

PEMANFAATAN ALGORITMA YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO) UNTUK MENDUKUNG SISTEM INFORMASI LALU LINTAS BERBASIS GEOSPATIAL TRAFFIC DASHBOARD

Studi Kasus : Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat

Muhammad Khairul Imam¹, Silvester Sari Sai², AdkahYuliananda Mabur³, Yosimson P. Manaha⁴
Teknik Geodesi - Institut Teknologi Nasional Malang^{1,2,3}
Teknik Sipil - Institut Teknologi Nasional Malang⁴
imammuhhammadkhairul27@gmail.com

ABSTRAK

Kota Mataram merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang mengalami permasalahan kemacetan. Salah satu upaya pemerintah untuk menanggapi permasalahan tersebut dengan menerapkan sistem pengawasan dengan kamera CCTV (Close Circuit Television) yang dimanfaatkan untuk mengetahui tingkat kepadatan lalu lintas di Kota Mataram. Seiring kemajuan teknologi computer vision, metode deep learning yaitu YouOnly Look Once (YOLO) dapat digunakan untuk keperluan pengamatan lalu lintas serta mendesain tampilan visualisasi data hasil vehicle counting dalam bentuk geospatial dashboard. Dalam penelitian ini algoritma YOLO digunakan untuk melakukan perhitungan secara otomatis jumlah volume kendaraan di wilayah Kota Mataram. Pengamatan volume kendaraan dilakukan dengan dua cara yaitu secaramanual dan memanfaatkan algoritma YOLO. Perhitungan akurasi dilakukan pada hasil vehicle counting menggunakan metode algoritma YOLO yang telah diterapkan pada rekaman CCTV di simpang empat Bank Indonesia (BI) selama 16 jam per hari dengan setiap jamnya diambil sampel berdurasi 15 menit. Dengan nilai rata-rata akurasi terbaik diperoleh pada simpang empat BI yaitu 93,387% serta nilai lalu lintas harian rata-rata (LHR) disajikan dalam geospatial dashboard yang memuat informasi lalu-lintas Kota Mataram.

Kata kunci : CCTC, YOLO, Dashboard

ABSTRACT

The city of Mataram is one of the major cities in Indonesia that is suffering from congestion. One of the government's efforts to respond to the problem is to implement surveillance systems with CCTV (close circuit television) cameras that are used to determine the level of traffic density in Mataram City. With the advancement of computer vision technology, the deep learning method of You Only Look Once (YOLO) can be used for traffic observation purposes as well as to design a visualization display of vehicle counting data in the form of a geospatial dashboard. In this study, the YOLO algorithm is used to automatically calculate the volume of vehicles in the Mataram City area. Vehicle volume observation is carried out in two ways: on a periodic basis and using the YOLO algorithm. The accuracy calculation is performed on the vehicle counting results using the YOLO algorithm method, which has been applied to CCTV recording at the Bank of Indonesia (BI) container for four hours for 16 hours per day, with each hour taking a sample lasting 15 minutes. With the best accuracy averages obtained on the four BI bearings of 93.387% as well as the average daily traffic value (LHR) presented in the geospatial dashboard containing traffic information for the City of Mataram.

Keywords : CCTC, YOLO, Dashboard

PENDAHULUAN

Pada era globalisasi saat ini teknologi adalah sesuatu yang tidak bisa dihindari dalam kehidupan, karena kemajuan teknologi akan berjalan seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan. Setiap inovasi diciptakan untuk memberikan manfaat positif bagi kehidupan manusia. Selain itu diharapkan dengan semakin berkembangnya teknologi saat ini dapat memberikan kemudahan dalam melakukan

aktifitas yang dilakukan sehari-hari

Kemajuan teknologi saat ini menyebabkan perubahan yang begitu pesat diberbagai bidang, salah satunya dibidang transportasi mengingat permasalahan transportasi sering terjadi di kota-kota besar yaitu kemacetan lalu lintas. Salah satu upaya pemerintah untuk menanggapi permasalahan tersebut, Dinas Perhubungan Kota Mataram telah menerapkan sistem pengawasan dengan kamera CCTV (Close Circuit Television) yang dapat dimanfaatkan

untuk mengetahui tingkat kepadatan lalu lintas. Dalam hal ini petugas Dinas Perhubungan sudah memanfaatkan rekaman CCTV untuk menghitung volume kendaraan yang melintas. Namun dalam kegiatan ini masih dilakukan dengan cara manual, yaitu menghitung jumlah kendaraan dengan mengamati rekaman CCTV. Sedangkan dengan berkembangnya zaman telah ditemukan teknologi *computer vision* yang dapat digunakan dalam memperoleh perhitungan, dan jenis kendaraan, melalui rekaman video.

Secara sederhana *computer vision* adalah bagaimana komputer atau mesin dapat melihat. Menurut (Tompunu dkk, 2012) *Computer Vision* itu sendiri merupakan cabang dari bidang ilmu Pengolahan Citra Digital yang memungkinkan komputer dapat melihat seperti manusia, sehingga dapat mengambil keputusan, memahami data, dan mengenali suatu Objek. *Computer vision* adalah suatu proses transformasi atau perubahan dari data yang berasal dari kamera, video, maupun foto atau gambar kedalam sebuah hasil keputusan (Wibowo, 2016).

Metode *You Only Look Once* (YOLO) adalah salah satu metode yang mampu mendeteksi objek lebih cepat daripada algoritma yang lainnya (Amwin, 2021). YOLO memiliki peran penting dalam *computer vision* untuk mendeteksi dan melacak pergerakan objek pada tayangan video. Data rekaman CCTV dapat dianalisis untuk dideteksi, kemudian diperoleh data perhitungan tiap jenis kendaraan yang melintas. Menurut Rahman, (2017) geospasial dashboard dinilai tepat digunakan sebagai media visualisasi data lalu lintas. Dasbor digital didefinisikan sebagai sajian visual dari informasi penting yang digunakan untuk memperoleh suatu tujuan tertentu.

Penelitian tentang pengamatan lalu lintas sudah banyak diusulkan oleh beberapa peneliti dengan menggunakan beberapa pendekatan seperti yang diusulkan oleh (Alamsyah, 2017) penelitian menggunakan model *Histogram of Oriented Gradient* (HOG) dengan *Support Machine Vector* (SVM). Penelitian dengan menggunakan metode *deep learning* juga diusulkan oleh beberapa peneliti untuk melakukan pemantauan lalu lintas dengan menggunakan pendekatan seperti, *Faster R-CNN* (Arinaldi, dkk, 2018), *Single Shoot Multibox Detector* (SSD) (Liu dkk, 2016), *Convolutional Neural Network* (CNN) (Fadlia & Kosasih, 2019), serta *You Only Look Once* (YOLO) (Fachrie, 2020).

Dari uraian masalah diatas, dibutuhkan kajian lebih lanjut terkait penerapan metode perhitungan jumlah kendaraan secara otomatis menggunakan teknologi *You Only Look Once* (YOLO) yang diharapkan mampu menjadi metode yang tepat dalam akuisisi data volume kendaraan

berupa mobil, motor, bus dan Truck melalui rekaman CCTV. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai alternatif sistem informasi geospasial untuk analisa kecelakaan di Kota Mataram.

METODE

Lokasi Penelitian berada di kawasan Kota Mataram yang merupakan ibu kota Provinsi Nusa Tenggara Barat, Indonesia. Adat Sasak dan Bali cukup mewarnai masyarakat di kota ini. Jumlah penduduk kota Mataram tahun 2021 sebanyak 441.561 jiwa, dengan kepadatan penduduk sebanyak 7.203 jiwa/km².



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini menerapkan Algoritma *You Only Look Once* (YOLO) sebagai alternatif untuk melakukan pengamatan jumlah volume kendaraan. Pengamatan terhadap volume kendaraan dilakukan dengan dua cara yaitu secara manual dan memanfaatkan Algoritma YOLO. Beberapa tahapan kegiatan penelitian diuraikan sebagai berikut :

A. PENGUMPULAN DATA

Tahap pertama pada penelitian ini adalah mengumpulkan data, alat dan bahan yang diperlukan, Data direkam dari Area Traffic Control System (ATCS) Dishub Kota Mataram.

Data tersebut berupa video rekaman CCTV arus lalu lintas di jalan Kota Mataram. Data direkam dilakukan selama tujuh hari berturut-turut dengan durasi 16 jam kemudian dilakukan pengambilan sampling dengan mengekstrak 15 menit dari durasi setiap satu jam.

Data masukan pada penelitian ini berupa video dengan format .mp4 selama 16 jam yang telah di ekstrak selama 15 menit yang akan diolah untuk mendeteksi kendaraan secara *real time* menggunakan algoritma YOLO.

B. PERSIAPAN PERALATAN

Persiapan peralatan penelitian ini perlu dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan yang akan digunakan dapat dioperasikan dengan baik. Kegiatan persiapan peralatan ini dilakukan sebelum pelaksanaan penelitian yang terdiri atas (1) mempersiapkan perangkat keras yang

digunakan dan memastikan dapat berfungsi dengan baik. (2) Melakukan instalasi perangkat lunak seperti yang telah disebutkan pada bagian peralatan penelitian dan mempelajari penggunaannya dengan baik dan benar.

C. PENGOLAHAN DATA

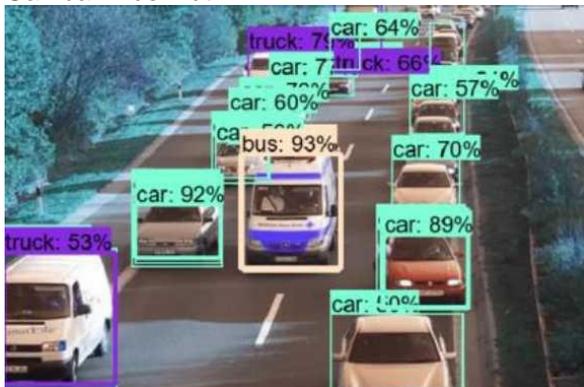
Data yang telah disiapkan selanjutnya dilakukan pengolahan data sedemikian rupa agar diperoleh informasi mengenai lalu lintas dalam sebuah dashboard berbasis geospasia. Secara umum tahap pengolahan data ini meliputi pengolahan rekaman CCTV menggunakan algoritma *You Only Look Once* untuk kemudian disajikan informasi pada media dashboard berbasis geospasial.

a. Memuat Yolo.weights, Yolo.cfg, dan Coco.names

Proses deteksi dengan detektor YOLOv4 membutuhkan beberapa file utama yaitu yolo4.cfg, yolo4.weights dan coco.names. Detektor ini dijalankan pada python 3.8 dengan dukungan frameworks dan library pendukung lainnya, yaitu: tensorflow 1.15.4, keras 2.2.4, numpy 1.18.5, imutils 0.5.3, opencv 4.4. dan lainnya. Pada penelitian ini digunakan yolo4.cfg dan yolo4.weights. YOLOv4.cfg adalah file yang berisi parameter jaringan CNN yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan input, training dan output. YOLOv4.weights berisi nilai-nilai bobot jaringan yang telah diupdate setelah proses training.

b. Deteksi Objek dengan Yolo

Pembacaan input video menggunakan perintah Video Capture dari opencv dimana video input dalam format .mp4. Detektor akan mendeteksi objek pada frame yang telah dibaca dari video input untuk mendapatkan bounding box, kelas dan skor kepercayaan seperti pada Gambar 2 berikut ini :



Gambar 2. Deteksi Objek dengan Yolo

c. Vehicle Counting

Hasil dari algoritma program vehicle counting yang dikembangkan kemudian diterapkan untuk melakukan perhitungan jumlah

kendaraan yang melintas dan terekam pada CCTV di Simpang Empat BANK INDONESIA Kota Mataram. Hasil perhitungan jumlah kendaraan tergantung pada kualitas deep learning model yang digunakan. Gambar 3. dibawah ini merupakan hasil dari penerapan Algoritma YOLO untuk melakukan deteksi dan perhitungan kendaraan yang melintas.



Gambar 3. SP 4 Bank Indonesia (BI)

Dari hasil vehicle counting ini dapat dilakukan perhitungan nilai lalu lintas harian rata-rata (LHR) dengan persamaan sebagai berikut :

$$LHR = \frac{N \times 60}{t \times n} = \dots \text{kendaraan/jam}$$

dimana :

- N = jumlah total objek kendaraan yang berhasil dihitung.
- t = merupakan durasi rekaman video yang diproses (dalam penelitian ini adalah 15 menit).
- n = merupakan jumlah dari video yang diolah, sedangkan nilai 60 adalah konstanta untuk konversi dari menit ke jam.

d. Perbandingan

Perbandingan hasil dari perhitungan algoritma YOLO dilakukan untuk mendapatkan nilai akurasi dan kesalahan atau (error). Yang dilakukan dengan cara membandingkan hasil perhitungan Algoritma YOLO dan hasil perhitungan secara manual dengan rumus sebagai berikut :

$$Akurasi = 1 - \frac{\text{total manual} - \text{Total Yolo}}{\text{Total manual}} \times 100\%$$

Dari perhitungan diatas akan diperoleh hasil kesalahan atau (error). Akurasi diperoleh dari nilai satu dikurangi dengan nilai besar kesalahan sehingga diperoleh nilai akurasi.

e. Penggabungan Shapefile

Dari file digital vector dalam format *shape file* (shp) batas administrasi Kota Mataram dilakukan penggabungan dengan *shape file* koordinat CCTV pada ArcGIS agar dapat di

representasikan pada ArcGIS online sebagai peta dasar yang akan menampilkan informasi hasil vehicle counting dari rekaman CCTV serta beberapa informasi terkait nama jalan dan daerah lokasi koordinat CCTV.

f. Pembuatan Dashboard pada ArcGIS Online

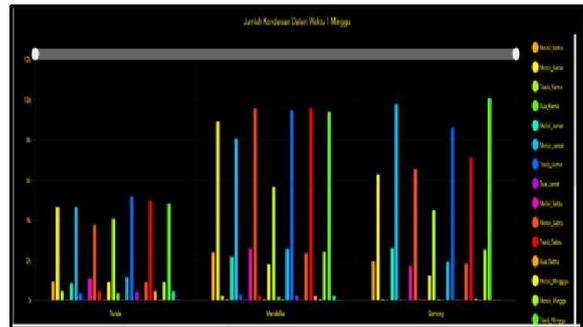
Pembuatan Dashboard dilakukan untuk menampilkan hasil dari perhitungan jumlah kendaraan, dan informasi lokasi koordinat cctv pada arcgis online. Berikut adalah indikator yang di tampilkan pada panel Dashboard. Contoh tampilan indikator seperti terlihat pada Gambar 4. Pada Gambar 4 terlihat data jumlah kendaraan berupa mobil, bis, motor dan Truck. Jumlah kendaraan dihitung secara otomatis menggunakan algoritma YOLO. Pada tampilan dashboard selanjutnya dapat dilihat informasi lainnya terkait dengan posisi CCTV yang dipasang lokasi jalan utama di Kota Mataram. Seperti terlihat pada Gambar 5. terdapat di 6 (enam) lokasi ruas jalan yang dipasang CCTV pemantau jumlah kendaraan. Untuk jumlah kendaraan yang melintas ditampilkan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 4. Tampilan dashboard indikator jumlah kendaraan pada dashboard



Gambar 5. Tampilan dashboard informasi lokasi pemasangan CCTV



Gambar 6. Tampilan dashboard grafik jumlah kendaraan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari kegiatan penelitian ini seperti diuraikan sebagai berikut :

A. HASIL PENERAPAN ALGORITMA YOLO

Hasil dari algoritma program vehicle counting yang dikembangkan kemudian diterapkan untuk melakukan perhitungan jumlah kendaraan yang melintas dan terekam pada CCTV di Simpang Empat bank Indonesia (BI) Kota Mataram. Hasil perhitungan jumlah mobil tergantung pada kualitas *deep learning* model yang digunakan. Gambar 7. dibawah ini merupakan contoh tampilan dari hasil penerapan YOLO untuk melakukan deteksi dan perhitungan kendaraan yang melintas.



Gambar 7. Penerapan Algoritma Yolo untuk perhitungan otomatis jumlah kendaraan menggunakan data rakaman CCTV

Berdasarkan Gambar 7. Dapat diketahui bahwa setiap objek kendaraan yang terdeteksi akan diberikan *Bounding Box*, serta simbol titik sebagai representasi dari objek kendaraan yang terdeteksi. Garis berwarna ungu merupakan visualisasi dari garis batas yang akan digunakan untuk menunjukkan bahwa objek kendaraan bergerak turun atau naik sesuai dengan perubahan nilai koordinatnya, sedangkan informasi berupa hasil perhitungan kendaraan yang melintas terdapat pada jumlah atau nilai dari kendaraan yang melintasi garis tersebut. Terdapat beberapa kesalahan yang mungkin terjadi dalam proses *vehicle counting* ini. Diantaranya

disebabkan oleh objek yang tertutup objek lain serta penempatan garis pada video sebagai perhitungan jumlah kendaraan. Adapun hasil vehicle counting yang diperoleh disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil *vehicle counting* algoritma YOLO pada lokasi ruas jalan simpang 4 (empat) Bank Indonesia

Jam	Motor	Mobil	Truck	Bis
07.00	588	116	3	0
08.00	352	109	5	0
09.00	320	83	3	0
10.00	402	102	5	0
11.00	397	126	7	0
12.00	630	160	6	0
13.00	488	112	6	0
14.00	341	90	5	1
15.00	302	98	10	2
16.00	389	105	7	0
17.00	451	88	7	2
18.00	272	89	5	0
19.00	338	89	2	0
20.00	352	118	6	0
21.00	242	90	3	0
22.00	130	51	1	0
Jumah (N)	5994	1626	81	5

Berdasarkan hasil *vehicle counting* pada Tabel 1 simpang empat Bank Indonesia dapat diketahui hasil perhitungan nilai lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dihitung menggunakan persamaan 2 adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Nilai lalu lintas harian rata-rata (LHR)

No	LHR	Simpang 4 BI	Simpang 3 Sueta	Simpang 3 Turida
1	Motor	1.587	2.221	1.129
2	Mobil	410	588	210
3	Truck	10	53	76
4	Bis	1	5	2

B. AKURASI VEHICLE COUNTING YOLO

Perhitungan akurasi dilakukan pada hasil vehicle counting menggunakan metode Algoritma *You Only Look Once* (YOLO) yang telah diterapkan pada rekaman CCTV di Simpang 4 BI, Simpang 3 Sueta, dan Simpang 3 Turida. Akurasi diperoleh dengan melakukan perbandingan hasil vehicle counting dan hasil perhitungan secara manual. Tabel 3 dibawah ini merupakan selisih sampel hasil perbandingan hitungan kendaraan menggunakan metode YOLO dan manual pada lokasi jalan simpang 4 BI.

Tabel 3. Selisih perhitungan perbandingan hasil perhitungan jumlah kendaraan secara manual dan YOLO lokasi ruas jalan simpang 4 (empat) BI

Jam	Selisih Hitungan Motor	Selisih Hitungan Mobil	Selisih Hitungan Truck	Selisih Hitungan Bis
07.00	17	-3	1	0
08.00	-7	-8	4	0

Jam	Selisih Hitungan Motor	Selisih Hitungan Mobil	Selisih Hitungan Truck	Selisih Hitungan Bis
09.00	21	6	0	0
10.00	-10	3	-3	0
11.00	-9	-4	0	0
12.00	-2	-1	1	0
13.00	-7	1	0	0
14.00	9	2	0	0
15.00	-14	-3	2	0
16.00	0	-2	2	0
17.00	-15	-9	3	0
18.00	-20	-2	1	0
19.00	-10	0	0	0
20.00	-23	5	-2	0
21.00	-112	-1	0	0
22.00	-29	1	0	0
Jumah (N)	305	51	19	0

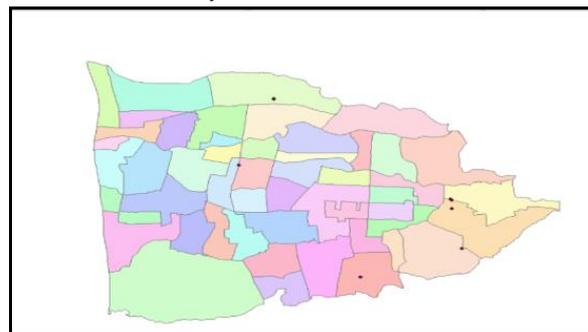
Tabel 3 merupakan sampel perbandingan hasil perhitungan kendaraan secara manual dan Algoritma YOLO pada Simpang Empat Bank Indonesia. Selanjutnya dilakukan perhitungan akurasi dari Algoritma YOLO pada ruas jalan simpang 4 (empat) Bank Indonesia dalam waktu satu hari.

Tabel 4. Hasil perhitungan nilai akurasi perhitungan otomatis kendaraan menggunakan algoritma YOLO pada lokasi ruas jalan Simpang 4 (empat) BI

Nomor	Jenias Kendaraan	Nilai Akurasi
1	Motor	93%
2	Mobil	95%
3	Truck	89%
4	Bis	97%

C. PETA PADA ARCGIS ONLINE

Peta vektor digital dalam format data shape file digunakan untuk menampilkan informasi wilayah administrasi dan ruas jalan yang terdapat di Kota Mataram. Gambar 8. merupakan hasil dari gabungan antar beberapa shapefile diantaranya adalah Shapefile Administrasi Kota Mataram, Shapefile Koordinat CCTV, dan data hasil perhitungan Algoritma YOLO. Dimana titik pada peta menunjukkan koordinat CCTV, kotak yang berwarna menunjukkan batas administrasi desa.



Gambar 8. Tampilan peta vektor digital wilayah administrasi dan lokasi CCTV di Kota

Mataram yang ditampilkan dalam ArcGIS Online

Pada Gambar 9. Dibawah ini merupakan representasi dari hasil pengolahan shapefile pada ArcGIS. Objek CCTV ditampilkan dalam bentuk simbol kamera sebagai representasi dari lokasi untuk menunjukkan persebaran CCTV di Daerah Kota Mataram, Peta juga menyajikan informasi mengenai kepadatan lalu lintas melalui data *live traffic service*.



Gambar 9. Tampilan tumpang susun peta pada ArcGIS Online

D. PENYAJIAN GEOSPATIAL DASHBOARD

Informasi mengenai lalu lintas di Daerah Kota Mataram disajikan pada halaman panel kendali (dasbor), pengguna akan disajikan tampilan berupa hasil vehicle counting dari rekaman CCTV. Adapun hasil dari desain tampilan visualisasi data hasil Algoritma *You Only Look Once* (YOLO) dalam bentuk geospasial dashboard adalah seperti pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Tampilan Dashboard Sistem Informasi Lalu Lintas di Kota Mataram

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dalam penerapan Algoritma *You Only Look Once* (YOLO) untuk mendukung sistem informasi lalu lintas di Daerah Kota Mataram dapat diperoleh kesimpulan bahwa aplikasi YOLO dapat digunakan untuk melakukan perhitungan jumlah kendaraan yang melintas dan terekam pada CCTV dengan akurasi sebesar 89% - 95. Dengan dukungan perangkat lunak berbasis online atau internet dapat disampaikan sebuah sistem informasi lalu lintas dalam bentuk

dashboard yang menampilkan informasi jumlah kendaraan, lokasi CCTV dan informasi lalu lintas harian (LHR).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih ditujukan kepada pihak-pihak yang membantu penulis dalam melakukan penelitian khususnya Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Institut Teknologi Nasional Malang dan Dinas Perhubungan Kota Mataram yang telah memberikan dukungan pembiayaan dan data yang digunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, T. 2014. Kartografi 2.0: Road Map Pengembangan Kartografi Interaktif di Indonesia. Kongres Asosiasi Kartografi Indonesia, 23 April 2014. Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia.
- Alexey, B. Chien-Yao, W. Mark, L. 2020 YOLOv4: *Optimal Speed and Accuracy of Object Detection*. Computer science. Tersedia dari <https://arxiv.org/abs/2004.10934>
- DiBiase, D. 1990. *Visualization in the Earth Sciences*. Earth and Mineral Sciences, 59(2).
- Dewi, S, R. 2018. *Deep Learnin Object Detection Pada Video Menggunakan Tensorflow dan Convolutional Neural Network*. Teknik. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Faqih, R. Gigih P, M. ifan, F. Aji, S. 2021. Peningkatan Akurasi Penghitungan Jumlah Kendaraan dengan Membangkitkan Urutan Identitas Deteksi Berbasis Yolov4 Deep Neural Networks. Teknik. Universitas Widyagama Malang. Malang.
- Few, S. 2006. *Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data*; O'Reilly Media: Boston, MA, USA.
- Harani, N, H. Prianto, C. Hasanah, M, 2019. Deteksi Objek Dan Pengenalan Karakter Plat Nomor Kendaraan Indonesia Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network* (CNN) Berbasis Python. Jurnal Teknik Informatika. Teknik Informatika Politeknik Pos Indonesia Bandung; Bandung
- Hokya. 2017. Buku Panduan Pemrograman Python. Pusat Pemberdayaan Informatika dan Desa. Pematang.
- Iskandar, H. 2007. Volume Lalu Lintas Rencana untuk Geometrik dan Pengerasan Jalan. Puslitbang Jalan dan Jembatan: Bandung
- Jing, C. Du, M. Li, S. dan Liu, S. 2019. *Geospatial Dashboards for Monitoring Smart City Performance*. Sustainability. 11,(5648): 1-23.
- Julianto, E. N. 2010. Hubungan Antara Kecepatan, Volume dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Siliwangi Semarang. Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan Nomor 2 Vol. 12, hal: 151-160.
- Kraak, M, J. 2003. *Geovisualization Illustrated*. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 57. 390-399.

- Leduc, G. 2008. *Road Traffic Data: Collection Methods and Applications*. JRC European Commission. Belgium.
- Maulana, f. Rochmawati N. 2019. Klasifikasi Citra Buah Menggunakan *Convolutional Neural Network*. JINACS. Teknik Informatika, Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.
- Purwanto, E. 2014. Karakteristik Arus Lalu Lintas. Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan. Tegal.
- Rizkatama, G, N. Nugroho, A. Suni, A, F. 2021. Sistem Cerdas Penghitung Jumlah Mobil untuk Mengetahui Ketersediaan Lahan Parkir berbasis Python dan YOLO v4. *Edu Komputika Journal*. Universitas Negeri Malang, Universitas Negeri Semarang: Malang, Semarang.
- Redmon J, Divvala S, Girshick R, Farhadi A. 2016. *You only look once: Unified, real-time object detection*. Tersedia dari: <http://arxiv.org/pdf/1506.02640>.
- Redmon, J, Farhadi A. 2017. *YOLO9000: Better, faster, stronger*. Computer Science. Tersedia dari: <http://arxiv.org/pdf/1612.08242>.
- Redmon, J, Farhadi, A. 2018. *YOLOv3: An Incremental Improvement*. Computer Science. Tersedia dari: <http://arxiv.org/pdf/1804.02767>.
- Rahman, A. 2017. *Designing a Dashboards as Geo-Visual Exploration Tool for Origin-Destination Data*. Tesis. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation of the University of Twente. Netherland
- Maulana, F. Rochmawati, N. 2019. Klasifikasi Citra Buah Menggunakan *Convolutional Neural Network*. Teknik Informatika Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.
- Saputra, I. Kristiyanti, D, A. 2022. *Machine Learning Untuk Pemula*. Informatika Bandung. Bandung.
- Suyanto. Ramadhani, K, N., Mandala S. 2019. *Deep Learning Modernisasi Machine Learning Untuk Big Data*. Informatika Bandung. Bandung
- Shidarta, Hanugra, Aulia. 2018. *Introduction to Open CV*. Tersedia dari <https://binus.ac.id/malang/2017/10/introduction-to-open-cv/>. Malang
- Wikrama, A, A, N., Mataram, I. N. K. 2018. Identifikasi Kapasitas dan Kecepatan Lalu Lintas di Jalan Raya Kampus UNUD Jimbaran Bali. Prodi Teknik Sipil FT UNUD. Bali.
- Widodo, R. Badriyah, T. dan Syarif, I., 2020. *Detection Of Lung Cancer Cell Based On Cytological Examination Using Convolutional Neural Network*. Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer. Surabaya.
- Wibowo, A, P, W., 2016. Implementasi Teknik *Computer Vision* Dengan Metode *Colored Markers Trajectory* Secara *Real Time*. *Jurnal Teknik Informatika*. Universitas Widyatama. Bandung. Bogor.