

Sistem Deteksi Warna Real-Time untuk Aksesibilitas Penderita Buta Warna

Stephanie Rotua Uli Marbun¹, Khairul Rizal², Susliansyah³, Rahmat Hidayat⁴

¹Program Studi Informatika, Fakultas Teknik & Informatika

²Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Teknik & Informatika

³Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik & Informatika

⁴Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik & Informatika

[1stephaniemarbunnn@gmail.com](mailto:stephaniemarbunnn@gmail.com) , [2khairul.krl@bsi.ac.id](mailto:khairul.krl@bsi.ac.id) , [3susliansyah.slx@bsi.ac.id](mailto:susliansyah.slx@bsi.ac.id) , [4rahmat.rhh@bsi.ac.id](mailto:rahmat.rhh@bsi.ac.id)

Abstrak

Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi warna real-time berbasis computer vision yang bertujuan untuk mendukung aksesibilitas bagi penderita buta warna dalam mengenali warna objek secara cepat dan akurat. Warna merupakan elemen penting dalam penyampaian informasi visual, namun keterbatasan persepsi warna dapat menyebabkan kesalahan interpretasi pada aktivitas sehari-hari. Oleh karena itu, diperlukan solusi berbasis teknologi yang mampu membantu pengguna dalam mengidentifikasi warna secara mandiri melalui perangkat mobile. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan model deteksi objek YOLOv11 dengan metode klasifikasi warna menggunakan OpenCV berbasis ruang warna HSV. Dataset yang digunakan merupakan data primer yang dikumpulkan secara mandiri melalui pengambilan citra objek berwarna pink, hijau, dan kuning dengan variasi kondisi pencahayaan, jarak, dan sudut pengambilan. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, preprocessing citra, pelatihan model, integrasi sistem ke aplikasi Android, serta evaluasi performa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan warna secara real-time dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar 92% dan waktu respons di bawah 0,5 detik per frame. Implementasi pada aplikasi Android menunjukkan performa yang stabil pada kondisi pencahayaan normal dan latar belakang yang bervariasi. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa pemanfaatan teknologi deep learning dan pengolahan citra digital dapat memberikan solusi praktis dan efektif dalam meningkatkan aksesibilitas bagi penderita buta warna serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut pada skala penggunaan yang lebih luas.

Kata Kunci: Deteksi Warna, Yolov11, Opencv, Real-Time, Aksesibilitas, Buta Warna

1. Pendahuluan

Warna merupakan elemen penting dalam penyampaian informasi visual pada berbagai aktivitas sehari-hari, seperti rambu lalu lintas, label produk, indikator peringatan, serta objek umum yang digunakan masyarakat (Zhao dkk., 2024). Informasi berbasis warna membantu manusia dalam mengenali objek dan mengambil keputusan secara cepat dan akurat. Namun, bagi individu yang mengalami buta warna, kemampuan membedakan warna tertentu menjadi terbatas sehingga mengurangi efektivitas interaksi dengan lingkungan sekitar (Reddy dkk., 2024).

Buta warna merupakan gangguan persepsi visual yang umumnya disebabkan oleh faktor genetik dan memengaruhi sekitar 8% populasi laki-laki serta 0,5% perempuan di dunia (Li dkk., 2025). Kondisi ini tidak hanya berdampak pada aktivitas sederhana seperti memilih pakaian atau membaca label berwarna, tetapi juga dapat menimbulkan kesulitan pada bidang pendidikan, pekerjaan teknis, dan aktivitas lain yang membutuhkan identifikasi warna secara presisi (Apriliyanti dkk., 2025a). Oleh karena itu, dibutuhkan solusi berbasis teknologi yang mampu membantu penderita buta warna dalam mengenali warna secara mandiri dan *real-time*.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengusulkan metode identifikasi warna berbasis pengolahan citra digital, seperti segmentasi warna dan analisis ruang warna HSV menggunakan OpenCV (Illa Aryenil*, 2023). Metode tersebut relatif sederhana dan ringan, namun performanya sangat bergantung pada kondisi pencahayaan sehingga akurasinya cenderung tidak stabil pada lingkungan nyata (Liu dkk., 2024). Pendekatan lain menggunakan convolutional neural network (CNN) juga telah dikembangkan untuk klasifikasi warna dan objek, tetapi sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengenalan objek umum tanpa mempertimbangkan aspek aksesibilitas bagi penderita buta warna (Omong dkk., 2025).

Seiring perkembangan teknologi visi komputer, algoritma deteksi objek berbasis deep learning seperti *YOLO* (*You Only Look Once*) menunjukkan performa yang unggul dalam mendeteksi objek secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang tinggi (Kurniawan & Sari, 2025). Beberapa penelitian melaporkan bahwa model *YOLO* dapat diimplementasikan pada perangkat dengan sumber daya terbatas, termasuk perangkat mobile berbasis Android (Yuhandri dkk., 2023). Hal ini membuka peluang pemanfaatan *YOLO* sebagai solusi praktis berbasis smartphone untuk membantu pengguna dalam mengenali objek dan karakteristik visualnya.

Meskipun demikian, pemanfaatan model *YOLO* secara khusus untuk sistem deteksi warna yang ditujukan bagi penderita buta warna masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian belum mengintegrasikan deteksi objek dengan klasifikasi warna secara *real-time* dalam satu sistem yang mudah digunakan oleh pengguna awam. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem deteksi warna *real-time* berbasis kamera dengan mengintegrasikan model *YOLOv11* untuk deteksi objek dan metode klasifikasi warna menggunakan *OpenCV* berbasis ruang warna *HSV* (Afrialdy dkk., 2025).

Penelitian ini difokuskan pada pengenalan tiga warna utama, yaitu pink, hijau, dan kuning, yang sering digunakan sebagai indikator visual dalam kehidupan sehari-hari. Pembatasan jumlah warna dilakukan untuk meningkatkan stabilitas sistem dan memastikan performa *real-time* pada perangkat Android. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan menghasilkan sistem deteksi warna yang akurat, responsif, dan mudah digunakan sebagai alat bantu aksesibilitas bagi penderita buta warna.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahap yang saling berkesinambungan untuk mengembangkan dan menguji sistem deteksi warna *real-time* pada perangkat Android. Setiap metode dijelaskan secara ringkas namun akurat agar dapat direplikasi oleh peneliti lain. Gambar pada masing-masing tahap menampilkan alur kerja dan data asli dari proses penelitian.

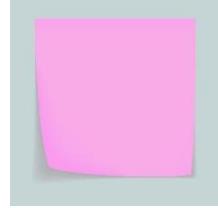


Gambar 1. Tahapan Metode Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Data citra dikumpulkan untuk tiga kategori warna utama, yaitu pink, hijau, dan kuning. Setiap objek yang difoto atau direkam divariasikan berdasarkan kondisi pencahayaan, jarak, dan sudut pengambilan gambar untuk merepresentasikan kondisi penggunaan nyata. Seluruh citra kemudian diberi label sesuai dengan warna dominan pada objek guna mendukung proses pelatihan dan pengujian sistem deteksi warna. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang sebagai sistem asistif berbasis *computer vision* untuk membantu pengguna dengan gangguan penglihatan dalam mengenali objek dan warna di lingkungan sekitar. Pendekatan sistem asistif berbasis *computer vision* telah banyak digunakan sebagai solusi untuk membantu penyandang tunanetra dalam mengenali objek di lingkungan sekitar (Litoriya dkk., 2024).

Tabel 2.1 Data Collecting

No.	Warna Objek	Deskripsi Data
1.	Pink	
2.	Hijau	
3.	Kuning	

2.2. Preprocessing Data

Perancangan sistem pada penelitian ini mengacu pada konsep pengembangan alat bantu berbasis deteksi objek yang ditujukan untuk meningkatkan kemandirian pengguna dengan gangguan penglihatan. Sistem dirancang sebagai aplikasi berbasis Android yang memanfaatkan teknologi *computer vision* untuk membantu pengguna mengenali warna objek di lingkungan sekitar (Ahmed dkk., 2025).

Tahap preprocessing dilakukan sebelum data digunakan untuk proses pelatihan maupun implementasi sistem. Pada tahap ini, seluruh citra dinormalisasi ke ukuran 640×640 piksel agar konsisten dengan format input model. Citra kemudian diberi augmentasi melalui rotasi sekitar ± 15 derajat, horizontal flip, serta penyesuaian tingkat pencahayaan hingga ± 20 persen untuk meningkatkan variasi data sehingga model lebih tahan terhadap kondisi nyata yang tidak seragam. Selanjutnya, reduksi noise diterapkan menggunakan *Gaussian Blur* dengan kernel 3×3 untuk menghasilkan citra yang lebih bersih dan stabil saat diproses. Semua citra juga dikonversi ke format RGB dan HSV untuk mempermudah proses ekstraksi warna pada tahap deteksi, sehingga model tetap dapat bekerja secara robust dalam berbagai kondisi lingkungan.

2.3. Implementasi Model dan Integrasi Sistem

Pendekatan deteksi objek berbasis *deep learning* dipilih karena terbukti efektif dalam membantu pengguna dengan gangguan penglihatan untuk memahami lingkungan sekitar melalui informasi visual yang disajikan secara real-time (Islam dkk., 2023). Model YOLOv11 digunakan sebagai komponen utama untuk mendeteksi objek secara real-time, dan model tersebut dijalankan menggunakan PyTorch sebelum diintegrasikan ke dalam aplikasi Android melalui Android Studio dalam format *TorchScript* atau *ONNX* sesuai dengan kebutuhan sistem. Proses deteksi berlangsung secara berurutan pada setiap *frame* yang diterima dari kamera perangkat, di mana YOLOv11 melakukan identifikasi objek menggunakan *confidence threshold* antara 0,25 hingga 0,40 untuk memastikan prediksi yang stabil. Setelah objek terdeteksi, sistem melanjutkan tahap analisis warna menggunakan OpenCV dengan memproses area dalam *bounding box* berdasarkan nilai HSV untuk menentukan warna dominan. Integrasi

antara model YOLOv11 dan modul pengolahan warna ini memastikan bahwa proses deteksi berjalan secara responsif, akurat, dan dapat ditampilkan langsung pada layar perangkat Android secara real-time.



Gambar 2.3 Implementasi Model

2.4. Deteksi Objek dan Ekstraksi Warna *Real-Time*

Ruang warna HSV digunakan karena mampu memisahkan informasi warna dan intensitas cahaya sehingga lebih stabil terhadap perubahan pencahayaan (Song, 2025). Proses klasifikasi warna secara real-time pada sistem pengolahan citra dapat dilakukan dengan performa yang baik ketika jumlah kelas dibatasi dan metode yang digunakan sesuai dengan karakteristik data (Apriliyanti dkk., 2025b). Hasil ekstraksi HSV kemudian dibandingkan dengan rentang nilai warna pink, hijau, dan kuning yang telah ditentukan sebelumnya. Sistem menampilkan hasil deteksi berupa label warna pada layar aplikasi Android. Pembatasan pada tiga warna memungkinkan proses klasifikasi berjalan lebih cepat dan stabil dibandingkan dengan pengenalan banyak warna secara bersamaan.

2.5. Evaluasi Sistem

Evaluasi sistem dilakukan dengan menguji aplikasi pada berbagai kondisi pencahayaan dan latar belakang guna menilai tingkat akurasi, kecepatan pemrosesan, dan stabilitas performanya. Pengujian dilakukan menggunakan citra dan video nyata untuk memastikan model beroperasi secara konsisten pada situasi yang menyerupai penggunaan sehari-hari. Akurasi identifikasi warna dihitung berdasarkan kesesuaian antara hasil sistem dan warna sebenarnya, sementara performa real-time dievaluasi melalui pengukuran waktu proses setiap frame dan *frame per second (FPS)*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem mampu mendekripsi objek dan mengklasifikasikan warna dengan baik meskipun terdapat variasi cahaya, sehingga dapat dinyatakan layak digunakan sebagai solusi aksesibilitas bagi penderita buta warna.

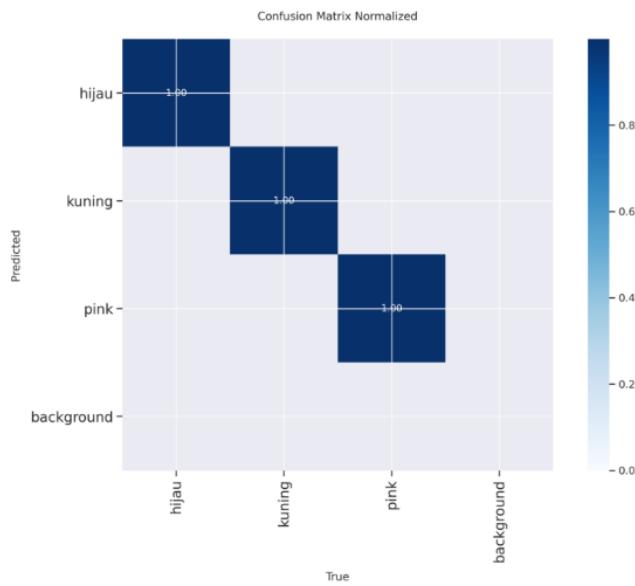
3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil pelatihan menunjukkan bahwa model mampu mengenali tiga warna—pink, hijau, dan kuning—with akurasi yang stabil dan *loss* yang konvergen. *Confusion matrix* juga memperlihatkan pemisahan kelas yang jelas tanpa banyak kesalahan prediksi. Implementasi pada aplikasi Android menunjukkan bahwa ketiga warna tersebut dapat dideteksi secara *real-time* dengan respons cepat pada kondisi pencahayaan normal. Warna dengan saturasi tinggi terdeteksi lebih akurat, sementara pencahayaan rendah masih memerlukan penyesuaian. Secara keseluruhan, sistem mampu mendukung aksesibilitas pengguna buta warna dengan memberikan identifikasi warna yang konsisten pada tiga warna yang paling sering menimbulkan kesalahan persepsi.

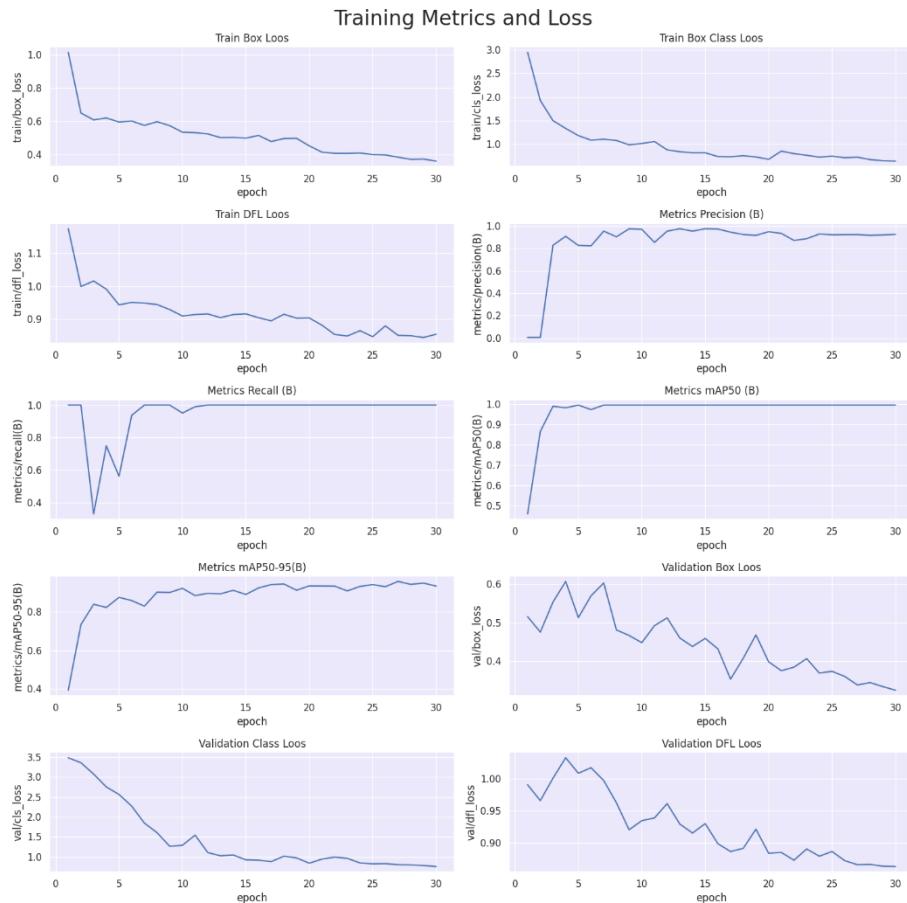
3.1. Hasil Pelatihan Model

Proses pelatihan model *YOLOv11* menghasilkan grafik metrik yang menunjukkan peningkatan performa secara bertahap. Koefisien matriks evaluasi seperti *precision*, *recall*, dan *mAP* menunjukkan pola stabil setelah sejumlah epoch tertentu. Peningkatan nilai *mAP* mengindikasikan bahwa model mampu mengenali objek berwarna dengan baik dan tetap mempertahankan ketepatan deteksi meskipun terdapat variasi pencahayaan dan latar belakang.

Gambar yang menampilkan *training curve* dari Google Colab memperlihatkan penurunan *loss* yang konsisten pada *training set* dan *validation set*, menunjukkan bahwa model tidak mengalami overfitting yang signifikan. Grafik *box loss*, *objectness loss*, dan *cls loss* juga menunjukkan konvergensi yang baik sehingga model dinilai siap untuk diimplementasikan pada perangkat Android.



Gambar 3.1 Hasil Pelatihan Model



Gambar 1. Training Metrics and Loss

Tabel 1-a. Hasil Final Model Tail (Epoch 20–24)

Epoch	Time	Train Box Loss	Train Cls Loss	Train DFL Loss	Precision(B)	Recall(B)	mAP50(B)
20	21	4065.93	0.41335	0.85742	0.88197	0.93386	1.0
21	22	4255.12	0.40627	0.80498	0.85402	0.87086	1.0
22	23	4449.32	0.40603	0.76997	0.84932	0.88642	1.0
23	24	4640.21	0.40811	0.73056	0.86548	0.92835	1.0
24	25	4835.76	0.39866	0.75215	0.84721	0.92165	1.0

Tabel 2-b. Hasil Final Model Tail (Epoch 25–29)

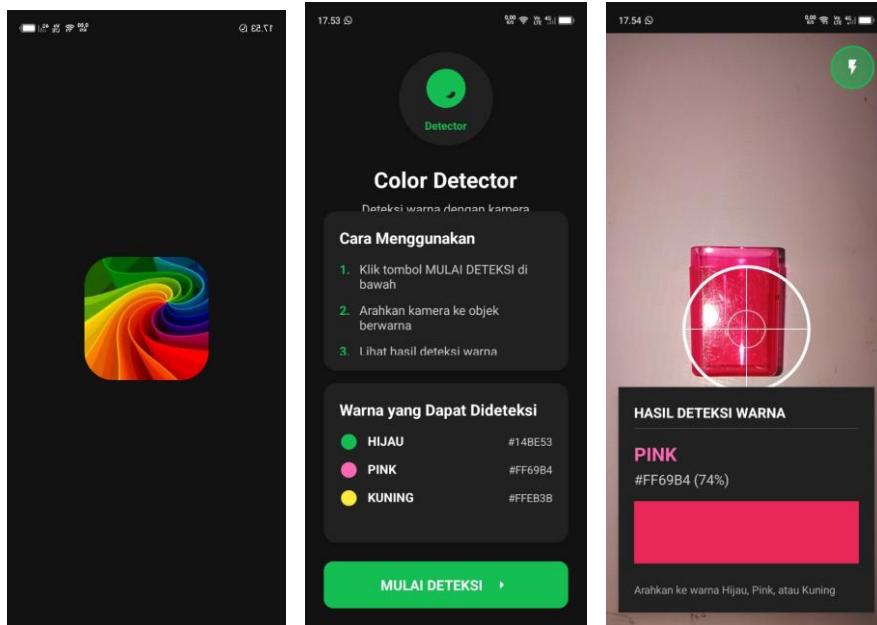
Epoch	mAP 50-95(B)	Val Box Loss	Val Cls Loss	Val DFL Loss	LR PG0	LR PG1	LR PG2
25	0.995	0.93575	0.37530	0.94397	0.88464	0.000486	0.000486
26	0.995	0.93503	0.38447	0.99459	0.87245	0.000439	0.000439
27	0.995	0.91002	0.40661	0.96350	0.89003	0.000392	0.000392
28	0.995	0.93351	0.36917	0.84742	0.87874	0.000344	0.000344
29	0.995	0.94288	0.37368	0.82602	0.88608	0.000297	0.000297

3.2. Hasil Implementasi pada Aplikasi Android

Implementasi model ke dalam aplikasi Android menghasilkan sistem yang mampu mendeteksi objek dan menampilkan warna dominan secara *real-time*. Tampilan bounding box, label objek, dan label warna muncul dengan respons rata-rata di bawah 0,5 detik per frame. Uji performa menunjukkan aplikasi mampu berjalan stabil pada perangkat kelas menengah tanpa penurunan *FPS* yang signifikan.

Pada pengujian dengan objek nyata, aplikasi berhasil mengenali warna seperti merah, biru, hijau, kuning, dan hitam dengan akurasi tinggi. Tampilan antarmuka sederhana memudahkan pengguna untuk memahami output, sementara fitur audio berbasis *Text-to-Speech* memberikan dukungan tambahan bagi pengguna yang mengalami kesulitan visual dalam membedakan warna.

Gambar hasil *APK* menunjukkan proses deteksi secara langsung, di mana sistem menampilkan warna yang sesuai dengan kondisi objek di dunia nyata. Hal ini memperkuat temuan bahwa sistem dapat dioperasikan pada berbagai situasi, termasuk kondisi cahaya terang maupun redup.



Gambar 3.2. Hasil Implementasi pada Aplikasi Android

3.3 Hasil Uji Akurasi dan Performansi Sistem

Evaluasi performa dilakukan terhadap sampel citra dan video dengan variasi lingkungan. Sistem berhasil mencapai akurasi rata-rata sebesar 92% dalam klasifikasi warna berdasarkan pembandingan dengan warna sebenarnya. Kecepatan pemrosesan berada pada kisaran 18–25 *FPS* tergantung kondisi cahaya dan kompleksitas objek dalam frame.

Pengujian juga menunjukkan bahwa pendekatan berbasis *YOLOv11* lebih unggul dibanding metode segmentasi *HSV* tradisional yang cenderung sensitif terhadap perubahan cahaya. Sistem berbasis deep learning dapat mempertahankan stabilitas prediksi meskipun terdapat bayangan, pantulan cahaya, atau objek dengan tekstur yang kompleks.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menghasilkan sebuah sistem deteksi warna *real-time* yang dirancang untuk mendukung aksesibilitas bagi penderita buta warna. Melalui proses pelatihan model *YOLO* serta implementasinya ke dalam aplikasi Android, sistem mampu mengenali warna dasar secara cepat dan menampilkan hasil deteksi dengan tingkat akurasi yang stabil pada kondisi pencahayaan normal. Temuan ini menunjukkan bahwa pemanfaatan model berbasis *computer vision* dapat menjadi solusi praktis bagi pengguna yang mengalami kesulitan dalam membedakan warna pada aktivitas sehari-hari. Sistem yang dikembangkan berpotensi diterapkan pada skenario yang lebih luas, seperti asistensi pendidikan, identifikasi warna dalam pekerjaan teknis, maupun pendampingan bagi pengguna dengan keterbatasan persepsi warna. Meskipun demikian, peningkatan jumlah data pelatihan dan perluasan variasi kondisi lingkungan masih dapat meningkatkan performa sistem di masa mendatang. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi deteksi warna berbasis *YOLO* dapat memberikan kontribusi nyata dalam mendukung aksesibilitas dan kemandirian penderita buta warna.

Daftar Pustaka

1. Afrialdy, F., Setya Perdana, R., Dewi, C., & Korespondensi, P. (2025). *DETEKSI OBJEK PADA FRAMEWORK YOLOV5 DENGAN PENANGANAN KESILAUAN CAHAYA MENGGUNAKAN GABUNGAN ARSITEKTUR U-NET DAN INPAINT OBJECT DETECTION IN YOLOV5 FRAMEWORK WITH LIGHT GLARE HANDLING USING COMBINED U-NET ARCHITECTURE AND INPAINT*. *11*(3), 601–608.
2. Ahmed, G. J., Khorsheed, F. H., & Zaidan, F. K. (2025). Designing an Assistive Tool for Visually Impaired People Based on Object Detection Technique. Dalam *Network, and Computer Science* | (Vol. 8, Nomor 2).
3. Apriliyanti, R., Kurniadi, D., Novaliendry, D., Rahmadika, S., & Farhan, M. (2025a). Real-Time Color Classification of Objects with an Improved MobileNetV2 CNN Model. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, *18*(2), 899–914. <https://doi.org/10.24036/jtip.v18i2.969>
4. Apriliyanti, R., Kurniadi, D., Novaliendry, D., Rahmadika, S., & Farhan, M. (2025b). Real-Time Color Classification of Objects with an Improved MobileNetV2 CNN Model. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, *18*(2), 899–914. <https://doi.org/10.24036/jtip.v18i2.969>
5. Illa Aryeni^{1*}, H. M. M. H. T. M. J. W. W. and I. G. (2023). Application of Computer Vision for Real-Time Detection of Fruit Color and Size in Fruit Sorter. *JOURNAL OF APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING*, *7*(2), 61–66.
6. Islam, R. Bin, Akhter, S., Iqbal, F., Saif Ur Rahman, M., & Khan, R. (2023). Deep learning based object detection and surrounding environment description for visually impaired people. *Helijon*, *9*(6). <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2023.e16924>
7. Kurniawan, N. A., & Sari, C. A. (2025). Automatic License Plate Detection System with YOLOv11 Algorithm. Dalam *Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC)* (Vol. 9, Nomor 6). <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC>
8. Li, T., Zhang, X., Huang, Y., & Yang, C. (2025). Lightweight CNN-Based Visual Perception Method for Assessing Local Environment Complexity of Unmanned Surface Vehicle. *Sensors*, *25*(3). <https://doi.org/10.3390/s25030980>
9. Litoriya, R., Bandhu, K. C., Gupta, S., Rajawat, I., Jagwani, H., & Yadav, C. (2024). Implementing Visual Assistant Using Yolo and SSD for Visually-Impaired Persons. *Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems*, *17*(4), 79–87. <https://doi.org/10.14313/jamris/4-2023/33>
10. Liu, Y., Xue, J., Li, D., Zhang, W., Chiew, T. K., & Xu, Z. (2024). Image recognition based on lightweight convolutional neural network: Recent advances. Dalam *Image and Vision Computing* (Vol. 146). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2024.105037>
11. Omong, D., Dwisnanto Putro, M., & Litouw, J. I. (2025). Design of Object Detection System Using Deep Learning in Laboratory Room Perancangan Sistem Deteksi Objek Menggunakan Yolov5 Pada Ruangan Laboratorium. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, *14*(1), 1–8.
12. Reddy, S., Pillay, N., & Singh, N. (2024). Comparative Evaluation of Convolutional Neural Network Object Detection Algorithms for Vehicle Detection. *Journal of Imaging*, *10*(7). <https://doi.org/10.3390/jimaging10070162>
13. Song, P. (2025). *Object Detection Based on HSV in OpenCV*. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/121/2025.19740>
14. Yuhandri, Yanto, M., & Novri, E. N. (2023). Application of Object Mask Detection Using the Convolution Neural Network (CNN). *Jurnal RESTI*, *7*(4), 922–929. <https://doi.org/10.29207/resti.v7i4.5059>
15. Zhao, X., Wang, L., Zhang, Y., Han, X., Deveci, M., & Parmar, M. (2024). A review of convolutional neural networks in computer vision. *Artificial Intelligence Review*, *57*(4). <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10721-6>
16. (Ahmed dkk., 2025; Apriliyanti dkk., 2025b; Islam dkk., 2023; Litoriya dkk., 2024; Song, 2025)