

**SISTEM ESTIMASI KEPADATAN LALU LINTAS
BERDASARKAN JENIS KENDARAAN DI BANDUNG
MENGUNAKAN YOLOV8 DAN BOTSORT**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Elektro



Oleh :

Lutfia Hayatun Nufus

E.5051.1907869

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNIK DAN INDUSTRI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2024

**SISTEM ESTIMASI KEPADATAN LALU LINTAS
BERDASARKAN JENIS KENDARAAN DI BANDUNG
MENGUNAKAN YOLOV8 DAN BOTSORT**

Oleh

Lutfia Hayatun Nufus

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi S1 Teknik Elektro

© Lutfia Hayatun Nufus

Universitas Pendidikan Indonesia

Mei 2024

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, di *fotocopy*, atau cara lain tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

Lutfia Hayatun Nufus

E.5051.1907869

**SISTEM ESTIMASI KEPADATAN LALU LINTAS
BERDASARKAN JENIS KENDARAAN DI BANDUNG
MENGUNAKAN YOLOV8 DAN BOTSORT**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Dosen Pembimbing



Dr. Erik Haritman, S.Pd., M.T.
NIP. 197605272001121002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Iwan Kustiawan, S.Pd., M.T., Ph.D.
NIP. 19770908 200312 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“Sistem Estimasi Kepadatan Lalu Lintas Berdasarkan Jenis Kendaraan di Bandung Menggunakan YOLOv8 dan BoTSORT”** ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Mei 2024
Yang membuat pernyataan,

Lutfia Hayatun Nufus
NIM. 1907869

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya skripsi yang berjudul “Sistem Estimasi Kepadatan Lalu Lintas Berdasarkan Jenis Kendaraan di Bandung Menggunakan YOLOv8 dan BoTSORT” penulis mampu menyelesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik di Universitas Pendidikan Indonesia, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Program Studi S1-Teknik Elektro. Penyusunan skripsi ini tidak mudah, namun tidak lepas dari berbagai pihak yang banyak membantu, membimbing dan memberi motivasi kepada penulis hingga skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, penulis ingin sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak atas segala kontribusi kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Dengan penuh hormat, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Andep Saefuddin, S.Pd.I. dan Ibu Siti Mutiah, S.Pd. sebagai kedua orang tua yang selalu memberikan doa, motivasi, nasihat yang terbaik bagi penulis.
2. Adik Mustofa Kemal Alfaruq yang selalu memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Erik Haritman, S.Pd., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak arahan, bimbingan, dan dukungan kepada penulis.
4. Bapak Iwan Kustiawan, S.Pd., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
5. Bapak Didin Wahyudin, Ph.D, selaku ketua KBK Telekomunikasi Departemen Pendidikan Teknik Elektro.
6. Ibu Prof. Dr. Hj. Budi Mulyanti, M.Si., selaku dosen pembimbing akademik penulis yang telah memberikan arahan dan dukungan untuk segala urusan perkuliahan.
7. Seluruh Mahasiswa Teknik Elektro 2019 FPTI UPI yang telah memberikan semangat dan pengalaman yang tidak akan terlupakan kepada penulis.
8. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu atas bantuannya kepada penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga Allah SWT membalas semua amal kebaikan dan menjadi ladang pahala yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis. Penulis menyadari skripsi ini tidak lepas dari ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan berbagai kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih baik. Besar harapan skripsi ini dapat menjadi sumber pengetahuan dan manfaat bagi pembaca dan yang membutuhkannya.

Bandung, Mei 2024

Penulis

ABSTRAK

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), bahwa Kota Bandung terjadi peningkatan jumlah penduduk pada tahun 2018 hingga 2020. Pertumbuhan penduduk sangat erat kaitannya dengan permasalahan lalu lintas. Pemerintah Kota Bandung telah menerapkan ATCS (*Area Traffic Control System*) yang digunakan untuk pengawasan dan pemantauan kondisi lalu lintas di area tertentu berupa CCTV (*Closed-Circuit Television*). Namun, seiring berjalannya waktu jumlah kendaraan semakin meningkat dengan pesat dan tanpa diimbangi dengan penambahan kapasitas jalan, sehingga dapat menyebabkan kemacetan. Kendaraan besar dapat mempengaruhi arus lalu lintas yang mengakibatkan kecepatan bergerak lebih lambat. Tugas penting untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menggabungkan proses perhitungan, klasifikasi, dan pelacakan berbagai jenis kendaraan. Penelitian ini mengusulkan sistem untuk mengestimasi kepadatan lalu lintas secara otomatis berdasarkan jenis kendaraan yang berasal dari rekaman video CCTV ATCS di Kota Bandung dengan menerapkan algoritma visi komputer YOLOv8 sebagai pendeteksi dan BoTSORT sebagai pelacak dengan fitur berbasis web. Hasil pengujian sistem pada penelitian ini mendapatkan rata-rata tingkat akurasi sebesar 98,45%.

Kata Kunci: Lalu Lintas, Bandung, CCTV, Visi Komputer, YOLOv8, BoTSORT.

ABSTRACT

Based on data from the Central Bureau of Statistics (BPS), the city of Bandung experienced a population increase from 2018 to 2020. This population growth is closely related to traffic problems. The Bandung City Government has implemented the Area Traffic Control System (ATCS) for monitoring and overseeing traffic conditions in specific areas through CCTV (Closed-Circuit Television). However, as time progressed, the number of vehicles increased rapidly without a corresponding expansion in road capacity, leading to congestion. Large vehicles can disrupt traffic flow, causing slower movement. A key approach to addressing this problem is integrating processes for vehicle counting, classification, and tracking. This study proposes a system to automatically estimate traffic density based on vehicle types identified from video recordings of the CCTV ATCS in Bandung, using the YOLOv8 computer vision algorithm as a detector and BoTSORT as a tracker with web-based features. The system testing in this research demonstrated an average accuracy rate of 98.45%.

Keywords: Traffic, Bandung, CCTV, Computer Vision, YOLOv8, BoTSORT.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Struktur Organisasi Skripsi	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas.....	6
2.2 <i>Intelligent Traffic System (ITS)</i>	7
2.3 <i>Computer Vision (CV)</i>	7
2.4 Deteksi Objek	8
2.5 Pengolahan Citra	9
2.6 Dataset	9
2.7 Anotasi Data	9
2.8 <i>Machine Learning</i>	10

2.9 <i>Deep Learning</i>	12
2.10 <i>You Only Look Once (YOLO)</i>	13
2.10.1 YOLOv8	14
2.11 Evaluasi Model.....	16
2.12 Pelacakan Objek	16
2.13 Streamlit	17
2.14 Penelitian Terdahulu yang Relevan.....	18
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Tahapan Metode Penelitian	20
3.1.1 Studi Literatur	20
3.1.2 Analisis Kebutuhan Sistem.....	21
3.1.3 Pengumpulan Data.....	21
3.1.4 Analisis Perancangan dan Pembuatan Sistem	22
3.1.5 Uji Coba Sistem.....	25
3.2 Alat dan Bahan	26
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Implementasi Perancangan Sistem	27
4.1.1 Pengumpulan Dataset	27
4.1.2 Anotasi Citra.....	29
4.1.3 <i>Preprocessing</i> Data.....	30
4.1.4 Augmentasi Data	32
4.1.5 Persiapan untuk Pelatihan Model	33
4.1.6 Instalasi dan <i>Import Library</i>	34
4.1.7 Konfigurasi Parameter Pelatihan Model.....	35
4.1.8 Proses Pelatihan Model Yolov8	36
4.1.9 Evaluasi Model	39

4.2 Perancangan Antarmuka <i>Website</i>	41
4.3 Hasil Pengujian Sistem.....	44
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI	50
5.1 Simpulan.....	50
5.2 Implikasi	50
5.3 Rekomendasi	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan	19
Tabel 3.1 Alat dan Bahan yang diperlukan.....	26
Tabel 4.1 Pengumpulan Dataset dari Rekaman CCTV	27
Tabel 4.2 Konfigurasi Parameter untuk Proses Pelatihan model YOLOv8.....	35
Tabel 4.3 Performa Hasil Pelatihan model YOLOv8 dengan 100 <i>Epoch</i>	39
Tabel 4.4 Data CCTV ATCS Kendaraan untuk Pengujian Sistem.....	44
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sistem Berdasarkan Data Aktual dan Data Terdeteksi	45
Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Akurasi Algoritma untuk Sistem Deteksi dan <i>Tracking</i> Kendaraan	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Deteksi Tunggal dan Multi Kelas Objek.....	9
Gambar 2.2 Contoh Teknik Anotasi Data.....	10
Gambar 2.3 Domain AI, <i>Machine Learning</i> , dan <i>Deep Learning</i>	11
Gambar 2.4 <i>Road Map</i> Algoritma Deteksi Objek.....	12
Gambar 2.5 Revolusi YOLO.....	13
Gambar 2.6 Deteksi YOLO satu tahap	13
Gambar 2.7 Kerangka Kerja YOLO	14
Gambar 2.8 Arsitektur YOLOv8.....	15
Gambar 2.9 Kinerja Variasi model YOLOv8	16
Gambar 2.10 Contoh Hasil <i>Multiple Object Tracking</i>	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	20
Gambar 3.2 Website CCTV ATCS Kota Bandung.....	22
Gambar 3.3 Contoh Kelas Jenis Kendaraan: a) Truk, b) SUV-MPV, c) Bus, d) Pick Up, e) Mini Bus.....	22
Gambar 3.4 Diagram Alir Perancangan dan Pembuatan Sistem.....	23
Gambar 3.5 Diagram Alir Proses Pengujian Sistem	26
Gambar 4.1 Konversi Video Menggunakan Roboflow.....	28
Gambar 4.2 Hasil Mengubah Video Menjadi Frame Citra	29
Gambar 4.3 Proses Anotasi Menggunakan Roboflow	30
Gambar 4.4 Hasil Citra yang Sudah Diberikan Label.....	30
Gambar 4.5 Menghapus Gambar yang Tidak Dibutuhkan	31
Gambar 4.6 Pembagian Dataset Menggunakan Roboflow	31
Gambar 4.7 <i>Resize</i> Dataset Menggunakan Roboflow	32
Gambar 4.8 Augmentasi Data Secara <i>Horizontal Flip</i> Menggunakan Roboflow	33
Gambar 4.9 Pengaturan Mengakses GPU pada Google Colaboratory	33
Gambar 4.10 Instalasi dan <i>Import Library</i> untuk YOLOv8	34
Gambar 4.11 Mengakses Dataset dengan Roboflow API.....	34
Gambar 4.12 Direktori <i>Root</i> Dataset dari Roboflow	35
Gambar 4.13 CLI Pelatihan Model YOLOv8.....	37
Gambar 4.14 Tampilan CLI Pelatihan YOLOv8 Setelah Dijalankan.....	38

Gambar 4.15 Hasil Pelatihan Model YOLOv8.....	38
Gambar 4.16 Menjalankan Mode Validasi YOLOv8	39
Gambar 4.17 Hasil Validasi Model YOLOv8	39
Gambar 4.18 Grafik Performa Hasil Pelatihan dan Validasi Model.....	40
Gambar 4.19 Tabel <i>Confusion Matrix</i>	40
Gambar 4.20 Kode Pembuatan <i>Website</i> dengan <i>Framework</i> Streamlit.....	42
Gambar 4.21 Kode Konfigurasi YOLOv8 dengan BoTSORT	42
Gambar 4.22 Kode Perhitungan Kendaraan Berdasarkan Jenisnya.....	43
Gambar 4.23 Perintah Menjalankan Streamlit	43
Gambar 4.24 Antarmuka <i>website</i> menggunakan <i>framework</i> Streamlit	44
Gambar 4.25 Tampilan Video Pengujian Sistem.....	45
Gambar 4.26 Sistem Tidak Mampu Mengenali Jenis Kendaraan Secara Cepat...	50
Gambar 4.27 Sistem Tidak Mampu Mengenali Jenis Kendaraan yang Sebenarnya	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Tugas Dosen Pembimbing	56
Lampiran 2. Kode Program Pelatihan Model YOLOv8	57
Lampiran 3. Evaluasi Model	58
Lampiran 4. Potongan Kode Perancangan Website Secara Lokal	59
Lampiran 5. Potongan Kode Program Konfigurasi <i>Tracker</i> dan <i>Counter</i>	60
Lampiran 6. Hasil Pendeteksian	61

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. B., & Tsuji, T. (2021). Traffic Monitoring System Based on Deep Learning and Seismometer Data. *Applied Sciences*, 11(10), 4590. <https://doi.org/10.3390/app11104590>
- Al-Saffar, A. A. M., Tao, H., & Talab, M. A. (2017). Review of deep convolution neural network in image classification. *International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET)*, 26–31. <https://doi.org/10.1109/ICRAMET.2017.8253139>
- Ambata, L. U., del Castillo, I. A. P., Jacinto, J. R. H., & Santos, C. M. T. (2019). Public and Private Vehicle Quantification and Classification using Vehicle Detection and Recognition. *2019 IEEE 11th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/HNICEM48295.2019.9072836>
- Arjun, N. V, Vijayan, N., Swathy, E. R., & Ninan, T. (2021). A Review on Impact of Heavy Vehicles on Highway Traffic. *International Journal Of Engineering Research & Technology (Ijert)*, 9(9), 117–119
- Asaad, R. R., Ali, I. R., Ali, A. Z., & Shaaban, A. A. (2023). Image Processing with Python Libraries. *Academic Journal of Nawroz University*, 12(2), 410–416. <https://doi.org/10.25007/ajnu.v12n2a1754>
- Bathija, A., & Sharma, G. (2019). Visual Object Detection and Tracking using YOLO and SORT. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, 8(11), 705–708. <https://www.ijert.org>
- Chahal, A., & Gulia, P. (2019). Machine Learning and Deep Learning. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(12), 4910–4914. <https://doi.org/10.35940/ijitee.L3550.1081219>
- Chakraborty, P., Adu-Gyamfi, Y. O., Poddar, S., Ahsani, V., Sharma, A., & Sarkar, S. (2018). Traffic Congestion Detection from Camera Images using Deep Convolution Neural Networks. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2672(45), 222–231. <https://doi.org/10.1177/0361198118777631>

- Ciaparrone, G., Sánchez, F. L., Tabik, S., Troiano, L., Tagliaferri, R., & Herrera, F. (2019). Deep learning in video multi-object tracking: A survey. *Neurocomputing*, 1–47. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2019.11.023>
- Farda, M., & Balijepalli, C. (2018). Exploring the effectiveness of demand management policy in reducing traffic congestion and environmental pollution: Car-free day and odd-even plate measures for Bandung city in Indonesia. *Case Studies on Transport Policy*, 6(4), 577–590. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2018.07.008>
- Feng, X., Jiang, Y., Yang, X., Du, M., & Li, X. (2019). Computer vision algorithms and hardware implementations: A survey. *Integration, the VLSI Journal*, 69(April), 309–320. <https://doi.org/10.1016/j.vlsi.2019.07.005>
- Hicks, S. A., Strümke, I., Thambawita, V., Hammou, M., Riegler, M. A., Halvorsen, P., & Parasa, S. (2022). On evaluation metrics for medical applications of artificial intelligence. *Scientific Reports*, 12(1), 5979. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09954-8>
- Horvat, M., Jelečević, L., & Gledec, G. (2022). A Comparative study of YOLOv5 models performance for image classification. *Proceedings of The Central European Conference on Information and Intelligent Systems (CECIIS)*, 349–356. <https://submissions.foi.hr/index.php/ceciis/article/view/138>
- Huang, R., Pedoeem, J., & Chen, C. (2018). YOLO-LITE: A Real-Time Object Detection Algorithm Optimized for Non-GPU Computers. *IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 2503–2510. <https://doi.org/10.1109/BigData.2018.8621865>
- Hussain, M. (2023). YOLO-v1 to YOLO-v8, the Rise of YOLO and Its Complementary Nature toward Digital Manufacturing and Industrial Defect Detection. *Machines*, 11(7), 677. <https://doi.org/10.3390/machines11070677>
- Ismail, T. S., & Ali, A. M. (2024). Vehicle Detection, Counting, and Classification System based on Video using Deep learning Models. *ZANCO JOURNAL OF PURE AND APPLIED SCIENCES*, 36(1). <https://doi.org/10.21271/zjpas.36.1.3>
- Kaur, J., & Singh, W. (2022). Tools, techniques, datasets and application areas for

- object detection in an image: a review. *Multimedia Tools and Applications*, 81(27), 38297–38351. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13153-y>
- Krishnamoorthy, R., & Manickam, S. (2018). Automated Traffic Monitoring Using Image Vision. *Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT)*, 741–745. <https://doi.org/10.1109/ICICCT.2018.8473086>
- Malik, F., Shah, M. A., & Khattak, H. A. (2018). Intelligent Transport System: An Important Aspect of Emergency Management in Smart Cities. *2018 24th International Conference on Automation and Computing (ICAC)*, September, 1–6. <https://doi.org/10.23919/ICAC.2018.8749062>
- Oser, M. L. (2021). *user-interface development for brisa 's newly developed traffic forecast models lennart max oser*
- Padilla, R., Netto, S. L., & da Silva, E. A. B. (2020). A Survey on Performance Metrics for Object-Detection Algorithms. *2020 International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)*, 237–242. <https://doi.org/10.1109/IWSSIP48289.2020.9145130>
- Parico, A. I. B., & Ahamed, T. (2021). Real Time Pear Fruit Detection and Counting Using YOLOv4 Models and Deep SORT. *Sensors*, 21(14), 4803. <https://doi.org/10.3390/s21144803>
- Pathak, A. R., Pandey, M., & Rautaray, S. (2018). Application of Deep Learning for Object Detection. *Procedia Computer Science*, 132(Iccids), 1706–1717. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.144>
- Ramdani, N., Prasetyowati, S. S., & Sibaroni, Y. (2022). Performance Analysis of Bandung City Traffic Flow Classification with Machine Learning and Kriging Interpolation. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 4(2), 694–704. <https://doi.org/10.47065/bits.v4i2.1972>
- Sarwoko, I., Widodo, S., & Mulki, G. Z. (2017). MANAJEMEN DAN REKAYASA LALU LINTAS PADA SIMPANG JALAN IMAM BONJOL – JALAN DAYA NASIONAL DI KOTA PONTIANAK. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(2), 1–9. <https://doi.org/10.26418/jtsft.v17i2.31424>
- Sharma, N., Baral, S., Paing, M. P., & Chawuthai, R. (2023). Parking Time

- Violation Tracking Using YOLOv8 and Tracking Algorithms. *Sensors*, 23(13), 5843. <https://doi.org/10.3390/s23135843>
- Song, H. *et al.* (2019) ‘Vision-based vehicle detection and counting system using deep learning in highway scenes’, *European Transport Research Review*, 11(1), p. 51. doi: 10.1186/s12544-019-0390-4.
- Suryadithia, R., Faisal, M., Putra, A. S., & Aisyah, N. (2021). Technological developments in the Intelligent Transportation System (ITS). *International Journal of Science, Technology & Management*, 2(3), 837–843. <https://doi.org/10.46729/ijstm.v2i3.215>
- Talaat, F. M., & ZainEldin, H. (2023). An improved fire detection approach based on YOLO-v8 for smart cities. *Neural Computing and Applications*, 35(28), 20939–20954. <https://doi.org/10.1007/s00521-023-08809->
- Vishwakarma, R., & Vennelakanti, R. (2020). CNN Model & Tuning for Global Road Damage Detection. *2020 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 5609–5615. <https://doi.org/10.1109/BigData50022.2020.9377902>
- Wen, H., Dai, F., & Yuan, Y. (2021). A Study of YOLO Algorithm for Target Detection. *Proceedings of International Conference on Artificial Life and Robotics*, 26, 622–625. <https://doi.org/10.5954/ICAROB.2021.OS13-9>
- Wiley, V., & Lucas, T. (2018). Computer Vision and Image Processing: A Paper Review. *International Journal of Artificial Intelligence Research*, 2(1), 22. <https://doi.org/10.29099/ijair.v2i1.42>
- Yu, C., Feng, Z., Wu, Z., Wei, R., Song, B., & Cao, C. (2023). HB-YOLO: An Improved YOLOv7 Algorithm for Dim-Object Tracking in Satellite Remote Sensing Videos. *Remote Sensing*, 15(14), 3551. <https://doi.org/10.3390/rs15143551>