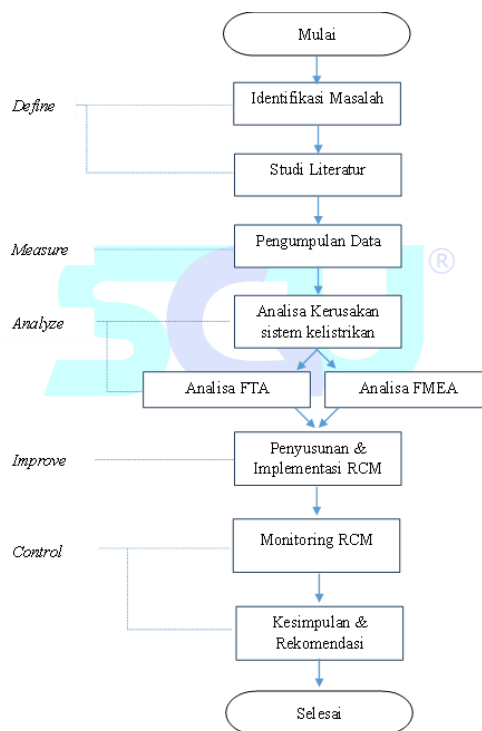


BAB 3 - METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Kerja Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan RCM sebagai kerangka utama untuk meningkatkan keandalan sistem kelistrikan di barge loader PT. ABC *site* DEF. Sesuai dengan Gambar 14 untuk mendukung penerapan RCM secara efektif, digunakan dua metode analisis pendukung, yaitu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA).



Gambar 14 *Flowchart* Penelitian

Penelitian ini disusun menggunakan pendekatan DMAIC yang banyak digunakan dalam peningkatan berbasis data, sistem rekayasa, dan peningkatan kualitas. Kerangka berpikir penelitian disusun sebagai berikut:

1. RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

Menjadi pendekatan utama dalam merancang strategi pemeliharaan yang tepat berdasarkan tingkat keandalan dan konsekuensi kegagalan komponen. RCM digunakan pada tahap perbaikan (*Improve phase*) untuk menentukan jenis tugas perawatan yang optimal (*preventive, predictive, atau corrective*).

2. FTA (*Fault Tree Analysis*)

Digunakan pada tahap *Analyze phase* untuk mengidentifikasi dan memvisualisasikan hubungan sebab-akibat dari kegagalan sistem secara hierarkis.

Hasil FTA membantu menentukan *top event* dan probabilitas terjadinya kegagalan sistem.

3. FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Melengkapi hasil FTA dengan melakukan penilaian risiko berdasarkan *Severity, Occurrence, dan Detection*, kemudian menghitung *Risk Priority Number (RPN)*. FMEA digunakan untuk memprioritaskan komponen kritis yang perlu ditangani dalam strategi RCM.

Untuk menggambarkan alur pelaksanaan penelitian secara sistematis, disusun rencana penelitian dalam bentuk tabel. Tabel ini memuat daftar tugas utama beserta estimasi waktu pelaksanaan selama periode penelitian dan bisa dilihat di Tabel 3.

Tabel 3 *Timeline* Pelaksanaan Skripsi

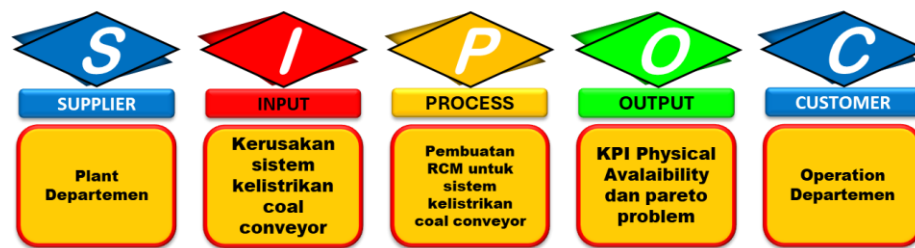
Aktivitas	September	Oktober	November	Desember
Proposal Penelitian	✓			
Studi Literatur	✓			
Pengumpulan Data		✓		
Analisa Data		✓	✓	
Penyusunan RCM			✓	✓
Penulisan Skripsi		✓	✓	✓

3.2 Define

Sistem kelistrikan pada *barge loader* batubara sering terpapar kondisi lingkungan yang berat seperti debu batubara, kelembapan, dan getaran, yang mempercepat degradasi isolasi, kendornya sambungan listrik, serta kerusakan komponen. Kondisi tersebut sering menyebabkan terjadinya korsleting, kerusakan motor, sehingga berdampak pada keandalan keseluruhan operasi barge loader. Selama ini, perawatan umumnya dilakukan setelah terjadi kerusakan (reaktif), yang mengakibatkan meningkatnya waktu henti (*downtime*) dan biaya operasional. Untuk mengatasi masalah berulang ini, penelitian ini menerapkan pendekatan *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) yang dikombinasikan dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA).

Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi secara sistematis potensi mode kegagalan, penyebabnya, serta dampaknya terhadap sistem, sedangkan FTA membantu menelusuri akar penyebab kegagalan kritis melalui analisis logis. Integrasi RCM dengan FMEA dan FTA memberikan kerangka kerja yang terstruktur dalam memprioritaskan tindakan perawatan berdasarkan risiko dan dampak terhadap keandalan. Selain itu, strategi perawatan berbasis analisis dapat secara efektif mengurangi kegagalan mendadak pada sistem kelistrikan barge loader dengan meningkatkan perencanaan perawatan *preventif*. Penelitian ini mengikuti prinsip tersebut untuk meningkatkan keandalan sistem kelistrikan dan kontinuitas operasional pada *barge loader*.

Alur kerja yang termasuk dalam tahap define adalah identifikasi masalah. Untuk memetakan proses secara umum, digunakan pendekatan SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*) yang menggambarkan aliran mulai dari masukan sistem kelistrikan hingga keluaran berupa data kinerja dan notifikasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15 SIPOC

Ruang lingkup penelitian ini terbatas pada sistem kelistrikan unit *barge loader* J, tanpa mencakup sistem lain atau unit yang berbeda. Fokus penelitian ini adalah analisa dan peningkatan keandalan sistem kelistrikan pada unit *barge loader* J dengan identifikasi mode kegagalan, penentuan akar penyebab, serta penyusunan strategi perawatan berbasis keandalan.

3.3 Measure

Tahap *Measure* melibatkan akuisisi data *baseline* untuk mengevaluasi kondisi awal sistem kelistrikan *barge loader* sebelum pelaksanaan tindakan perbaikan. Pengumpulan data dilakukan melalui kombinasi inspeksi manual, observasi lapangan, dan pengukuran menggunakan instrumen portabel. Alat yang digunakan meliputi *multimeter* digital dan *clamp meter* untuk pengukuran tegangan dan arus, *insulation tester* untuk mengukur resistansi isolasi, *thermal imaging camera* dan *termometer* infra-merah untuk memantau kenaikan temperatur pada motor dan panel, *torque wrench* untuk verifikasi torsi terminal. Variabel yang diukur mencakup tegangan fase, *unbalance* tegangan (ΔV), arus fase dan *unbalance* arus (ΔI), resistansi isolasi, suhu permukaan motor dan panel, nilai kebocoran arus ke tanah, frekuensi kegagalan listrik, serta durasi pemeliharaan tak terjadwal akibat gangguan kelistrikan.

Ambang indikator kinerja ditetapkan sebagai berikut: *unbalance* tegangan $> 3\%$, *unbalance* arus $> 10\%$, resistansi isolasi $< 1 \text{ M}\Omega$ (pada sistem LV sesuai referensi pabrikan), dan kenaikan suhu permukaan motor $>$ suhu kelas isolasi motor dianggap sebagai tanda *overheating* yang memerlukan tindakan. Batasan nilai ambang tersebut ditentukan berdasarkan kombinasi uji lapangan awal (*field trials*) dan nilai acuan dari manual pabrikan motor/*drive* serta standar kelistrikan yang relevan. Selain itu,

frekuensi dan durasi perbaikan tak terjadwal dicatat dari *log* pemeliharaan untuk mengkuantifikasi dampak operasional.

3.4 Analyze

Tahap analisis difokuskan untuk mengidentifikasi penyebab utama terjadinya *downtime* yang berlebihan akibat gangguan sistem kelistrikan pada unit *barge loader*. Pengumpulan data dilakukan melalui kombinasi wawancara terstruktur, *Focus Group Discussion* (FGD), serta observasi langsung terhadap instalasi dan peralatan di lapangan. Data historis kerusakan dan catatan perawatan tak terjadwal selama periode Juni–Agustus 2025 digunakan sebagai dasar penyusunan diagram pareto, yang memungkinkan penghitungan dan pemeringkatan komponen penyebab kegagalan dominan.

Selanjutnya, *fishbone* diagram disusun berdasarkan hasil FGD bersama mekanik dengan spesialis kelistrikan, *group leader*, *plant instruktur*, dan *plant engineer* untuk menelusuri akar penyebab utama. Melalui diskusi tersebut, potensi penyebab diklasifikasikan ke dalam kerangka 5M1E (*Man, Machine, Method, Material, Measurement, Environment*).

Setelah klasifikasi akar penyebab ditetapkan, dilakukan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengevaluasi dan memprioritaskan mode kegagalan berdasarkan tingkat keparahan (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*), dan kemampuan deteksi (*detection*). Hasil FMEA menunjukkan bahwa sistem kelistrikan merupakan penyumbang terbesar terjadinya terhadap terjadinya *downtime*. Selain FMEA, digunakan pula *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menelusuri hubungan logis antara berbagai penyebab yang berkontribusi terhadap terjadinya kegagalan utama (*top event*) pada sistem kelistrikan. Melalui analisis FTA, ditentukan bahwa kombinasi antara komponen (*OR gate*), sambungan terminal longgar (*OR gate*), dan proteksi gagal bekerja (*AND gate*) menjadi penyebab langsung yang memicu trip sistem dan penghentian operasi *barge loader*. Cabang-cabang penyebab kemudian ditelusuri hingga ke akar dasar seperti kondisi lingkungan yang lembap, getaran berlebih, serta kurangnya inspeksi berkala.

Integrasi antara FMEA dan FTA memberikan gambaran menyeluruh mengenai tingkat risiko dan struktur penyebab kegagalan, sehingga memudahkan penentuan prioritas perbaikan. Temuan ini menjadi dasar dalam tahap *Improve*, di mana pendekatan *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) diterapkan untuk merancang tindakan pencegahan yang meliputi peningkatan kualitas inspeksi sambungan listrik, pelaksanaan uji resistansi isolasi secara berkala, dan penyusunan prosedur pemeliharaan preventif yang lebih terstruktur.

3.4.1 *Physical Availability Unit Barge Loader J*

Berdasarkan hasil analisis *physical availability* unit *Barge Loader J* pada periode Juni–Agustus 2025, diketahui bahwa nilai aktual *physical availability* sebesar 81,5%, masih berada di bawah target perusahaan yaitu 92%. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan (*gap*) sebesar 10,5% yang berdampak langsung terhadap tingkat keandalan (*reliability*) sistem secara keseluruhan. Kemudian hasil analisis *unscheduled downtime* pada unit *barge loader J*, diketahui bahwa total waktu *downtime* selama periode pengamatan mencapai 283,1 jam, dengan kontribusi tertinggi berasal dari sistem kelistrikan sebesar 244,1 jam atau sekitar 86,2% dari total waktu *downtime*. Sementara itu, sistem mekanikal memberikan kontribusi sebesar 27,3 jam (9,7%), dan sistem opsional sebesar 11,7 jam (4,1%). Hasil ini secara jelas menunjukkan bahwa gangguan pada sistem kelistrikan merupakan penyebab utama penurunan *availability* dan peningkatan frekuensi breakdown pada unit *barge loader J*. Distribusi yang tidak merata ini mengonfirmasi prinsip Pareto 80/20, di mana sebagian besar kerugian operasional (lebih dari 80%) berasal dari sebagian kecil sumber permasalahan utama (kurang dari 20% komponen) (Ghuzdewan, 2025).

Berdasarkan hasil ini, fokus prioritas perbaikan diarahkan pada sistem kelistrikan melalui pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menelusuri akar penyebab spesifik dan mengevaluasi tingkat risiko masing-masing mode kegagalan. Dengan demikian, strategi pemeliharaan berbasis *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) dapat disusun secara lebih efektif untuk menekan downtime dan meningkatkan *physical availability* unit *barge loader J* di periode berikutnya.

3.4.2 Pengumpulan Data Lapangan

Tahap ini berfokus pada pengumpulan data lapangan untuk memetakan permasalahan aktual pada sistem kelistrikan *barge loader*. Proses ini dilakukan melalui *Focus Group Discussion*, wawancara, serta observasi langsung di lapangan. Kegiatan ini dilaksanakan pada periode Oktober 2025, untuk FGD dilakukan di ruang rapat *workshop plant* departemen dengan melibatkan satu orang *group leader* yang memiliki pengalaman 10 tahun, empat orang mekanik dengan spesialis perawatan komponen kelistrikan dengan rata-rata masa kerja 7 tahun, satu orang *plant* instruktur spesialis perawatan komponen kelistrikan yang memiliki masa kerja 7 tahun, dan satu orang *plant engineer* dengan memiliki masa kerja 3 tahun sebagai moderator. Semua partisipan memiliki pengalaman langsung dalam menangani penyebab kerusakan komponen kelistrikan pada *barge loader*.

Untuk mevalidasi data kualitatif yang diperoleh dari FGD, dilakukan perbandingan hasil FGD dengan wawancara, observasi langsung di lapangan, serta dokumentasi pemeliharaan pendukung. Pendekatan ini membantu memastikan konsistensi dan mengurangi subjektivitas data dalam proses identifikasi failure mode dan kegagalan fungsi dari *barge loader*. Selain itu, temuan teknis dari FGD juga dikonfirmasi sebagai referensi sekunder dan catatan internal untuk memperkuat kredibilitasnya. Pendekatan gabungan ini memastikan bahwa pemetaan masalah tidak hanya bergantung pada masukan anekdot, tetapi juga didasarkan pada bukti lapangan dan data histori kerusakan unit.

Setiap partisipan FGD dipilih berdasarkan pengalaman teknis dan keterlibatan partisipan dalam menjalankan program perawatan unit khususnya di sistem kelistrikan *barge loader*. Berdasarkan Tabel 4 menyajikan ringkasan peran partisipan FGD serta data atau pengetahuan spesifik yang mereka berikan. Informasi yang diperoleh kemudian disusun menggunakan 5M1E, yaitu *Man, Machine, Method, Material, Measurement*, dan *Environment* untuk membangun diagram *fishbone* yang komprehensif. Visualisasi ini berfungsi sebagai dasar untuk mengidentifikasi faktor yang berkontribusi terhadap masalah kerusakan sistem kelistrikan yang berulang, sekaligus menjadi panduan teknis berikutnya.

Tabel 4 Ringkasan FGD, Kontribusi Data, Metode Validasi

No	Peran Partisipan	Masa Kerja (Tahun)	Kontribusi Data atau Pengetahuan	Metode Validasi
1	<i>Group Leader</i>	10	Kasus umum kerusakan sistem kelistrikan, kendala perawatan dan data histori kerusakan sistem kelistrikan	Pengecekan dengan formulir perawatan dan wawancara
2	Mekanik 1	13	Mode kegagalan pada panel kontrol utama	Diverifikasi langsung dengan observasi lapangan kondisi visual panel kontrol
3	Mekanik 2	8	TOR trip pada saat motor listrik kerja berat	Dibandingkan dengan laporan aktivitas harian yang tercatat
4	Mekanik 3	8	Tahanan isolasi menurun pada motor listrik menyebabkan motor listrik terbakar	Divalidasi dengan checklist bulanan
5	Mekanik 4	2	Permasalahan pengencangan baut pada sambungan terminal kontaktor/inverter/MCBB	Dikonfirmasi melalui pengukuran kekecangan baut dan wawancara
6	<i>Plant Instructor</i>	7	Ketidakkonsistenan dalam rutinitas inspeksi dan kepatuhan dalam SOP	Dicocokkan dengan checklist bulanan
7	<i>Plant Engineer (Moderator)</i>	3	Wawasan mengenai pengisian checklist yang benar dan cara melakukan final check sistem kelistrikan	Dimonitoring bersama sesuai dengan checklist

3.4.3 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Dalam penelitian ini, *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) digunakan untuk melengkapi analisis akar penyebab terhadap permasalahan *overheating* setelah sebelumnya dilakukan identifikasi menggunakan diagram *fishbone*. Dengan metode ini, dapat dilakukan penilaian risiko secara sistematis untuk mendeteksi setiap potensi kegagalan seperti trip pada panel kontrol, motor listrik terbakar, trip pada TOR, melalui perhitungan RPN berdasarkan aspek *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Ketiga aspek tersebut dinilai dari 1-10 untuk setiap mode kegagalan, kemudian hasilnya dikalikan untuk mendapatkan nilai RPN yang digunakan untuk acuan dalam menentukan prioritas tindakan *preventif*. Untuk memastikan konsistensi dan objektivitas dalam penilaian, digunakan skala yang telah disesuaikan dengan konteks operasional sistem kelistrikan pada unit *barge loader*. Deskripsi masing-masing skala dapat dilihat dari Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Severity Rating Scale

Skala	Dampak	Dampak Finansial	Penjelasan Keparahan
10	Sistem gagal total atau menimbulkan bahaya	> Rp 500.000.000	Masalah menyebabkan sistem berhenti berfungsi atau mengancam keselamatan operator

9	Fungsi komponen tidak dapat digunakan	Rp 400.000.000 – Rp 500.000.000	Peralatan tidak mampu menjalankan operasi vital
8	Fungsi masih berjalan tetapi performa turun	Rp 300.000.000 – Rp 400.000.000	Operasi tetap berjalan namun unit mengalami penurunan kinerja
7	Sistem tidak berjalan efisien	Rp 200.000.000 – Rp 300.000.000	Proses inti masih berfungsi tetapi pada tingkat kinerja yang buruk atau tidak stabil
6	Gangguan proses tingkat sedang	Rp 100.000.000 – Rp 200.000.000	Sistem menunjukkan masalah parsial namun masih bisa beroperasi dengan kondisi terbatas
5	Penurunan performa ringan	Rp 50.000.000 – Rp 100.000.000	Kualitas sistem menurun sedikit namun tidak menimbulkan masalah serius
4	Dampak hampir tidak terlihat	Rp 20.000.000 – Rp 50.000.000	Masalah hanya memberikan efek sangat kecil pada operasi
3	Gangguan jarang dirasakan	Rp 10.000.000 – Rp 20.000.000	Kegagalan bersifat kecil dan hampir tidak mempengaruhi aktivitas harian
2	Tidak relevan terhadap operasi	Rp 1.000.000 – Rp 10.000.000	Kegagalan terjadi namun tidak berkaitan dengan output fungsi yang sebenarnya
1	Tidak ada efek sama sekali	< Rp 1.000.000	Masalah tidak mempengaruhi aspek apapun dari sistem

Dari Tabel 6 digunakan untuk menilai seberapa besar dampak suatu kegagalan terhadap kinerja atau keselamatan sistem. Setiap peringkat menunjukkan tingkat keparahan konsekuensi yang mungkin terjadi, mulai dari tanpa dampak hingga menyebabkan kegagalan total atau situasi berbahaya. Selanjutnya merupakan tabel untuk *occurrence*.

Tabel 6 *Occurrence Rating Scale*

Skala	Kemungkinan Kegagalan	Frekuensi Kegagalan	Penjelasan Tingkat Kegagalan
10	Sangat Tinggi	> 1 kali per shift/per hari	Kegagalan muncul sangat sering dan sulit dikendalikan
9		> 1 kali per minggu	Pola kegagalan hampir selalu muncul setiap hari kerja
8		1 kali per minggu	Kegagalan muncul secara konsisten sekitar seminggu sekali
7	Tinggi	2-3 kali per bulan	Kegagalan terjadi sesekali namun masih cukup terlihat
6		1 kali per bulan	Kejadian tidak teratur tetapi tercatat dalam riwayat sistem
5		>1 kali per 3 bulan	Jarang terjadi namun bukan sesuatu yang mustahil
4	Moderat	1 kali per 3 bulan	Kegagalan jarang muncul dalam kondisi operasi normal
3		>1 kali per 6 bulan	Kegagalan muncul dalam skenario langka atau kondisi khusus
2		1 kali per 6 bulan	Kegagalan hampir tidak pernah terjadi, kemungkinan sangat kecil
1	Sangat Rendah	0 – 1 kali per 12 bulan	Tidak ada catatan kegagalan, kemungkinan terjadi hampir nol

Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan skala *occurrence* yang digunakan untuk mengukur seberapa besar kemungkinan atau *failure mode* yang terjadi selama unit beroperasi. Penilaian ini didasarkan pada frekuensi kejadian yang pernah terjadi atau yang berpotensi terjadi dalam kondisi normal ataupun ekstrem. Semakin tinggi angkanya, semakin sering kegagalan tersebut diprediksi akan muncul. Penilaian ini membantu dalam mengidentifikasi resiko yang perlu segera diantisipasi. Setekah mengetahui kemungkinan terjadinya kegagalan, langkah berikutnya adalah menilai seberapa besar peluang kegagalan tersebut dapat dideteksi sebelum berdampak pada sistem, yang akan dijelaskan pada tabel berikutnya.

Tabel 7 *Detection Rating Scale*

Peringkat	Probabilitas Terdeteksi	Persentase Terdeteksi	Penjelasan Deteksi
10	Tidak dapat diidentifikasi sebelum kegagalan	< 5%	Masalah tidak sama sekali muncul hingga konsekuensinya muncul
9	Hampir tidak mungkin ditemukan	5 – 10%	Deteksi sebelum kegagalan terjadi sangat tidak mungkin
8	Sangat sulit ditemukan	10 – 20%	Hanya pemeriksaan mendalam yang mungkin dapat menemukannya
7	Biasa terlewat dalam pemeriksaan standar	20 – 30%	Sering lolos dari inspeksi tanpa terdeteksi
6	Mungkin ditemukan atau mungkin tidak	30 – 50%	Tergantung situasi; bisa saja tetap tidak terdeteksi
5	Hanya terlihat dengan pemeriksaan khusus	50 – 70%	Bisa dideteksi tetapi tidak melalui prosedur normal
4	Biasanya terdeteksi	70 – 85%	Kemungkinan besar akan ditemukan dalam inspeksi rutin

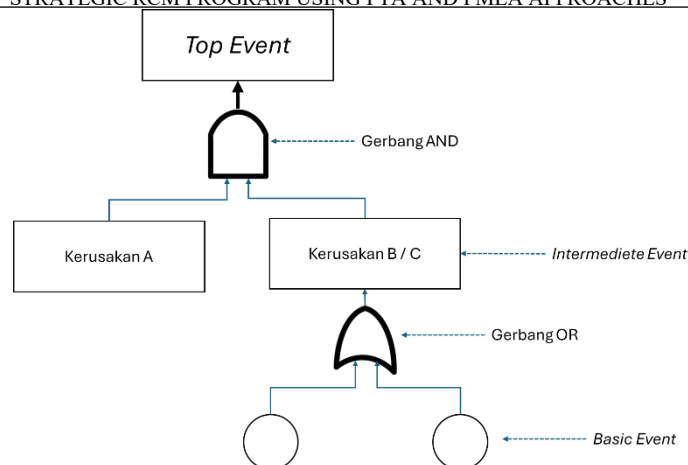
3	Mudah ditemukan dengan evaluasi rutin	85 – 95%	Deteksi mudah dilakukan menggunakan prosedur standar
2	Jarang tidak terdeteksi	95 – 99%	Metode inspeksi hampir selalu dapat menemukan masalah
1	Selalu teridentifikasi	> 99%	Pemantauan sistem memastikan masalah langsung dikenali

Tabel 7 menunjukkan skala *detection* yang digunakan untuk menilai seberapa besar kemungkinan suatu kegagalan dapat terdeteksi sebelum menimbulkan dampak yang signifikan. Peringkat deteksi ini menggambarkan efektivitas sistem atau prosedur inspeksi dalam mengidentifikasi potensi kerusakan.

3.4.4 Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) digunakan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi dan menganalisis akar penyebab kegagalan (*root causes*) pada sistem kelistrikan unit *barge loader*. Metode ini membantu memetakan hubungan logika antara kejadian puncak (*top event*) dengan penyebab-penyebab yang lebih spesifik (*basic events*) sehingga diperoleh gambaran komprehensif mengenai faktor-faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya *downtime* pada unit *barge loader* J di PT. ABC site DEF. FTA menjadi tahapan penting dalam proses analisa karena hasilnya digunakan sebagai dasar untuk menentukan komponen kritis yang akan diprioritaskan dalam FMEA dan penyusunan strategi RCM.

Dalam pendekatannya, FTA menyusun struktur logika yang berbentuk pohon yang menghubungkan hubungan sebab-akibat melalui penggunaan gerbang logika seperti gerbang *OR* dan gerbang *AND*. Gerbang *OR* digunakan untuk menunjukkan bahwa *top event* dapat terjadi apabila salah satu penyebab di bawahnya terjadi, sedangkan gerbang *AND* digunakan apabila *top event* hanya dapat muncul apabila beberapa kondisi penyebab terjadi secara simultan.



Gambar 16 Fault Tree

Prosedur penyusunan FTA dalam penelitian ini meliputi beberapa tahap yang bisa dilihat sesuai dengan Gambar 16, yaitu penetapan *top event* berdasarkan permasalahan dominan pada sistem kelistrikan *barge loader*, kemudian identifikasi *intermediate events* yang menjadi penyebab langsung dari *top event*, kemudian dekomposisi penyebab ke level yang lebih rinci hingga diperoleh *basic event*, serta penyusunan diagram *fault tree* yang merepresentasikan keseluruhan struktur hubungan logis antar penyebab. Pada tahap akhir, dilakukan analisis kualitatif untuk mengidentifikasi minimal *cut sets* serta penentuan faktor penyebab yang paling kritis.

3.4.5 Integrasi dengan RCM

Setelah dilakukan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan analisis *Fault Tree Analysis* (FTA), kedua hasil tersebut diintegrasikan untuk menentukan prioritas strategi pemeliharaan yang paling efektif. FMEA memberikan penilaian tingkat risiko melalui perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN), sementara FTA memberikan pemahaman mengenai hubungan logis dan akar penyebab utama kegagalan. Integrasi keduanya memungkinkan identifikasi komponen yang tidak hanya memiliki kontribusi signifikan terhadap terjadinya kegagalan sistem, tetapi juga memiliki tingkat keparahan, frekuensi, dan kemampuan deteksi yang perlu mendapatkan perhatian khusus.

Selanjutnya, hasil integrasi ini digunakan dalam proses pengambilan keputusan berdasarkan *RCM Decision Logic Diagram*, yang mencakup evaluasi fungsi

komponen, definisi kegagalan fungsional, analisis konsekuensi kegagalan, dan pemilihan jenis tugas pemeliharaan yang tepat. Berdasarkan logika keputusan tersebut, tindakan pemeliharaan dapat diklasifikasikan menjadi empat kategori utama, yaitu: *time-directed maintenance* (pemeliharaan berbasis interval waktu), *condition-directed maintenance* (pemeliharaan berbasis kondisi), *run-to-failure* (dibiarkan gagal apabila risikonya rendah), atau *redesign* (modifikasi sistem apabila kegagalan bersifat kritis dan berulang). Dengan pendekatan ini, strategi RCM yang dihasilkan lebih terarah, berbasis bukti, serta mampu mengatasi penyebab kegagalan yang paling dominan untuk meningkatkan keandalan sistem kelistrikan *barge loader*.

