.124>
- Liu, L., Ouyang, W., Wang, X., Fieguth, P., Chen, J., Liu, X., ... & Pietikäinen, M. (2019). Deep learning for generic object detection: a survey. *International Journal of Computer Vision*, 128(2), 261-318. <https://doi.org/10.1007/s11263-019-01247-4>
- Loce, R. P., Bernal, E. A., Wu, W., & Bala, R. (2013). Computer vision in roadway transportation systems: a survey. *Journal of Electronic Imaging*, 22(4), 041121. <https://doi.org/10.1117/1.jei.22.4.041121>
- Mahmud, N., Cohen, J., Tsourides, K., & Berzin, T. M. (2015). Computer vision and augmented reality in gastrointestinal endoscopy. *Gastroenterology Report*, 3(3), 179-184. <https://doi.org/10.1093/gastro/gov027>
- Mehran, R., Oyama, A., & Shah, M. (2009). Abnormal crowd behavior detection using social force model. *2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2009.5206641>

Commented [RP3]: Informasi referensi ini belum lengkap.

Priscilla, C. V. and Sheila, S. (2020). Pedestrian detection - a survey. *Learning and Analytics in Intelligent Systems*, 349-358. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-38501-9\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38501-9_35)

Santhosh, K. K., Dogra, D. P., & Roy, P. P. (2020). Anomaly detection in road traffic using visual surveillance. *ACM Computing Surveys*, 53(6), 1-26. <https://doi.org/10.1145/3417989>

Septiarini, A., Harjoko, A., Pulungan, R. & Ekantini, R. (2018). Automated detection of retinal nerve fiber layer by texture-based analysis for glaucoma evaluation. *Healthcare informatics research* 24 (4), 335-345.

Song, D., Kirubarajan, T., & Fernando, X. (2022). Multi-vehicle tracking with road maps and car-following models. <https://doi.org/10.32920/21576654.v1>

**Commented [RP4]:** Informasi referensi ini belum lengkap.

Sugiharto, A., Harjoko, A. & Suharto. (2020). Indonesian traffic sign detection based on Haar-PHOG features and SVM classification. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 13(1),1-15.

Szeliski, R. (2011). *Computer vision: algorithms and applications*. *Choice Reviews Online*, 48(09), 48-5140-48-5140. <https://doi.org/10.5860/choice.48-5140>

Wang, Z., Huang, J., Xiong, N., Zhou, X., Lin, X., & Ward, T. (2020). A robust vehicle detection scheme for intelligent traffic surveillance systems in smart cities. *IEEE Access*, 8, 139299-139312. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3012995>

Xie, F., Ming, Z., Zhao, J., Yang, J., Liu, Y., & Yuan, X. (2018). A robust license plate detection and character recognition algorithm based on a combined feature extraction model and BPNN. *Journal of Advanced Transportation*, 2018, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2018/6737314>

Zhang, X., Feng, Y., Angeloudis, P., & Demiris, Y. (2022). Monocular visual traffic surveillance: a review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(9), 14148-14165. <https://doi.org/10.1109/tits.2022.3147770>

Zhou, K., Varadarajan, K. M., Vincze, M., & Liu, F. (2011). Driving behavior inference from traffic surveillance data. 2011 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). <https://doi.org/10.1109/itsc.2011.6083079>

**BIODATA****Identitas Diri**

Nama Lengkap : Agus Harjoko, Prof., Drs., M.Sc., Ph.D.  
 Jenis Kelamin : L/P  
 Jabatan Fungsional : Guru Besar  
 NIP : 196008041987031003  
 NIDN : 0004086008  
 Tempat, tanggal Lahir : Sleman, 4 Agustus 1960  
 E-mail : aharjoko@ugm.ac.id / aharjoko@gmail.com  
 Nomor Telepon/HP : 08164267256  
 Alamat Kantor : Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA,  
 UGM, Sekip Utara, BLS 21,  
 Nomer Telp./Faks. : (0274) 513339 atau (0274) 545185

**Keluarga**

Istri : Sri Hartati  
 Anak : Devica Kurniasari Harjoko  
         Ivan Arkan Harjoko  
         Jaris Rabbani Raziq  
 Cucu : Kiano Karunia Umran

**Pendidikan**

Jenjang	Asal Institusi	Fakultas/Jurusan	Tahun lulus
Strata 3	Universitas Gadjah Mada	Faculty of Computer Science/Computer Science	1996
Strata 2	University of New Brunswick, Canada	Faculty of Computer Science/Computer Science	1991
Strata 1	University of New	FMIPA/Fisika	1986

	Brunswick, Canada		
SMA	SMA N 6 Yogyakarta	IPA	1980
SMP	SMP N 8 Yogyakarta	-	1977
SD	SD N Cebongan I		1974

#### Pengalaman Kegiatan Penelitian, Pengembangan, Pengkajian dan/atau Penerapan

No	Judul Penelitian	Tahun	Sumber Pendanaan
1.	Pengembangan Prototype Integrated Sensors for Tea Quality Detection (INSTeaD) Sebagai Alternatif Pengganti Uji Organoleptik yang Sederhana dan Akurat	2023	Kemendikbud Dikti, PT Pagilaran
2.	Pengembangan Prototipe Mesin Pengukur Viabilitas Benih Tomat Dan Semangka Non-Biji Berbasis Hyperspectral Dan X-Ray Imaging Dengan Analisis Deep Learning	2023	LPDP, PT Ewindo
3.	Pothole Detection Using Deep Learning Techniques	2023	UGM dan UiTM
4.	Pendeteksian Lubang Jalan Menggunakan Semantic Segmentation dengan Arsitektur Attention Residual U-Net	2023	Kemendikbud Dikti
5.	Estimasi Kecepatan Kendaraan Berbasis Computer Vision untuk Sistem Keselamatan Transportasi	2023	Kemendikbud Dikti
6.	Estimasi Kepadatan Lalu Lintas untuk Pengembangan Sistem Transportasi Cerdas Menggunakan Metode Pengolahan Citra Digital	2023	Kemendikbud Dikti
7.	Pengembangan Pengatur APILL yang Adaptif Terhadap Kepadatan Lalu-lintas	2022	Kemendikbud Dikti, PT PAS
8.	Adopsi Produksi Dan Uji Pasar Bahan Pembenah Tanah Berhumus Dan Pupuk Organik Berhumus Dari Bahan Baku Limbah Bulu Rumah Pematangan Ayam (RPA) Secara Karbonasi Hidrotermal	2022	Kemendikbud Dikti, PT Janu Putra Sejahtera, dan CV Chakravartin Engineering
9.	Pengembangan Prototype Integrated Sensors for Tea Quality Detection (INSTeaD) Sebagai Alternatif Pengganti Uji Organoleptik yang Sederhana dan Akurat	2022	Kemendikbud Dikti
10.	Fine-Grained Vehicle Recognition berbasis Multi-Task Deep Learning untuk Pengenalan Model Kendaraan dengan Tingkat Kemiripan Tinggi di Indonesia	2022	Kemendikbud Dikti
11.	Model Deteksi Pusat Makula berdasar Lokasi Area Temporal pada Citra Retina untuk	2022	Kemendikbud Dikti

	Membantu Pemeriksaan Tingkat Keparahan Edema Makula Diabetik (EMD)		
12.	PENINGKATAN KUALITAS CITRA BAWAH AIR BERDASARKAN MIXTURE CONTRAST LIMITED ADAPTIVE HISTOGRAM EQUALIZATION AND MULTISCALE FUSION UNTUK ALAT BANTU EVALUASI KONDISI BAWAH AIR	2022	Kemendikbud Dikti
13.	Estimasi Kecepatan Kendaraan Berbasis Computer Vision untuk Sistem Keselamatan Transportasi	2022	Kemendikbud Dikti
14.	Estimasi Kepadatan Lalu Lintas untuk Pengembangan Sistem Transportasi Cerdas Menggunakan Metode Pengolahan Citra Digital	2022	Kemendikbud Dikti
15.	Deep Learning Techniques for Runaway Segmentation: Review and Preparation	2022	UGM dan UiTM
16.	Identifikasi Wajah Dengan Kombinasi Parallelogram Haar-like Feature dan Single Shot Multibox Detector	2022	UGM
17.	Klasifikasi Eritrosit Pada Kasus Talasemia Minor Menggunakan Fitur Konvolusi	2022	UGM
18.	Manajemen Kesehatan Budidaya Pisang untuk Peningkatan Produksi: Rekayasa Mikrobiomik, Seleksi, dan Induksi Marka Genetika Kultivar dan Penerapan Teknologi 4.0 di PT Great Giant Pineapple	2021	Kemendikbud Dikti
19.	Penguatan Deep Learning Research Center	2021	Kemendikbud Dikti
20.	Pengembangan Sistem Surveilans Cerdas dan Terintegrasi Berbasis Sensor Kamera	2021	Kemendikbud Dikti
21.	Analisis Citra Multispektral dan Terapannya pada Dental Radiograf Periapikal untuk Deteksi Dini Osteoporosis Menggunakan <i>Deep Convolutional Neural Network</i>	2021	UGM
22.	Pengembangan Sistem Surveillance Cerdas untuk Keamanan Lingkungan Gedung dan Jalan	2021	UGM
23.	Semantic Annotation on Temple Relief Data Using Depth Feature: Data preparation and Review	2021	UGM dan UiTM
24.	Deteksi Logo Pabrik pada Sistem Identifikasi Kendaraan Roda Empat di Jalan Raya	2021	UGM
25.	Klasifikasi Mutu dan Ukuran Buah Vanili	2021	UGM
26.	Pengembangan dan Implementasi Sistem Pengklasifikasi Daun Tembakau Pasca Panen pada PTPN X	2020	Kemenristek Dikti
27.	Implementasi Intelligent Traffic Monitoring Systems (ITMS) Menggunakan Smart Video Sensor	2020	Kemenristek Dikti

28.	Prediksi Kedalaman Pada Citra Tunggal dalam Kondisi Pencahayaan yang Berbeda	2020	UGM
29.	Metode Pengklasifikasi Sel Darah Berdasar Ciri Konvolusi	2020	UGM
30.	Metode Pengklasifikasi Kanker Usus Berdasar Ciri Konvolusi	2020	UGM
31.	Pengembangan dan Implementasi Sistem Pengklasifikasi Daun Tembakau Pasca Panen pada PTPN X	2019	Kemenristek Dikti
32.	Intelligent Traffic Monitoring and Traffic Control System (ITMCS) menggunakan Smart Video Sensor	2019	Kemenristek Dikti
33.	Rancang Bangun Mobile Text to Speech Beremosi Bahasa Indonesia Berbasis Android Menggunakan Metode Statistik Parametrik Sebagai Upaya Memajukan Bahasa Nasional di Tingkat Dunia	2019	Kemenristek Dikti
34.	<b>Pengembangan Sistem Identifikasi Penyakit Extra Pulmonary Tuberculosis Berdasarkan Pengolahan Citra Digital</b>	2019	Kemenristek Dikti
35.	Intelligent Traffic Monitoring System	2019	UGM
36.	Analisis Citra Dental Periapikal Radiograf untuk Deteksi Dini Osteoporosis	2019	UGM
37.	Pengembangan dan Implementasi Sistem Pengklasifikasi Daun Tembakau Pasca Panen pada PTPN X	2018	Kemenristek Dikti
38.	Intelligent Traffic Monitoring and Traffic Control System (ITMCS) menggunakan Smart Video Sensor	2018	Kemenristek Dikti
39.	Rancang Bangun Mobile Text to Speech Beremosi Bahasa Indonesia Berbasis Android Menggunakan Metode Statistik Parametrik Sebagai Upaya Memajukan Bahasa Nasional di Tingkat Dunia	2018	Kemenristek Dikti
40.	<b>Pengembangan Sistem Identifikasi Penyakit Extra Pulmonary Tuberculosis Berdasarkan Pengolahan Citra Digital</b>	2019	Kemenristek Dikti
41.		2019	
42.	Identifikasi Thalassemia Minor Berdasarkan Morfologi Sel Darah Merah	2018	Kemenristek Dikti
43.	Intelligent Traffic Monitoring System: Identifikasi Kendaraan Roda Empat Berdasar Plat Nomer dan Pabrikasi	2018	Kemenristek Dikti
44.	Analisa Perbandingan Metode Evaluasi Tanaman Teh Dan Sawit Produktif Berdasar Foto Udara	2018	UGM

45.	Perbandingan Metode-Metode Identifikasi Plat Nomor Kendaraan Kendaraan Roda Dua	2018	UGM
46.	Intelligent Traffic Monitoring and Traffic Control System (ITMCS) menggunakan Smart Video Sensor	2017	Kemenristek Dikti
47.	Identifikasi Thalassemia Minor Berdasarkan Morfologi Sel Darah Merah	2017	Kemenristek Dikti
48.	Intelligent Traffic Monitoring System: Identifikasi Kendaraan Roda Empat Berdasarkan Plat Nomer dan Pabrikasi	2017	Kemenristek Dikti
49.	Perancangan dan Implementasi Purwarupa Identifikasi Nomor Registrasi Kendaraan (Nopol) Pada Portal Pintu Masuk UGM Berdasar Data Citra	2017	UGM
50.	Prototipe Sistem Peringatan Dini Penanggulangan Bencana Sekunder Gunung Merapi Berdasar Data Video Pada Area Sabo Sungai	2017	UGM
51.	Sistem Evaluasi Tanaman Produktif Berdasar Foto Udara	2016	Kemenristek-Dikti
52.	Identifikasi Thalassemia Minor Berdasarkan Morfologi Sel Darah Merah	2016	Kemenristek Dikti
53.	Intelligent Traffic Monitoring System: Identifikasi Kendaraan Roda Empat Berdasarkan Plat Nomer dan Pabrikasi	2016	Kemenristek Dikti
54.	Sistem Rekonstruksi Model Dan Tekstur 3d Dengan Kamera Stereo Untuk Objek Berskala Kecil	2016	UGM
55.	Pengembangan Sistem Peringatan Dini Penanggulangan Bencana Sekunder Gunung Merapi Berdasar Data Video Pada Area Sabo Sungai	2016	UGM
56.	Sistem Evaluasi Tanaman Produktif Berdasar Foto Udara	2015	Kemenristek-Dikti
57.	Perkiraan Jumlah Orang dalam Kerumunan Berdasar Data Video Surveillance	2015	UGM
58.	Sistem Skrining Penyakit Leukimia Akut dengan Pengenalan Citra Otomatis Menggunakan Perangkat Mikroskop Cerdas	2014	Kemenristek-Dikti
59.	Metode Pengklasifikasi Untuk Mengevaluasi Kesehatan Usus	2014	UGM
60.	Metode Identifikasi Landmark Cephalometri Berdasar Tekstur	2014	UGM



61.	Pembuatan Sistem Pengklasifikasian Daun Tembakau Kering pada PTPN X	2013	Kemendikbud-Dikti
62.	Metode Pemrosesan Data Untuk Pemantauan Lingkungan	2013	UGM
63.	Program Pengembangan Kerjasama dan Riset Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi	2012	Kemendikbud-Dikti
64.	Sistem Pemantauan Lalu Lintas Kendaraan Berbasis Metode HAAR Cascade Classified Dengan Embedded Single Board Computer	2012	UGM
65.	Sistem Pemantauan Lalu Lintas Kendaraan Real Time Berbasis Metode Kontur dan Hough Transform dengan Embedded Single Board Computer Arm11	2012	UGM
66.	Pemrosesan Video untuk Klasifikasi dan Pelacakan Obyek	2011	UGM
67.	Metode Pengideksan Data Video Berdasar Isi Video	2011	UGM
68.	Rancang Bangun Penguat Daya Transmisi Pada Kanal 145MHz Berbasis VHF Push-Pull Power MOS Transistor BLF278	2010	UGM
69.	Pemrosesan data video dari jaringan sensor video untuk pelacakan dan pengklasifikasian obyek	2009	Kemendikbud
70.	Mikroskop Digital Resolusi Tinggi	2008	UGM
71.	Desain target untuk computer vision	1999	Kemendikbud
72.	Desain target untuk computer vision	1998	Kemendikbud
73.	Desain target untuk computer vision	1997	Kemendikbud

**Keterlibatan dalam Kegiatan Ilmiah baik di Level Nasional dan Internasional sebagai Pembicara**

No	Nama Kegiatan Ilmiah	Peran (Pembicara Kunci/Presenter)	Level (Lokal, Nasional, Internasional)	Tahun Pelaksanaan
1	The 8th International Conference on Computer Science and Computational Intelligence 2023	Pembicara Kunci	Internasional	2023
2	Int. Conf. of Soft Computing in Data Science	Pembicara Kunci	International	2023
3	Penulisan Proposal Tesis, Universitas Sumatra Utara	Pembicara Kunci	Lokal	2022
4	Penulisan Proposal Tesis, Universitas Sumatra Utara	Pembicara Kunci	Lokal	2021

5	Univeristas Islam Negeri Sunan Kalijaga	Pembicara Kunci	Lokal	2019
6	STMIK Atma Luhur	Pembicara Kunci	Lokal	2019
7	Soft Computing in Data Science	Pembicara Kunci	International	2018
8	Seventh Int. Conference on Informatics and Computing (ICIC), 7-8 Dec 2022, Denpasar, Indonesia. Pp.1-5	Pemakalah dan moderator	Internasional	2022
9	2022 Int. Conference on Machine Learning and Cybernetics, 9-11 Sep 2022, Toyama, Japan. Pp.103-108	Pemakalah	Internasional	2022
10	2022 Int. Workshop on Intelligent Systems (IWIS), 17-20 Agt 2022, Ulsan, Korea Selatan. Pp.1-5	Pemakalah dan moderator	Internasional	2022
11	2022 APSIPA Annual Summit and Conference, 7-10 Nov 2022, Chiang Mai, Thailand. Pp.428-431	Pemakalah	Internasional	2022
12	2022 Int. Conference for Advancement in Technology (ICONAT), 1-6	Pemakalah	Internasional	2022
13	5th International Conference on Future Networks and Distributed Systems: The Premier Conference on Smart Next Generation Networking Technologies, ICFNDS 2021, 15-16 Dec 2022, Dubai, UAE. Pp.1-6.	Pemakalah	Internasional	2022
14	12 <sup>th</sup> International Conference on Computational Collective Intelligence, ICCCI 2020, Da Nang, Vietnam, November 30 – December 3, 2020, pp. 239-251	Pemakalah	Internasional	2020

15	2019 International Conference on contemporary Computing and Informatics (IC3I), Singapore, 12 December 2019, pp.22-25	Pemakalah	Internasional	2019
16	IEEE International Conference on Consumer Electronics, <i>Vol.1 No.1, 2019, pp.1</i>	Pemakalah	Internasional	2019
17	3rd International Conference on Informatics and Computing, ICIC 2018, <i>Vol.0 No.0 pp.1-6</i>	Pemakalah	Internasional	2018
18	MATEC Web of Conferences 154, 01041 (2018)	Pemakalah	Internasional	2018
19	2nd International Conference on Computer Graphics and Digital Image Processing (CGDIP 2018), IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series, <i>Vol.1098 No.0 pp.1-9, 2018</i>	Pemakalah	Internasional	2018
20	International Conference on Video and Image Processing 2017	Pemakalah	Internasional	2017
21	International Conference on Video and Image Processing 2017	Pemakalah	Internasional	2017
22	Soft Computing in Data Science, 2017. Print ISBN 978-981-10-7241-3 Online ISBN 978-981-10-7242-0	Pemakalah	Internasional	2017
23	Soft Computing, Intelligent System and Information Technology (ICSIT), 2017 International Conference on	Pemakalah	Internasional	2017
24	Soft Computing, Intelligent System and Information Technology	Pemakalah	Internasional	2017

	(ICSIT), 2017 International Conference on			
25	Universal Academic Cluster International Autumn Conference in Kyoto 2015	Pemakalah	Internasional	2015
26	Universal Academic Cluster International Autumn Conference in Kyoto 2015	Pemakalah	Internasional	2015
27	Bali International Seminar on Science and Technology 2014, pp. C2.2-1 - C2.2-7, 70-0.	Pemakalah	Internasional	2014
28	Information Systems International Conference 2013	Pemakalah	Internasional	2013
29	Seminar Nasional Ilmu Komputer (Seminasik) 2013, hal. 227-232. ISBN: 978-602-19406-1-7	Pemakalah	Nasional	2013
30	Seminar Nasional Pendidikan Teknik Infomatika (SENAPATI) 2013, hal. 70-76. ISSN: 2087-2658.	Pemakalah	Nasional	2013
31	Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI) 2013, hal. B1-B5 . ISSN: 1907-5022.	Pemakalah	Nasional	2013
32	IEEE Symposium on Computers and Informatics 2013, pp 110 - 115	Pemakalah	Internasional	2013
33	The 7th International Conference on Biomedical Engineering and Medical Applications (ICBEMA) BME Days 2012, hal. 96- 99. Serpong-Indonesia. November, 2012	Pemakalah	Internasional	2012
34	International Conf on Computer Science,	Pemakalah	Internasional	2012

	Electronics and Instrumentation (ICCSE), pp. 712, ISBN: 978-602-97479-2-8.			
35	Seminar Nasional Teknologi Informasi (SNATI), 2012, vol 9, no 1, hal. 50-56. ISSN: 1829-9156	Pemakalah	Nasional	2012
36	Int Conf on Information Technology and Applied Mathematics (ICITAM), 2012, ISSN: 2301-5403.	Pemakalah	Internasional	2012
37	Conf on Information Technology and Electrical Engineering (CITEE), 2012, hal.13-17. ISSN: 2085-6350	Pemakalah	Internasional	2012
38	Prosiding Seminar Nasional Informatika (Semnasif), 2012, hal. A17 - A24. ISSN: 19792328.	Pemakalah	Nasional	2012
39	Seminar Teknik Informatika (STI), hal. 242-250. ISBN: 978-979-3812-26-7	Pemakalah	Nasional	2012
40	Prosiding Seminar Nasional Komputer dan Elektro (Senaputro), 2012, hal. 55-62. ISBN: 978-602-19997-2-1	Pemakalah	Nasional	2012
41	Prosiding Seminar Nasional Komputer dan Elektro (Senaputro), 2012, hal. 37-41. ISBN: 978-602-19997-2-1	Pemakalah	Nasional	2012

**Karya, invensi, dan/atau inovasi mempunyai nilai novelty dan breakthrough dengan nilai pengetahuan yang tinggi**

No	Deskripsi Karya, Invensi, dan/atau Inovasi	Tahun
1	Metode untuk mengatur Alat Pengatur Isyarat Lalu Lintas yang adaptif terhadap kepadatan lalu lintas. Metode ini akan mengatur lama waktu menyala lampu lalu lintas sesuai dengan	2023

	tingkat kepadatan lalu lintas sehingga akan mengurangi kemacetan.	
2	Metode untuk menganotasi kendaraan sehingga akan dapat mencatat kendaraan secara lebih rinci, meliputi nomor kendaraan, pabrikan, dan jenis kendaraan	2022
3	Metode untuk menganalisis darah untuk penentuan apakah seseorang termasuk dalam kategori talasemia minor	2020
4	Metode dan alat (prototipe) untuk mengklasifikasi daun tembakau kering pasca panen untuk keperluan cerutu	2013
5	Metode untuk menganalisis citra fundus untuk mengevaluasi tingkat Kesehatan mata	2017, 2022

#### Jenis dan jumlah Kekayaan Intelektual yang dimiliki

No	Judul>Nama Kekayaan Intelektual	Jenis Kekayaan Intelektual	Status (terdaftar/granted)	Tahun
1	METODE PENGATURAN ALAT PENGATUR ISYARAT LALU LINTAS YANG ADAPTIF TERHADAP KEPADATAN LALU LINTAS	Paten	Terdaftar	2023
2	ALAT KLASIFIKASI KUALITAS TEH BERBASIS WARNA SEDUHAN	Paten	Terdaftar	2022
3	METODE KLASIFIKASI KUALITAS TEH BERBASIS WARNA SEDUHAN	Paten	Terdaftar	2022
4	METODE KLASIFIKASI KUALITAS TEH	Paten	Terdaftar	2022
5	ALAT KARBONISASI HIDROTHERMAL MOBIL TANPA PENGADUKAN	Paten	Terdaftar	2022
6	Sistem Pengenalan Model Kendaraan dan Pabrikan Kendaraan di Indonesia	Hak Cipta	Granted	2022
7	Ekstraksi Fitur Pembuluh Darah pada Optik Disk untuk Deteksi Arah Temporal	Hak Cipta	Granted	2022
8	Perangkat Lunak Pengklasifikasi Eritrosit pada Citra Lapang Pandang Preparat Darah Kering pada Kasus Talasemia	Hak Cipta	Granted	2019

9	Perangkat Lunak Pengklasifikasi Daun Tembakau Berdasarkan Tangga Warna	Hak Cipta	Granted	2019
10	Alat Akuisisi Data Daun Tembakau	Paten	Terdaftar	2019
11	Metode Klasifikasi Daun Tembakau Kering Pasca Panen Berdasar Tangga Warna yang Dapat Dilatih Ulang	Paten	Terdaftar	2019

**Publikasi Pada Jurnal Ilmiah Nasional dan Internasional**

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor /Tahun
1.	2023	Agus Harjoko, Wahyono, Nanang Susyanto, Irwan Endrayanto, Muhammad Ardi Putra and Dea Angelia Kamil, Traffic Density Estimation Based on Block Occupancy Classification	ICIC Expres Letters	vol.17, no.11, hal.1187-1194, Nov 2023. DOI: 10.24507/icicel.17.11.1187
2.	2023	Helmie Arif Wibawa, Raden Sumiharto, Agus Harjoko, Muh Bayu Sasongko, The Methods of Determining Temporal Direction Based on Asymmetric Information of the Optic Disc for Optimal Fovea Detection	Symmetry	vol.15, no.9, pp.1631. Agustus 2023
3.	2023	Rahmad Hidayat, Agus Harjoko, Aina Musdholifah, Backpack detection model using multi-scale superpixel and body-part segmentation,	Int. Jour. Smart Sensing and Intelligent Systems	vol.16, no.1. Agustus 2023.
4.	2023	Model, control and realistic visual 3D simulation of VTOL fixed-wing transition flight considering ground effect	Drones	Vol.7, no.5, pp.330
5.	2023	Input variable selection for oil palm plantation productivity prediction model	Telematika: Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi	Vol.20, no.1, pp.103-116
6.	2023	Classification of Fruits Based on Shape and Color using Combined Nearest Mean Classifiers	Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi	Vol.7, no.1, pp.51-57

7.	2023	Erythrocyte Classification Using Alexnet and Simple CNN	ICIC Express Letters	Vol.17, 1, 2023. <a href="https://doi.org/10.24507/icicel.17.01.103">https://doi.org/10.24507/icicel.17.01.103</a>
8.	2023	Loitering Detection Using Spatial-Temporal Information for Intelligent Surveillance Systems on Vision Sensor	Journal of Sensor and Actuator Networks	Vol.12, 1, 2023. <a href="https://doi.org/10.3390/jsan12010009">https://doi.org/10.3390/jsan12010009</a>
9.	2023	Mix histogram and grey level co-occurrence matrix to improve glaucoma prediction machine learning	Journal of Soft Computing Exploration	Vol.4, 1, 2023. Pp.13-22. <a href="https://doi.org/10.52465/josce.v4i1.99">https://doi.org/10.52465/josce.v4i1.99</a>
10.	2022	Efficient and Robust Method to Detect the Location of Macular Center Based on Optimal Temporal Determination	Journal of Imaging	Vol.8, 12, 2022. <a href="https://doi.org/10.3390/jimaging8120313">https://doi.org/10.3390/jimaging8120313</a>
11.	2022	CNN-Based Classification for Highly Similar Vehicle Model Using Multi-Task Learning	Journal of Imaging	Vol.8, 11, 2022. <a href="https://doi.org/10.3390/jimaging8110293">https://doi.org/10.3390/jimaging8110293</a>
12.	2022	Region-based Annotation Data of Fire Images for Intelligent Surveillance System	Data in Brief	Vol.41, 2022. <a href="https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.107925">https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.107925</a>
13.	2022	Erythrocyte (Red Blood Cell) Dataset in Thalassemia case	Data in Brief	Vol.41, 2022. <a href="https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.107886">https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.107886</a>
14.	2022	A Robust Image Retrieval Method Using Multi-Hierarchical Agglomerative Clustering and Davis-Bouldin Index	International Journal of Intelligent Engineering and Systems	Vol.15,2, 2022. <a href="https://doi.org/10.22266/ijies2022.0430.40">https://doi.org/10.22266/ijies2022.0430.40</a>
15.	2022	Real-Time Forest Fire detection Framework Based on Artificial Intelligence Using Color Probability Model and Motion Feature Analysis	Fire	vol.5, 23, 2022. <a href="https://doi.org/10.3390/fire5010023">https://doi.org/10.3390/fire5010023</a>
16.	2022	Periapical Radiograph Texture Features for Osteoporosis Detection using Deep Convolutional Neural Network	International Journal of Advanced Computer Science and Applications, vol.13(1), 2022	vol.13(1), 2022



17.	2022	Fusion of BIFFOA and Adaptive Two-Phase Mutation for Helmetless Motorcyclist Detection	International Journal of Advanced Computer Science and Applications, vol.13(1), 2022	vol.13(1), 2022
18.	2022	Improving Detection Performance of Helmetless Motorcyclists Using the Combination of HOG, HOP, and LDB Descriptors	International Journal of Intelligent Engineering and Systems, Vol.15, No.1, 2022	Vol.15, No.1, 2022
19.	2022	Multimodal Biometric Model Development with Hand Geometry and Voice Features	Italienisch, Vol. 12 No. 1 (2022)	Vol. 12 No. 1 (2022)
20.	2021	Registered Relief Depth (RRD) borobudur dataset for single-frame depth prediction on one-side artifacts	Data in Brief	Vol 35, 2021 DOI: 10.1016/j.dib.2021.106853
21.	2021	Intelligent Traffic Monitoring Systems: Vehicle Type Classification Using Support Vector Machine	International Journal of Artificial Intelligence Research 5 (1)	Volume 5, no 1, January 2021
22.	2020	An evaluation of sentence selection methods on the different phone-sized units for constructing Indonesian speech corpus	International Journal of Speech Technology 23 (1), 141-147	Vol 23 (1), 141-147
23.	2020	Wrist detection based on a minimum bounding box and geometric features	Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences	Vol. 32 (2), pp.208-215
24.	2020	Indonesian traffic sign detection based on Haar-PHOG features and SVM classification	INTERNATIONAL JOURNAL ON SMART SENSING AND INTELLIGENT SYSTEMS	Vol. 13 (1), pp.1-15 (2020)
25.	2020	Detection on Head of Motorcyclist Without Helmet: A Review	ICIC Express Letters	Vol.14 No.6, June 2020, pp.605-612
26.	2020	Morphological, Texture, and Color Feature Analysis for Erythrocyte Classification in Thalassemia Cases	IEEE Access	Vol.8 No.1, 2020, pp.69849-69860
27.	2020	Robust License Plate Detection in	IAENG	Vol.47 No.2,

		Complex Scene using MSER Dominant Vertical Sobel	International Journal of Computer Science	June 2020, pp.214-222
28.	2020	Classification of Traffic Vehicle Density Using Deep Learning	Ind. Journal of Computing and Cybernetics Systems	Vol.14 No.1, Jan 2020, pp.69-80
29.	2019	Image Processing Approach for Grading Tobacco Leaf Based on Color and Quality	International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems	Vol.12 No.1, 2019, pp.1-10
30.	2019	Erythrocyte classification using multi-layer Perceptron Naive Bayes classifier RBF network and SVM	International Journal Engineering Advance Technology. 9 (2), 2024-2028	Vol. 9 (2), 2024-2028
31.	2019	Text Detection In Indonesian Identity Card Based On Maximally Stable Extremal Regions	Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems) 13 (2), 177-188	13 (2), 177-188
32.	2018	Productive Plant Evaluation Methods Comparison Based on Digital Images at Tea Plantation Area	International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology	Vol.5 No.12, December 2018, pp.7635-7641
33.	2018	Vehicle Object Segmentation as a Pre- Processing of Motorcycle License Plate Number Detection	International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology	Vol.5 No.12, Des 2018, pp.7642 – 7649
34.	2018	Feature Representation Scheme for Smart Video Sensor	IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security	VOL.18 No.1, January 2018
35.	2018	T-SNE Color and SFTA Texture Features For Aerial Images Palm Oil Plantations Area Classification	International Journal of Advanced in Electronics and Computer Sciences	Vol.5 No.12, Des 2018, pp.61-66
36.	2018	Automated Detection of Retinal Nerve Fiber Layer by Texture-	Healthcare Informatics	Vol.24 No.4, Oct 2018, pp.335-

		Based Analysis for Glaucoma Evaluation	Research	345
37.	2018	Automatic detection of peripapillary atrophy in retinal fundus images using statistical features	Biomedical Signal Processing and Control	Vol.45 No.0, August 2018 pp.151-159
38.	2018	Performance of SVM and ANFIS for Classification of Malaria Parasite and Its Life-Cycle-Stages in Blood Smear	Communications in Computer and Information Science 788	Vol.937 No.4, August 2018, pp.110-121
39.	2018	Case-Based Reasoning for Stroke Diseases Diagnosis	Ind. Journal of Computing and Cybernetics Systems	Vol.12 No.1, Jan 2018, pp.33-42
40.	2018	Motion Detection and Face Recognition for CCTV Surveillance System	Ind. Journal of Computing and Cybernetics Systems	Vol.12 No.2, July 2018, pp.107-118
41.	2018	The Heredity of Cephalogram's Landmark Position in Javanese Population	International Journal of Computer Science and Network Security	Vol.18 No.4, April 2018, pp.13-19
42.	2018	Movement Direction Estimation on Video using Optical Flow Analysis on Multiple Frames	International Journal of Advanced Computer Science and Applications	Vol.9 No.6, June 2018, pp.174-181
43.	2018	Multi-Character Fighting Simulation	International Journal of Intelligent Systems and Applications (IJISA)	Vol.10 No.8, August 2018, pp.1-10
44.	2018	Increasing the Detail and Realism in Web3D Distributed World	TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)	Vol.16, no.5, pp.2165-2178
45.	2017	A Comparative of SIFT and SURF Features for Stitching Aerial Images	International Journal of Signal Processing, Image Processing and	Vol.10 No.12, December 2017, pp.95 - 102

			Pattern Recognition	
46.	2017	Classification of Batik Kain Besurek Image Using Speed Up Robust Features (SURF) and Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)	Communications in Computer and Information Science 788	Vol.788 No.3, November 2017, pp.81-91
47.	2017	Efficient K-Nearest Neighbor Searches for Multiple-Face Recognition in the Classroom based on Three Levels DWT-PCA	International Journal of Advanced Computer Science and Applications	Vol.8 No.11, November 2017, pp.112-122
48.	2017	GRID-EDGE-DEPTH Map Building Employing SAD with Sobel Edge Detector	International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems	Vol. 10, NO. 3, September 2017
49.	2017	Optic disc and cup segmentation by automatic thresholding with morphological operation for glaucoma evaluation	Signal, Image and Video Processing	Vol.11 No.5, July 2017, pp.945-952
50.	2017	Batik Classification with Artificial Neural Network Based on Texture-Shape Feature of Main Ornament	International Journal of Intelligent Systems and Applications (IJISA)	Vol.9 No.6, June 2017, pp.55-65
51.	2017	Survey of Hybrid Image Compression Techniques	International Journal of Electrical and Computer Engineering 7 (4), 2206	Vol. 7, No 4, August 2017, p.2206
52.	2017	Optic disc and cup segmentation by automatic thresholding with morphological operation for glaucoma evaluation	Signal, Image and Video Processing	Vol.11, no.5, p.945-952
53.	2017	Batik classification with artificial neural network based on texture-shape feature of main ornament	International Journal of Intelligent Systems and Applications 9 (6), 55	Vol.9, no.6, p.55
54.	2016	Face Recognition Based on Symmetrical Half-Join Method using Stereo Vision Camera	International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)	Vol.6 No.6, December 2016, pp.2818-2827

55.	2016	Indonesian syllabification using a pseudo nearest neighbour rule and phonotactic knowledge	Speech Communication	Vol.85 No.1, December 2016, pp.109-118
56.	2016	Music recommendation system based on context using case-based reasoning and self-organizing map	Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science	Vol.4 No.2, November 2016, pp.459-464
57.	2016	Comparison of Sentence Subjectivity Classification Methods in Indonesian News	International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)	Vol.14 No.5, Mei 2016, pp.407
58.	2016	Modified Grapheme Encoding and Phonemic Rule to Improve PNNR-Based Indonesian G2P	International J. of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)	Vol.7 No.3, March 2016, pp.430-435. ISSN: 2156-5570 (online), ISSN: 2158-107X (print). DOI : 10.14569/IJACS A.2016.070358
59.	2016	A New Method for Measuring Texture Regularity based on the Intensity of the Pixels in Grayscale Images	International Journal of Computer Applications	Vol.137 No.7, March 2016, pp.1-5
60.	2016	Feature Selection Based on Minimum Overlap Probability (MOP) in Identifying Beef and Pork	International Journal of Advanced Computer Science and Applications	Vol.7 No.3, March 2016, pp.316-322
61.	2016	Vehicle Counting And Vehicle Speed Measurement Based On Video Processing	Journal Of Theoretical And Applied Information Technology	Vol.84/No.2 /February 2016., ISSN: 1992-8645,1817-3195
62.	2015	Review of Vision-Based Robot Navigation Method	IAES International Journal of Robotics and Automation (IJRA)	Vol.4 No.4, December 2015, pp.254~261
63.	2015	Cascaded Image Steganography to Increase Robustness Against Attack of The Stego Image	Journal of Theoretical and Applied	Vol.79 No.3, September

			Information Technology	2015, pp.499-505
64.	2015	The Implementation of the Javanese Lettered-Manuscript Image Pre-processing Stage Model on the Batak Lettered-Manuscript Image	World Academy of Science, Engineering and Technology: International Journal of Computer and Information Engineering	Vol.9 No.8, August 2015, pp.2064-2067
65.	2015	Content-Based Image Retrieval for Asset Management Based on Weighted Feature and K-Means Clustering	Journal of Theoretical and Applied Information Technology	Vol.77 No.1, July 2015, pp.116-124
66.	2015	A Comparative Study of Thresholding Algorithms on Breast Area and Fibroglandular Tissue	International J. of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)	Vol. 6/ No. 1/2015/pp. 120-124. ISSN: 2156-5570 (online), ISSN: 2158-107X (print).
67.	2015	Feature Selection Of The Combination Of Porous Trabecular With Anthropometric Features For Osteoporosis Screening	International Journal Of Electrical And Computer Engineering (IJECE)	Vol.5/ No.1/February 2015, Pp. 78~83 ISSN: 2088-8708
68.	2015	The Extraction And The Recognition Of Facial Feature State To Emotion Recognition Based On Certainty Factor.	Journal Of Theoretical & Applied Information Technology	Vol.82 No.1, December 2015, pp.113-121
69.	2015	Automatic Glaucoma Detection Based On The Type Of Features Used: A Review.	Journal Of Theoretical & Applied Information Technology	Vol.72/No.3/2015 ISSN: 1992-8645.www.jatit.org E-ISSN: 18173195
70.	2015	Ontology-based Why-Question Analysis Using Lexico-Syntactic Patterns	International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)	Vol. 5/ No. 2/ April 2015, pp. 318~332. ISSN: 2088-8708
71.	2015	Fuzzy C Means For Image Batik Clustering Based On Spatial Features	International Journal Of Computer Applications	Vol 117 / No 2 / 2015

72.	2015	Cascaded Image Steganography to Increase Robustness Against Attack of The Stego Image.	Journal of Theoretical & Applied Information Technology	Vol. 79 / No. 3 / 2015 ; ISSN: 1992-8645 ; E-ISSN: 1817-3195
73.	2014	Technical Implementation of Dual Mode Fault Tolerance	(JIAS) Journal of Instrumentation, Automation and Systems,	Vol. 1 / No. 1 / pp.10-17. July 2014
74.	2014	Nearest Neighbour-Based Indonesian G2P Conversion	Telkomnika,	Vol. 12 / No. 2 / June 2014, pp. 398396
75.	2014	Pemrosesan Citra Digital untuk Klasifikasi Mutu Buah Pisang Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan	Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation System (IJEIS)	Vol. 4 / No. 1 / 2014pp. 5768
76.	2014	Improving Disparity Map of A Specific Object in A Stereo Image Using Camera Calibration, Image Rectification, and Object Segmentation	International Journal of Applied Engineering Research@ Research India Publications <a href="http://www.ripublication.com">http://www.ripublication.com</a>	Vol 9 / No 22 / 2014 ISSN 0973-4562; pp. 17939-17949
77.	2014	Development of Face Recognition System and Face Distance Estimation Using Stereo Vision Camera	Journal of Theoretical and Applied Information Technology (JATIT)	Vol. 67 / No.3 / September 2014, ISSN: 1992-8645, E-ISSN: 1817-3195
78.	2014	An Efficient and Flexible DC to DC Converter With Feedback Control for Communication System	Int. Journal of Computer Science and Information Technologies (IJCSIT)	Vol. 5 / No 6 / 2014, 6936-6938. ISSN: 0975-9646.
79.	2014	Content Based Batik Image Retrieval	Journal Of Computer Science	Vol 10 / No. 6 / pp 925-934, 2014 ISSN: 1549-3636
80.	2015	Estimation of Fingerprint Orientation Field by Utilizing Prior Knowledge and Self Organizing Map	(J. Comput. Sci.) Journal of Computer Science	Vol. 11 / No 1 / 2015 pp.75-81.
81.	2014	Preprocessing Model Of Manuscripts In Javanese Characters	Journal Of Signal And Information Processing	Vol.5 / No.4 / 2014 ; pp PP. 112-122

82.	2014	Improved Real-Time Face Recognition Based On Three Level Wavelet Decomposition-Principal Component Analysis And Mahalanobis Distance	Journal Of Computer Science (Http://Www.Thescipub.Com/Jcs.Toc)	Vol 10 / No 5, Jan 2014, pp: 844-851, ISSN: 1549-3636 © 2014 Science Publications Doi:10.3844/Jcsp.2014.844.851 Published Online 10 (5) 2014
83.	2014	Pengenalan Simbol Jarimatika Menggunakan Orientasi Histogram Dan Multi-Layer Perceptron	Citec Journal	Vol. 1 / No. 4 / 2014 ISSN: 2354-5771
84.	2014	Penyembunyian Data pada File Video Menggunakan Metode LSB dan DCT	(IJCCS) Indonesian Journal of Computing and Cybernetics System	Vol. 8 / No. 1 / 2014; pp. 59-68
85.	2014	Robust Cephalometric Landmark Identification on Cephalometric Downs Analysis	(IJCEE) International Journal of Computer and Electrical Engineering	Vol. 6, No. 2, pp.171 – 175
86.	2014	Five Modular Redundancy with Mitigation Technique to Recover the Error Module	International Journal of advanced studies in Computer Science and Engineering (IJASCSE)	Vol. 3, No. 2, pp. 15-20, Februari 2014
87.	2014	Klasifikasi Massa pada Citra Mammogram Berdasarkan Gray Level Cooccurrence Matrix (GLCM)	(IJCCS) Indonesian Journal of Computing and Cybernetics System,	Vol. 8 / No. 1 / 2014 ; pp. 81 - 90
88.	2014	Comparison Between Automatic and Semi Automatic Thresholding Method for Mammographic Density Classification	(AMR) Advanced Materials Research	Vol. 896 / No. 1 / 2014, pp. 672-675
89.	2014	Plant Recognition Using Stereo Leaf Image Using Gray-Level Co-Occurrence Matrix	Journal Of Computer Science	Vol 10 / No 4 / 2014; pp: 697-704, ISSN: 1549-3636
90.	2014	An Intonation Speech Synthesis Model For Indonesian Using Pitch Pattern And Phrase Identification	Journal Of Signal And Information Processing	Vol.5 / No. 3/ 2014 pp: 80 – 88; ISSN : 2159-



				4465, 2159-4481
91.	2013	Haar Cascade Classifier dan Algoritma Adaboost untuk Deteksi Banyak Wajah dalam Ruang Kelas	Jurnal Teknologi	Vol.6 / No. 2 / 2013 hal. 108-115 ISSN: 1979-3405
92.	2013	Acka 500 watt Power Amplifier for a 144 MHz Channel Based on a VHF Push Pull Power MOS Transistor	Journal of Computer Science,	Vol. 9 / No. 10 / 2013 pp. 1323-1328. ISSN: 1549-3636.
93.	2013	Analisis Kinematika Balik pada Kendali Robot Lengan Dental Light Berbasis Pengolahan Citra Digital Berdasarkan Isyarat Tangan	(IJEIS) Indonesian Journal of Electronic and Instrumentation System,	Vol. 3 / No. 2 / 2013 pp. 207218. ISSN: 2088-3714
94.	2013	Implementasi Pengenalan Wajah Menggunakan PCA (Principal Component Analysis)	(IJEIS) Indonesian Journal of Electronic and Instrumentation System,	Vol. 3 / No. 2 / 2013 pp. 175184-218. ISSN: 2088-3714
95.	2013	Purwarupa Sistem Tracking Sungai Menggunakan Unmanned Aerial Vehicle	(IJEIS) Indonesian Journal of Electronic and Instrumentation System,	Vol. 3 / No. 2 / 2013 pp. 157 – 164. ISSN:2088-3714
96.	2013	Sistem Pendeteksian Marker pada Analisis Gait Menggunakan Pengolahan Citra Digital	(IJEIS) Indonesian Journal of Electronic and Instrumentation System,	Vol. 3 / No. 2 / 2013; pp. 137-146. ISSN: 2088-3714
97.	2013	Deteksi Pejalan Kaki pada Video dengan Metode Fastest Pedestrian Detector in the West (FPDW)	Jurnal TICOM,	Vol. 2 / No. 1 / 2013; hal. 202-205. ISSN: 2302-3252
98.	2013	Fingerprint Image Segmentation Using Haar Wavelet and Self Organizing Map	International J. of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)	Vol. 4 / No. 9, / 2013 pp.28-31. ISSN: 2156-5570 (online), ISSN: 2158107X (print).
99.	2013	Segmentation on the Dental Periapical XRay Images for Osteoporosis Screening	International J. of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)	Vol. 4 / No. 7 / 2013 pp.147-151. ISSN: 2156-5570 (online), ISSN: 2158-107X

100.	2013	Identifikasi Barcode pada Gambar yang Ditangkap Kamera Digital Menggunakan Metode JST	(IJCCS) Indonesian Journal of Computing and Cybernetics System	Vol. 7 / No. 2 / 2013 pp. 121 – 132
101.	2013	Image Block Model for Improving Accuracy in Identification Systems of Wood Type	International J. of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)	Vol. 4 / No. 6 / 2013; pp.48-53. ISSN: 2156-5570 (online), ISSN: 2158107X
102.	2013	Selection Mammogram Texture Descriptors Based on Statistics Properties Backpropagation Structure	(IJCSIS) International Journal of Computer Science and Information Security	Vol. 11 / No. 5 / 2013; pp. 1-5. May 2013. ISSN 19475500
103.	2013	Merging Feature Method On RGB Image And Edge Detection Image For Wood Identification	(IJCSIT) International Journal Of Computer Science And Information Technologies	Vol. 4 / No. 1/ , 2013, 188 - 193
104.	2013	Telaah Pustaka Ciri dan Metode-metode Identifikasi Kuman Mycobacteria Tuberculosis	(IJEIS) Indonesian Journal of Electronic and Instrumentation System,	Vol. 3 / No. 1 / 2013; pp. 4760. ISSN: 2088-3714
105.	2013	Line Segmentation of Javanese Image Manuscripts in Javanese Script	International J. of Engineering Innovation & Research (IJEIR)	Vol. 2 / No. 3 / 2013; pp. 239-244.ISSN: 2277-5668
106.	2013	Merging Feature Method on RGB Image and Edge Detection Image for Wood Identification	Int Journal of Computer Science & Information Technologies (IJCSIT),	Vol. 4 / No. 1 / 2013 pp.188193.; ISSN: 0975-9646.
107.	2013	Klasifikasi Fase Retinopati Diabetes Menggunakan Backpropagation Neural Network	(IJCCS) Indonesian Journal of Computing and Cybernetics System	Vol. 7 / No. 1 / 2013; pp. 23 - 34
108.	2013	Pengenalan Karakter Plat Nomor Mobil Secara Real Time	(IJCCS) Indonesian Journal of Computing and Cybernetics System	Vol. 7 / No. 1 / 2013 pp. 35 - 44
109.	2013	Video Retrieval Berdasarkan Teks dan Gambar	(IJCCS) Indonesian Journal of Computing and	Vol. 7 / No. 1 / 2013 pp. 77 - 88

			Cybernetics System,	
110.	2013	Selection Mammogram Texture Descriptors Based On Statistics Properties Backpropagation Structure	(IJCSIS) <i>International Journal Of Computer Science And Information Security,</i>	Vol. 11/ No. 5/ May 2013
111.	2013	Error Detection and Correction System (EDAC) of On Board Data Handling (OBDAH) in Real Time Operating System Behaviour	Scientific Research Journal,	Vol. 10 / No.2 / 2013; ISSN: 1675-7009
112.	2012	Purwarupa Sistem Pendeteksi Garis Landasan Pacu pada Pesawat Terbang	(IJEIS) Indonesian Journal of Electronic and Instrumentation System,	Vol. 2 / No. 2, pp. 199208./2012, ISSN: 2088-3714
113.	2012	Pemrosesan Video Pendeteksi Kecepatandan Ketinggian Aliran Lahar Dingin Pendukung Sistem Peringatan Dini	(IJEIS) Indonesian Journal of Electronic and Instrumentation System,	Vol. 2 / No. 2, pp. 187198 / 2012, ISSN:2088-3714
114.	2012	Pengenalan Ucapan Suku Kata Bahasa Lisan Menggunakan Ciri LPC, MFCC, dan JST	Indonesian Journal of Computing and Cybernetics System	Vol.6/ no.2, pp.23-34/Jul 2012. ISSN: 1978-1520
115.	2012	Telaah metode-metode pendeteksi kebohongan	Indonesian Journal of Computing and Cybernetics System (IJCCS)	vol.6/ no.2, pp.35-46/Jul 2012. ISSN: 1978-1520
116.	2012	Klasifikasi Kendaraan Menggunakan Learning Vector Quantization	(IJEIS) Indonesian Journal of Electronic and Instrumentation System,	Vol. 2 / No. 1 / 2012 pp. 5766.ISSN:2088-3714
117.	2012	Purwarupa Kendali Lengan Dental Light dengan Isyarat Jari Berbasis Pengolahan Citra Digital	(IJEIS) Indonesian Journal of Electronic and Instrumentation System	Vol. 2/ No. 1 / 2012 pp. 4556. ISSN:2088-3714
118.	2012	ELECTRE-Entropy Method In Group Decision Support System Model To Gene Mutation Detection	IJARAI	Vol.1/No.1/2012 Hal.58-63, E-ISSN: 2165-4069
119.	2011	The Development of Digital Microscope and Its Image Processing Utility from Ordinary	Telkomnika: Indonesian Journal	Vol/ No/2011

		Microscope	of Telecommunication	
120.	2011	Facial Expression Recognition By Using Fisherface Method With Backpropagation Neural Network	Indonesian Journal of Computing and Cybernetics System,	<i>Vol 5/No.1/2011 pp:83-91, ISSN:1978-1520</i>

#### Makalah Seminar/Konferensi

No.	Tahun	Judul Makalah	Nama Seminar
121.	2023	Dea Angelia Kamil, Wahyono, Agus Harjoko, Robust Vehicle Speed Estimation based on Vision Sensor Using YOLOv5 and DeepSORT.	ICO 2023. Hua Hin, Thailand. Mei 2023.
122.	2022	Vanishing Point Detection Using Angle-based Hough Transform and RANSAC	Seventh International Conference on Informatics and Computing (ICIC), 7-8 Dec 2022, Denpasar, Indonesia. Pp.1-5
123.	2022	Fingerprint Liveness Detection Using Handcrafted Feature Descriptors and Neural Network	IEEE 11th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2022), 18-21 Oct 2022, Osaka, Japan. Pp.619-621
124.	2022	Fingerprint Liveness Detection Using Denoised-Bayes Shrink Wavelet and Aggregated Local Spatial and Frequency Features	2022 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 9-11 Sep 2022, Toyama, Japan. Pp.103-108
125.	2022	Estimation of Traffic Density Using CNN with Simple Architecture	2022 International Workshop on Intelligent Systems (IWIS), 17-20 Agt 2022, Ulsan, Korea Selatan. Pp.1-5
126.	2022	Multi-loss Function in Robust Convolutional Autoencoder for Reconstruction Low-quality Fingerprint Image	2022 APSIPA Annual Summit and Conference, 7-10 Nov 2022, Chiang Mai, Thailand. Pp.428-431
127.	2022	The Use of Time and Frequency Features in Finger Movements Based on Electromyogram Recording	2022 International Conference for Advancement in Technology (ICONAT), 1-6

128.	2021	A Comparison of Deep Learning Methods for Vision-based Fire Detection in Surveillance System	5th International Conference on Future Networks and Distributed Systems: The Premier Conference on Smart Next Generation Networking Technologies, ICFNDS 2021, 15-16 Dec 2022, Dubai, UAE. Pp.1-6.
129.	2020	Object Searching on Video Using ORB Descriptor and Support Vector Machine	12 <sup>th</sup> International Conference on Computational Collective Intelligence, ICCCI 2020, Da Nang, Vietnam, November 30 – December 3, 2020, pp. 239-251
130.	2019	Speech Emotion Recognition of Indonesian Movie Audio Tracks based on MFCC and SVM	2019 International Conference on contemporary Computing and Informatics (IC3I), Singapore, 12 December 2019, pp.22-25
131.	2019	CoNet: Compact and Low-Cost CNN for Image Classification	Proceedings of IEEE International Conference on Consumer Electronics, Vol.1 No.1, 2019, pp.1
132.	2018	Peripapillary Atrophy Detection in Fundus Images Based on Sectors with Scan Lines Approach	3rd International Conference on Informatics and Computing, ICIC 2018, Vol.0 No.0 pp.1-6
133.	2018	Classification of acute myeloid leukemia subtypes M1, M2 and M3 using active contour without edge segmentation and momentum backpropagation artificial neural network	MATEC Web of Conferences 154, 01041 (2018)
134.	2018	A proposed model for Javanese manuscript images transliteration	2nd International Conference on Computer Graphics and Digital Image Processing (CGDIP 2018), IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series, Vol.1098 No.0 pp.1-9, 2018
135.	2017	License Plate Detection Based on Convolutional Neural Network - Support Vector Machine(CNN-SVM)	International Conference on Video and Image Processing 2017
136.	2017	The Classification of Abnormal Blod Cell on the Minor Thalassemia Case Using Artificial Neural Network and Convolutional Neural Network	International Conference on Video and Image Processing 2017
137.	2017	Classification of Batik Kain Besurek Image Using Speed Up Robust Features (SURF) and Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)	Soft Computing in Data Science, 2017. Print ISBN 978-981-10-7241-3 Online ISBN 978-981-10-7242-0

138.	2017	Pattern Recognition of Balinese Carving Motif Using Learning Vector Quantization (LVQ)	Soft Computing in Data Science 2017, Print ISBN978-981-10-7241-3 Online ISBN 978-981-10-7242-0
139.	2017	The Selection Feature for Batik Motif Classification with Information Gain Value	Soft Computing in Data Science 2017, Print ISBN978-981-10-7241-3 Online ISBN 978-981-10-7242-0
140.	2017	Classification MFCC feature from Culex and Aedes aegypti Mosquitoes Noise using Support Vector Machine	Soft Computing, Intelligent System and Information Technology (ICSIT), 2017 International Conference on
141.	2017	The Model and Implementation of Javanese Script Image Transliteration	Soft Computing, Intelligent System and Information Technology (ICSIT), 2017 International Conference on
142.	2015	Tea Plantation Evaluation Using Support Vector Machine on UAV Aerial Image	Universal Academic Cluster International Autumn Conference in Kyoto 2015
143.	2015	Feature Representation of Traffic Objects for Traffic Data Analysis	Universal Academic Cluster International Autumn Conference in Kyoto 2015
144.	2014	Similarity Accuracy Enhancement Based on Edge Sharpening and Histogram Equalization for Asset Information Retrieval	Bali International Seminar on Science and Technology 2014, pp. C2.2-1 - C2.2-7, 70-0.
145.	2013	Website Usability Evaluation: An Exploratory Study on the Website of Directorate General of Higher Education	Information Systems International Conference 2013
146.	2013	Pengenalan Hand Gesture Dinamis Menggunakan JST Metode Pembelajaran Backpropagation	Seminar Nasional Ilmu Komputer (Seminasik) 2013, hal. 227-232. ISBN: 978-602-19406-1-7
147.	2013	Retrieval Citra Berbasis Konten dengan Struktur Data KD-Tree	Seminar Nasional Ilmu Komputer (Seminasik) 2013, hal. 79-84. ISBN: 978-602-19406-1-7
148.	2013	Menguji Ketahanan dan Mengukur Kualitas Citra Watermark	Seminar Nasional Ilmu Komputer (Seminasik) 2013, hal. 41-46. ISBN: 978-602-19406-1-7
149.	2013	Deteksi Warna Kulit Menggunakan Metode Explicitly Defined Skin Region	Seminar Nasional Ilmu Komputer (Seminasik) 2013, hal. 23-26. ISBN: 978-602-19406-1-
150.	2013	Pengenalan Pola Gerak Mulut Dengan Menggunakan Pendekatan SOM (Self Organizing Feature Map)	Seminar Nasional Pendidikan Teknik Informatika (SENAPATI) 2013, hal. 70-76. ISSN: 2087-2658.

151.	2013	Segmentasi Citra Wajah Menggunakan Metode Level Set	Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI) 2013, hal. J13-J19 . ISSN: 1907-5022.
152.	2013	Metode Background Substraction untuk Deteksi Obyek Pejalan Kaki pada Lingkungan Statis	Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI) 2013, hal. B1-B5 . ISSN: 1907-5022.
153.	2013	Analysis of image similarity with CBIR concept using wavelet transform and threshold algorithm	IEEE Symposium on Computers and Informatics 2013, pp 110 - 115
154.	2012	Pencarian citra berbasis tekstur untuk pengenalan lokasi	Semnas Teknomedia, pp 06.7 - 06.11, ISSN 2302-3805
155.	2012	The Relationship between Bone Mass Density and Radiomorphometry Index on Menopausal Women from Javanese Ethnic in Indonesia: A Pilot Study.	The 7th International Conference on Biomedical Engineering and Medical Applications (ICBEMA) BME Days 2012, hal. 96-99. Serpong-Indonesia. November, 2012
156.	2012	Image Similarity and Analysis Based on Shape, Color and Texture Feature of AssetImage	International Conf on Computer Science, Electronics and Instrumentation (ICCSE), pp. 712, ISBN: 978-602-97479-2-8.
157.	2012	Analisis CBIR terhadap motif citra batik berdasarkan kemiripan ciri bentuk dan tekstur	Seminar Nasional Teknologi Informasi (SNATI), 2012, vol 9, no 1, hal. 50-56. ISSN: 1829-9156
158.	2012	Semantic Feature Extraction for NonFactoid Question Classification	Int Conf on Information Technology and Applied Mathematics (ICITAM), 2012, ISSN: 2301-5403.
159.	2012	Sistem pengenalan wajah pada real-time video menggunakan Principal Component Analysis dan Histogram Equalization	Proceeding Conf on Information Technology and Electrical Engineering (CITEE), 2012, hal.13-17. ISSN: 2085-6350
160.	2012	Face tracking dan distance estimation pada real time video menggunakan 3D vision camera	Prosiding Seminar Nasional Informatika (Semnasif), 2012, hal. A17 - A24. ISSN: 19792328.
161.	2012	Review Mengenai Level of Detail (LOD)	International Seminar and National Symposium, 2012 , hal. I.82-I.85
162.	2012	Transformasi Model Relasional Menjadi UML	Seminar Teknik Informatika (STI), hal. 242-250. ISBN: 978-979-3812-26-7
163.	2012	Pemanfaatan GLCM Untuk Pengenalan Varietas Tanaman Kelengkeng	Prosiding Seminar Nasional Komputer dan Elektro (Senaputro), 2012, hal. 55-62. ISBN: 978-602-19997-2-1
164.	2012	Sistem Deteksi Mata Pada Real Time Video Menggunakan Algoritma Template Matching	Prosiding Seminar Nasional Komputer dan Elektro (Senaputro), 2012, hal. 37-41. .ISBN: 978-602-19997-2-1

165.	2012	Pengukuran Kemiripan Citra Dengan Metode Euclidean Distance dan Moment Invariant untuk Pengelolaan Aset	Prosiding Seminar Nasional Komputer dan Elektro (Senaputro), 2012, hal. 87-92. ISBN: 978-602-19997-2-1
------	------	---	--

**Keanggotaan atau Bagian dari Komunitas/Forum/Organisasi Tertentu yang Dapat Menjadi Sarana Pembelajaran, Bertukar Pengalaman, Maupun Peningkatan Keterampilan**

No	Nama Keanggotaan/Organisasi	Posisi/Jabatan	Tahun
1	Indonesian Computer Electronics and Instrumentation Support Society	Ketua Departemen Riset dan Publikasi	2018 – 2022 2022 – sekarang
2	Asosiasi Pendidikan Tinggi Komputer	Ketua bidang riset Multimedia dan Image Processing	2022 – sekarang
3	IEEE	Anggota	2017 – sekarang
4	International Association of Engineers	Anggota	2017 – sekarang

**Kolaborasi dengan Lembaga Litbangjirap Lainnya (Pemerintah, Industri) dalam Pelaksanaan Riset dan Inovasi, Baik Tingkat Nasional maupun Internasional**

No	Nama Kolaborasi Litbangjirap	Institusi yang Terlibat	Posisi/Jabatan dalam Kolaborasi	Tahun
1	Pengembangan Prototype Integrated Sensors for Tea Quality Detection (INSTeaD) Sebagai Alternatif Pengganti Uji Organoleptik yang Sederhana dan Akurat	UGM dan PT Pagilaran	Tim Peneliti	2022 - 2023
2	Pengembangan Prototipe Mesin Pengukur Viabilitas Benih Tomat Dan Semangka Non-Biji Berbasis Hyperspectral Dan X-Ray Imaging Dengan Analisis Deep Learning	UGM dan PT Ewindo	Tim Peneliti	2023 - 2024
3	Pothole Detection Using Deep Learning Techniques	UGM dan Univ. Teknologi Mara, Malaysia	Ketua Peneliti	2023
4	Adopsi Produksi dan Uji Pasar Bahan Pembenh Tanah Berhumus Dan Pupuk Organik Berhumus Dari Bahan Baku Limbah Bulu Rumah Pemotongan Ayam (RPA) Secara Karbonasi Hidrotermal	UGM, PT JPS dan CV Cakravartin Engineering	Tim Peneliti	2022
5	Pengembangan Pengatur APILL yang Adaptif Terhadap Kepadatan Lalu-lintas	UGM dan PT Pandu Aman Sentosa	Ketua Peneliti	2022



6	Model Deteksi Pusat Makula berdasar Lokasi Area Temporal pada Citra Retina untuk Membantu Pemeriksaan Tingkat Keparahan Edema Makula Diabetik (EMD)	FKMK UGM dan FMIPA UGM	Ketua Peneliti	2022
7	Deep Learning Techniques for Runaway Segmentation: Review and Preparation	UGM dan Univ. Teknologi Mara, Malaysia	Ketua Peneliti	2021
8	Manajemen Kesehatan Budidaya Pisang untuk Peningkatan Produksi: Rekayasa Mikrobiomik, Seleksi, dan Induksi Marka Genetika Kultivar dan Penerapan Teknologi 4.0 di PT Great Giant Pineapple	UGM dan PT Great Giant Pineapple	Tim Peneliti	2021
9	Penguatan Deep Learning Research Center	UGM dan NVIDIA	Tim Peneliti	2021
10	Analisis Citra Multispektral dan Terapannya pada Dental Radiograf Periapikal untuk Deteksi Dini Osteoporosis Menggunakan <i>Deep Convolutional Neural Network</i>	FKG UGM dan FMIPA UGM	Ketua Peneliti	2021
11	Semantic Annotation on Temple Relief Data Using Depth Feature: Data preparation and Review	UGM dan TU Wien, Austria	Ketua Peneliti	2021
12	Pengembangan dan Implementasi Sistem Pengklasifikasi Daun Tembakau Pasca Panen pada PTPN X	UGM dan PTPN X	Ketua Peneliti	2018 – 2020
13	Rancang Bangun Mobile Text to Speech Beremosi Bahasa Indonesia Berbasis Android Menggunakan Metode Statistik Parametrik Sebagai Upaya Memajukan Bahasa Nasional di Tingkat Dunia	UGM dan Udinus	Tim Peneliti	2018 – 2019

14	<b>Pengembangan Sistem Identifikasi Penyakit Extra Pulmonary Tuberculosis Berdasarkan Pengolahan Citra Digital</b>	FKKMK UGM dan FMIPA UGM	Ketua Peneliti	2019
15	Identifikasi Thalassemia Minor Berdasarkan Morfologi Sel Darah Merah	FKKMK UGM dan FMIPA UGM	Ketua Peneliti	2015 – 2018
16	Pengembangan Sistem Peringatan Dini Penanggulangan Bencana Sekunder Gunung Merapi Berdasar Data Video Pada Area Sabo Sungai	UGM dan Sabo	Ketua Peneliti	2016
17	Sistem Skrining Penyakit Leukimia Akut dengan Pengenalan Citra Otomatis Menggunakan Perangkat Mikroskop Cerdas	FKKMK UGM dan FMIPA UGM	Tim Peneliti	2014
18	Pembuatan Sistem Pengklasifikasian Daun Tembakau Kering pada PTPN X	UGM dan PTPN X	Ketua Peneliti	2013

#### Pengalaman Pengabdian kepada Masyarakat

No	Tahun	Judul Pengabdian kepada Masyarakat
1.	2023	Penerapan <i>Smart Farming</i> pada pertanian bawang di Desa Sri Kahyangan Kulon Progo, D.I. Yogyakarta
2.	2023	Pelatihan Pemasaran Digital Pelaku Pariwisata dan UMKM
3.	2022	Pendidikan dan Pelatihan untuk meningkatkan Kompetensi Guru di Yogyakarta dalam pembuatan materi Ajar Berbasis Konten Digital
4.	2022	Pemberdayaan Masyarakat dalam Pembuatan Peta Citra Foto Udara Interaktif Berbasis Web untuk Pemetaan Sumber Daya Alam dan Pembangunan di Desa Bojasari dan Reco, Kertek, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah
5.	2021	Peningkatan Kompetensi Guru di Yogyakarta Untuk Mendukung Kelancaran Dalam Pembelajaran Online Di Masa Pandemi
6.	2021	Peningkatan Kompetensi Guru Di Yogyakarta untuk Mendukung Kelancaran dalam Pembelajaran Online di Masa Pandemi - Hibah Pengabdian Lintas Departemen DIKE dan Fisika
7.	2020	Kolaborasi Pembuatan Face Shield Pendukung Tenaga Medis Dalam Menangani Pasien Covid-19

8.	2019	Pemetaan Foto Udara Daerah Aliran Sungai (Bogowonto)
9.	2019	Pemetaan Citra Udara Desa (Wingkomulyo)
10.	2019	Pemetaan Foto Udara Desa (Jenar Kidul)
11.	2019	Penggunaan E-Commerce untuk Manajemen Serta Pemasaran Produk-Produk Lokal di Desa Sardonoarjo, Ngaglik, Sleman
12.	2014	Inovasi Pembelajaran IPA Tingkat Sekolah Menengah di Wilayah Kabupaten Sleman Dengan Penggunaan Mikroskop Digital
13.	2014	Pembelajaran Elektronika untuk Sekolah Menengah Pertama
14.	2013	Pembuatan Sistem Pengklasifikasi Daun Tembakau Kering pada PTPN X
15.	2013	Pembelajaran Elektronika untuk Sekolah Menengah Pertama

#### Karya Buku

No	Judul Buku	Tahun	Penerbit
1	Retinopati Diabetes: Sistem pendeteksi penyakit menggunakan jaringan syaraf tiruan	2013	Graha Ilmu
2	Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)	2009	Graha Ilmu

#### Penghargaan dalam 10 Tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Karya Satya Lencana 25 th	RI	2013
2.	Karya Satya Lencana 30 th	RI	2018
3.	Karya Satya Lencana 35 th	RI	2023
4.	Best Paper Award	SCDS	2017

#### Pelatihan atau Diklat

No	Jenis Pelatihan/Diklat	Durasi Pelatihan	Tahun Pelatihan
1	Grading Method	2 hari	1988
2	Diklatsar PNS	14 hari	1990
3	Workshop on Computer Vision	1 hari	1993
4	Student centered learning	3 hari	1998
5	Reference Management	1 hari	2022