

PENERAPAN HOUGH TRANSFORM, CONNECTED COMPONENT LABELING DAN TEMPLATE MATCHING UNTUK PENGENALAN KARAKTER PLAT KENDARAAN

¹⁾Fredicia, ²⁾Gardyan Santoso

^{1,2)}Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Kristen Krida Wacana

^{1,2)}Jl. Tanjung Duren Raya No.4 Jakarta Barat – DKI Jakarta - Indonesia

E-mail : fredi.cia@ukrida.ac.id, gardyan.simon@gmail.com

ABSTRAK

Plat kendaraan merupakan identitas kendaraan bermotor yang sering digunakan untuk proses pencatatan pada saat menggunakan lahan parkir berbayar. Pencatatan plat kendaraan membutuhkan penerapan teknologi informasi sehingga administrasi layanan parkir lebih efisien dan terhindar kesalahan pencatatan. Teknologi informasi menawarkan penerapan metode OCR (Optical Character Recognition untuk membantu proses pencatatan karakter yang terdapat pada plat kendaraan. OCR memiliki banyak teknik yang mampu membantu proses pengenalan karakter, mulai dari proses awal citra ditangkap sampai dengan tahapan pengenalan. Tahap awal citra setelah ditangkap adalah melakukan proses pemrosesan awal citra dengan melakukan konversi citra, menentukan area plat kendaraan pada citra kendaraan, melakukan pelabelan dan segmentasi karakter pada citra plat dan melakukan pengenalan karakter. Pendekatan pengenalan karakter pada plat kendaraan yang akan digunakan adalah Hough Transform untuk penentu area plat kendaraan, pelabelan dan segmentasi karakter dengan Connected Component Labeling dan Template Matching sebagai metode pengenalan karakter. Model pengenalan karakter plat kendaraan diuji dengan skenario 25 buah citra yang ditangkap langsung dari lahan parkir. Hasil pengujian tersebut menghasilkan Hough Transform dan Connected Component Labeling bisa menentukan area plat kendaraan serta melakukan pelabelan dan segmentasi karakter pada plat kendaraan. Sedangkan pada tahapan template matching, akurasi pengenalan karakter pada 25 plat kendaraan sebesar 94%. Temuan lainnya dalam penelitian ini yaitu faktor pencahayaan lingkungan citra, jumlah citra yang menjadi basis data dan kondisi cat plat kendaraan bermotor bisa membuat akurasi lebih baik.

Kata Kunci: Connected Component Labeling; Hough Transform; Sistem Parkir; Plat Kendaraan; Template Matching.

ABSTRACT

Vehicle license plates are the identities of motor vehicles that are often used for record-keeping when using paid parking lots. Recording vehicle license plates requires the application of information technology so that parking service administration is more efficient and free from recording errors. Information technology offers the application of OCR (Optical Character Recognition) methods to help the process of recording characters found on vehicle license plates. OCR has many techniques that can help the character recognition process, starting from the initial image capture process to the recognition stage. The initial image stage after being captured is to perform the initial image processing process by converting the image, determining the vehicle license plate area in the vehicle image, performing character labeling and segmentation on the plate image, and performing character recognition. The approach to character recognition on vehicle license plates that will be used is Hough Transform for determining the vehicle license plate area, character labeling and segmentation with Connected Component Labeling, and Template Matching as a character recognition method. The vehicle license plate character recognition model was tested with a scenario of 25 images captured directly from the parking lot. The test results produced Hough Transform and Connected Component Labeling could determine the vehicle license plate area and perform character labeling and segmentation on the vehicle license plate. Whereas in the template matching stage, the character recognition accuracy on 25 vehicle license plates was 94%. Other findings in this study are that the lighting conditions of the image environment, the number of images that become the database, and the condition of the paint of motor vehicle license plates can improve accuracy.

Keyword: Connected Component Labeling; Hough Transform; License Plate; Parking System; Template Matching.

PENDAHULUAN

Plat kendaraan merupakan identitas kendaraan bermotor yang unik. Pengenalan plat kendaraan menjadi kunci utama pada saat menerapkan sistem cerdas pada sistem parkir kendaraan bermotor, sistem ketaatan lalu lintas, dan sistem cerdas lainnya [1]. Pada perkotaan, sistem parkir menjadi salah satu kebutuhan masyarakat terutama di perkotaan. Setiap parkir menggunakan sebuah sistem dalam mencatat pengguna lahan parkir. Teknologi informasi banyak digunakan dalam setiap lahan parkir yang dikelola, salah satunya adalah pencatatan nomor plat kendaraan, jam masuk dan jam keluar yang diberikan kepada pemilik kendaraan sebagai bukti penggunaan lahan parkir. Selama ini setiap sistem parkir hanya mencatat secara manual dari nomor plat kendaraan ataupun hanya melakukan pengambilan gambar dari sisi depan kendaraan yang menangkap plat kendaraan. Menurut Sugiyanto et al. [2], proses pencatatan plat kendaraan tidak efisien, terutama pada saat jumlah kendaraan yang masuk ke lahan parkir banyak. Keamanan juga menjadi salah satu alasan pencatatan nomor plat kendaraan. Berdasarkan data yang terangkum dalam Badan Pusat Statistik Indonesia [3], pada tahun 2018-2020 kejahatan pencurian kendaraan bermotor masih terjadi di Indonesia maupun di kota Jakarta yang dapat dilihat pada Gambar 1.

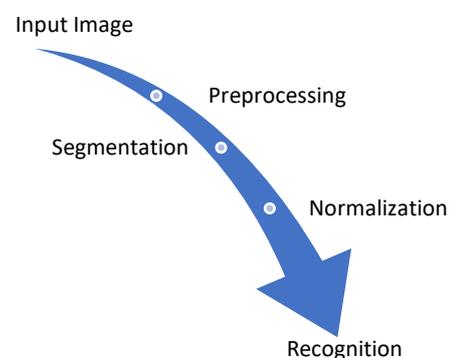


Gambar 1. Jumlah Pencurian Kendaraan Bermotor

Menurut Dendy et al.[4], banyaknya tindak kriminal pencurian kendaraan bermotor disebabkan oleh banyaknya penggunaan kendaraan bermotor yang tidak terawasi dan terkontrol dengan baik. Dengan menerapkan teknologi informasi pada sistem parkir, akan memberikan pengawasan dan sistem keamanan yang lebih baik [5].

Penerapan sistem parkir yang menerapkan teknologi informasi adalah pencatatan nomor plat kendaraan. Untuk mencatat nomor plat kendaraan yang ditangkap oleh kamera diperlukan metode-metode pengenalan citra yang dikelompokkan sebagai metode Optical Character Recognition (OCR). Pada umumnya OCR akan melakukan proses seperti pada gambar 2, sedangkan proses pengenalan plat kendaraan terdiri dari 3 langkah [6] yaitu:

1. Pendeteksian dan ekstraksi dari area yang akan digunakan sebagai sumber pengenalan plat kendaraan bermotor.
2. Segmentasi setiap karakter yang terdapat pada plat kendaraan bermotor.
3. Pengenalan setiap karakter dari hasil segmentasi karakter yang sudah dilakukan.



Gambar 2. Tahapan Proses OCR

Sebelum dilakukan penelitian ini, dilakukan penggalian informasi penelitian terkait pengenalan plat kendaraan. Dalam pengenalan plat kendaraan, sebelum dilakukan proses OCR

memerlukan penentuan Region Of Interest (ROI) dari sebuah plat kendaraan. Salah satu metode yang digunakan adalah Hough Transform. Metode ini mampu membantu untuk menentukan ROI plat kendaraan dengan cara mendeteksi garis lurus pada citra dengan batasan kemiringan 30 derajat.[7] [8]. Untuk proses segmentasi yang terdapat pada proses OCR, akurasi dengan penerapan metode Connected Component Labeling (CCL) dalam penelitian Lubna et al. [7] mendapatkan sebesar 99.75% dari citra plat kendaraan dengan kualitas High Definition (HD) dengan berbagai kondisi. Pada saat Pada penelitian metode OCR yang diterapkan oleh Ira et al.[9], [10] dan Lin et al. [10] dalam pengenalan karakter pada plata kendaraan, template matching, menghasilkan tingkat akurasi sebesar $\pm 80\%$ dengan beberapa error pada karakter O, D dan B serta angka 0 dan 8. Template matching berhasil menghasilkan akurasi 92% pada saat karakter yang digunakan pada plat kendaraan menggunakan jenis huruf yang digunakan pada standar huruf plat kendaraan dalam penelitian yang dilakukan oleh Yogheedha et al. [11]. Template matching merupakan metode sederhana yang digunakan untuk mengenali pola berdasarkan ukuran, bentuk dan orientasi[12]. Dalam penerapan deep learning sebagai teknik pengenalan LPR, Kamal dan Tariq (2021) [8] menemukan deep learning membutuhkan memori yang cukup besar agar bisa digunakan dengan efisien, sedangkan menurut Lin, template matching lebih mudah dan cepat dibandingkan neural network yang membutuhkan waktu untuk training dengan data yang banyak[10].

Dari latar belakang dan penelitian sebelum yang sudah dilakukan, terdapat temuan yang menjadi landasan penelitian yang akan dilakukan yaitu:

1. Sistem Parkir menerapkan teknologi informasi akan mempermudah proses

pencatatan identitas kendaraan bermotor yang akan mengurangi biaya operasional sistem parkir.

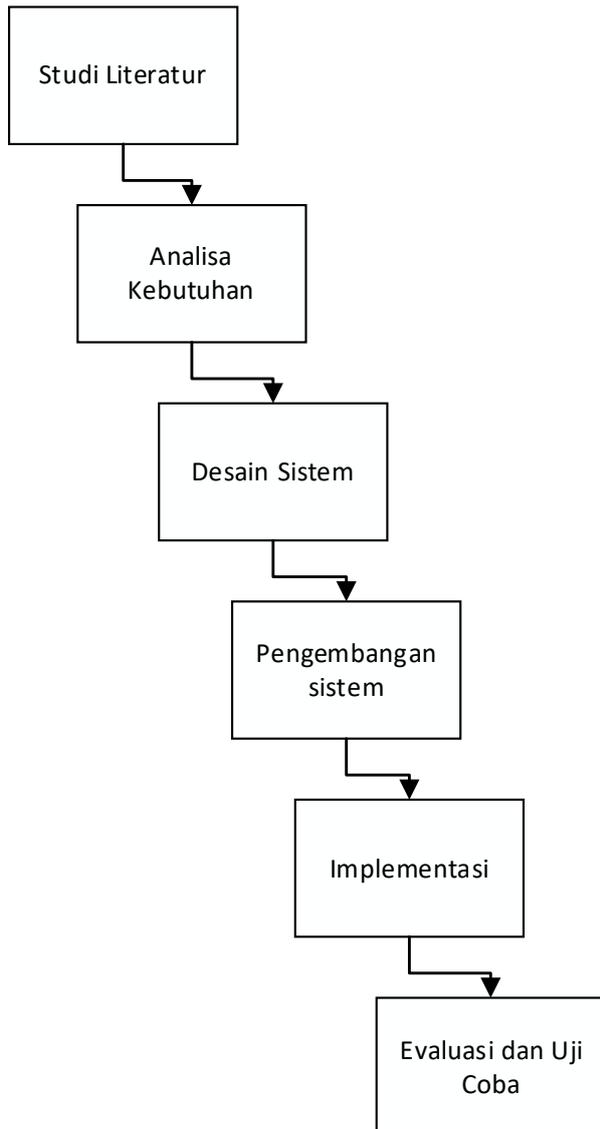
2. Proses pengenalan plat kendaraan yaitu deteksi area plat, segmentasi karakter dan pengenalan karakter.
3. Metode Hough Transform mudah diterapkan terutama pada saat citra plat kendaraan ditangkap dari sudut kemiringan tertentu.
4. Penggunaan Connected Component Labeling bisa meningkatkan tingkat akurasi pengenalan terutama dengan kualitas citra High Definition.
5. Karakter yang digunakan pada plat kendaraan harus memiliki standar sehingga pada proses OCR dengan menggunakan template matching bisa membantu pengenalan karakter.
6. Pemenuhan kebutuhan memori untuk proses pengenalan komputer perlu dialokasikan secara efisien.

Penelitian tentang pengenalan plat kendaraan dengan memanfaatkan teknologi informasi dapat membantu dalam pengembangan sistem otomatisasi pencatatan karakter plat kendaraan. Proses otomatisasi ini akan dibantu oleh metode Hough Transform untuk penanganan posisi plat kendaraan yang miring, Connected Component Labeling untuk melakukan segmentasi karakter pada plat kendaraan, sehingga hasil pengenalan karakter pada plat kendaraan yang dilakukan dengan Template Matching akan lebih akurat.

METODE

Tahapan Penelitian

Penelitian Pengenalan Karakter Plat Kendaraan Menggunakan Hough Transform, Connected Component Labeling Dan Template Matching Untuk Sistem Parkir dilakukan dengan tahapan-tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan Proses OCR

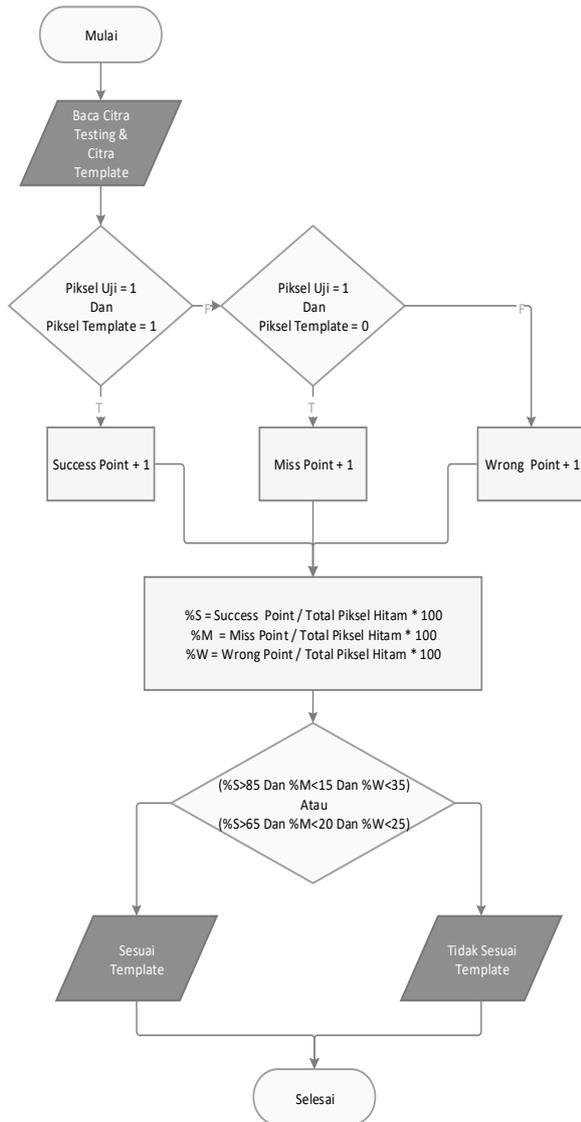
Sebelum penelitian dimulai, informasi penelitian sebelumnya digali untuk membantu dalam menyiapkan tahapan penelitian selanjutnya dan bisa mendapatkan wawasan penelitian terkait. Terdapat beberapa terkait penerapan teknologi informasi dalam sistem parkir. Pada tahun 2022, Emza dan Ahmad [13] mendapatkan bahwa penerapan sistem parkir bisa menambah keamanan kendaraan yang sedang diparkir di area parkir dan jarak kamera dengan plat kendaraan perlu disesuaikan. Disamping itu, sistem parkir konvensional akan membutuhkan biaya operasional lebih besar menurut Dewi (2021)

[5] dengan menerapkan metode pengenalan plat kendaraan [14].

Penerapan teknologi informasi untuk melakukan proses OCR pada plat kendaraan sudah dilakukan dalam rangka untuk mendapatkan komputasi yang cepat dan rendah memori dengan ketepatan pengenalan plat kendaraan dengan baik. Teknik pengenalan plat kendaraan terdapat dua kategori yaitu menggunakan teknik traditional computer vision dan teknik classifier [15] dengan memperhatikan batasan penggunaan LPR dan perangkatnya. Pemanfaatan metode template matching dan bounding box yang merupakan traditional computer vision menghasilkan akurasi 80% [9]. Untuk menambah akurasi, menurut Lin et al. [10] dibutuhkan proses transformasi secara perspektif yang benar sehingga karakter pada plat kendaraan bisa disegmentasi dengan baik. Permasalahan yang sering muncul adalah adanya noise pada citra [16], tidak adanya standar dimensi [17] dan ukuran dan jenis karakter yang digunakan pada plat kendaraan berbeda [11]. Untuk menguji kesamaan karakter dengan menggunakan template matching, penelitian ini menggunakan 3 buah variabel, yaitu:

- Success point: Jumlah piksel yang diuji memiliki kesamaan nilai dengan piksel citra template yang bernilai 1.
- Miss point: Jumlah piksel yang diuji yang bernilai 1 tidak memiliki kesamaan nilai dengan piksel citra template yang bernilai 0.
- Wrong point. Jumlah piksel yang diuji yang bernilai 0 tidak memiliki kesamaan nilai dengan piksel citra template yang bernilai 1.

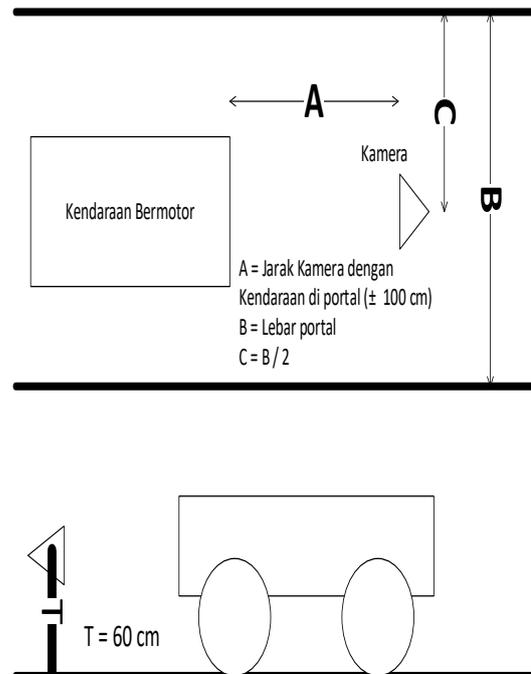
Dari ketiga variabel tersebut akan menentukan kesamaan karakter pada tahapan template matching yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Tahapan Pengenalan Template Matching

Untuk mengurangi permasalahan yang sering dihadapi pada citra yang akan digunakan dalam tahapan pengenalan plat kendaraan, penelitian ini menentukan batasan citra yang digunakan yaitu:

1. Citra yang ditangkap dengan ukuran dimensi 640 x 480 piksel.
2. Jarak pengambilan citra dan posisi kamera sesuai dengan rumus yang tercantum pada gambar 5.
3. Sampel citra yang digunakan minimal 7 karakter.



Gambar 5. Gambaran Posisi Kamera dengan Kendaraan di Portal

Proses segmentasi dalam OCR merupakan proses penguraian sebuah citra yang memiliki sekuen karakter menjadi sub citra karakter yang individu. Connected Component Labeling (CCL) merupakan salah satu metode segmentasi dengan melakukan labeling pada piksel warna citra biner yang bukan bernilai nol dan menghitung jarak ketetanggaan dengan nilai warna pada piksel yang berdekatan dengan piksel tersebut [18]. CCL sangat cocok digunakan untuk plat kendaraan yang berbentuk segi empat dengan posisi setiap karakter pada plat kendaraan disusun dalam satu baris sehingga tidak perlu disusun kembali pada tahapan pengenalan karakter [19]. Untuk mempercepat algoritma CCL dalam melakukan segmentasi karakter, sistem pengenalan karakter plat kendaraan perlu melakukan lokalisasi daerah plat kendaraan untuk mempermudah. Hough Transform merupakan metode deteksi garis tepi sebuah objek pada citra yang digunakan dalam pengenalan karakter plat kendaraan yang memiliki fungsi persamaan yang tergantung dari bentuk dari objek yang

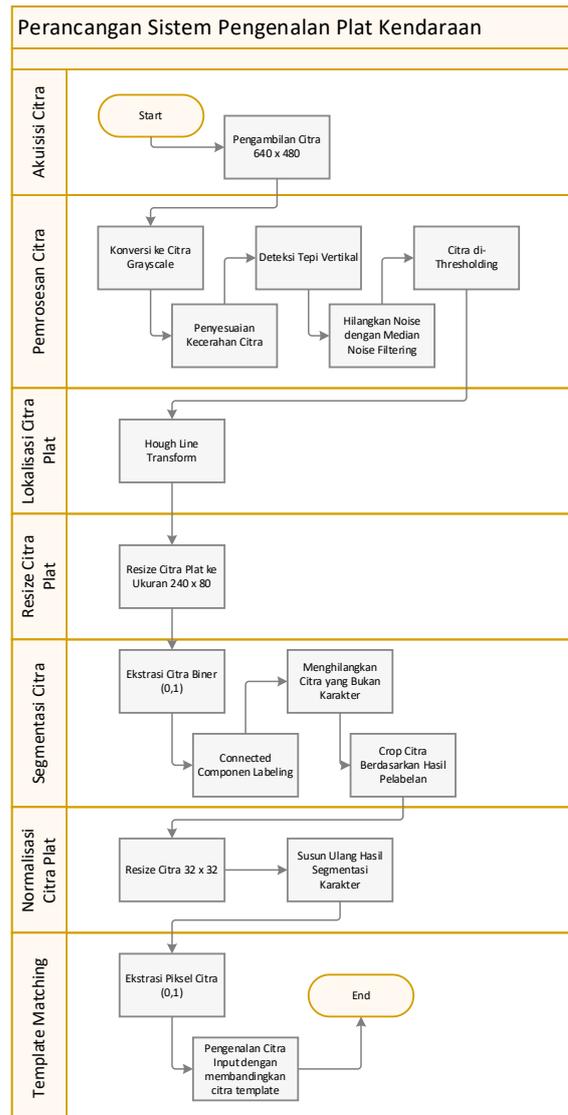
dideteksi [20].

Dalam penerapan pengenalan karakter plat kendaraan di dalam sistem parkir, setiap citra perlu disesuaikan dengan nilai kecerahan pada saat pengambilan citra untuk dikenali karena keadaan pencahayaan lingkungan sistem pengenalan karakter plat kendaraan. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan pembagian tiga kategori waktu berdasarkan keadaan pencahayaan lingkungan sistem pengenalan karakter plat kendaraan, yaitu: kategori pagi – siang, kategori siang – sore dan kategori sore – malam. Setiap citra akan dilakukan proses penyesuaian kecerahan sesuai waktu pengambilan citra dengan menghitung nilai rata-rata warna RGB (Red Green Blue) pada setiap piksel citra yang tertuang dalam persamaan 1.

$$Total\ RGB = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.11 * B \quad (1)$$

dengan R merupakan nilai warna merah pada piksel citra, G merupakan nilai warna hijau pada piksel citra, dan B merupakan nilai warna biru pada piksel citra.

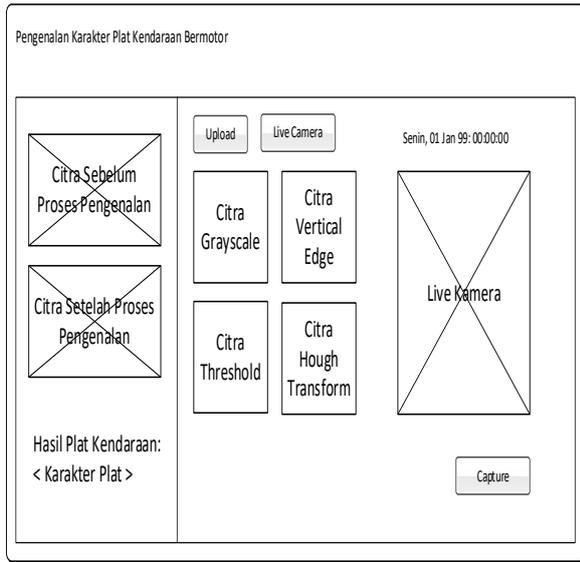
Setiap temuan dari studi literatur menjadi masukan di tahapan proses penelitian yang dilakukan yaitu merancang alur sistem pengenalan karakter plat kendaraan seperti pada gambar 6. Citra yang digunakan dalam proses pelatihan sistem pengenalan karakter plat kendaraan akan menggunakan sebanyak 3 kelompok citra untuk setiap kategori citra numerik (0 s/d 9) dan alphabet (A s/d Z). Hasil dari proses pelatihan ini akan digunakan dalam tahapan template matching.



Gambar 6. Gambaran Perancangan Sistem Pengenalan Plat Kendaraan

Perancangan Aplikasi

Untuk memulai perancangan aplikasi, tampilan antar muka aplikasi dibuat yang nantinya akan digunakan untuk mempermudah pengujian metode yang akan digunakan dalam pengenalan karakter pada plat kendaraan. Desain rancangan antar muka aplikasi dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Rancangan Antarmuka Halaman Pengenalan Karakter Plat Kendaraan

Untuk pengembangan aplikasi untuk pengujian metode pengenalan karakter pada plat kendaraan akan menggunakan library OpenCV yang memiliki kumpulan fungsi pemrograman yang terutama difokuskan untuk pengolahan citra. Semua data citra yang akan digunakan untuk penerapan template matching akan disimpan kedalam basis data dalam bentuk data biner.

HASIL

Tahapan pengenalan karakter pada plat kendaraan akan melewati setiap tahapan yang akan dijelaskan dibawah ini dari mulai citra diambil sampai dengan tahapan pengujian.

Pemrosesan Awal Citra

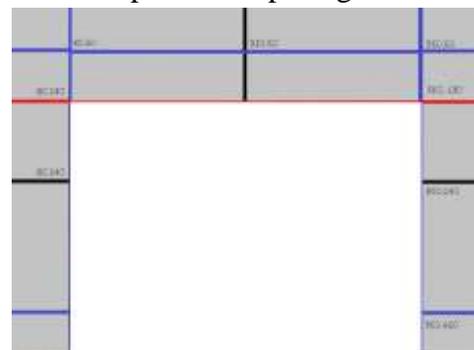
Awal dari pemrosesan citra untuk pengenalan karakter plat kendaraan, perlu dilakukan pemrosesan deteksi tepi vertikal pada citra plat dengan tujuan menentukan daerah yang akan diarsir oleh metode Hough Transform seperti pada pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Citra Kendaraan Sebelum dan Sesudah Diarsir

Penentuan Daerah Region of Interest

Untuk mempersempit area perarsiran Hough Transform, citra perlu dibatasi seperti pada gambar 9 dibawah ini. Jika tidak dibatasi, maka area yang akan diarsir oleh Hough Transform menjadi tidak tepat karena banyaknya objek yang berbentuk seperti garis pada citra kendaraan. Hasil arsir citra dibatasi areanya dan tanpa dibatasi dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 9. Daerah yang dibatasi untuk pengarsiran Hough Transform

Batasan pembatasan area citra kendaraan dengan ketentuan sebagai berikut:

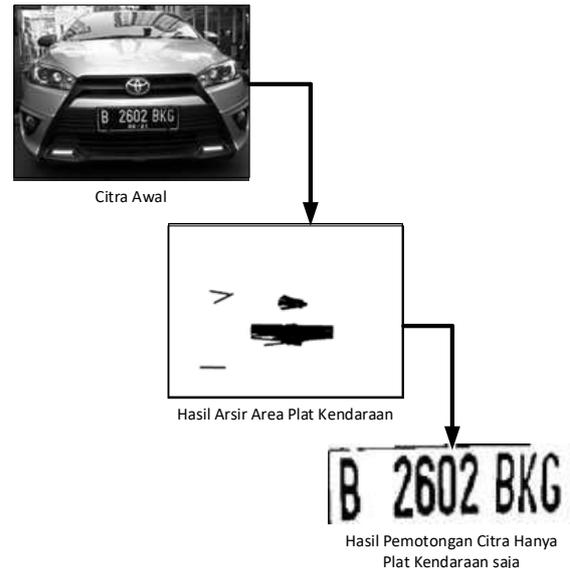
- Kemiringan yang dibolehkan hanya -25 s/d 25 pixel pada fitur X dan Y pada OpenCV.
- Pembatasan pada bidang baris kolom dengan nilai $X > 80$ dan $X < 560$.
- Pembatasan pada bidang baris kolom dengan nilai $Y > 180$ dan $Y < 480$.

Pemotongan Citra Plat Kendaraan

Penggunaan fitur dari Hough Transform akan memanfaatkan library OpenCV dengan mencari fitur dari citra yaitu X1, Y1, X2, Y2 yang merupakan area arsir citra plat kendaraan. Setelah didapat nilai dari fitur seperti diatas, maka dilakukan proses sebagai berikut:

1. Proses pengurutan, yaitu menata nilai dari nilai terkecil ke nilai tertinggi (Ascending).
2. Proses pencarian nilai dengan frekuensi terbanyak, yaitu pencarian nilai terbanyak keluar (frekuensi nilai terbanyak), dimana akan diketahui dimana area Hough Transform tersebut mengarsis plat kendaraan.
3. Mencari jarak dari nilai yang didapatkan pada tahap sebelumnya dengan batasan frekuensi kemunculan antara 85 dan 115 dari jumlah data yang ada dalam persentase, agar garis yang diluar dari nilai Mode tidak diambil, agar pemotongan citra plat sempurna.
4. Filter nilai fitur X1, Y1, X2, dan Y2 dalam nilai range yang sesuai dengan batasan nilai sebelumnya..
5. Sortir semua nilai X1, Y1, X2, Y2 agar didapat nilai min dan max, setelah itu digunakan untuk mendapatkan nilai X, Y min dan Width dan Height, untuk batasan nilai untuk melakukan pemotongan citra kendaraan menjad citra plat kendaraan saja.

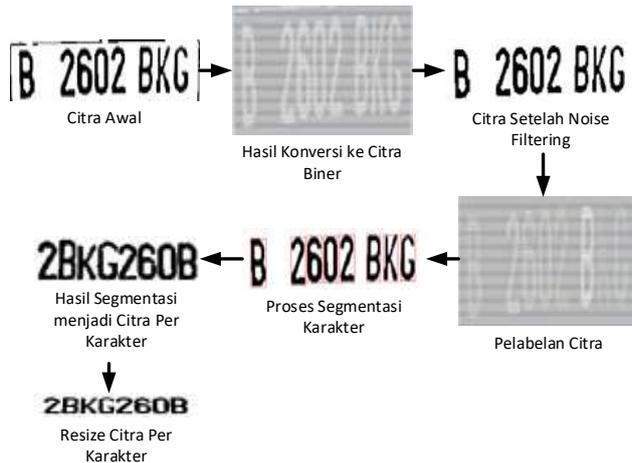
Gambaran hasil pemotongan citra terlihat pada gambar 10 dimulai dari citra kendaraan, kemudian diarsir dengan Hough Transform dan mendapatkan citra yang berisi plat kendaraan.



Gambar 10. Tahapan Pemotongan Citra Kendaraan Menjadi Citra Plat Kendaraan

Pemrosesan Awal Citra

Tahapan berikutnya setelah pemotongan citra adalah pemberian label dan melakukan segmentasi citra dengan menggunakan metode Connected Component Labeling (CCL). Pada tahapan pelabelan dan segmentasi, citra akan dikonversi menjadi citra binary dan dihilangkan noise. Tahapan noise filtering akan membuang piksel yang tidak diinginkan dengan menghitung jumlah piksel yang terdapat pada citra. Jika jumlah piksel kurang dari 110 atau lebih dari 1000, maka pixel tersebut dihilangkan atau diganti dengan nilai nol (0). Hasil pelabelan akan dilakukan segmentasi setiap karakter yang terdapat pada citra dengan cara menyusun dan mensortir nilai x,y dari setiap label, dan diambil nilai min dan max, untuk kepentingan pemotongan perbagian sesuai dengan labelnya. Karena setiap ukuran setiap karakter dari citra berbeda, setiap hasil segmentasi karakter akan diubah ukuran untuk kepentingan pada saat melakukan tahapan template matching. Berikut contoh tahapan pelabelan dan segmentasi citra karakter plat kendaraan yang dapat dilihat pada gambar 11



Gambar 11. Gambaran Tahapan Pelabelan dan Segmentasi Plat Kendaraan dengan CCL

Normalisasi Urutan Karakter

Pada proses CCL, citra per karakter yang dihasilkan tidak tersusun seperti seharusnya karena urutan pelabelan berdasarkan metode pengecekan dari baris ke kolom. Oleh karena itu, diperlukan mengurutkan kembali dengan cara melakukan sortir setiap nilai nilai piksel dalam variabel koordinat X dari nilai paling kecil ke nilai paling besar. Gambar 12 merupakan hasil pengurutan karakter yang terdapat pada citra.

B2602BKG

Gambar 12. Citra hasil segmentasi yang telah berurut berdasarkan letak asli plat kendaraan

Proses Pengenalan Karakter dengan Template Matching

Pada tahapan ini, citra hasil pemotongan karakter segmentasi pada plat nomor yang telah dibaca oleh metode template matching yang telah dinormalisasi. Setiap citra yang berhasil dikenali akan disimpan ke dalam basis data dalam bentuk data biner dan output akan ditampilkan dalam tampilan aplikasi.

Pengujian Sistem Pengenalan Karakter Plat Kendaraan Bermotor

Untuk menguji sistem yang dibuat dilakukan uji coba dengan citra kendaraan bermobil

sebanyak 25 buah secara acak dari hasil pengambilan gambar secara langsung di pintu parkir di salah satu lahan parkir di perguruan tinggi swasta. Uji coba terdiri dari tiga bagian:

1. Hasil uji coba pelokalisasian metode Hough Transform (ROI).
2. Hasil uji coba segmentasi karakter menggunakan metode CCL.
3. Hasil uji coba pembacaan dengan menggunakan Template Matching.

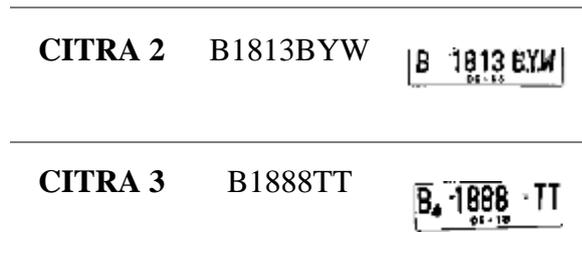
Sistem yang dibuat menggunakan data training dan nilai persentase yang sama untuk setiap karakter dalam database. Pengambilan citra dilakukan pada siang ke sore hari pukul 01.10 PM – 04.30 PM. Dengan kondisi cuaca cerah dan dengan menggunakan kamera minimal dengan resolusi 640x480.

Pengujian Penentuan ROI dengan Hough Transform

Pelokalisasian plat nomor (ROI) dan proses pemotongan plat nomor dari citra kendaraan dengan metode Hough Transform. Tujuannya adalah untuk menguji metode Hough Transform dalam mengarsir daerah yang ada plat nomornya dari citra kendaraan yang nantinya akan dibaca oleh Template Matching. Beberapa hasil uji coba ditunjukkan pada tabel 1. Pengujian lokalisasi plat kendaraan pada citra mendapatkan metode Hough Transform berhasil mendapatkan lokasi plat kendaraan pada 25 buah citra yang diambil dan mendapatkan nilai xmin, ymin, xmax, ymax dan bisa melakukan proses cropping citra.

Tabel 1. Hasil Uji Coba Pelokalisasian Plat Nomor dengan metode Hough Transform

Citra Kendaraan	No. Plat	Hasil Crop
Citra 1	B173DOI	



Pengujian Segmentasi Karakter pada citra plat kendaraan dengan CCL

Setelah melewati proses pelokalisasi plat nomor dengan metode Hough Transform, karakter yang ada didalam plat nomor tersebut kemudian dilabelkan lalu dipotong dan dinormalisasi urutan karakter nya. Sebagian dari proses pengujian segmentasi karakter dipaparkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Coba Segmentasi Karakter Plat Kendaraan dengan metode CCL

Citra	Citra 1	Citra 2	Citra 3
Seg1	B	B	B
Seg2	B	B	B
Seg3	1	1	1
Seg4	8	8	8
Seg5	7	7	8
Seg6	3	3	8
Seg7	B	B	T
Seg8	1	Y	T
Seg9	0		

Dari 25 citra kendaraan yang diambil, metode CCL dapat melakukan segmentasi dengan baik dan bisa dilakukan penyusunan karakter sesuai susunan karakter pada citra dan bisa dilakukan proses cropping untuk setiap karakter.

Pengujian Pengenalan Karakter pada citra plat kendaraan dengan Template Matching

Setelah melewati proses segmentasi dengan metode CCL pada citra plat nomor, hasil segmentasi tersebut dicocokkan dengan OCR metode template matching untuk dikenali karakter yang ada didalam plat nomor tersebut. Berikut 3 data yang digunakan untuk digunakan sebagai uji coba pembacaan karakter pada plat akan dipaparkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Pengenalan Karakter Plat Kendaraan dengan Template Matching

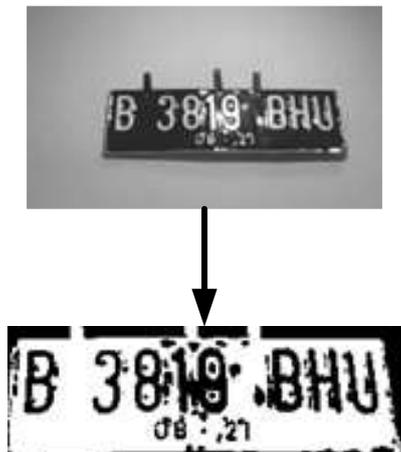
Citra	Citra 1	Hasil	Citra 2	Hasil	Citra 3	Hasil
K#1	B	B	B	B	B	B
K#2	1	1	1	1	1	1
K#3	7	7	8	8	8	8
K#4	3	3	1	1	8	8
K#5	0	0	3	3	8	8
K#6	1	1	B	X	T	T
K#7	0	0	Y	X	T	T
%	6/7*100 = 85.7 %		5/7* 100 = 62.5 %		7/7* 100 = 100%	

Hasil rata-rata dari pengenalan karakter pada plat kendaraan dari 25 buah citra kendaraan yang telah diproses adalah 94% dengan menggunakan metode Template Matching dimana citra hasil segmentasi karakter pada kendaraan dapat dikenali (recognized) dan dibaca oleh sistem.

KESIMPULAN

Dari semua tahapan yang telah dilakukan dalam penelitian, penelitian tentang pengenalan karakter pada plat kendaraan menghasilkan keakuratan sebesar 94% dari 25 citra yang diambil secara langsung dari lokasi pintu parkir. Hasil pengujian yang dilakukan mendapatkan beberapa temuan yang bisa mempengaruhi hasil pengenalan karakter pada plat kendaraan bermotor. Temuan yang diperoleh yaitu:

1. Pengaruh cahaya pada pengambilan citra kendaraan secara live yang hanya dengan kamera beresolusi 640x480, yaitu pada saat pendeteksian tepi jika cahaya memantul pada daerah tertentu, maka penlokalisasi plat nomor dapat rancu dan tidak benar seperti pada gambar 14.



Gambar 14. Citra Plat Kendaraan yang pencahayaan yang tidak baik dan hasil lokalisasi plat

2. Pengarsiran daerah ROI pada metode Hough Transform dipengaruhi hasil image processing seperti jarak resolusi, nilai threshold, sudut yang dipakai, ketebalan garis / line dan jarak antar garis.
3. Jumlah sample training Template Matching terhadap persentase keberhasilan, yang saat ini masih sekitar 200 jenis karakter yang didapat dari

huruf standar yang dijadikan citra 32x32 dan dengan menggunakan citra kendaraan yang telah disegmentasi sebagai data trainer yang digunakan untuk mengenali karakter pada plat kendaraan.

4. Cat pada karakter plat kendaraan yang tidak rapi, dimana huruf yang ada terkena cat seperti pada gambar 15.



Gambar 15. Hasil pengecatan karakter pada plat kendaraan yang tidak rapi

Kelebihan penggunaan metode Hough Transform, Connected Component Labeling, dan Template Matching adalah mampu mengenali karakter plat kendaraan dengan variasi orientasi, kemudian proses isolasi karakter plat kendaraan dengan efisiensi dan mampu mengenali plat kendaraan dengan template yang sudah konsisten dalam ukuran dan jenis huruf yang digunakan. Sedangkan kekurangan dalam penerapan ketiga metode tersebut dalam pengenalan karakter plat kendaraan adalah membutuhkan sumber daya komputasi, sensitif terhadap noise dan plat kendaraan harus dalam keadaan rapi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Shi and D. Zhao, "License Plate Recognition System Based on Improved YOLOv5 and GRU," *IEEE Access*, vol. 11, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3240439.
- [2] S. S.KOM., Hamdan, Eni Heni Hermaliani, Tuti Haryanti, and Windu Gata, "Penerapan Finite State Automata Pada Vending Machine Sistem Parkir Kendaraan Motor," *Jurnal Ilmiah Betrik*, vol. 12, no. 2, 2021, doi: 10.36050/betrik.v12i2.324.

- [3] B. P. Statistika, "Statistika Kriminal 2021," *E-Book*. 2021.
- [4] D. Jonas, I. A. Supriyono, and H. Junianto, "Perancangan Sistem Pencegahan Pencurian Kendaraan Bermotor Berbasis ESP32 pada PT. Suwarna Dwipa Maju," *Technomedia Journal*, vol. 7, no. 2, 2022, doi: 10.33050/tmj.v7i2.1748.
- [5] D. Hernikawati, "Perbandingan Solusi Parkir Konvensional dengan Smart Parking," *Majalah Semi Ilmiah Populer Komunikasi Massa*, vol. 2, no. 2, 2021.
- [6] M. M. Khan, M. U. Ilyas, I. R. Khan, S. M. Alshomrani, and S. Rahardja, "License Plate Recognition Methods Employing Neural Networks," *IEEE Access*, vol. 11, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3254365.
- [7] Lubna, N. Mufti, and S. A. A. Shah, "Automatic Number Plate Recognition : A Detailed Survey of," *Sensors*, vol. 21, no. 9, 2021.
- [8] N. N. Kamal and E. Tariq, "License Plate Tilt Correction: A Review," *Engineering and Technology Journal*, vol. 39, no. 1B, 2021, doi: 10.30684/etj.v39i1b.1839.
- [9] I. Kusumadewi, C. A. Sari, D. R. I. Moses Setiadi, and E. H. Rachmawanto, "License Number Plate Recognition using Template Matching and Bounding Box Method," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019. doi: 10.1088/1742-6596/1201/1/012067.
- [10] G. Lin, B. Xue, B. Xu, and C. Chen, "License plate recognition based on mathematical morphology and template matching," in *Proceedings - 2019 Chinese Automation Congress, CAC 2019*, 2019. doi: 10.1109/CAC48633.2019.8996973.
- [11] K. Yogheedha, A. S. A. Nasir, H. Jaafar, and S. M. Mamduh, "Automatic Vehicle License Plate Recognition System Based on Image Processing and Template Matching Approach," in *2018 International Conference on Computational Approach in Smart Systems Design and Applications, ICASSDA 2018*, 2018. doi: 10.1109/ICASSDA.2018.8477639.
- [12] Y. Septiana, A. Mulyani, D. Kurniadi, and H. Hasanudin, "Handwritten recognition of Hiragana and Katakana characters based on template matching algorithm," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1098, no. 3, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1098/3/032093.
- [13] A. S. Emza Pratama, "Prototipe System Smart Parking Dengan Identifikasi Plat Nomor Berbasis Optical Character Recognition," *jurnal ilmiah indonesia*, vol. 7, no. 8.5.2017, 2022.
- [14] M. A. M. B. Kamaruzaman and N. R. M. Nasir, "PARKEY: Ticket-less parking system using license plate recognition approach," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1860/1/012006.
- [15] J. Shashirangana, H. Padmasiri, D. Meedeniya, and C. Perera, "Automated license plate recognition: A survey on methods and techniques," *IEEE Access*, vol. 9, 2021. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3047929.
- [16] Joshua, J. Hendryli, and D. E. Herwindiati, "Automatic license plate recognition for parking system using convolutional neural networks," in *Proceedings of 2020 International Conference on Information Management and Technology, ICIMTech 2020*, 2020. doi: 10.1109/ICIMTech50083.2020.9211173.
- [17] T. Vaiyapuri, S. NandanMohanty, M. Sivaram, I. V. Pustokhina, D. A. Pustokhin, and K. Shankar, "Automatic vehicle license plate recognition using optimal deep learning model," *Computers, Materials and Continua*, vol. 67, no. 2, 2021, doi: 10.32604/cmc.2021.014924.
- [18] F. Spagnolo, F. Frustaci, S. Perri, and P. Corsonello, "An efficient connected component labeling architecture for embedded systems," *Journal of Low Power Electronics and Applications*, vol. 8, no. 1, 2018, doi: 10.3390/jlpea8010007.
- [19] A. M. Hassan, S. A. Ghouli, and A. A. Alkabir, "Libyan Vehicle License Plate Recognition with Support Vector

Machine,” *Al-Mukhtar Journal of Sciences*, vol. 37, no. 1, 2022, doi: 10.54172/mjsc.v37i1.525.

- [20] Moch. Fachrur Rozi, Haryanto, and Kunto Aji Wibisono, “Klasifikasi Kecacatan Keramik Dengan Menggunakan Deteksi Tepi Canny Dan Metode Hough Line Transform,” *J-Eltrik*, vol. 1, no. 2, p. 36, Nov. 2021, doi: 10.30649/j-eltrik.v1i2.36.