
Perancangan Alat Pembaca Aksara Jawa pada Prasasti dengan Metode YOLO

Achmad Ubaidillah^{1*}, Achmad Fiqhi Ibadillah¹, Ulfa Lailatul Riski¹, Rahmad Fajar Sidik², S. Ida Kholida³

¹Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

²Program Studi Pendidikan IPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Trunojoyo Madura

Jl. Raya Telang No 02 Kamal Bangkalan 69162 Madura Jawa Timur

³Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Madura

Jl. Raya Panglegur Barat Tlanakan Pamekasan 69371 Jawa Timur

*E-mail Korespondensi : ubaidillah.ms@trunojoyo.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v18i1.28173>

Submitted November 25th 2024, Accepted April 3rd 2025, Published August 1st 2025

Abstrak

Memahami sejarah di suatu bangsa sangatlah penting. Prasasti merupakan suatu peninggalan sejarah yang penting bagi bangsa. Adanya prasasti dapat menjadi pelajaran bagi generasi penerus. Prasasti terbuat dari batu atau logam. Ada beberapa masalah dalam pembacaan prasasti, seperti pelumutan yang mempengaruhi keterbacaan tulisan, pengikisan dari pelumutan ataupun oleh hal lain yang juga menjadi kendala dalam hal penurunan tingkat keterbacaan prasasti. Di sisi lain, aksara Jawa merupakan penulisan bahasa Jawa selain menggunakan tulisan latin. Agak sulit untuk memahami dan menghafal aksara Jawa dikarenakan bentuknya dan jarang digunakan. Para arkeolog di Indonesia umumnya menggunakan alat yang cukup sederhana untuk membaca prasasti sehingga memakan waktu yang lama. Hal ini menambah rumit proses dokumentasi prasasti-prasasti yang ada. Oleh karena itu, pada penelitian ini dirancang alat untuk membaca dan menerjemahkan tulisan prasasti dengan prinsip pemantulan cahaya. Hal itulah yang menjadi kontribusi utama sekaligus kebaruan dari penelitian ini. Data yang sudah didapatkan kemudian diproses dengan image processing dan diartikan dari bahasa Jawa ke bahasa Indonesia. Metode yang digunakan adalah YOLO (*You Only Look Once*) untuk memproses pengolahan citra. Penambahan cahaya disekitar prasasti menggunakan lampu LED strip. Dari percobaan didapat tingkat keberhasilannya senilai 88.5% dan kegagalan senilai 11.5%. Besarnya intensitas cahaya dan ketepatan sudut datang cahaya sangat berpengaruh pada tingkat keberhasilan pembacaan tulisan pada prasasti.

Kata Kunci: pembaca, prasasti, aksara Jawa, *image processing*, YOLO

Abstract

*Understanding the history of a nation is very important. Inscriptions are an important historical relic for the nation. Inscriptions provide information and learning for future generations. Inscriptions are usually made of stone or metal. There are several problems in reading the inscription, such as smearing which affects the readability of the writing, erosion of the smear or other things which reduce the legibility of the inscription. On the other hand, Javanese script is a way of writing Javanese instead of using Latin script. It is quite difficult to understand and memorize Javanese script because of its shape and rarely used. Archaeologists in Indonesia generally use fairly simple tools to read inscriptions so it takes a long time. This adds complexity to the process of documenting existing inscriptions. Therefore, in this research a tool was designed to read and translate inscriptions using the principle of light reflection. This is the main contribution and novelty of this research. The data that has been obtained is then processed using image processing and interpreted from Javanese to Indonesian. The method used is YOLO (*You Only Look Once*) to process image processing. Adding light around the inscription using LED strip lights. From the experiment, the success rate was 88.5% and the failure rate was 11.5%. The intensity of the light and the accuracy of the angle of incidence of the light greatly influence the level of success in reading the writing on the inscription.*

Key words: reader, inscription, Javanese Script, *image processing*, YOLO

PENDAHULUAN

Prasasti adalah peninggalan manusia di masa lampau yang biasanya berisi sejarah, keadaan dan kejadian-kejadian pada masyarakat kuno yang sangat penting dan menjadi pembelajaran bagi generasi berikutnya (Sarip, 2020). Prasasti biasanya terbuat dari bahan logam, batu, bambu dan lontar (Hawkins & Weeden, 2021). Namun sering terjadi kerusakan pada prasasti yang diakibatkan oleh peluruhan, pelumutan, pengikisan, karatan dan lainnya (Palguna, 2021). Hal-hal tersebut dapat menyebabkan tulisan pada prasasti relatif sulit untuk dibaca dengan mata telanjang (Darme & Andhifani, 2023). Para Arkeolog

di Indonesia biasanya menggunakan alat-alat sederhana untuk membaca tulisan pada prasasti agar terlihat lebih jelas, seperti kuas untuk membersihkan, kamera untuk merekam dan ada teknik abklats yaitu dengan membuat imitasi tulisan prasasti (Al-Jallad, 2020). Tentu saja dengan cara seperti itu dibutuhkan waktu yang cukup lama dan dapat menambah rumit dokumentasi dari prasasti-prasasti yang ada (Marzali, 2023). Aksara Jawa adalah bentuk penulisan bahasa Jawa yang tidak berbentuk huruf latin sebagaimana digunakan secara umum di zaman ini. Huruf aksara Jawa terbilang sulit untuk dimengerti (Rasyidi et al., 2021). Seiring berkembangnya jaman, aksara Jawa semakin tertinggal dan kurang diminati oleh masyarakat dan jarang sekali digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Astuti et al., 2020). Prasasti-prasasti yang ada di pulau Jawa mayoritas masih menggunakan aksara Jawa (Ariani, 2020).

Aksara Jawa yang disebut juga dengan carakan merupakan huruf warisan bangsa Jawa. Bahasa di dalam aksara Jawa memiliki 20 aksara inti yang berkarakter silabik (bersifat suku kata). Ada 20 huruf aksara Jawa yang nglegena atau belum dilekati sandhangan. Inilah yang membedakan aksara Jawa dengan aksara latin yang mempunyai sifat fonemis (satu aksara atau abjad mengidentifikasikan satu fonem). Perbedaan tersebut juga nampak pada bentuk atau wujud abjad, sehingga sehingga diperlukan seorang ahli untuk membaca dan menerjemahkan aksara Jawa tersebut (Abdul Robby et al., 2019).

Banyak prasasti kuno yang menggunakan aksara Jawa kuno atau aksara Kawi yang berasal dari aksara Pallawa yang disederhanakan bentuk hurufnya sekitar abad ke delapan. Pengertian aksara Kawi dalam bahasa Sansekerta kawi berarti 'pujangga' dan merupakan aksara Brahmi yang pernah dipakai di daerah wilayah kelautan Asia Tenggara sekitar abad 8 hingga 16 Masehi. Aksara tersebut biasa dipakai di wilayah Jawa, Madura, Bali serta beberapa wilayah di Indonesia bahkan hingga Filipina. Aksara tersebut biasa digunakan dalam penulisan bahasa Jawa Kuno dan Sansekerta. Aksara Kawi juga merupakan abugida, yang berarti hurufnya mempresentasikan sebuah suku kata dengan vokal "a" yang bisa diganti dengan pemanfaatan tanda baca (Prihandi et al., 2020).



Gambar 1. Aksara Jawa

Beberapa tanda baca atau sandhangan pada aksara Jawa dapat mengganti vocal aksara tersebut (sebagaimana harakat pada huruf Arab) serta dapat menambah konsonan dibelakang. Sejumlah tanda baca pada aksara Kawi dapat digunakan secara bersamaan, namun tidak semuanya bisa dikombinasikan. Tanda baca seperti koma dan titik bisa dipakai untuk mengawali dan mengakhiri suatu kalimat (Saputro et al., 2020).

★ SANDHANGAN			
o	Wulu : i	-----\	Pada lungsi : titik
o	Pêpêt : ê	---	Pada pangkat
u	Suku : u	—C	Cakra ra : ... ra
u	Taling : e	—C	Cakra keret : ... re
u	Taling tarung : o	—C	Cakra la : ... la
—	Layar : r (mati)	—C	Cakra wa : ... wa
—	Cecak : nga (mati)	—C	Pengkal : ... ya
—	Wignyan : h (mati)	—C	pa ceret : ... re
—	Pangkon : paten	—C	nga lelet : ... le
—	Pada lingsa : koma (,)	—C	pada adeg-adeg

Gambar 2. Sandhangan atau tanda baca pada aksara Jawa

YOLO merupakan pendekatan yang dilakukan untuk pendeteksian objek secara *real-time*. YOLO mengaplikasikan pendekatan jaringan syaraf tunggal (*single neural network*) untuk mendeteksi objek. Cara kerja YOLO adalah dengan melihat keseluruhan gambar sekali, selanjutnya melewati jaringan saraf sekali, kemudian mendeteksi objek yang ada. Sebuah model diterapkan pada sebuah gambar di beberapa lokasi dan skala. Daerah pada citra yang diberi skor paling tinggi dianggap sebagai sebuah deteksi (Diwan *et al.*, 2023).

Penelitian (Alfarizi *et al.*, 2023) dan (Aini *et al.*, 2021) mengusulkan membuat alat yang dapat mengenali objek dengan metode YOLO. Sedangkan penelitian (Fakhruddin *et al.*, 2019) mengusulkan sistem informasi pembacaan aksara Jawa. Penelitian ini menggabungkan 3 penelitian tersebut, yaitu mengusulkan membuat alat pembaca prasasti berbahasa Jawa kuno. Pencahayaan ditambahkan kepada desain alat dengan beberapa sudut datang cahaya yang berbeda, sehingga dapat menghasilkan pencahayaan yang tepat dan menghasilkan permbacaan tulisan aksara Jawa yang lebih jelas tingkat keterbacaannya. Setelah tulisan sudah dapat terbaca dengan jelas selanjutnya diolah dengan *image processing* untuk mengenali huruf yang ada pada prasasti dan beberapa profil prasasti, seperti ukuran prasasti, arti tulisan, ataupun sejarah dibalik prasasti tersebut. Beberapa hal tersebut adalah kontribusi utama dan keterbaruan dari penelitian ini.

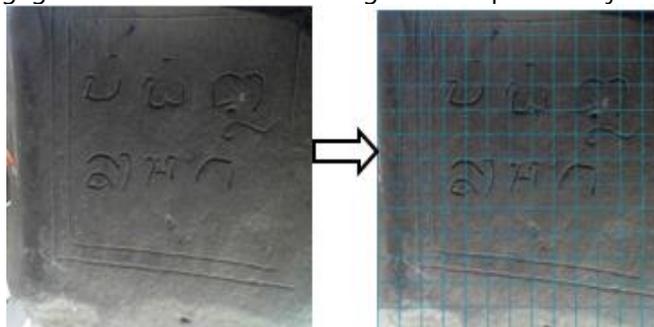
METODE PENELITIAN

Image processing atau pengolahan citra digital adalah proses pengolahan sinyal yang memanfaatkan *input* gambar dengan teknik tertentu, yang kemudian keluarannya diubah menjadi gambar lain. Pengolahan citra memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitas gambar akibat transmisi dan akuisisi sinyal agar dapat lebih mudah dibaca oleh penglihatan manusia (Maier *et al.*, 2019).

Berikut ini adalah beberapa tahapan proses pengolahan citra digital (Tournier *et al.*, 2019):

1. Akuisisi citra, proses pengolahan citra digital yang bertujuan untuk mengambil gambar yang akan digunakan dengan memakai sensor pencitraan baik berupa kamera, *scanner*, atau lainnya.
2. *Preprocessing* citra, proses pengolahan citra yang bertujuan untuk memproses citra lebih lanjut, baik dengan cara melakukan ekstraksi fitur atau dengan melakukan klasifikasi. Pada teknik *preprocessing* ini, sering dilakukan proses *cropping* atau melakukan perubahan ukuran gambar.
3. Segmentasi, proses pengolahan citra yang bertujuan untuk melakukan pembagian beberapa citra menjadi beberapa bagian. Proses ini dilakukan sampai objek yang dikehendaki pada suatu aplikasi terpisah dari objek aslinya.
4. Representasi dan deskripsi. Representasi dilakukan untuk menyatakan data piksel kedalam bentuk data yang akan diolah oleh komputer. Dan proses selanjutnya adalah melakukan deskripsi yang dilakukan dengan mengekstrak kembali fitur untuk menghasilkan informasi secara kuantitatif dari suatu citra sehingga dapat dibedakan citra antar kelas.
5. Pengenalan, proses pelabelan pada objek citra yang sesuai dengan fitur citra yang diperoleh dari objek.

Algoritma YOLO membagi gambar masukkan kedalam grid SxS seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Proses gambar dibagi menjadi grid SxS

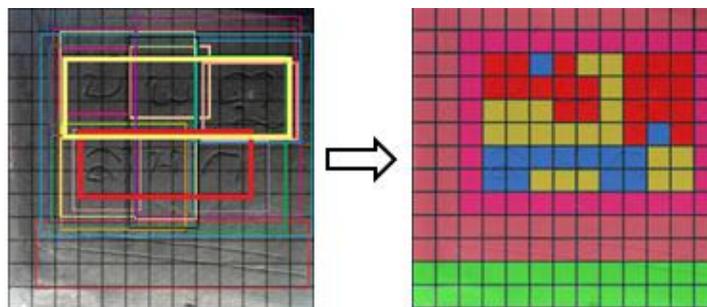
Beberapa proses mendeteksi objek dengan metode YOLO adalah sebagai berikut (Huang *et al.*, 2021):

1. Mengubah ukuran *input* yang berupa gambar menjadi SxS.
2. Mengoperasikan jaringan syaraf tunggal pada gambar *input*.

3. Menerapkan *threshold* hasil pendeteksian objek berdasarkan nilai *confidence*.

Jika titik pusat suatu objek jatuh dalam grid, maka grid tersebut akan mendeteksi objek yang masuk. Setiap sel grid memprediksi kotak pembatas (*bounding boxes*) B dan nilai keyakinan (*confidence score*) untuk kotak tersebut, serta probabilitas kelas kondisional C. *Confidence score* merupakan nilai yang menyatakan seberapa akurat kotak pembatas berdasarkan pendeteksian. *Confidence score* bernilai 0 ketika tidak ada objek yang terdeteksi pada grid (Huang et al., 2021).

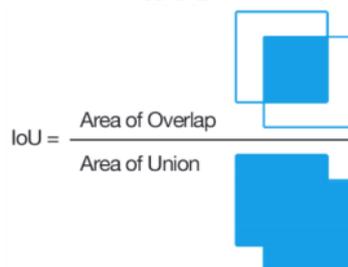
Setiap kotak pembatas terdiri dari 5 komponen yang meliputi x, y, w, h dan *confidence*. Nilai koordinat (x, y) mendefinisikan pusat kotak, relatif terhadap batas kotak dari grid. Nilai koordinat kemudian dinormalisasi agar bernilai antara 0 dengan 1. Lebar (w) dan tinggi (h) relatif terhadap keseluruhan gambar yang juga akan dinormalisasi. *Confidence score* menggambarkan seberapa akurat model tersebut, dengan *bounding box* berisikan objek dan seberapa akurat prediksi. Indikator akhir prediksi adalah *class confidence score* yang didasarkan pada probabilitas kondisional kelas dan *box confidence score*. *Class confidence score* mengukur nilai kepercayaan terhadap klasifikasi dan lokalisasi objek. *Class Confidence score* menyatakan nilai keyakinan setiap kotak yang mengkodekan probabilitas kelas yang ada pada kotak dan seberapa akurat tingkat prediksinya terhadap objek (Chen et al., 2021).



Gambar 4. *Bounding Box* yang terprediksi dan Peta kelas probabilitas

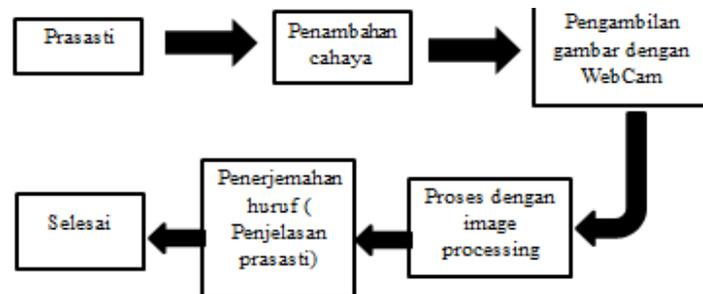
Setelah *bounding box* gambar terdeteksi, proses selanjutnya adalah menerapkan *Non-Max Supression* yang terhubung pada algoritma objek deteksi untuk menyaring *bounding box* yang terdeteksi. *Non-Max Supression* melakukan seleksi dengan mengurangi *bounding box* yang muncul secara berlebihan. Seleksi dilakukan sampai tersisa satu *bounding box* yang memiliki nilai *confidence* tertinggi dan dianggap deteksi paling akurat (Dewantoro et al., 2020). *Loss Function* digunakan untuk mengevaluasi hasil deteksi *bounding box*. Setelah *bounding box* dan *confidence score* yang akurat berhasil dideteksi, maka objek tersebut ditampilkan. Dan jika tidak terdeteksi, maka tampilkan objek tidak terdeteksi (Zhang et al.,2020). IoU adalah *metric* evaluasi untuk mengukur akurasi detektor objek pada *data set* tertentu. IoU merupakan perbandingan antara *ground-truth bounding box* dengan prediksi *bounding box*. IoU menghitung luas area perpotongan, kemudian membaginya dengan luas area gabungan antara 2 *bounding box*. Nilai tersebut kemudian digunakan sebagai penentu akurasi *bounding box* yang diprediksi dengan luas objek yang sesungguhnya (Sumit et al., 2020). Rumus IoU ditunjukkan oleh persamaan sebagai berikut :

$$IoU = \frac{A \cap B}{A \cup B} \tag{1}$$



Gambar 6. Intersection over Union

Non-maximum suppression (NMS) merupakan algoritma filterisasi *bounding box* yang terdeteksi. Untuk mendapatkan *bounding box* yang paling akurat dari semua *bounding box* yang telah diprediksi, algoritma menerapkan fungsi *non-max*. Teknik ini diterapkan dalam seleksi *bounding box* yang muncul berlebihan pada suatu objek yang sama dengan "menekan" *bounding boxes* dengan nilai keyakinan yang terhitung kecil dan hanya mempertahankan nilai *confidence* yang terbaik (Aly et al., 2021). Secara garis besar, perancangan sistem pembaca aksara Jawa pada prasasti ditunjukkan oleh Gambar 7 berikut ini.

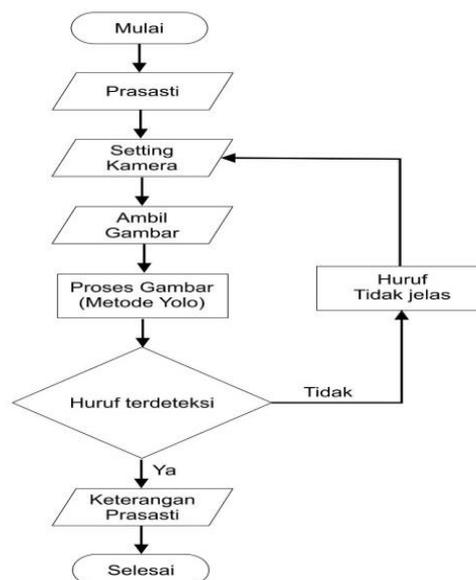


Gambar 7. Perancangan sistem

Di sisi lain, proses pengambilan gambar dilakukan melalui 3 tahapan berikut ini :

1. Proses penambahan cahaya menggunakan beberapa lampu *light emitting diode* (LED) yang bisa dinyalakan dan dimatikan secara manual.
2. Proses pengambilan gambar menggunakan kamera *WebCam* dengan variasi sudut datang cahaya.
3. *Image processing* dan penerjemahan tulisan dari bahasa Jawa ke bahasa Indonesia.

Adapun *flowchart* dari sistem pembaca aksara Jawa pada prasasti pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. *Flowchart* sistem

Pada penelitian ini menggunakan *input* dari prasasti yang diberi pencahayaan oleh LED yang kemudian ditangkap oleh kamera. Dari pengaturan pencahayaan akan mendapatkan pencahayaan yang sesuai untuk pengambilan gambar agar hasil yang didapat lebih akurat, selanjutnya kamera akan menangkap gambar dari tulisan pada prasasti kemudian diproses dengan pengolahan citra menggunakan metode YOLO. Jika pendeteksian berhasil akan keluar keterangan tentang prasasti yang meliputi penerjemahan tulisannya. Dan jika belum berhasil, maka proses akan mengulang embali dari proses penambahan cahaya untuk pengambilan gambar yang sesuai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Observasi penelitian ini meliputi beberapa pengujian, yaitu pengujian pengaturan cahaya, pengujian pembacaan tulisan pada prasasti, serta pengujian penerjemahan aksara Jawa. Pengujian pengaturan cahaya dilakukan dengan membandingkan penangkapan objek tanpa pencahayaan dengan disertai pencahayaan yang sudah disesuaikan. Hasil pengujian pengaturan cahaya ditunjukkan oleh Tabel 1. Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil pembacaan prasasti yang diobservasi tanpa pencahayaan dan dengan pencahayaan tambahan sangat berbeda. Prasasti yang ditambahi pencahayaan terlihat lebih jelas tulisannya dan bisa dibaca. Sedangkan prasasti tanpa pengaturan pencahayaan tulisannya relatif sulit untuk dibaca.

Tabel 1. Hasil pengujian pengaturan cahaya

No	Tanpa Penambahan cahaya	Dengan Penambahan Cahaya
1		
2		
3		

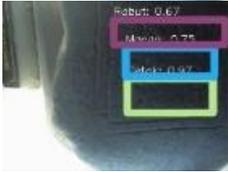
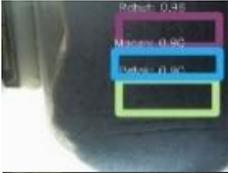
Pengujian berikutnya adalah dengan pencahayaan dari berbagai sudut datang cahaya, yaitu dari arah sisi bawah, kiri, atas dan kanan dari prasasti. Pencahayaan yang diberikan adalah 2 tingkat dari lampu LED, yaitu dari bawah 1 LED dan 2 LED dari arah sisi bagian atas. Tujuan pengujian ini adalah untuk mencari posisi pencahayaan yang paling tepat dalam pembacaan tulisan yang ada pada prasasti. Pengujian ini menerapkan deteksi *bounding box* dan nilai akurasi pada setiap tulisan yang terdeteksi pada sebuah prasasti. Percobaan dikatakan berhasil ketika tulisan pada prasasti terdeteksi semua dan agenda prasasti bisa ditampilkan semua. Agenda prasasti meliputi arti tulisan, ukuran, dan penjelasan lain tentang prasasti. Dari hasil pengujian ini dapat dihitung prosentase keberhasilan dan kegagalan alat dengan mengikuti persamaan (2) dan persamaan (3) berikut ini:

$$\text{Keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah objek terdeteksi}}{\text{Jumlah total pengujian}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Kegagalan} = \frac{\text{Jumlah gagal deteksi}}{\text{Jumlah total pengujian}} \times 100 \quad (3)$$

Contoh hasil pengujian ditunjukkan oleh Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Pengujian deteksi tulisan

No	Arah Cahaya	Hasil Deteksi	Nilai Confidence	Keterangan
1	Bawah		Rabut = 0 Macan = 0 Petak = 0.72 Rerata = 0.24	Terdeteksi 1 Tidak Tampil Keterangan Prasasti
2	Kiri		Rabut = 0.67 Macan = 0.75 Petak = 0.97 Rerata = 0,79	Terdeteksi semua, Tampil Keterangan Prasasti
3	Atas		Rabut = 0.96 Macan = 0.90 Petak = 0.90 Rerata = 0.92	Terdeteksi Semua, Tampil Keterangan Prasasti
4	Kanan		Rabut = 0.87 Macan = 0.79 Petak = 0.95 Rerata = 0,87	Terdeteksi Semua, Tampil Keterangan Prasasti

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil terbaik pada pendeteksian tulisan dan penerjemahan tulisan adalah terjadi pada skema intensitas cahaya redup dengan penambahan lampu LED dari sisi bagian bawah dan intensitas cahaya sedang dengan penambahan lampu LED dari sisi bagian bawah. Percobaan pembacaan prasasti tersebut memiliki akurasi yang baik dan semua tulisan dapat dideteksi secara penuh. Dari semua pengujian yang dilakukan dengan menggunakan 4 prasasti, diperoleh data tingkat keberhasilan dan kegagalan alat sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Tingkat keberhasilan dan kegagalan alat

	P1	P2	P3	P4	Jumlah	%
Keberhasilan	22	21	21	21	85	88,5
Kegagalan	2	3	3	3	11	11,5
Jumlah	24	24	24	24	96	

Dengan cara yang sama, berikutnya dilakukan pengujian pengaruh kedalaman tulisan terhadap tingkat keberhasilan pembacaan, sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 4 berikut ini. Tabel 4 menunjukkan bahwa semakin dalam tulisan prasasti, tingkat keberhasilan semakin baik. sebaliknya, semakin tipis ukuran kedalaman prasasti, maka tingkat kegagalan juga semakin besar.

Tabel 4. Hasil percobaan pengaruh kedalaman tulisan terhadap tingkat keberhasilan pembacaan prasasti

	P1	P2	P3	P4
Kedalaman tulisan	2 mm	3 mm	4 mm	3 mm
Keberhasilan	77,3%	87,5%	90,6%	87,5%
Kegagalan	22,7%	12,5%	9,4%	12,5%



Gambar 9. Contoh agenda yang ditampilkan jika pembacaan prasasti berhasil



Gambar 10. Contoh agenda yang tidak muncul jika pembacaan prasasti gagal

Gambar 9 dan Gambar 10 menunjukkan salah satu hasil pengujian penerjemahan ke dalam bahasa Indonesia pasca pembacaan tulisan pada prasasti yang berbahasa Jawa kuno. Jika pengujian pembacaan tulisan berhasil, yaitu tulisan pada suatu prasasti terdeteksi penuh, maka akan ditampilkan beberapa agenda dari prasasti tersebut yang berisi informasi tentang ukuran prasasti, arti tulisan yang ada pada prasasti dan penjelasan lain tentang prasasti tersebut. Berikut ini adalah contoh pengujian penerjemahan tulisan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil observasi dan hasil pengujian, diperoleh kesimpulan bahwa pencahayaan sangat berpengaruh pada pendeteksian tulisan prasasti. Jika pencahayaan baik dan sesuai sudut datangnya, maka akurasi deteksi tulisan pada prasasti tinggi. Kedalaman tulisan prasasti juga sangat berpengaruh pada tingkat keberhasilan pembacaan tulisan. Semakin dalam tulisan akan semakin bagus hasil yang diperoleh. Tingkat keberhasilan pembacaan tulisan prasasti adalah sebesar 88,5% dan tingkat kegagalannya sebesar 11,5%. Tentu saja tingkat keberhasilan seperti itu relatif kurang baik. Saran bagi penelitian selanjutnya adalah memperbaiki akurasi dan tingkat keberhasilan pembacaan tulisan pada prasasti. Jenis prasasti juga disarankan tidak hanya berbahan batu saja, melainkan dapat diaplikasikan pada berbagai jenis bahan prasasti.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Robby, G., Tandra, A., Susanto, I., Harefa, J., & Chowanda, A. (2019). Implementation of optical character recognition using tesseract with the javanese script target in android application. *Procedia Computer Science*, 157, 499–505. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.006>
- Aini, Q., Lutfiani, N., Kusumah, H., & Zahran, M. S. (2021). Deteksi dan Pengenalan Objek Dengan Model Machine Learning: Model Yolo. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 6(2), 192. <https://doi.org/10.24114/cess.v6i2.25840>
- Al-Jallad, A. (2020). Notes on the language of the Hismaic Inscriptions and a re-reading of Line 4 of the Madaba Hismaic Inscription. *Journal of the Royal Asiatic Society*, 30(3), 561–569. <https://doi.org/10.1017/S1356186319000476>
- Aly, G. H., Marey, M., El-Sayed, S. A., & Tolba, M. F. (2021). YOLO Based Breast Masses Detection and

- Classification in Full-Field Digital Mammograms. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 200, 105823. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105823>
- Ariani, D. (2020). Pengembangan Media Karsawa (Kartu Aksara Jawa) Untuk Pembelajaran Menulis Aksara Jawa Di Kelas Iii Sekolah Dasar. *Jpgsd*, 08(01), 154–164.
- Chen, W., Huang, H., Peng, S., Zhou, C., & Zhang, C. (2021). YOLO-face: a real-time face detector. *Visual Computer*, 37(4), 805–813. <https://doi.org/10.1007/s00371-020-01831-7>
- Darme, M., & Andhifani, W. R. (2023). Masuk Dan Berkembang Agama Hindu Dalam Pengaruhnya Terhadap Sistem Kepercayaan Masyarakat Nusantara. *Danadyaksa Historica*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.32502/jdh.v3i1.6045>
- Dewantoro, N., Fernando, P. N., & Tan, S. (2020). YOLO Algorithm Accuracy Analysis in Detecting Amount of Vehicles at the Intersection. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 426(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012164>
- Diwan, T., Anirudh, G., & Tembhrne, J. V. (2023). Object detection using YOLO: challenges, architectural successors, datasets and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 82(6), 9243–9275. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13644-y>
- Fakhrudin, D., Sachari, A., & Haswanto, N. (2019). Pengembangan Desain Informasi dan Pembelajaran Aksara Jawa melalui Media Website. *ANDHARUPA: Jurnal Desain Komunikasi Visual & Multimedia*, 5(01), 1–23. <https://doi.org/10.33633/andharupa.v5i01.1990>
- Hawkins, J. D., & Weeden, M. (2021). The New Inscription from Türkmenkarahöyük and its Historical Context. *Altorientalische Forschungen*, 48(2), 384–400. <https://doi.org/10.1515/afo-2021-0015>
- Huang, S., He, Y., & Chen, X. A. (2021). M-YOLO: A Nighttime Vehicle Detection Method Combining Mobilenet v2 and YOLO v3. *Journal of Physics: Conference Series*, 1883(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1883/1/012094>
- Indah Puji Astuti, Ega Feri Romawati, & Ida Widaningrum. (2020). Rancang Bangun Aplikasi Mobile Pengenalan Huruf Jawa (Aksara Jawa) Berbasis Android. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, 1(2), 93–100. <https://doi.org/10.37859/coscitech.v1i2.2185>
- Maier, A., Syben, C., Lasser, T., & Riess, C. (2019). A gentle introduction to deep learning in medical image processing. *Zeitschrift Fur Medizinische Physik*, 29(2), 86–101. <https://doi.org/10.1016/j.zemedi.2018.12.003>
- Marzali, A. (2023). Sejarah awal kerajaan melayu di jambi. *Jurnal Pengajian Melayu*, 34(2), 65–80. <https://doi.org/10.22452/jomas.vol34no2.5>
- Nafis Alfarizi, D., Agung Pangestu, R., Aditya, D., Adi Setiawan, M., & Rosyani, P. (2023). Penggunaan Metode YOLO Pada Deteksi Objek: Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis. *Jurnal Artificial Intelligent Dan Sistem Penunjang Keputusan*, 1(1), 54–63. <https://jurnalmahasiswa.com/index.php/aidanspk>
- Prihandi, I., Ranggadara, I., Dwiasnati, S., Sari, Y. S., & Suhendra. (2020). Implementation of Backpropagation Method for Identified Javanese Scripts. *Journal of Physics: Conference Series*, 1477(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1477/3/032020>
- Rahma, L., Syaputra, H., Mirza, A. H., & Purnamasari, S. D. (2021). Objek Deteksi Makanan Khas Palembang Menggunakan Algoritma YOLO (You Only Look Once). *Jurnal Nasional Ilmu Komputer*, 2(3), 213–232. <https://doi.org/10.47747/jurnalnik.v2i3.534>
- Rasyidi, M. A., Bariyah, T., Riskajaya, Y. I., & Septyani, A. D. (2021). Classification of handwritten javanese script using random forest algorithm. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 10(3), 1308–1315. <https://doi.org/10.11591/eei.v10i3.3036>
- Saputro, N. D., Romadhani, T., & Dewanto, F. M. (2020). Designing Android Based Education Game Aksara

- Jawa Using Shuffle Random Algorithm. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 835(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/835/1/012040>
- Sarip, M. (2020). Kajian Etimologis Kerajaan (Kutai) Martapura di Muara Kaman, Kalimantan Timur. *Yupa: Historical Studies Journal*, 4(2), 50–61. <https://doi.org/10.30872/yupa.v4i2.264>
- Sumit, S. S., Watada, J., Roy, A., & Rambli, D. R. A. (2020). In object detection deep learning methods, YOLO shows supremum to Mask R-CNN. *Journal of Physics: Conference Series*, 1529(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1529/4/042086>
- Tournier, J. D., Smith, R., Raffelt, D., Tabbara, R., Dhollander, T., Pietsch, M., Christiaens, D., Jeurissen, B., Yeh, C. H., & Connelly, A. (2019). MRtrix3: A fast, flexible and open software framework for medical image processing and visualisation. *NeuroImage*, 202(August), 116137. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116137>
- Wang, N., Sun, Q., Jiao, Q., & Ma, J. (2020). Oracle bone inscriptions detection in rubbings based on deep learning. *2020(1)*, 1671–1674. <https://doi.org/10.1109/ITAIC49862.2020.9339132>
- Wang, N., Zhao, Z., & Jiao, Q. (2020). Oracle bone inscriptions components analysis based on image similarity. *2020*, 1666–1670. <https://doi.org/10.1109/ITAIC49862.2020.9338812>
- Zhang, Z., Lu, X., Cao, G., Yang, Y., Jiao, L., & Liu, F. (2020). ViT-YOLO: Transformer-Based YOLO for Object Detection. 2799–2808.