

Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Hutan Menggunakan Drone Berbasis Computer Vision

¹Farizal Justian Usman, ²M Anno Suwarno,
Informatika, Universitas Persada Indonesia Y.A.I, Jakarta Pusat

E-mail: farizaljustian@gmail.com, suwarno@upi-yai.ac.id

ABSTRAK

Bahaya kebakaran hutan dan lahan di Indonesia adalah ancaman serius yang terus berulang setiap tahun. Menurut data U.S. Fire Service, terjadi lebih dari 700 kebakaran hutan setiap tahun yang membakar lebih dari 7 juta hektar lahan. Kebakaran ini tidak hanya merusak ekosistem, tetapi juga menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati yang penting. Banyak flora dan fauna endemik Indonesia menjadi korban, meningkatkan risiko kepunahan. Penggunaan UAV juga dapat mengubah manajemen bencana. Teknologi ini dapat diintegrasikan dengan sistem peringatan dini yang berbasis data analitik dan kecerdasan buatan, meningkatkan akurasi prediksi kebakaran dan respons yang lebih proaktif. Dengan demikian, penerapan teknologi ini bukan hanya solusi sementara, tetapi langkah strategis jangka panjang untuk menjaga keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat. Solusi teknologi seperti UAV dan kerjasama antara berbagai pihak sangat diperlukan untuk mengatasi tantangan ini secara efektif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem yang berbasis komputer vision yang menggunakan algoritma deep learning, terutama You Only Look Once (YOLO), untuk mendeteksi kebakaran hutan dengan cepat dan akurat. Dalam mitigasi bencana kebakaran hutan, deteksi dini titik api merupakan langkah penting untuk mencegah kebakaran menyebar ke wilayah lain dan mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh kebakaran terhadap manusia dan lingkungan.

Kata Kunci: *Deteksi Api, Kebakaran Hutan, Algoritma YOLO, Computer Vision Menggunakan Drone, Convolutional Neural Network (CNN)*

ABSTRACT

The danger of forest and land fires in Indonesia is a serious threat that continues to recur every year. According to U.S. data Fire Service, there are more than 700 forest fires every year burning more than 7 million hectares of land. These fires not only damage ecosystems, but also cause the loss of important biodiversity. Many of Indonesia's endemic flora and fauna have fallen victim, increasing the risk of extinction. The use of UAVs can also change disaster management. This technology can be integrated with early warning systems based on analytical data and artificial intelligence, increasing the accuracy of fire predictions and more proactive responses. Thus, the application of this technology is not just a temporary solution, but a long-term strategic step to maintain environmental sustainability and community welfare. Technological solutions such as UAVs and cooperation between various parties are needed to overcome this challenge effectively. The aim of this research is to create a computer vision-based system that uses deep learning algorithms, especially You Only Look Once (YOLO), to detect forest fires quickly and accurately. In mitigating

forest fire disasters, early detection of hotspots is an important step to prevent fires from spreading to other areas and reduce the damage caused by fires to humans and the environment. To achieve the objectives of this study, several actions were taken. First, forest fire image data is collected and processed for use in training the YOLO model. Next, the model is trained using a dataset that covers various forest fire conditions, such as fire intensity, time of day, and weather conditions, to ensure that the model can find fire hotspots in various conditions.

Keyword : *Fire Detection, Forest Fires, YOLO Algorithm, Computer Vision Using Drones, Convolutional Neural Network (CNN)*

1. PENDAHULUAN

Bahaya kebakaran hutan dan lahan (karhutla) di Indonesia adalah ancaman serius yang terus berulang setiap tahun. Menurut data U.S. Fire Service, terjadi lebih dari 700 kebakaran hutan setiap tahun yang membakar lebih dari 7 juta hektar lahan. Kebakaran ini tidak hanya merusak ekosistem, tetapi juga menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati yang penting. Banyak flora dan fauna endemik Indonesia menjadi korban, meningkatkan risiko kepunahan. Jika masalah ini tidak segera ditangani, dampaknya akan sangat kompleks. Selain merusak lingkungan dan ekologi, kebakaran hutan juga menimbulkan masalah kesehatan serius bagi masyarakat setempat. Asap dari kebakaran mengandung partikel berbahaya yang dapat menyebabkan penyakit pernapasan seperti asma dan bronkitis, terutama pada anak-anak dan lansia. Selain itu, hubungan Indonesia dengan negara-negara tetangga seperti Malaysia dan Singapura menjadi tegang karena polusi udara dari kebakaran hutan yang mengganggu wilayah mereka. Setiap tahun, asap dari kebakaran di Indonesia menyebar hingga ke negara tetangga, menyebabkan kabut asap yang mengganggu aktivitas dan kesehatan penduduk disana. Kerusakan hutan akibat kebakaran juga berdampak besar pada perubahan iklim global. Deforestasi akibat kebakaran meningkatkan emisi

karbon sekitar 20%, yang signifikan karena karbon dioksida adalah salah satu gas rumah kaca utama yang menyebabkan pemanasan global. Pemanasan global sendiri membawa berbagai dampak negatif, termasuk peningkatan frekuensi dan intensitas bencana alam seperti badai, banjir, dan kekeringan, yang semakin memperburuk kerentanan lingkungan dan sosial di banyak wilayah, termasuk Indonesia. Dilansir dari Earth Eclipse, kebakaran hutan disebabkan oleh dua faktor: ulah manusia dan kejadian alam. Sebesar 90 persen kebakaran disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pembukaan lahan dan illegal logging. Pembukaan lahan dengan cara membakar sering digunakan karena murah dan cepat, tetapi sangat berisiko karena api bisa menyebar diluar kendali. Illegal logging juga berkontribusi besar pada kerusakan hutan dan meningkatkan risiko kebakaran. Selain itu, faktor alam seperti perubahan suhu ekstrem dan sambaran petir juga berperan dalam menyebabkan kebakaran hutan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mencatat peningkatan kebakaran hutan dan lahan sebesar 15 persen atau 56.280 hektar pada tahun 2021 dibandingkan tahun sebelumnya. Luasnya hutan di Indonesia membuat masalah kebakaran sulit ditangani dengan cepat. Pemerintah sudah berusaha mengatasi masalah ini dengan patroli udara menggunakan helikopter, tetapi penggunaannya masih belum optimal karena hanya bisa digunakan pada

siang hari dan memerlukan biaya besar. Selain itu, keterbatasan infrastruktur dan akses di beberapa wilayah hutan membuat penanganan kebakaran menjadi lebih sulit dan lambat. Akibatnya, pendekatan yang lebih efisien diperlukan untuk menyelesaikan masalah ini. Penggunaan drone (unmanned aerial vehicles/UAV) adalah solusi yang menjanjikan. Drone memiliki kamera termal dan sensor cerdas yang dapat mendeteksi kebakaran lebih awal, memungkinkan pemadaman yang cepat dan mudah. Drone lebih murah daripada helikopter dan dapat beroperasi sepanjang hari tanpa tergantung pada cahaya. Selain itu, drone dapat mencapai lokasi yang sulit diakses dan memberikan tim pemadam kebakaran data real-time, yang memungkinkan respons yang lebih cepat dan tepat.

2. LANDASAN TEORI

A. Rancang

Perancangan adalah proses mendefinisikan proyek dengan berbagai metode dan memasukkan deskripsi arsitektur, detail komponen, dan kendala yang akan dihadapi selama proses pengerjaan. Menurut (Hidayatulloh, 2020) mengatakan bahwa perancangan adalah kumpulan tindakan yang menentukan cara sistem akan beroperasi. Jadi, tujuannya adalah membuat produk yang memenuhi persyaratan pelanggan. Perancangan adalah proses menciptakan sistem baru atau memperbaiki sistem yang sudah ada untuk meningkatkan kinerjanya. Biasanya, proses ini termasuk merancang input, output, dan file.

B. Bangun

Rancang bangun merupakan penggambaran, perencanaan, dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi, dengan maksud lain rancang bangun sebuah kegiatan menerjemah hasil analisa

ke dalam bentuk paket perangkat lunak kemudian akan menciptakan sistem atau memperbaiki sistem yang ada (Gunawan et al., 2021). Rancang bangun adalah proses mengubah hasil analisis ke dalam paket perangkat lunak dan kemudian membangun atau memperbaiki sistem. Jadi, rancang bangun adalah gambar, perencanaan, dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa bagian yang berbeda menjadi satu kesatuan yang utuh dan berfungsi

C. Sistem Pendeteksi Api

Sistem pendeteksi api adalah sebuah sistem yang dirancang untuk mendeteksi adanya kebakaran dan memberikan peringatan dini untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan memastikan keselamatan. Sistem ini biasanya terdiri dari berbagai komponen yang bekerja bersama untuk memantau, mendeteksi, dan merespons indikasi kebakaran.

D. Computer Vision

Computer Vision adalah bidang ilmu komputer yang fokus pada pemrosesan dan analisis gambar atau video untuk mengekstraksi informasi bermakna. Teknologi ini memungkinkan komputer untuk “melihat” dan memahami konten visual dengan cara yang mirip dengan persepsi manusia (Gede et al., 2022). Dengan menggabungkan prinsip-prinsip dari matematika, fisika, dan ilmu komputer, computer vision menciptakan algoritma dan model yang mampu mengenali pola, objek, dan kejadian dalam gambar atau video. Teknologi ini mencakup berbagai teknik seperti pengenalan objek, segmentasi gambar, pelacakan gerakan, rekonstruksi 3D, dan pengenalan pola.

E. Kecerdasan Buatan

Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence, AI) adalah cabang dari ilmu komputer yang fokus pada pembuatan sistem yang mampu melakukan tugas-

tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia. AI mencakup berbagai teknologi dan metode yang memungkinkan mesin untuk meniru dan melaksanakan fungsi-fungsi kognitif manusia seperti belajar, berpikir, dan memecahkan masalah.

F. Image Processing

Pengolahan gambar, juga dikenal sebagai pengolahan gambar, adalah suatu sistem di mana proses dilakukan dengan masukan gambar (input) dan output gambar (output). Pada awalnya, pengolahan gambar ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas gambar, tetapi dengan berkembangnya dunia komputasi yang ditandai dengan peningkatan kapasitas dan kecepatan proses komputer, serta munculnya ilmu-ilmu komputer yang memungkinkan manusia untuk mengambil informasi dari suasana hati manusia (Mulyawan et al., n.d.).

G. Machine Learning

Machine Learning atau pembelajaran mesin merupakan pendekatan dalam AI yang banyak digunakan untuk menggantikan atau menirukan perilaku manusia untuk menyelesaikan masalah atau melakukan otomatisasi. Sesuai namanya, Machine Learning mencoba menirukan bagaimana proses manusia atau makhluk cerdas belajar dan menggeneralisasi (Ahmad, n.d.). Suatu cabang kecerdasan buatan (artificial intelligence) yang dikenal sebagai machine learning berfokus pada pembuatan algoritma dan model komputer yang memungkinkan sistem untuk belajar secara otomatis dari data, tanpa perlu diprogram secara eksplisit.

H. Deep Learning

Deep learning merupakan sebuah bagian dari bidang machine learning yang terinspirasi dari cara kerja otak manusia. Dikenal juga sebagai Artificial Neural Network (ANN) atau Jaringan Saraf

Tiruan, model-model deep learning ini terdiri dari tiga atau lebih lapisan ANN dan memiliki kemampuan untuk belajar dan beradaptasi dari banyak data yang ada. Deep learning berfokus pada pembangunan dan pelatihan neural network dengan banyak lapisan untuk melakukan tugas-tugas seperti klasifikasi, deteksi objek, atau prediksi. Keunggulan utama deep learning adalah kemampuannya untuk secara otomatis mengekstraksi fitur dari data yang kompleks dan memberikan hasil yang akurat bahkan dari data yang tidak terstruktur (Ahmad, n.d.).

3. METODOLOGI

Dalam penelitian ini, digunakan metode penelitian sebagai berikut:

a) Studi Literatur

Pencarian referensi dalam bentuk studi literatur merupakan langkah penting dalam penelitian. Ini melibatkan mencari berbagai referensi, seperti buku-buku, jurnal dan e-journal terkait dengan sistem yang sedang dirancang. Dalam proses ini, dilakukan review terhadap berbagai referensi tersebut untuk memperoleh informasi yang relevan. Selain itu, studi literatur juga mencakup tinjauan terhadap metode yang diterapkan dalam pembuatan aplikasi tersebut.

b) Observasi

Melakukan pengamatan terhadap sistem yang relevan dengan penelitian dan menjadikannya sebagai referensi, serta melakukan pengamatan terhadap penyebab kebakaran hutan untuk memperoleh penanggulangannya. Solusi teknologi seperti UAV dan kerjasama antara berbagai pihak sangat diperlukan untuk mengatasi tantangan ini secara efektif.

c) Data Collection

Pada tahap ini, penulis mengumpulkan data citra kebakaran hutan yang digunakan untuk melatih dan menguji model. Data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Data primer diperoleh yang dari situs web resmi pemerintah, laporan media massa dan sumber data satelit, dan data sekunder diperoleh melalui situs kaggle.

d) Exploratory Data Analysis (EDA)

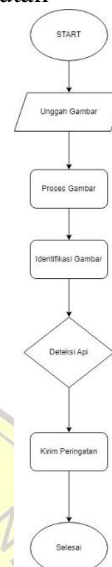
Exploratory data analysis atau EDA bertujuan untuk melakukan analisis awal terhadap data dan menentukan kualitas data untuk mengurangi kesalahan yang mungkin terjadi dikemudian hari. Pada tahap ini, penlusi melakukan analisis data secara mendalam untuk memahami karakteristik dan pola dari data citra yang telah dikumpulkan

e) Data Preprocessing

Tahap data preprocessing merupakan proses persiapan data sebelum pelatihan model. Pada tahap ini, penulis melakukan operasi pengolahan citra seperti mengubah ukuran citra menjadi 150x150 pixel dan menerapkan augmentasi dengan melakukan transformasi seperti pergeseran, rotasi, pembesaran, pemutaran, dan lain sebagainya, untuk meningkatkan variasi data yang tersedia.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Sistem Pendeteksi Kebakaran Hutan



Gambar 1 Flowchart Sistem Pendeteksi Api

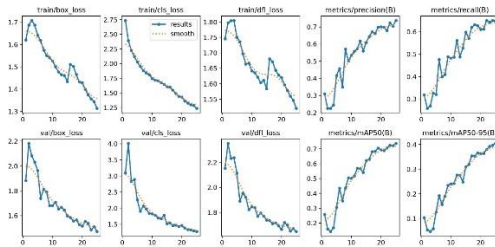
B. Pembuatan Sistem

Dalam pembuatan sistem untuk mendeteksi api pada kebakaran hutan, diperlukan model image classification untuk mengidentifikasi api. Model yang telah dilatih di Google Colab dan memberikan akurasi yang baik akan dikonversi menjadi format PyTorch dengan model YOLOV8n.pt yang kemudian diimplementasikan ke streamlit sebagai website interaktif dengan bahasa pemrograman Python

C. Implementasi dan Training Dataset

Model tahapan training dan testing model pada penelitian ini dilakukan menggunakan tools Google Colab. Google Colab adalah sebuah IDE untuk pemrograman Python dimana pemrosesan akan dilakukan oleh server Google yang memiliki perangkat keras dengan performa yang tinggi

D. Hasil Training



Gambar 2 Learning Curve *pre-trained*

YOLOv8n

Dari hasil pelatihan di atas, kita dapat melihat bahwa model YOLOv8n mengalami peningkatan kinerja seiring bertambahnya epoch. Pada epoch ke-15, model mencapai mAP@0.5 sebesar 0.737, dengan precision 0.96 dan recall 0.88. Ini menunjukkan bahwa model telah terlatih dengan baik untuk mendeteksi objek pada dataset yang diberikan.

E. Implementasi Sistem

Setelah melalui proses pelatihan dataset yang teliti dan cermat, langkah selanjutnya dalam pengembangan sistem adalah melakukan pengujian. Pengujian sistem merupakan tahap penting yang memungkinkan para peneliti atau pengembang untuk mengevaluasi kinerja sistem yang telah dibangun dengan menggunakan data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Proses pengujian ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana sistem mampu menggeneralisasi informasi dari data pelatihan ke data uji yang baru, serta untuk mengidentifikasi kelemahan atau masalah yang mungkin muncul saat sistem diimplementasikan dikamera drone.

F. Implementasi Pada Kamera Drone

Pengujian menggunakan Drone DJI MAVIC AIR 2 yang dihubungkan ke komputer menggunakan RTMP. RTMP merupakan salah satu metode modern dalam pemantauan dan pengawasan jarak jauh. RTMP, atau Real-Time Messaging Protocol, adalah sebuah protokol jaringan yang dirancang untuk mentransmisikan

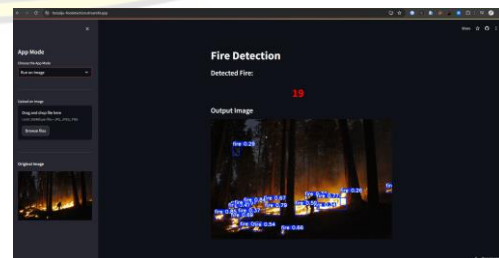
data audio, video, dan metadata melalui internet dengan latensi rendah. Protokol ini memungkinkan streaming konten media secara langsung dengan kualitas yang baik, yang sangat penting untuk aplikasi seperti pengawasan udara, pemetaan, atau liputan acara langsung.



Gambar 3 Pengujian Sistem Pendeteksi Api

Gambar 3. menunjukkan bahwa sistem pendeteksi api berhasil mengidentifikasi 64% dari semua titik api di lingkungan yang diuji. Ini berarti bahwa sistem berhasil mengidentifikasi sekitar dua pertiga, atau 64%, dari semua titik api yang sebenarnya ada. Tingkat keberhasilan sistem dalam tugasnya untuk mengenali titik api ditunjukkan oleh persentase ini, meskipun masih ada ruang untuk perbaikan dan peningkatan akurasi. Pengujian dilakukan dengan ketinggian 10 meter dan jarak 9 meter. Uji coba ini dirancang untuk mengevaluasi efektivitas sistem deteksi api yang menggunakan drone DJI MAVIC AIR 2 yang dihubungkan ke komputer melalui RTMP.

G. Implementasi Tampilan Antarmuka



Gambar 4 Tampilan Antarmuka Sistem Pendeteksi Api

Gambar 4 adalah tampilan dari Sistem Pendeteksi Api Pada Kebakaran Hutan. Halaman ini merupakan tampilan ketika pengguna mengupload gambar yang ingin dideteksi apakah adanya

kebakaran atau tidak. Pada bagian kiri halaman, terdapat beberapa panel navigasi dengan beberapa menu, yaitu:

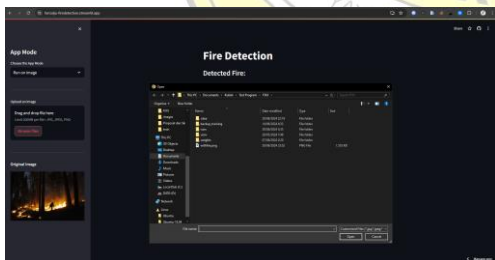
- 1) About App: Menu ini berfungsi sebagai informasi bagaimana menggunakan aplikasi ini
- 2) Run on Image: Menu ini berfungsi sebagai pendeteksi api pada kebakaran hutan dan pengguna bisa mengupload gambar yang ingin dideteksi
- 3) Run on Video: Menu ini berfungsi sebagai pendeteksi api pada kebakaran hutan dan pengguna bisa mengupload video yang ingin dideteksi

H. Pengujian Citra Kebakaran



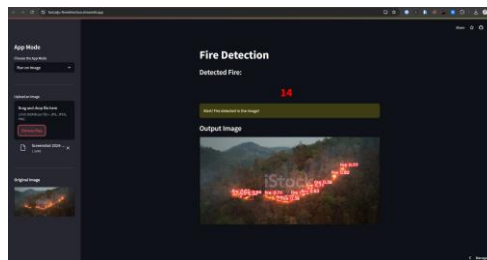
Gambar 5 Citra Kebakaran Hutan

Gambar 5 menampilkan citra kebakaran hutan yang diambil menggunakan kamera drone. Citra ini memberikan pandangan udara yang jelas tentang situasi kebakaran.



Gambar 6 Unggah Citra

Gambar 6 menunjukkan tampilan menu upload gambar pada aplikasi pendeteksi api. Dari sini, pengguna dapat mengunggah sample kebakaran hutan yang akan dideteksi oleh sistem pendeteksi api pada kebakaran hutan.



Gambar 7 Hasil Pengujian Citra Kebakaran

Gambar 7 menampilkan tampilan halaman hasil dari sistem deteksi kebakaran hutan. Pada gambar tersebut, terdapat kotak yang menunjukkan lokasi titik api yang berhasil terdeteksi. Setiap titik api direpresentasikan dengan kotak merah yang menandakan bahwa ada api.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi api menggunakan camera drone berbasis Computer Vision khususnya melalui penggunaan Convolutional Neural Network (CNN) dengan algoritma YOLO. Sistem ini dikembangkan dengan tujuan membantu pemerintah dalam menanggulangi kebakaran hutan secara lebih cepat dan terarah yang diharapkan dapat mengurangi angka kebakaran hutan akibat ulah manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. (n.d.). *Mengenal Artificial Intelligence, Machine Learning, Neural Network, dan Deep Learning*.
www.teknoindonesia.com
- Gede, I., Widharma, S., Alit, P., Santiary, W., Nengah Sunaya, I., Ketut Darminta, I., Gde, I., Sangka, N., Ardy, D. P., & Widiatmika, W. (2022). Deteksi api kebakaran berbasis computer vision dengan algoritma YOLO. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology*, 3, 53–58.

- Gunawan, R., Maulana Yusuf, A., Nopitasari, L., Stmik, R. 2 J., Kertabumi, N., 62, K., Kulon, K., Karawang, B., Karawang, K., & Barat, J. (2021). *Rancang Bangun Sistem Presensi Mahasiswa Dengan Menggunakan Qr Code Berbasis Android*. 14(1), 47–58.
- Hidayatulloh, K., MZ, M. K., & Sutanti, A. (2020). *PERANCANGAN APLIKASI PENGOLAHAN DATA DANA SEHAT PADA RUMAH SAKIT UMUM MUHAMMADIYAH METRO*. *Jurnal Mahasiswa Ilmu Komputer*, 1(1), 18–22.
- Hidayat, M. A., Latifah Husni, N., & Damsi, F. (2022). *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science Image Processing Based Flood Detector Using Convolutional Neural Network (CNN) Within Surveillance Camera Pendeteksi Banjir dengan Image Processing Berbasis Convolutional Neural Network (CNN) pada Kamera Pengawas*. 2, 10–18.
- Lumabiang, V. M., Andris, C., Manaha, L., Liem, A. T., Tombeng, M., & Informasi, J. S. (n.d.). *PROTOTIPE PENDETEKSI OBJECT MENGGUNAKAN COMPUTER VISION DAN RASPBERRY Pi*.
- Masithoh, R. E., Rahardjo, B., Sutiarmo, L., & Hardjoko, A. (n.d.). 55281; 2 Program Studi Elektronika dan Instrumentasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. In *Universitas Gadjah Mada* (Vol. 31, Issue 2).
- Mulyawan, H., Zen, M., Samson, H., Jurusan, S., Elektronika, T.-P., & Surabaya, N. (n.d.). *IDENTIFIKASI DAN TRACKING OBJEK BERBASIS IMAGE PROCESSING SECARA REAL TIME*.
- Nafis Alfarizi, D., Agung Pangestu, R., Aditya, D., Adi Setiawan, M., & Rosyani, P. (2023). *Penggunaan Metode YOLO Pada Deteksi Objek: Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis*. In *Jurnal Artificial Intelligent dan Sistem Penunjang Keputusan* (Vol. 1, Issue 1).
- Silvie Noor Alawiyah. (2021). *PEMODELAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN RECURRENT NEURAL NETWORK LONG SHORT TERM MEMORY (RNN-LSTM) PADA HARGA EMAS DUNIA JURNAL ILMIAH*.
- Prasanta, M. R., Yoga Pranata, M., Firnanda, M. A., & Sendari, S. (2022). *CYCLOTRON: Jurnal Teknik Elektro Rancang Bangun Quadcopter Drone Untuk Deteksi Api Menggunakan YOLOv4*.
- Rizki, Y., Yogi Alfinaldo, Soni, Sy, Y. S., & Rahmad Firdaus. (2023). *Klasifikasi Kebakaran Hutan Dan Lahan Dengan Algoritma You Only Learn One Representation*. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, 4(3), 832–837. <https://doi.org/10.37859/coscitech.v4i3.6434>
- Satriawan, A., Imran, B., & Erniwati, S. (2023). *IDENTIFIKASI KEMIRIPAN FOTO ASLI DAN SKETSA MENGGUNAKAN MODEL GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS (GANs)*. *Jurnal Kecerdasan Buatan Dan Teknologi Informasi*, 2(3), 122–127.