

**ANALISIS HISTORI DATA PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK
HARIAN GUNA MENGIDENTIFIKASI STRUKTUR BEBAN
DASAR DAN BEBAN VARIABEL DI PT. XYZ MELALUI
CLUSTERING K-MEANS DAN VALIDASI RANDOM FOREST**

TUGAS AKHIR



HARITS JAMALUDIN

1242913019

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER**

UNIVERSITAS BAKRIE

JAKARTA

2025

**ANALISIS HISTORI DATA PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK
HARIAN GUNA MENGIDENTIFIKASI STRUKTUR BEBAN
DASAR DAN BEBAN VARIABEL DI PT. XYZ MELALUI
CLUSTERING K-MEANS DAN VALIDASI RANDOM FOREST**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana



HARITS JAMALUDIN

1242913019

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2025**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Harits Jamaludin

NIM : 1222923039

Tanda Tangan :

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Harits', with a large, stylized flourish extending from the bottom right.

Tanggal : 13 Februari 2026

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Harits Jamaludin
NIM : 1242913019
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Analisis Histori Data Pemakaian Energi Listrik
Harian Guna Mengidentifikasi Struktur Beban Dasar dan Beban Variabel di PT.
XYZ Melalui Clustering K-Means dan Validasi Random Forest

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Invanos Tertiana, M.M. MBA

(.....)

Pembahas 1 : Annissa Fanya, S.T., M.Sc.

(.....)

Pembahas 2 : Muhammad Ardiansyah Azman, S.T., M.T. (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 13 Februari 2026

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Assalamu alaikum warahmatullahi wabarakatuhu.

Alhamdulillah, Puji dan Syukur kita panjatkan kepada Allah Subhanahu wata'ala. Dzat yang hanya kepada-Nya memohon pertolongan. Alhamdulillah atas segala pertolongan, rahmat, dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Histori Data Pemakaian Energi Listrik Harian Guna Mengidentifikasi Struktur Beban Dasar dan Beban Variabel di PT. XYZ Melalui Clustering K-Means dan Validasi Random Forest”. shalawat dan salam kepada Rasulullah Shallallahu Alaihi Wasallam yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan tauladan terbaik ummat manusia.

Dalam penyelesaian studi dan penulisan skripsi ini, penulis banyak memperoleh bantuan baik pengajaran, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Bakrie
2. Dr. Mohammad Ihsan, ST., MT., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie
3. Pak Edo Suryo Pratomo S.T., M.Sc, Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Bakrie
4. Ir. Invanos Tertiana, M.M., MBA, selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu ditengah kesibukan beliau, memberikan kritik, saran dan pengarahan kepada penulis dalam proses penulisan skripsi ini.
5. Ibu Annissa Fanya, S.T., M.Sc. dan Pak Ardiansyah Azman S.T., M.T., selaku Dosen Penguji skripsi yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan dalam penulisan skripsi ini serta untuk menguji skripsi penulis.
6. Para dosen dan staf pada program studi teknik industri yang sudah berkenan berbagi ilmu dan pengalamannya dengan penuh kesabaran.

7. Rekan-rekan seangkatan KKD3 TIN angkatan 22 yang selalu kompak walaupun kita semua beda lokasi. Yang selalu memberi motivasi dan support kepada penulis.
8. Istri tercinta Noviar Triastuti, yang sudah mensupport dalam segala hal serta kesayangan kecilku Zeehana Zahra Alharits yang selalu jadi penghibur disaat masa-masa sulit dalam perkuliahan meskipun terkadang juga jadi pengganggu.
9. Orang tua tersayang dan keluarga yang tidak pernah berhenti memanjatkan do'a yang tulus agar penulis selalu diberikan kekuatan, kesabaran, ketabahan dan kesuksesan.

Sebagai manusia biasa Penulis menyadari penyusunan skripsi ini jauh dari kata sempurna karena keterbatasan kemampuan dan ilmu pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karenanya atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini, penulis memohon maaf dan bersedia menerima kritik dan saran yang sifatnya membangun.

Terakhir, harapan penulis semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Jakarta, 13 Februari 2026

Penyusun,

Harits Jamaludin

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Harits Jamaludin
NIM : 1242913019
Program Studi : S1 Teknik Industri
Fakultas : Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Tugas Akhir : Kuantitatif

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Analisis Histori Data Pemakaian Energi Listrik Harian Guna
Mengidentifikasi Struktur Beban Dasar dan Beban Variabel di PT. XYZ
Melalui Clustering K-Means dan Validasi Random Forest**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 13 Februari 2026

Yang menyatakan,


(Harits Jamaludin)

**Analisis Histori Data Pemakaian Energi Listrik Harian Guna
Mengidentifikasi Struktur Beban Dasar dan Beban Variabel di PT. XYZ
Melalui Clustering K-Means dan Validasi Random Forest**

Harits Jamaludin

ABSTRAK

Ketidakefisienan energi di PT. XYZ sering terjadi akibat sulitnya membedakan antara baseload dan beban variabel produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur beban energi guna menentukan potensi efisiensi. Metode yang digunakan adalah *pipeline* OSEMN dengan algoritma *K-Means Clustering* dengan jumlah $K=2$ dan validasi *Random Forest*. Hasil segmentasi menunjukkan profil *baseload* pada klaster C2 dengan rata-rata sebesar 4.395,86 kWh/hari, sementara beban variabel pada klaster C1 mencapai 26.744,99 kWh/hari. Model ini divalidasi dengan tingkat kepercayaan tinggi, memiliki *Silhouette Score* 0,69, akurasi klasifikasi CA 99,7%, dan AUC 1,000. Analisis kepentingan fitur mengungkapkan bahwa penggunaan kompresor dan jumlah produksi adalah faktor penentu utama konsumsi energi. Hasil dari penelitian pada pemisahan struktur beban ini memberikan dasar data objektif bagi manajemen untuk mengoptimalkan sistem utilitas dan mengurangi pemborosan energi saat periode produksi rendah.

Kata Kunci : *Baseload*, Efisiensi Energi, *K-Means Clustering*, *Random Forest*, OSEMN.

Historical Data Analysis of Daily Electrical Energy Consumption to Identify Baseload and Variable Load Structures at PT. XYZ via K-Means Clustering and Random Forest Validation

Harits Jamaludin

ABSTRACT

Energy inefficiency at PT. XYZ is a recurring issue caused by the difficulty in distinguishing between baseload and variable production loads. This study aims to identify the energy load structure to determine potential areas for efficiency improvement. The methodology follows the OSEMN pipeline, utilizing the K-Means Clustering algorithm with $K=2$ and Random Forest validation. The segmentation results identify a baseload profile in Cluster C2 with an average of 4,395.86 kWh/day, representing fixed energy consumption when production is at a minimum or zero. Meanwhile, the variable load in Cluster C1 reaches 26,744.99 kWh/day, driven by manufacturing activities. The model is validated with high confidence, achieving a Silhouette Score of 0.69 it means reasonable to strong structure, a Classification Accuracy (CA) of 99.7%, and an AUC of 1.000. Feature importance analysis reveals that compressor usage and production volume are the primary determinants of energy consumption. Ultimately, this load structure separation provides an objective data foundation for management to optimize utility systems and reduce energy waste during low-production periods.

Keywords : Baseload, Energy Efficiency, K-Means Clustering, Random Forest, OSEMN.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
UNGKAPAN TERIMA KASIH	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Mindmap	7
2.2 Konsep Dasar Manajemen Energi	7
2.2.1 Manajemen Energi Industri	7
2.2.2 Audit Energi	8
2.2.3 Profil Beban	9
2.3 Struktur Beban Energi	9
2.3.1 Beban Dasar	10
2.3.2 Beban Variabel	10
2.3.3 Implikasi Manajerial dan Strategi Efisiensi	11
2.4 Metodologi <i>Clustering K-Means</i>	12
2.4.1 Konsep Dasar & Algoritma <i>K-Means</i>	13
2.4.2 Persiapan Data	13
2.4.3 <i>Unsupervised Learning</i>	14

2.4.4 Penentuan K-Optimal	14
2.4.4.1 Analisis <i>Silhouette</i>	15
2.5 Metodologi Validasi <i>Random Forest</i>	15
2.5.1 <i>Ensemble Learning</i>	16
2.5.2 <i>Supervised Learning</i>	17
2.5.3 Validasi & Interpretasi <i>Feature Importance</i>	17
2.5.3.1 Konsep <i>Feature Importance</i>	18
2.5.3.2 Relevansi dalam Identifikasi Struktur Beban	19
2.6 OSEMN <i>Pipeline</i>	19
2.7 Penelitian Terdahulu	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Kerangka Alur Penelitian	28
3.2 <i>Obtain</i>	29
3.2.1 Objek dan Lokasi Penelitian	29
3.2.2 Variabel dan Instrumen Penelitian	29
3.2.3 Metode Pengumpulan Data	30
3.3 <i>Scrub</i>	31
3.3.1 Pra-pemrosesan Data	31
3.4 <i>Explore</i>	31
3.4.1 Analisis Statistik Deskriptif	31
3.4.2 Analisis Deret Waktu	31
3.4.3 Analisis Profil Beban <i>Scatter Plot</i>	32
3.4.4 Operasional Variabel	32
3.5 Model Segmentasi <i>K-Means</i>	33
3.6 Model Validasi dan Interpretasi <i>Random Forest</i>	33
3.7 <i>Interprete</i>	33
3.7.1 Identifikasi Struktur Beban Dasar	33
3.7.2 Identifikasi Beban Variabel	34
3.7.3 Penilaian Kinerja Energi	34
3.7.4 Perumusan Rekomendasi Manajerial	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 <i>Step O – Obtain</i>	36

4.1.1. Variabel Penelitian	36
4.1.2 Ringkasan <i>Dataset Raw Data</i>	39
4.2 <i>Step S – Scrub</i>	39
4.2.1 <i>Data Cleaning</i>	40
4.3 <i>Step E – Explore</i>	42
4.3.1 Data Deskriptif	43
4.3.2 Visualisasi Tren Historis <i>Time Series</i>	43
4.3.3 Analisis Korelasi Awal <i>Scatter Plot</i>	44
4.4 <i>Step M – Model</i>	46
4.4.1 Segmentasi <i>K-Means Clustering</i>	47
4.4.2 Validasi Model dengan <i>Random Forest</i>	54
4.5 <i>Step iN – iNterprete</i>	60
4.5.1 Komposisi Beban Dasar	60
4.5.2 Dinamika Beban Variabel	61
4.5.3 Relevansi dengan Kondisi Perusahaan	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Jumlah Produksi PT. XYZ	1
Gambar 2.1 Mindmap Konsep	7
Gambar 2.2 Algoritma <i>Forest</i>	16
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	28
Gambar 4.1 <i>Rawdata</i> Histori Pemakaian Energi Listrik	39
Gambar 4.2 <i>Missing Values</i> Pada Variabel <i>MP11_Product_Counter</i>	40
Gambar 4.3 <i>Missing Values</i> Diluar Periode Penelitian	41
Gambar 4.4 <i>Outlier</i> pada Waktu Akhir Bulan	41
Gambar 4.5 <i>Outlier</i> pada Waktu Diluar Periode Penelitian	42
Gambar 4.6 <i>Labeling</i> dan Perubahan Format Kolom Variabel.....	42
Gambar 4.7 <i>Workflow Explore</i>	43
Gambar 4.8 <i>Line Chart</i> Variabel <i>Main_Cubicle</i> dan Jumlah_Produksi	44
Gambar 4.9 <i>Scatter Plot</i> Tahap <i>Explore</i> Variabel <i>Main_Cubicle</i> dan Jumlah_Produksi	45
Gambar 4.10 <i>Workflow</i> Tahapan Pemodelan Data	46
Gambar 4.11 Konfigurasi <i>Widget K-Means</i>	47
Gambar 4.12 <i>Datatable</i> Hasil Segmentasi <i>K-Means</i>	49
Gambar 4.13 Nilai <i>Centroids</i> Hasil Segmentasi <i>K-Means Clustering</i>	50
Gambar 4.14 <i>Scatter Plot</i> Segmentasi <i>K-Means Clustering</i>	51
Gambar 4.15 <i>Box Plot Variable</i> Jumlah Produksi <i>K-Means Clustering</i>	51
Gambar 4.16 <i>Box Plot Variable Main Cubicle K-Means Clustering</i>	52
Gambar 4.17 <i>Workflow</i> Proses Validasi <i>Random Forest</i>	55

Gambar 4.18 Konfigurasi <i>Widget Random Forest</i>	55
Gambar 4.19 Konfigurasi <i>Widget Test and Score</i>	57
Gambar 4.20 Hasil Pengujian <i>Widget Test and Score</i>	57
Gambar 4.21 Hasil Pengujian <i>Widget Ranks</i>	59
Gambar 4.22 Nilai Klaster C1 dan Klaster C2	60

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel Variabel Penelitian	37
Tabel 4.2 Tabel Ringkasan Statistik Variabel Utama	43
Tabel 4.3 Nilai <i>Centroids</i> Hasil <i>Clustering K-Means</i>	50
Tabel 4.4 Interpretasi <i>Silhouette Score</i> Kaufman & Rousseeuw	53
Tabel 4.5 Hasil Evaluasi Performa <i>Model Random Forest</i>	58
Tabel 4.6 Nilai <i>Baseload</i> dan <i>Variable Load</i>	61