

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
BAB III LANDASAN TEORI.....	14
3.1 Deteksi Objek.....	14
3.2 Pengenalan Karakter	14
3.3 YOLO.....	15
3.3.1 Konsep.....	15
3.3.2 Arsitektur YOLOv1	17
3.4 YOLOv8.....	18
3.4.1 Arsitektur YOLOv8	19
3.4.2 <i>Anchor-Free</i>	20

3.5	<i>Thin Plate Spline (TPS)</i>	21
3.5.1	Arsitektur dan Mekanisme Kerja TPS	21
3.5.2	Keunggulan dan Keterbatasan TPS.....	22
3.5.3	Penerapan TPS dalam Pengenalan Teks	22
3.6	<i>Residual Network (ResNet)</i>	23
3.6.1	Arsitektur ResNet.....	23
3.6.2	Varian ResNet	24
3.6.3	Penerapan ResNet dalam Pengenalan Teks	24
3.6.4	Keunggulan dan Keterbatasan ResNet.....	25
3.7	<i>Bi-LSTM</i>	26
3.7.1	Arsitektur Bi-LSTM.....	27
3.7.2	Mekanisme LSTM	27
3.7.3	Penerapan Bi-LSTM dalam Pengenalan Teks	28
3.7.4	Keunggulan dan Keterbatasan.....	28
3.8	<i>Attention Mechanism</i>	29
3.8.1	Arsitektur dan Mekanisme Kerja <i>Attention</i>	29
3.8.2	Jenis <i>Attention</i>	29
3.8.3	Penerapan <i>Attention</i> dalam Pengenalan Teks	30
3.8.4	Keunggulan dan Keterbatasan.....	30
3.9	<i>Preprocessing</i>	31
3.9.1	Konversi ke Skala Abu-Abu	31
3.9.2	Binarisasi.....	31
3.9.3	Operasi Morfologi.....	32
3.10	<i>Performance Metrics</i>	33
3.10.1	<i>Precision</i>	33
3.10.2	<i>Recall</i>	34
3.10.3	<i>F1-Score</i>	34

3.10.4	<i>Average Precision</i>	34
3.10.5	<i>Mean Average Precision</i>	35
3.10.6	<i>Mean Average Precision (mAP)</i> pada <i>IoU thresholds</i> 0.50 hingga 0.95 (mAP50-95).....	35
3.10.7	<i>Frame per Second (FPS)</i>	36
3.10.8	Akurasi untuk Pengenalan Karakter pada Plat	36
BAB IV METODE PENELITIAN		37
4.1	Alat dan Bahan	37
4.2	Alur Kerja Penelitian.....	38
4.3	Perancangan Sistem.....	41
4.3.1	Pengambilan Data	41
4.3.2	Anotasi Data Plat dan Karakter pada Plat	44
4.3.3	Augmentasi Data	46
4.3.4	Pembagian Data	46
4.3.5	Penambahan <i>Preprocessing</i>	46
4.3.6	Pelatihan Model	47
4.3.7	<i>Deployment</i>	48
4.4	Pengujian Sistem.....	49
4.4.1	Pengujian Pendeteksian Plat Nomor Kendaraan.....	49
4.4.2	Pengujian Pengenalan Karakter pada Plat Nomor Kendaraan.....	49
BAB V IMPLEMENTASI.....		51
5.1	Pengambilan Data	51
5.2	Anotasi Data.....	51
5.2.1	Anotasi Data Plat.....	51
5.2.2	Anotasi Data Karakter pada Plat	52
5.3	Augmentasi Data	53
5.4	Pembagian Data.....	56

5.4.1	Pembagian Data untuk Pendekteksian Plat	56
5.4.2	Pembagian Data untuk Pengenalan Karakter pada Plat	57
5.5	Penambahan <i>Preprocessing</i>	59
5.6	Pelatihan Model.....	60
5.6.1	Pelatihan Model YOLOv8	60
5.6.2	Pelatihan Model TPS-ResNet-BiLSTM-Attention	65
5.7	<i>Deployment</i>	68
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN		71
6.1	Analisis Dataset.....	71
6.1.1	Analisis Dataset Pendeteksian Plat Nomor Kendaraan.....	71
6.1.2	Analisis Dataset Pengenalan Karakter Plat Nomor Kendaraan	71
6.2	Hasil Pelatihan Model YOLOv8	73
6.3	Hasil Pelatihan Model TPS-ResNet-BiLSTM-Attention.....	74
6.4	Hasil dan Analisis Pengujian Model TPS-ResNet-BiLSTM-Attention.....	77
6.5	Analisis Kesalahan Pengenalan Karakter Plat Nomor	84
6.6	Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya.....	86
6.6.1	Pendeteksian Plat Nomor Kendaraan.....	86
6.6.2	Pengenalan Karakter Plat Nomor Kendaraan	88
6.7	Hasil dan Analisis <i>Deployment</i>	88
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....		92
7.1	Kesimpulan.....	92
7.2	Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA		94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Model YOLOv1 yang membagi gambar dalam grid $S \times S$ (Redmon, et al., 2015).....	16
Gambar 3. 2 Vektor yang memprediksi objek untuk 3 kelas (datahacker.rs, 2018)...	17
Gambar 3. 3 Arsitektur YOLOv1 (Thuan, 2021).....	18
Gambar 3. 4 Arsitektur YOLOv8 (Rangeking, 2023).....	20
Gambar 3. 5 Visualisasi dari alur pengenalan teks	21
Gambar 3. 7 Cara kerja arsitektur Bi-LSTM	27
Gambar 3. 8 Contoh citra sebelum (kiri) dan sesudah dikonversi ke skala abu-abu (kanan).....	31
Gambar 3. 9 Contoh citra sebelum (kiri) dan setelah melalui proses binarisasi (kanan)	32
Gambar 3. 10 Contoh penerapan operasi morfologi	33
Gambar 4. 1 Alur penelitian.....	40
Gambar 4. 2 Blok diagram sistem pendeteksian plat nomor kendaraan	41
Gambar 4. 3 Blok diagram pengenalan karakter pada plat nomor kendaraan	41
Gambar 4. 4 Dataset yang mewakili kondisi cuaca cerah untuk model pendeteksian plat nomor kendaraan	42
Gambar 4. 5 Dataset yang mewakili kondisi cuaca cerah untuk model pengenalan karakter pada plat nomor kendaraan	42
Gambar 4. 6 Dataset yang mewakili kondisi cuaca mendung untuk model pendeteksian plat nomor kendaraan	43
Gambar 4. 7 Dataset yang mewakili kondisi cuaca mendung untuk model pengenalan karakter pada plat nomor kendaraan	43
Gambar 4. 8 Dataset yang mewakili kondisi cuaca hujan untuk model pendeteksian plat nomor kendaraan	44
Gambar 4. 9 Dataset yang yang mewakili kondisi cuaca hujan untuk model pengenalan karakter pada plat nomor kendaraan	44
Gambar 4. 10 Proses anotasi data plat	45

Gambar 4. 12 <i>Preprocessing</i> dalam TPS-ResNet-BiLSTM-Attention.....	47
Gambar 4. 13 Proses pengujian pengenalan karakter pada plat nomor kendaraan	50
Gambar 5. 1 Proses ekstraksi <i>frame</i> pada sumber data video	51
Gambar 5. 2 Isi salah satu file hasil anotasi gambar	52
Gambar 5. 3 Program Python untuk membuat file anotasi untuk pengenalan karakter	53
Gambar 5. 4 Program augmentasi data	54
Gambar 5. 5 Bagian program untuk menganotasi data yang diaugmentasi	54
Gambar 5. 6 Contoh hasil augmentasi rotasi	55
Gambar 5. 7 Contoh hasil augmentasi skala horizontal	55
Gambar 5. 8 Contoh hasil augmentasi skala vertikal	55
Gambar 5. 9 Program pembagian data untuk pendeteksian plat nomor kendaraan	57
Gambar 5. 10 Program pembagian data untuk pengenalan karakter	58
Gambar 5. 11 Struktur folder dataset gambar dan anotasi	59
Gambar 5. 12 Potongan kode penambahan <i>preprocessing pada model.py</i>	60
Gambar 5. 13 File konfigurasi pelatihan YOLOv8.....	61
Gambar 5. 14 Arsitektur model YOLOv8	61
Gambar 5. 15 Konfigurasi jumlah kelas yang sudah diubah	62
Gambar 5. 16 Bagian program <i>detect_and_crop.py</i> untuk memotong gambar sesuai <i>bounding box</i>	65
Gambar 5. 17 Perintah untuk menjalankan program <i>train.py</i>	65
Gambar 5. 18 Potongan kode untuk mendeteksi plat nomor dengan YOLOv8	68
Gambar 5. 19 Potongan kode untuk mengekstrak plat nomor dari <i>bounding box</i>	68
Gambar 5. 20 Proses pemrosesan plat nomor oleh model OCR berbasis TPS-ResNet- BiLSTM-Attention.....	69
Gambar 5. 22 Potongan kode untuk menghitung FPS deteksi plat dan pengenalan karakter.....	70

Gambar 6. 1 Hasil <i>preprocessing</i> : (a) <i>Grayscale</i> , (b) Binarisasi, (c) Morfologi opening.....	76
Gambar 6. 2 Contoh hasil <i>preprocessing grayscale</i> + binarisasi yang menyebabkan hilangnya detail karakter.....	79
Gambar 6. 3 Contoh hasil <i>preprocessing grayscale</i> + binarisasi + morfologi opening yang menyebabkan kerusakan fitur karakter.....	79
Gambar 6. 4 Contoh hasil <i>preprocessing grayscale</i> pada plat nomor dalam kondisi cuaca (a) cerah, (b) mendung, dan (c) hujan.....	80
Gambar 6. 5 Contoh kesalahan substitusi karakter.....	84
Gambar 6. 6 Contoh kesalahan karakter tambahan.....	85
Gambar 6. 7 Contoh kesalahan karakter hilang.....	85
Gambar 6. 8 Distribusi FPS pipeline penuh pada pengujian deployment sistem deteksi dan pengenalan plat nomor kendaraan.....	90
Gambar 6. 9 FPS deteksi dan pengenalan karakter pada frame yang diproses dalam pengujian <i>deployment</i>	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Korelasi Penelitian	9
Tabel 2.1 Korelasi Penelitian (lanjutan).....	10
Tabel 2.1 Korelasi Penelitian (lanjutan).....	11
Tabel 2.1 Korelasi Penelitian (lanjutan).....	12
Tabel 2.1 Korelasi Penelitian (lanjutan).....	13
Tabel 4. 1 Alat-alat kebutuhan sistem.....	37
Tabel 4. 2 Spesifikasi laptop	37
Tabel 4. 3 Spesifikasi server Kaggle.....	38
Tabel 4. 4 Library yang digunakan	38
Tabel 4. 5 Contoh pengujian pengenalan karakter.....	50
Tabel 6. 1 Distribusi karakter dalam dataset.....	72
Tabel 6. 2 Variasi <i>hyperparameter</i> pelatihan YOLOv8.....	73
Tabel 6. 3 Hasil pelatihan model YOLOv8 model M untuk pendeteksian plat nomor kendaraan	74
Tabel 6. 4 Konfigurasi <i>hyperparameter</i> pelatihan TPS-ResNet-BiLSTM-Attention untuk pengenalan karakter pada plat nomor kendaraan.....	75
Tabel 6. 5 Hasil pelatihan model TPS-Resnet-BiLSTM-Attention	76
Tabel 6. 6 Hasil pengujian model TPS-ResNet-BiLSTM-Attention	77
Tabel 6. 7 Performa model TPS-ResNet-BiLSTM-Attention berdasarkan kondisi cuaca dengan <i>preprocessing grayscale</i>	80
Tabel 6. 8 Akurasi (<i>Precision</i>), <i>Recall</i> , dan <i>F1-Score</i> per karakter model TPS-ResNet-BiLSTM-Attention (dengan <i>preprocessing grayscale</i>)	82
Tabel 6. 9 Jumlah dan persentase kesalahan pengenalan karakter plat nomor	86
Tabel 6. 10 Perbandingan performa deteksi plat nomor antara YOLOv5 dan YOLOv8	87
Tabel 6. 11 Perbandingan akurasi pengenalan karakter plat nomor antara model dengan dan tanpa <i>preprocessing grayscale</i>	88