



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN TIM PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI .....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	xi
ABSTRAK .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Penelitian.....	6
1.4 Tujuan Penelitian .....	7
1.5 Keaslian dan Kontribusi Penelitian.....	7
1.6 Manfaat Penelitian .....	8
1.7 Sistematika Penulisan .....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	11
2.1 Tinjauan Pustaka.....	11
2.2 Landasan Teori .....	19
2.2.1 Pembacaan kWh Meter .....	19
2.2.2 Tagihan Listrik Pascabayar .....	20
2.2.3 Anomali Tagihan Listrik .....	21
2.2.4 Analisis Kesalahan Pembacaan Meter Listrik.....	23
2.2.5 Teknik <i>Resampling</i> .....	25
2.2.5.1 <i>Oversampling</i> .....	26
2.2.5.2 <i>Undersampling</i> .....	27
2.2.6 Pembelajaran Mesin.....	29
2.2.6.1 <i>Random forest</i> .....	32
2.2.6.2 <i>Extra Trees</i> .....	33
2.2.6.3 <i>AdaBoost</i> .....	34
2.2.6.4 <i>Gradient Boosting Machines</i> .....	35
2.2.6.5 <i>Histogram-based Gradient Boosting</i> .....	36
2.2.6.6 <i>XGBoost</i> .....	37
2.2.6.7 <i>LightGBM</i> .....	38
2.2.6.8 <i>CatBoost</i> .....	39



2.2.6.9	<i>Logistic Regression</i> .....	40
2.2.6.10	<i>Ridge Classifier</i> .....	41
2.2.6.11	<i>Passive Aggressive</i> .....	42
2.2.6.12	Justifikasi Pemilihan <i>Base Learner</i> .....	42
2.2.6.13	<i>Voting Classifier</i> .....	44
2.2.7	Metrik Evaluasi Kinerja Model.....	46
2.2.8	<i>Cross-Validation</i> dan <i>Hyperparameter Tuning</i> .....	49
2.3	Hipotesis.....	50
BAB III	METODE PENELITIAN .....	51
3.1	Alat dan Bahan.....	51
3.1.1	Alat .....	51
3.1.2	Bahan .....	52
3.2	Metode Penelitian .....	53
3.2.1	Pengumpulan Data.....	55
3.2.2	Pra-pemrosesan Data.....	58
3.2.3	Labelisasi Data .....	59
3.2.4	Rekayasa Fitur ( <i>Feature Engineering</i> ).....	60
3.2.5	Pembagian Data .....	62
3.2.6	<i>Resampling</i> Data .....	63
3.2.7	Pelatihan Model <i>Machine Learning</i> .....	64
3.2.7.1	Pelatihan <i>Base Learners</i> .....	64
3.2.7.2	Pengaturan Parameter Model .....	65
3.2.7.3	Penggabungan Model dengan <i>Voting Classifier</i> .....	66
3.2.8	Evaluasi Model .....	66
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	68
4.1	Hasil .....	68
4.1.1	Sebelum Rekayasa Fitur.....	68
4.1.2	Setelah Rekayasa Fitur .....	68
4.1.3	Kinerja <i>Voting Classifier</i> .....	70
4.1.4	Hasil <i>Cross-Validation</i> .....	71
4.1.5	Hasil Uji Data Baru.....	72
4.2	Pembahasan.....	73
4.2.1	Analisis Kinerja Model .....	73
4.2.2	Implikasi Praktis .....	75
4.2.3	Analisis Keterbatasan <i>Classifier</i> .....	75
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	80
5.1	Kesimpulan .....	80
5.2	Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA	.....	83



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Perbandingan Penelitian Deteksi Anomali Konsumsi Listrik .....	10
Tabel 2.1	Klasifikasi Penyebab Anomali Tagihan Listrik 2013 - 2023 .....	17
Tabel 2.2	Kriteria DLPD .....	23
Tabel 2.3	Karakteristik Algoritma Machine Learning Kandidat <i>Base Learner</i> [56] .....	31
Tabel 2.4	Justifikasi Pemilihan <i>Base Learner</i> Berdasarkan Karakteristik dan Jenis .....	43
Tabel 2.5	Metrik Evaluasi Kinerja Model .....	48
Tabel 2.6	Definisi Istilah Evaluasi Kinerja Model .....	48
Tabel 2.7	Contoh <i>Confusion Matrix</i> .....	48
Tabel 3.1	Perangkat Lunak, <i>Library</i> , dan Lingkungan Pengembangan .....	51
Tabel 3.2	Spesifikasi Perangkat Keras Sistem .....	52
Tabel 3.3	Deskripsi <i>Dataset</i> ACMT PLN .....	56
Tabel 3.4	Distribusi Atribut TARIF dan DAYA pada Data Mentah .....	57
Tabel 3.5	Distribusi Pelanggan Berdasarkan Daya (Setelah Prapemrosesan) .....	59
Tabel 3.6	Daftar dan Deskripsi Fitur Dataset .....	61
Tabel 3.7	Distribusi <i>Dataset</i> dan Persentase Kelas .....	62
Tabel 3.8	Distribusi <i>Dataset</i> dan Persentase Kelas .....	63
Tabel 3.9	Parameter <i>Default</i> Model .....	65
Tabel 4.1	Perbandingan Metrik Kinerja Model Sebelum Rekayasa Fitur .....	77
Tabel 4.2	Perbandingan Metrik Kinerja Model Setelah Rekayasa Fitur .....	78
Tabel 4.3	Kinerja <i>Voting Classifier</i> pada Data SMOTE Setelah Rekayasa Fitur ..	79
Tabel 4.4	Hasil <i>Cross-Validation Voting Classifier</i> (5-Fold dan 10-Fold) .....	79



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Data Keluhan Pelanggan PLN UID Jawa Barat (Januari 2023 - Januari 2025) .....	2
Gambar 2.1	Taksonomi Penyebab Anomali Tagihan Listrik .....	11
Gambar 2.2	Proporsi Penelitian Berdasarkan Kategori Penyebab Anomali Tagihan Listrik 2013-2023 .....	18
Gambar 2.3	Bagian-bagian kWh-meter Pascabayar .....	20
Gambar 2.4	Alur Proses Perhitungan Tagihan Listrik .....	20
Gambar 2.5	<i>Oversampling</i> pada Data Tidak Seimbang [51] .....	26
Gambar 2.6	Proses SMOTE [51].....	27
Gambar 2.7	<i>Undersampling</i> pada Data Tidak Seimbang [51] .....	27
Gambar 2.8	Proses <i>NearMiss</i> [51].....	28
Gambar 2.9	Diagram <i>Voting Classifier</i> [69].....	44
Gambar 3.1	Diagram Alur Metode Penelitian .....	54
Gambar 3.2	Data Mentah ACMT PLN .....	56
Gambar 3.3	Distribusi Label Data .....	59
Gambar 3.4	Distribusi Data Pelatihan dan Pengujian .....	62
Gambar 4.1	Perbandingan Metrik <i>F1 Score</i> Model tanpa <i>Resample</i> .....	69
Gambar 4.2	Perbandingan Metrik <i>F1 Score</i> Model dengan <i>NearMiss</i> .....	69
Gambar 4.3	Perbandingan Metrik <i>F1 Score</i> Model dengan SMOTE.....	69
Gambar 4.4	Kurva ROC <i>Voting Classifier</i> .....	70
Gambar 4.5	Confusion Matrix <i>Voting Classifier</i> .....	71
Gambar 4.6	Performa <i>Voting Classifier</i> pada Data Baru .....	72



## DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

AB	<i>AdaBoost</i>
ACMT	Aplikasi Catat Meter Terpusat
APKT	Aplikasi Pengaduan dan Keluhan Terpadu
AMI	<i>Advanced Metering Infrastructure</i>
AMR	<i>Automatic Meter Reading</i>
ARIMA	<i>AutoRegressive Integrated Moving Average</i>
ARM	<i>Association Rule Mining</i>
ATC	<i>Anomaly Detection with Temporal Context</i>
CB	<i>CatBoost</i>
Cater	Pencatat Meter
CNN BLSTM	<i>Convolutional Neural Network Bidirectional LSTM</i>
DBSCAN	<i>Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise</i>
DLPD	Data Langganan Perlu Diperhatikan
DT	<i>Decision Tree</i>
FN	<i>False Negative</i>
FP	<i>False Positive</i>
GB	<i>Gradient Boosting</i>
GBT	<i>Gradient Boosted Trees</i>
GLM	<i>Generalized Linear Model</i>
GMM	<i>Gaussian Mixture Model</i>
IQR	<i>Interquartile Range</i>
IK-means	<i>Incremental K-means</i>
kNN	<i>k-Nearest Neighbors</i>
kWh	<i>kiloWatt per hour</i>
LODA	<i>Lightweight On-line Detector of Anomalies</i>
LOF	<i>Local Outlier Factor</i>
LPBNN	<i>Least Squares Probabilistic Backpropagation Neural Network</i>
LPBSVR	<i>Least Squares Probabilistic Support Vector Regression</i>
LSA	<i>Latent Semantic Analysis</i>
LSTM	<i>Long Short-Term Memory</i>
MAD	<i>Median Absolute Deviation</i>
MCC	<i>Matthews Correlation Coefficient</i>
ML	<i>Machine Learning</i>



NN	<i>Neural Network</i>
NB	<i>Naive Bayes</i>
NTLs	<i>Non-Technical Losses</i>
PAR	<i>Parallel Analysis Regression</i>
PCA	<i>Principal Component Analysis</i>
PLN	Perusahaan Listrik Negara
RBM	Rute Baca Meter
RF	<i>Random Forest</i>
ROC AUC	<i>Receiver Operating Characteristic - Area Under Curve</i>
SAX	<i>Symbolic Aggregate approxImation</i>
SAX-CART	<i>SAX + Classification and Regression Trees</i>
SAX-MLP	<i>SAX + Multi-Layer Perceptron</i>
SGKL	<i>Sparse Group Kullback-Leibler</i>
SMOTE	<i>Synthetic Minority Over-sampling Technique</i>
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
SVR	<i>Support Vector Regression</i>
TP	<i>True Positive</i>
TN	<i>True Negative</i>
VC	<i>Voting Classifier</i>
VDR	<i>Variation Density Ratio</i>
XGB	<i>Extreme Gradient Boosting</i>