

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR ALGORITMA	xii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perkembangan <i>Named Entity Recognition</i> (NER)	5
2.2 Implementasi NER pada Domain <i>E-commerce</i>	6
2.3 Kompresi Model dengan <i>Knowledge Distillation</i> (KD)	7
2.4 <i>Conditional Random Field</i> (CRF) pada Tugas NER	9
III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Tahapan Penelitian	13
3.2 Akuisisi Dataset	15

3.3	Penyiapan Data	17
3.3.1	Pembagian Data	18
3.3.2	Pengecekan Kualitas Data	18
3.3.3	Penyesuaian Distribusi Entitas	20
3.4	Skema <i>Knowledge Distillation</i>	21
3.4.1	Model <i>Teacher</i>	22
3.4.2	Model <i>Student</i>	22
3.4.3	Arsitektur Model dan Konfigurasi CRF	23
3.4.4	Konfigurasi Distilasi	27
3.5	Evaluasi	29
3.5.1	Evaluasi Performa	29
3.5.2	Evaluasi Efisiensi	31
IV	IMPLEMENTASI	33
4.1	Lingkungan Implementasi	33
4.2	Akuisisi Data	33
4.2.1	Akuisisi Dataset dari <i>Platform HuggingFace</i>	34
4.2.2	Penyesuaian Distribusi Entitas	34
4.2.3	Pembuatan Struktur Direktori Data	36
4.3	Pemuatan Data	37
4.3.1	Implementasi Kelas Dataset	38
4.3.2	Pemuatan Informasi Label	40
4.3.3	Pembuatan <i>Data Loader</i>	40
4.4	Pembangunan Arsitektur Model	41
4.4.1	Kelas CRFOutputLayer	42
4.4.2	Kelas BaseNERModel	43
4.4.3	Kelas QueryNERTeacher	44
4.4.4	Kelas DistilBERTStudent	45
4.4.5	Kelas TinyBERTStudent	47
4.4.6	Kelas BiLSTMStudent	48
4.5	Kerangka Pelatihan Model	50
4.5.1	Fungsi <i>Loss Kullback-Leibler Divergence</i>	50
4.5.2	Fungsi Prediksi dan Perhitungan Metrik Evaluasi	52
4.5.3	Implementasi Kelas KDTrainer	54
4.5.4	Mekanisme <i>Early Stopping</i>	59

4.6	Konfigurasi Eksperimen	61
4.6.1	Konfigurasi Eksperimen <i>Baseline</i>	61
4.6.2	Konfigurasi Eksperimen <i>Knowledge Distillation</i>	62
4.7	Implementasi <i>Pipeline</i> Pelatihan	63
4.7.1	Inisialisasi Data dan Model	63
4.7.2	Inisialisasi Komponen Pelatihan	66
4.7.3	Proses Pelatihan dan Pemilihan Model Terbaik	68
4.7.4	Evaluasi pada Data Uji	70
4.7.5	Penyimpanan Hasil Eksperimen	72
4.7.6	Inferensi dan Konversi Hasil Prediksi Model	73
4.7.7	Evaluasi Berbasis Entitas	75
4.8	Analisis Efisiensi	76
4.8.1	Perhitungan Jumlah Parameter Model	77
4.8.2	Perhitungan Kompleksitas Komputasi (FLOPs)	78
4.8.3	Pengukuran Latensi Inferensi	79
4.8.4	Eksekusi Analisis Efisiensi	80
V	HASIL DAN PEMBAHASAN	82
5.1	Penentuan Konfigurasi Eksperimen	82
5.1.1	Penentuan Jenis Dataset	82
5.1.2	Penentuan <i>Learning Rate</i> Model Berbasis BERT	83
5.1.3	Penentuan <i>Learning Rate</i> Model <i>Student</i> BiLSTM	83
5.2	<i>Baseline</i> Model <i>Teacher</i> dan <i>Student</i>	84
5.3	Analisis Hasil <i>Knowledge Distillation</i>	85
5.3.1	Konfigurasi Terbaik <i>Knowledge Distillation</i>	86
5.3.2	Perbandingan Performa <i>Knowledge Distillation</i> dengan <i>Baseline</i>	86
5.3.3	Analisis Pengaruh Parameter <i>Knowledge Distillation</i>	87
5.4	Analisis Dampak <i>Conditional Random Field</i>	89
5.4.1	Perbandingan Performa Model	89
5.4.2	Analisis Inkonsistensi Struktur Label	90
5.4.3	Analisis Performa Berdasarkan Jenis Entitas	91
5.4.4	Analisis Kualitatif Prediksi	94
5.5	Analisis <i>Trade-off</i> Performa dan Efisiensi	96

VI PENUTUP	100
6.1 Kesimpulan	100
6.2 Saran	101
A Penyesuaian Distribusi Entitas pada Dataset QueryNER	106
B Analisis <i>Learning Curve</i> untuk Penentuan <i>Learning Rate</i>	108
B.1 <i>Learning Curve</i> Model Berbasis BERT	108
B.2 <i>Learning Curve</i> Model BiLSTM	109
C Rincian Hasil Eksperimen <i>Knowledge Distillation</i>	110
D Analisis <i>Learning Curve</i> pada Model Terbaik	111
D.1 <i>Learning Curve</i> Model DistilBERT	111
D.2 <i>Learning Curve</i> Model TinyBERT	111
D.3 <i>Learning Curve</i> Model BiLSTM	112
E Analisis <i>Confusion Matrix</i> Model Terbaik	114