

**EVALUASI KEANDALAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK 20kV
DENGAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA)
PADA PENYULANG PANI DI PT PLN (PERSERO) ULP SOREANG**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro



oleh
Farhan Muhammad Andria
E.5051.1908164

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2023**

HALAMAN HAK CIPTA

**EVALUASI KEANDALAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK 20kV
DENGAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)*
PADA PENYULANG PANI DI PT PLN (PERSERO) ULP SOREANG**

oleh

FARHAN MUHAMMAD ANDRIA

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1-Teknik Elektro Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan

© Farhan Muhammad Andria
Universitas Pendidikan Indonesia
2023

© Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difotokopi atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

FARHAN MUHAMMAD ANDRIA

E.5051.1908164

**EVALUASI KEANDALAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI LISTRIK 20 kV
DENGAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)*
PADA PENYULANG PANI DI PT PLN (PERSERO) ULP SOREANG**

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Dr. Tasma Sucita, S.T., M.T.

NIP. 19641007 199101 1 001

Pembimbing II



Dr. Elih Mulyana, S.Pd., M.Si.

NIP. 19640417 199202 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Iwan Kustiawan, S.Pd., M.T., Ph.D.

NIP. 19770908 200312 1 002

ABSTRAK

Pendistribusian energi listrik adalah salah satu aspek yang sangat penting dalam mengukur keandalan sistem tenaga listrik. Permasalahan yang berkaitan dengan pendistribusian listrik, khususnya keandalan terjadi dengan mengakibatkan kerugian bagi kedua pihak, yakni konsumen dan PT PLN. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk menentukan nilai SAIDI, SAIFI, dan CAIDI guna mengukur keandalan sistem distribusi 20 kV dan mengidentifikasi risiko kegagalan peralatan dalam sistem distribusi menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Penelitian ini dilakukan di penyulang PANI di PT PLN (persero) ULP Soreang. Pada tahun 2022, penyulang ini memiliki jumlah pemadaman terbanyak di area UP3 Majalaya, yaitu sebanyak 31 kali dengan durasi total 83,25 jam. Hasil evaluasi keandalan terhadap penyulang PANI menunjukkan nilai SAIFI sebesar 7,834 kali/tahun dan dikatakan tidak andal menurut SPLN 62-8: 1986, IEEE 1366-2003, nilai SAIDI sebesar 20,003 jam/tahun dan hanya dikategorikan andal berdasarkan SPLN 62-8: 1986 saja, dan nilai CAIDI sebesar 2,553 jam/konsumen dikategorikan andal menurut SPLN No. 62-8: 1986, serta tidak andal menurut IEEE 1366-2003 dan *World Class Service*. Selain menggunakan indeks keandalan, melalui analisis menggunakan metode FMEA, penelitian ini mengkombinasikan aspek keandalan dan juga kegagalan kerja peralatan. Diketahui bahwa kabel SUTM memiliki risiko kegagalan yang tinggi dengan nilai RPN (*Risk Priority Number*) sebesar 336. Disarankan penambahan atau perbaikan tata letak *load breaker switch* atau *disconnecting switch* serta penambahan *express feeder* untuk memperbaiki indeks keandalan.

Kata kunci: CAIDI, FMEA, Keandalan, SAIDI, dan SAIFI

ABSTRACT

Distribution of electrical energy is one of the crucial aspects in measuring the reliability of the power system. Issues related to electrical distribution, especially reliability, result in losses for both consumers and PT PLN (Persero). Therefore, this research is essential to determine the values of SAIDI, SAIFI, and CAIDI to measure the reliability of the 20 kV distribution system and identify equipment failure risks in the distribution system using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method. This study was conducted in the PANI feeder at PT PLN (persero) ULP Soreang. In 2022, this feeder experienced the highest number of outages in the UP3 Majalaya area, totaling 31 times with a total duration of 83,25 hours. The reliability evaluation results for the PANI feeder showed that the SAIFI value is 7.834 times per year, which is considered unreliable according to SPLN 62-8: 1986 and IEEE 1366-2003. The SAIDI value is 20.003 hours per year, categorized as reliable according to SPLN 62-8: 1986 only. The CAIDI value is 2.553 hours per consumer, considered reliable according to SPLN No. 62-8: 1986 but unreliable according to IEEE 1366-2003 and World Class Service. In addition to using reliability indices, through the FMEA method analysis, this research combines both the reliability aspects and equipment failure analysis. It is found that the SUTM cable has a high failure risk with a Risk Priority Number (RPN) value of 336. It is recommended to add or improve the layout of load breaker switches or disconnecting switches and add an express feeder to improve the reliability indices.

Keywords: CAIDI, FMEA, Reliability, SAIDI, and SAIFI

DAFTAR ISI

HALAMAN HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Struktur Organisasi Skripsi	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
2.1 Keandalan.....	6
2.1.1 Evaluasi Keandalan.....	6
2.1.2 Komponen Penghitung Keandalan	7
2.1.3 Indeks Keandalan Sistem Tenaga Listrik	8
2.1.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Keandalan.....	10
2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	10
2.2.1 Sistem Jaringan Distribusi Primer	12

2.2.2	Sistem Jaringan Distribusi Sekunder	14
2.2.3	Konfigurasi Jaringan Distribusi	15
2.2.4	Peralatan Jaringan Distribusi	17
2.2.5	Gangguan Sistem Distribusi	25
2.2.6	Proteksi Sistem Distribusi.....	29
2.3	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	30
2.3.1	Dasar FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>)	31
2.3.2	Prosedur FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>).....	33
2.3.3	Penetapan <i>Severity</i>	36
2.3.4	Penetapan <i>Occurrence</i>	37
2.3.5	Penetapan <i>Detection</i>	38
2.3.6	Penetapan Skala <i>Risk Priority Number (RPN)</i>	39
2.4	Penelitian yang Relevan	41
BAB III METODE PENELITIAN		44
3.1	Desain Penelitian.....	42
3.2	Partisipan dan Lokasi Penelitian	45
3.3	Instrumen Penelitian.....	46
3.3.1	<i>Single Line Diagram</i> Penyulang PANI.....	48
3.3.2	Data Daya Konsumen	48
3.3.3	Data Gangguan Peralatan.....	51
3.3.4	Data Jumlah Konsumen	52
3.3.5	Data Gangguan Listrik.....	54
3.3.6	Data Panjang Penghantar	57
3.3.7	Rekapitulasi Gangguan Penyulang PANI.....	58
3.4	Prosedur Penelitian.....	58
3.5	Analisis Data Penelitian	61

3.5.1	Perhitungan Indeks Keandalan Penyulang PANI	61
3.5.2	Perhitungan nilai <i>Risk Priority Number</i> (RPN)	65
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN		70
4.1	Temuan Hasil Penelitian	70
4.1.1	Hasil Perhitungan Nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI	71
4.1.2	Perbandingan Nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI Dengan Standar Indeks Keandalan	77
4.1.3	Hasil Perhitungan <i>Risk Priority Number</i> (RPN) Metode FMEA.....	80
4.2	Pembahasan.....	85
4.2.1	Analisis Hasil Perhitungan Nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI	86
4.2.2	Analisis Perbandingan Nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI Dengan Standar Indeks Keandalan	87
4.2.3	Analisis Hasil Perhitungan <i>Risk Priority Number</i> Metode FMEA ...	90
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI		93
5.1	Simpulan.....	93
5.2	Implikasi.....	94
5.3	Rekomendasi	95
DAFTAR PUSTAKA.....		96
LAMPIRAN		

DAFTAR PUSTAKA

- Almira, A. (2020). *Pengujian Kneet Point Rasio Pada Current Transformator Kubikel Sisi 20 kV Penyulang Outgoing 5 Menggunakan Alat Uji CT Test Set Tipe MRCT di PT PLN (Persero) ULTG Borang Gardu Induk Sekayu.*
- Chowdhury, A., & Koval, D. (2009). *Power Distribution System Reliability: Practical Methods and Applications.* Wiley-IEEE Press.
- Cicek, K., Turan, H. H., Topcu, Y. I., & Searslan, M. N. (2010). Risk-Based Preventive Maintenance Planning Using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) For Marine Engine Systems. *2nd International Conference on Engineering System Management and Applications, ICESMA 2010*, 1–7.
- Departemen Pertambangan dan Energi. (1986). *Standar SPLN 68-2 Tahun 1986 Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik.*
- Departemen Pertambangan dan Energi, P. (1985). *Standar SPLN 59: 1985 Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV.*
- Dieter, G. E. (2000). *Engineering Design: A Material and Processing Approach.* (3 ed.). McGraw Hill.
- Duenckel, J., Way, V., Soileau, R., Pittman, J., Way, V., & Antonio, S. (2014). an Electrical Reliability Metric for Preventive Maintenance : *IEEE, 1*(1), 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/PCICON.2015.7435085>
- Farag, M. M. (2013). Materials and Process Selection for Engineering Design. In *Plast Rubbers Text* (Vol. 1, Nomor 6). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781439887493-17>
- Farkhani, J. S., Najafi, A., Zareein, M., Godina, R., & Rodrigues, E. M. G. (2019). Impact of recloser on protecting blind areas of distribution network in the presence of distributed generation. *Applied Sciences (Switzerland)*, *9*(23). <https://doi.org/10.3390/app9235092>
- Febriani, N. (2008). *Penentuan Reliability Pada Pumping Unit Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis di PT Chevron Pacific Indonesia.*
- Gonen, T. (2014). *Electric Power Distribution Engineering* (3rd ed.). CRC Press.
- Greensburger. (2023). *Fuse Cut Out.* Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Fuse_cutout#/media/File:Cutout_fuse.jpg
- Hajar, I., & Pratama, M. H. (2019). Analisa Nilai SAIDI SAIFI Sebagai Indeks Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik Pada Penyulang Cahaya PT PLN (Persero) Area Ciputat. *Energi & Kelistrikan*, *10*(1), 70–77. <https://doi.org/10.33322/energi.v10i1.330>
- Hartati, R. S., Sukarayasa, I. W., Setiawan, I. N., & Ariastina, W. G. (2007). Penentuan Angka Keluar Peralatan Untuk Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, *6*(2), 52–55

- Haryantho, J. D., & Tumbelaka, H. H. (2017). Analisa Keandalan Sistem Kelistrikan Di Daerah Pelayanan P.T. PLN (Persero) Area Timika Berbasis SAIDI SAIFI. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(2), 71–74. <https://doi.org/10.9744/jte.10.2.71-74>
- Hubble Power Systems. (2023). *Arrester*. <https://www.1sourcedist.com/product/detail/3942890/HUBBELL-POWER-SYSTEMS-2216087314>
- Hutasoit, R. E., Tharo, Z., & Wibowo, P. (2019). Analisa Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 KV PT. PLN (Persero) Rayon Delitua Berbasis Matlab. In *Kumpulan Karya Ilmiah Mahasiswa Fakultas sains dan Tekhnologi*.
- Hutauruk. (1987). *Pentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetahuan Peralatan*. Penerbit Erlangga.
- Ibrahim, A. (2017). *Analisis Keandalan Peralatan Pengaman Jaringan Distribusi Dengan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA) PLN Area Bandung Rayon Bandung Selatan*.
- IEEE. (2003). IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices. *IEEE Access*, 1(43), 1–44. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2012.6209381>
- Ireson, W. G., Coombs, J. C. F., & Moss, R. Y. (1995). *Handbook of Reliability Engineering and Management* (2 ed.). McGraw Hill.
- Kadir, A. (2006). *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. UI Press.
- Kosim, N. (2018). *Analisa Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) Rayon Panam Kombinasi Metode Section Technique - FMEA*.
- Kundur, P. (1994). *Power System Stability and Control* (hal. 1176). McGraw Hill.
- Laksono, T. B. A. (2016). *Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik di PT PLN (Persero) UPJ Bantul*.
- Lewis, E. E. (1994). *Introduction to Reliability Engineering* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Manopo, K. G., Tumaliang, H., & Silimang, S. (2020). *Analisis Indeks Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIFI dan SAIDI Pada PT. PLN (Persero) Area Minahasa Utara*. 1–12.
- McDermott, R. E., Mikulak, R. 1., & Beauregard, M. R. (2013). *The Basics of FMEA* (2 ed.). CRC Press.
- Mulyana, Y. (2018). Evaluasi Keandalan Pemutus Tenaga Kubikel Out Going 20 kV Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). In *UPI Repository*.
- Neago, B. S., Deaky, B., & Martinescu, I. (2012). Failure Mode and Effects Analysis of a New Telemonitoring System. *9th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2012*, 1–4.

<https://doi.org/10.1109/REV.2012.6293124>

- Nugroho, A. S., Hernananda, I. G. N. S., & Soeprijanto, A. (2012). Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 kV di Bengkulu dengan Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA). *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), 1–6.
- Nurkertamanda, D., & Wulandari, F. T. (2009). Analisa Moda Dan Efek Kegagalan (Failure Mode and Effects Analysis / FMEA) Pada Produk Kursi Lipat Chitose Yamato HAA. *JATI Undip*, IV(1), 49–64. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.12777/jati.4.1.49-64>
- Prabowo, A. T., Winardi, B., & Handoko, S. (2013). Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Pada Penyulang Pekalongan 8 dan 11. *Transient*, 2(4), 1004–1012. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/4750>
- Pratama, P. R., Yusmartato, Y., Akhiruddin, & Nasution, R. (2019). Analisis Pengaman Transformator Distribusi 400 kVA Dengan Fuse Cut Out. *Buletin Utama Teknik*, 15(1), 24–28. <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but/article/view/1868>
- PT PLN (Persero). (2010). *Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik* (Jilid 1).
- Renjith, V. R., Jose kalathil, M., Kumar, P. H., & Madhavan, D. (2018). Fuzzy FMECA (Failure Mode Effect and Criticality Analysis) of LNG Storage Facility. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 537–547. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2018.01.002>
- Rhee, S. B., Lee, J. K., & Lee, B. W. (2011). Impacts of superconducting fault current limiters on the recloser operation in distribution electric power systems. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 21(3 PART 2), 2197–2200. <https://doi.org/10.1109/TASC.2010.2089958>
- Rockwill Electric. (2023). *Automatic Vacuum Sectionalizer*. <https://www.cnrockwill.com/automatic-sectionalizer/vacuum-sectionalizer>
- Saadah, S. (2008). Evaluasi Keandalan Sistem distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIDI dan SAIFI. In *Seminar Teknologi Nasional*. Institut Teknologi Nasional.
- Schneider Electric. (2023). *Recloser*. <https://www.se.com/id/id/product-range/63375-eseries/?parent-subcategory-id=86887#overview>
- Scipioni, A., Saccarola, G., Centazzo, A., & Arena, F. (2002). FMEA Methodology Design, Implementation and Integration With HACCP System in a Food Company. *Food Control*, 13(8), 495–501. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(02\)00029-4](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00029-4)
- Short, T. A. (2005). *Distribution Reliability and Power Quality*. CRC Press.
- Sudket, N., & Chaitusaney, S. (2014). Optimal Maintenance of Substation Equipment By Considering Maintenance Cost and Reliability. *11th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer,*

- Telecommunications and Information Technology, ECTI-CON 2014*, 1–6.
<https://doi.org/10.1109/ECTICon.2014.6839858>
- Sugiyono. (2011). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*.
- Suhadi. (2008a). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik* (Jilid 1). Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Suhadi, dkk. (2008b). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik* (Jilid 2). Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Suswanto, Damadad. (2009). *Sistem Distribusi Tenaga Elektrik. Edisi 1*.
- Suswanto, Daman. (2009). *Sistem Distribusi Tenaga Listrik* (1 ed.).
- Syafar, A. M. (2019). Penentuan Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Dengan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis). In *Journal of Chemical Information and Modeling*. Rizky Artha Mulia.
- Taufik, A., & Nurdin, A. (2013). Evaluasi Keandalan Boiler Unit 1 dan 2 BTG (Boiler Turbine Generator) PT . Semen Tonasa Menggunakan Software Weibull ++ 6. *SINERGI*, 1(11), 1–10.
- UP3 Majalaya. (2023). *Data Lapangan UP3 Majalaya Penyulang PANI*.
- Voltra Electric. (2023). *Transformator Distribusi 20 kV 3 Fasa*. <https://voltra-electric.com/product2.php>
- Wijayanti, N. (2018). *Analisis Keandalan Penyulang Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN (Persero) APJ Klaten Rayon Boyolali*. <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1120700020921110%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.reuma.2018.06.001%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.arth.2018.03.044%0Ahttps://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1063458420300078?token=C039B8B13922A2079230DC9AF11A333E295FCD8>
- Yang, H. D., & Xu, H. (2011). Reliability Analysis of Gas Turbine Based on The Failure Mode and Effect Analysis. *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, APPEEC*, 1–4.
<https://doi.org/10.1109/APPEEC.2011.5749000>
- Yueqing Liyond Electric Co. (2023). *Load Break Switch*.
- Zhang, L. Bin, Zhu, X. P., Liang, W., & Shi, G. N. (2013). A Quantitative Comprehensive Safety Evaluation Method For Centrifugal Compressors Using FMEA-Fuzzy Operations. *Proceedings - 2013 2nd International Symposium on Instrumentation and Measurement, Sensor Network and Automation, IMSNA 2013*, 202–206.
<https://doi.org/10.1109/IMSNA.2013.6743251>
- Zheziang Zhegui Electric. (2023). *Disconnecting Switch*. <https://zheguiele.en.made-in-china.com/product/1OGaZsiHIRhd/China-High-Voltage-Outdoor-12kv-Disconnect-Switch-3-Phase-Isolator-Switch-for-Power-Systrm.html>