



TESIS - KI142502

**DETEKSI LOKASI PLAT NOMOR KENDARAAN MENGGUNAKAN
METODE *MAXIMALLY STABLE EXTREMAL REGIONS* DAN
*HARRIS CORNER***

**HENDRA MAULANA
5115201043**

**DOSEN PEMBIMBING I
Dr.Eng. Darlis Herumurti, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19771217 200312 1 001**

**DOSEN PEMBIMBING II
Anny Yuniarti, S.Kom., M.Comp.Sc
NIP. 19810622 200501 2 002**

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN KOMPUTASI CERDAS DAN VISI
DEPARTEMEN INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI & KOMUNIKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Komputer (M.Kom.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

oleh:
Hendra Maulana
Nrp. 5115201043

Dengan judul :
DETEKSI LOKASI PLAT NOMOR KENDARAAN MENGGUNAKAN
MAXIMALLY STABLE EXTREMAL REGIONS DAN HARRIS CORNER

Tanggal Ujian : 12-01-2018
Periode Wisuda : 2017 Gasal

Disetujui oleh:

Dr. Darlis Heru Murti, S.Kom, M.Kom
NIP. 197712172003121001

(Pembimbing 1)

Anny Yuniarti, S.Kom., M.Comp.Sc
NIP. 198106222005012002

(Pembimbing 2)

Dr. Chastine Fatichah, S.Kom., M.Kom.
NIP. 197512202001122002

(Penguji 1)

Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom
NIP. 197208091995121001

(Penguji 2)

Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom, M.Kom
NIP. 197104281994122001

(Penguji 3)



Dekan Fakultas Teknologi Informasi & Komunikasi,

Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom, M.Kom.
NIP. 197208091995121001

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis selalu diberikan kesehatan dan kesempatan menimba ilmu. Sholawat dan salam tercurah kepada Rosulullah Muhammad SAW yang memberikan teladan dan kita jadikan panutan agar selamat di dunia dan akherat kelak. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul "Deteksi Lokasi Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Metode *Maximally Stable Extremal Regions* Dan *Harris Corner*" sesuai dengan target dan waktu yang diharapkan.

Proses pembuatan dan pengerjaan Tesis ini merupakan pengalaman yang sangat berharga bagi penulis untuk memperdalam ilmu pengetahuannya khususnya di bidang komputasi cerdas dan visi. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Eng. Darlis Heru Murti, S.Kom, M.Kom. dan Ibu Anny Yuniarti, S.Kom, M.Comp.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan kepercayaan, perhatian, bimbingan, bantuan dan motivasi kepada penulis dalam proses menyelesaikan Tesis ini.
3. Ibu Dr. Chastine Fatichah, S.Kom.,M.Kom., Bapak Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom.,M.Kom., Ibu Dr. Eng. Nanik Suciati, S,Kom, M.Kom., dan Ibu Dini Adni Navastara, S.Kom, M.Sc., Ibu Bilqis Amaliah, S.Kom.,M.Kom. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasehat dan koreksi dalam pengerjaan Tesis ini.
4. Bapak Waskitho Wibisono, S.Kom., M.Eng., PhD selaku ketua program Pascasarjana Teknik Informatika ITS serta Dosen Pascasarjana Teknik Informatika ITS yang tidak disebutkan satu persatu yang telah memberikan pengetahuan dan pengalamannya selama proses belajar mengajar.
5. Mbak Lina, Mas Kunto dan seluruh Staf Program Pascasarjana Jurusan Teknik Informatika, yang telah memberikan bantuan selama studi dan proses Tesis penulis.

6. Ibunda (Mamah Uwar) yang selalu menyertaiku dalam doa dan harapan dengan segenap kasih sayang dan ketulusan tanpa batas. Semoga Allah memberikannya umur yang panjang, kesehatan, kebahagiaan dan kehidupan yang penuh barokah.
7. Ayahanda (Bapak Endang) yang senantiasa menjadi inspirasi untuk terus berkarya dan berjuang pantang menyerah dalam mengarungi kehidupan. Semoga Allah memberikannya umur yang panjang, kesehatan, kebahagiaan dan kehidupan yang penuh barokah.
8. Istriku (Herti Widyatini) dan anak-anak tercinta (Raffi & Zhafran) selaku pendamping hidup dan permata keluarga yang selalu mensupport dan menjadikan setiap detik kehidupanku menjadi sempurna dan luar biasa. Semoga Allah membentangkan karunia-Nya sehingga kebersamaan, kebahagiaan ini abadi dan penuh keberkahan.
9. Ibu (Emah) dan Bapakku (Empah) di Pelabuhan Ratu yang selalu mencurahkan kasih sayang dengan penuh keikhlasan. Semoga Allah mencurahkan kasih sayang-Nya yang tiada tara, diberikan umur yang panjang, kesehatan, kebahagiaan dan kehidupan yang penuh barokah.
10. Kakak-kakakku tercinta (Teh Yeni, Teh Nira, Mas Gun, Mas Andri) yang selalu mensupport dan mendoakan hingga studi ini selesai. Semoga Allah memberikannya umur yang panjang, kesehatan, kebahagiaan dan kehidupan yang penuh barokah.
11. Keluargaku di Ciamis dan Pelabuhan Ratu (A' Heris, Emay, Bucu, Herdi, Mah Uwa, Neng Gina, Ende, Enda, Elis, Wa Dudun dan Wa Mimi) yang selalu mensupport dan mendoakan meskipun jarak memisahkan. Semoga Allah memberikannya umur yang panjang, kesehatan, kebahagiaan dan kehidupan yang penuh barokah.
12. Keluargaku di Surabaya dan Sidoarjo (Mang Aan, Bi Itoh, Iis, Mas Yono, Teh Kokom, Defi, Chryisma, Mbak Ita dan Mas Rudi) yang selalu mensupport dan mendoakan hingga penulis bisa menyelesaikan studi Pasca Sarjana.

13. Bapak Rektor Prof Dr. Ir. Teguh Sudarto, MP., Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, MMT., Ibu Dr. Ir. Ni Ketut Sari, MT., dan keluarga besar serta segenap Pimpinan UPN Veteran Jawa Timur yang telah mensupport dan memberikan arahan penulis untuk bisa melanjutkan dan menyelesaikan studi Pasca Sarjana.
14. Bapak Budi Nugroho, S.Kom, M.Kom selaku Kaprodi Teknik Informatika UPN Veteran Jawa Timur yang selalu mensupport, memberikan arahan dan motivasi untuk bisa melanjutkan dan menyelesaikan studi Pasca Sarjana.
15. Pak Wahyu dan Bu Fetty yang telah mensupport dan memberikan arahan selama proses penyusunan tesis dan penyelesaian studi.
16. Pak Ronggo, Bu Eva, Pak Idhom, Bu Yisti, Pak Aji, Pak Sugi, Bu Henni, Bang Londo dan Mas Aris yang selalu memberikan dukungan dan motivasi selama studi dan proses Tesis penulis.
17. Teman-teman seperjuangan Dhian Satria, Andik Ampuh, Fachrul dan teman-teman magister ITS Teknik Informatika angkatan 2015 lain yang selalu ada untuk penulis ketika berdiskusi dan mencari solusi bersama.
18. Bro Japrak, Komeng, Buto, Nugrah, Sigit yang selalu mensupport dan mendoakan meskipun sudah jarang nongkrong bareng lagi.
19. Seluruh Dosen, Tendik dan Pimpinan Fakultas Ilmu Komputer, yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama studi dan proses Tesis penulis.
20. Semua pihak yang belum sempat disebutkan satu per satu disini yang telah membantu selama proses penyusunan tesis dan penyelesaian studi penulis, semoga Allah membalas kebaikan dan bantuannya dengan rahmat dan derajat yang setinggi-tingginya.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih jauh dari kesempurnaan dan banyak kekurangan. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca.

Surabaya, Januari 2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**DETEKSI LOKASI PLAT NOMOR KENDARAAN
MENGUNAKAN METODE *MAXIMALLY STABLE
EXTREMAL REGIONS* DAN *HARRIS CORNER***

Nama Mahasiswa : Hendra Maulana
NRP : 5115201043
Pembimbing : Dr.Eng. Darlis Herumurti, S.Kom., M.Kom.
Anny Yuniarti, S.Kom., M.Comp.Sc.

ABSTRAK

Beberapa penelitian metode pengenalan plat telah menunjukkan kinerja menjanjikan, namun beberapa metode mungkin gagal dalam situasi yang lebih kompleks karena kompleksitas seperti variasi posisi dan orientasi plat, berbagai latar belakang, dan benda-benda non-plat. Untuk efisiensi pencocokan visual yang lebih tinggi, beberapa detektor *keypoint* cepat dan deskripsi yang sesuai telah dilakukan penelitian, seperti seperti fitur FAST, SURF, BRISK, *Harris Corner*. Dan ada juga fitur *Maximally Stable Extremal Regions* (MSER) yang metode pencarian *keypoint* berdasarkan *extremal region*nya. Metode MSER telah diidentifikasi sebagai salah satu detektor wilayah terbaik karena ketahanannya terhadap perubahan sudut pandang, skala, dan pencahayaan, serta sensitif terhadap citra yang kabur.

Deteksi lokasi plat nomor kendaraan dengan metode deteksi sudut *Harris Corner* mampu mendeteksi secara baik pada file gambar dengan kondisi pencahayaan yang beragam, hal ini dikarenakan oleh latar belakang yang relatif terfokus pada sudut. Namun untuk beberapa gambar plat nomor yang memantulkan sinar matahari masih sulit dideteksi. Oleh sebab itu penelitian ini akan menggabungkan metode *Maximally Stable Extremal Regions* (MSER) dan metode *Harris Corner* pada tahap ekstraksi fitur untuk deteksi lokasi plat nomor kendaraan. Penggunaan metode MSER diharapkan dapat memperbaiki kekurangan metode *Harris Corner* pada gambar plat nomor yang memantulkan sinar matahari dan dapat mengurangi area yang akan dicocokkan dengan template berdasarkan deteksi *corner point* teks. Ekstraksi dilakukan terhadap 80 dataset mobil dengan plat nomor kendaraan standar Indonesia. Proses ekstraksi fitur metode MSER digunakan untuk mendeteksi kandidat area teks, selanjutnya dilakukan ekstraksi fitur *Harris Corner* untuk mendeteksi *corner points* teks dan akan dicocokkan dengan template. Hasil pengujian menunjukkan nilai akurasi sebesar 98,85% dengan rata-rata waktu komputasi 32,96 detik. Sedangkan nilai presisi dan *recall* masing-masing sebesar 67,61 untuk presisi, dan 79,66 untuk *recall*.

Kata kunci: Ekstraksi fitur, *Extremal region*, *Corner detection*, *Harris Corner*, *MSER*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DETECTION OF VEHICLE PLATE LOCATION WITH MAXIMALLY STABLE EXTREMAL REGIONS AND HARRIS CORNER METHOD

Name : Hendra Maulana
Student Identity Number : 5115201043
Supervisor : Dr.Eng. Darlis Herumurti, S.Kom., M.Kom.
Aenny Yuniarti, S.Kom., M.Comp.Sc.

ABSTRACT

Several studies of plate recognition methods have shown promising performance, but some methods may fail in more complex situations due to complexity such as position variation and plate orientation, various backgrounds, and non-plate objects. For higher visual matching efficiency, some fast keypoint detectors and corresponding descriptions have been undertaken, such as features of FAST, SURF, BRISK, Harris Corner. And there is also MSER feature that search method keypoint based on extremal region. Detection of vehicle number plate locations with Harris Corner angle detection method is able to detect well on image files with various lighting conditions, this is because of the relatively focused theoretical background at the angle. But for some drawing plate numbers that reflect sunlight is still difficult to detect.

MSER method has been identified as one of the best regional detectors because its resistance to changes in viewing angle, scale, and illumination, sensitive to blurry imagery. MSER is very efficient to detect characters with half or fully enclosed areas, especially on hole characters, such as 0, 6, 8, 9, A, B, D, P, Q. Therefore, this research will incorporate Maximally Stable Extremal Regions (MSER) method and Harris Corner method at feature extraction stage for detection of vehicle license plate location. The use of the MSER method is expected to improve the deficiency of the Harris Corner method on the number plate image reflecting sunlight and can reduce the area to be matched with the template based on the detection of the text corner. The extraction was performed on 80 car datasets with Indonesian standard vehicle number plates. Feature extraction process of MSER method is used to detect candidate text area, then extraction feature Harris Corner to detect corner points text and will be matched with template. The test results show an accuracy of 98.85% with an average computational time of 32.96 seconds. While the value of precision and recall respectively 67,61 for precision, and 79,66 for recall.

Keypoint: Feature Extraction, Extremal Region, Corner Detection, Harris Corner, MSER

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Kontribusi Penelitian.....	4
1.6. Batasan Masalah.....	4
BAB 2 DASAR TEORI	5
2.1. Plat Nomor	5
2.2. <i>License Plate Recognition</i>	5
2.3. Citra Digital.....	6
2.4. Pengenalan Objek.....	7
2.5. <i>Harris Corner</i>	7
2.6. <i>Maximally Stable Extremal Regions (MSER)</i>	13
2.7. Pencocokan Fitur.....	15
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1. Studi Literatur	17

3.2. Pengumpulan Data.....	18
3.2.1. Citra <i>Template</i>	18
3.2.2. Citra <i>Testing</i>	19
3.2.3. Citra <i>Groundtruth</i>	19
3.3. Perancangan Sistem.....	21
3.3.1. <i>Preprocessing</i>	21
3.3.2. Deteksi Kandidat Area Text Menggunakan MSER	22
3.3.3. Deteksi Fitur Area Text Menggunakan Harris Corner	22
3.3.4. Ekstraksi Fitur <i>Template</i>	24
3.3.5. Pencocokan Fitur	24
3.3.6. Penandaan Lokasi Plat.....	25
3.4. Ujicoba & Analisa Hasil.....	26
BAB 4 PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1. Implementasi Penelitian	29
4.2. Data Uji Coba	29
4.3. Skenario Ujicoba	30
4.4. Implementasi Uji Coba.....	30
4.4.1. Ekstraksi Fitur <i>Template</i>	31
4.4.2. Pre Processing	31
4.4.3. Proses Deteksi Kandidat Area Teks Menggunakan MSER.....	32
4.4.4. Proses Deteksi Fitur Menggunakan <i>Harris Corner</i>	32
4.4.5. Proses Pencocokan Fitur.....	33
4.4.6. Proses Penandaan Lokasi Plat	33
4.5. Analisa Hasil Uji Coba	34
BAB 5 PENUTUP	37
5.1 Kesimpulan.....	37

5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	41
BIODATA PENULIS	59

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Harris Corner Detector	8
Gambar 2.2 Perhitungan Konvolusi	9
Gambar 2.3 Perhitungan Konvolusi Secara Grafis	9
Gambar 2.4 Konvolusi	10
Gambar 2.5 Proses Gaussian <i>Blur</i>	12
Gambar 2.6 Tahapan MSER	14
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	17
Gambar 3.2 Template <i>Font</i> Plat Nomor Kendaraan Indonesia	18
Gambar 3.3 Data <i>Testing</i> Mobil Indonesia	19
Gambar 3.4 Data <i>Groundtruth</i>	20
Gambar 3.5 Desain Model Sistem	20
Gambar 3.6 Tahapan <i>Preprocessing</i>	21
Gambar 3.7 Deteksi Fitur <i>Harris Corner</i>	23
Gambar 3.8 Proses Ekstraksi Fitur Template	24
Gambar 4.1 Skenario Uji Coba	30
Gambar 4.2 Implementasi Fitur <i>Corner Point Template</i>	31
Gambar 4.3 Implementasi <i>Preprocessing</i> Citra <i>Testing</i>	31
Gambar 4.4 Implementasi Deteksi <i>MSER Region</i>	32
Gambar 4.5 Implementasi Deteksi Fitur dengan <i>Harris Corner</i>	32
Gambar 4.6 Proses Pencocokan Fitur	33
Gambar 4.7 Hasil Penandaan Lokasi Plat	33
Gambar 4.8 Perbandingan Hasil Ujicoba	36

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Spesifikasi Dataset Uji Coba.....	29
Tabel 4.2 Hasil Uji Coba dengan Metode Usulan (MSER dan <i>Harris Corner</i>)..	34
Tabel 4.3 Hasil Uji Coba dengan Metode <i>Harris Corner</i>	35

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, dengan meningkatnya jumlah bentuk transportasi dan jaringan transportasi modern yang kompleks, sistem transportasi cerdas memainkan peran penting dalam kehidupan kita sehari-hari. Fungsi sistem adalah untuk memantau lalu lintas, untuk merekam informasi kendaraan dan melaporkan kejadian lalu lintas normal. Sistem transportasi cerdas saat ini sudah mulai berkembang. Sistem ini terbagi menjadi sistem infrastruktur cerdas dan sistem kendaraan cerdas. Beberapa aplikasi pendukung sistem infrastruktur cerdas antara lain aplikasi pembayaran elektronik (seperti untuk jalan tol dan parkir), aplikasi monitoring jalan tol, aplikasi monitoring lalu lintas, dan lain-lain. Salah satu aspek dalam sistem pendukung infrastruktur cerdas tersebut adalah bagaimana mengenali sebuah kendaraan (Yuniarti & Aufa 2011).

Pengenalan plat kendaraan adalah fungsi penting dari sistem ini, dan merupakan bagian penting dari kehidupan kita sehari-hari. Berdasarkan pengamatan, plat kendaraan memiliki tepi dan sudut informasi yang cukup, menggunakan metode deteksi tepi, proyeksi dan *filter* morfologi (Ktata Sami, Khadharaoui Taher, Benzarti Faouzi 2015). Meskipun banyak metode Pengenalan Plat telah menunjukkan kinerja menjanjikan dalam lingkungan yang dibatasi, teknik yang sama mungkin gagal dalam situasi yang lebih kompleks karena kompleksitas seperti variasi posisi dan orientasi plat, pencahayaan yang tidak merata, berbagai latar belakang, dan benda-benda non-plat (Wang & Wang n.d.)

Beberapa penelitian untuk meningkatkan kinerja pengenalan plat yang difokuskan untuk menemukan deskripsi fitur visual yang kuat untuk perubahan lingkungan dan plat itu sendiri. Selama dekade terakhir, pendekatan berbasis *keypoint* telah banyak diterapkan untuk pencocokan visual (Lowe 2004). Salah satu contoh paling sukses adalah fitur *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT) (Lowe 2004). Dalam hal ini invarian untuk skala dan perubahan rotasi mampu mendapatkan hasil yang menjanjikan banyak kasus (Yi et al. 2008). Menurut hasil yang dilaporkan pada referensi (Ktata Sami, Khadharaoui Taher, Benzarti Faouzi

2015) (Zahedi & Mahdi 2011), metode berbasis SIFT telah terbukti mampu mendeteksi plat dalam situasi yang beragam. Namun, untuk aplikasi yang membutuhkan proses cepat, seperti ponsel, SIFT tidak memenuhi persyaratan efisiensi karena kecepatan komputasi yang relatif lambat.

Untuk efisiensi pencocokan visual yang lebih tinggi, beberapa detektor keypoint cepat dan deskripsi yang sesuai telah diusulkan, seperti fitur *Speed-Up Robust Features* (SURF) (Bay et al. 2006), (FAST). *Binary Robust Invariant Scalable Keypoints* (BRISK) (Leutenegger et al. 2011), *Harris Corner* (Panchal et al. 2016) dan lain sebagainya, yang secara teoritis dapat meningkatkan efisiensi komputasi bila diterapkan pengenalan plat nomor kendaraan. Ada juga fitur *Maximally Stable Extremal Regions* (MSER) yang metode pencarian keypoint berdasarkan *extremal region*. (Matas et al. 2004).

Pada umumnya, sistem deteksi plat memiliki dua permasalahan, yaitu di mana plat berada dan seberapa besar ukurannya. Biasanya, posisi calon karakter dalam plat pertama kali diidentifikasi, dan area kotak dari plat ditentukan kemudian. Berdasarkan pengamatan (Zhou et al. 2012) bahwa karakter tertentu di plat nomor yang berbeda dapat dianggap sebagai duplikat satu sama lain, model busur berdasarkan fitur lokal untuk deteksi plat diusulkan. Karena kata-kata visual yang dihasilkan dari pengelompokan *unsupervised* sensitif terhadap fitur *noise* dari latar belakang citra (Nister & Stewenius, 2006).

Penelitian (Gou et al. 2014) menyatakan bahwa metode *Maximally Stable Extremal Regions* (MSER) cocok dipilih sebagai penentuan daerah calon karakter yang sesuai dengan hubungan geometris karakter pada plat nomor standar. Berdasarkan eksperimen (Hsu et al. 2013) menunjukkan bahwa MSER bekerja dengan baik dalam menangkap semua karakter dalam berbagai kondisi. MSER sangat efisien untuk mendeteksi karakter dengan setengah atau daerah tertutup sepenuhnya, termasuk 0, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, A, B, C, D, E, F, G, P, Q, R, S, U, V, W, Y, dan Z, terutama pada karakter yang memiliki lubang, seperti 0, 4, 6, 8, 9, A, B, D, P, Q, dan R. Berdasarkan eksperimen (Mikolajczyk dkk. 2005) serta (Fraundorfer & Bischof. 2005) mengidentifikasi bahwa detektor MSER sebagai salah satu *local region detector* terbaik karena ketahanannya terhadap sudut pandang, rotasi, skala dan perubahan pencahayaan.

Penelitian (Harris & Stephens 1988) menyatakan bahwa system pendeteksian *Harris Corner* sering digunakan karena mampu menghasilkan nilai yang konsisten pada citra yang mengalami rotasi, variasi pencahayaan maupun yang memiliki banyak *noise* pada gambar. Algoritma ekstraksi fitur *Harris Corner* dijalankan dengan mendeteksi ciri-ciri suatu objek dalam bentuk sudut. Penelitian (Modi et al. 2011) menunjukkan bahwa algoritma ini bekerja dengan sangat baik pada citra miring positif dan negatif. Algoritma memberikan hasil yang dapat diandalkan dengan berbagai kerumitan komputasi.

Penelitian (Horak et al. 2016) menyatakan metode Harris, Eigen dan FAST memiliki nilai produktivitas yang tinggi dalam mendeteksi lokasi plat nomor. Hal ini dikarenakan oleh latar belakang teori yang relatif terfokus pada sudut. Penelitian (Panchal et al. 2016) menyatakan bahwa deteksi lokasi plat nomor kendaraan dengan metode deteksi sudut *Harris Corner*, mampu mendeteksi secara baik pada file gambar dengan kondisi pencahayaan yang beragam. Namun untuk beberapa gambar plat nomor yang memantulkan sinar matahari masih sulit dideteksi.

Berdasarkan penelitian (Horak et al. 2016) tersebut, maka pada penelitian ini diusulkan penggabungan metode *Maximally Stable Extremal Regions* (MSER) dan metode *Harris Corner* pada tahap ekstraksi fitur untuk mendeteksi lokasi plat nomor kendaraan. Penggunaan metode MSER diharapkan dapat memperbaiki kekurangan metode *Harris Corner* pada gambar plat nomor yang memantulkan sinar matahari dan dapat mengurangi area yang akan dicocokkan dengan template berdasarkan deteksi *corner point* teks. Sehingga diharap dapat meningkatkan akurasi deteksi lokasi plat nomor kendaraan. Tetapi, hipotesis ini perlu diuji secara empiris sebagaimana akan dilakukan dalam penelitian ini.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan sebelumnya, maka beberapa permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengoptimalkan deteksi lokasi plat nomor kendaraan menggunakan ekstraksi fitur metode *Maximally Stable Extremal Regions* (MSER) dan metode *Harris Corner*?

2. Bagaimana membandingkan tingkat akurasi, presisi, recall dan waktu komputasi metode yang diusulkan (MSER dan *Harris Corner*) dengan metode *Harris Corner* saja pada deteksi lokasi plat nomor kendaraan?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah penggabungan ekstraksi fitur metode *Maximally Stable Extremal Regions* (MSER) dan metode *Harris Corner* untuk mendeteksi lokasi plat nomor kendaraan.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah membantu para peneliti khususnya, untuk mendeteksi lokasi plat nomor kendaraan.

1.5. Kontribusi Penelitian

Kontribusi pada penelitian ini adalah menggabungkan metode *Maximally Stable Extremal Regions* (MSER) yang pencarian keypoint dilakukan berdasarkan *extremal region* dan *Harris Corner* yang metode pencarian keypoint dilakukan berdasarkan titik pojok (*corner detection*), sehingga diperoleh perbaikan akurasi pada deteksi lokasi plat nomor kendaraan.

1.6. Batasan Masalah

Batasan pada penelitian ini, yang disesuaikan dengan ruang lingkup permasalahan dan data uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah gambar mobil pribadi sebanyak 80 gambar dengan plat nomer mobil yang masih standard kepolisian (tidak dimodifikasi).
2. Pengambilan gambar dilakukan dari depan atau belakang, gambar yang dikenali di dalamnya terdapat plat nomor kendaraan.
3. Format gambar dataset yang akan diproses mempunyai format JPG.
4. Piksel gambar yang akan diproses berukuran 4208 x 3120 piksel.

BAB 2

DASAR TEORI

Pada Bab 2 ini dijelaskan dasar teori dan kajian pustaka yang digunakan sebagai landasan ilmiah penelitian. Dasar teori yang dilakukan mencakup plat nomor, *license plate recognition*, pengolahan citra digital, pengenalan obyek, *Harris Corner*, MSER, pencocokan fitur.

2.1. Plat Nomor

Plat nomor adalah salah satu jenis identifikasi kendaraan bermotor. Plat nomor juga disebut plat registrasi kendaraan, atau di Amerika Serikat dikenal sebagai plat izin (*license plate*). Bentuknya berupa potongan plat logam atau plastik yang dipasang pada kendaraan bermotor sebagai identifikasi resmi. Biasanya plat nomor jumlahnya sepasang, untuk dipasang di depan dan belakang kendaraan. Namun ada yurisdiksi tertentu atau jenis kendaraan tertentu yang hanya membutuhkan satu plat nomor, biasanya untuk dipasang di bagian belakang. Plat nomor memiliki nomor seri yakni susunan huruf dan angka yang dikhususkan bagi kendaraan tersebut. Nomor ini di Indonesia disebut nomor polisi, dan biasa dipadukan dengan informasi lain mengenai kendaraan bersangkutan, seperti warna, merk, model, tahun pembuatan, nomor identifikasi kendaraan atau VIN dan tentu saja nama dan alamat pemiliknya. Semua data ini juga tertera dalam Surat Tanda Nomor Kendaraan Bermotor atau STNK yang merupakan surat bukti bahwa nomor polisi itu memang ditetapkan bagi kendaraan tersebut.

2.2. License Plate Recognition

License Plate Recognition (LPR) atau sering disebut juga dengan *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) merupakan salah satu teknologi atau sistem yang menangani pengenalan nomor polisi yang ada pada plat nomor kendaraan bermotor. Pengenalan nomor polisi yang ada pada plat nomor kendaraan tersebut dapat dilakukan secara otomatis dengan menggunakan teknologi seperti OCR (*Optical Character Recognition*).

Berdasarkan kemampuannya, aplikasi LPR dapat mengenali pola nomor polisi secara otomatis dan juga dapat menyimpan gambar atau citra dari plat nomor yang telah diambil pada proses capturing image. Kemampuan tersebut tentu saja sangat berguna, menurut Markus Friedriech dkk (2008) dalam paper yang berjudul *Automatic Number Plate Recognition for The Observation of Travel Behavior* bahwa aplikasi ANPR atau LPR dapat menyediakan data source yang sangat bermanfaat untuk perencanaan transportasi dan engineering, kemudian *multiple task* dapat diselesaikan dengan aplikasi tersebut. ANPR atau LPR juga dapat berguna untuk lima sistem berikut, yaitu: *vehicle classification*, *travel time measurement*, *through traffic surveys*, *route choise observations* dan *estimation of O-D matrices*.

2.3. Citra Digital

Citra dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi dua dimensi dengan x maupun y adalah posisi koordinat, sedangkan merupakan amplitude pada posisi yang sering dikenal sebagai intensitas atau *grayscale*. Ketika nilai x , y dan amplitude terbatas dan bernilai diskrit, citra tersebut dikatakan sebagai citra digital. Pixel sebagai penyusun dari suatu citra adalah elemen yang memiliki nilai yang menunjukkan warna.

Citra dapat dibagi menjadi dua yaitu citra kontinyu dan citra diskrit. Penjelasannya adalah sebagai berikut:

- Citra kontinyu merupakan citra yang diperoleh dari sistem optik yang menerima sinyal analog, seperti mata manusia dan kamera analog.
- Citra diskrit (citra digital) merupakan citra yang dihasilkan melalui proses digitalisasi terhadap citra kontinyu.

Sedangkan untuk citra digital sendiri dibagi menjadi dua jenis yaitu citra yang dibentuk oleh kumpulan *pixel* dalam array dua dimensi dan citra yang dibentuk oleh fungsi geometri dan matematika. Citra bitmap (*bitmap image*) dan citra raster (*raster image*) merupakan contoh dari citra jenis pertama dan citra untuk jenis kedua yaitu grafik *vector* (*vector graphic*).

Berdasarkan penjelasan (Darma Putra, 2010), suatu citra dapat didefinisikan sebagai fungsi $f(x,y)$ berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y adalah koordinat spasial, dan amplitude f di titik koordinat (x,y) dinamakan

intensitas atau tingkat keabuan dari citra pada titik tersebut. Apabila nilai (x,y) , dan nilai amplitude f secara keseluruhan berhingga (*finite*) dan bernilai diskrit maka dapat dikatakan bahwa citra tersebut adalah citra digital.

2.4. Pengenalan Objek

Metode pengenalan objek secara luas digunakan pada industri visi untuk keperluan pemeriksaan, pendaftaran, dan manipulasi. Namun, sistem komersial saat ini untuk pengenalan obyek bergantung hampir secara eksklusif pada korelasi berbasis *template matching*. Sementara sangat efektif untuk lingkungan rekayasa tertentu, dimana gambar objek dan pencahayaan yang dikontrol ketat, template yang cocok menjadi komputasi tidak layak ketika rotasi objek, skala, pencahayaan, dan gambar 3D diperbolehkan untuk bervariasi, dan bahkan lebih lagi ketika berhadapan dengan visibilitas parsial dan model besar database (Lowe n.d.). Banyak jenis fitur kandidat telah diusulkan dan dieksplorasi, termasuk segmen garis (Grimson & Lozano-Pérez 1987), pengelompokan tepi (Lowe 1987), dan *region* (Beis & Lowe 1997).

2.5. Harris Corner

Harris Corner Detector diusulkan oleh C. Harris dan M. Stephen pada tahun 1988. Harris didasarkan pada momen matriks kedua yang digunakan untuk ekstraksi ciri. Ada 2 detektor sudut yang sering digunakan yakni Harris (Eropa) dan KLT (USA). Umumnya detektor sudut digunakan untuk aplikasi pada *motion* dan *shape*. Pada Harris, sudah banyak pengembangan yang dilakukan sehingga munculah teori Harris-Laplace, Harris Affine dan lainnya.

Pada deteksi sudut Harris, konvolusi dengan fungsi Gaussian merupakan langkah paling penting, karena akan menentukan keseluruhan proses dan hasil akhir. Tapi justru ini yang membuat keseluruhan komputasi semakin besar karena proses yang dijalani adalah fungsi Gaussian dikalikan terlebih dahulu dengan piksel, lalu dijumlahkan satu demi satu. Semakin besar mask Gaussian yang digunakan, semakin tinggi beban komputasi. Hal ini yang menjadi pendorong munculnya algoritma-algoritma terbaru yang memfasilitasi Harris dalam mendeteksi sudut. Seperti penggunaan *Integral Image*, *Box filter* dan lainnya.

Ide dasar dari *Harris Corner Detector* ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Harris Corner Detector

A = jendela W digeser ke segala arah menghasilkan simpulan bagian flat dari objek

B = jendela W digeser ke segala arah menghasilkan simpulan menyatakan bagian tepi dari objek

C = jendela W digeser ke segala arah menghasilkan simpulan menyatakan sudut dari objek

Berdasarkan (Harris, C. & Stephens, M., 1988) *Harris Corner* memiliki kelebihan yakni hasil deteksi nyaris tidak berubah untuk kasus: rotasi terhadap citra, variasi cahaya dan noise pada citra. Berikut langkah-langkah dalam mendeteksi sudut menggunakan algoritma Harris:

1. Konvolusi

Konvolusi adalah perkalian total dari dua buah fungsi f dan h yang didefinisikan dengan:

$$f * h = \int_0^T f(t)h(T - t)dt \quad (2.1)$$

Untuk fungsi f dan h yang berdimensi 2, maka konvolusi dua dimensi didefinisikan dengan:

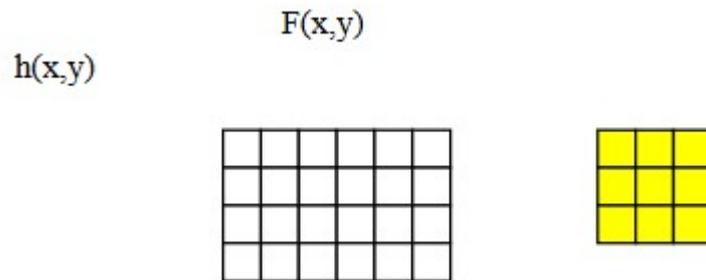
$$f * h = \int_0^{T_x} \int_0^{T_y} f(x,y)h(T_x - x, T_y - y)dxdy \quad (2.2)$$

Konvolusi 2D inilah yang banyak digunakan pengolahan citra digital, sayangnya rumus diatas sangat sulit diimplementasikan menggunakan komputer, karena pada dasarnya komputer hanya bisa melakukan perhitungan pada data yang diskrit sehingga tidak dapat digunakan untuk menghitung intregral di atas.

Konvolusi pada fungsi diskrit $f(n,m)$ dan $h(n,m)$ didefinisikan dengan:

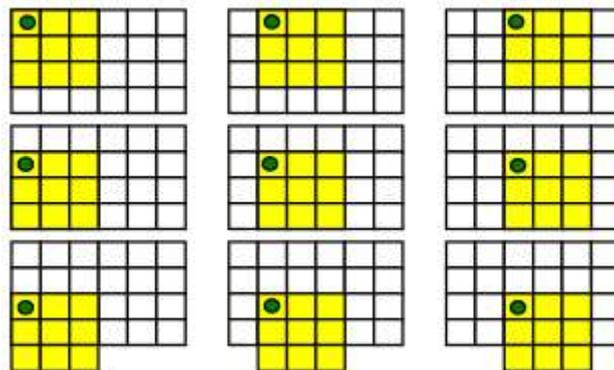
$$y(k1, k2) = \sum_{n=1}^{T_n} \sum_{m=1}^{T_m} f(k1 + n, k2, m)h(n, m) \quad (2.3)$$

Perhitungan konvolusi disajikan oleh Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Perhitungan Konvolusi

Bila ingin dihitung $y = f * h$, maka proses perhitungannya dapat dilakukan dengan perhitungan konvolusi secara grafis, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Perhitungan Konvolusi Secara Grafis

Filter pada citra pada bidang spasial dapat dilakukan dengan menggunakan konvolusi dari citra (I) dan fungsi filternya (H), dan dituliskan dengan:

$$I' = H \otimes I \quad (2.4)$$

Dan dirumuskan dengan:

$$I'(x,y) = \sum_{i=-n}^n \sum_{j=-m}^m h(i,j)I(x+i,y+j) \quad (2.5)$$

dimana m,n adalah ukuran dari fungsi filter dalam matrix

2. Prewitt

Konvolusi pada citra untuk mendeteksi tepi secara *horizontal* dan *vertical*, dengan menggunakan Operator Prewitt.

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Dalam *Corner Detection*, diperlukan 3 buah Image turunan yaitu Turunan X , Turunan Y , Turunan $X*Y$. Hasil proses konvolusi ditunjukkan oleh Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Konvolusi

3. Blur

Proses *Blur* merupakan pengolahan citra agar suatu citra terlihat kabur. Prosesnya sama dengan proses konvolusi, namun dengan operator konvolusi atau kernel yang berbeda. Untuk proses *blur* ini menggunakan operator Gaussian, dimana operator gaussian yang dianalogikan sebagai window 3x3 tersebut didapat dari perhitungan rumus:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2.7)$$

Dengan σ merupakan sigma yang merupakan variable penting dalam penentuan tingkat *blur* citra. Dengan $\sigma=1$ maka akan didapat sebuah operator Gaussian seperti ini:

$$\begin{array}{lll} G(-1,-1)=0.0585498 & G(0,-1)=0.0965324 & G(1,-1)=0.0585498 \\ G(-1,0)=0.0965324 & G(0,0)=0.159155 & G(1,0)=0.0965324 \\ G(-1,1)=0.0585498 & G(0,1)=0.0965324 & G(1,1)=0.0585498 \end{array}$$

Setelah operator Gaussian ditentukan, maka proses konvolusi dengan operator tersebut dapat dijalankan dengan menghitung nilai suatu *pixel* yang menjadi titik tengah dari suatu *window* 3x3 dengan menggunakan perhitungan konvolusi sebagai berikut:

$$I'(x, y) = \sum_{i=-n}^n \sum_{j=-m}^m G(i, j) I(x + i, y + j) \quad (2.8)$$

Dimana I merupakan citra awal, G adalah fungsi Gaussian dan I' merupakan citra hasil.

Citra hasil deteksi tepi dari proses sebelumnya kemudian di-*blur*. Proses *blur* sendiri dimulai dari pengambilan citra degradasi dari langkah 1. Seandainya I adalah citra (image), maka $\partial I/\partial x$ adalah turunan x dan $\partial I/\partial y$ adalah turunan y . Dalam proses *blur*, mengkalkulasikan ketiga variable dibawah ini:

$$\begin{aligned} A &= \left(\frac{\partial I}{\partial x} \right)^2 \otimes w & B &= \left(\frac{\partial I}{\partial y} \right)^2 \otimes w \\ C &= \left(\frac{\partial I}{\partial x} \cdot \frac{\partial I}{\partial y} \right) \otimes w \end{aligned}$$

Dimana w adalah perkalian matriks Gaussian. Tiga citra hasil konvolusi dengan menggunakan operator Prewitt pada proses sebelumnya akan di-*blur* dengan operator Gaussian tersebut, sehingga akan tampak citra yang sedikit lebih buram. Hasil proses Gaussian *Blur* ditunjukkan oleh Gambar 2.5



Gambar 2.5 Proses Gaussian *Blur*

4. Operator Plessey

Untuk setiap titik pada citra dibangun matriks 2×2 M , dan mengkalkulasikan operator Plessey.

$$M = \begin{bmatrix} A & C \\ C & B \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

Dimana A adalah citra Turunan X yang telah di-blur, B citra Turunan Y yang telah di-*Blur*, dan C adalah citra Turunan $X*Y$ yang telah di-*Blur* dari proses Gaussian *Blur* sebelumnya. Setelah itu baru nilai Plessey dari masing-masing piksel bisa didapatkan dengan menghitung melalui rumus berikut:

$$R(x, y) = \det(M) - k * [\text{tr}(M)]^2 \quad (2.10)$$

dan $k = 0,04$

$\det(M)$ merupakan determinan dari matriks M yaitu $(A*D)-(C*C)$ dan $\text{tr}(M)$ merupakan Trace dari matriks M yaitu $(A+B)$.

5. *Thresholding*

Thresholding merupakan salah satu teknik segmentasi yang baik digunakan untuk citra dengan perbedaan nilai intensitas yang signifikan antara latar belakang dan objek utama. Dalam pelaksanaannya *Thresholding* membutuhkan

suatu nilai yang digunakan sebagai nilai pembatas antara objek utama dengan latar belakang, dan nilai tersebut dinamakan *threshold*.

Thresholding digunakan untuk mempartisi citra dengan mengatur nilai intensitas semua piksel yang lebih besar dari nilai *threshold T* sebagai objek dan yang lebih kecil dari nilai *threshold T* sebagai latar belakang. Pengaturan nilai *threshold* dilakukan berdasarkan *grayscale* (Gonzales and Woods, 2002).

Jumlah titik-titik yang akan dikumpulkan dari hasil langkah 4 akan membengkak, dan tidak semua titik merupakan titik-titik yang penting. Dari semua titik yang ditemukan, jumlah ini akan diturunkan dengan cara mengambil sebagian dari titik-titik yang memiliki nilai Plessey terbesar.

6. *Non-max Suppression*

Proses *Non Maximum Suppression* yang mirip dengan proses *thinning* (perampingan) dilakukan untuk menentukan piksel tepi dengan posisi paling mendekati lokasi terjadinya perubahan nilai piksel diantara banyaknya piksel tepi yang terdeteksi. Dimana pada umumnya, perubahan nilai piksel berada pada pusat kumpulan piksel tepi (Aguado and Nixon, 2002).

Bila nilai Plessey dari sebuah titik tertentu yang dihasilkan adalah nilai maksimum lokal dalam sebuah wilayah 3x3, maka dapat disimpulkan sementara bahwa titik ini adalah sebuah titik pojok.

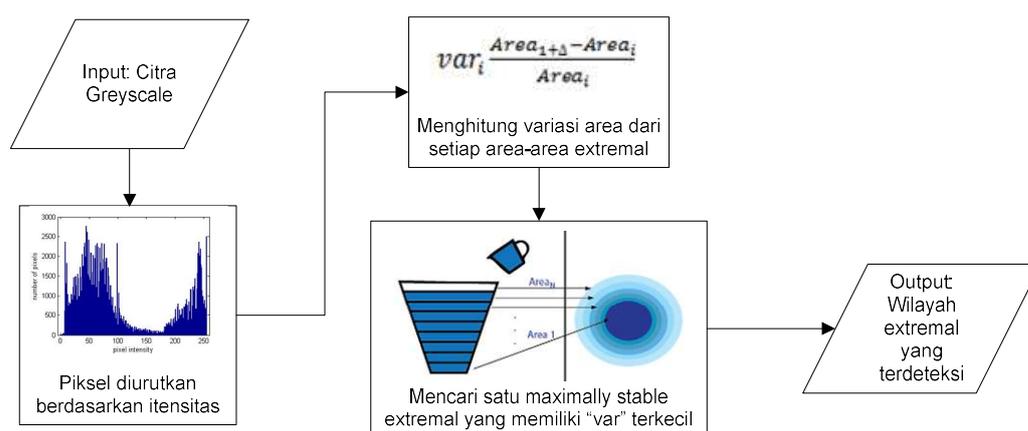
2.6. *Maximally Stable Extremal Regions (MSER)*

Dalam visi komputer, *Maximally Stable Extremal Regions* (MSER) digunakan sebagai metode deteksi gumpalan di gambar. Teknik ini diusulkan oleh Matas et al pada tahun 2004, untuk menemukan korespondensi antara unsur-unsur gambar dari dua gambar dengan sudut pandang yang berbeda. Algoritma *Maximally Stable Extremal Regions* (MSER) secara dasar adalah *region detector*. Dasar perhitungan MSER dimulai dengan melakukan pemilihan atau sortir urutan piksel-piksel dari intensitas rendah ke intensitas tinggi atau sebaliknya (misal pada citra *grayscale* yang mempunyai intensitas (0,...,255)). Intensitas ini yang dinamakan *threshold*. Iterasi dimulai dari *threshold* rendah (0) ke *threshold* tinggi (255) dan pada masing-masing *threshold* dilakukan perhitungan area. Dimana area yang tidak

mengalami perubahan ketika *threshold* diubah-ubah dinamakan *MSER regions*. MSER banyak digunakan pada aplikasi *text localization and recognition*. Dalam setiap *threshold* dua atau lebih komponen akan bergabung menjadi satu. Pada *threshold* ini terjadi perubahan bentuk komponen secara signifikan, hal ini menjadikan komponen tidak stabil dan letak lokasi menjadi tidak pesisi, terutama dalam hal perubahan intensitas dan noise. *Maximally Stable Extremal Regions* akan diekstrak dari urutan komponen pada *threshold* yang direpresentasikan oleh perbedaan minimum komponen lokal area di dalam ruang *threshold*.

MSER dikembangkan untuk memecahkan perbedaan korespondensi dalam *baseline stereo system*. Sistem ini menciptakan cekungan dan kedalaman geometris yang kompleks, dan tergantung pada dasar antara jarak subjek ke kamera. Fitur yang lebih dekat dengan kamera akan lebih terdistorsi di bawah transformasi, sehingga sulit untuk menemukan ketepatan dan kesesuaian antara bagian kiri atau kanan dari pasangan citra. Pada MSER, proses pemilihan piksel menjadi satu himpunan area (*set of regions*) berdasarkan *threshold* intensitas biner. Area dengan nilai piksel yang sama pada nilai *threshold* dalam pola komponen yang terhubung merupakan nilai yang dianggap paling stabil (*maximally stable*).

Algoritma *Maximally Stable Extremal Regions* (MSER) terdiri dari beberapa tahapan utama, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Tahapan MSER

- Pengurutan seluruh piksel berdasarkan intensitas.
- Meletakkan piksel satu persatu (sesuai urutan intensitas) di dalam citra, dan melakukan pembaharuan struktur keterkaitan komponen, yang berasal dari area-area extremal.
- Menghitung variasi area dari setiap area-area extremal. Dengan menggunakan formula:

$$var_i \frac{Area_{l+\Delta} - Area_i}{Area_i} \quad (2.11)$$

Dimana i mewakili area-area extremal dengan nilai intensitas tertinggi dan $l + \Delta$ merujuk pada perluasan area ke i , dengan intensitas maksimal sebesar $l + \Delta$, var_i adalah perbedaan relatif dari area dimana terdapat intensitas tertinggi dari i ke $l + \Delta$.

- Melalui urutan/tingkatan area-area extremal. Mencari satu maximally stable extremal yang memiliki “ var ” terkecil dari tingkat utama.

2.7. Pencocokan Fitur

Fitur merupakan titik unik yang berada pada lokasi tertentu, sebuah objek direpresentasikan sebagai vektor, dimana dua buah citra dapat dibandingkan kesamaan atau perbedaannya dengan cara membandingkan kedua vektor didalam sebuah citra. Pada dasarnya ada dua cara untuk melakukan perhitungan perbandingan:

1. Menghitung jarak kedua vektor
2. Menghitung kesamaan atau kemiripan vektor.

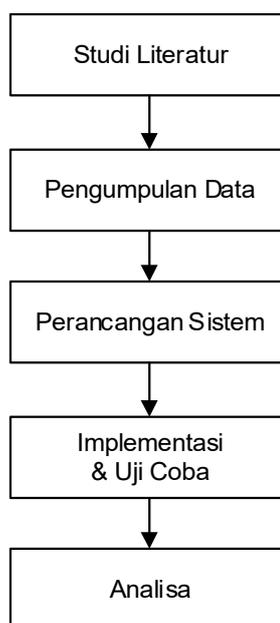
Hubungan atau koresponden fitur seperti dua himpunan matriks fitur p sebagai masukan, yang dibagi menjadi matriks m dan matriks n . Masukkan setiap urutan pasangan akan mengalami proses pencocokan antara fitur-1 dan fitur-2. Urutan elemen pertama fitur dalam fitur-1 yang cocok dengan fitur dalam urutan elemen kedua pada fitur-2. Nilai-nilai matriks yang sudah cocok menjadi dasar batasan perhitungan matriks yang dipilih. Nilai matriks kecocokan berhubungan pada output urutan pasangan matriks fitur (*indexpairs*). Dimana nilai akan sangat tergantung pada setiap pemilihan proses pencocokan fitur.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan penelitian ini, ada beberapa langkah yang dilakukan, yaitu studi literatur, perancangan sistem, rencana pengujian dan analisis, serta rencana jadwal kegiatan penelitian. Gambar 3.1 menunjukkan langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

3.1. Studi Literatur

Studi literatur ditujukan untuk mencari referensi-referensi yang sesuai dengan penelitian ini. Referensi dapat berupa jurnal, buku dan makalah ilmiah. Informasi yang didapat dari referensi selanjutnya digunakan untuk mendefinisikan rumusan permasalahan, batasan permasalahan, kebutuhan dataset serta kontribusi yang diusulkan. Referensi tersebut diantaranya adalah beberapa metode pemrosesan untuk deteksi lokasi plat kendaraan.

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan maka diperoleh informasi.

1. Proses ekstraksi fitur pada gambar menjadi bagian penting untuk melakukan proses pengenalan obyek. Ekstraksi fitur yang dilakukan secara optimal akan mendukung proses berikutnya mendapatkan hasil yang maksimal.

2. Ekstraksi fitur pada gambar membutuhkan metode yang invarian terhadap rotasi agar tidak terbatas pada pengambilan data, sehingga bisa digunakan mendeteksi data secara langsung pada objek di alam terbuka.
3. Hasil ekstraksi fitur pada gambar harus mempunyai parameter yang sama untuk mendukung proses pencocokan. Oleh karena itu diperlukan normalisasi terhadap data sebelum dilakukan proses berikutnya.
4. Pada proses pencocokan bisa mengetahui hasil uji coba yang sudah dilakukan berdasarkan nilai akurasi dan waktu komputasi, sehingga dalam penelitian bisa mengetahui dan membandingkan metode yang telah diusulkan.

3.2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan citra *testing* yang diambil oleh penulis dan citra template yang diambil dari internet.

3.2.1. Citra *Template*

Data citra template yang digunakan dalam penelitian ini adalah gambar *font* standar nomor kendaraan yang terdiri dari karakter angka maupun huruf yang sering digunakan pada penulisan plat nomor kendaraan Indonesia. yang didownload dari Internet, seperti yang disajikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Template *Font* Plat Nomor Kendaraan Indonesia

3.2.2. Citra *Testing*

Citra *testing* diambil dari dataset yang telah dikumpulkan digunakan sebagai dataset. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah gambar mobil dengan beragam situasi yang diambil sendiri oleh penulis, yang berisi 80 gambar mobil dengan plat nomor standar Indonesia. Proses pengambilan gambar dari depan atau dari belakang dengan beragam situasi. Pada Gambar 3.3 merupakan citra mobil yang menjadi data *testing*.



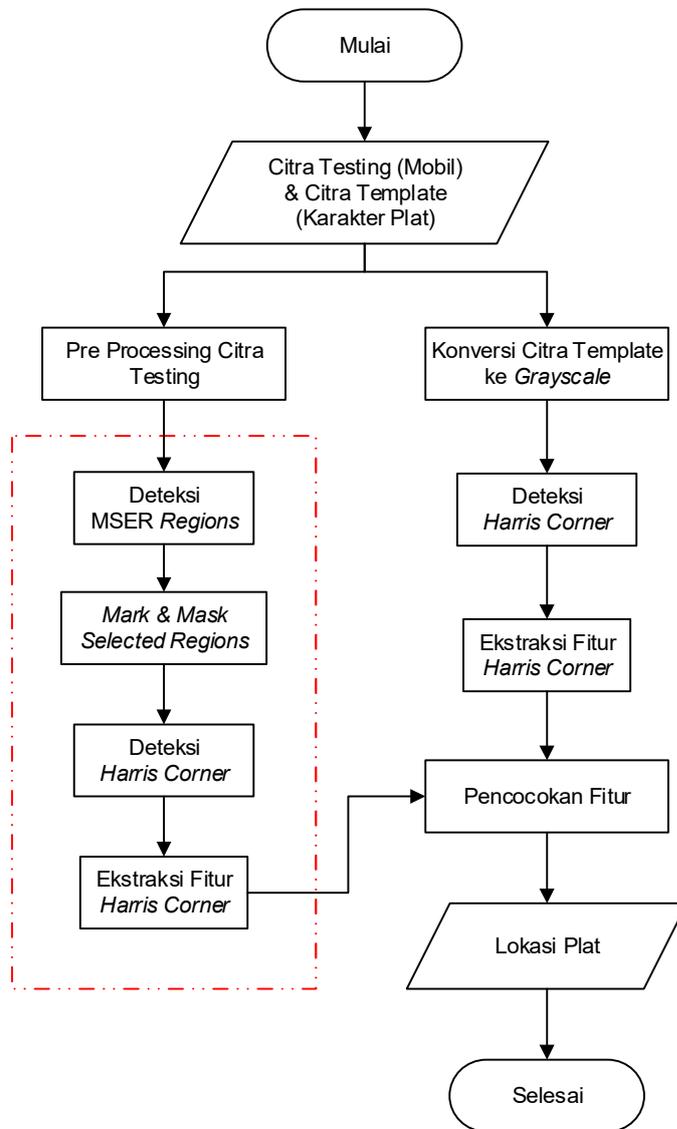
Gambar 3.3 Data *Testing* Mobil Indonesia

3.2.3. Citra *Groundtruth*

Citra *groundtruth* diperlukan untuk mengukur kinerja dari metode yang diusulkan. Citra *groundtruth* dibuat dengan melakukan segmentasi secara manual menggunakan aplikasi matlab. Pada penelitian ini citra *groundtruth* menunjukkan gambar penanda lokasi plat nomer dan data $[x\ y\ width\ height]$ lokasi plat nomer tersebut. Tampilan citra *groundtruth* seperti yang disajikan pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Data *Groundtruth*



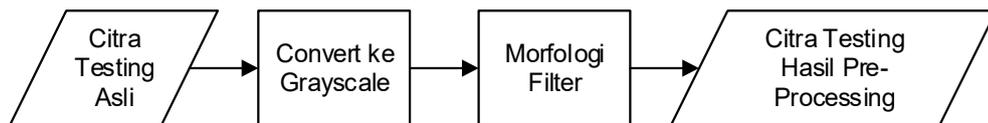
Gambar 3.5 Desain Model Sistem

3.3. Perancangan Sistem

Penelitian ini berkaitan dengan pendekatan baru dalam penggabungan metode descriptor fitur dan deskripsi area pada deteksi lokasi plat nomer kendaraan. Pada bagian ini, gambaran dari metode yang diusulkan yang mengimplementasikan ekstraksi fitur disajikan. Sistem yang diusulkan menggabungkan sub-sistem berikut: *Preprocessing*, Deteksi *MSER Region*, *Mark & Mask Selected Region*, dan Pencocokan Fitur. Pada Gambar 3.5 disajikan desain model sistem.

3.3.1. *Preprocessing*

Dataset citra testing sebanyak 80 gambar masih berupa gambar asli yang diambil oleh penulis. Dataset yang dimiliki masih banyak *noise* yang harus disempurnakan. Pada Gambar 3.4 ditunjukkan tahapan *preprocessing*.



Gambar 3.6 Tahapan *Preprocessing*

Proses mengolah data pada tahap *preprocessing* ini, setiap citra testing dikonversi ke *grayscale*, lalu dilakukan morfologi *filtering* untuk menghilangkan noise menggunakan operasi *opening* dan *closing*.

Opening merupakan suatu operasi morfologi citra berupa gabungan dari erosi dan dilasi, *opening* merupakan operasi dilasi terhadap erosi yang terjadi pada suatu set A dimana A adalah suatu citra masukan. Bersama dengan operasi *closing*, *opening* berperan dalam pemrosesan citra sebagai alat dasar untuk menghilangkan noise morfologi. *Opening* menghilangkan objek-objek kecil dari *foreground* suatu citra.

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B, \quad (3.1)$$

Persamaan (5) menunjukkan rumusan dari operasi *opening*, terlihat bahwa set A mengalami operasi erosi terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan operasi dilasi.

Closing dari suatu set A oleh structuring element B adalah erosi dari dilatasi A oleh B .

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B, \quad (3.2)$$

Persamaan (6) menunjukkan operasi *closing*, terlihat bahwa set A terlebih dahulu di dilasi oleh B , kemudian dilanjutkan dengan melakukan erosi ke proses tersebut. *Closing* akan menghilangkan lubang kecil pada citra sedangkan *opening* akan menghilangkan objek yang kecil.

3.3.2. Deteksi Kandidat Area Text Menggunakan MSER

Proses deteksi fitur metode MSER digunakan untuk mendeteksi kandidat area teks. Detektor fitur MSER bekerja dengan baik untuk menemukan daerah teks (Chen, Huizhong, et al 2011). Dapat mendeteksi teks dengan baik karena warna yang konsisten dan kontras teks yang tinggi mengarah ke profil intensitas yang stabil. Proses akan dilanjutkan dengan menandai area yang terseleksi oleh MSER, sedangkan area yang tidak terseleksi akan diset default 0 (nol) yang memberikan warna hitam pada citra. Hasil dari proses deteksi kandidat ini menghasilkan citra hitam untuk area yang tidak terseleksi dan grayscale untuk obyek area yang terseleksi oleh MSER. Proses ini dilakukan untuk mempercepat deteksi fitur dengan menggunakan *Harris Corner* yang akan dilakukan pada proses berikutnya.

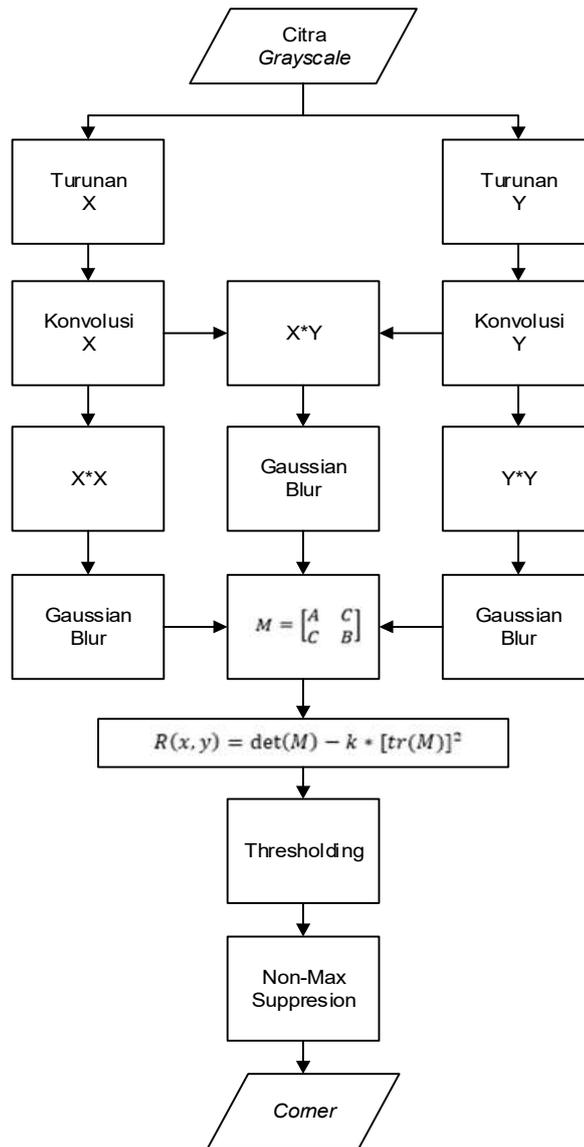
3.3.3. Deteksi Fitur Area Text Menggunakan Harris Corner

Proses deteksi fitur metode *Harris Corner* digunakan untuk mendeteksi *corner points*. Algoritma Harris Corner digunakan untuk mengekstrak fitur dari citra testing yang akan dicocokkan dengan fitur *corner point template*. Deteksi fitur *Harris Corner* ditunjukkan oleh Gambar 3.7.

Dalam *Corner Detection*, diperlukan 3 buah Image turunan yaitu Turunan X , Turunan Y , Turunan $X*Y$. Tiga citra hasil konvolusi dengan menggunakan operator Prewitt pada proses sebelumnya akan di-*blur* dengan operator Gaussian tersebut, sehingga akan tampak citra yang sedikit lebih buram.

Untuk setiap titik pada citra dibangun matriks 2×2 M , dan mengkalkulasikan operator Plessey. Dimana A adalah citra Turunan X yang telah

di-blur, B citra Turunan Y yang telah di-Blur, dan C adalah citra Turunan $X*Y$ yang telah di-blur dari proses Gaussian Blur sebelumnya. Setelah itu baru nilai Plessey dari masing-masing piksel bisa didapatkan. $det(M)$ merupakan determinan dari matriks M yaitu $(A*B)-(C*C)$ dan $tr(M)$ merupakan Trace dari matriks M yaitu $(A+B)$.



Gambar 3.7 Deteksi Fitur *Harris Corner*

Thresholding digunakan untuk mempartisi citra dengan mengatur nilai intensitas semua piksel yang lebih besar dari nilai *threshold T* sebagai objek dan yang lebih kecil dari nilai *threshold T* sebagai latar belakang. Proses *Non Maximum Suppression* yang mirip dengan proses *thinning* (perampingan) dilakukan untuk

menentukan piksel tepi dengan posisi paling mendekati lokasi terjadinya perubahan nilai piksel diantara banyaknya piksel tepi yang terdeteksi.

Bila nilai Plessey dari sebuah titik tertentu yang dihasilkan adalah nilai maksimum lokal dalam sebuah wilayah 3x3, maka dapat disimpulkan sementara bahwa titik ini adalah sebuah titik pojok.

3.3.4. Ekstraksi Fitur *Template*

Pada pembuatan *template*, citra *template font* standar plat nomor kendaraan Indonesia, dilakukan deteksi *keypoint*. Untuk memastikan seluruh *template* dapat digunakan untuk pencocokan fitur, dilakukan pencarian *keypoint* dan ekstraksi fitur. Metode pencarian *keypoint* dan ekstraksi fitur yang digunakan pada proses ini *Harris Corner*. Citra *template* dengan *keypoint*, selanjutnya digunakan dalam proses pencocokan fitur dengan citra *testing*. Proses ekstraksi fitur *template* ditunjukkan oleh Gambar 3.7



Gambar 3.8 Proses Ekstraksi Fitur Template

3.3.5. Pencocokan Fitur

Pada tahap pencocokan (*matching*), setelah *keypoint location*, *keypoint descriptor* dan *image* untuk citra *training* maupun *testing* didapatkan, selanjutnya dihitung nilai korelasinya menggunakan algoritma *Euclidean Distance*. Sebuah citra dapat dipresentasikan sebagai sebuah matriks, sehingga dapat dikatakan sebuah citra dianggap sama apabila setiap sel dari matriks tersebut memiliki nilai elemen yang sama pada posisi baris dan kolom yang sama.

Pada penelitian ini, citra *testing* akan dicari kesamaannya dengan sejumlah citra *template* untuk menemukan lokasi plat nomor kendaraan. Algoritma yang digunakan adalah menerapkan persamaan rumus *Euclidean Distance*. Jika citra *testing* sebagai $f(x,y)$ sedangkan citra *template* adalah $f'(x,y)$ maka untuk menghitung berapa nilai jarak antara dua citra tersebut yang dapat juga disebut nilai *error* adalah:

$$e(x, y) = f'(x, y) - f(x, y) \quad (3.3)$$

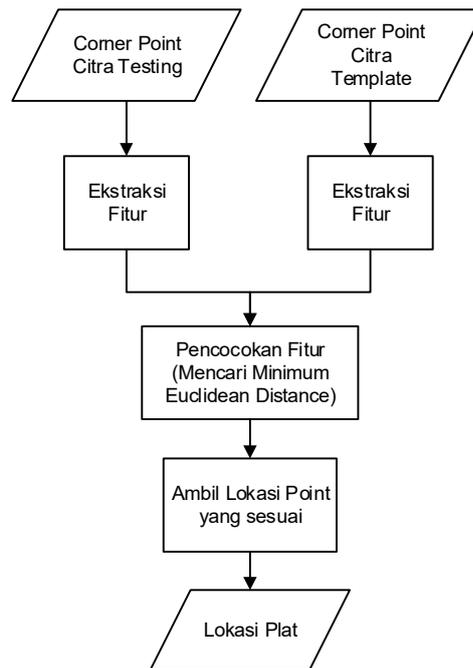
Jika ukuran matriks adalah $M \times N$ maka nilai error antara citra *testing* dan citra *training* adalah:

$$e(x, y) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f'(x, y) - f(x, y)] \quad (3.4)$$

Pada penelitian ini, menghitung jarak rata-rata antara citra *testing* dan citra *template* kemudian dicari akar kuadrat nilai rata-rata dengan menggunakan persamaan *Euclidean Distance*:

$$e(x, y) = \left[\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f'(x, y) - f(x, y)]^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.5)$$

Nilai tersebut disebut sebagai korelasi. Kesamaan citra *testing* dan citra *template* dapat dihitung dari nilai korelasi. Semakin kecil nilai korelasi, maka kedua citra tersebut makin sama bentuknya. Pada penelitian ini, dicari nilai korelasi yang paling kecil untuk menemukan lokasi plat nomor kendaraan. Proses pencocokan fitur ditunjukkan pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 Pencocokan Fitur

3.3.6. Penandaan Lokasi Plat

Setelah fitur karakter pada citra *testing* diidentifikasi, digunakan konteks geometris yang cocok untuk menemukan lokasi plat. Sebuah kotak pembatas akan diperkirakan mencakup plat dengan menentukan garis pembatas atas, bawah, kiri,

dan kanan secara berurutan. Setelah itu, didapatkan perkiraan kasar garis pembatas kiri dan kanan. Pada plat, rasio lebar plat terhadap tinggi adalah konstan. Ketika ketinggian h plat diperkirakan, dapat diperoleh juga w lebar plat.

3.4. Ujicoba & Analisa Hasil

Dataset uji coba yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 2 bagian, yaitu citra *template* dan citra *testing*. Citra *template* merupakan templat font standar plat nomor kepolisian Indonesia yang diambil dari internet. Citra *testing* merupakan citra mobil yang diambil sendiri oleh penulis, sebanyak 80 citra yang masing-masing memiliki resolusi 4208 x 3120 piksel dan pita warna RGB. Contoh citra *testing* dan citra *template* yang digunakan ditunjukkan oleh Gambar 3.9.



a. Citra Training

b. Citra Template

Gambar 3.9 Dataset

Setelah data siap, selanjutnya dilakukan pengujian metode. Metode yang diusulkan untuk proses pengujian yaitu penggabungan metode MSER dan *Harris Corner*. Seperti yang sudah penulis sampaikan pada Bab 1 sub bab Pendahuluan dan dasar teori, metode ini dipilih berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.

Proses uji coba dan analisa akan dihitung nilai *accuracy*, *precision*, *recall* dan waktu komputasinya. Data hasil ujicoba akan dibandingkan dengan data *groundtruth* untuk mengetahui nilai *accuracy*, *precision*, *recall*.

Proses mengukur efektifitas suatu sistem yang menerapkan konsep sistem temu kembali informasi terdapat 3 macam dasar pengukuran yang sering digunakan

yaitu *accuracy*, *precision* dan *recall*. *Accuracy* merupakan kedekatan hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya. *Precision* merupakan perbandingan jumlah data relevan yang diambil oleh sistem dengan keseluruhan data yang diambil oleh sistem. Sedangkan *recall* merupakan perbandingan jumlah data relevan yang diambil oleh sistem dengan keseluruhan data relevan yang ada dalam sistem.

Untuk formula *accuracy*, *precision* dan *recall* dapat dilihat pada Persamaan 3.6, Persamaan 3.7 dan Persamaan 3.8

$$Accuracy = \frac{tp + tn}{tp + tn + fp + fn} \quad (3.6)$$

$$Precision = \frac{tp}{tp + fp} \quad (3.7)$$

$$Recall = \frac{tp}{tp + fn} \quad (3.8)$$

Dimana *tp* (*true positive*) merupakan jumlah data relevan yang diambil atau ditampilkan oleh sistem, *fn* (*false negative*) adalah jumlah data relevan yang tidak ditampilkan oleh sistem, *fp* (*false positive*) adalah jumlah data yang ditampilkan sistem dan tidak relevan. Sedangkan *tn* (*true negative*) merupakan dokumen yang tidak relevan dan tidak ditampilkan oleh sistem.

Setelah itu akan dilakukan analisis terhadap hasil uji coba metode yang diusulkan. Analisis terhadap hasil uji coba dilakukan untuk mengetahui kinerja dari pendekatan yang diusulkan (metode *Maximally Stable Extremal Regions* (MSER) dan metode *Harris Corner*) dibandingkan dengan metode *Harris Corner* saja.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 4

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil uji coba dan evaluasi penelitian yang telah dilakukan. Terdapat beberapa pembahasan pada bab ini yang meliputi implementasi penelitian, data uji coba, skenario uji coba, implementasi uji coba dan analisa hasil.

4.1. Implementasi Penelitian

Pada penelitian ini sistem yang digunakan untuk implementasi dan uji coba menggunakan beberap perangkat sebagai berikut:

Sistem Operasi	: Windows 7 64 bit
RAM	: 3 GB
Processor	: Intel Core i3
IDE	: Matlab 2015a
Software Pendukung	: Mozilla Firefox, Microsoft Office 2010

4.2. Data Uji Coba

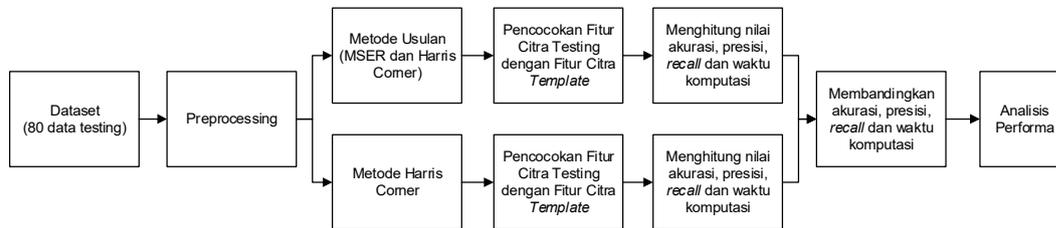
Dataset yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 80 data, seperti disebutkan pada sub bab 3.2 sebelumnya. Pada Tabel 4.1 disajikan spesifikasi dataset yang akan di uji coba.

Tabel 4.1 Spesifikasi Dataset Uji Coba

Spesifikasi Citra	Harris Corner	Metode yang Diusulkan
Ukuran Citra	4208 x 3120 piksel	4208 x 3120 piksel
Format	JPG	JPG
Pita Warna	RGB	RGB
Jumlah Citra	80 citra	80 citra

4.3. Skenario Ujicoba

Skenario uji coba pada penelitian ini dilakukan seperti yang ditunjukkan Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Skenario Uji Coba

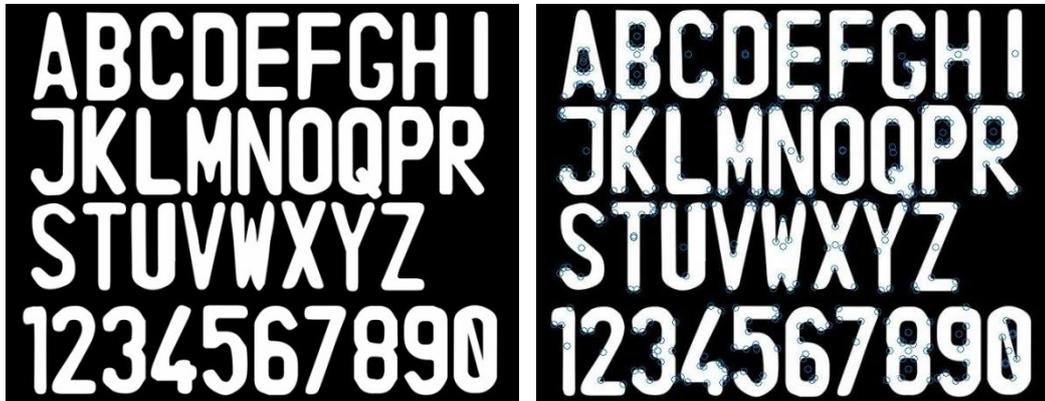
1. Melakukan uji coba metode yang diusulkan (MSER dan Harris Corner) dan metode Harris Corner.
2. Menghitung akurasi, presisi, *recall* dan waktu komputasi dari hasil uji coba metode yang diusulkan (MSER dan Harris Corner) dan metode Harris Corner.
3. Membandingkannya hasil uji coba dari metode yang diusulkan dengan hasil uji coba metode sebelumnya. Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, nantinya akan diketahui apakah hipotesis pada tesis ini, bahwa pendekatan yang diusulkan (penggabungan ekstraksi fitur metode *Maximally Stable Extremal Regions* (MSER) dan metode *Harris Corner*) bisa memberikan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode Harris Corner saja, terbukti kebenarannya atau tidak.
4. Melakukan analisis terhadap hasil uji coba yang dilakukan untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi tingkat akurasi pada metode yang diusulkan.

4.4. Implementasi Uji Coba

Pada sub bab implementasi uji coba ini menjelaskan tentang hasil masing-masing ekstraksi beserta analisisnya. Pada analisa hasil akan dituliskan seluruh hasil dari proses implementasi uji coba beserta analisisnya. Beberapa hasil yang akan dipaparkan diantaranya hasil pembuatan template, hasil pencarian *keypoint*, hasil ekstraksi fitur serta hasil pencocokan fitur.

4.4.1. Ekstraksi Fitur Template

Pada citra *template* akan dilakukan ekstraksi *corner point*, untuk memastikan *template* dapat digunakan untuk pencocokan fitur dengan citra *testing*.



a. Gambar Asli

b. Fitur Corner Point Template

Gambar 4.2 Implementasi Fitur *Corner Point Template*

Sebelum dilakukan pencarian fitur *corner point*, citra *template* diubah menjadi citra *grayscale* terlebih dahulu. Contoh hasil pencarian fitur *corner point* citra *template* dapat dilihat pada Gambar 4.2.

4.4.2. Pre Processing

Pada citra *testing* akan dilakukan proses *preprocessing*. Citra *testing* akan dikonversi ke *grayscale*, lalu dilakukan morfologi *filtering* untuk menghilangkan noise menggunakan operasi *opening* dan *closing*. Hasil *preprocessing* citra *testing* disajikan pada Gambar 4.3.



a. Gambar Asli

b. Hasil Preprocessing

Gambar 4.3 Implementasi Preprocessing Citra Testing

4.4.3. Proses Deteksi Kandidat Area Teks Menggunakan MSER

Subbab ini membahas implementasi deteksi kandidat area teks dengan metode MSER. Proses deteksi kandidat area teks menggunakan MSER dijelaskan pada Subbab 3.3.2. Ekstraksi fitur pada MSER dilakukan dengan menentukan centroid dari tiap regions yang dideteksi. Proses akan dilanjutkan dengan menandai area yang terseleksi oleh MSER, sedangkan area yang tidak terseleksi akan diset default 0 (nol) yang memberikan warna hitam pada citra. Hasil deteksi MSER Region disajikan pada Gambar 4.4



a. Hasil Deteksi MSER Region b. Hasil Seleksi Kandidat Area Teks

Gambar 4.4 Implementasi Deteksi MSER Region

4.4.4. Proses Deteksi Fitur Menggunakan Harris Corner

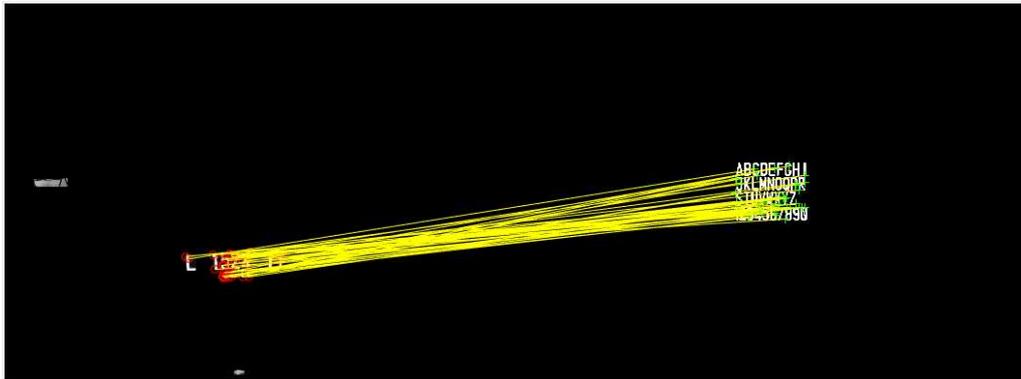
Subbab ini membahas implementasi deteksi fitur dengan metode *Harris Corner*. Proses deteksi fitur menggunakan *Harris Corner* dijelaskan pada Subbab 3.3.3. Pada Gambar 4.5 ditunjukkan hasil deteksi fitur



Gambar 4.5 Implementasi Deteksi Fitur dengan *Harris Corner*

4.4.5. Proses Pencocokan Fitur

Subbab ini membahas implementasi tahap pencocokan fitur. Penjelasan tentang tahap pencocokan fitur seperti dibahas pada Subbab 3.3.5 Setelah didapatkan *corner point* dari citra *testing* dan citra *template*, dicari pasangan fitur yang cocok. Implementasi proses pencocokan fitur dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Proses Pencocokan Fitur

4.4.6. Proses Penandaan Lokasi Plat

Subbab ini membahas implementasi tahap penanda lokasi plat. Penjelasan tentang tahap penandaan lokasi seperti dibahas pada Subbab 3.3.6 Setelah didapatkan pasangan fitur yang cocok, pada citra testing ditandai. Penandaan dilakukan berdasarkan fitur *corner point*. Hasil penandaan lokasi plat dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil Penandaan Lokasi Plat

4.5. Analisa Hasil Uji Coba

Pada sub bab analisa hasil ini menjelaskan tentang hasil metode yang diusulkan beserta analisisnya. Pada analisa hasil akan dituliskan seluruh hasil dari proses implementasi uji coba beserta analisisnya. Hasil uji coba akan dihitung berdasarkan akurasi, presisi, *recall* dan waktu komputasi. Hasil uji coba dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3

Tabel 4.2 Hasil Uji Coba dengan Metode Usulan (MSER dan *Harris Corner*)

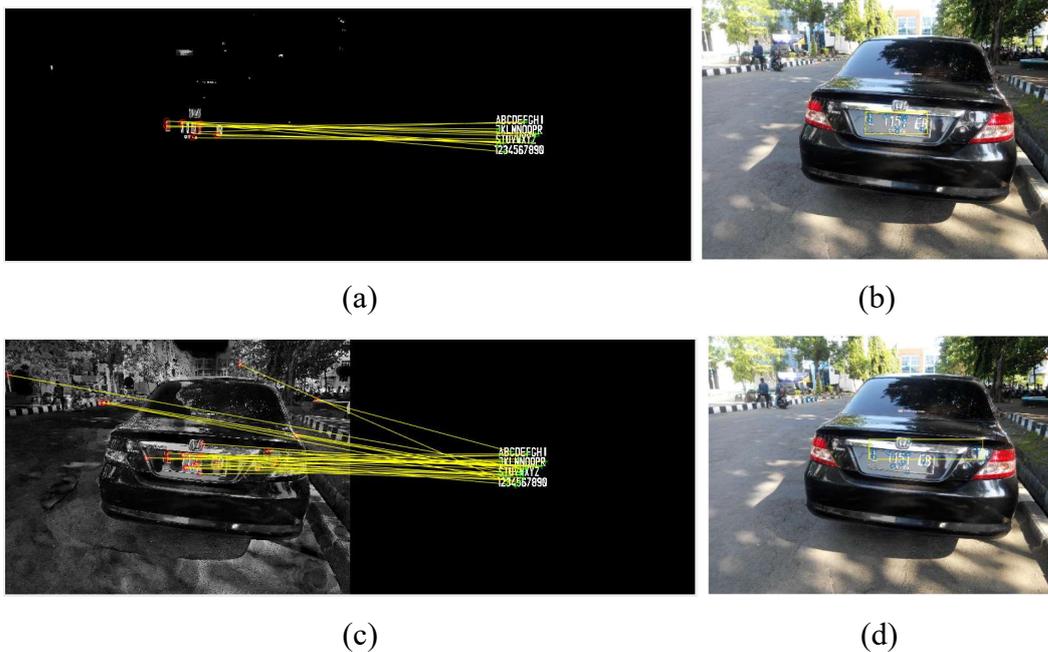
<i>Citra</i>	<i>Akurasi</i>	<i>Presisi</i>	<i>Recall</i>	<i>Waktu</i>	<i>Citra</i>	<i>Akurasi</i>	<i>Presisi</i>	<i>Recall</i>	<i>Waktu</i>
1	99,6	46,17	100	34,06	41	99,43	14,26	100	32,53
2	99,87	92,81	84	33,59	42	98,09	85,85	34,16	33,29
3	99,57	18,26	100	31,86	43	99,96	94,13	99,38	32,33
4	99,79	54,41	91	32,11	44	99,56	67,38	70,37	33,55
5	99,59	47,52	100	33,53	45	99,86	81,05	100	33,24
6	99,62	42,06	100	32,25	46	99,31	30,46	90,2	33,71
7	99,51	11,46	100	34,03	47	99,42	29,98	60,32	34,42
8	99,71	65,78	76	31,96	48	99,6	60,64	89,58	32,84
9	97,8	91,74	29	33,95	49	99,91	92,46	100	33,52
10	99,62	22,91	100	33,18	50	98,75	23,97	100	33,61
11	99,79	84	89	33,15	51	98,11	29,75	93,85	34,13
12	99,82	82,24	100	32,38	52	99,62	52,4	100	32,75
13	75,14	99,75	3	32,50	53	98,78	100	50,74	32,84
14	99,43	26,26	100	33,14	54	97,44	96,07	28,67	33,61
15	95,26	100	19	32,83	55	99,29	37,89	96,83	33,28
16	99,91	98,73	92	32,62	56	99,75	64,4	100	33,80
17	99,35	27,8	70	32,22	57	99,97	98,67	99,78	32,60
18	99,63	62,64	76,79	32,76	58	99,99	98,69	100	32,60
19	99,51	57,65	100	31,95	59	93,25	100	15,54	32,73
20	99,73	97,38	80,14	32,79	60	97,89	91,08	25,64	34,01
21	99,79	86,19	93,72	32,12	61	99,58	50,82	89,03	33,26
22	99,76	77,4	100	32,62	62	99,98	50,82	89,03	31,89
23	97,37	100	38,45	33,98	63	100	100	100	32,85
24	99,08	32,52	75,31	32,11	64	99,65	66,03	81,13	32,12
25	99,73	76,3	100	32,45	65	99,45	89,29	62,38	33,89
26	100	100	100	32,73	66	97,67	83,71	38,71	32,43
27	99,5	54,03	100	33,62	67	97,46	98,57	21,57	32,96
28	99,68	78,95	100	32,05	68	97,88	92,21	33,36	33,24
29	100	100	100	32,57	69	99,33	50,1	64,91	33,80
30	99,44	52,68	98,08	32,85	70	99,46	41,02	100	34,60
31	99,91	100	89,24	24,68	71	98,14	18,72	100	32,40
32	98,97	22,83	100	34,63	72	97,19	96,4	28,59	32,84
33	99,99	98,51	100	32,90	73	99,37	47,78	100	33,10
34	99,74	68,45	100	33,65	74	99,37	40,83	78,41	33,61
35	98,92	85,76	100	33,53	75	99,45	34,09	100	33,87
36	99,69	60,77	100	32,95	76	99,72	67,81	93,52	33,41
37	98,97	67,95	32,92	32,88	77	98,7	0,84	100	33,77
38	99,58	41,98	100	32,85	78	99,59	58,19	100	33,44
39	100	100	100	33,59	79	96,59	58,19	100	32,57
40	97,44	98,56	21,26	33,15	80	99,97	96,76	100	32,58

Hasil uji coba metode yang diusulkan (MSER dan *Harris Corner*) mampu mendeteksi lokasi plat nomer kendaraan dengan baik. Ditunjukkan dengan nilai akurasi sebesar 98,85 %, presisi sebesar 67,61 dan nilai *recall* sebesar 79,66 dengan rata-rata waktu komputasi 32,96 detik/citra.

Tabel 4.3 Hasil Uji Coba dengan Metode *Harris Corner*

<i>Citra</i>	<i>Akurasi</i>	<i>Presisi</i>	<i>Recall</i>	<i>Waktu</i>	<i>Citra</i>	<i>Akurasi</i>	<i>Presisi</i>	<i>Recall</i>	<i>Waktu</i>
1	99,67	54,59	100	29,94	41	98,05	0	0	30,76
2	96,17	68,07	10,21	28,88	42	99,03	59,08	60,48	30,72
3	89	0	0	28,40	43	96,55	91,04	13,46	29,80
4	92,24	0	0	29,44	44	98,88	98,59	39,27	30,68
5	87,76	0	0	28,07	45	97,28	0	0	29,76
6	99,76	62,56	67,95	28,51	46	78,2	0	0	29,51
7	83,02	0	0	30,35	47	99,48	39,45	66,67	30,05
8	99,55	30,11	67,95	29,56	48	99,6	60,64	89,58	30,11
9	99,58	92,16	72,16	29,26	49	99,44	92,46	69,07	29,24
10	99,72	50,63	86,67	30,18	50	98,59	0	0	28,96
11	99,61	70,83	79,21	29,20	51	99,34	36,46	95,38	28,39
12	99,83	87,28	95,84	31,23	52	97,22	0	0	28,55
13	98,67	91,7	42,33	32,33	53	98,37	100	43,64	29,98
14	99,43	26,26	100	28,04	54	96,89	98,85	25,17	28,11
15	98,16	94,62	37,16	28,56	55	95,59	37,89	10,18	28,80
16	94,66	0	0	28,91	56	96,01	0	0	30,25
17	98,83	56,68	34,25	30,63	57	98,45	4,84	100	28,17
18	99,51	47,42	68,93	31,71	58	98,42	98,69	36,41	28,14
19	97,99	0	0	30,08	59	97,91	75,45	34,39	28,79
20	96,07	100	20,36	31,06	60	99,34	50,67	58,74	28,29
21	97,62	42,23	20,9	30,17	61	97,02	0	0	29,39
22	98,41	53,53	33,71	28,53	62	99,18	37,8	100	29,09
23	96,06	35,95	39,92	28,94	63	99,69	100	74,38	28,71
24	96,93	0	0	30,40	64	99,57	38,85	100	28,29
25	98,73	0	0	28,05	65	99,45	89,29	62,38	28,69
26	98,63	37,56	35,07	28,78	66	80,8	0	0	30,86
27	99,54	58,27	100	29,26	67	97,3	99,71	20,69	29,37
28	99,43	61,99	100	29,45	68	98,81	79,19	47,61	29,24
29	98,95	11	50,7	28,85	69	99,34	47,39	67,96	28,40
30	98,75	49,11	82,09	29,46	70	99,34	28,44	100	28,35
31	97,68	71,39	19,42	21,80	71	96,94	0	0	27,96
32	97,67	60,77	100	29,97	72	86,54	0	0	28,21
33	99,39	33,31	69,72	27,82	73	99,56	56,56	93,26	29,82
34	99,74	68,45	100	30,87	74	99,43	100	61,19	29,12
35	99,93	87,84	100	28,85	75	79,1	0	0	30,09
36	99,69	60,77	100	28,31	76	99,17	11,65	36	28,45
37	94,97	0	0	29,17	77	87,77	0	0	27,70
38	99,55	37,62	99,69	30,66	78	99,59	58,19	100	27,99
39	98,63	37,56	35,07	29,30	79	97,63	98,75	37,51	27,77
40	99,65	94,65	68,25	29,58	80	99,83	96,76	87,13	28,96

Hasil uji coba metode *Harris Corner* kurang baik dalam mendeteksi lokasi plat nomer kendaraan. Karena terlalu banyak area dan fitur citra training yang harus dicocokkan dengan fitur *template*. Ditunjukkan dengan nilai akurasi sebesar 96,97%, presisi sebesar 46,52, serta nilai recall sebesar 46,63 dengan rata-rata waktu komputasi 29,20 detik/citra



Gambar 4.8 Perbandingan Hasil Ujicoba Hasil Pencocokan Fitur Metode Usulan (a), Hasil Penandaan Lokasi Plat Metode Usulan (b), Hasil Pencocokan Fitur Metode *Harris Corner* (c), Hasil Penandaan Lokasi Plat Metode *Harris Corner* (d)

Hasil ujicoba pada salah satu citra *testing* dengan plat nomor kendaraan yang terkena pantulan sinar matahari, seperti yang ditunjukkan Gambar 4.8. Metode yang diusulkan mampu mendeteksi lokasi plat nomor kendaraan dengan baik, ditunjukkan dengan nilai akurasi 99,79%, presisi sebesar 86,19 dan *recall* sebesar 93,72. Sedangkan hasil ujicoba dengan metode *Harris Corner* kurang mampu mendeteksi dengan baik, ditunjukkan dengan nilai akurasi 97,62%, presisi sebesar 42,23 dan *recall* sebesar 20,9. Hal ini disebabkan karena penggunaan *MSER Region* mampu mengurangi area yang akan dicocokkan dengan template berdasarkan deteksi *corner* dan metode *MSER* tidak terpengaruh terhadap perubahan pencahayaan.

BAB 5

PENUTUP

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan akhir yang didapat setelah melakukan serangkaian uji coba pada bab sebelumnya. Berdasarkan hasil uji coba dan analisis yang telah dilakukan maka dapat diuraikan beberapa kesimpulan dan saran untuk pengembangan ke depannya.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengamatan selama proses perancangan, implementasi, dan pengujian perangkat lunak yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Deteksi lokasi plat nomor dengan metode *Harris Corner* menghasilkan nilai akurasi 96,97%, presisi sebesar 46,52 dan nilai *recall* sebesar 46,63 dengan rata-rata waktu komputasi 29,20 detik/citra.
2. Deteksi lokasi plat nomor dengan metode MSER dan *Harris Corner* menghasilkan nilai akurasi 98,85%, presisi sebesar 67,61 dan nilai *recall* sebesar 79,66 dengan rata-rata waktu komputasi 32,96 detik/citra.
3. Berdasarkan hasil uji coba, metode yang diusulkan (MSER dan *Harris Corner*) mampu mengoptimalkan deteksi lokasi plat nomor kendaraan. Ditunjukkan dari nilai akurasi sebesar 98,85% dibandingkan metode sebelumnya (*Harris Corner*) menunjukkan nilai akurasi sebesar 96,97%, sesuai dengan tujuan pada Bab 1.
4. Nilai akurasi tertinggi dihasilkan oleh metode yang diusulkan (metode MSER dan *Harris Corner*). Hal ini disebabkan karena penggunaan MSER Region mampu mengurangi area yang akan dicocokkan dengan *template* berdasarkan deteksi *corner* dan metode MSER tidak terpengaruh terhadap perubahan pencahayaan, namun waktu rata-rata komputasi metode yang diusulkan ini relatif lebih lama. Ditunjukkan dengan waktu rata-rata komputasi sebesar 32,96 detik, dibandingkan penggunaan metode *Harris Corner* sebesar 29,20 detik.

5.2 Saran

Beberapa saran untuk pengembangan penelitian ke depan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan metode *Maximally Stable Extremal Regions* (MSER) yang digunakan untuk mendeteksi kandidat area teks dan metode Harris Corner digunakan untuk mendeteksi corner points teks, serta menggunakan algoritma *Euclidean Distance* untuk pencocokan fiturnya. Untuk penelitian selanjutnya perlu dibandingkan menggunakan metode lain untuk mendapatkan hasil terbaik.
2. Banyaknya gambar yang masih bisa diproses dan dijadikan dataset untuk penelitian citra, pada penelitian berikutnya bisa dibandingkan dengan dataset yang berbeda untuk pembandingan dan menghasilkan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguado, A. S., Montiel, E., & Nixon, M. S. (2002). Invariant characterisation of the Hough transform for pose estimation of arbitrary shapes. *Pattern Recognition*, 35(5), 1083-1097.
- Bay, H., Tuytelaars, T. & Gool, L. Van, 2006. SURF : Speeded Up Robust Features. , pp.404–417.
- Beis, J.S. & Lowe, D.G., 1997. Shape indexing using approximate nearest-neighbour search in high-dimensional spaces. *In Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.1000–1006. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=609451>.
- Chen, Huizhong, et al., 2011. Robust text detection in natural images with edge-enhanced maximally stable extremal regions. *Image Processing (ICIP), 2011 18th IEEE International Conference*, pp. 2609-2612
- Cited, R., City, O. & Data, R.U.-A., 2003. (12) United States Patent. , 1(12), pp.0–4.
- Fraudorfer, F., & Bischof, H. (2005, June). A novel performance evaluation method of local detectors on non-planar scenes. In *Computer Vision and Pattern Recognition-Workshops, 2005. CVPR Workshops. IEEE Computer Society Conference on* (pp. 33-33). IEEE.
- Frey, B.J. & Dueck, D., 2007. Clustering by Passing Messages Between Data Points. , (February), pp.972–977.
- Gou, C. et al., 2014. Based on ELM. , pp.217–221.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). Processing.
- Grimson, W.E.L. & Lozano-Pérez, T., 1987. Localizing Overlapping Parts by Searching the Interpretation Tree. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-9(4), pp.469–482.
- Harris, C. & Stephens, M., 1988. A Combined Corner and Edge Detector. *Proceedings of the Alvey Vision Conference 1988*, pp.147–151. Available at: <http://www.bmva.org/bmvc/1988/avc-88-023.html>.
- Hsu, G. S., Chen, J. C., & Chung, Y. Z. (2013). Application-oriented license plate recognition. *IEEE transactions on vehicular technology*, 62(2), pp.552-561
- Horak, K., Klecka, J., & Novacek, P. (2016, June). License plate detection using point of interest detectors and descriptors. In *Telecommunications and Signal Processing (TSP), 2016 39th International Conference on IEEE*, pp. 484-488
- Ktata Sami, Khadharaoui Taher, Benzarti Faouzi, A.H. (university of T.E.M., 2015. Tunisian License Plate Number Recognition. *Elsevier*, 73(Awict), pp.312–319.
- Leutenegger, S., Chli, M. & Siegwart, R.Y., 2011. BRISK : Binary Robust Invariant Scalable Keypoints. , pp.2548–2555.

- Lowe, D.G., 2004. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints., 60(2), pp.91–110.
- Lowe, D.G., Object Recognition from Local Scale-Invariant Features.
- Lowe, D.G., 1987. Three-dimensional object recognition from single two-dimensional images. *Artificial Intelligence*, 31(1987), pp.355–395.
- Matas, J. et al., 2004. Robust wide-baseline stereo from maximally stable extremal regions. *Image and Vision Computing*, 22(10 SPEC. ISS.), pp.761–767.
- Mikolajczyk, K., Tuytelaars, T., Schmid, C., Zisserman, A., Matas, J., Schaffalitzky, F., ... & Van Gool, L. (2005). A comparison of affine region detectors. *International journal of computer vision*, 65(1-2), pp.43-72.
- Panchal, T., Patel, H. & Panchal, A., 2016. License Plate Detection using Harris Corner and Character Segmentation by Integrated Approach from an Image. *Procedia - Procedia Computer Science*, 79, pp.419–425. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2016.03.054>.
- Rosten, E. & Drummond, T., 2006. Machine learning for high-speed corner detection. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 3951 LNCS, pp.430–443.
- Wang, R. & Wang, G., License plate localization in complex scenes based on oriented FAST and rotated BRIEF feature.
- Yi, Z., Zhiguo, C. & Yang, X., 2008. Multi-spectral remote image registration based on SIFT. , 44(2), pp.4–5.
- Yuniarti, A. & Aufa, N., 2011. Pengenalan merek mobil berbasis deteksi plat dan logo menggunakan jaringan syaraf probabilistik. , pp.375–380.
- Zahedi, M. & Mahdi, S., 2011. Procedia Computer License Plate Recognition System Based on SIFT Features. *Procedia Computer Science*, 3, pp.998–1002. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2010.12.164>.
- Zhou, W. et al., 2012. License Plate Detection. , 21(9), pp.4269–4279.

LAMPIRAN

Lampiran ini berisi data dan hasil uji coba deteksi lokasi plat nomor kendaraan berdasarkan metode usulan (MSER & *Harris Corner*), metode *Harris Corner* dan grountruth.

Tabel Data Lokasi Plat Nomor Kendaraan Metode Usulan (MSER & *Harris Corner*)

Citra	x	y	Width	Height	Citra	x	y	Width	Height
1	2084	1736	361	122	41	2006	2180	171	72
2	2476	1689	511	163	42	1391	1579	1737	201
3	1536	1612	175	71	43	1992	1947	644	111
4	1377	2012	281	115	44	1869	1593	676	134
5	1664	2156	729	66	45	1916	1705	677	111
6	1598	1674	674	52	46	1620	2225	821	50
7	2182	2035	284	28	47	1969	1752	335	125
8	2232	1640	452	133	48	1882	1929	794	95
9	2080	1620	1191	331	49	2000	1552	686	200
10	2367	1929	286	50	50	1745	1901	801	114
11	1755	1338	660	151	51	1686	1735	784	64
12	1583	1440	849	128	52	1714	1762	712	76
13	2085	545	1982	1711	53	1853	1427	802	405
14	2189	2088	237	110	54	1746	1182	831	557
15	1655	1175	1843	416	55	1433	2106	907	62
16	1914	1484	782	167	56	1721	1827	575	103
17	2172	1741	384	103	57	1757	2067	889	236
18	1985	1776	632	111	58	1712	1564	753	155
19	1596	1470	752	115	59	1687	906	1335	784
20	2270	1430	851	187	60	1734	1176	612	588
21	1976	1392	636	206	61	1675	2113	363	154
22	1698	1936	877	120	62	1496	2060	797	213
23	963	1621	2316	241	63	1775	1611	780	150
24	1701	1748	823	80	64	1833	1533	711	105
25	1745	1935	856	131	65	1854	1591	765	209
26	1923	1723	691	196	66	1831	1579	1688	262
27	1709	1763	789	97	67	1871	1215	690	611
28	1676	1929	1157	134	68	1846	1546	1801	221
29	1751	1982	920	149	69	1678	1724	777	113
30	1610	1769	781	103	70	1800	2309	785	62
31	1628	1549	663	157	71	1621	2031	384	145
32	2024	1518	251	158	72	1969	1274	802	632
33	1877	1722	658	146	73	1714	1838	834	89
34	1905	1662	433	167	74	1836	1732	695	87
35	1839	1942	635	102	75	2083	1848	400	80
36	1606	1760	740	85	76	1902	1765	671	107
37	2119	1403	423	386	77	2054	2144	205	6
38	1747	1805	655	60	78	1863	1891	824	89
39	1923	1723	691	196	79	2113	1870	781	234
40	1883	1208	695	611	80	1861	1641	685	175

Tabel Data Lokasi Plat Nomor Kendaraan Metode Harris Corner

Citra	x	y	Width	Height	Citra	x	y	Width	Height
1	2041	1712	404	120	41	1890	2285	841	199
2	901	1548	2086	254	42	1873	1562	1216	128
3	40	639	2771	495	43	1992	1255	619	831
4	802	1165	1848	165	44	1869	1548	1478	161
5	1457	292	1865	805	45	1302	763	2455	106
6	1643	1708	625	84	46	1975	236	2196	1245
7	1957	301	1989	1083	47	1969	1728	335	149
8	2234	1690	402	77	48	1882	1929	794	95
9	2069	1619	709	229	49	2000	1462	686	290
10	2179	1931	310	119	50	2016	1388	585	81
11	1794	1355	637	149	51	1686	1734	784	64
12	1571	1443	912	132	52	630	957	2237	115
13	2085	1558	1065	266	53	1853	1361	802	471
14	2189	2088	237	110	54	1746	1360	1431	379
15	562	1371	1831	202	55	1433	2106	907	598
16	697	995	3358	171	56	505	1592	2597	165
17	2008	1671	1672	99	57	2020	2069	606	16
18	1985	1797	635	93	58	1712	1422	1083	297
19	1528	1671	1778	62	59	1702	1529	1805	197
20	815	1415	2742	235	60	1734	1623	612	142
21	1731	1275	1508	191	61	856	861	2781	104
22	1698	1886	1650	131	62	1518	2101	768	84
23	963	1769	2231	86	63	1775	1610	780	202
24	1802	859	1205	205	64	1833	1532	654	54
25	1734	2155	353	50	65	1854	1591	765	209
26	1914	1589	701	207	66	1260	89	2167	1067
27	1722	1751	758	109	67	226	1635	2334	190
28	1676	1929	1157	105	68	1800	1546	1837	130
29	1687	1967	907	32	69	1678	1728	777	102
30	1610	1727	1925	82	70	2041	2309	544	62
31	1818	981	473	725	71	191	81	3680	69
32	889	1511	1386	247	72	336	784	3101	520
33	2094	1793	430	108	73	1714	1838	834	88
34	1905	1662	433	167	74	1814	1553	719	266
35	1839	1945	670	99	75	801	54	3375	781
36	1606	1760	740	85	76	1902	1848	647	49
37	60	1088	3634	159	77	217	942	3557	402
38	1745	1805	653	54	78	1863	1891	824	89
39	1914	1589	701	207	79	2113	1806	1631	303
40	1883	1631	673	188	80	1861	1641	685	201

Tabel Data *Groundtruth*

Citra	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>Width</i>	<i>Height</i>	Citra	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>Width</i>	<i>Height</i>
1	1870	1700	580	165	41	1753	2140	671	130
2	2460	1690	480	165	42	1851	1549	757	211
3	1536	1562	430	160	43	1952	1947	680	111
4	1367	1992	435	125	44	1859	1553	706	134
5	1664	2146	729	140	45	1906	1695	767	121
6	1598	1674	674	125	46	1620	2120	821	150
7	1900	1952	595	120	47	1729	1702	675	125
8	2220	1600	495	142	48	1862	1879	828	135
9	2060	1610	730	175	49	1986	1552	742	200
10	2167	1909	506	125	50	1745	1781	851	160
11	1745	1318	685	155	51	1686	1645	883	150
12	1563	1440	882	150	52	1704	1762	742	140
13	2083	1545	815	160	53	1853	1577	802	205
14	1979	2070	767	130	54	1736	1572	865	159
15	1655	1375	780	186	55	1433	2006	907	160
16	1904	1484	788	155	56	1710	1807	645	143
17	2000	1640	580	173	57	1745	2067	899	236
18	1980	1726	638	135	58	1702	1564	763	155
19	1576	1470	772	195	59	1687	1486	880	184
20	2250	1430	761	172	60	1680	1556	672	150
21	1976	1380	695	205	61	1646	2110	700	140
22	1685	1936	908	150	62	1496	2060	807	213
23	1643	1621	890	241	63	1775	1611	780	150
24	1691	1628	853	180	64	1823	1493	735	125
25	1745	1905	866	170	65	1854	1581	796	140
26	1923	1723	691	196	66	1821	1619	780	262
27	1695	1743	889	160	67	1862	1635	700	131
28	1676	1929	1157	170	68	1776	1546	898	160
29	1751	1982	920	149	69	1662	1654	797	143
30	1580	1702	895	168	70	1800	2260	788	152
31	1628	1549	663	140	71	1578	2031	924	155
32	1654	1498	958	182	72	1949	1680	832	180
33	1867	1722	668	146	73	1704	1780	868	140
34	1705	1662	633	167	74	1836	1632	695	168
35	1839	1942	675	112	75	1853	1848	740	140
36	1596	1760	770	135	76	1842	1730	735	135
37	1929	1613	623	126	77	1804	1984	755	226
38	1747	1805	675	140	78	1843	1831	844	150
39	1923	1723	691	196	79	2103	1860	801	234
40	1873	1628	695	131	80	1841	1641	708	175

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Tabel Hasil Deteksi Lokasi Plat Nomor Kendaraan

Citra	Metode Usulan	<i>Harris Corner</i>	<i>Groundtruth</i>
1			
2			
3			
4			
5			
6			

7			
8			
9			
10			
11			
12			

13			
14			
15			
16			
17			
18			

19			
20			
21			
22			
23			
24			

25			
26			
27			
28			
29			
30			

31			
32			
33			
34			
35			
36			

37			
38			
39			
40			
41			
42			

43			
44			
45			
46			
47			
48			

49			
50			
51			
52			
53			
54			

55			
56			
57			
58			
59			
60			

61			
62			
63			
64			
65			
66			

67			
68			
69			
70			
71			
72			

73			
74			
75			
76			
77			
78			

79			
80			

BIODATA PENULIS



Penulis, **Hendra Maulana**, lahir di Surabaya, 23 Desember 1983. Anak ketiga dari 3 bersaudara, dari pasangan Endang Sukarso dan Warningsih. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Tambaksari I (1990-1996), SMP Negeri 37 Surabaya (1996-1999), SMK Negeri 7 Surabaya (1999-2002). Pada tahun 2003-2008 penulis melanjutkan pendidikan Sarjana S1 di Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional (UPN)

Veteran Jawa Timur. Pada tahun 2015-2018, penulis mendapat kesempatan untuk melanjutkan pendidikan Magister S2 Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi & Komunikasi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Di Jurusan Teknik Informatika penulis mengambil bidang minat Komputasi Cerdas dan Visi khususnya topik Image Processing. Sejak tahun 2013 sampai dengan sekarang penulis berkarya sebagai Laboran di Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer UPN Veteran Jawa Timur. Penulis bisa dihubungi melalui alamat email hendra.maulana23@yahoo.com atau dyandra.maulana@gmail.com.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]