

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
SURAT PERNYATAAN KARYA ASLI TUGAS AKHIR.....	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	v
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
PRAKATA .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR ALGORITMA .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
1. BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Metodologi Penelitian dan Pengembangan Sistem.....	3
1.7 Sistematika Penulisan .....	4
2. BAB II TINJAUAN LITERATUR .....	5
2.1. <i>Computer Vision</i> .....	5
2.2. <i>License Plate Recognition</i> .....	5
2.3. <i>Scene Text Recognition</i> .....	8
2.4. <i>Citra Super Resolution</i> .....	9
2.5. <i>Generative Adversarial Network</i> .....	10
2.6. <i>Super-Resolution Generative Adversarial Network</i> .....	12
2.6.1. Fungsi Aktivasi .....	14
2.6.2. <i>Perceptual loss function</i> .....	15
2.7. Operasi Pengolahan Citra Digital .....	16
2.7.1. <i>Grayscale</i> .....	16
2.7.2. <i>Otsu's thresholding and binarization</i> .....	16

2.7.3.	<i>Resizing</i> .....	17
2.7.4.	<i>Cropping</i> .....	17
2.7.5.	<i>Rotation</i> .....	17
2.7.6.	<i>Flipping</i> .....	17
2.7.7.	<i>Image Noise</i> .....	17
2.7.8.	<i>Min-max normalization</i> .....	17
2.8.	<i>Peak Signal-to-Noise Ratio</i> .....	17
2.9.	<i>Structural Similarity Index</i> .....	18
2.10.	<i>Confusion Matrix</i> .....	18
2.11.	Penelitian Terkait .....	19
3	<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SISTEM</b> .....	24
3.1.	Metodologi Penelitian.....	24
3.1.1.	Pengumpulan Data .....	24
3.1.2.	Proses Lokalisasi Plat Nomor .....	26
3.1.3.	<i>Pre-processing I</i> .....	28
3.1.4.	Proses SRGAN.....	31
3.1.5.	<i>Pre-Processing II</i> .....	41
3.1.6.	<i>Optical Character Recognition</i> .....	43
3.1.7.	Evaluasi Model.....	45
3.2.	Metodologi Pengembangan Sistem .....	48
3.2.1.	Analisis Kebutuhan .....	48
3.2.2.	Rancangan <i>Prototype</i> .....	49
3.2.3.	Membangun <i>Prototype</i> .....	51
3.2.4.	Pengujian Sistem .....	54
4	<b>BAB IV IMPLEMENTASI DAN HASIL</b> .....	55
4.1.	Implementasi.....	55
4.1.1.	Halaman Utama.....	55
4.1.2.	Halaman Hasil Pengenalan.....	55
4.1.3.	Halaman riwayat pengenalan .....	56
4.1.4.	Halaman detail riwayat pengenalan .....	57
4.2.	Hasil .....	57
4.2.1.	Pengumpulan data .....	57
4.2.2.	<i>Transfer learning YOLOv4</i> .....	58

4.2.3.	Lokalisasi plat nomor dengan YOLOv4 .....	62
4.2.4.	<i>Pre-processing</i> I.....	63
4.2.5.	Generasi citra <i>super-resolution</i> .....	64
4.2.6.	<i>Pre-processing</i> II.....	64
4.2.7.	Hasil evaluasi model .....	65
4.2.8.	Pembahasan hasil evaluasi model .....	80
4.2.9.	Hasil evaluasi sistem .....	81
5	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	82
5.1.	Kesimpulan .....	82
5.2.	Saran .....	82
	DAFTAR PUSTAKA.....	83
	LAMPIRAN .....	87

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Arsitektur YOLOv4.....	6
Gambar 2.2. Ilustrasi proses deteksi YOLOv4.....	6
Gambar 2.3. Ilustrasi nilai keluaran setiap <i>boundary-box</i> .....	7
Gambar 2.4. Ilustrasi <i>anchor offset bounding-box</i> YOLOv4.....	8
Gambar 2.5. Alur algoritma EasyOCR.....	9
Gambar 2.6 Alur proses GAN.....	11
Gambar 2.7 Ilustrasi <i>generator</i> dalam mode <i>collapse</i> .....	11
Gambar 2.8. Arsitektur <i>Generator</i> dan <i>Discriminator</i> dari SRGAN.....	12
Gambar 2.9. Fungsi aktivasi.....	14
Gambar 2.10. Struktur layer VGG19 pada kolom E.....	15
Gambar 3.1 Ilustrasi alur metodologi penelitian.....	24
Gambar 3.2. Contoh <i>Google Open Image Dataset</i> versi 6.....	25
Gambar 3.3. Contoh dataset DIV2K.....	25
Gambar 3.4 Ilustrasi alur lokalisasi plat nomor dengan YOLOv4.....	26
Gambar 3.5. Ilustrasi hasil <i>bounding-box</i> YOLOv4.....	28
Gambar 3.6. Ilustrasi <i>random cropping</i> .....	29
Gambar 3.7. Ilustrasi citra berkenai proses <i>rotation</i> .....	29
Gambar 3.8. Ilustrasi citra berkenai proses <i>flipping</i> .....	30
Gambar 3.9. Ilustrasi citra berkenai proses <i>image noise</i> .....	30
Gambar 3.10. Contoh hasil <i>resize</i> citra.....	31
Gambar 3.11. Ilustrasi hasil perhitungan matriks array.....	31
Gambar 3.12 Ilustrasi alur proses <i>training</i> SRGAN.....	32
Gambar 3.13. Struktur model <i>generator</i> .....	33
Gambar 3.14. Ilustrasi hasil ekstraksi fitur pada <i>convolution</i> layer.....	34
Gambar 3.15. Ilustrasi ekstraksi fitur pada layer <i>convolutional</i> pertama.....	34
Gambar 3.16. Ilustrasi hasil PReLU.....	35
Gambar 3.17. Ilustrasi proses <i>elementwise sum</i> .....	36
Gambar 3.18. Ilustrasi pixel-shuffle.....	36
Gambar 3.19. Contoh matriks input pada <i>batch normalization</i> .....	37
Gambar 3.20. Ilustrasi alur beserta rumus <i>batch-normalization</i> .....	38
Gambar 3.21. Strukur model <i>discriminator</i> .....	39
Gambar 3.22. Ilustrasi hasil Super-resolution dengan SRGAN.....	39
Gambar 3.23. Ilustrasi matriks ekstraksi fitur <i>super-resolution</i> dan <i>high-resolution</i> .....	40
Gambar 3.24. Ilustrasi data thresholding.....	42
Gambar 3.25. Ilustrasi hasil proses thresholding.....	43
Gambar 3.26 Alur proses pengenalan karakter.....	44
Gambar 3.27. Ilustrasi hasil pengenalan karakter.....	44
Gambar 3.28. Ilustrasi citra input dengan <i>bounding-box</i> .....	45
Gambar 3.29. Ilustrasi alur metode pengembangan sistem prototyping.....	48
Gambar 3.30. Alur umum sistem.....	49
Gambar 3.31. Alur <i>pre-processig I</i> dan <i>pre-processig II</i> .....	50

Gambar 3.32. <i>Data flow diagram</i> sistem level 0 .....	50
Gambar 3.33. <i>Data flow diagram</i> sistem level 1 .....	51
Gambar 3.34. Tampilan antar muka halaman utama.....	52
Gambar 3.35. Tampilan antar muka halaman hasil pengenalan.....	52
Gambar 3.36. Tampilan antarmuka halaman riwayat.....	53
Gambar 3.37. Tampilan antar muka detail riwayat .....	53
Gambar 4.1. Antar muka halaman utama .....	55
Gambar 4.2. Antar muka halaman hasil pengenalan .....	56
Gambar 4.3. Antar muka halaman riwayat pengenalan.....	56
Gambar 4.4. Antar muka halaman detail riwayat pengenalan.....	57
Gambar 4.5. Mengunduh data <i>training</i> YOLOv4 .....	57
Gambar 4.6. Mengunduh data <i>validation</i> YOLOv4.....	58
Gambar 4.7. Konfigurasi <i>hyperparameter</i> YOLOv4 .....	58
Gambar 4.8. Konfigurasi <i>hyperparameter</i> pada layer <i>convolutional</i> YOLOv4.....	58
Gambar 4.9. Konfigurasi <i>class</i> pada file ‘obj.names’ .....	59
Gambar 4.10. Konfigurasi file ‘obj.data’ .....	59
Gambar 4.11. Perintah untuk mengunduh <i>pre-trained weights</i> YOLOv4.....	59
Gambar 4.12. Konfigurasi <i>makefile</i> YOLOv4.....	60
Gambar 4.13. <i>Training</i> darknet YOLOv4 .....	60
Gambar 4.14. Hasil grafik <i>training</i> YOLOv4 .....	61
Gambar 4.15. Lokalisasi plat nomor menggunakan <i>best.weights</i> .....	62
Gambar 4.16. File <i>predictedResult.txt</i> .....	62
Gambar 4.17. Hasil visualisasi <i>bounding-box</i> .....	62
Gambar 4.18. Citra plat nomor hasil <i>cropping</i> .....	63
Gambar 4.19. Citra hasil <i>resizing</i> .....	64
Gambar 4.20. Hasil generasi citra <i>super-resolution</i> .....	64
Gambar 4.21. Citra hasil <i>grayscale</i> .....	65
Gambar 4.22. Citra hasil <i>otsu’s thresholding and binarization</i> .....	65

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. <i>Confusion Matrix</i> .....	19
Tabel 2.2. Rangkuman Penelitian Terkait .....	22
Tabel 2.3. Rangkuman Penelitian Terkait (Lanjutan) .....	23
Tabel 3.1. Pembagian data <i>training</i> dan <i>testing</i> YOLOv4 dari OIDv6.....	25
Tabel 3.2. Pembagian data <i>training</i> dan <i>testing</i> SRGAN.....	26
Tabel 3.3. Konfigurasi <i>hyperparameter</i> YOLOv4 .....	27
Tabel 3.4. Layer Output Shape VGG195.2.....	40
Tabel 3.5. Perhitungan nilai varians antar kelas untuk <i>thresholding</i> .....	43
Tabel 3.6. Ilustrasi Hasil <i>Confusion Matrix</i> berdasarkan Gambar 3.28 .....	45
Tabel 3.7. Ilustrasi Hasil <i>Confusion Matrix</i> berdasarkan Gambar 3.27 (LR) .....	46
Tabel 3.8. Ilustrasi rencana evaluasi OCR pada citra <i>low-resolution</i> .....	46
Tabel 3.9. Ilustrasi Hasil <i>Confusion Matrix</i> berdasarkan Gambar 3.27 (LR) .....	47
Tabel 3.10. Ilustrasi rencana evaluasi OCR pada citra dikenai <i>super-resolution</i> .....	47
Tabel 3.11. Ilustrasi rencana evaluasi citra <i>super-resolution</i> .....	47
Tabel 3.12. Parameter pengujian sistem.....	54
Tabel 4.1. Hasil <i>confussion matrix</i> deteksi YOLOv4.....	65
Tabel 4.2. Hasil <i>confussion matrix</i> deteksi YOLOv4 (lanjutan) .....	66
Tabel 4.3. Hasil <i>confussion matrix</i> citra <i>cropping</i> YOLOv4 tanpa proses <i>otsu's</i> .....	66
Tabel 4.4. Hasil <i>confussion matrix</i> citra <i>cropping</i> YOLOv4 tanpa proses <i>otsu's</i> (lanjutan) .....	67
Tabel 4.5. Hasil <i>confussion matrix</i> citra <i>cropping</i> YOLOv4 dengan proses <i>otsu's</i> .....	67
Tabel 4.6. Hasil <i>confussion matrix</i> citra <i>cropping</i> YOLOv4 dengan proses <i>otsu's</i> .....	68
Tabel 4.7. Hasil perhitungan <i>confussion matrix</i> citra <i>cropping</i> tanpa proses <i>otsu's</i> .....	68
Tabel 4.8. Hasil perhitungan <i>confussion matrix</i> citra <i>cropping</i> dengan proses <i>otsu's</i> .....	69
Tabel 4.9. Hasil <i>confussion matrix</i> citra <i>cropping</i> setelah SRGAN tanpa proses <i>otsu's</i> ....	70
Tabel 4.10 Hasil <i>confussion matrix</i> citra <i>cropping</i> setelah SRGAN dengan proses <i>otsu's</i> . 70	
Tabel 4.11 Hasil <i>confussion matrix</i> citra <i>cropping</i> setelah SRGAN dengan proses <i>otsu's</i> (lanjutan).....	71
Tabel 4.12. Hasil perhitungan <i>confussion matrix</i> citra <i>cropping</i> tanpa proses <i>otsu's</i> .....	71
Tabel 4.13. Hasil perhitungan <i>confussion matrix</i> citra <i>cropping</i> tanpa proses <i>otsu's</i> (lanjutan) .....	72
Tabel 4.14. Hasil perhitungan <i>confussion matrix</i> citra <i>cropping</i> tanpa proses <i>otsu's</i> .....	72
Tabel 4.15. Hasil perhitungan <i>confussion matrix</i> citra <i>cropping</i> tanpa proses <i>otsu's</i> (lanjutan) .....	73
Tabel 4.16. Hasil <i>confussion matrix</i> citra sintetis sebelum SRGAN tanpa proses <i>otsu's</i> ...	73
Tabel 4.17. Hasil <i>confussion matrix</i> citra sintetis sebelum SRGAN tanpa proses <i>otsu's</i> (lanjutan).....	74
Tabel 4.18. Hasil <i>confussion matrix</i> citra sintetis sebelum SRGAN setelah proses <i>otsu's</i> . 74	
Tabel 4.19. Perhitungan <i>confussion matrix</i> citra sintetis sebelum SRGAN tanpa proses <i>otsu's</i> .....	75

Tabel 4.20. Perhitungan <i>confussion matrix</i> citra sintetis sebelum SRGAN setelah proses otsu's.....	75
Tabel 4.21. Perhitungan <i>confussion matrix</i> citra sintetis sebelum SRGAN setelah proses otsu's (lanjutan).....	76
Tabel 4.22. Hasil <i>confussion matrix</i> citra sintetis setelah SRGAN dan sebelum proses otsu's .....	76
Tabel 4.23. Hasil <i>confussion matrix</i> citra sintetis sebelum SRGAN setelah proses otsu's.	76
Tabel 4.24. Hasil <i>confussion matrix</i> citra sintetis sebelum SRGAN setelah proses otsu's (lanjutan).....	77
Tabel 4.25. Perhitungan <i>confussion matrix</i> citra sintetis setelah SRGAN tanpa proses otsu's .....	77
Tabel 4.26. Perhitungan <i>confussion matrix</i> citra sintetis setelah SRGAN tanpa proses otsu's (lanjutan).....	78
Tabel 4.27. Perhitungan <i>confussion matrix</i> citra sintetis setelah SRGAN setelah proses otsu's .....	78
Tabel 4.28. Evaluasi ukuran file, PSNR, dan SSIM citra <i>super-resolution</i> .....	79
Tabel 4.29. Hasil pengujian sistem.....	81

## DAFTAR ALGORITMA

Algoritma 1 : Minibatch stochastic gradient descent training GAN .....	10
Algoritma 2 : Algoritma training super-resolution GAN .....	13
Algoritma 3 : Algoritma model super-resolution GAN.....	13
Algoritma 4 : Algoritma mencari koordinat pixel asli pada citra.....	27
Algoritma 5 : Algoritma <i>random cropping</i> .....	29
Algoritma 6 : Algoritma <i>Easy OCR</i> .....	44
Algoritma 7 : Ekstraksi informasi file txt .....	63
Algoritma 8 : Cropping citra .....	63



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Hasil citra <i>cropping</i> dan <i>super-resolution</i> YOLOv4 .....	87
Lampiran B.1. Evaluasi citra sintetis ke-1 .....	91
Lampiran B.2. Evaluasi citra sintetis ke-2.....	91
Lampiran B.3. Evaluasi citra sintetis ke-3.....	91
Lampiran B.4. Evaluasi citra sintetis ke-4.....	91
Lampiran B.5. Evaluasi citra sintetis ke-5.....	91
Lampiran B.6. Evaluasi citra sintetis ke-6.....	91
Lampiran B.7. Evaluasi citra sintetis ke-7.....	92
Lampiran B.8. Evaluasi citra sintetis ke-8.....	92
Lampiran B.9. Evaluasi citra sintetis ke-9.....	92
Lampiran B.10. Evaluasi citra sintetis ke-10.....	92
Lampiran B.11. Evaluasi citra sintetis ke-11.....	92
Lampiran B.12. Evaluasi citra sintetis ke-12.....	92
Lampiran B.13. Evaluasi citra sintetis ke-13.....	93
Lampiran B.14. Evaluasi citra sintetis ke-14.....	93
Lampiran B.15. Evaluasi citra sintetis ke-15.....	93
Lampiran B.16. Evaluasi citra sintetis ke-16.....	93
Lampiran B.17. Evaluasi citra sintetis ke-17.....	93
Lampiran B.18. Evaluasi citra sintetis ke-18.....	93
Lampiran B.19. Evaluasi citra sintetis ke-19.....	94
Lampiran B.20. Evaluasi citra sintetis ke-20.....	94