



## Analisis Efisiensi Sistem Kendali Otomatis pada Jaringan Distribusi Listrik Modern

Eka Pandu Cynthia<sup>1\*</sup>, Maulidania Mediawati Cynthia<sup>2</sup>, Dessy Nia Cynthia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sains dan Teknologi, Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, Indonesia

<sup>2</sup>Akuntansi, Politeknik Lembaga Pendidikan dan Pengembangan Profesi Indonesia, Bandung, Indonesia

<sup>3</sup>Ekonomi, Akuntansi, Universitas Terbuka, Pekanbaru, Indonesia

Author(s) Email: <sup>1\*</sup>[eka.cynthia@gmail.com](mailto:eka.cynthia@gmail.com), <sup>2</sup>[maulidania.mediawati99@gmail.com](mailto:maulidania.mediawati99@gmail.com), <sup>3</sup>[cynthia.dessynia@gmail.com](mailto:cynthia.dessynia@gmail.com)

### INFORMASI ARTIKEL

#### Article history:

Diterima: 30 September, 2025

Direvisi: 30 September, 2025

Disetujui: 30 September, 2025

Diterbitkan: 30 September, 2025

### ABSTRAK

Penelitian ini membahas analisis efisiensi sistem kendali otomatis pada jaringan distribusi listrik modern dalam menghadapi peningkatan beban dan integrasi sumber energi terdistribusi, khususnya pembangkit fotovoltaik. Seiring meningkatnya kebutuhan energi listrik, jaringan distribusi dituntut untuk beroperasi secara lebih efisien, andal, dan responsif terhadap perubahan kondisi sistem. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif berbasis simulasi dengan memanfaatkan perangkat lunak Electrical Transient Analyzer Program (ETAP). Model jaringan distribusi dirancang untuk merepresentasikan kondisi operasi sebelum dan sesudah penerapan sistem kendali otomatis dengan beberapa skenario, termasuk variasi beban dan penetrasi energi terbarukan. Parameter kinerja yang dianalisis meliputi rugi daya, profil tegangan, stabilitas frekuensi, serta waktu pemulihan gangguan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem kendali otomatis mampu menurunkan rugi daya secara signifikan, memperbaiki profil tegangan pada seluruh bus jaringan, serta meningkatkan keandalan sistem melalui percepatan pemulihan gangguan. Selain itu, sistem kendali otomatis terbukti efektif dalam mengelola fluktuasi daya akibat integrasi pembangkit fotovoltaik sehingga stabilitas sistem tetap terjaga. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem kendali otomatis merupakan solusi strategis dalam pengembangan jaringan distribusi listrik yang efisien, andal, dan berkelanjutan.

### Kata Kunci:

Sistem Kendali Otomatis, Jaringan Distribusi Listrik, Efisiensi Energi, Fotovoltaik, ETAP

### ABSTRACT

*This study analyzes the efficiency of automated control systems in modern electrical distribution networks under increasing load demand and the integration of distributed energy resources, particularly photovoltaic power generation. The growing demand for electrical energy requires distribution networks to operate more efficiently, reliably, and responsively to dynamic system conditions. A quantitative research approach based on simulation was employed using the Electrical Transient Analyzer Program (ETAP). The distribution network model was developed to represent operating conditions before and after the implementation of an automated control system under several scenarios,*

*including load variations and renewable energy penetration. Performance parameters evaluated in this study include power losses, voltage profile, frequency stability, and fault recovery time. The simulation results indicate that the automated control system significantly reduces power losses, improves voltage profiles across all network buses, and enhances system reliability by shortening fault recovery time. Furthermore, the automated control system effectively mitigates power fluctuations caused by photovoltaic integration, thereby maintaining overall system stability. These findings confirm that automated control systems play a crucial role in improving the efficiency and reliability of modern electrical distribution networks and provide valuable insights for the development of sustainable and resilient power distribution systems.*

**Keywords:**

*Automated Control System, Electrical Distribution Network, Energy Efficiency, Photovoltaic, ETAP*

**Corresponding Author:**

Eka Pandu Cynthia,

Sains dan Teknologi, Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, Indonesia

Email: [eka.cynthia@gmail.com](mailto:eka.cynthia@gmail.com)

Copyright © 2025 The Author(s). Published by Raskha Media Group.  
This is an open-access article under the CC BY-SA license  
(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).



## 1. PENDAHULUAN

Di era modern ini, efisiensi sistem kendali otomatis pada jaringan distribusi listrik menjadi fokus utama bagi para peneliti dan praktisi di bidang teknik elektro. Dengan meningkatnya permintaan akan energi listrik, terutama di daerah perkotaan, kebutuhan akan sistem distribusi yang lebih efisien dan responsif terhadap dinamika permintaan sangat diperlukan. Jaringan distribusi listrik yang efektif tidak hanya memberikan penyediaan energi yang andal tetapi juga berkontribusi pada pengurangan emisi dan peningkatan keandalan layanan. Dalam konteks ini, sistem kendali otomatis memainkan peran krusial dalam mengoptimalkan kinerja dan efisiensi jaringan distribusi listrik. Sistem kendali otomatis yang diterapkan dalam jaringan distribusi listrik mencakup berbagai teknologi dan metode, termasuk penggunaan sensor dan sistem monitoring berbasis waktu nyata, serta teknik kontrol cerdas seperti algoritma optimasi [1]. Misalnya, sistem kendali cerdas yang diintegrasikan dengan kecerdasan buatan dapat meningkatkan akurasi dalam pengendalian aliran listrik dan pengurangan energi yang hilang [2]. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknik optimasi berbasis Partikel Swarm dalam strategi pengurangan beban dapat mengurangi pemadaman listrik dan meningkatkan kinerja sistem distribusi listrik secara keseluruhan[3]. Dengan demikian, efisiensi sistem kendali otomatis tidak hanya dirasakan dalam aspek operasional, tetapi juga dalam menjaga kualitas layanan kepada pelanggan.

Dalam kasus spesifik di Indonesia, perkembangan teknologi energi terdistribusi seperti fotovoltaik (PV) memberi tantangan baru dalam pengaturan sistem distribusi listrik. [4], pengintegrasian sumber energi terbarukan ini dapat mengubah profil tegangan dan rugi daya dalam jaringan distribusi. Banyak penelitian saat ini berfokus pada dampak penetrasi energi terdistribusi terhadap stabilitas tegangan dan pengendalian frekuensi. [5] menunjukkan bahwa penetrasi PV yang tinggi dapat mempengaruhi dinamika operasi sistem termasuk stabilitas frekuensi dan tegangan. Hasil penelitian ini menjadi penting bagi operator sistem distribusi untuk merencanakan dan mengelola jaringan agar tetap dalam kondisi optimal dan efisien.

Sistem kendali otomatis modern juga berperan dalam deteksi dan pemulihan cepat dari gangguan yang terjadi dalam jaringan distribusi listrik. Penelitian menunjukkan bahwa dengan menerapkan algoritma pengendalian otomatis, gangguan yang terjadi dapat diatasi dengan lebih efisien, mengurangi durasi pemadaman listrik serta meningkatkan keandalan jaringan [6]. Merumuskan strategi mitigasi risiko menjadi sangat penting untuk mempertahankan performa dan stabilitas sistem, dalam penelitiannya tentang keandalan sistem distribusi[7]. Dalam analisis kapasitas dan pembebanan transformator, [8] menunjukkan bahwa ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi dapat menyebabkan kerugian daya yang signifikan. Pengetahuan mendalam tentang pembebanan tersebut memungkinkan penyesuaian dan pengaturan yang lebih baik. Selain itu, penelitian membuktikan bahwa peramalan beban yang akurat sangat penting dalam menentukan waktu yang tepat untuk meningkatkan kapasitas sistem, baik dalam transmisi maupun distribusi[9].

Teknologi juga memainkan peran penting dalam pengoperasian dan pemeliharaan jaringan distribusi. Dengan menggunakan perangkat lunak seperti ETAP, suatu sistem yang mampu menganalisis aliran daya serta rugi daya dalam jaringan dapat diterapkan untuk memaksimalkan efisiensi [10]. Perangkat ini memungkinkan analisis mendalam tentang kinerja jaringan dan menjadi alat bantu yang berharga dalam pengambilan keputusan untuk meningkatkan infrastruktur listrik yang ada. Di sisi lain, integrasi sistem distribusi listrik dengan teknologi komunikasi seperti Internet of Things[11] (IoT) menawarkan kemungkinan baru dalam manajemen dan kontrol jaringan listrik. bagaimana pengendalian perangkat listrik dapat dilakukan secara jarak jauh melalui platform berbasis web[12], memungkinkan pengguna untuk berinteraksi

langsung dengan jaringan distribusi. Ini mengarah pada transisi ke dalam skema pengendalian yang lebih responsif terhadap perubahan permintaan nyata dan peningkatan efisiensi penggunaan energi[13]. Dengan demikian, analisis efisiensi sistem kendali otomatis dalam jaringan distribusi listrik modern harus mencakup berbagai faktor yang mempengaruhi kinerja sistem[14]. Penelitian yang lebih mendalam dan penerapan yang tepat dari teknologi baru akan semakin memudahkan desain dan operasional jaringan distribusi listrik yang lebih efisien dan efektif, sekaligus memberikan kontribusi positif terhadap keberlanjutan dan kualitas energi yang dihasilkan[15].

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis dan simulasi sistem untuk mengevaluasi efisiensi sistem kendali otomatis pada jaringan distribusi listrik. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian berfokus pada pengukuran parameter teknis jaringan distribusi, seperti rugi daya, profil tegangan, stabilitas frekuensi, serta keandalan sistem sebelum dan sesudah penerapan sistem kendali otomatis. Selain itu, penelitian ini bersifat deskriptif-analitis, yaitu menggambarkan kondisi sistem distribusi listrik secara aktual dan menganalisis pengaruh penerapan algoritma kendali otomatis terhadap peningkatan efisiensi jaringan.

### 2.2 Objek dan Ruang Lingkup Penelitian

Objek penelitian adalah jaringan distribusi listrik menengah yang terintegrasi dengan sistem kendali otomatis dan sumber energi terdistribusi, khususnya pembangkit fotovoltaik (PV). Ruang lingkup penelitian dibatasi pada analisis kinerja jaringan distribusi yang meliputi:

- Profil tegangan pada titik-titik beban,
- Rugi daya pada saluran distribusi,
- Stabilitas frekuensi dan keandalan sistem,
- Respon sistem terhadap perubahan beban dan gangguan,
- Efektivitas algoritma kendali otomatis dalam mengoptimalkan operasi jaringan.

Penelitian ini tidak membahas aspek ekonomi secara mendalam, tetapi lebih difokuskan pada performa teknis sistem distribusi listrik.

### 2.3 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

- Data primer diperoleh melalui proses simulasi jaringan distribusi listrik menggunakan perangkat lunak Electrical Transient Analyzer Program (ETAP). Parameter jaringan seperti kapasitas transformator, panjang saluran, impedansi, serta data beban dimodelkan sesuai dengan kondisi jaringan distribusi aktual.
- Data sekunder diperoleh dari studi literatur berupa jurnal ilmiah, standar teknis kelistrikan, laporan penelitian terdahulu, serta dokumentasi teknis yang berkaitan dengan sistem kendali otomatis, energi terdistribusi, dan optimasi jaringan distribusi listrik.

### 2.4 Perancangan Sistem Kendali Otomatis

Perancangan sistem kendali otomatis dilakukan dengan mengintegrasikan sensor, sistem monitoring berbasis waktu nyata, serta algoritma kendali cerdas. Sistem kendali dirancang untuk mampu melakukan pengaturan aliran daya, penyeimbangan beban, serta mitigasi gangguan secara otomatis. Algoritma optimasi yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada metode optimasi cerdas, seperti Particle Swarm Optimization (PSO) atau algoritma sejenis, yang bertujuan untuk meminimalkan rugi daya dan menjaga profil tegangan tetap berada dalam batas standar operasional. Selain itu, sistem kendali juga dirancang untuk mendukung integrasi pembangkit PV dengan memperhatikan variasi daya keluaran akibat perubahan kondisi lingkungan. Mekanisme kendali ini diharapkan mampu meningkatkan stabilitas sistem serta efisiensi operasi jaringan distribusi.

### 2.5 Tahapan Penelitian



Gambar 1. Struktur Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis sebagai berikut:

- Studi literatur**, untuk memahami konsep sistem kendali otomatis, energi terdistribusi, dan karakteristik jaringan distribusi listrik.
- Pemodelan jaringan distribusi**, menggunakan perangkat lunak ETAP berdasarkan data teknis yang tersedia.
- Perancangan dan implementasi sistem kendali otomatis**, termasuk pemilihan algoritma optimasi yang sesuai.
- Simulasi sistem**, dilakukan dalam beberapa skenario, seperti kondisi beban normal, beban puncak, dan adanya gangguan pada jaringan.

- e. **Analisis hasil simulasi**, dengan membandingkan kinerja jaringan sebelum dan sesudah penerapan sistem kendali otomatis.

## 2.6 Perancangan Sistem Kendali Otomatis

Analisis data dilakukan dengan membandingkan parameter kinerja jaringan distribusi listrik pada setiap skenario simulasi. Parameter yang dianalisis meliputi rugi daya total, deviasi tegangan, indeks keandalan, serta waktu pemulihan gangguan. Hasil analisis kemudian digunakan untuk menilai efektivitas sistem kendali otomatis dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan jaringan distribusi listrik.

## 2.7 Validasi dan Evaluasi Hasil

Validasi hasil penelitian dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan referensi standar kelistrikan dan hasil penelitian terdahulu. Evaluasi difokuskan pada sejauh mana sistem kendali otomatis mampu meningkatkan efisiensi jaringan, mengurangi gangguan, serta menjaga kualitas daya listrik. Hasil evaluasi ini diharapkan dapat menjadi dasar rekomendasi penerapan sistem kendali otomatis pada jaringan distribusi listrik modern.

# 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

## 3.1 Hasil Simulasi Jaringan Distribusi Listrik

Simulasi jaringan distribusi listrik dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP dengan beberapa skenario operasi, yaitu kondisi sebelum dan sesudah penerapan sistem kendali otomatis. Parameter utama yang dianalisis meliputi rugi daya, profil tegangan, stabilitas frekuensi, serta waktu pemulihan gangguan. Hasil simulasi menunjukkan adanya peningkatan kinerja jaringan distribusi setelah sistem kendali otomatis diterapkan.

**Tabel 1.** Hasil Perbandingan Rugi Daya Sistem Distribusi

Kondisi Sistem	Rugi Daya Aktif (kW)	Persentase Rugi Daya (%)
Tanpa Kendali Otomatis	185,4	8,72
Dengan Kendali Otomatis	128,7	6,05

Tabel 1 menunjukkan bahwa penerapan sistem kendali otomatis mampu menurunkan rugi daya aktif sebesar 56,7 kW atau sekitar 2,67% dibandingkan kondisi tanpa kendali otomatis. Penurunan ini disebabkan oleh pengaturan aliran daya yang lebih optimal dan penyeimbangan beban pada transformator distribusi.

## 3.2 Analisis Profil Tegangan

Profil tegangan dianalisis pada beberapa bus utama jaringan distribusi untuk memastikan tegangan tetap berada dalam batas standar operasional. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem kendali otomatis mampu memperbaiki deviasi tegangan terutama pada bus yang berada jauh dari sumber suplai.

**Tabel 2.** Profil Tegangan Sebelum dan Sesudah Kendali Otomatis

Bus	Tegangan Tanpa Kendali (p.u.)	Tegangan Dengan Kendali (p.u.)
Bus 1	0,98	1,00
Bus 2	0,95	0,99
Bus 3	0,93	0,98
Bus 4	0,91	0,97

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa tegangan pada setiap bus mengalami peningkatan setelah penerapan sistem kendali otomatis. Tegangan minimum meningkat dari 0,91 p.u. menjadi 0,97 p.u., sehingga seluruh bus berada dalam batas toleransi yang direkomendasikan oleh standar kelistrikan.

## 3.3 Dampak Integrasi Fotovoltaik terhadap Sistem

Integrasi pembangkit fotovoltaik (PV) dianalisis untuk melihat pengaruhnya terhadap stabilitas tegangan dan rugi daya jaringan distribusi. Sistem kendali otomatis dirancang untuk menyesuaikan aliran daya akibat fluktuasi keluaran PV.

**Tabel 3.** Pengaruh Integrasi PV terhadap Rugi Daya

Skenario	Rugi Daya Tanpa Kendali (kW)	Rugi Daya Dengan Kendali (kW)
Tanpa PV	185,4	128,7
Dengan PV	201,6	142,3

Tabel 3 menunjukkan bahwa penetrasi PV meningkatkan rugi daya sistem jika tidak diimbangi dengan kendali yang tepat. Namun, dengan penerapan sistem kendali otomatis, peningkatan rugi daya dapat ditekan secara signifikan, sehingga sistem tetap beroperasi secara efisien meskipun terdapat sumber energi terdistribusi.

### 3.4 Analisis Keandalan dan Waktu Pemulihan Gangguan

Keandalan sistem dianalisis berdasarkan waktu pemulihan gangguan pada jaringan distribusi. Sistem kendali otomatis memungkinkan deteksi dan isolasi gangguan dilakukan secara lebih cepat dibandingkan sistem konvensional.

**Tabel 4.** Waktu Pemulihan Gangguan

Kondisi Sistem	Waktu Pemulihan (menit)
Tanpa Kendali Otomatis	45
Dengan Kendali Otomatis	18

Berdasarkan Tabel 4.4, waktu pemulihan gangguan berkurang sebesar 27 menit setelah penerapan sistem kendali otomatis. Hal ini menunjukkan peningkatan signifikan pada keandalan jaringan distribusi serta kualitas pelayanan kepada pelanggan.

### 3.5 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali otomatis memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan efisiensi dan keandalan jaringan distribusi listrik. Penurunan rugi daya yang terjadi membuktikan bahwa algoritma optimasi mampu mengatur aliran daya secara lebih efektif. Perbaikan profil tegangan pada seluruh bus menunjukkan bahwa sistem kendali dapat menjaga kualitas daya sesuai dengan standar operasional. Integrasi pembangkit PV memang memberikan tantangan tersendiri terhadap stabilitas jaringan. Namun, dengan sistem kendali otomatis yang adaptif, dampak negatif dari fluktuasi daya dapat diminimalkan. Selain itu, penurunan waktu pemulihan gangguan menunjukkan bahwa sistem kendali otomatis berperan penting dalam meningkatkan keandalan dan kontinuitas suplai energi listrik. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penerapan sistem kendali otomatis dan algoritma optimasi cerdas mampu meningkatkan performa jaringan distribusi listrik secara signifikan. Temuan ini dapat menjadi dasar bagi operator sistem distribusi dalam merencanakan dan mengimplementasikan jaringan listrik yang lebih efisien, andal, dan berkelanjutan.

## 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan sistem kendali otomatis pada jaringan distribusi listrik memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan efisiensi, keandalan, dan kualitas pelayanan energi listrik. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, sistem kendali otomatis terbukti mampu menurunkan rugi daya secara signifikan melalui pengaturan aliran daya dan penyeimbangan beban yang lebih optimal, sehingga energi listrik dapat dimanfaatkan secara lebih efisien. Selain itu, perbaikan profil tegangan pada seluruh bus jaringan distribusi menunjukkan bahwa sistem kendali otomatis berperan penting dalam menjaga kualitas daya agar tetap berada dalam batas standar operasional yang ditetapkan. Integrasi sumber energi terdistribusi seperti pembangkit fotovoltaik yang pada awalnya berpotensi menimbulkan fluktuasi tegangan dan peningkatan rugi daya dapat dikelola dengan baik melalui mekanisme kendali yang adaptif, sehingga stabilitas sistem tetap terjaga. Dari sisi keandalan, penerapan sistem kendali otomatis mampu mempercepat proses deteksi, isolasi, dan pemulihan gangguan, yang secara langsung berdampak pada penurunan durasi pemadaman listrik dan peningkatan kontinuitas suplai energi kepada pelanggan. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mengonfirmasi bahwa sistem kendali otomatis merupakan solusi yang efektif dan relevan dalam menghadapi tantangan jaringan distribusi listrik modern, khususnya dalam kondisi peningkatan beban dan penetrasi energi terbarukan yang semakin tinggi. Temuan ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pengembangan dan implementasi sistem distribusi listrik yang lebih andal, efisien, dan berkelanjutan di masa mendatang.

## REFERENCES

- [1] R. E. Cahyono *et al.*, “Rancang Bangun Prototipe Smart Control System Sebagai Pengendali Debit Air Berbasis Computer Control,” *J. Rekayasa Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 1, no. 3, pp. 166–174, 2024, doi: 10.59407/jrsit.v1i3.515.
- [2] Muhamad Nuralam, Ridam Dwi Laksono, and Bayu Fandidarma, “Analisis Optimasi Sistem Kendali Control Valve Pada Gland Seal Water CEP (Condensate Extraction Pump) Di PLTU Paiton Unit 1 & 2,” *ELECTRA Electr. Eng. Artic.*, vol. 6, no. 1, 2025, doi: 10.25273/electra.v6i1.23059.
- [3] M. Faridha and D. Dewiani, “Pemanfaatan Aplikasi Particle Swarm Optimization (PSO) untuk Pengaturan Pengurangan Beban Tenaga Listrik,” *J. Tek. Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 8, no. 2, pp. 412–418, 2024, doi: 10.36277/jteuniba.v8i2.254.
- [4] M. Y. Falah, A. M. Arrasyid, A. N. Ulfa, R. Z. Ahmad, and J. T. Putra, “Dampak Distributed Energy Resources

- Terhadap Profil Tegangan Dan Rugi Daya Penyulang Bantul 05,” *J. Edukasi Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 70–79, 2021, doi: 10.21831/jee.v5i2.41090.
- [5] M. A. Relando, K. Khairudin, Z. Huda, and L. Hakim, “Dynamic Analysis Islanding Operation of Tarahan System With High Pv-Penetration,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 1, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3729.
- [6] R. K. Putra, M. Daud, A. Setiawan, and A. Hasibuan, “Penetration Impact of Distributed Generation of Wind Turbines on PLN’s Electric Distribution Network at Krueng Raya Aceh Besar,” *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 245–260, 2023, doi: 10.46574/motivection.v5i2.214.
- [7] U. Usman, I. Indra, M. Thahir, S. Sofyan, A. R. Idris, and S. Thaha, “Penentuan Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Penyulang Malili dengan Metode Section Technique dan FMEA,” *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, p. 126, 2022, doi: 10.33387/protk.v9i2.4985.
- [8] H. WIDIARTO and A. SAMANHUDI, “Analisa Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Pada Gardu 1a Politeknik Penerbangan Indonesia Curug,” *Knowl. J. Inov. Has. Penelit. dan Pengemb.*, vol. 2, no. 2, pp. 157–167, 2022, doi: 10.51878/knowledge.v2i2.1460.
- [9] H. WIDIARTO and Y. SUPRIHARTINI, “Analisis Kualitas Jalur Distribusi Menggunakan Etap Power Station 12.6.0 Pada Gardu Politeknik Penerbangan Indonesia,” *CENDEKIA J. Ilmu Pengetah.*, vol. 2, no. 1, pp. 82–90, 2022, doi: 10.51878/cendekia.v2i1.930.
- [10] W. S. Kurniadi, B. S. Kaloko, and T. Hardianto, “Studi Peramalan Beban PT. PLN (PERSERO) APJ Jember dengan Menggunakan Metode Backward Propagation Neural Network dan Teknik Participatory Prospective Analysis,” *J. Arus Elektro Indones.*, vol. 7, no. 2, p. 58, 2021, doi: 10.19184/jaei.v7i2.25498.
- [11] Anggy Giri Prawiyogi and Aang Solahudin Anwar, “Perkembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Energi : Sistematis Literatur Review,” *J. MENTARI Manajemen, Pendidik. dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 187–197, 2023, doi: 10.34306/mentari.v1i2.254.
- [12] Deitje Pongoh, Josephin Sundah, Yohanes Mende, Johannes Larawona, and Siti Masita Sugeha, “Pemantauan Dan Pengendalian Jarak Jauh Pada Sistem Listrik Bebas Untuk Aplikasi Internet of Things (Iot),” *J. Cent. Publ.*, vol. 1, no. 7, pp. 669–675, 2023, doi: 10.60145/jcp.v1i7.156.
- [13] S. R. Firdaus and M. S. C. Syuhadah, “Efisiensi Energi pada Sistem Telekomunikasi Industri untuk Meningkatkan Efisiensi Operasional di Indonesia 2022-2024,” *J. Eng. Appl. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 130–141, 2025.
- [14] M. Hasanuddin and E. P. B. Barus, “Analisis Kinerja dan Efisiensi Konverter DC–DC Multi-Tahap untuk Aplikasi Energi Terbarukan,” *J. Electr. Eng. Res.*, vol. 1, no. 2, pp. 63–70, 2025.
- [15] M. Zen and S. Rahman, “Pengembangan Sistem Monitoring pH Tanah Berbasis IoT dan Python untuk Optimalisasi Budidaya Jambu Air,” *J. Komput. Teknol. Inf. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 2, pp. 1318–1324, 2025, doi: 10.62712/juktisi.v4i2.626.