

**RANCANG BANGUN *SMART ENERGY METER* BERBASIS IOT UNTUK
PERAMALAN KONSUMSI KWH LISTRIK PRABAYAR DENGAN
ALGORITMA XGBOOST**



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik di Program Studi Mekatronika dan Kecerdasan Buatan

Oleh:
Muhamad Ajis
2101942

**PROGRAM STUDI MEKATRONIKA DAN KECERDASAN BUATAN
KAMPUS UPI DI PURWAKARTA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

LEMBAR HAK CIPTA

RANCANG BANGUN *SMART ENERGY METER* BERBASIS IOT UNTUK PERAMALAN KONSUMSI KWH LISTRIK PRABAYAR DENGAN ALGORITMA XGBOOST

Oleh,

Muhamad Ajis

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi Mekatronika dan Kecerdasan Buatan

© **Muhamad Ajis** 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
Juli 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian dengan dicetak
ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN**Muhamad Ajis****2101942**

RANCANG BANGUN *SMART ENERGY METER* BERBASIS IOT UNTUK
PERAMALAN KONSUMSI KWH LISTRIK PRABAYAR DENGAN
ALGORITMA XGBOOST

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing,

Pembimbing I,



Muhammad Rizalul Wahid, S.Si., M.T.
NIP. 920210919940401101

Pembimbing II,



Dewi Indriati Hadi Putri, S.Pd., M.T.
NIP. 920190219900126201

Mengetahui,

**Ketua Program Studi
Mekatronika dan Kecerdasan Buatan**



Dewi Indriati Hadi Putri, S.Pd., M.T.
NIP. 920190219900126201

ABSTRAK

Implementasi XGBoost untuk Perencanaan Konsumsi Listrik Efisien Berdasarkan Data Historis *Smart Energy Meter*

Pertumbuhan konsumsi listrik rumah tangga yang pesat akibat kemajuan teknologi dan perubahan gaya hidup menekankan pentingnya perencanaan energi yang efisien. *Smart Energy Meter* (SEM) yang dikombinasikan dengan *machine learning* menawarkan solusi yang menjanjikan untuk mengoptimalkan penggunaan listrik melalui analisis prediktif. Penelitian ini mengusulkan penerapan algoritma Extreme Gradient Boosting (XGBoost) untuk memprediksi konsumsi listrik per jam berdasarkan data historis SEM yang dikumpulkan antara bulan April hingga Juni 2025. Alur pemodelan mencakup tahap prapemrosesan data, rekayasa fitur, seleksi fitur berdasarkan ambang korelasi, serta optimasi hyperparameter menggunakan Optuna dengan pendekatan pencarian Bayesian. Model akhir menunjukkan akurasi tinggi dengan nilai MAE sebesar 0,0115, RMSE sebesar 0,0150, dan R^2 sebesar 0,9803 menggunakan *cross validation* TimeSeriesSplit dengan 5 *fold*. Eksperimen prediksi selama satu minggu menunjukkan model memiliki performa yang kuat, namun tetap sensitif terhadap kejadian eksternal yang tidak berulang seperti hari libur nasional. Hasil ini menegaskan potensi XGBoost sebagai alat yang efektif untuk perencanaan konsumsi listrik rumah tangga, serta pentingnya mempertimbangkan faktor kontekstual eksternal dalam pengembangan selanjutnya.

Kata kunci: *XGBoost, Forecasting, Smart Energy Meter, Time Series, IoT*

ABSTRACT

Implementation of XGBoost for Efficient Electricity Consumption Planning Based on Historical Data from Smart Energy Meters

The rapid growth in household electricity consumption, driven by technological advancements and changing lifestyles, underscores the need for efficient energy planning. Smart Energy Meters (SEMs) combined with machine learning offer a promising solution to optimize electricity usage through predictive analytics. This study proposes the implementation of Extreme Gradient Boosting (XGBoost) to forecast hourly electricity consumption using historical SEM data collected between April and June 2025. The modeling workflow involved data preprocessing, feature engineering, feature selection based on correlation thresholds, and hyperparameter optimization using Optuna with Bayesian search. The final model achieved high accuracy with an MAE of 0.0115, RMSE of 0.0150, and R^2 of 0.9803 using five-fold TimeSeriesSplit cross-validation. A one-week forecasting experiment demonstrated the model's robustness but also revealed sensitivity to non-recurring external events such as national holidays. These results highlight the potential of XGBoost as a powerful tool for residential electricity planning and emphasize the importance of incorporating external contextual factors in future enhancements.

Keywords: XGBoost, Forecasting, Smart Energy Meter, Time Series, IoT

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Struktur Organisasi Skripsi	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 <i>Smart Energy Meter</i>	8
2.1.1 Karakteristik Sumber Listrik	8
2.1.2 Miniature circuit breaker (MCB)	10
2.1.3 Tarif Dasar Listrik (TDL).....	11
2.2 <i>Model Forecasting</i>	13
2.2.1 <i>Machine Learning</i>	13

2.2.2	<i>Times Series Forecasting</i>	20
2.2.3	Gradient Boosting.....	21
2.2.4	Extreme Gradient Boosting (XGBoost)	22
2.3	<i>Internet of Things</i>	24
2.3.1	Pengertian <i>Internet of Things</i>	24
2.3.2	Arsitektur IoT	24
2.4	Intensitas Konsumsi Energi (IKE).....	26
2.5	<i>Hardware</i>	27
2.5.1	PZEM-004T.....	27
2.5.2	<i>Real Time Clock</i> (RTC).....	29
2.5.3	ESP32	29
2.5.4	Hi-Link HLK-5M05	30
2.5.5	<i>Liquid Crystal Display</i>	30
2.6	<i>Software</i>	31
2.6.1	Arduino IDE	31
2.6.2	Firebase	31
2.6.3	Python.....	32
2.7	Penelitian yang Relevan	33
BAB III METODE PENELITIAN		35
3.1	Jenis Penelitian	35
3.2	Alur Penelitian.....	35
3.3	Deskripsi Umum Penelitian.....	37
3.4	Perancangan Sistem.....	38
3.4.1	Arsitektur Sistem Keseluruhan.....	38
3.4.2	Perancangan <i>Hardware</i>	40

3.4.3	Perancangan <i>Software</i>	44
3.4.4	Perancangan Sistem Peramalan.....	49
3.5	Integrasi Sistem Keseluruhan	55
3.6	Metode Pengujian <i>Prototype Smart Energy Meter</i>	56
3.6.1	Pengujian Fungsionalitas Sistem.....	57
3.6.2	Pengujian Pencatatan Data Energi dari <i>Smart Energy Meter</i>	57
3.6.3	Pengujian Hasil <i>Forecasting Model</i>	58
3.7	Metode Penentuan Penggunaan Listrik yang Efisien.....	58
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN		59
4.1	Implementasi Sistem	59
4.1.1	<i>Hardware</i>	59
4.1.2	<i>Software</i>	61
4.1.3	Model XGBoost	64
4.2	Hasil Pengujian Sistem <i>Smart Energy Meter</i>	77
4.2.1	Hasil Pengujian Fungsionalitas	77
4.2.2	Hasil Pencatatan Data Smart Energy Meter	78
4.2.3	Hasil Pengujian <i>Forecasting Model</i>	82
4.3	Data Perhitungan Efisiensi	85
4.4	Analisis Keseluruhan.....	87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		90
5.1	Kesimpulan.....	90
5.2	Saran.....	91
DAFTAR PUSTAKA.....		93
LAMPIRAN		98
Lampiran 1. Surat Keputusan Pembimbing.....		98

Lampiran 2. Kartu Bimbingan Pembimbing 1	100
Lampiran 3. Kartu Bimbingan Pembimbing 2	101
Lampiran 4. Dokumentasi Pemasangan Alat	102
Lampiran 5. Kode Pelatihan Model.....	103
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	104

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Golongan Tarif Listrik Rumah Tangga	12
Tabel 2. 2 Metrik Evaluasi	18
Tabel 2. 3 Standarisasi IKE Pada Bangunan Gedung [48].....	26
Tabel 2. 4 Kriteria Nilai IKE [48].	27
Tabel 2. 5 Pin out PZEM-004T	28
Tabel 2. 6 Penelitian relevan	33
Tabel 3. 1 Interkoneksi Pin.....	43
Tabel 3. 2 Rentang pencarian <i>hyperparameter</i>	53
Tabel 3. 3 Metode Pengujian Fungsionalitas <i>Smart Energy Meter</i>	57
Tabel 4. 1 Data historis konsumsi energi listrik per-jam.....	64
Tabel 4. 2 Pengecekan <i>missing value</i>	64
Tabel 4. 3 Deskripsi statistik	65
Tabel 4. 4 Fitur-fitur Hasil Ekstraksi.....	68
Tabel 4. 5 Hasil Evaluasi Model dengan Fitur Temporal	71
Tabel 4. 6 Hasil Evaluasi Model dengan Semua Fitur	72
Tabel 4. 7 Hasil Evaluasi Model dengan Fitur Pilihan.....	73
Tabel 4. 8 Parameter Hasil <i>Hyperparameter Tuning</i> dengan Optuna	74
Tabel 4. 9 Hasil Evaluasi Model dengan <i>Hyperparameter</i>	75
Tabel 4. 10 Hasil Evaluasi Model Final	76
Tabel 4. 11 Sampel Hasil <i>Forecasting</i> Data Latih	76
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Fungsionalitas <i>Smart Energy Meter</i>	77
Tabel 4. 13 Kategori IKE dalam Satuan Waktu Minggu	86
Tabel 4. 14 Perbandingan Nilai IKE Aktual dan <i>Forecast</i>	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Miniature Circuit Breaker</i>	10
Gambar 2. 2 Tiga Proses Utama Pembuatan Model ML [31]	14
Gambar 2. 3 Arsitektur <i>internet of things</i>	24
Gambar 2. 4 <i>Smart Energy Meter layer</i>	25
Gambar 2. 5 Sensor PZEM-004T	28
Gambar 2. 6 <i>Pin Out</i> Sensor PZEM-004T	28
Gambar 2. 7 ESP32	29
Gambar 2. 8 Hi-Link HLK-5M05	30
Gambar 2. 9 <i>Splash screen</i> Arduino IDE	31
Gambar 3. 1 Desain Penelitian	35
Gambar 3. 2 Alur Penelitian	36
Gambar 3. 3 Arsitektur Sistem	39
Gambar 3. 4 <i>Flowchart</i> Perancangan <i>Hardware</i>	40
Gambar 3. 5 <i>Flowchart Hardware System</i>	40
Gambar 3. 6 <i>Schematic diagram</i>	41
Gambar 3. 7 <i>Wiring diagram</i>	42
Gambar 3. 8 Desain PCB	43
Gambar 3. 9 Desain Box 3D	44
Gambar 3. 10 <i>Software Development Life Cycle</i>	45
Gambar 3. 11 <i>Use Case Diagram Dashboard</i>	46
Gambar 3. 12 <i>Dashboard Design</i>	47
Gambar 3. 13 Alur Kerja <i>Backend</i>	48
Gambar 3. 14 Alur Pembuatan Model	50
Gambar 3. 15 <i>Flowchart Smart Energy Meter</i>	55
Gambar 4. 1 Hasil cetak PCB	59
Gambar 4. 2 Komponen pada PCB	60
Gambar 4. 3 Box 3D SEM	60
Gambar 4. 4 Tampilan <i>dashboard current status</i>	62
Gambar 4. 5 Tampilan <i>dashboard weekly report</i>	62
Gambar 4. 6 Notifikasi Telegram	63

Gambar 4. 7 Distribusi data konsumsi listrik	65
Gambar 4. 8 Boxplot pendeteksi outlier	66
Gambar 4. 9 Tren Pengguna Listrik Harian	66
Gambar 4. 10 Korelasi Fitur Terhadap Target	69
Gambar 4. 11 Fitur dengan Korelasi Signifikan ($> 0.35 $)	70
Gambar 4. 12 Hasil Pelatihan Model dengan Fitur Temporal.....	71
Gambar 4. 13 Hasil Pelatihan Model dengan Semua Fitur	72
Gambar 4. 14 Hasil Pelatihan Model dengan Fitur Pilihan.....	73
Gambar 4. 15 Hasil Pelatihan Model dengan <i>Hyperparameter</i>	75
Gambar 4. 16 Hasil Pembacaan SEM dan Data yang Tercatat	79
Gambar 4. 17 Data kWh Setiap Jam 26 April – 1 Juni 2025	79
Gambar 4. 18 Rata-rata Konsumsi Energi per Hari	80
Gambar 4. 19 Rata-rata Konsumsi Energi per Jam	81
Gambar 4. 20 Perbandingan Konsumsi Aktual dan <i>Forecast</i> Minggu 1	82
Gambar 4. 21 Perbandingan Konsumsi Aktual dan <i>Forecast</i> Minggu 2	83
Gambar 4. 22 Perbandingan Konsumsi Aktual dan <i>Forecast</i> Minggu 3	84
Gambar 4. 23 Perbandingan Konsumsi Aktual dan <i>Forecast</i> Minggu 4	84
Gambar 4. 24 Perbandingan Konsumsi Aktual dan <i>Forecast</i> Minggu 5	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keputusan Pembimbing.....	98
Lampiran 2. Kartu Bimbingan Pembimbing 1.....	100
Lampiran 3. Kartu Bimbingan Pembimbing 2.....	101
Lampiran 4. Dokumentasi Pemasangan Alat	102
Lampiran 5. Kode Pelatihan Model.....	103

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementrian ESDM, “Hingga 2030, Permintaan Energi Dunia Meningkat 45 %,” Hingga 2030, Permintaan Energi Dunia Meningkat 45 %. Diakses: 5 Januari 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/hingga-2030-permintaan-energi-dunia-meningkat-45->
- [2] R. K. Kamila, N. P. D. A. Martini, dan L. Krisnawati, “SISTEM PEMANTAUAN DAN KENDALI KONSUMSI LISTRIK RUMAH TANGGA DENGAN LOGIKA FUZZY BERBASIS INTERNET OF THINGS,” *Transm. J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 26, no. 4, hlm. 214–223, Okt 2024, doi: 10.14710/transmisi.26.4.214-223.
- [3] RUPTL PLN, “Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL).” Diakses: 30 April 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://web.pln.co.id/stakeholder/ruptl>
- [4] Peraturan Menteri ESDM No. 7, “Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 7 Tahun 2024 tentang Tarif Tenaga Listrik Yang Disediakan Oleh PT Perusahaan Listrik Negara (Persero),” Database Peraturan | JDIH BPK. Diakses: 5 Januari 2025. [Daring]. Tersedia pada: <http://peraturan.bpk.go.id/Details/294347/permen-esdm-no-7-tahun-2024>
- [5] O. Saidani Neffati *dkk.*, “Migrating from traditional grid to smart grid in smart cities promoted in developing country,” *Sustain. Energy Technol. Assess.*, vol. 45, hlm. 101125, Jun 2021, doi: 10.1016/j.seta.2021.101125.
- [6] Y. A. Lubis, “PENERAPAN SISTEM IOT BERBASIS MACHINE LEARNING UNTUK OPTIMALISASI JARINGAN ENERGI CERDAS (SMART GRID) DI PERKOTAAN,” *Kohesi J. Sains Dan Teknol.*, vol. 6, no. 8, Art. no. 8, Jan 2025, doi: 10.3785/kohesi.v6i8.10236.
- [7] Q. A. Ristiana, “DESAIN DAN ANALISIS KINERJA SMART ENERGY METER BERBASIS ANDROID,” *J. Elektro Dan Telekomun. Terap. E-J.*, vol. 11, no. 1, hlm. 1–8, Mar 2024, doi: 10.25124/jett.v11i1.6836.
- [8] Li, “Effective energy utilization through economic development for sustainable management in smart cities,” *Energy Rep.*, vol. 8, hlm. 4975–4987, Nov 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2022.02.303.
- [9] A. Prastika, “Hubungan Antara Tingkat Konsumsi Energi Listrik dengan Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia,” *J. Ilmu Ekon. JIE*, vol. 7, no. 01, Art. no. 01, Mar 2023, doi: 10.22219/jie.v7i01.25042.
- [10] R. J. Hyndman dan G. Athanasopoulos, *Forecasting: Principles and Practice*, vol. 3. Australia: OTexts: Melbourne, 2021. Diakses: 17 Januari 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://otexts.com/fpp3/index.html>
- [11] J. Huang, M. Algahtani, dan S. Kaewunruen, “Energy Forecasting in a Public Building: A Benchmarking Analysis on Long Short-Term Memory (LSTM), Support Vector Regression (SVR), and Extreme Gradient Boosting (XGBoost) Networks,” 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/app12199788>.
- [12] M. Matos, J. Almeida, P. Gonçalves, F. Baldo, F. J. Braz, dan P. C. Bartolomeu, “A Machine Learning-Based Electricity Consumption Forecast and Management System for Renewable Energy Communities,” *Energies*, vol. 17, no. 3, Art. no. 3, Jan 2024, doi: 10.3390/en17030630.

- [13] A. Bassi, A. Shenoy, A. Sharma, H. Sigurdson, C. Glossop, dan J. H. Chan, "Building Energy Consumption Forecasting: A Comparison of Gradient Boosting Models," dalam *Proceedings of the 12th International Conference on Advances in Information Technology*, dalam IAIT '21. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, Jul 2021, hlm. 1–9. doi: 10.1145/3468784.3470656.
- [14] E. Kurniawan, D. S. Pangaudi, dan E. N. Widjatmoko, "Perancangan Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Berbasis Android," *CYCLOTRON*, vol. 5, no. 1, Art. no. 1, Jan 2022, doi: 10.30651/cl.v5i1.8772.
- [15] M. F. Pela dan R. Pramudita, "SISTEM MONITORING PENGGUNAAN DAYA LISTRIK BERBASIS INTERNET OF THINGS PADA RUMAH DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI BLYNK," *Infotech J. Technol. Inf.*, vol. 7, no. 1, Art. no. 1, Jun 2021, doi: 10.37365/jti.v7i1.106.
- [16] K. T, C. R. S, J. D. N. J, dan C. K, "Design of IoT based smart compact energy meter for monitoring and controlling the usage of energy and power quality issues with demand side management for a commercial building," *Sustain. Energy Grids Netw.*, vol. 26, hlm. 100454, Jun 2021, doi: 10.1016/j.segan.2021.100454.
- [17] L. Semmelmann, S. Henni, dan C. Weinhardt, "Load forecasting for energy communities: a novel LSTM-XGBoost hybrid model based on smart meter data | Energy Informatics," dalam *Proceedings of the 11th DACH+ Conference on Energy Informatics*, 2022. doi: <https://doi.org/10.1186/s42162-022-00212-9>.
- [18] Sriwahyuningsih Piu, A. Arifin, dan M. Rizal, "Optimasi Penggunaan Energi Listrik Bagi Pelanggan Rumah Tangga Berbasis Machine Learning dan Internet of Things: Optimization of Electric Energy Usage for Household Customers Based on Machine Learning and Internet of Things," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 5, no. 1, Art. no. 1, 2025, doi: 10.57152/malcom.v5i1.1694.
- [19] M. U. Saleem dkk., "Integrating Smart Energy Management System with Internet of Things and Cloud Computing for Efficient Demand Side Management in Smart Grids," *Energies*, vol. 16, no. 12, Art. no. 12, Jan 2023, doi: 10.3390/en16124835.
- [20] D. E. Putra, E. Rosman, H. Amnur, K. F. G, M. Hasanah, dan R. I. Salam, *Konsep Dasar Internet Of Things (IoT) dengan Mikrokontroler Esp32*. Pustaka Galeri Mandiri, 2025.
- [21] G. W. Jaya dan S. V. Aponno, "KAJIAN TEORI ARUS LISTRIK DAN DAYA LISTRIK PADA RANGKAIAN RESISTOR SERI DAN PARALEL BERDASARKAN JUMLAH RESISTOR YANG DIGUNAKAN," *ORBITA J. Pendidik. Dan Ilmu Fis.*, vol. 9, no. 1, hlm. 87–93, Mei 2023, doi: 10.31764/orbita.v9i1.13739.
- [22] B. Balisranislam, P. Harahap, dan S. Lubis, "Perancangan Alat Inverter Energi Listrik Menggunakan Simulink Matlab," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur Dan Energi*, vol. 4, no. 2, Art. no. 2, Sep 2021, doi: 10.30596/rmme.v4i2.8069.

- [23] W. Sunanda, S. Bahri, dan M. Jumnahdi, “Rancang Bangun Alat Pemantau Arus, Tegangan dan Daya Berbasis Blynk (Studi di Gedung Dharma Penelitian Universitas Bangka Belitung),” *Electrician*, vol. 16, no. 3, hlm. 264–270, Sep 2022, doi: 10.23960/elc.v16n3.2274.
- [24] S. M. Said, I. C. Gunadin, dan Fatimah Az-zahra, “Studi Kestabilan Frekuensi Sistem Kelistrikan pada Pabrik PT. Semen Tonasa Setelah On-Grid Dengan PLN | JURNAL EKSITASI DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO,” vol. 2, 2023, Diakses: 30 April 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.unhas.ac.id/index.php/eksitasi/article/view/32487>
- [25] Peraturan Mentri ESDM No. 20, “Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 20 Tahun 2020 tentang Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik (Grid Code),” Database Peraturan | JDIH BPK. Diakses: 30 April 2025. [Daring]. Tersedia pada: <http://peraturan.bpk.go.id/Details/175314/permen-esdm-no-20-tahun-2020>
- [26] F. Azhari, D. Lesmana, dan Z. Lubis, “Analisis Perbandingan Sistem Kerja Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) dan Miniature Circuit Breaker (MCB) Sebagai Sistem Proteksi Tegangan Sentuh Tidak Langsung,” *Power Elektron. J. Orang Elektro*, vol. 13, no. 3, Art. no. 3, Okt 2024, doi: 10.30591/polektro.v13i3.7210.
- [27] I. Chairunnisa dan W. Wildian, “Rancang Bangun Alat Pemantau Biaya Pemakaian Energi Listrik Menggunakan Sensor PZEM-004T dan Aplikasi Blynk,” *ResearchGate*, Feb 2025, doi: 10.25077/jfu.11.2.249-255.2022.
- [28] Tarif Adjustment 2025 - PT PLN, “Tarif Adjustment.” Diakses: 20 April 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://web.pln.co.id/statics/uploads/2025/01/tarif-listrik-2025.jpeg>
- [29] C. Yusnidar, Z. Zulkifli, dan Y. Saputra, “ANALISIS PERBEDAAN LAYANAN LISTRIK PRABAYAR DAN PASCABAYAR TERHADAP KEPUASAN MASYARAKAT DALAM MENGGUNAKAN JASA PT. PLN (PERSERO) (Studi Kasus Pada Masyarakat Kecamatan Pidie Kabupaten Pidie),” *J. Sains Ris.*, vol. 12, no. 2, Art. no. 2, Agu 2022, doi: 10.47647/jsr.v12i2.691.
- [30] R. Rismaya, Dwi Yuniarto, dan D. Setiadi, “Penerapan Algoritma Machine Learning dalam Prediksi Prestasi Akademik Mahasiswa | Router : Jurnal Teknik Informatika dan Terapan,” *Router J. Tek. Inform. Dan Terap.*, vol. 30, doi: <https://doi.org/10.62951/router.v3i1.389>.
- [31] L. Venica, Nurhikam, M. Ayyas, dan M. R. Wahid, *MENJELAJAHI DUNIA MACHINE LEARNING:(Membangun Model Canggih dengan Python dan Layanan Cloud)*. 2024. Diakses: 22 April 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://penamuda.com/product/menjELAJAHI-dunia-machine-learning/>
- [32] G. T. Solution, “Data Collection in Machine Learning: The Backbone of AI Success,” Medium. Diakses: 26 Juli 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://medium.com/@aanchalgt5.ai/data-collection-in-machine-learning-the-backbone-of-ai-success-96da030f4c35>
- [33] J. Brownlee, *Machine Learning Mastery With Python: Understand Your Data, Create Accurate Models, and Work Projects End-to-End*. Machine Learning Mastery, 2016.

- [34] “Scikit-Learn TimeSeriesSplit Data Splitting | SKLearner.” Diakses: 27 Juli 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://sklearn.com/scikit-learn-timeseriessplit/>
- [35] A. Vamsikrishna dan E. V. Gijo, “New Techniques to Perform Cross-Validation for Time Series Models,” *Oper. Res. Forum*, vol. 5, no. 2, hlm. 51, Jun 2024, doi: 10.1007/s43069-024-00334-8.
- [36] V. P. Plevris, G. S. Solorzano, N. B. Bakas, dan M. E. A. B. S. Seghier, “Investigation of performance metrics in regression analysis and machine learning-based prediction models”, Diakses: 27 Juli 2025. [Daring]. Tersedia pada: https://www.scipedia.com/public/Plevris_et_al_2022a
- [37] K. Wall, “Negative R2: Where Did You Go Wrong?,” Towards Data Science. Diakses: 27 Juli 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://towardsdatascience.com/negative-r2-where-did-you-go-wrong-9d4f2aa84cfb/>
- [38] J. Wu, X.-Y. Chen, H. Zhang, L.-D. Xiong, H. Lei, dan S.-H. Deng, “Hyperparameter Optimization for Machine Learning Models Based on Bayesian Optimizationb,” *J. Electron. Sci. Technol.*, vol. 17, no. 1, hlm. 26–40, Mar 2019, doi: 10.11989/JEST.1674-862X.80904120.
- [39] P. Srinivas dan R. Katarya, “hyOPTXg: OPTUNA hyper-parameter optimization framework for predicting cardiovascular disease using XGBoost,” *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 73, hlm. 103456, Mar 2022, doi: 10.1016/j.bspc.2021.103456.
- [40] A. Tikaningsih, P. Lestari, A. Nurhopipah, I. Tahyudin, E. Winarto, dan N. Hassa, “Optuna Based Hyperparameter Tuning for Improving the Performance Prediction Mortality and Hospital Length of Stay for Stroke Patients,” *Telematika*, vol. 17, no. 1, Art. no. 1, Feb 2024, doi: 10.35671/telematika.v17i1.2816.
- [41] J. Brownlee, *Introduction to Time Series Forecasting With Python: How to Prepare Data and Develop Models to Predict the Future*. Machine Learning Mastery, 2017.
- [42] J. Brownlee, *XGBoost With Python: Gradient Boosted Trees with XGBoost and scikit-learn*. Machine Learning Mastery, 2016.
- [43] Y. Li, Y. Peng, D. Zhang, Y. Mai, dan Z. Ruan, “XGBoost energy consumption prediction based on multi-system data HVAC,” 20 Mei 2021, *arXiv*: arXiv:2105.09945. doi: 10.48550/arXiv.2105.09945.
- [44] “XGBoost,” GeeksforGeeks. Diakses: 25 Juli 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/xgboost/>
- [45] R. A. Radouan Ait Mouha, “Internet of Things (IoT),” *J. Data Anal. Inf. Process.*, vol. 09, no. 02, hlm. 77–101, 2021, doi: 10.4236/jdaip.2021.92006.
- [46] M. K. Pratt, “Top 12 Most Commonly Used IoT Protocols and Standards,” Search IoT. Diakses: 13 April 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.techtarget.com/iotagenda/tip/Top-12-most-commonly-used-IoT-protocols-and-standards>
- [47] A. D. Yulianto dan A. A. Nugroho, “ANALISA KONSUMSI ENERGI LISTRIK UNTUK PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK DI GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG,” 2019.

- [48] Loewen, J. M, M. D. Levine, dan J. F. Busch, “ASEAN-USAID Buildings Energy Conservation Project FINAL REPORT Volume III: Audits | Energy Analysis & Enviromental Impact Division,” 1992. Diakses: 19 Juni 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://energyanalysis.lbl.gov/publications/asean-usaid-buildings-energy-1>
- [49] A. Wiesesha dan A. Ridhoi, “RANCANG BANGUN MONITORING LISTRIK PADA RUMAH BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32,” *TEKNIKA*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Jul 2023.
- [50] P. Rahardjo, “SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS MENGGUNAKAN RTC (REAL TIME CLOCK) BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA 2560 PADA TANAMAN MANGGA HARUM MANIS BULELENG BALI,” *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 1, hlm. 143–147, Mar 2021, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2021.v08.i01.p16.
- [51] HELENCO HLK-5M05, “HELENCO HLK-5M05: Compact and Efficient AC-DC Power Solution,” UCC INDU GmbH. Diakses: 21 April 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.uccindu.com/news/uccnewshlk5m05.html>
- [52] Kamal, Firdayanti, U. M. Tyas, A. A. Buckhari, dan Pattasang, “IMPLEMENTASI APLIKASI ARDUINO IDE PADA MATA KULIAH SISTEM DIGITAL,” *Tek. J. Pendidik. Dan Teknol.*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Apr 2023, doi: 10.59638/teknos.v1i1.40.
- [53] R. Leonardo, I. Arwani, dan D. E. Ratnawati, “Pemanfaatan Teknologi Firebase dalam Pengembangan Aplikasi Pengelolaan Stok Barang Berbasis Mobile pada Rumah Makan Nakamse Malang,” *J. Sist. Inf. Teknol. Inf. Dan Edukasi Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, Agu 2020, doi: 10.25126/justsi.v1i1.1.
- [54] H. L. Walingkas dan P. O. N. Saian, “(PDF) Penerapan Framework Flask pada Pembangunan Sistem Informasi Pemasok Barang,” *J. JTIK J. Teknol. Inf. Dan Komun.*, vol. 7, Okt 2024, doi: 10.35870/jtik.v7i2.729.
- [55] M. Waruwu, “Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan,” *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 9, no. 2, hlm. 1220–1230, Mei 2024, doi: 10.29303/jipp.v9i2.2141.