



Penerapan Algoritma *Template Matching* untuk Meningkatkan Akurasi dalam Mendeteksi Plat Nomor Kendaraan

The Application of Template Matching Algorithm to Improve Accuracy of Plate Number Recognition

R Moch Dysa Satria Anggara¹, Aradea¹, Rianto^{*1}

¹Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi

ARTICLE INFO

Article history:

Diterima 15-12-2021
Diperbaiki 12-06-2022
Disetujui 29-06-2022

Kata Kunci:

Pengenalan Pola, *Optical Character Recognition*, *Template Matching*, Akurasi, Plat Nomor Kendaraan

Keywords:

Pattern Recognition, *Optical Character Recognition*, *Template Matching*, Accuracy, License Plate Number

ABSTRAK

Salah satu kajian di dalam proses pengolahan citra adalah pengenalan pola. Pengenalan pola dalam penerapannya telah digunakan untuk berbagai kebutuhan, di antaranya adalah pengenalan plat nomor kendaraan. Mengenali plat nomor kendaraan merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi serta mencegah berbagai tindak kriminal, kecelakaan maupun membantu instansi terkait dalam mendata informasi kendaraan dalam berlalu lintas. Pengambilan gambar pada plat nomor menggunakan kamera menghasilkan citra digital yang dapat diolah dengan menggunakan *Optical Character Recognition (OCR)*. *OCR* adalah proses konversi gambar yang di dalamnya terdapat huruf serta angka menjadi karakter *ASCII*. Dalam pembuatan *OCR*, terdapat berbagai macam algoritma yang dapat digunakan salah satunya adalah algoritma *Template Matching*, yaitu dengan mencocokkan setiap bagian dari suatu citra digital hasil tangkapan kamera dengan citra yang telah diolah menjadi *template* sebagai data. Namun sebagaimana algoritma pada umumnya, algoritma ini masih memiliki kekurangan dalam hal akurasi dan kecepatan waktu proses untuk rekognisi. Untuk menghasilkan dan meningkatkan akurasi pada algoritma *Template Matching*, dilakukan pembuatan 3 skenario pengambilan gambar untuk membandingkan hasil akurasi dan kecepatan, serta melakukan komparasi dengan metode *Learning Vector Quantization (LVQ)* sebagai metode perbandingan akurasi. Berdasarkan perbandingan tersebut diperoleh hasil sebanyak 84% untuk akurasi dan 0,942 Milidetik untuk kecepatan pada Algoritma *Template Matching*.

ABSTRACT

Pattern Recognition is a part research of Image Processing. In term implementation of Pattern Recognition used for variety research needs such as Identify Transportation License Plate Number. Identifying license plate number is one process to reduce crime, accident, and support related agencies to process information traffic data. Taking picture of license plate number by camera create image that can be processed by *Optical Character Recognition (OCR)*. *OCR* is conversion process of picture that contain alphabet and numeric object into *ASCII* character. In creating of *OCR*, there's many kind of algorithm, we used *Template Matching* algorithm as main research. Process of *Template Matching* algorithm is fitting all part of picture taken by camera with image that has been processed into *Template Data*. However like another algorithm, this algorithm had a deficiency about accuracy and time to recognition process. To create and enhance of accuracy in *Template Matching* algorithm, we create 3 scenarios to take a picture for compare the result of accuracy and time to *OCR* process also comparing *Template Matching* algorithm with *Learning Vector Quantization (LVQ)* as accuracy comparison method. Based on result of *Template Matching* algorithm had 84% accuracy and 0,942 Milliseconds to process *OCR*.

1. Pendahuluan

Pengolahan citra adalah ilmu mengolah sinyal yang berupa citra/gambar secara spesifik. Dalam artian yang sebenarnya, citra merupakan gambar yang dipetakan dalam dua dimensi dan dalam arti matematis adalah fungsi kontinu dari intensitas cahaya pada bidang 2 dimensi [1]. Berdasarkan data badan statistik Jawa Barat, jumlah kendaraan pada tahun 2015 mencapai angka 2.198.444 untuk kendaraan pribadi roda empat dan 13.725.590 untuk kendaraan pribadi roda dua [2] [3]. Hal ini memberikan gambaran bahwa tingginya kebutuhan masyarakat terhadap alat transportasi.

Seiring dengan berkembangnya teknologi pengolahan Citra Digital, memungkinkan untuk membuat suatu sistem yang mampu menyelesaikan masalah yang ada, termasuk permasalahan di dalam *Optical Character Recognition*. Dengan menggunakan pengolahan Citra Digital, kita dapat mengidentifikasi dan mendeteksi Plat Nomor kendaraan berdasarkan hasil Citra yang ditangkap kamera [4] [5].

Optical Character Recognition (OCR) adalah proses konversi gambar huruf menjadi karakter ASCII yang dapat diolah dan dikenali oleh komputer. Gambar huruf yang dimaksud dapat berupa hasil scan dokumen, hasil *print-screen* halaman *web*, hasil foto, dan lain-lain [6]. Ada berbagai macam algoritma untuk mengubah Citra Digital yang terdapat teks menjadi file teks, namun pada penelitian sebelumnya terkait *Optical Character Recognition (OCR)* terdapat masalah dalam akurasi dan waktu, juga membutuhkan koneksi internet untuk mengakses *Template Library* sehingga dalam melakukan pendeteksian memiliki waktu yang relatif lebih lama [7].

Optical Character Recognition memiliki peluang untuk riset penelitian ini, dikarenakan dalam pemanfaatannya yang belum maksimal dalam akurasi kecepatan, ketepatan dan butuh koneksi internet untuk mengakses *Template Library* sebagai *database* data [8]. Berdasarkan kekurangan tersebut, maka dalam penelitian ini dilakukan percobaan untuk melakukan proses rekognisi, yaitu optimasi akurasi kecepatan dalam pendeteksian karakter dengan menerapkan algoritma *Template Matching*.

2. Metode Penelitian

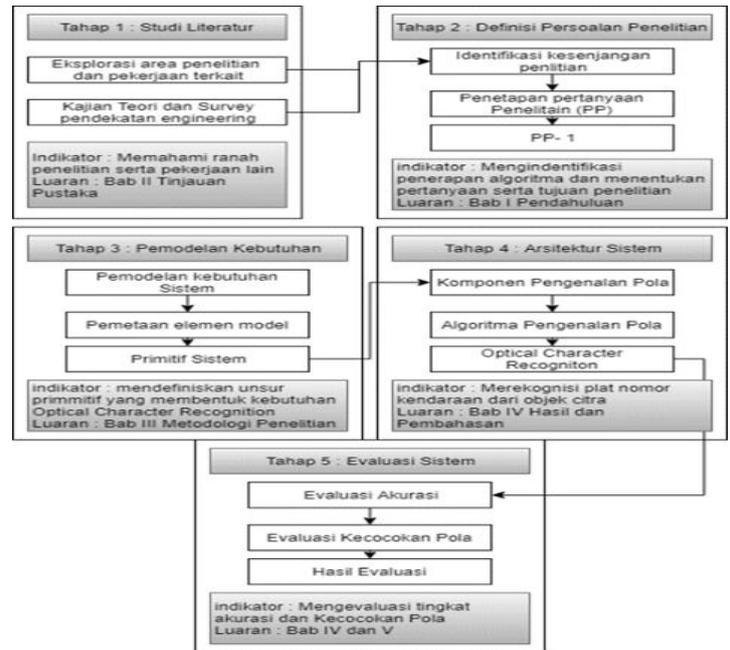
2.1 Tahapan Penelitian

Alur metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kerangka penelitian sebagai mana dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2 Studi Literatur

Indikator pada tahap ini yaitu untuk memahami domain penelitian dan pekerjaan terkait. Aktivitas yang dilakukan adalah mengeksplorasi penelitian dan pekerjaan terkait. Tabel 1 menunjukkan pekerjaan terkait dengan menggunakan pendekatan kontribusi dan objek penelitian.

Berdasarkan penelitian terkait tersebut, masih ada celah motivasi untuk melakukan penelaahan lanjutan, yaitu bagaimana mengimplementasikan optimasi pendeteksian karakter dengan menerapkan algoritma *Template Matching* pada plat nomor kendaraan.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Tabel 1. Penelitian Terkait

Author	Kontribusi	Objek
Zhu Jianjiang, dkk [9]	Aplikasi pengolahan citra yang dirancang untuk mendeteksi objek dengan menggunakan sonar	Fokus pada citra objek yang berada di bawah air
Oddy Chrisdwianto, dkk [1]	Mengimplementasikan metode <i>template matching</i> untuk deteksi dan pengenalan rambu lalu lintas	Fokus pada objek rambu lalu lintas
Khoramshahi, Pirazh, dkk [10]	Mengimplementasikan metode <i>Adaptive Attention Vehicle Re-identification</i> untuk mendeteksi permukaan mobil	Fokus pada objek permukaan mobil pada CCTV
Anwar Hossain, dkk [11]	Mengoptimalkan nilai kejernihan citra sehingga teks dapat lebih mudah dikenali	Fokus pada objek gambar yang berisikan teks
Yunifa Miftachul Arif, dkk [12]	Mencari persamaan suatu objek wajah agar dapat dikenali oleh sistem	Fokus pada objek yang unik dalam wajah seseorang

2.3 Definisi Persoalan Penelitian

Tahap ini memiliki indikator untuk mengidentifikasi penerapan algoritma dan menentukan pertanyaan serta tujuan penelitian. Setelah melakukan proses identifikasi kesenjangan penelitian, maka dilanjutkan pada penetapan pertanyaan penelitian.

2.4 Pemodelan Kebutuhan

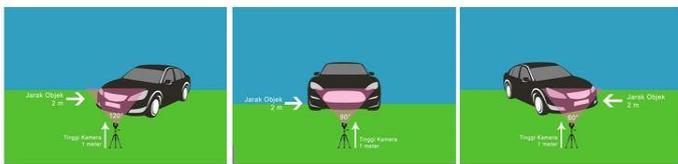
Dibuat pemodelan kebutuhan sistem, setelah proses tersebut dibuat peta elemen model dan diakhiri dengan pengembangan primitif sistem yang di dalamnya berisi indikator untuk mendefinisikan kebutuhan sistem *OCR*. Tahap ini diuraikan kebutuhan eksperimen yang berisi tentang kebutuhan penelitian yang memuat dalam analisis kebutuhan sistem, analisis kebutuhan perangkat lunak, analisis kebutuhan perangkat keras, dan dataset terkait data huruf plat nomor kendaraan khusus Negara Indonesia.

2.5 Arsitektur Sistem

Memiliki indikator untuk merekognisi plat nomor kendaraan dari objek citra. Di sini komponen dan algoritma pengenalan pola dirancang untuk kebutuhan proses *Optical Character Recognition* [13] [14].

2.6 Evaluasi Sistem

Indikator di dalam tahapan ini yaitu megevaluasi tingkat akurasi dan kecocokan pola *Optical Character Recognition*. Tahapan ini diawali dengan mengevaluasi akurasi yang dilanjut dengan mengevaluasi kecocokan pola dan diakhiri dengan melihat hasil evaluasi penelitian. Untuk menilai akurasi pada data maka dibuat tiga skenario pengambilan gambar dengan sudut yang berbeda yaitu 60°, 90° dan 120° dengan menggunakan *tripod* sebagai penyangga kamera dengan jarak masing masing 2m [15]. Berikut skenario sudut pengambilan gambar sesuai Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Sudut pengambilan gambar

2.7 Metode Pengembangan Sistem

Pada penelitian ini digunakan metode *Rapid Application Development (RAD)* [16]. Berdasarkan metode tersebut untuk pengembangan aplikasi *OCR* dibutuhkan *requirements* sistem sebagai berikut:

- 1) Kebutuhan Fungsional
 - a) Aplikasi dapat mendeteksi plat nomor kendaraan
 - b) Aplikasi dapat memberikan informasi kecepatan proses rekognisi plat nomor kendaraan pada citra digital
- 2) Kebutuhan Non Fungsional
 Analisis kebutuhan non fungsional yang dilakukan untuk mengetahui kebutuhan spesifikasi aplikasi, analisis yang dilakukan yaitu analisis pengguna, analisis perangkat lunak, dan analisis perangkat keras. Penjelasan mengenai analisis kebutuhan non fungsional yaitu sebagai berikut:
 - a) Analisis Pengguna
 Aplikasi dapat digunakan oleh para pengembang aplikasi, dimana pihak pengembang aplikasi membutuhkan manajemen yang baik untuk untuk mengusulkan rincian dana dan waktu yang diperlukan untuk pembuatan atau pengembangan aplikasi dan dapat memudahkan pihak pengembang aplikasi untuk mendapatkan rincian.
 - b) Analisis Kebutuhan Perangkat Keras
 Spesifikasi kebutuhan perangkat keras komputer yang digunakan untuk membangun aplikasi *Optical Character Recognition* plat nomor kendaraan berdasarkan acuan kinerja yang tertera pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Spesifikasi Perangkat Keras

No	Perangkat Keras	Spesifikasi
1.	Laptop	Lenovo G30-40
2.	Processor	1.8 GHz
3.	Memory	RAM 4 GB
4.	Hardisk	500 GB
5.	Keyboard	On Board
6.	VGA	2 GB
7.	Kamera	Nikon

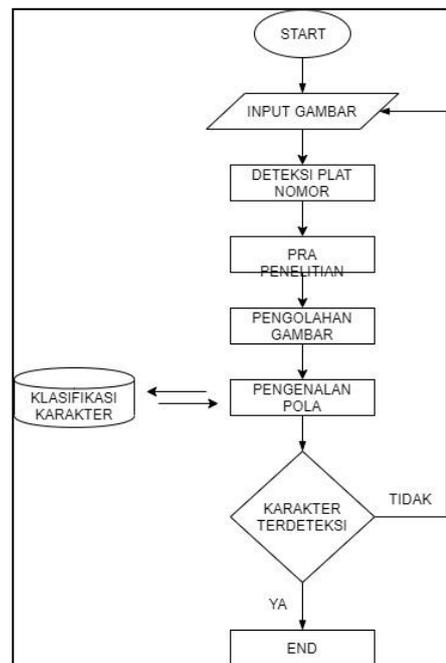
- c) Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak
 Spesifikasi kebutuhan perangkat lunak komputer yang digunakan untuk membangun aplikasi aplikasi *Optical Character Recognition* plat nomor kendaraan berdasarkan acuan kinerja yang tertera pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Spesifikasi Perangkat Lunak Komputer

No	Perangkat Lunak	Spesifikasi
1.	Sistem Operasi	Windows 10 64 Bit
2.	Tools Program	Matlab 2018a
3.	Tools Editor	Adobe Photosop CS6

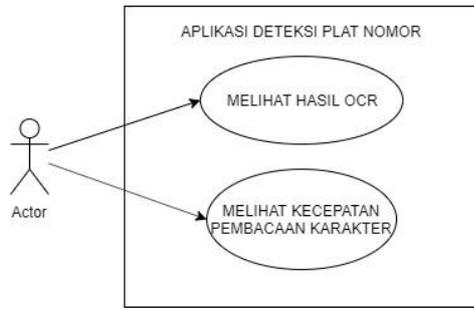
3. Hasil dan Pembahasan

Dalam rancangannya, susunan proses dalam melakukan rekognisi plat nomor dapat dilihat pada Gambar 3 *Flowchart Diagram*:



Gambar 3 Flowchart diagram OCR

Pengguna akan melakukan serangkaian aktivitas dalam menjalankan aplikasi Deteksi Plat Nomor Kendaraan. Kemudian hasil informasi yang didapat dapat diolah sesuai kebutuhan. Berikut skema *Use Case diagram* yang terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. Use case diagram pengguna

3.1 Implementasi Antar Muka

Implementasi antarmuka ini merupakan aplikasi yang telah selesai dirancang dengan kebutuhan data yang dianalisis sebelumnya. Serta menerapkan metode dan algoritma *Template Matching* sebagai inti dari penerapan pada aplikasi *Optical Character Recognition* untuk mendeteksi plat nomor kendaraan:

1. Tampilan Utama Aplikasi Deteksi Kendaraan.

Halaman awal dari aplikasi deteksi plat nomor menggunakan metode algoritma *Template Matching* pada suatu citra digital. Gambar 5 ini memperlihatkan kolom tombol navigasi deteksi, kolom tampilan gambar dan hasil. Dengan desain yang *simple* dan mudah digunakan akan lebih efisien dalam merekognisi plat nomor kendaraan.



Gambar 5 Tampilan utama aplikasi deteksi kendaraan

2. Tampilan Memilih Data

Diperlihatkan tampilan ketika *user* memilih tombol deteksi, maka akan muncul secara otomatis pilihan *file* mana yang akan digunakan sebagai data yang akan diuji dengan syarat format gambar adalah *.JPEG*. Tampilan Gambar 6 memperlihatkan tampilan memilih data uji.



Gambar 6 Tampilan memilih data uji

3. Hasil Deteksi Plat Nomor

Ilustrasi tersebut menjelaskan hasil dari eksekusi aplikasi proses rekognisi dilakukan maka, layar aplikasi tersebut akan secara otomatis menunjukkan hasil deteksi beserta waktu tempuh untuk melakukan rekognisi. Gambar 7 menampilkan hasil deteksi plat nomor.



Gambar 7 Tampilan hasil deteksi

3.2 Hasil (Knowledge Information)

Informasi hasil dari proses rekognisi pada aplikasi *Optical Character Recognition* diukur nilai akurasi ketepatan dan kecepatan [15]

1. Nilai Akurasi Kecepatan

Untuk mengukur nilai akurasi ketepatan rekognisi aplikasi, menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Karakter benar} = \sum \text{Karakter Terdeteksi} - \sum \text{Karakter Salah}$$

$$\text{Akurasi} = \frac{\sum \text{Karakter Benar}}{\sum \text{Karakter yang diuji}} \times 100\%$$

2. Nilai Akurasi Ketepatan

Dalam menghitung akurasi kecepatan pembacaan karakter menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Kecepatan} = \frac{\sum \text{Kecepatan data uji}}{\sum \text{Data uji}}$$

3. Template Matching

Dalam penelitian ini dilakukan pendekatan pembagian arah partisi citra plat nomor kendaraan dengan menggunakan metode *Template*. Pada tahap klasifikasi, *template* tersebut dicocokkan dengan berkas *sample* citra plat nomor kendaraan menghasilkan persentase kecocokan antara *template* dengan berkas plat nomor kendaraan. Untuk mengetahui persentase tingkat kemiripan *template* dengan berkas plat nomor kendaraan dilakukan perhitungan NC (*Normalized Cross Correlations*). Nilai NC diperoleh dengan membandingkan *template* dengan berkas citra plat nomor kendaraan. Semakin persentase nilai NC mendekati nilai 100% maka perbandingan *Template* dengan berkas plat nomor kendaraan semakin cocok [17] [18] [19]. Untuk menentukan nilai NC digunakan rumus pada berikut ini:

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} w'_{ij}}{\sum_i \sum_j [w_{ij}]^2}$$

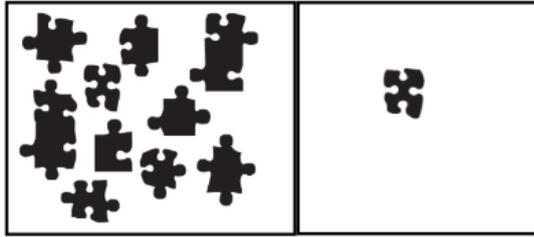
$$\text{Persentase kecocokan} = NC \times 100$$

NC = Normalized Cross Correlations

w_{ij} = Piksel citra template

w'_{ij} = Piksel citra plat kendaraan

i, j = Elemen citra



Gambar 8 Ilustrasi algoritma Template Matching

3.3 Evaluasi Hasil Pengolahan Data

Setelah semua percobaan telah selesai dilakukan maka perlunya untuk diadakan evaluasi tentang program yang digunakan. Dari evaluasi tersebut didapatkan kelebihan serta kekurangan dari program yang sedang diujicoba. Tujuan evaluasi atau pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat akurasi dan kecepatan dari aplikasi Deteksi Plat Nomor.

1) Skenario Pengambilan Gambar I

Tabel 4. Hasil Uji Coba Black Box Akurasi Deteksi Plat Nomor Kendaraan Skenario I pada Sudut 90°

No	Gambar	Hasil Deteksi	Jumlah Karakter Terdeteksi	Kecepatan Pembacaan Karakter
1		D1591AAL	8	0,921454
2		LZB54B	6	0,870073
3		Z1393NK	7	1,09926
4		1886ADK	7	0,760951
5		B1158AH	7	0,607786
6		D1320Y3	7	0,735394
7		D1248AFL	8	0,658143
8		D1111JP	7	1,57974
9		O1365AEC	8	1,46199
10		P1710MC	7	0,73181
Total kecepatan data uji				9,426601
Total karakter diuji				75
Jumlah karakter terdeteksi				72
Jumlah karakter salah				9

Berdasarkan hasil uji coba terhadap 10 gambar plat nomor kendaraan pada skenario I maka didapatkan informasi hasil perhitungan akurasi yang tertera pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Akurasi Skenario I

Akurasi Ketepatan	Akurasi = $\frac{63}{75} \times 100\%$	Akurasi 84 %
Akurasi Kecepatan	Akurasi = $\frac{9,426601}{10}$	Kecepatan 0,942 Milidetik

2) Skenario Pengambilan Gambar II

Tabel 6. Hasil Uji Coba Black Box Akurasi Deteksi Plat Nomor Kendaraan Skenario II pada Sudut 120°

No	Gambar	Hasil Deteksi	Jumlah Karakter Terdeteksi	Kecepatan Pembacaan Karakter
1		1591IAL	7	0,807705
2		L7B54B	6	0,729118
3		71393NK	7	1,18753
4		B1886ADK	8	0,664107
5		1158A	5	0,789662
6		D7230YS	7	0,660709
7		B124BAFL	8	0,783971
8		D1111JP	7	1,08192
9		D1365AEC	8	1,23128
10		Z1710MC	7	0,991803
Total kecepatan data uji				10,289758
Total karakter diuji				75
Jumlah karakter terdeteksi				70
Jumlah karakter salah				11

Berdasarkan hasil uji coba terhadap 10 gambar plat nomor kendaraan pada skenario II maka didapatkan informasi hasil perhitungan akurasi yang tertera pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Akurasi Skenario II

Akurasi Ketepatan	Akurasi = $\frac{59}{75} \times 100\%$	Akurasi 78,66 %
Akurasi Kecepatan	Akurasi = $\frac{8,927805}{10}$	Kecepatan 0,892 Milidetik

3) Skenario Pengambilan Gambar III

Tabel 8. Hasil Uji Coba Black Box Akurasi Deteksi Plat Nomor Kendaraan Skenario II pada Sudut 60°

No	Gambar	Hasil Deteksi	Jumlah Karakter Terdeteksi	Kecepatan Pembacaan Karakter
1		1591IAL	7	0,69493
2		ZB54B	5	0,628502
3		1393NK	6	1,14565
4		1886ABK	7	0,742284
5		D1158AHE	8	0,88763
6		1320	4	0,969197
7		D1248AFL	8	1,0038
8		O1111JP	7	0,885163
9		D1365AEC	8	1,05563
10		1710M7	6	1,04205
Total kecepatan data uji				10,644076
Total karakter diuji				75
Jumlah karakter terdeteksi				66
Jumlah karakter salah				6

Berdasarkan hasil uji coba terhadap 10 gambar plat nomor kendaraan pada skenario III maka didapatkan informasi hasil perhitungan akurasi yang tertera pada Tabel 9 di bawah ini.

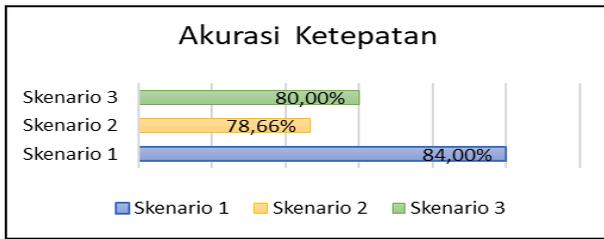
Tabel 9. Hasil Perhitungan Akurasi Skenario III

Akurasi Ketepatan	Akurasi = $\frac{60}{75} \times 100\%$	Akurasi 80 %
Akurasi Kecepatan	Akurasi = $\frac{9,054836}{10}$	Kecepatan 0,905 Milidetik

3.4 Evaluasi Perbandingan Skenario

1) Akurasi Ketepatan

Setelah dilakukan pengujian metode *Template Matching* untuk merekognisi objek plat nomor kendaraan pada citra digital dengan menggunakan 3 skenario. Informasi hasil ketepatan rekognisi tersebut ditampilkan pada Gambar 9 berikut ini.

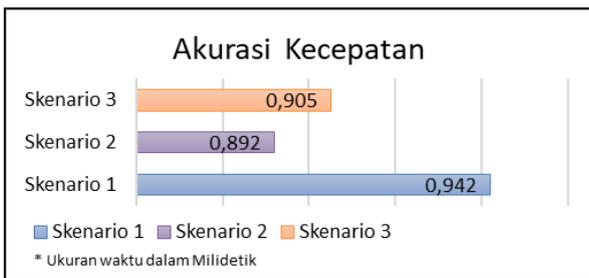


Gambar 9 Nilai akurasi ketepatan pada setiap skenario

Dilihat dari Gambar 9 bahwa skenario I (sudut 90°) memiliki nilai akurasi ketepatan 84% yang merupakan nilai tertinggi di antara skenario pengambilan gambar lainnya. Ini menunjukkan bahwa nilai akurasi akan lebih efektif bila data diambil dengan skenario I.

2) Akurasi Kecepatan

Hasil pengujian metode *Template Matching* untuk merekognisi objek plat nomor kendaraan pada citra digital dengan menggunakan 3 skenario pada akurasi kecepatan. Informasi hasil kecepatan rekognisi tersebut ditampilkan pada Gambar 10 berikut ini.

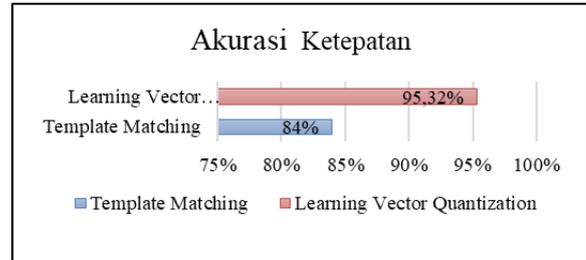


Gambar 10 Waktu kecepatan setiap skenario

Dapat dilihat pada Gambar 10 bahwa setiap skenario pengambilan gambar dapat mempengaruhi kecepatan aplikasi dalam merekognisi plat nomor kendaraan dalam citra digital. Satuan yang digunakan untuk mengukur kecepatan rekognisi plat nomor yaitu Milidetik. Dapat diketahui bahwa *Skenario I* yaitu sudut pengambilan gambar dengan kemiringan 90° atau tegak lurus memiliki waktu lebih lama dalam mengenali plat nomor objek dengan menempuh waktu 0,942 Milidetik. Sementara itu, untuk urutan tercepat diperoleh oleh *Skenario II* membutuhkan waktu 0,892 Milidetik.

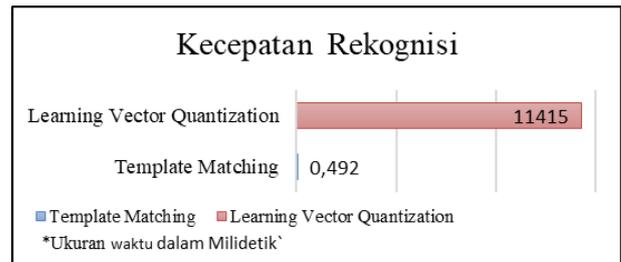
3.5 Perbandingan Metode dan Algoritma

Setelah mengetahui nilai dari akurasi metode dan algoritma *Template Matching* dalam beberapa skenario, lalu nilai yang didapat tersebut dibandingkan dengan metode *Learning Vector Quantization* [15] untuk mengetahui metode mana yang memiliki nilai akurasi yang lebih tinggi untuk digunakan dalam *Optical Character Recognition*. Hasil perbandingan metode tersebut ditampilkan pada Gambar 11 dan 12 berikut ini:



Gambar 11 Akurasi ketepatan setiap metode

Pada Gambar 11 dapat diketahui bahwa nilai persentase metode *Template Matching* kurang unggul dibanding metode *learning vector quantization*. Nilai tersebut sesuai dengan informasi yang didapatkan dari penelitian terkait.



Gambar 12 Akurasi kecepatan setiap metode

Perbedaan waktu antara kedua metode menunjukkan bahwa dalam penerapan aplikasi OCR ini lebih unggul *Template Matching* dengan kecepatan rata – rata 0,492 Milidetik dibanding dengan LVQ. Ini menunjukkan keberhasilan dalam meningkatkan akurasi kecepatan dalam merekognisi plat nomor kendaraan.

4. Penutup

Penelitian ini telah berhasil menerapkan algoritma *Template Matching* pada *Optical Character Recognition* (OCR) untuk meningkatkan akurasi dalam mendeteksi plat nomor kendaraan, dan aplikasi yang dikembangkan dapat berjalan tanpa menggunakan koneksi internet. Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa hasil dari implementasi OCR dapat memberikan solusi bagi persoalan akurasi dan kecepatan dalam mendeteksi plat nomor kendaraan. Hasil percobaan dan evaluasi menunjukkan bahwa algoritma *Template Matching* mampu meningkatkan kecepatan dalam merekognisi objek plat nomor kendaraan dengan menempuh waktu 0,492 Milidetik dibanding *Learning Vector Quantization* yang membutuhkan waktu 11415 Milidetik. Untuk nilai akurasi *Template Matching* memiliki nilai akurasi sebesar 84% sedangkan LVQ memiliki nilai 95,32%.

Referensi

- [1] T. O. Chrisdianto and H. Fitriyah, "Perancangan Sistem Deteksi dan Pengenalan Rambu Peringatan Menggunakan Metode Template Matching," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 3, pp. 1265–1274, 2018.
- [2] F. A. Hermawati, G. Kusnanto, and E. Sadewa, "Pengenalan Lokasi Plat Nomor Kendaraan Indonesia dengan Transformasi Fourier," *Natl. Conf. Comput. Sci. Inf. Technol.*, no. January 2007, pp. 389–393, 2007.
- [3] B. P. Statistik, "No Title," 2015. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/>.
- [4] Gonzales and R. Wood, "Digital Image Processing," 2007.
- [5] B. Yuwono, "IMAGE SMOOTHING MENGGUNAKAN MEAN FILTERING, MEDIAN FILTERING, MODUS FILTERING DAN GAUSSIAN FILTERING," *Telematika*, vol. 7, no. 1, pp. 65 – 75, Apr. 2015, doi: 10.31315/telematika.v7i1.416.
- [6] R. S. Bahri and I. Maliki, "PERBANDINGAN ALGORITMA TEMPLATE MATCHING DAN FEATURE EXTRACTION PADA OPTICAL CHARACTER RECOGNITION," vol. 1, pp. 29–35, 2012.
- [7] I. Kusumadewi, "License Number Plate Recognition using Template Matching and Bounding Box Method," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1201, p. 012067, May 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1201/1/012067.
- [8] K. B. Mustika Sonsank, Yasdinul Huda, "PENERAPAN METODE TEMPLATE MATCHING DALAM MENGANALISA CACAT PADA KEPING PCB," *J. Vokasional Tek. Elektron. Inform.*, vol. 3, no. 1, p. g3.401131.2020, 2015, doi: 10.1534/g3.120.401131.
- [9] Z. Jianjiang, S. Yu, Zhi Han, Yandong Tang, and Chengdong Wu. "Underwater object recognition using transformable template matching based on prior knowledge." *Mathematical Problems in Engineering* 2019. 2019.
- [10] P. Khorramshahi, A. Kumar, N. Peri, S. S. Rambhatla, J. C. Chen, and R. Chellappa. "A dual-path model with adaptive attention for vehicle re-identification." In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, pp. 6132-6141. 2019
- [11] Hossain, Md Anwar, and Sadia Afrin. "Optical Character Recognition based on Template Matching." *Global Journal of Computer Science and Technology* (2019).
- [12] Y. M. Arief, and A. Sabar. "Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Template Matching." *MATICS* (2012).
- [13] Y. Mansyur, "Optical Character Recognition Untuk Deteksi Pelat Mobil Dan Motor Kendaraan Pada Kampus Teknik Gowa," 2018.
- [14] A. Septiarini, "Pengenalan Pola Pada Citra Digital Dengan Fitur Momen Invariant," *J. Inform. Mulawarman*, vol. 7, no. 1, pp. 8–11, 2012.
- [15] A. Solichin and Z. Rahman, "Aplikasi Identifikasi Nomor Kendaraan Berbasis Android Dengan Metode Learning Vector Quantization," *Tek. Inform.*, vol. 3, no. 3, pp. 216–222, 2015.
- [16] A. Noertjahyana, "Studi Analisis Rapid Application Development Sebagai Salah Satu Alternatif Metode Pengembangan Perangkat Lunak," *J. Inform.*, vol. 3, no. 2, pp. 74–79, 2002, doi: 10.9744/informatika.3.2.pp.64-68.
- [17] B. Leksono and A. Hidayatno, "Aplikasi Metode Template Matching untuk Klasifikasi Sidik Jari," vol. 13, no. 1, pp. 1–6, 2011, doi: 10.12777/transmisi.13.1.1-6.
- [18] M.Maskuri, "Implementasi Metode Template Matching Untuk Media Pembelajaran Pengenalan Karakter Huruf Alphabet," vol. 01, no. 11, 2017.
- [19] G. A. Pauzi, Warsito, S. W. Suciayati, and Sahtoni, "Analisis Pemanfaatan Teknik Template Matching pada Sistem Akuisisi dan Pengenalan Karakter Citra Plat Nomor Kendaraan," vol. 01, no. 01, 2013.