

**SISTEM MONITORING DAN PREDIKSI *DOWNTIME* MODEM
BERBASIS ENERGI SURYA MENGGUNAKAN SNMP
(*SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL*)**



SKRIPSI

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

Oleh:

Geralda Livia Nugraha

2100179

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

LEMBAR HAK CIPTA

**SISTEM MONITORING DAN PREDIKSI *DOWNTIME* MODEM BERBASIS
ENERGI SURYA MENGGUNAKAN SNMP (*SIMPLE NETWORK
MANAGEMENT PROTOCOL*)**

Oleh,

Geralda Livia Nugraha

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

© **Geralda Livia Nugraha**
Universitas Pendidikan Indonesia
Juli 2025

Hak Cipta dilindungi Undang – Undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
Dengan dicetak ulang, di *fotocopy*, atau cara lain tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

GERALDA LIVIA NUGRAHA

NIM. 2100179

**SISTEM MONITORING DAN PREDIKSI DOWNTIME MODEM BERBASIS ENERGI
SURYA MENGGUNAKAN SNMP (*SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL*)**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Dosen Pembimbing I



Mahmudah Salwa Gianti, S. Si., M. Eng.

NIP. 920210919960408201

Dosen Pembimbing II



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

NIP. 920190219900126201

Mengetahui,

Ketua Prodi Mekatronika Dan Kecerdasan Buatan



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

NIP. 92019021 990012 6 201

ABSTRAK

SISTEM MONITORING DAN PREDIKSI *DOWNTIME* MODEM BERBASIS ENERGI SURYA MENGGUNAKAN SNMP (*SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL*)

Keterbatasan pasokan listrik di wilayah 3T Indonesia menghambat operasional infrastruktur telekomunikasi, termasuk modem berbasis energi surya. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring dan prediksi *downtime* modem berbasis PV menggunakan protokol SNMP. *Hardware* terdiri dari Arduino Nano V3, sensor DHT22, BH1750, tegangan, HSTS016L, serta Orange Pi Zero 3. Data dikirim melalui RS485 ke Orange Pi, kemudian diteruskan via SNMP ke PRTG *Network Monitor*. Prediksi *downtime* dilakukan dengan algoritma *Logistic Regression* dan *Random Forest* menggunakan data historis sensor dengan pendekatan *TimeSeriesSplit*. Pengujian model menunjukkan *Random Forest* unggul dengan *Downtime Recall* 93,24% dan AUC 98,50%, dibandingkan *Logistic Regression* dengan *Downtime Recall* 58,11% dan AUC 91,30%. Visualisasi pada PRTG memudahkan deteksi anomali, sedangkan model prediktif mampu mengidentifikasi 93,24% kasus *downtime* untuk mencegah gangguan tak terduga. Integrasi ini terbukti efektif untuk *predictive maintenance*, meminimalkan *downtime*, dan menjaga kontinuitas layanan modem di wilayah terpencil, mendukung pemerataan akses telekomunikasi berbasis energi terbarukan.

Kata kunci: SNMP, PRTG, Monitoring Jaringan, Prediksi *Downtime*, Wilayah 3T

ABSTRACT

MONITORING AND DOWNTIME PREDICTION SYSTEM FOR SOLAR-POWERED MODEMS USING SNMP (SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL)

Limited electricity supply in Indonesia's 3T regions hinders telecommunications infrastructure operations, including solar-powered modems. This research develops a PV-based modem monitoring and downtime prediction system using SNMP protocol. Hardware consists of Arduino Nano V3, DHT22, BH1750, voltage, HSTS016L sensors, and Orange Pi Zero 3. Data is transmitted via RS485 to Orange Pi, then forwarded via SNMP to PRTG Network Monitor. Downtime prediction is performed using Logistic Regression and Random Forest algorithms with historical sensor data using TimeSeriesSplit approach. Model testing shows Random Forest outperforms with Downtime Recall 93.24% and AUC 98.50%, compared to Logistic Regression with Downtime Recall 58.11% and AUC 91.30%. PRTG visualization facilitates anomaly detection, while predictive models can identify 93.24% of downtime cases to prevent unexpected disruptions. This integration proves effective for predictive maintenance, minimizing downtime, and maintaining modem service continuity in remote areas, supporting equitable access to renewable energy-based telecommunications.

Keywords: *SNMP, PRTG, Network Monitoring, Downtime Prediction, 3T Regions.*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 Struktur Organisasi Penulisan Skripsi.....	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
2.1 <i>Photovoltaic</i> (PV).....	9
2.2 Sensor Lingkungan dan Daya	11
2.2.1 Sensor Intensitas Cahaya.....	11
2.2.2 Sensor Suhu Dan Kelembaban.....	12
2.2.3 Sensor Tegangan	13
2.2.4 Sensor Arus	14
2.3 Komunikasi Data.....	15
2.3.1 Jalur Komunikasi RS485	15
2.3.2 Koneksi Ethernet.....	16
2.4 Mikrokontroler Arduino Nano V3	17

2.5	Orange Pi Zero 3 (Mini-PC)	18
2.6	Protokol <i>Simple Network Management Protocol</i> (SNMP)	20
2.7	PRTG Network Monitoring	23
2.8	Prediksi <i>Downtime</i>	24
2.9	<i>Machine Learning</i> untuk Prediksi <i>Downtime</i>	25
2.9.1	Logistic Regression	26
2.9.2	Random Forest	28
2.10	Penelitian Relevan	29
BAB III METODE PENELITIAN		34
3.1	Jenis Penelitian	34
3.2	Alur Penelitian	35
3.3	Deskripsi Umum Penelitian	37
3.4	Waktu dan Tempat Penelitian	38
3.5	Perancangan Sistem	38
3.5.1	Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	39
3.5.2	Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	43
3.5.3	Perancangan Sistem Prediksi <i>Downtime</i>	48
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		59
4.1	Implementasi Sistem	59
4.1.1	Implementasi <i>Hardware</i>	59
4.1.2	Implementasi <i>Software</i>	60
4.1.3	Implementasi Sistem Prediksi <i>Downtime</i>	63
4.2	Pengujian Sistem	70
4.2.1	Pengujian Sensor	70
4.2.2	Pengujian Model Prediksi <i>Downtime</i>	71
4.2.3	Pengujian Sistem	74
4.3	Analisis Hasil Penelitian	80
BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI		87
5.1	Kesimpulan	87
5.2	Saran	88

DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN.....	98
Lampiran 1. SK Dosen Pembimbing	98
Lampiran 2. Kartu Bimbingan	100
Lampiran 3. Tim Divisi Network Development	102
Lampiran 4. Pemeriksaan kondisi jaringan dan perangkat	102
Lampiran 5. Rapat antara divisi Research And Development (RND) dan divisi Network Development	103
Lampiran 6. Pengecekan antena.....	103
Lampiran 7. Photovoltaic (PV)	104
Lampiran 8. Jalur kelistrikan solar panel (PV)	104
Lampiran 9. Diskusi dengan Departement Network Performance	105
Lampiran 10. Presentasi Penelitian	105
Lampiran 11. Bebas Plagiarisme.....	106

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pemetaan OID yang digunakan untuk tiap parameter sensor.....	23
Tabel 2. 2 Parameter Monitoring yang Ditampilkan pada Dashboard PRTG.....	23
Tabel 2. 3 Kajian Literatur pada Penelitian Relevan.....	29
Tabel 3. 1 Konfigurasi Pin	42
Tabel 3. 2 Format Data Serial yang Dikirim	45
Tabel 3. 3 Skrip Pembacaan Data di Mini-PC	45
Tabel 3. 4 Skrip bash untuk salah satu sensor	46
Tabel 3. 5 Penggunaan Cronjob pada Mini-PC.....	46
Tabel 3. 6 Monitoring SNMP secara langsung pada terminal Mini-PC	46
Tabel 3. 7 Metrik evaluasi yang dipakai pada penelitian ini.....	55
Tabel 4. 1 Skrip untuk komunikasi serial RS485 pada program Arduino IDE.....	60
Tabel 4. 2 Skrip membaca data sensor di Mini-PC	61
Tabel 4. 3 Parameter Logistic Regression.....	54
Tabel 4. 4 Parameter Random Forest	54
Tabel 4. 5 Perbandingan hasil evaluasi kedua model.....	67
Tabel 4. 6 DHT22 Suhu	70
Tabel 4. 7 DHT22 Kelembaban	70
Tabel 4. 8 BH1750 Lux	70
Tabel 4. 9 Sensor tegangan.....	71
Tabel 4. 10 HSTS106L.....	71
Tabel 4. 11 Prototype	71
Tabel 4. 12 Pengujian dengan sampel spesifik.....	72
Tabel 4. 13 Pengujian dengan sampel spesifik.....	72
Tabel 4. 14 Data sensor custom.....	73
Tabel 4. 15 Pengujian Dengan Data Sensor Custom.....	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rasio Elektrifikasi Data Menurut Wilayah di Indonesia (Sumber: datacenter-pyc.org).....	10
Gambar 2. 2 Potensi Photovoltaic (PV) Menurut Wilayah di Indonesia (Sumber: worldbank.org)	10
Gambar 2. 3 Sensor BH1750 (Sumber: mtlab.pe).....	12
Gambar 2. 4 Sensor DHT22 (Sumber: www.datasheethub.com)	13
Gambar 2. 5 Modul Sensor Tegangan (Sumber: how2electronics-com)	14
Gambar 2. 6 Sensor Arus HSTS016L (Sumber: kamami.pl)	14
Gambar 2. 7 Modul MAX485 (Sumber: how2electronics.com).....	16
Gambar 2. 8 Modul USB to RS485 Konverter (Sumber: digiwarestore.com).....	16
Gambar 2. 9 Kabel Ethernet LAN (Sumber: id.opticalpatchcable.com).....	17
Gambar 2. 10 Mikrokontroler Arduino Nano V3 (Sumber: docs.arduino.cc)	18
Gambar 2. 11 Orange Pi Zero 3 (Sumber: www.orangepi.org)	20
Gambar 2. 12 Simple Network Management Protocol (Sumber: dosenit.com).....	22
Gambar 2. 13 Dashboard Monitoring Pada PRTG Network Monitor.....	24
Gambar 2. 14 Cara Kerja Random Forest	28
Gambar 3. 1 Desain Penelitian Menggunakan ADDIE	34
Gambar 3. 2 Alur Penelitian Dengan ADDIE	35
Gambar 3. 3 Alur kerja sistem hardware	39
Gambar 3. 4 Perancangan Schematic diagram	40
Gambar 3. 5 Perancangan Wiring diagram	41
Gambar 3. 6 Alur kerja sistem software	43
Gambar 3. 7 Alur diagram perancangan konfigurasi SNMP.....	44
Gambar 3. 8 Notifikasi pada dashboard PRTG Network Monitor	47
Gambar 3. 9 Alur metodologi sistem prediksi downtime.....	48
Gambar 3. 10 Pengumpulan Data pada PRTG	49
Gambar 4. 1 Alat monitoring lingkungan dan daya	60
Gambar 4. 2 Visualisasi data sensor di PTRG Network Monitor	62
Gambar 4. 3 Data yang sudah disatukan dan siap digunakan	63

Gambar 4. 4 Correlation Heatmap.....	64
Gambar 4. 5 Scatter plot nilai aktual dengan nilai prediksi kedua model	68
Gambar 4. 6 Grafik perbandingan aktual dengan prediksi antara kedua model.....	69
Gambar 4. 7 Dashboard Visualisasi untuk Pemantauan.....	75
Gambar 4. 8 Sensors With Status Up (notifikasi hijau)	75
Gambar 4. 9 Sensors With Status Down (notifikasi merah).....	76
Gambar 4. 10 Sensors With Status Paused (notifikasi biru)	76
Gambar 4. 11 Sensors With Status Unusual (notifikasi jingga).....	77
Gambar 4. 12 Perbandingan Downtime Aktual dan Prediksi pada Data Terbaru	78
Gambar 4. 13 Probabilitas Prediksi Downtime Selama Tiga Hari	78
Gambar 4. 14 Persentase Downtime Harian Berdasarkan Prediksi Model	79
Gambar 4. 15 Produk pada tahap pengujian (testing)	79
Gambar 4. 16 Distribusi target downtime	82
Gambar 4. 17 Downtime over time	82
Gambar 4. 18 Feature Importance Random Forest.....	84

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. SK Dosen Pembimbing.....	98
Lampiran 2. Kartu Bimbingan.....	100
Lampiran 3. Tim Divisi Network Development	102
Lampiran 4. Pemeriksaan kondisi jaringan dan perangkat.....	102
Lampiran 5. Rapat antara divisi Research And Development (RND) dan divisi Network Development	103
Lampiran 6. Pengecekan antena.....	103
Lampiran 7. Photovoltaic (PV)	104
Lampiran 8. Jalur kelistrikan solar panel (PV)	104
Lampiran 9. Diskusi dengan Departement Network Performance.....	105
Lampiran 10. Presentasi Penelitian	105
Lampiran 11. Bebas Plagiarisme.....	106

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M. (2025, January 8). RS-485 Simplex Communication with Arduino & MAX485. *How To Electronics*. <https://how2electronics.com/rs-485-simplex-communication-with-arduino-max485/>
- Alhilali, A. H. (2023). Design and implement a real-time network traffic management system using SNMP protocol. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(9 (125)), 35–44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286528>
- Arduino S.r.l. (2025). *Arduino Nano Datasheet* (No. A000005; Datasheet Arduino A000005). <https://docs.arduino.cc/hardware/nano>
- Arumsari, A. A., Sebastian, A., Mustofa, A. H., & Pramono, P. (2024). Sistem Pemantauan & Kendali Suhu dengan Mekanisme Backup Database Server di PT Hasan Network Grup. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, 3(2), 60–69. <https://doi.org/10.56211/sudo.v3i2.499>
- Ausi Anggina, Zulfani Sesmiarni, Supratman Zakir, & Iswantir. (2021). ANALISIS PEMBELAJARAN DARING MELALUI SOSIAL MEDIA PADA PRODI PTIK IAIN BUKITTINGGI. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 2(11).
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Citraningrum, M. (2019). Akses Energi yang Berkelanjutan untuk Masyarakat Desa: Status, Tantangan, dan Peluang. *IESR*. <https://iesr.or.id/pustaka/pojok-energi->

11-akses-energi-yang-berkelanjutan-untuk-masyarakat-desa-status-tantangan-dan-peluang/

Couronné, R., Probst, P., & Boulesteix, A.-L. (2018). Random forest versus logistic regression: A large-scale benchmark experiment. *BMC Bioinformatics*, 19(1), 270. <https://doi.org/10.1186/s12859-018-2264-5>

Darul Awaludin, Jalu Aji Prakoso, & Hadi Sasana. (2021). ANALISIS DESENTRALISASI FISKAL, PERTUMBUHAN EKONOMI, KETERBUKAAN EKONOMI, INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA, DAN TINGKAT PENGANGGURAN TERHADAP KETIMPANGAN PEMBANGUNAN DI PULAU JAWA TAHUN 2010-2019. *Directory Journal of Economic*, 3(1).

Eteruddin, H., Atmam, A., Setiawan, D., & Arief, Y. Z. (2019). EFFECTS OF THE TEMPERATURE ON THE OUTPUT VOLTAGE OF MONO-CRYSTALLINE AND POLY-CRYSTALLINE SOLAR PANELS. *SINERGI*, 24(1), 73. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2020.1.010>

Fahad, I. A. (2024, October 28). Understanding Walk Forward Validation in Time Series Analysis: A Practical Guide. *Medium*. <https://medium.com/@ahmedfahad04/understanding-walk-forward-validation-in-time-series-analysis-a-practical-guide-ea3814015abf>

Fanggidae, A. M., Hermawan, H., & Pratiwi, H. I. (2019). Sistem Monitoring Server Dengan Menggunakan SNMP. *WIDYAKALA JOURNAL*, 6(2), 163. <https://doi.org/10.36262/widyakala.v6i2.218>

- Feng, C. H., Disis, M. L., Cheng, C., & Zhang, L. (2022). Multimetric feature selection for analyzing multicategory outcomes of colorectal cancer: Random forest and multinomial logistic regression models. *Laboratory Investigation*, 102(3), 236–244. <https://doi.org/10.1038/s41374-021-00662-x>
- Frausto Solís, J., Estrada-Patiño, E., Ponce Flores, M., Sánchez-Hernández, J. P., Castilla-Valdez, G., & González-Barbosa, J. (2025). TAE Predict: An Ensemble Methodology for Multivariate Time Series Forecasting of Climate Variables in the Context of Climate Change. *Mathematical and Computational Applications*, 30(3), 46. <https://doi.org/10.3390/mca30030046>
- Gunawan, Y. I. P., & Amaludin, A. (2021). PEMANFAATAN TEKNOLOGI PEMBELAJARAN DALAM JARINGAN DI MASA PANDEMI COVID-19. *Jurnal Madaniyah*, 2(11).
- Han, Y.-Q., Zhang, Y., Li, T., & Cao, L. (2013). Research of Network Monitoring Based on SNMP. *2013 Third International Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control*, 411–414. <https://doi.org/10.1109/IMCCC.2013.94>
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied logistic regression* (Third edition). Wiley.
- Husein, & Gunawan, D. (2023). PENERAPAN METODE SNMP (SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL) DALAM OPTIMALISASI KINERJA JARINGAN KOMPUTER STUDI KASUS PADA IDN BOARDING SCHOOL. *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi*, 4(3), 1814–1821. <https://doi.org/10.35870/jimik.v4i3.410>

- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and Practice* (3rd ed., p. Chapter 5.10). OTexts. <https://otexts.com/fpp3/tscv.html#tscv>
- Ian Poole. (2018). *Penjelasan Kabel Ethernet: Kategori, jenis, CAT 5, 5e, 6, 6a, 7, 8 » Catatan Elektronik*. https://www-electronics--notes-com.translate.goog/articles/connectivity/ethernet-ieee-802-3/cables-types-pinout-cat-5-5e-6.php?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2021). *An Introduction to Statistical Learning: With Applications in R*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1418-1>
- Kagoya, D., Gombo, J., Tabuni, F., Gwijangge, A., Ansanay, Y. O., Hamzah, H., & Agriawan, M. N. (2024). PERAN ELEKTRONIKA DAYA DALAM MERANCANG ENERGI TERBARUKAN DARI BAHAN ALAM DI PAPUA. *JURNAL HADRON*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.33059/jh.v6i1.10500>
- Kayalvizhi, N., Santhosh, M., Thamodharan, R., & Dhileep, M. (2024). IoT-Enabled Real-Time Monitoring and Predictive Maintenance for Solar Systems: Maximizing Efficiency and Minimizing Downtime. *2024 International Conference on Smart Systems for Applications in Electrical Sciences (ICSSES)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICSSES62373.2024.10561454>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2024, January 15). *Paparkan capaian 2023, Menteri ESDM klaim peningkatan rasio elektrifikasi [ESDM]*. <https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat->

jenderal-ketenagalistrikan/paparkan-capaian-2023-menteri-esdm-klaim-peningkatan-rasio-elektrifikasi

Kementerian Komunikasi dan Informatika. (2023, Agustus). *Perubahan atas Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 3 Tahun 2018 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Aksesibilitas Telekomunikasi dan Informasi* [Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika].
<https://peraturan.bpk.go.id/Details/259754/permenkominfo-no-4-tahun-2023>

Khan, H. (2023, June 29). DC Voltage Sensor Module. *Datasheet Hub*.

<https://www.datasheethub.com/0-to-25v-dc-voltage-sensor-module/>

Khuriati, A. (2022). *SISTEM PEMANTAU INTENSITAS CAHAYA AMBIEN DENGAN SENSOR BH1750 BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO NANO*. 25(13).

Liaw, A., & Wiener, M. (2002). Classification and Regression by randomForest. *R News*, 2(3), 18–22.

Luo, H., Pan, X., Wang, Q., Ye, S., & Qian, Y. (2019). Logistic Regression and Random Forest for Effective Imbalanced Classification. *2019 IEEE 43rd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*, 916–917. <https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2019.00139>

Madani, A., Hagage, M., & Elbeih, S. F. (2022). Random Forest and Logistic Regression algorithms for prediction of groundwater contamination using ammonia concentration. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(20), 1619.
<https://doi.org/10.1007/s12517-022-10872-2>

- Makkulau, A., Samsurizal, S., & Kevin, S. (2020). Karakteristik Temperatur Pada Permukaan Sel Surya Polycrystalline Terhadap Efektifitas Daya Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *SUTET*, 10(2), 69–78.
<https://doi.org/10.33322/sutet.v10i2.1291>
- Musrianto & Normaliaty Fithri. (2021). Raspberry Pi Pada Sistem Monitoring Mini Photovoltaic. *Jurnal Ampere*, 6(2), 75–81. <https://doi.org/10.31851/ampere>
- Muwajihan, I. I., & Jatikusumo, D. (2021). Perancangan Jaringan Ethernet Link Dengan Menggunakan Teknologi Link Aggregation dan Auto Failover. *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 6(2).
<https://doi.org/10.31294/ijcit.v6i2.10866>
- Najma, L., Octaviana, M. E. A., & Agussalim, A. (2024). Monitoring Jaringan Menggunakan PRTG (Studi Kasus: Fakultas Ekonomi Bisnis UPN “Veteran” Jatim). *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Dan Robotika*, 6(1), Article 1.
<https://doi.org/10.33005/jifti.v6i1.149>
- Oshiro, T. M., Perez, P. S., & Baranauskas, J. A. (2012). How Many Trees in a Random Forest? *International Workshop on Machine Learning and Data Mining in Pattern Recognition*, 154–168.
- Prasetyo, G. A. (2019). PENGARUH PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR TELEKOMUNIKASI TERHADAP PERTUMBUHAN EKONOMI DI ASEAN. *Jurnal Ilmu Ekonomi Terapan*, 4(1).
<https://doi.org/10.20473/jiet.v4i1.13941>
- Putra, N. A. A., & Encep, M. (2024). Implementasi Sistem Monitoring Jaringan Berbasis SNMP di Fakultas Filkom Universitas Djuanda Menggunakan

Platform Cacti. *Karimah Tauhid*, 3(11), 12333–12338.

<https://doi.org/10.30997/karimahtauhid.v3i11.15192>

Raschka, S., & Olson, R. S. (2015). *Python machine learning: Unlock deeper insights into machine learning with this vital guide to cutting-edge predictive analytics*. Packt Publishing open source.

Rohm Semiconductor. (2021). *Ambient Light Sensor ICs—Product Search Results | ROHM Semiconductor—ROHM Co., Ltd.*

<https://www.rohm.com/products/sensors-mems/ambient-light-sensor-ics>

Rusli, M., Usman, C. M., Mulya, M. F., & Widyaningsih, T. W. (2022). Aplikasi Sistem Monitoring Server Menggunakan Device Orange Pi Berbasis Web Service Studi Kasus PT. MNC Televisi Indonesia – MNC Group. *Jurnal SISKOM-KB (Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan)*, 5(2), 24–35.

<https://doi.org/10.47970/siskom-kb.v5i2.276>

Samuel, A. L. (1959). Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers. *IBM Journal of Research and Development*, 3(3), 210–229.

<https://doi.org/10.1147/rd.33.0210>

Shah, H. H. (2024). *Advancements in Machine Learning Algorithms: Creating a New Era of Professional Predictive Analytics for Increased Effectiveness of Decision Making*. 03(03).

Shahnejat Bushehri, A., Amirnia, A., Belkhiri, A., Keivanpour, S., de Magalhães, F. G., & Nicolescu, G. (2024). Deep Learning-Driven Anomaly Detection for Green IoT Edge Networks. *IEEE Transactions on Green Communications and Networking*, 8(1), 498–513. <https://doi.org/10.1109/TGCN.2023.3335342>

- Siswoyo, A. (2025). Optimization of Temperature Sensor Selection for Incubators: Real- Time Accuracy Analysis of DHT22, LM35, and DS18B20 in Controlled Environment Simulations. *ASCEE*, 5(1).
<https://doi.org/10.31763/iota.v5i1.877>
- SNMP Research International Inc. (2024). *SNMP Research—White Papers*.
<https://www.snmp.com/products/techinfo/>
- Sulaiman, S. F., & Priambodo, A. H. (2024). Downtime Data Center: Memahami Penyebab, Dampak, dan Solusi Efektif. *Sanskara Manajemen Dan Bisnis*, 2(02), 67–78. <https://doi.org/10.58812/smb.v2i02.297>
- Suryawinata, H., & Purwanti, D. (2017). *Sistem Monitoring pada Panel Surya Menggunakan Data logger Berbasis ATmega 328 dan Real Time Clock DS1307*. 9(1).
- Susanto, R., Lestari, W., & Hasanah, H. (2022). Performance Analysis of Solar Panels in Tropical Region: A Study Case in Surakarta Indonesia. *Proceeding of International Conference on Science, Health, And Technology*, 1–13.
<https://doi.org/10.47701/icohetech.v3i1.2059>
- Tri Susanto. (2015). Studi Evaluasi Kinerja PLTH Surya-Genset Pada BTS (Base Transceiver Station) PT. Telkomsel Di Kecamatan Lembah Bawang Kabupaten Bengkayang. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology*, 3(1). <https://doi.org/10.26418/j3eit.v3i1.9028>
- Wahyu Pria Purnama. (2020, October 26). Simple Network Management Protocol (SNMP): Apa itu - Versi dan Komponennya. *DosenIT.com*.

<https://dosenit.com/jaringan-komputer/konsep-jaringan/simple-network-management-protocol-snmp>

Waruwu, M. (2024). Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(2), 1220–1230.
<https://doi.org/10.29303/jipp.v9i2.2141>

Wiki Orange Pi. (2023, July 19). *Orange Pi Zero 3*.

http://www.orangepi.org/orangepiwiki/index.php/Orange_Pi_Zero_3

World Bank. (2017, May 31). *Solar resource and photovoltaic potential of Indonesia* [Text/HTML]. World Bank.

<https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/en/729411496240730378>

YHDC. (n.d.). *HSTS016L-20A-2.5±0.625V Hall Split Core Current Sensor Datasheet* (Nos. HSTS016L-20A). <https://www.yhdc.com/>

Zhao, S. (2021). Prediction of Protein Expression and Growth Rates by Supervised Machine Learning. *Natural Science*, 13(08), 301–330.
<https://doi.org/10.4236/ns.2021.138025>