

Evaluasi Komponen Kritis dan Penentuan Strategi Pemeliharaan Berbasis *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) - Reliability Centered Maintenance (RCM)* Untuk Mengurangi *Downtime* Pada Penyulang Cempa

Khairunnisa Qurnaini ^{1*}, Lamatinulu ²⁾, Nurhayati Rauf ³⁾

¹²³⁾ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

Email : nisaqurnaini@gmail.com¹⁾, lamatinulu@umi.ac.id²⁾, nurhayati.rauf@umi.ac.id³⁾

INFORMASI ARTIKEL

Diterima:
17/01/2026

Diperbaiki:
15/02/2026

Disetujui:
28/02/2026

Diterbitkan:
30/03/2026

ABSTRAK

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi komponen kritis pada Penyulang Cempa serta menentukan strategi pemeliharaan yang paling efektif guna mengurangi *downtime* dan meningkatkan keandalan sistem distribusi listrik.

Desain/Metodologi/Pendekatan: Penelitian menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi risiko kegagalan komponen berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), serta *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) untuk menentukan strategi pemeliharaan yang sesuai dan efektif.

Temuan/Hasil: Hasil evaluasi menunjukkan bahwa komponen Recloser dan Sectionalizer merupakan komponen paling kritis pada Penyulang Cempa dengan nilai RPN masing-masing sebesar 341, lebih tinggi dibandingkan nilai rata-rata RPN sebesar 235. Analisis keandalan menunjukkan bahwa Recloser memiliki tingkat keandalan sebesar 17,5%, sedangkan Sectionalizer sebesar 50%, yang mengindikasikan perlunya perhatian khusus dalam pengelolaan pemeliharaan kedua komponen tersebut.

Dampak: Hasil penelitian menjadi dasar untuk meningkatkan keandalan dan mengurangi downtime Penyulang Cempa PT PLN (Persero) ULP Pekkabata.

Kesimpulan: Berdasarkan hasil analisis FMEA dan RCM, strategi pemeliharaan yang direkomendasikan untuk komponen kritis pada Penyulang Cempa adalah *Condition Directed (CD) Maintenance*, yaitu pemeliharaan berbasis kondisi. Strategi ini diprioritaskan karena mampu mendeteksi indikasi penurunan kinerja komponen secara dini, sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan sebelum terjadi kegagalan. Pada akhirnya, hal ini berkontribusi pada peningkatan keandalan sistem dan pengurangan downtime pada Penyulang Cempa.

Kata kunci: *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA); *Reliability Centered Maintenance* (RCM); Komponen Kritis; Strategi Pemeliharaan; *Downtime*.



DOI: <https://doi.org/10.3926/japsi.v4i1.2375>

2026 The Author(s). This open-access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 license.

Situs web: <https://jurnal.fti.umi.ac.id/index.php/JAPSI>

1. PENDAHULUAN

Sistem distribusi tenaga listrik memegang peranan penting dalam menjamin kontinuitas pasokan energi bagi pelanggan (Utomo et al., 2025). Pertumbuhan konsumsi listrik di Indonesia yang mencapai sekitar 4–6% per tahun mendorong peningkatan tuntutan terhadap keandalan jaringan distribusi

(Gusmedi et al., 2024). Salah satu indikator kinerja distribusi adalah tingkat gangguan dan durasi pemadaman yang terjadi pada penyulang (Kusrini et al., 2022; Safitri, Fole, & 'Aini, 2025). Gangguan yang tidak tertangani dengan baik dapat menyebabkan penurunan kualitas pelayanan, kerugian ekonomi, serta meningkatnya ketidakpuasan pelanggan (Kulsaputro et al., 2026; Situmeang et al., 2022). Oleh karena itu, peningkatan keandalan sistem distribusi menjadi fokus utama dalam pengelolaan jaringan tenaga listrik modern ('Aini et al., 2026; Enjavimadar & Rastegar, 2022).

Keandalan penyulang dipengaruhi oleh kondisi komponen proteksi dan pengendalian seperti *Recloser*, *Sectionalizer*, *Load Break Switch (LBS)*, dan *Fuse Cut Out (FCO)*. Kegagalan pada komponen-komponen tersebut dapat menyebabkan gangguan berulang, memperpanjang waktu pemulihan sistem, dan meningkatkan *downtime* (Gusmedi et al., 2024; Lamatinulu & Henny Setiawati, 2023; Rafsanjani et al., 2024; Situmeang et al., 2022; Tahir et al., 2024). Data operasional menunjukkan bahwa sebagian besar gangguan pada jaringan distribusi berkaitan dengan kerusakan peralatan proteksi dan keterlambatan tindakan pemeliharaan (Fole, 2025; Safitri, Fole, Herdianzah, et al., 2025; Utomo et al., 2025). Kondisi ini menunjukkan bahwa identifikasi komponen yang memiliki risiko kegagalan tertinggi menjadi langkah penting dalam upaya meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik (Enjavimadar & Rastegar, 2022; Situmeang et al., 2022).

Salah satu penyulang yang menghadapi permasalahan tersebut adalah Penyulang Cempa di PT PLN (Persero) ULP Pekkabata. Berdasarkan data gangguan periode Januari–Juni 2025, penyulang ini mengalami 57 kali gangguan dengan total *downtime* sebesar 35,37 jam. Nilai tersebut melebihi target kinerja yang ditetapkan perusahaan, yaitu sekitar 15 jam selama enam bulan. Tingginya frekuensi gangguan dan durasi pemadaman mengindikasikan adanya komponen yang memiliki tingkat kritis tinggi dan berkontribusi signifikan terhadap penurunan keandalan sistem (Gusmedi et al., 2024; Utomo et al., 2025). Kondisi tersebut memerlukan evaluasi yang lebih mendalam untuk menentukan prioritas perbaikan (Herlina et al., 2025; Situmeang et al., 2022).

Berbagai penelitian telah memanfaatkan metode *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)* untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan menentukan tingkat risiko komponen melalui nilai *Risk Priority Number (RPN)* (Enjavimadar & Rastegar, 2022; Wu et al., 2021). Metode ini dinilai efektif dalam menentukan prioritas penanganan berdasarkan tingkat keparahan, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksi kegagalan (Herlina et al., 2025; Qiyamulilhaq et al., 2025). Selain itu, pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* telah banyak digunakan untuk menentukan kebijakan pemeliharaan yang sesuai berdasarkan fungsi peralatan, konsekuensi kegagalan, dan tingkat keandalan sistem (Ar-Royyan & Mukhtar, 2023; Geisbush & Ariaratnam, 2023). Integrasi kedua metode tersebut terbukti mampu mendukung pengambilan keputusan pemeliharaan yang lebih sistematis dan terukur (Patil et al., 2022).

Meskipun penelitian mengenai FMEA maupun RCM telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian hanya berfokus pada identifikasi risiko kegagalan atau penentuan strategi pemeliharaan secara terpisah (Patil et al., 2022; Wu et al., 2021). Penelitian yang mengintegrasikan kedua metode untuk mengevaluasi komponen kritis pada sistem distribusi listrik, khususnya pada Penyulang Cempa PT PLN (Persero) ULP Pekkabata, masih sangat terbatas (Ar-Royyan & Mukhtar, 2023; Geisbush & Ariaratnam, 2023). Selain itu, belum banyak penelitian yang mengaitkan hasil identifikasi komponen kritis dengan penentuan jenis pemeliharaan yang spesifik untuk mengurangi *downtime*. Kondisi ini menjadi celah penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi komponen kritis pada Penyulang Cempa menggunakan metode FMEA serta menentukan strategi pemeliharaan yang tepat melalui pendekatan RCM (Ar-Royyan & Mukhtar, 2023; Geisbush & Ariaratnam, 2023; Situmeang et al., 2022). Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan rekomendasi pemeliharaan yang efektif untuk mengurangi *downtime*, meningkatkan keandalan sistem distribusi listrik, serta menjadi dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan aset dan program pemeliharaan di PT PLN (Persero) ULP Pekkabata.

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mengevaluasi komponen kritis serta menentukan strategi pemeliharaan yang tepat pada Penyulang Cempa di PT PLN (Persero) ULP Pekkabata. Metode yang digunakan adalah FMEA untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi tingkat risiko kegagalan komponen (Gusmedi et al., 2024; Utomo et al., 2025), serta RCM untuk menentukan strategi pemeliharaan yang sesuai. Data penelitian diperoleh dari data historis

gangguan Penyulang Cempa periode Januari–Juni 2025, hasil observasi lapangan, wawancara, dan kuesioner yang melibatkan personel operasi serta pemeliharaan jaringan distribusi.

2.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung pada sistem distribusi Penyulang Cempa, wawancara dengan pihak yang terlibat dalam operasi dan pemeliharaan jaringan, penyebaran kuesioner untuk penilaian parameter *severity*, *occurrence*, dan *detection*, serta studi literatur yang relevan dengan metode *FMEA* dan *RCM*. Data sekunder berupa data gangguan, data waktu kegagalan (*Time To Failure*), dan data waktu perbaikan (*Time To Repair*) diperoleh dari PT PLN (Persero) ULP Pekkabata.

2.2 Metode Pengolahan dan Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengidentifikasi komponen kritis, mengevaluasi tingkat risiko kegagalan, menghitung parameter keandalan, serta menentukan strategi pemeliharaan yang sesuai dengan menggunakan pendekatan *FMEA* dan *RCM*. Tahapan analisis data dilakukan sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data gangguan, data waktu kegagalan (*Time To Failure*), dan data waktu perbaikan (*Time To Repair*) pada komponen Penyulang Cempa.
2. Mengidentifikasi fungsi komponen, mode kegagalan, penyebab kegagalan, dan dampaknya menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*.
3. Menentukan nilai *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, dan *Detection (D)*, kemudian menghitung *Risk Priority Number (RPN)* untuk setiap komponen.
4. Menentukan komponen kritis berdasarkan nilai *RPN* tertinggi dan melakukan analisis distribusi risiko menggunakan diagram Pareto.
5. Mengidentifikasi distribusi data kegagalan dan perbaikan serta menghitung parameter keandalan yang meliputi *Mean Time To Failure (MTTF)*, *Mean Time To Repair (MTTR)*, dan *Reliability*.
6. Melakukan analisis *RCM* melalui *Logic Tree Analysis (LTA)* untuk menentukan kategori konsekuensi kegagalan pada komponen kritis.
7. Menentukan strategi pemeliharaan yang sesuai berdasarkan hasil analisis *RCM* serta menyusun rekomendasi pemeliharaan untuk mengurangi *downtime* dan meningkatkan keandalan Penyulang Cempa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil analisis data menggunakan metode *FMEA* dan *RCM* untuk mengidentifikasi komponen kritis, mengevaluasi keandalan, serta menentukan strategi pemeliharaan yang tepat pada Penyulang Cempa.

3.1 Identifikasi Komponen dan Mode Kegagalan Penyulang Cempa

Tahap identifikasi dilakukan untuk menentukan komponen utama yang berpotensi mengalami kegagalan pada Penyulang Cempa beserta fungsi, penyebab, dan dampak kegagalannya terhadap sistem distribusi listrik.

Tabel 1. Identifikasi Komponen dan Mode Kegagalan Penyulang Cempa

No	Komponen	Fungsi Komponen	Mode Kegagalan (<i>Failure Mode</i>)	Penyebab Kegagalan (<i>Failure Cause</i>)	Dampak Kegagalan (<i>Failure Effect</i>)
1	<i>Recloser</i>	Memutus dan menyambung arus secara otomatis saat terjadi gangguan	Gagal <i>trip</i> atau gagal <i>reclose</i>	Kerusakan mekanisme operasi, gangguan sistem kontrol, dan kegagalan proteksi	Gangguan tidak dapat diisolasi sehingga menyebabkan pemadaman lebih luas
2	<i>Sectionalizer</i>	Mengisolasi bagian jaringan yang mengalami gangguan	Gagal membuka saat terjadi gangguan	Kerusakan mekanisme <i>switching</i> dan ketidaksesuaian koordinasi proteksi	Area gangguan tidak terlokalisasi dan memperluas wilayah pemadaman

No	Komponen	Fungsi Komponen	Mode Kegagalan (<i>Failure Mode</i>)	Penyebab Kegagalan (<i>Failure Cause</i>)	Dampak Kegagalan (<i>Failure Effect</i>)
3	<i>Load Break Switch</i> (LBS)	Melakukan manuver jaringan dan pengalihan beban	Tidak dapat beroperasi saat manuver jaringan	Keausan komponen mekanis dan gangguan sistem isolasi	Pengalihan beban menjadi terhambat
4	<i>Fuse Cut Out</i> (FCO)	Melindungi jaringan dari arus lebih dan hubung singkat	Gagal memutus arus gangguan	Kerusakan <i>fuse link</i> dan arus lebih berlebihan	Gangguan dapat menyebabkan pemadaman pada segmen jaringan

Sumber : Data Diperoleh (2026)

Berdasarkan Tabel 1, komponen *Recloser*, *Sectionalizer*, *Load Break Switch* (LBS), dan *Fuse Cut Out* (FCO) memiliki karakteristik kegagalan yang berbeda. Kegagalan pada *recloser* dan *sectionalizer* berpotensi memberikan dampak yang lebih besar terhadap kontinuitas penyaluran energi listrik karena keduanya berhubungan langsung dengan fungsi proteksi dan isolasi terhadap gangguan. Hasil identifikasi ini menjadi dasar dalam analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk menentukan tingkat risiko masing-masing komponen.

3.2 Analisis Risiko Kegagalan Menggunakan FMEA

Analisis FMEA dilakukan untuk mengevaluasi tingkat risiko kegagalan pada setiap komponen Penyulang Cempa. Penilaian risiko dilakukan menggunakan parameter *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) berdasarkan hasil kuesioner dan wawancara dengan personel operasi dan pemeliharaan. Nilai ketiga parameter tersebut digunakan untuk menggambarkan tingkat dampak, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksi terhadap potensi kegagalan pada sistem distribusi listrik.

Tabel 2. Hasil Analisis Risiko Kegagalan Menggunakan FMEA

No	Komponen	<i>Failure Mode</i>	S	O	D
1	<i>Recloser</i>	Gagal <i>trip</i> atau gagal <i>reclose</i>	6,6	8,6	6
2	<i>Sectionalizer</i>	Gagal mengisolasi jaringan yang mengalami gangguan	8,4	5,2	7,8
3	<i>Load Break Switch</i> (LBS)	Tidak dapat beroperasi saat manuver jaringan	7	3,2	6,6
4	<i>Fuse Cut Out</i> (FCO)	Tidak bekerja sesuai fungsi proteksi	7,4	2	7,6

Sumber : Pengolahan Data (2026)

Berdasarkan Tabel 2, komponen *Recloser* memiliki nilai *Occurrence* tertinggi sebesar 8,6, yang menunjukkan bahwa frekuensi kegagalan relatif lebih sering dibandingkan komponen lainnya. Sementara itu, *Sectionalizer* memiliki nilai *Severity* tertinggi sebesar 8,4 dan nilai *Detection* sebesar 7,8, yang mengindikasikan dampak kegagalan yang lebih besar serta tingkat kesulitan deteksi yang tinggi. Sebaliknya, *Load Break Switch* (LBS) dan *Fuse Cut Out* (FCO) memiliki nilai *Occurrence* lebih rendah, sehingga tingkat risiko awalnya relatif lebih kecil. Nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* selanjutnya digunakan dalam perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan prioritas risiko kegagalan setiap komponen.

3.3 Penentuan Komponen Kritis Berdasarkan Nilai Risk Priority Number (RPN)

Penentuan komponen kritis dilakukan berdasarkan hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) yang diperoleh dari analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Nilai RPN digunakan untuk mengukur tingkat prioritas risiko kegagalan setiap komponen. Komponen yang memiliki nilai RPN lebih besar daripada nilai rata-rata RPN dikategorikan sebagai komponen kritis karena berpotensi memberikan dampak yang lebih besar terhadap gangguan sistem dan peningkatan *downtime* pada Penyulang Cempa.

Tabel 3. Penentuan Komponen Kritis Berdasarkan Nilai RPN

No	Komponen	Nilai RPN	Kategori
1	<i>Recloser</i>	341	Kritis

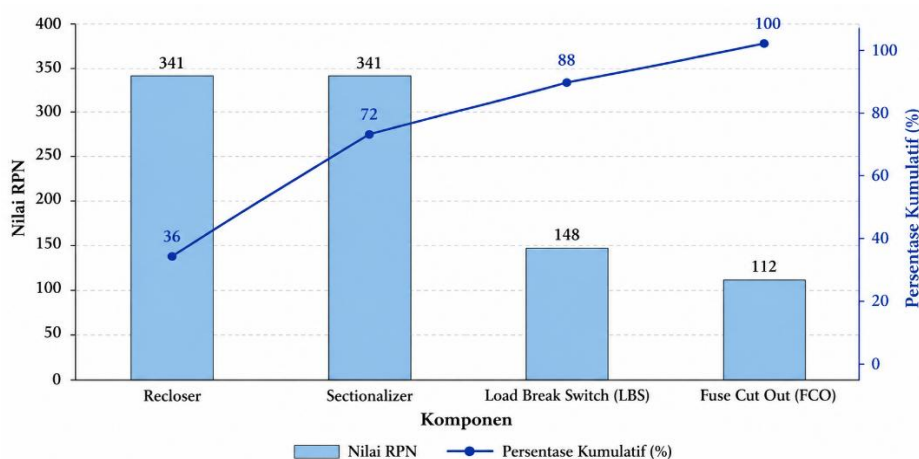
No	Komponen	Nilai RPN	Kategori
2	<i>Sectionalizer</i>	341	Kritis
3	<i>Load Break Switch (LBS)</i>	148	Tidak Kritis
4	<i>Fuse Cut Out (FCO)</i>	112	Tidak Kritis
	Rata-rata RPN	235	-

Sumber : Pengolahan Data (2026)

Berdasarkan Tabel 3, nilai rata-rata *RPN* yang diperoleh sebesar 235. Komponen *Recloser* dan *Sectionalizer* memiliki nilai *RPN* masing-masing sebesar 341, sehingga dikategorikan sebagai komponen kritis karena melebihi nilai rata-rata tersebut. Sebaliknya, *Load Break Switch (LBS)* dan *Fuse Cut Out (FCO)* memiliki nilai *RPN* masing-masing sebesar 148 dan 112, sehingga termasuk dalam kategori tidak kritis. Hasil ini menunjukkan bahwa *Recloser* dan *Sectionalizer* merupakan komponen yang paling berkontribusi terhadap gangguan dan *downtime* pada Penyulang Cempa serta memerlukan prioritas pemeliharaan yang lebih tinggi.

3.4 Analisis Prioritas Risiko Menggunakan Diagram Pareto

Analisis Diagram Pareto digunakan untuk mengevaluasi distribusi kontribusi risiko kegagalan berdasarkan nilai *Risk Priority Number (RPN)*. Pendekatan ini membantu mengidentifikasi komponen yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total risiko sistem, sehingga dapat ditetapkan sebagai prioritas utama dalam program pemeliharaan dan peningkatan keandalan Penyulang Cempa.



Gambar 1. Diagram Pareto Nilai RPN Komponen Penyulang Cempa

Sumber : Pengolahan Data (2026)

Berdasarkan Gambar 1, diagram Pareto komponen *Recloser* dan *Sectionalizer* memberikan kontribusi risiko terbesar dengan persentase masing-masing sebesar 36%, sehingga persentase kumulatif mencapai 72% dari total risiko kegagalan. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar potensi gangguan pada Penyulang Cempa berasal dari kedua komponen tersebut. Oleh karena itu, *Recloser* dan *Sectionalizer* menjadi prioritas utama dalam penyusunan strategi pemeliharaan untuk mengurangi *downtime* dan meningkatkan keandalan sistem distribusi listrik.

3.5 Analisis Distribusi Waktu Kegagalan dan Waktu Perbaikan

Analisis distribusi dilakukan untuk menentukan model probabilitas yang paling sesuai dalam merepresentasikan data *Time To Failure (TTF)* dan *Time To Repair (TTR)* pada komponen kritis Penyulang Cempa. Pemilihan distribusi didasarkan pada nilai *Index of Fit* tertinggi, sehingga distribusi yang terpilih mampu menggambarkan pola kegagalan dan perbaikan komponen secara lebih akurat serta dapat digunakan sebagai dasar perhitungan parameter keandalan.

Tabel 5. Distribusi Terpilih Berdasarkan Nilai *Index of Fit*

No	Komponen	Parameter	Normal	Lognormal	Weibull	Eksponensial	Distribusi Terpilih
1	<i>Recloser</i>	TTF	0,829	0,92	0,955	0,954	Weibull
		TTR	0,624	0,861	0,757	0,835	Lognormal
2	<i>Sectionalizer</i>	TTF	0,934	0,871	0,907	0,875	Normal
		TTR	0,941	0,88	0,929	0,911	Normal

Sumber : Pengolahan Data (2026)

Berdasarkan Tabel 5, data *TTF* pada komponen *Recloser* memiliki nilai *Index of Fit* tertinggi sebesar 0,955 sehingga mengikuti distribusi Weibull, sedangkan data *TTR* mengikuti distribusi lognormal dengan nilai 0,861. Pada komponen *Sectionalizer*, distribusi Normal terpilih untuk data *TTF* dan *TTR* dengan nilai *Index of Fit* masing-masing sebesar 0,934 dan 0,941. Hasil ini menunjukkan bahwa karakteristik kegagalan dan perbaikan setiap komponen berbeda, sehingga pemodelan distribusi yang tepat diperlukan untuk menghasilkan perhitungan keandalan yang lebih akurat pada tahap selanjutnya.

3.6 Analisis Parameter Keandalan Komponen Kritis

Analisis parameter keandalan dilakukan untuk mengevaluasi kinerja komponen kritis berdasarkan karakteristik kegagalan dan perbaikannya. Pengukuran keandalan menggunakan parameter *Mean Time To Failure (MTTF)*, *Mean Time To Repair (MTTR)*, dan *Reliability* untuk mengetahui kemampuan komponen beroperasi tanpa mengalami kegagalan dalam periode tertentu. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas pemeliharaan guna meningkatkan keandalan sistem distribusi listrik pada Penyulang Cempa.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Parameter Keandalan Komponen Kritis

No	Komponen	MTTF (Jam)	MTTR (Jam)	Reliability (%)
1	<i>Recloser</i>	223,843	0,162	17,5
2	<i>Sectionalizer</i>	368,107	1,55	50

Sumber : Pengolahan Data (2026)

Berdasarkan Tabel 6, komponen *Sectionalizer* memiliki nilai *MTTF* tertinggi sebesar 368,107 jam yang menunjukkan rata-rata waktu operasi lebih lama sebelum mengalami kegagalan dibandingkan *Recloser* sebesar 223,843 jam. Namun, *Sectionalizer* memiliki nilai *MTTR* lebih tinggi, yaitu 1,550 jam, sedangkan *Recloser* hanya 0,162 jam. Nilai *Reliability* menunjukkan bahwa *Sectionalizer* memiliki tingkat keandalan sebesar 50%, lebih tinggi dibandingkan dengan *Recloser* sebesar 17,5%. Hasil ini mengindikasikan bahwa *Recloser* merupakan komponen yang paling rentan mengalami kegagalan dan memerlukan perhatian lebih dalam program pemeliharaan.

3.7 Analisis Reliability Centered Maintenance (RCM)

Analisis *Reliability Centered Maintenance (RCM)* dilakukan untuk menentukan konsekuensi kegagalan serta strategi pemeliharaan yang paling sesuai pada komponen kritis Penyulang Cempa. Tahapan analisis menggunakan *Logic Tree Analysis (LTA)* untuk mengevaluasi karakteristik kegagalan berdasarkan aspek *evident*, *safety*, dan *outage*. Hasil evaluasi digunakan untuk mengelompokkan kategori kegagalan serta menentukan tindakan pemeliharaan yang efektif dalam meningkatkan keandalan sistem distribusi listrik dan mengurangi *downtime*.

Tabel 7. Hasil *Logic Tree Analysis (LTA)* Komponen Kritis

No	Komponen	Fungsi Komponen	Failure Mode	Evident	Safety	Outage	Kategori LTA
1	<i>Recloser</i>	Memutus dan menyambung arus secara otomatis saat terjadi gangguan	Gagal <i>trip</i> atau gagal <i>reclose</i>	Y	N	Y	B
2	<i>Sectionalizer</i>	Mengisolasi bagian jaringan yang mengalami gangguan	Gagal membuka saat terjadi gangguan	Y	N	Y	B

Sumber : Pengolahan Data (2026)

Berdasarkan Tabel 7, komponen *Recloser* dan *Sectionalizer* memiliki kategori LTA yang sama, yaitu kategori B. Kategori ini menunjukkan bahwa kegagalan komponen bersifat *evident* atau mudah diketahui saat terjadi gangguan, tidak menimbulkan risiko keselamatan secara langsung (*safety*), namun berdampak pada terhentinya penyaluran energi listrik (*outage*). Hasil tersebut mengindikasikan bahwa kedua komponen memiliki pengaruh signifikan terhadap kontinuitas pelayanan listrik sehingga memerlukan strategi pemeliharaan yang mampu mendeteksi penurunan kondisi peralatan sebelum terjadi kegagalan yang menyebabkan peningkatan *downtime* pada Penyulang Cempa.

3.8 Penentuan Strategi Pemeliharaan dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*, komponen *Recloser* dan *Sectionalizer* ditetapkan sebagai komponen kritis karena memiliki nilai *Risk Priority Number (RPN)* tertinggi, yaitu masing-masing sebesar 341, melebihi nilai rata-rata *RPN* sebesar 235. Hasil analisis Pareto juga menunjukkan bahwa kedua komponen tersebut memberikan kontribusi risiko sebesar 72% terhadap total risiko kegagalan sistem (Ananda et al., 2024; Fajar et al., 2024). Selain itu, hasil analisis keandalan menunjukkan bahwa nilai *Reliability* pada *Recloser* hanya sebesar 17,5% dan *Sectionalizer* sebesar 50%, sehingga kedua komponen memerlukan perhatian khusus dalam kegiatan pemeliharaan untuk mengurangi potensi gangguan dan *downtime* pada Penyulang Cempa.

Hasil analisis *Reliability Centered Maintenance (RCM)* melalui *Logic Tree Analysis (LTA)* menunjukkan bahwa *Recloser* dan *Sectionalizer* termasuk dalam kategori B, yaitu kegagalan yang bersifat *evident* dan berdampak pada terjadinya gangguan suplai listrik (*outage*). Berdasarkan kategori tersebut, strategi pemeliharaan yang direkomendasikan adalah *Condition Directed (CD) maintenance*. Pemilihan strategi ini didasarkan pada karakteristik kegagalan kedua komponen yang umumnya diawali oleh penurunan kondisi mekanisme operasi, sistem kontrol, maupun sistem proteksi yang masih dapat dideteksi melalui kegiatan inspeksi dan pemantauan kondisi secara berkala sebelum terjadi kegagalan fungsional (Rauf et al., 2023; Taufiq et al., 2025).

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ar-Royyan & Mukhtar, 2023; Geisbush & Ariaratnam, 2023) yang menyatakan bahwa penerapan *RCM* mampu meningkatkan efektivitas pemeliharaan melalui pemilihan kebijakan pemeliharaan yang sesuai dengan karakteristik kegagalan peralatan. Hasil penelitian ini juga memperkuat temuan (Chairany et al., 2023; Enjavimadar & Rastegar, 2022; Wu et al., 2021) bahwa integrasi *FMEA* dan *RCM* efektif dalam menentukan prioritas pemeliharaan pada sistem distribusi tenaga listrik. Dengan demikian, penerapan *Condition Directed Maintenance* pada *Recloser* dan *Sectionalizer* diharapkan mampu meningkatkan keandalan sistem distribusi, menurunkan frekuensi gangguan, serta mengurangi *downtime* pada Penyulang Cempa PT PLN (Persero) ULP Pekkabata.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)* dan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* pada Penyulang Cempa PT PLN (Persero) ULP Pekkabata, diperoleh bahwa komponen *Recloser* dan *Sectionalizer* merupakan komponen kritis yang memiliki tingkat risiko kegagalan tertinggi dengan nilai *Risk Priority Number (RPN)* masing-masing sebesar 341, lebih tinggi dibandingkan nilai rata-rata *RPN* sebesar 235. Hasil analisis Pareto menunjukkan bahwa kedua komponen tersebut memberikan kontribusi risiko sebesar 72% terhadap total risiko kegagalan sistem. Analisis keandalan menunjukkan bahwa *Recloser* memiliki nilai *Mean Time To Failure (MTTF)* sebesar 223,843 jam, *Mean Time To Repair (MTTR)* sebesar 0,162 jam, dan *Reliability* sebesar 17,5%, sedangkan *Sectionalizer* memiliki *MTTF* sebesar 368,107 jam, *MTTR* sebesar 1,550 jam, dan *Reliability* sebesar 50%. Hasil *Logic Tree Analysis (LTA)* mengategorikan kedua komponen dalam kategori B sehingga strategi pemeliharaan yang direkomendasikan adalah *Condition Directed Maintenance (CD)*. Penerapan strategi tersebut diharapkan mampu meningkatkan keandalan sistem distribusi listrik, menurunkan frekuensi gangguan, dan mengurangi *downtime* pada Penyulang Cempa. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan periode data yang lebih panjang serta mengombinasikan metode *FMEA-RCM* dengan *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis (FMECA)*, *Fault Tree Analysis (FTA)*, *Markov Analysis*, atau *Monte Carlo Simulation* untuk menghasilkan evaluasi risiko dan keandalan yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- 'Aini, N., Safitri, K. N., & Fole, A. (2026). Analisis Dan Pengendalian Risiko Keselamatan Kerja Pada Sistem Distribusi Produk Elektronik Menggunakan Metode HIRADC. *Jurnal Liga Ilmu Serantau*, 3(1), 72–84.
- Ananda, G., Putra, D., Afiah, I. N., Alisyahbana, T., & Fole, A. (2024). Penerapan Job Safety Analysis Untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja Di Industri Manufaktur: Studi Kasus Di PT. ITSS. *JAPSI: Jurnal Aplikasi Dan Pengembangan Sistem Industri*, 2(2), 97–104. <https://doi.org/10.3926/japsi.v2i2.1562>
- Ar-Royyan, D., & Mukhtar, M. N. A. (2023). Perencanaan Preventive Maintenance Line Produksi dengan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) di PT Raya. *Profisiensi: Jurnal Program Studi Teknik Industri*, 11(1), 011–020. <https://doi.org/10.33373/profis.v11i1.5081>
- Chairany, N., Padhil, A., Mail, A., & Rauf, N. (2023). Risk Analysis of Supply Chain Food Loss on Fishery Products Using Failure Mode Effect and Supply Chain Operation Reference Model. *Industrial Engineering and Management Systems*, 22(1), 31–42. <https://doi.org/10.7232/iems.2023.22.1.031>
- Enjavimadar, M., & Rastegar, M. (2022). Optimal reliability-centered maintenance strategy based on the failure modes and effect analysis in power distribution systems. *Electric Power Systems Research*, 203, 107647. <https://doi.org/10.1016/j.eprsr.2021.107647>
- Fajar, M., Rauf, N., & Ahmad, A. (2024). Analisis Kepuasan Konsumen Terhadap Kualitas Pelayanan Distribusi Benur Vanname Menggunakan Metode Servqual Dan IGA Pada PT. EPU. *JAPSI: Jurnal Aplikasi dan Pengembangan Sistem Industri*, 2, 77–85. <https://doi.org/10.3926/japsi.v2i2.1237>
- Fole, A. (2025). *Inovasi Mitigasi Risiko Dalam Sistem Rantai Pasok*. CV. Adanu Abimata. <https://penerbitadab.id/inovasi-mitigasi-risiko-dalam-sistem-rantai-pasok>
- Geisbush, J., & Ariaratnam, S. T. (2023). Reliability Centered maintenance (RCM): literature review of current industry state of practice. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 29(2), 313–337. <https://doi.org/10.1108/JQME-02-2021-0018>
- Gusmedi, H., Hakim, L., & Ramadan, R. (2024). Evaluasi Keandalan Jaringan Distribusi 20 KV Penyulang Stroberi 2 PT. PLN (Persero) ULP Kota Metro dengan metode Failure Mode And Effects Analysis (FMEA). *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(1), 61–67. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i1.3617>
- Herlina, A., Lantara, D. A., & Alisyahbana, T. (2025). Evaluasi Kerusakan pada Peningkatan Kualitas Produk Pakan Ternak dengan Metode FTA dan FMEA DI UD. CI. *JAPSI: Jurnal Aplikasi Dan Pengembangan Sistem Industri*, 3(1), 57–66. <https://doi.org/10.3926/japsi.v3i1.2159>
- Kulsaputro, J., Fole, A., Safitri, K. N., Herdianzah, Y., Nur, T., & Erniyani. (2026). Lean Manufacturing : Konsep, Prinsip, dan Aplikasi dalam Industri Modern. *Nobel Press*, 1–330. <https://nobelpress.nobel.ac.id/katalog/lean-manufacturing-konsep-prinsip-dan-aplikasi-dalam-industri-modern>
- Kusrini, E., Safitri, K. N., & Fole, A. (2022). Mitigasi Resiko di Distribusi Sustainable Supply Chain Management Menggunakan Metode House Of Risk (HOR). *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 7(1), 14–23. <https://doi.org/10.32502/js.v7i1.4348>
- Lamatinulu, & Henny Setiawati. (2023). Priority weight of main performance indicators on lecturers' personality competency in the design of performance measurement models in private higher education. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 17(1), 807–814. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.17.1.0104>
- Patil, S. S., Bewoor, A. K., Kumar, R., Ahmadi, M. H., Sharifpur, M., & PraveenKumar, S. (2022). Development of Optimized Maintenance Program for a Steam Boiler System Using Reliability-Centered Maintenance Approach. *Sustainability*, 14(16), 10073. <https://doi.org/10.3390/su141610073>
- Qiyamulilhaq, Lantara, D., & Nur, T. (2025). Analisis Faktor Tidak Tercapainya Target Rencana Kerja Produksi Nikel Dengan Metode FMEA pada PT. ANTAM UBPN. *JAPSI: Jurnal Aplikasi Dan Pengembangan Sistem Industri*, 3(4), 193–200. <https://doi.org/10.3926/japsi.v3i4.2255>
- Rafsanjani, A. A., Lamatinulu, Chairany, N., & Fole, A. (2024). Optimisasi Pengendalian Persediaan Spare Part Alat Berat Menggunakan Metode Continuous Review: Studi Kasus PT. Kasmar Tiar

- Raya di Kabupaten Kolaka Utara. *Journal of Industrial Engineering Innovation*, 2(01), 9–20. <https://doi.org/10.58227/jiei.v2i01.120>
- Rauf, N., Padhil, A., & Yanti, R. (2023). Crude Palm Oil (CPO) Quality Control Using Statistical Quality Control (SQC) and Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Methods at PT. XYZ. In *International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES) ISSN* (Vol. 11). www.ijres.org
- Safitri, K. N., Fole, A., & 'Aini, N. (2025). Optimalisasi Rute Distribusi Peralatan Elektronik: Inovasi Metode Saving Matrix dan Nearest Neighbor. *Jurnal Teknik Ibnu Sina (JT-IBSI)*, 10(1), 87–98. <https://doi.org/10.36352/jt-ibsi.v10i1.1179>
- Safitri, K. N., Fole, A., Herdianzah, Y., Aini, N., & Riana, R. I. (2025). *Supply Chain Unggul : Strategi Meningkatkan Performa Rantai Pasok di Industri Manufaktur*. <https://dewapublishing.com/book/supply-chain-unggul-strategi-meningkatkan-performa-rantai-pasok-di-industri-manufaktur/>
- Situmeang, U., Rivandi, R. O., & Tanjung, A. (2022). Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Okura di PT. PLN (Persero) ULP Rumbai dengan metode FMEA. *Jurnal Teknik*, 16(1), 80–87.
- Tahir, M. R., Saleh, A., Lamatinulu, & Fole, A. (2024). Penentuan Jumlah Produksi yang Optimal untuk Memaksimalkan Keuntungan dengan Menggunakan Metode Linear Programming pada UD. Adi Jaya Meubel. *Journal of Industrial Engineering Innovation*, 2(02), 65–71. <https://doi.org/10.58227/jiei.v2i02.130>
- Taufiq, M., Rauf, N., & Herdianzah, Y. (2025). Analisis Kepuasan Pelanggan Terhadap Kualitas Pelayanan Jasa Pembuatan Interior Menggunakan Metode Servqual dan IPA. *JAPSI: Jurnal Aplikasi dan Pengembangan Sistem Industri*, 3(2), 106–114. <https://doi.org/10.3926/japsi.v3i2.2188>
- Utomo, A. P., Kisworo, D., Saputra, Y. A., & Latifa, U. (2025). Inspeksi Gangguan Pada Jaringan Distribusi Sutm Jangkauan PT PLN (Persero) UP3 Cikarang ULP Lemah Abang. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3), 2086–2093. <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3.6678>
- Wu, Z., Liu, W., & Nie, W. (2021). Literature review and prospect of the development and application of FMEA in manufacturing industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 112(5–6), 1409–1436. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-06425-0>