

# IMPLEMENTASI MSER DAN OPTICAL CHARACTER RECOGNITION (OCR) UNTUK DETEKSI TEKS PADA GAMBAR

Anisya Sonita <sup>a,1</sup>, Yulia Darnita <sup>b,2</sup>, Yovi Apridiansyah <sup>c,3\*</sup>, Ardi Wijaya <sup>d,4</sup>, Agung Kharisma Hidayah <sup>e,5</sup>, Rahmat Karindara <sup>f,6</sup>,

<sup>a, b, c, d, e, f</sup> Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Jl. Bali, Kp. Bali, Kec. Tlk. Segara, Kota Bengkulu, Bengkulu 38119

<sup>1</sup>[anisyasonita@umb.ac.id](mailto:anisyasonita@umb.ac.id); <sup>2</sup>[yuliadarnita@umb.ac.id](mailto:yuliadarnita@umb.ac.id); <sup>3</sup>[yoviapridiansyah@umb.ac.id](mailto:yoviapridiansyah@umb.ac.id)\*; <sup>4</sup>[ardiwijaya@umb.ac.id](mailto:ardiwijaya@umb.ac.id);

<sup>5</sup>[kharisma@umb.ac.id](mailto:kharisma@umb.ac.id); <sup>6</sup>[karindarahmat@gmail.com](mailto:karindarahmat@gmail.com)

\* corresponding author

## ARTICLE INFO

## ABSTRACT

### Keywords

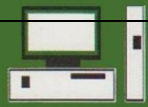
Computer Vision, Text Detection, MSER, OCR, Image Processing

*This research develops a text detection system in images by implementing the integration of Maximally Stable Extremal Regions (MSER) and Optical Character Recognition (OCR) methods. The main problem addressed is the limitation of text detection accuracy in images with complex background variations, different resolutions, and uneven lighting conditions. The research methodology involves data collection of 100 image samples from signboards in the surrounding environment, followed by preprocessing stages including MSER implementation for identifying stable regions with similar pixel intensity that potentially contain text, and OCR application for recognizing text from extracted regions. The system testing was conducted using confusion matrix with precision, recall, and accuracy parameters. The research results show that the developed system successfully achieved high performance with precision of 98%, recall of 94%, and accuracy of 94%. The MSER method proved effective in detecting text candidate regions despite variations in font, size, and orientation, while OCR demonstrated good capability in character recognition from the detected regions. This integration provides a robust and practical solution for automatic text detection applications in various real-world scenarios.*

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi yang pesat telah menghasilkan volume data visual yang sangat besar, dimana sebagian besar informasi tersebut tersimpan dalam bentuk gambar yang mengandung teks [1] [2]. Permasalahan mendasar dalam deteksi teks pada gambar terletak pada kompleksitas variasi karakteristik teks yang dapat muncul dalam berbagai kondisi. Teks pada gambar tidak hanya bervariasi dalam hal ukuran, jenis font, dan orientasi, tetapi juga menghadapi tantangan dari aspek lingkungan seperti pencahayaan yang tidak merata, latar belakang yang kompleks, dan distorsi geometris. Kondisi ini semakin dipersulit oleh keberadaan noise pada gambar serta variasi kualitas resolusi yang dapat mempengaruhi keterbacaan teks [3]. Tantangan-tantangan tersebut menuntut pengembangan pendekatan yang tidak hanya robust terhadap variasi kondisi, tetapi juga mampu memberikan akurasi yang konsisten dalam berbagai skenario penggunaan.

Penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi berbagai pendekatan untuk mengatasi permasalahan deteksi teks pada gambar dengan mengembangkan metode *real-time scene text localization and recognition* yang memanfaatkan extremal regions untuk deteksi kandidat karakter, kemudian menggunakan *classifier* untuk memvalidasi dan mengelompokkannya menjadi kata [4]. Pendekatan ini menunjukkan efektivitas dalam menangani teks pada *scene* natural dengan akurasi yang cukup baik.



Sementara itu, Fransiskus et al. (2019) mengusulkan pendekatan deep learning untuk reading text in the wild, yang mengintegrasikan convolutional neural networks untuk deteksi region dan *word recognition* secara *end-to-end* [5].

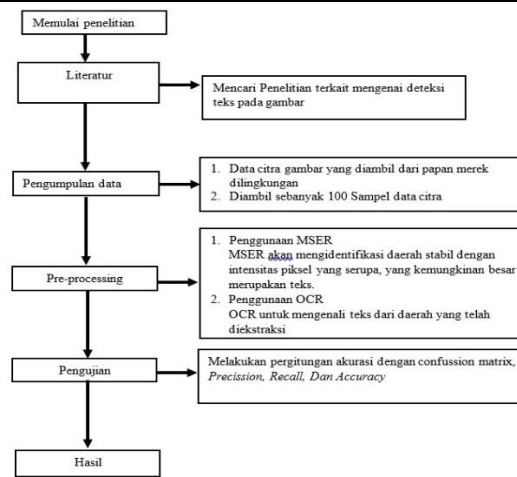
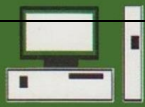
Pendekatan berbasis MSER telah mendapat perhatian khusus dari para peneliti karena kemampuannya dalam mendeteksi region yang stabil terhadap perubahan *threshold*. Anugrahita (2022) melakukan investigasi mendalam tentang efficient maximally stable extremal region (MSER) tracking, yang memberikan fondasi teoritis kuat untuk aplikasi MSER dalam text detection [6][7]. Hasil penelitian mereka menunjukkan peningkatan signifikan dalam *precision* dan *recall* dibandingkan dengan metode tradisional. Dalam konteks OCR, perkembangan teknologi *recognition* telah mengalami evolusi dari pendekatan *rule-based* hingga deep learning *approaches* [8]. Susetianingtiyas (2023) memperkenalkan *connectionist* temporal *classification* yang memungkinkan *training* RNN untuk *sequence recognition* tanpa memerlukan *pre-segmented* data, yang kemudian menjadi pondasi untuk modern OCR systems [9]. Averick (2025) mengembangkan ASTER (*An Attentional Scene Text Recognizer*) yang mengintegrasikan *spatial transformer networks* dengan *attention mechanism* untuk menangani *irregular text recognition*. Pendekatan ini menunjukkan kemampuan superior dalam menangani teks yang mengalami distorsi perspektif atau transformasi geometris [10].

Penelitian tentang kombinasi *detection* dan *recognition methods* juga telah menunjukkan hasil yang *promising*. mengusulkan deep *TextSpotter* untuk *end-to-end scene text spotting*, yang mengintegrasikan *text detection* dan *recognition* dalam *single neural network architecture*. Sistem ini mampu melakukan simultaneous detection dan recognition dengan shared feature representations, sehingga meningkatkan efisiensi computational dan konsistensi hasil [11]. Pendekatan serupa juga dikembangkan oleh Banu (2023) mengenai *Convolutional Recurrent Neural Network* (CRNN) dalam Pengenalan Karakter Optik (OCR) untuk industri pos yang memberikan gambaran tentang OCR dan penggunaan jaringan saraf serta dataset dalam OCR. Kesimpulannya menyoroti potensi untuk mencapai akurasi yang lebih tinggi dalam pengenalan karakter tulisan tangan menggunakan CNN [12].

Kebaruan yang ditawarkan dalam penelitian ini meliputi pengembangan adaptive MSER parameter *optimization* yang dapat menyesuaikan diri dengan *characteristics* gambar input, *design novel filtering mechanisms* untuk reducing false *positives* dari MSER *detection results*, serta *implementation intelligent preprocessing pipeline* yang dapat *enhance image quality* secara optimal untuk OCR *processing*. Selain itu, penelitian ini juga akan menghasilkan *comprehensive benchmark evaluation* yang membandingkan *performance* sistem yang dikembangkan. Kontribusi ini diharapkan dapat memberikan insights berharga bagi pengembangan *text detection systems* yang lebih robust dan praktis untuk *various real-world applications*.

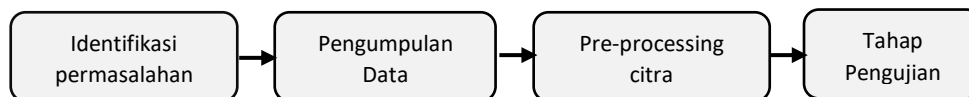
## 2. Metodologi Penelitian

Kerangka penelitian merupakan proses tahapan yang dilakukan dalam sebuah penelitian secara sistematis, mulai dari identifikasi masalah hingga memperoleh hasil. Kerangka ini berfungsi sebagai panduan agar penelitian berjalan terarah, konsisten, dan sesuai tujuan yang telah ditetapkan [13], [14], [15].



Gambar 1. Metode Eksperimen

Gambar tersebut menampilkan kerangka penelitian dalam bentuk flowchart yang menjelaskan tahapan penelitian mengenai deteksi teks pada gambar. Proses penelitian dimulai dengan tahap literatur, yaitu mencari penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan topik deteksi teks pada gambar. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data berupa citra gambar yang diambil dari papan merek di lingkungan sekitar, dengan jumlah total 100 sampel. Tahapan dalam metode pelaksanaan eksperimen ini adalah sebagai berikut [16], [17]:



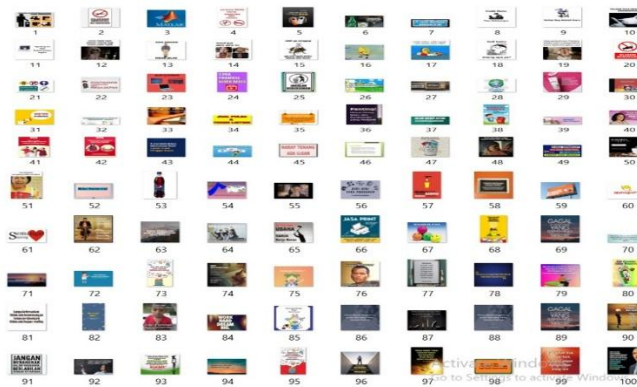
Gambar 2. Metode Pengembangan Eksperimen

### 2.1. Identifikasi Masalah

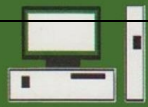
Identifikasi masalah mendasar, yaitu keterbatasan akurasi deteksi teks pada gambar dengan variasi kompleksitas latar belakang, resolusi berbeda, dan kondisi pencahayaan tidak merata. Masalah utama yang perlu diatasi mencakup false positive pada deteksi MSER dan kesalahan pengenalan karakter oleh OCR, terutama untuk teks berukuran kecil atau dengan font tidak biasa.

### 2.2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, data melibatkan akuisisi dataset gambar yang beragam, gambar alami (scene text), dan foto dengan berbagai kondisi pencahayaan. Dataset ini memperhatikan distribusi yang seimbang untuk berbagai skenario sulit seperti teks miring, distorsi perspektif, atau latar belakang bertekstur. Jumlah data yang akan digunakan sebanyak 100 data citra dengan ketentuan tersebut.



Gambar 3. Sampel Citra



### 2.3. Pre-processing

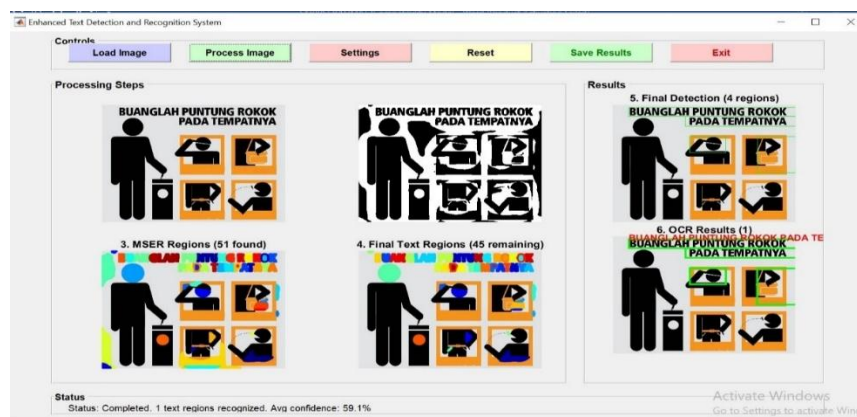
Pada tahap ini melibatkan pra-pemrosesan gambar yang mencakup konversi ke hitam putih, normalisasi intensitas, dan penerapan filter untuk mengurangi noise. Pada tahap ini, teknik seperti adaptive thresholding atau CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) dapat diaplikasikan untuk meningkatkan kontras teks terhadap latar belakang. Selanjutnya adalah deteksi wilayah teks menggunakan MSER. Algoritma ini bekerja dengan menganalisis variasi intensitas piksel pada berbagai level threshold untuk mengidentifikasi region-region stabil yang potensial mengandung teks. Parameter MSER seperti delta, area minimum/maksimum, dan stabilitas perlu dioptimalkan melalui serangkaian eksperimen untuk mendapatkan hasil deteksi yang optimal. Tahap selanjutnya meliputi post-processing hasil deteksi MSER, termasuk Penyaringan region berdasarkan ukuran dan aspek rasio, penggabungan region yang berdekatan, pembentukan bounding box untuk setiap wilayah teks terdeteksi. Tahap terakhir adalah pengenalan karakter menggunakan OCR. Pada tahap ini, wilayah teks yang telah terdeteksi diproses oleh mesin OCR untuk dikonversi menjadi teks.

### 2.4. Pengujian

Pada tahap ini evaluasi sistem menggunakan confusion matrix dengan metrik utama precision, recall, dan f1-score untuk mengukur performa deteksi dan akurasi pengenalan. Analisis mendalam terhadap false positive dan false negative dilakukan untuk mengidentifikasi pola kesalahan sistem, baik yang berasal dari keterbatasan MSER dalam menghadapi tekstur kompleks maupun kelemahan OCR dalam mengenali karakter tertentu. Hasil evaluasi ini menjadi dasar untuk perbaikan iteratif sistem melalui penyesuaian parameter dan penambahan kasus pelatihan yang ditargetkan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

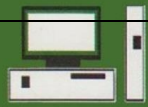
Hasil penelitian penerapan MSER dan OCR untuk deteksi teks pada gambar menghasilkan sebuah sistem deteksi teks pada citra dengan desain interface yang memudahkan dalam proses deteksi teks, dimana setiap proses dari deteksi teks ditampilkan dengan metode MSER dan OCR serta hasil teks yang disimpan kedalam bentuk format .text.



Gambar 4. Proses Deteksi Teks pada Citra

### 3.1. Load Image

Tahapan pertama dimulai dengan fungsi load Image yang memungkinkan pengguna memilih file gambar dengan format yang didukung (JPG, PNG, BMP, TIF). Sistem secara otomatis melakukan resize gambar jika ukurannya melebihi 1200 piksel untuk mengoptimalkan performance processing sambil mempertahankan aspect ratio. Gambar kemudian dikonversi dari RGB ke grayscale menggunakan fungsi rgb2gray untuk mempersiapkan tahap preprocessing selanjutnya. Sistem juga melakukan validasi untuk memastikan gambar berhasil dimuat dengan benar sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.



Gambar 5. Input Citra



Gambar 6. Ctra Threshold

### 3.2. MSER Detection

Deteksi MSER (Maximally Stable Extremal Regions) merupakan tahapan inti dalam identifikasi kandidat text regions. Sistem menggunakan fungsi `detectMSERFeatures` dengan parameter yang telah dioptimasi, yaitu `RegionAreaRange [30, 10000]` untuk membatasi ukuran region yang dideteksi, `ThresholdDelta 3` untuk mengontrol stabilitas region terhadap perubahan threshold, dan `MaxAreaVariation 0.25` untuk membatasi variasi area region yang diterima. MSER bekerja dengan cara mengidentifikasi region yang stabil ketika threshold binarisasi berubah secara bertahap, sehingga cocok untuk mendeteksi teks yang memiliki kontras konsisten dengan background.



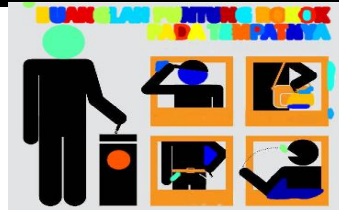
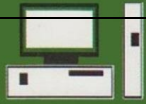
Gambar 7. MSER Detection

### 3.3. Geometric Filtering

Geometric filtering merupakan tahapan penting untuk mengeliminasi false positives dari hasil deteksi MSER. Sistem menggunakan `regionprops` untuk menghitung berbagai properti geometris dari setiap region, termasuk `BoundingBox`, `Eccentricity`, `Solidity`, `Extent`, dan `EulerNumber`. Parameter filtering yang diterapkan meliputi `aspect ratio threshold 10` untuk mengeliminasi region yang terlalu memanjang atau terlalu lebar, `eccentricity threshold 0.995` untuk menyaring region yang terlalu oval atau memanjang, `solidity threshold 0.3` untuk mengeliminasi region yang memiliki terlalu banyak lubang atau irregular shape, `extent threshold [0.2, 0.9]` untuk menyaring region berdasarkan rasio area region terhadap bounding box, dan `Euler number threshold -4` untuk mengeliminasi region dengan terlalu banyak holes. Proses filtering dilakukan dengan membuat boolean index yang mengidentifikasi region-region yang tidak memenuhi kriteria geometris yang telah ditetapkan. Region yang tidak lolos filtering akan dieliminasi dari kandidat text regions, sehingga hanya region dengan karakteristik geometris yang sesuai dengan teks yang akan dilanjutkan ke tahap berikutnya. Hasil filtering ditampilkan dengan update jumlah region yang tersisa setelah proses geometric filtering.

### 3.4. Stroke Width Transform Filtering

Stroke Width Transform (SWT) filtering merupakan teknik advanced untuk memvalidasi kandidat text regions berdasarkan karakteristik stroke width teks. Untuk setiap region yang lolos geometric filtering, sistem melakukan padding pada region image dan menghitung distance transform menggunakan `bwdist` untuk mendapatkan jarak setiap pixel terhadap boundary region.



Gambar 7. Stroke Width Transform Filtering

### 3.5. Text Region Merging dan Bounding Box Formation

Tahapan merging text regions bertujuan untuk menggabungkan region-region yang berdekatan dan kemungkinan merupakan bagian dari kata atau kalimat yang sama. Sistem mengekstrak bounding box dari setiap region yang lolos filtering dan melakukan ekspansi sebesar 5% untuk memberikan margin yang cukup. Kemudian dilakukan pengecekan overlap ratio antara semua pasangan bounding boxes menggunakan fungsi `bboxOverlapRatio` untuk mengidentifikasi region-region yang saling tumpang tindih atau berdekatan.



Gambar 8. Text Region Merging

### 3.6. Optical Character Recognition (OCR)

Tahapan OCR merupakan langkah final dalam pipeline text detection and recognition. Sistem menggunakan MATLAB OCR engine dengan konfigurasi parameter yang optimal, termasuk language setting (default 'eng'), character set yang comprehensive, dan text layout 'Block' untuk menangani multi-line text. OCR dijalankan pada preprocessed image dengan bounding boxes yang telah ditentukan dari tahap sebelumnya, sehingga processing fokus hanya pada region-region yang benar-benar mengandung teks.



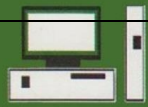
Gambar 9. Teks OCR



Gambar 10. Hasil Deteksi Teks

### 3.7. Pengujian Confussion Matrix.

Dalam proses deteksi karakter teks 100 data uji tersebut, banyak proses yang dilalui sehingga menghasilkan deteksi karakter teks, factor-faktor seperti resolusi, pencahayaan dan objek yang terlihat seperti teks serta font juga mempengaruhi hasil yang diharapkan, akan tetapi MSER berhasil



mendapatkan hasil region teks yang ada pada citra tersebut sehingga dapat disimpulkan dari pengujian 100 data tersebut diperoleh hasil sebagai berikut.

$$Precision = \frac{81}{81+1} \times 100\% = 0.98 = 98\%$$

$$Recall = \frac{81}{81+5} \times 100\% = 0.94 = 94\%$$

$$Accuracy = \frac{81+13}{81+13+1+5} \times 100\% = 0.94 = 94\%$$

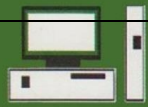
Hasil penelitian menunjukkan bahwa uji coba tingkat akurasi deteksi karakter teks menggunakan metode MSER dan OCR dengan evaluasi *confusion matrix* menghasilkan kinerja yang sangat baik. Tingkat *precision* atau ketepatan sistem dalam menghasilkan informasi yang sesuai dengan yang diinginkan mencapai 98%, menunjukkan bahwa sebagian besar karakter yang terdeteksi benar-benar relevan. Sementara itu, nilai *recall* atau kemampuan sistem dalam menemukan kembali seluruh informasi yang relevan adalah sebesar 94%, yang mengindikasikan bahwa sistem mampu mendeteksi sebagian besar karakter yang ada. Secara keseluruhan, tingkat *accuracy* atau keberhasilan sistem dalam mencocokkan hasil prediksi dengan nilai aktual yang diberikan berada pada kategori sangat tinggi, menunjukkan bahwa metode yang digunakan efektif dalam mendeteksi karakter teks secara akurat.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian implementasi MSER dan OCR untuk deteksi teks pada gambar, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan berhasil mencapai kinerja yang sangat baik dengan tingkat akurasi keseluruhan sebesar 94%. Integrasi antara metode MSER untuk tahap deteksi dan OCR untuk tahap pengenalan karakter terbukti efektif dalam mengatasi tantangan deteksi teks pada gambar dengan berbagai kondisi kompleksitas latar belakang, variasi pencahayaan, dan karakteristik teks yang beragam. Sistem menunjukkan *precision* yang sangat tinggi sebesar 98%, menandakan kemampuan yang excellent dalam meminimalkan false positive, serta *recall* sebesar 94% yang menunjukkan efektivitas dalam mendeteksi sebagian besar teks yang sebenarnya ada dalam gambar. Tahapan preprocessing yang mencakup konversi grayscale, Gaussian blur, median filtering, contrast enhancement, dan adaptive thresholding terbukti berkontribusi signifikan dalam meningkatkan kualitas input untuk proses deteksi selanjutnya. Implementasi geometric filtering dan Stroke Width Transform filtering berhasil mengurangi false positives dari hasil deteksi MSER, sementara tahap text region merging memungkinkan sistem untuk menggabungkan region-region yang berdekatan menjadi unit teks yang lebih bermakna. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa framework yang dapat diadaptasi untuk berbagai aplikasi text detection dalam dunia nyata, dengan potensi pengembangan lebih lanjut melalui optimasi parameter adaptif dan integrasi dengan teknologi deep learning untuk meningkatkan akurasi pada kondisi yang lebih challenging.

#### Daftar Pustaka

- [1] Cecep Abdul Cholik, "Teknologi Informasi, ICT," *J. Fak. Tek.*, vol. 2, no. 2, pp. 39–46, 2021.
- [2] Annisa Afifah Ramadhanti, A. Wijaya, A. Sonita, and Y. Darmi, "Implementasi Optical Character Recognition (Ocr) Untuk Pengenalan Karakter Meteran Pdam," *Jurnall Inov. Pendidik.*, vol. 6, no. 1, pp. 52–61, 2024, [Online]. Available: <https://journalpedia.com/1/index.php/jip/article/view/1285>
- [3] K. A. Nugraha, "Penerapan Optical Character Recognition untuk Pengenalan Variasi Teks pada Media Presentasi Pembelajaran 69," *J. Buana Inform.*, pp. 69–78, 2024.
- [4] S. Cahyadi, F. Damatraseta, and L. L. S, "Comparative Analysis Of Efficient Image Segmentation Technique For Text Recognition And Human Skin Recognition," *J. Inform. Kesatuan*, vol. 1, no. 1, pp.



- 81–90, 2021, doi: 10.37641/jikes.v1i1.775.
- [5] I. F. Alam, M. I. Sarita, and A. M. S. Sajiah, “Implementasi Deep Learning dengan Metode Convolutional Neural Network untuk Identifikasi Objek secara Real Time Berbasis Android,” *semanTIK*, vol. 5, no. 2, pp. 12–26, 2020.
- [6] D. Anugrahita, R. Mayasari, and S. Susilawati, “Analisis Kinerja Deteksi Algoritma FAST dan Algoritma MSER pada Citra Digital Berbasis Marker,” *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.)*, vol. 5, no. 2, p. 59, 2022, doi: 10.30595/jrst.v5i2.7796.
- [7] L. S. Banafar and D. L. Gupta, “Text Detection from Natural Images using MSER Algorithm,” *Int. J. Trend Sci. Res. Dev.*, vol. Volume-2, no. Issue-3, pp. 73–81, 2018, doi: 10.31142/ijtsrd10806.
- [8] Ezenwobodo and S. Samuel, “International Journal of Research Publication and Reviews,” *Int. J. Res. Publ. Rev.*, vol. 04, no. 01, pp. 1806–1812, 2022, doi: 10.55248/gengpi.2023.4149.
- [9] D. T. Susetianingtias, Rini Arianty, Rodiah, and Eka Patriya, “Pembentukan Model Recurrent Neural Network dan Connectionist Temporal Classification Pada Pengenalan Kata Tulisan Tangan Offline,” *Decod. J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 172–183, 2023, doi: 10.51454/decode.v3i2.151.
- [10] A. Holleran, “Precision Recognition of Irregular Scene Text Leveraging Advanced Attention Mechanisms,” *Trans. Comput. Sci. Methods*, vol. 5, no. 1, 2025, [Online]. Available: <https://pspress.org/index.php/tcsm/article/view/175/127>
- [11] I. P. A. E. D. Udayana and I. K. D. G. Supartha, “Implementasi Kombinasi Metode Mean Denoising dan Convolutional Neural Network pada Facial Landmark Detection,” *J. Nas. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 10, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.23887/janapati.v10i1.29779.
- [12] K. Banu, D. Andreas, W. Anggoro, and A. Setiawan, “OCR: Masa Depan Pengenalan Karakter Optik dan Dampaknya pada Kehidupan Modern,” *J. Teknol. Inf.*, vol. 9, no. 2, pp. 147–156, 2023, doi: 10.52643/jti.v9i2.3798.
- [13] Ardi Wijaya, Rozali Toyib, Jestika Safitri, Anisya Sonita, and Yulia Darnita, “Analysis of Twitter Sentiment in Cases Of Domestic Violence Comparison of Lexion-Based and Niave-Bayes,” *Int. J. Inf. Technol. Bus.*, vol. 7, no. 1, pp. 01–08, 2024, doi: 10.24246/ijiteb.712024.01-08.
- [14] B. Sasmito, B. H. Setiadji, and R. Isnanto, “Deteksi Kerusakan Jalan Menggunakan Pengolahan Citra Deep Learning di Kota Semarang,” *Teknik*, vol. 44, no. 1, pp. 7–14, 2023, doi: 10.14710/teknik.v44i1.51908.
- [15] S. Rahayuningsih, A. Sukmono, and B. Sasmito, “Analisis Haze Removal Dengan Metode Haze Optimized Transformation (Hot) Dan Metode Advance Haze Optimized Transformation (Ahot) Pada Citra Spot 7 Di Wilayah Kota Semarang,” *J. Geod. UNDIP*, vol. 9(1), pp. 38–47, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/26041>
- [16] Yovi Apridiansyah, A. Wijaya, Pahrizal, Rozali Toyib, and Arif Setiawan, “Pengolahan Citra Berbasis Video Proccesing dengan Metode Frame Difference untuk Deteksi Gerak,” *J. Appl. Comput. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 81–89, 2024, doi: 10.52158/jacost.v5i1.790.
- [17] F. Lestari, E. D. Putra, A. Sonita, and Y. Darnita, “Human Object Counter Tracking Using Connected Component Labelling On Digital Image Processing,” *J. Komputer, Inf. dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, pp. 251–258, 2023, doi: 10.53697/jkomitek.v3i2.1218.
- [18] E. Elvin and C. Lubis, “Klasifikasi Citra Ikan Menggunakan Convolutional Neural Network,” *J. Ilmu Komput. dan Sist. Inf.*, vol. 10, no. 1, 2022, doi: 10.24912/jiksi.v10i1.17827.
- [19] Y. Apridiansyah, A. M. Ardiansyah, A. Wijaya, T. Informatika, U. M. Bengkulu, and I. Artikel, “Combination of Deep Neural Network and YuNet for Python-Based Human Lifespan Prediction,” vol. 22, no. 1, pp. 30–45, 2025, doi: 10.31515/telematika.v22i2.14510.