

Metode FMECA (*Failure Modes, Effect, and Criticality Analysis*) untuk Penentuan Prioritas Pemeliharaan dan Pencegahan Gangguan pada Penyulang 20 kV di Wilayah Kerja PT. PLN (Persero) ULP Karebosi

Ahmad Rizal Sultan¹, Muhammad Imran Bachtiar², Habib Yardan Wafa³
^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang
rizal.sultan@poliupg.ac.id¹, muh.imranb@poliupg.ac.id², habibyardan@gmail.com³

Abstract

Failure Modes, Effect, and Criticality Analysis is an analytical method to determine the cause of disturbance on 20 kV feeders in Unit Layanan Pelanggan Karebosi's area of responsibility that will be used later to prioritize maintenance and prevention efforts. To determine the priority, the rating of severity, occurrence, and detection of each cause of disturbance recorded during the 2022 period is needed to be known beforehand. The cause of disturbance is prioritized based on the results of RPN (Risk Priority Number) and Criticality Analysis. Causes of disturbance that need to be prioritized for maintenance and prevention efforts are medium-voltage equipment, medium-voltage components, natural disasters, and third-party activity. The result from this analysis is to be used for reliability improvement planning in the future.

Keywords : FMECA, Reliability, Maintenance Priority, Disturbance Prevention, 20 kV Feeders

Abstrak

Metode analisis Failure Modes, Effect, and Criticality Analysis digunakan untuk mengetahui penyebab gangguan pada penyulang 20 kV di wilayah kerja Unit Layanan Pelanggan Karebosi yang nantinya akan dijadikan sebagai prioritas pemeliharaan dan pencegahan. Dalam penentuan prioritas, perlu ditentukan terlebih dahulu nilai severity, occurrence, dan detection dari masing – masing penyebab gangguan yang tercatat di ULP Karebosi sepanjang tahun 2022. Penyebab gangguan diprioritaskan berdasarkan hasil analisis FMECA dengan nilai RPN (Risk Priority Number) dan nilai dari Criticality Analysis. Hasil perhitungan RPN dan criticality analysis adalah penyebab gangguan yang perlu diprioritaskan adalah peralatan JTM, komponen JTM, bencana alam, dan pekerjaan pihak ke tiga. Hasil dari analisis ini dapat digunakan untuk perencanaan pemeliharaan sebagai usaha peningkatan keandalan di masa yang akan datang.

Kata Kunci: FMECA, Keandalan, Prioritas Pemeliharaan, Pencegahan Gangguan, Penyulang 20 kV

I. PENDAHULUAN

Indikator dari keberhasilan suatu produk atau layanan dapat dilihat dari kepuasan pelanggan. Keandalan dari produk atau layanan dapat meningkatkan kepercayaan pelanggan kepada perusahaan dan menjaga reputasi perusahaan

Dalam UU No. 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja Inkonstitusional Bersyarat, PT. PLN (Persero) sebagai penyedia layanan tenaga listrik diharuskan untuk menjaga keandalan dalam hal penyaluran tenaga listrik sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Sistem distribusi tegangan menengah 20 kV adalah bagian penting dari sistem tenaga listrik. Ketergantungan pelanggan tegangan rendah dan tegangan menengah terhadap sistem distribusi 20 kV mengharuskan PLN untuk menjaga keandalan dari sistem distribusi 20 kV. Dengan sistem distribusi 20 kV yang andal, maka PLN dapat menjaga reputasi dan menjaga hubungan yang baik dengan pelanggan.

Menjaga keandalan sistem distribusi dilakukan dengan melakukan pemeliharaan untuk mencegah terjadinya gangguan. Tugas untuk menjaga keandalan sistem distribusi dilaksanakan oleh Unit Layanan Pelanggan (ULP). Usaha yang dilakukan ULP untuk

menjaga keandalan adalah dengan melakukan pemeliharaan rutin serta melakukan inspeksi untuk mengetahui potensi penyebab terjadinya gangguan.

Tidak semua penyebab gangguan memiliki prioritas yang sama, oleh karena itu perlu ditentukan penyebab gangguan mana yang perlu diprioritaskan dan penyebab gangguan mana yang paling berpengaruh pada sistem distribusi 20 kV. Dengan menggunakan metode FMECA (*Failure Modes, Effect, and Criticality Analysys*), penyebab gangguan dapat diprioritaskan dengan menggunakan nilai RPN (*Risk Priority Number*) dan *Criticality Analysys* yang didapatkan dari nilai *occurance*, *severity*, dan *detection*.

Dari data gangguan yang tercatat di ULP Karebosi sepanjang tahun 2022, nilai *occurance* dapat ditentukan dari frekuensi munculnya penyebab gangguan, *severity* dari waktu padam akibat penyebab gangguan, dan nilai *detection* dari data hasil inspeksi.

Hasil analisis FMECA dapat dijadikan sebagai acuan untuk perencanaan pemeliharaan berdasarkan tingkat prioritas penyebab gangguan. Perencanaan pemeliharaan yang tepat dapat menjaga dan meningkatkan keandalan pada sistem distribusi 20 kV.

II. KAJIAN LITERATUR

Kualitas penyaluran tenaga listrik harus dijaga baik dari segi kualitas dan kontinuitas [1]. Dalam menyalurkan tenaga listrik keandalan dari sistem tenaga listrik perlu dijaga. Dalam sistem distribusi 20 kV, jalur penyaluran tenaga listrik biasa disebut *feeder* atau penyulang.

Menjaga keandalan penyulang 20 kV adalah tugas yang sangat penting mengingat kebutuhan akan tenaga listrik sudah menjadi tulang punggung bagi kehidupan masyarakat baik rumah tangga, bisnis, industri, maupun pelayanan masyarakat [2].

Dalam menjaga keandalan penyaluran tenaga listrik tentu ada standar yang harus dipenuhi seperti yang telah dituangkan pada UU No. 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja Inkonstitusional Bersyarat. Dalam Undang – undang tersebut dijelaskan bahwa pemegang usaha penyediaan tenaga listrik harus memenuhi standar mutu dan keandalan yang berlaku serta memberikan pelayanan yang sebaik – baiknya kepada masyarakat [3].

Pemilihan jenis konstruksi pada sistem distribusi 20 kV berpengaruh pada tingkat keandalan. Konstruksi dengan jenis SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah) cenderung lebih andal dibandingkan dengan konstruksi jenis SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah) [4]. Namun karena biaya investasi SKTM lebih mahal dibandingkan dengan SUTM, maka mayoritas sistem distribusi 20 kV menggunakan konstruksi SUTM yang lebih murah namun lebih rentan terhadap gangguan [4]. Konfigurasi sistem distribusi baik yang berjenis SUTM maupun SKTM juga telah diatur oleh PLN pada Buku 5 Kriteria Desain Enjinereng Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik seperti konfigurasi *loop*, *radial*, dan konfigurasi spindel [5].

Karena jenis konstruksi dan konfigurasi jaringan distribusi 20 kV yang berbeda, tentu diperlukan standar keandalan yang sesuai dengan jenis konfigurasinya. Dalam SPLN 68 – 2 tahun 1986, terdapat lima standar keandalan berdasarkan jenis konfigurasinya yaitu SUTM radial, SUTM dengan PBO (Penutup Balik Otomatis), SKTM spindel tanpa bantuan pengatur distribusi, SKTM spindel dengan bantuan pengatur distribusi, dan SKTM gugus [6].

Menjaga keandalan sistem distribusi 20 kV tentu perlu dilakukan perencanaan pemeliharaan yang baik. Dengan banyaknya potensi penyebab gangguan tentu perlu diprioritaskan potensi penyebab gangguan mana yang perlu diprioritaskan sehingga penggunaan *manpower* dan material digunakan secara efektif.

Pemeliharaan yang baik dapat menjamin keamanan sistem, keandalan penyaluran tenaga listrik, serta penggunaan suku cadang dan biaya yang efektif [7].

Terdapat empat jenis pemeliharaan, yaitu pemeliharaan prediktif, preventif, *on – site*, serta pemeliharaan reaktif. Jenis pemeliharaan yang perlu diprioritaskan adalah pemeliharaan prediktif dan preventif.

Dalam pemeliharaan prediktif, peralatan dan komponen dalam sistem dimonitoring sehingga dapat diperkirakan kapan potensi penyebab gangguan muncul. Pemeliharaan prediktif dapat menjadwalkan pemeliharaan preventif serta mengatur ketersediaan suku cadang agar keandalan dapat terjaga [7].

Pemeliharaan preventif dilakukan dengan melakukan pemeliharaan rutin, penggantian

suku cadang, dan melakukan inspeksi secara rutin. Pemeliharaan preventif juga dapat bervariasi tergantung dari keadaan *on – site*. Tujuan dari pemeliharaan preventif adalah menghindari terjadinya gangguan dan mengurangi jumlah pemeliharaan reaktif atau korektif [7].

Dalam merencanakan pemeliharaan tentu diperlukan pemrioritasan item pemeliharaan. Dengan menggunakan metode FMECA, usaha pemeliharaan dapat diurutkan sesuai dengan tingkatan urgensi dan prioritasnya. Hasil analisis FMECA dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan tingkatan prioritas dan urgensi berdasarkan potensi penyebab gangguan atau *cause of failure*.

Metode FMECA adalah perkembangan dari metode FMEA (*Failure Modes and Effect Analysys*) yang menggabungkan analisis FMEA yang menghasilkan nilai RPN dengan *Criticallity Analysys* yang menghasilkan nilai titik kritis [8]. Metode FMEA bertujuan untuk mengetahui potensi dari *failure modes* (mode kegagalan) dan menghilangkan *cause of failure* (penyebab kegagalan) [9]. *Criticallity analysys* adalah analisis yang dilakukan untuk mengetahui kegagalan yang paling memengaruhi sistem untuk potensi pemeliharaan korektif [10].

Dalam melakukan analisis FMECA terlebih dahulu dilakukan analisis FMEA. Untuk melakukan analisis FMEA diperlukan nilai dari *occurance*, *severity*, dan *detection* [11]. Penentuan nilai *occurance* didasarkan pada seberapa sering potensi dari *cause of failure* muncul. Semakin tinggi nilai *nilai* maka semakin tinggi frekuensi kemunculan *cause of failure*.

Penentuan *nilai severity* didasarkan pada tingkat keparahan dari *cause of failure*. Keparahan yang digunakan dapat berupa biaya yang ditimbulkan akibat kerusakan, durasi berhentinya proses produksi, maupun tingkat bahaya bagi konsumen. Semakin tinggi nilai *severity* maka semakin tinggi tingkat keparahan yang ditimbulkan oleh *cause of failure*.

Penentuan *nilai detection* didasarkan pada seberapa mudah potensi *cause of failure* terdeteksi. Deteksi dari *cause of failure* dapat dilakukan dari pengetesan, inspeksi, atau metode deteksi lain. Semakin tinggi *nilai detection* maka semakin sulit *cause of failure* terdeteksi.

Skala penilaian dari nilai *occurance*, *severity*, dan *detection* dapat berupa skala 1 – 5,

1 – 10, ataupun skala lain yang dapat disesuaikan dengan banyaknya potensi *cause of failure*.

Setelah diketahui nilai *occurance* (O), *severity* (S), dan *detection* (D) maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai RPN (*Risk Priority Number*). Nilai RPN menentukan prioritas dari berbagai *cause of failure* untuk ditindaklanjuti. Untuk mendapatkan nilai RPN digunakan persamaan berikut :

$$RPN = O \times S \times D \quad (1)$$

Setelah diketahui nilai RPN dari setiap *cause of failure* maka dapat digambarkan sebuah diagram pareto. Diagram pareto adalah diagram yang menggambarkan seberapa besar pengaruh pekerjaan yang dilakukan dalam bentuk persentase. Tujuan dari diagram pareto adalah untuk mendapatkan hasil sebanyak – banyaknya dengan melakukan pekerjaan sesedikit mungkin.

Criticallity Analysys dalam analisis FMECA mengambil nilai *severity* dan *occurance* dari analisis FMEA yang telah dilakukan [8]. *Criticallity Analysys* dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$CA = S \times O \quad (2)$$

Dari hasil perhitungan *Criticallity Analysys* dapat ditentukan *cause of failure* mana saja yang paling memengaruhi sistem dan perlu segera ditindak lanjuti. Hasil *Criticallity Analysys* dan nilai RPN maka penentuan prioritas dan urgensi pemeliharaan berdasarkan potensi penyebab gangguan dapat diurutkan dengan akurat.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT. PLN (Persero) dengan mengambil catatan gangguan sepanjang tahun 2022 dan hasil inspeksi sepanjang tahun 2022.

Data catatan gangguan sepanjang tahun 2022 dapat diketahui penyebab gangguan, lama padam, serta zona proteksi yang bekerja. Dari catatan gangguan dapat ditentukan nilai *severity* dari durasi padam, nilai *occurance* dari frekuensi munculnya penyebab gangguan.

Data hasil inspeksi sepanjang tahun 2022 digunakan sebagai penentuan nilai *detection*. Data hasil inspeksi memiliki kebutuhan tindak lanjut yang dapat digunakan untuk

mengategorikan hasil inspeksi berdasarkan potensi penyebab gangguannya.

Setelah diketahui nilai RPN dengan menggunakan persamaan (1), maka dapat digambarkan diagram pareto dari penyebab gangguan. Setelah itu dilakukan *Criticality Analysys* yang didapatkan dengan menggunakan persamaan (2). Hasil dari perhitungan nilai RPN dan *Criticality Analysys* kemudian digunakan untuk menentukan penyebab gangguan yang perlu diprioritaskan yang kemudian akan diberikan rekomendasi tindak lanjut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam analisis FMECA ntuk menentukan prioritas pemeliharaan terhadap potensi penyebab gangguan, maka diperlukan nilai *occurance*, *severity*, dan *detection* dari setiap potensi penyebab gangguan atau *cause of failure* terlebih dahulu.

Pada ULP Karebosi terdapat catatan gangguan sepanjang tahun 2022 yang berisikan frekuensi munculnya penyebab gangguan, lama padam, dan zona proteksi. Untuk menentukan nilai *occurance* digunakan frekuensi munculnya penyebab gangguan.

Terdapat sebelas penyebab gangguan yang muncul sepanjang tahun 2022 dengan frekuensi yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Frekuensi Penyebab Gangguan

PENYEBAB	FREKUENSI
BENCANA ALAM	27
KOMPONEN JTM	27
LAIN LAIN	1
UMBUL - UMBUL	0
LAYANGAN	9
MANUVER	1
BINATANG	8
PEKERJAAN PIHAK3	19
PERALATAN JTM	21
POHON	12
TIDAK JELAS	18

Untuk menentukan nilai *severity* digunakan waktu rata – rata padam dari tiap penyebab gangguan. Waktu rata – rata padam dari tiap penyebab gangguan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Waktu Rata – Rata Padam Penyebab Gangguan

PENYEBAB	WAKTU PADAM RATA -RATA
BENCANA ALAM	00:04:13
KOMPONEN JTM	00:06:33
LAIN LAIN	00:02:09
UMBUL - UMBUL	00:00:00
LAYANGAN	00:01:35
MANUVER	00:00:00
BINATANG	00:02:58
PEKERJAAN PIHAK3	00:05:29
PERALATAN JTM	00:06:28
POHON	00:02:07
TIDAK JELAS	00:01:48

Untuk menentukan nilai deteksi digunakan data hasil inspeksi, namun dikarenakan data inspeksi tahun 2022 terhapus karena suatu hal, maka digunakan data hasil inspeksi dari bulan Januari 2023 sampai dengan bulan Mei 2023. Untuk data hasil inspeksi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Hasil Temuan Inspeksi Potensi Penyebab Gangguan

PENYEBAB	BANYAKNYA TEMUAN
BENCANA ALAM	0
KOMPONEN JTM	119
LAIN LAIN	0
UMBUL - UMBUL	2
LAYANGAN	61
MANUVER	0
BINATANG	4
PEKERJAAN PIHAK 3	0
PERALATAN JTM	705
POHON	628
TIDAK JELAS	0

Setelah diketahui frekuensi, waktu padam rata – rata, serta banyaknya temuan inspeksi, maka pemberian nilai dapat dilakukan.

Terdapat tujuh tingkatan nilai *occurance*, *severity*, dan *detection*. Tingkatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 4. Penentuan Nilai Occurance

FREKUENSI	NILAI
0 - 3	1
4 - 7	2
8 - 11	3
12 - 15	4
16 - 19	5
20 - 23	6
24 - 28	7

Tabel 5. Penentuan Nilai Severity

WAKTU PADAM	NILAI
0:00:00 - 0:00:59	1
0:01:00 - 0:01:59	2
0:02:00 - 0:02:59	3
0:03:00 - 0:03:59	4
0:04:00 - 0:04:59	5
0:05:00 - 0:05:59	6
0:06:00 - 0:07:00	7

Tabel 6. Penentuan Nilai Detection

BANYAKNYA TEMUAN	NILAI
0 - 100	7
101 - 200	6
201 - 300	5
301 - 400	4
401 - 500	3
501 - 600	2
601 - 700	1

Dari Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6 di atas, dapat ditentukan nilai *occurance*, *severity*, dan *detection* dari masing – masing penyebab gangguan. Nilai dari masing – masing penyebab gangguan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7. Nilai *Occurance*, *Severity*, dan *Detection* dari Penyebab Gangguan

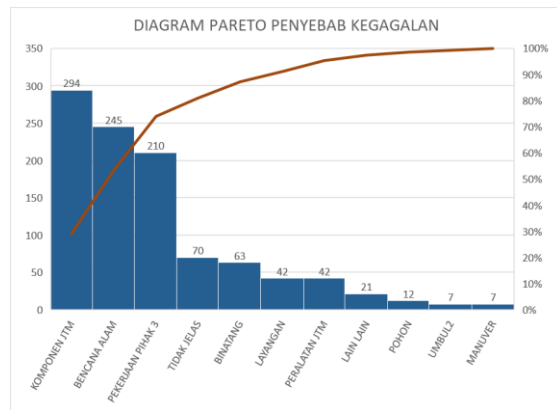
PENYEBAB GANGGUAN	O	S	D
BENCANA ALAM	7	5	7
KOMPONEN JTM	7	7	6
LAIN LAIN	1	3	7
UMBUL - UMBUL	1	1	7
LAYANGAN	3	2	7
MANUVER	1	1	7
BINATANG	3	3	7
PEKERJAAN PIHAK 3	5	6	7
PERALATAN JTM	6	7	1
POHON	4	3	1
TIDAK JELAS	5	2	7

Setelah diketahui nilai *Occurance*, *Severity*, dan *Detection* dari masing – masing penyebab gangguan maka dapat diketahui nilai RPN. Dengan menggunakan persamaan (1) nilai RPN dari masing – masing penyebab gangguan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 8. Nilai RPN dari Penyebab Gangguan

PENYEBAB GANGGUAN	RPN
BENCANA ALAM	245
KOMPONEN JTM	294
LAIN LAIN	21
UMBUL - UMBUL	7
LAYANGAN	42
MANUVER	7
BINATANG	63
PEKERJAAN PIHAK 3	210
PERALATAN JTM	42
POHON	12
TIDAK JELAS	70

Dengan menggunakan nilai RPN pada Tabel 8 di atas, maka dapat digambarkan diagram pareto. Diagram pareto menunjukkan seberapa besar pengaruh penyebab kegagalan dalam bentuk persentase, untuk diagram pareto dari penyebab gangguan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Diagram Pareto Penyebab kegagalan

Dari diagram pareto pada Gambar 1, dapat disimpulkan bahwa gangguan akibat komponen JTM, bencana alam, dan pekerjaan pihak 3 berkontribusi sebesar 70% dari prioritas pemeliharaan.

Selanjutnya dilakukan *Criticality Analysy* untuk melanjutkan analisis FMECA. Untuk menentukan nilai *criticality* dari penyebab gangguan, dengan menggunakan persamaan (2) nilai *criticality* dari penyebab gangguan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 9. Nilai *Criticality* dari Penyebab Gangguan

PENYEBAB GANGGUAN	CRITICALITY
BENCANA ALAM	35
KOMPONEN JTM	49
LAIN LAIN	3
UMBUL2	1
LAYANGAN	6
MANUVER	1
BINATANG	9
PEKERJAAN PIHAK 3	30
PERALATAN JTM	42
POHON	12
TIDAK JELAS	10

Dari tabel 9 di atas, dapat disimpulkan bahwa penyebab gangguan yang paling memengaruhi sistem distribusi 20 kV adalah gangguan akibat komponen JTM, peralatan JTM, bencana alam, dan pekerjaan pihak 3.

Hasil perhitungan nilai RPN dan *criticality* menunjukkan bahwa penyebab gangguan yang perlu diprioritaskan untuk ditanggulangi dan dicegah adalah komponen

JTM, peralatan JTM, bencana alam, dan pekerjaan pihak 3.

Gangguan akibat komponen JTM di ULP Karebosi sepanjang tahun 2022 diakibatkan oleh putusnya penghantar, *flash over*, rusaknya terminasi kabel SKTM dan SKUTM (Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah, rusaknya *jointing* kabel SKTM, *bending wire* yang putus, dan penghantar yang kandas pada penerangan jalan.

Gangguan akibat peralatan JTM disebabkan oleh rusaknya FCO (*Fuse Cut Out*), *Lightning Arrester*, isolator, DS (*Disconnecting Switch*), dan *flash over* pada kubikel.

Bencana alam yang mengakibatkan gangguan di ULP Karebosi sepanjang tahun 2022 adalah cuaca buruk. Cuaca buruk yang disebabkan angin kencang dan badai juga dapat mengakibatkan tumbang pohon yang ada didekat jaringan distribusi 20 kV.

Gangguan yang diakibatkan oleh pekerjaan pihak ke 3 disebabkan oleh kegiatan pembangunan dan konstruksi yang dilakukan oleh pihak selain PLN. Gangguan akibat sisi instalasi pelanggan yang bermasalah juga mengindikasikan tidak berfungsinya sistem proteksi di sisi pelanggan maupun sisi PLN yang mengakibatkan padam sampai ke sisi PLN.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan bahwa penyebab gangguan yang perlu diprioritaskan pemeliharaan dan penanggulangannya berdasarkan nilai RPN adalah komponen JTM dengan nilai 49, bencana alam dengan nilai 35, dan pekerjaan pihak ke 3 dengan nilai 30.

Sedangkan jika ditinjau dari hasil *Criticality Analysy*, penyebab gangguan yang perlu diprioritaskan pemeliharaan dan penanggulangannya adalah komponen JTM dengan nilai 49, peralatan JTM dengan nilai 42, bencana alam dengan nilai 35, dan pekerjaan pihak ke 3 dengan nilai 30.

Jika hasil *Criticality Analysy* dan nilai RPN digabung, maka penyebab gangguan yang perlu diprioritaskan adalah komponen JTM, peralatan JTM, bencana alam, dan pekerjaan pihak ke 3.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Andi Muhammad Rizal selaku Manager ULP Karebosi yang telah mengizinkan penelitian ini dilakukan di ULP Karebosi sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada Team Leader Teknik ULP Karebosi, Rizky Suhendra, beserta jajarannya yang telah membantu jalannya penelitian ini sehingga penelitian ini bisa diselesaikan.

REFERENSI

- [1] U. Eminoglu and R. Uyan, "Reliability Analyses of Electrical Distribution System: A Case Study," *International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES)*, vol. 5, no. 12, pp. 94–102, 2016.
- [2] M. Jufrizel and R. Hidayatullah, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20KV Menggunakan Metode Section Technique dan Ria – Section Technique pada Penyulang Adi Sucipto Pekanbaru," *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI)*, vol. 9, pp. 417–423, 2017.
- [3] Republik Indonesia, *Undang - Undang Republik Indonesia No. 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja Inkonstitusional Bersyarat*. Indonesia, 2020. Accessed: Jul. 12, 2023. [Online]. Available: <https://uu-ciptakerja.go.id/wp-content/uploads/2020/11/Salinan-UU-Nomor-11-Tahun-2020-tentang-Cipta-Kerja.pdf>
- [4] A. Fatoni, R. S. Wibowo, and A. Soeprijanto, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 462–467, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16150.
- [5] PT. PLN (Persero), *Kriteria Disain Enjinerig Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*, vol. 1. 2010.
- [6] Perusahaan Listrik Negara, "SPLN 68-2 1986," 1986. <https://pt.scribd.com/doc/215461581/sp-ln-68-2-1986#> (accessed Jan. 18, 2023).
- [7] D. Morte, "Electrical Distribution Maintenance Fundamentals," 2016. Accessed: Jan. 17, 2023. [Online]. Available: https://www.anixter.com/content/dam/Suppliers/Schneider%20Electric/998-2095-04-28-16AR0_EN.pdf
- [8] A. Rahman and F. Fahma, "PENGUNAAN METODE FMECA (FAILURE MODES EFFECTS CRITICALITY ANALYSIS) DALAM IDENTIFIKASI TITIK KRITIS DI INDUSTRI KEMASAN," *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 31, no. 1, pp. 110–119, Apr. 2021, doi: 10.24961/j.tek.ind.pert.2021.31.1.110.
- [9] R. Y. Hanif, H. S. Rukmi, and S. Susanty, "Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury di PT.X dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)," *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Juli*, vol. 03, no. 03, pp. 137–147, 2015.
- [10] Metrolinx, "FMECA (Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis)," *Metrolinx RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety) Standards*. Ontario, Jul. 2020.
- [11] SIEMENS, "How to conduct a failure modes and effects analysis (FMEA)," 2016. Accessed: Feb. 03, 2023. [Online]. Available: www.siemens.com/polarion