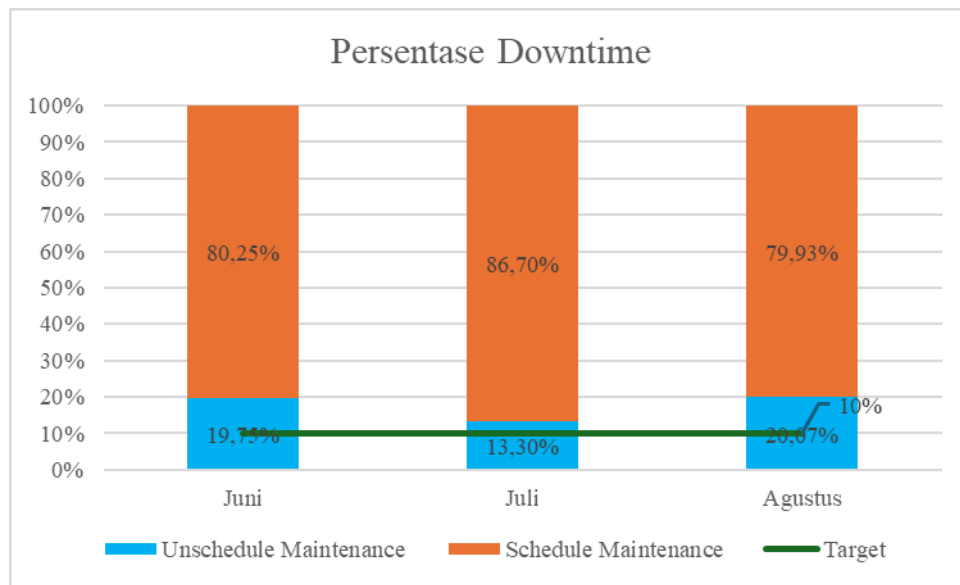


BAB 4 - PAPARAN DATA DAN DISKUSI

4.1 *Improve*

4.1.1 *Persentase Downtime Barge Loader J*



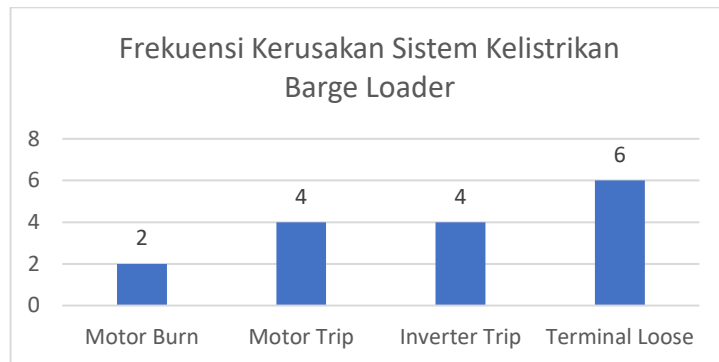
Gambar 17 *Persentase Downtime BS vs BUS Barge Loader J*

Berdasarkan data persentase downtime BS vs BUS *barge loader J* di PT. ABC *site DEF* seperti ditunjukkan pada Gambar 17, diketahui bahwa rata-rata *downtime* akibat *unscheduled maintenance* mencapai 17,7% jauh melebihi batas target maksimal yang ditetapkan yaitu di bawah 10%. Data tersebut diperoleh dari laporan KPI bulanan. Angka yang tinggi ini menunjukkan adanya gangguan terhadap performa unit atau dibagian PA, terutama dari sisi sitem kelistrikan yang menyebabkan trip pada barge loader yang menyebabkan gangguan operasional. Ketidakteraturan jadwal inspeksi seperti pengukuran tahanan isolasi motor, pengukuran suhu motor, pengecekan kekecangan pada tiap terminal diduga menjadi faktor utama pemicu kondisi tersebut.

4.1.2 *Tingkat Kegagalan*

Failure rate adalah ukuran yang menunjukkan seberapa sering suatu komponen atau sistem mengalami kegagalan dalam periode waktu tertentu selama beroperasi. Nilai ini

menggambarkan kecenderungan terjadinya kerusakan dan digunakan untuk menilai tingkat keandalan peralatan. Semakin tinggi nilai *failure rate*, semakin sering kegagalan terjadi, yang berarti keandalan sistem semakin rendah. *Failure rate* umumnya dinyatakan sebagai jumlah kegagalan per satuan waktu operasi, seperti jam atau bulan, dan diperoleh dari data historis gangguan atau catatan pemeliharaan.



Gambar 18 Frekuensi Kerusakan Sistem Kelistrikan *Barge Loader* Periode Juni-Agustus 2025

Berdasarkan Gambar 18 merupakan frekuensi kerusakan sistem kelistrikan *barge loader* dan frekuensi paling terbesar adalah terminal *loose* dengan jumlah frekuensi 6 kali. Untuk mencari nilai *failure* diperlukan waktu jam operasi unit. Waktu jam operasi unit *barge loader* perhari yaitu 20 jam. Maka dari yang diketahui tersebut dapat dihitung *failure rate* dengan rumus sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{N}{T} \dots\dots\dots (4.1)$$

Keterangan:

N = Jumlah kegagalan selama periode pengamatan

T = total waktu operasi (jam)

Dari keterangan di atas maka untuk nilai T bila dalam waktu 3 bulan $T = 20 \times 90 = 1800$. Untuk lebih detailnya data *failure rate* dapat dilihat di Tabel 8.

Tabel 8 Failure Rate Masalah Sistem Kelistrikan *Barge Loader*

<i>Masalah</i>	<i>Frekuensi (N)</i>	<i>Waktu operasi 3 bulan (T)</i>	<i>Failure rate (λ)</i>
<i>Motor Burn</i>	2	1800	0,001111
<i>Motor Trip</i>	4	1800	0,002222
<i>Inverter Trip</i>	4	1800	0,002222
<i>Terminal Loose</i>	6	1800	0,003333

Berdasarkan Tabel 8 didapatkan nilai *failure rate* kegagalan per jam. Dari hasil perhitungan terlihat bahwa permasalahan *terminal loose* memiliki nilai *failure rate* tertinggi, yaitu 0,003333 kegagalan per jam, yang menunjukkan bahwa gangguan ini paling sering terjadi selama periode pengamatan. Selanjutnya, gangguan *motor trip* dan *inverter trip* memiliki nilai *failure rate* yang sama, yaitu 0,002222 kegagalan per jam, yang mengindikasikan frekuensi kejadian yang relatif tinggi dan berdampak langsung terhadap operasional. Sementara itu, *motor burn* memiliki nilai *failure rate* terendah sebesar 0,001111 kegagalan per jam, namun tetap perlu mendapat perhatian karena kegagalan ini berpotensi menyebabkan kerusakan serius dan *downtime* yang lebih lama. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa permasalahan dengan frekuensi kejadian tinggi, meskipun tampak sederhana seperti terminal yang longgar, memberikan kontribusi signifikan terhadap penurunan keandalan sistem dan perlu diprioritaskan dalam strategi pemeliharaan.

4.1.3 FGD, Wawancara, dan Observasi

Tabel 9 Pertanyaan FGD dan Wawancara Penentuan FMEA

Partisipan	Pertanyaan
<i>Plant Group Leader</i> dan <i>Plant Engineer</i>	1. Bagaimana evaluasi Anda terhadap efektivitas sistem pemeliharaan kelistrikan sebelum penerapan RCM?
	2. Apakah <i>downtime</i> akibat gangguan listrik selama ini sudah memberikan dampak signifikan terhadap pencapaian target produksi?
	3. Menurut Anda, komponen listrik apa yang paling kritis dan perlu pengendalian lebih ketat?
Mekanik	1. Kesulitan apa yang paling sering ditemui dalam mendeteksi kerusakan listrik sebelum terjadi trip?
	2. Apakah inspeksi yang dilakukan saat ini sudah cukup untuk mencegah kerusakan mendadak?
	3. Apakah diperlukan pelatihan tambahan terkait pengukuran tahanan isolasi, arus, dan tegangan?
<i>Plant Instructor</i>	1. Bagaimana tingkat pemahaman mekanik terhadap prosedur standar pemeriksaan sistem kelistrikan?
	2. Apakah diperlukan penyempurnaan materi atau metode pelatihan terkait RCM dan inspeksi kelistrikan?

Tabel 9 digunakan untuk mendokumentasikan proses pengumpulan data melalui diskusi kelompok terarah (FGD) dan wawancara dengan para pihak yang terlibat langsung dalam pengoperasian dan pemeliharaan unit *barge loader*. Kolom partisipan menunjukkan peran atau jabatan narasumber yang dilibatkan, seperti group leader, plant engineer, maupun mekanik, sehingga sumber informasi dapat ditelusuri berdasarkan pengalaman dan tanggung jawab masing-masing. Sementara itu, kolom pertanyaan memuat daftar pertanyaan teknis dan operasional yang diajukan kepada setiap partisipan sesuai permasalahan yang ditemukan di lapangan. Melalui tabel ini, proses identifikasi masalah, validasi *failure mode*, serta evaluasi efektivitas perawatan dapat dilakukan secara sistematis dan terstruktur, sehingga hasil diskusi dan wawancara dapat digunakan sebagai dasar analisis lanjutan dalam metode *fishbone*, FMEA, dan FTA.

PT. ABC site DEF
Minutes of Meeting

Tanggal	2/10/2025
Waktu	10.00
Agenda	Weekly Meeting Section
Section	Barge Loader

Partisipan	Tanda Tangan	
Group Leader	1.	2.
Plant Instructor		
Plant Engineer	3.	4.
Mekanik 1		
Mekanik 2	5.	6.
Mekanik 3		
Mekanik 4	7.	8.
-		

No.	Kategori	Permasalahan	Cek
1	Validasi Data & Kondisi Lapangan	Apakah failure mode yang tercantum dalam tabel sesuai dengan kejadian aktual di lapangan?	Ya
2		Apakah failure mode lain yang belum tercantum namun signifikan berkontribusi terhadap kerusakan komponen listrik?	Tidak
3		Apakah nilai severity, occurrence, detection sudah sesuai dengan kondisi lapangan?	Ya
4	Analisa Teknis Penyebab Kerusakan Komponen Listrik	Apakah nilai tahanan isolasi motor turun menyebabkan kerusakan motor?	Ya
5		Apakah kekencangan baut pada terminal kurang menyebabkan kabel panas dan trip?	Ya
6		Apakah kebersihan komponen listrik saat ini terjaga sesuai jadwal?	Tidak
7	Evaluasi Usulan Perbaikan	Apakah penurunan tegangan menyebabkan kerusakan komponen listrik?	Ya
8		Apakah penerapan RCM sistem kelistrikan barge loader bisa efektif mencegah terjadinya kerusakan unscheduled?	Ya
9		Apakah jadwal pemeliharaan yang lebih ketat dapat diterapkan tanpa mengganggu operasi unit?	Tidak
10	Kesiapan Implementasi & Sumber Daya	Apakah group leader & mekanik siap menerapkan prosedur RCM setelah perbaikan diaplikasikan?	Ya
11		Apakah perlu revisi SOP untuk inspeksi dan pemeliharaan sistem kelistrikan setelah diperbaiki?	Ya
12		Apakah perlu pelatihan tambahan untuk meningkatkan kemampuan mekanik dalam mendeteksi kegagalan lebih awal?	Tidak

Gambar 19 Minutes of Meeting FGD Tentang Pembahasan Penentuan FMEA

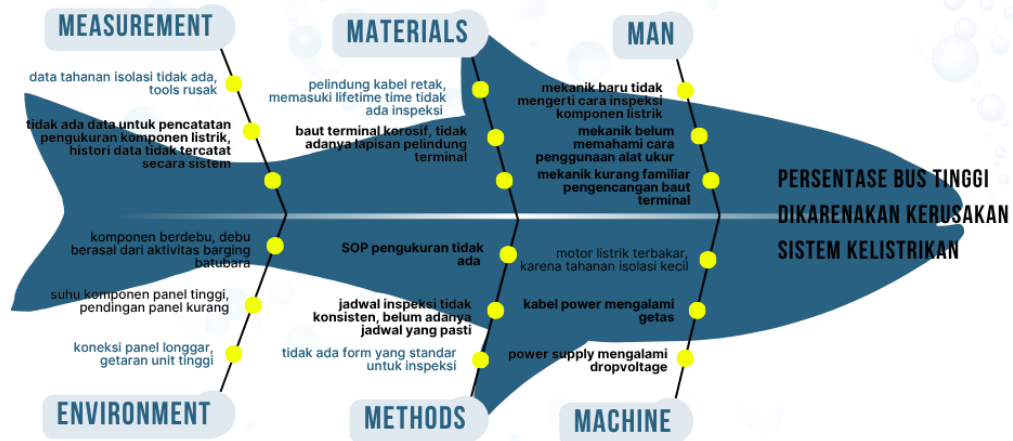
Berdasarkan data yang ada di Gambar 19, tahap validasi data & kondisi lapangan menunjukkan bahwa daftar *failure mode* yang digunakan telah sesuai dengan kejadian aktual di lapangan. Penilaian terhadap *severity*, *occurrence*, dan *detection* juga dianggap konsisten dengan kondisi operasional harian. Selain itu, tidak ditemukan adanya failure mode tambahan yang memiliki kontribusi signifikan terhadap kerusakan komponen listrik.

Pada tahap analisa teknis penyebab kerusakan komponen listrik, diketahui bahwa nilai tahanan isolasi motor menunjukkan adanya indikasi kuat sebagai penyebab utama kerusakan. Kemudian ditemukan bahwa kekencangan baut pada terminal yang kurang memadai dapat menyebabkan kabel panas atau bahkan trip pada sistem. Penurunan tegangan menjadi faktor yang memberikan kontribusi signifikan terhadap kerusakan komponen. Meskipun demikian, kebersihan komponen listrik tidak sepenuhnya terjaga sesuai jadwal pemeliharaan tidak berpotensi mempercepat timbulnya gangguan.

Tahap evaluasi usulan perbaikan menunjukkan bahwa penerapan RCM pada sistem kelistrikan dinilai cukup efektif dalam mencegah kerusakan unscheduled. Penjadwalan pemeliharaan ulang yang teratur dapat diterapkan tanpa mengganggu operasi unit secara besar. Namun, implementasi prosedur baru setelah pengaplikasian RCM memerlukan persiapan tambahan dari mekanik dan group leader agar pelaksanaan perbaikan berjalan optimal.

Pada fase kesiapan implementasi & sumber daya, partisipan sepakat bahwa baik mekanik maupun group leader siap menjalankan SOP baru setelah penyesuaian

diterapkan. Walaupun demikian, pelatihan tambahan untuk meningkatkan kemampuan deteksi dini kegagalan belum menjadi prioritas. Namun, revisi SOP terkait inspeksi dan pemeliharaan sistem kelistrikan dianggap perlu untuk memastikan seluruh langkah perbaikan dapat terintegrasi dengan baik ke dalam sistem kerja yang telah ada.



Gambar 20 Fishbone Diagram

Berdasarkan analisa diagram *fishbone* mengacu pada pendekatan 5M1E sesuai pada Gambar 20, diketahui bahwa tingginya frekuensi *downtime* akibat masalah sistem kelistrikan sangat berkaitan dengan tahanan isolasi motor listrik yang kecil dikarenakan kurangnya inspeksi dan parameter pengukuran pada komponen tersebut. Dari aspek lingkungan, yang paling utama yaitu getaran yang diakibatkan oleh unit *barge loader* yang membuat baut-baut pada terminal mengalami kelonggaran. Dari aspek metode, tidak adanya form untuk standar inspeksi, jadwal inspeksi yang konsisten, serta SOP untuk pengukuran motor listrik atau komponen panel yang tidak ada.

Oleh karena itu, diperlukan solusi berupa strategi RCM yang dapat dilaksanakan secara efektif dan sebagai eksekutor RCM tersebut dilakukan oleh mekanik yang selalu dalam pengawasan dari group leader. Langkah ini diharapkan dapat mengurangi resiko kerusakan komponen listrik dan meningkatkan efektivitas pemeliharaan preventif unit. Temuan ini selanjutnya sebagai dasar dalam penyusunan FMEA dan FTA yang kemudian di integrasikan ke RCM. Hasil dari RCM nantinya akan sebagai bahan evaluasi untuk menentukan pemilihan pemeliharaan yang tepat sasaran dan menyediakan solusi yang efektif untuk mencegah kerusakan yang berulang.

4.1.4 FMEA

Untuk mengidentifikasi komponen dalam sistem kelistrikan yang memiliki resiko kegagalan tertinggi, analisa FMEA dilakukan berdasarkan item-item yang ditemukan melalui observasi lapangan dan pemetaan menggunakan diagram *fishbone*. Setiap mode kegagalan dinilai berdasarkan tiga aspek utama, yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Ketiga faktor ini digunakan untuk menghitung nilai RPN yang menjadi dasar dalam menentukan prioritas tindakan perbaikan secara sistematis.

Setelah setiap potensi kegagalan diberikan nilai berdasarkan *severity*, *occurrence*, dan *detection*, langkah selanjutnya menghitung nilai RPN. Penilaian ini disusun dalam bentuk tabel untuk menentukan prioritas perbaikan yang paling tepat sasaran.

Tabel 10 Hasil FMEA

No	Component	Function	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect	Current Control	S	O	D	RPN	Priority
1	Motor Listrik	Menggerakkan belt conveyor	Motor terbakar	Penurunan tahanan isolasi, beban berlebih	Barge loader berhenti total	Pemeriksaan dilakukan setelah terjadi kerusakan (<i>corrective maintenance</i>) tanpa pemantauan kondisi isolasi secara rutin	10	3	6	180	High
2	Terminal & Koneksi	Menyalurkan arus listrik	Trip pada sistem	Torsi pengencangan tidak sesuai, koneksi longgar	Unit trip mendadak	Inspeksi visual tidak terjadwal, pengencangan dilakukan saat gangguan muncul	6	7	4	168	High
3	Drive Elektronik (<i>Inverter</i>)	Mengatur kecepatan motor	<i>Inverter failure</i>	<i>Spike</i> tegangan, debu, suhu panel tinggi	Hilangnya kontrol kecepatan	Pembersihan panel dilakukan tidak rutin dan tanpa monitoring suhu panel	9	5	3	135	Medium
4	Panel Kontrol	Mengontrol operasi sistem	Panel tidak dapat digunakan	Kerusakan komponen dan pengaturan tidak sesuai	Aktivitas operasi terhenti	Pengecekan fungsi panel hanya saat terjadi gangguan	6	4	5	120	Medium

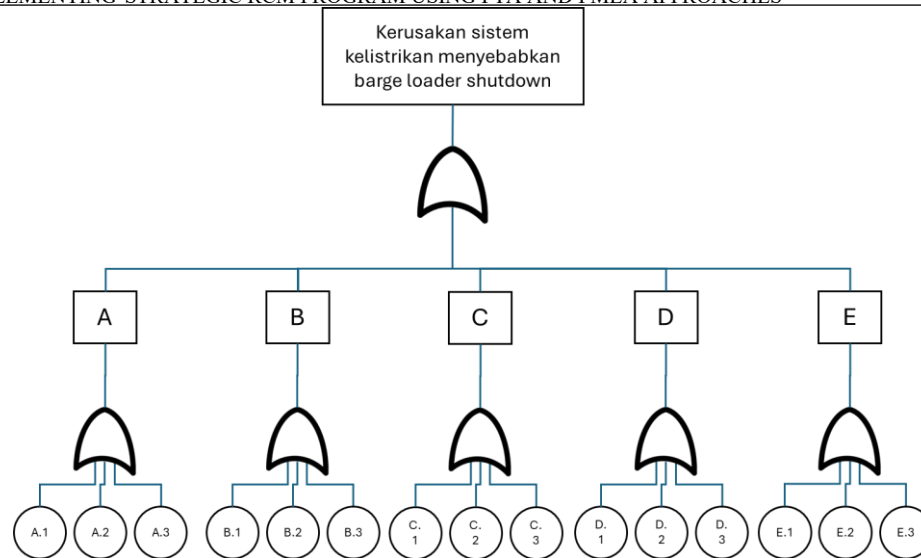
5	Suplai Listrik PLN/Gen set	Menyediakan daya listrik	Drop voltage / hilang daya	Gangguan suplai dan perpindahan sumber	Unit berhenti mendadak	Mengandalkan proteksi standar tanpa pemantauan kualitas daya	9	3	3	81	Low
6	Kabel Jalur (Routing)	Menyalurkan daya dan sinyal	Abrasi kabel	Gesekan, getaran, dan routing tidak rapi	Short/intermittent trip	Pemeriksaan kabel bersifat visual dan tidak terdokumentasi	8	3	3	72	Low

Berdasarkan hasil evaluasi RPN yang disajikan pada Tabel 10, terdapat dua komponen dengan resiko tinggi, yaitu motor listrik yang mengalami penurunan nilai tahanan isolasi (RPN=180) dan terminal & koneksi yang longgar menyebabkan trip pada sistem kelistrikan. Kedua komponen tersebut secara langsung memengaruhi pada operasional barging batubara dikarenakan memerlukan waktu perbaikan yang lama.

Oleh karena itu, strategi perbaikan diarahkan ke RCM untuk melihat secara periodik komponen-komponen kelistrikan yang terpasang pada panel tetap dalam kondisi prima dan mengetahui langkah prediktif yang akan diambil. Kemudian untuk melihat akar penyebab masalah yang lebih terarah juga akan dibantu dengan FTA.

4.1.5 FTA

Setelah dilakukan perhitungan FMEA untuk menentukan nilai RPN, maka didapatkan nilai RPN dengan prioritas tinggi, yaitu motor listrik yang berpotensi motor terbakar dengan nilai RPN 180. Dari hasil observasi di lapangan dan wawancara pada metode FTA didapatkan 5 *top event* dan 15 *basic events*. Berikut merupakan hasil pengolahan data dengan metode FTA sesuai dengan Gambar 21.



Gambar 21 Hasil *Fault Tree*

Berikut Tabel 11 merupakan penjelasan mengenai nama peristiwa dan kode peristiwa dari hasil pengolah *fault tree*.

Tabel 11 Keterangan *Fault Tree*

Kode Peristiwa	Nama Peristiwa	Kode Peristiwa	Nama Peristiwa
A	Suplai listrik hilang	D	Panel kontrol gagal
A.1	Gangguan suplai PLN/Genset	D.1	Konektor terminal korosi/oksidasi
A.2	Kabel terputus/lepas	D.2	Komponen elektronik rusak
A.3	Trip dropvoltage	D.3	Arus bocor pada sisi netral
B	Short-circuit/arus bocor	E	Kurangnya pemeliharaan sistem kelistrikan
B.1	Isolasi kabel terdegradasi	E.1	Kegagalan akibat kurangnya inspeksi komponen
B.2	Koneksi longgar yang membuat percikan api	E.2	Jadwal pemeliharaan tidak dilakukan sesuai dengan kebutuhan
B.3	Debu batubara konduktif	E.3	Kurangnya pengetahuan mengenai pemeliharaan sistem kelistrikan
C	Motor terbakar		
C.1	Tahanan isolasi motor listrik mengecil		
C.2	Overheating motor dibagian bearing aus/ventilasi tersumbat		
C.3	TOR trip gagal fungsi		

Pada tahap ini dilakukan perhitungan probabilitas terjadinya *top event* menggunakan pendekatan *Fault Tree Analysis* (FTA). Perhitungan probabilitas dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan sistem kelistrikan *barge loader* berdasarkan mode kegagalan yang telah diidentifikasi sebelumnya melalui *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA).

Nilai *occurrence* pada FMEA digunakan sebagai dasar penentuan probabilitas relatif setiap *basic event* pada FTA. Pendekatan ini lazim digunakan pada analisis keandalan kualitatif–kuantitatif, khususnya pada studi *Reliability Centered Maintenance* (RCM),

untuk menggambarkan kecenderungan terjadinya kegagalan berdasarkan frekuensi kejadian yang diamati di lapangan.

Nilai *occurrence* pada FMEA dikonversi menjadi probabilitas dengan membagi nilai tersebut terhadap total *occurrence*, yaitu 19. Dengan demikian, probabilitas masing-masing basic event dapat dinyatakan secara kuantitatif dan digunakan dalam perhitungan probabilitas *top event* sesuai dengan Tabel 12.

Tabel 12 Probabilitas FTA Berdasarkan Nilai *Occurrence* FMEA

No	Mode Kegagalan	Occurrence (O)	Probabilitas
1	Motor Burn	3	0,12
2	Koneksi terminal longgar/panas	7	0,28
3	Inverter mengalami kegagalan	5	0,20
4	Panel kontrol tidak berfungsi	4	0,16

Berdasarkan struktur FTA yang telah disusun, *top event* terjadi apabila salah satu dari *basic event* utama terjadi. Oleh karena itu, hubungan logika yang digunakan adalah *OR gate*. Probabilitas *top event* dihitung menggunakan persamaan:

$$P_{TE} = 1 - \prod(1 - P_i) \dots \dots \dots (4.2)$$

Dengan memasukkan nilai probabilitas dari masing-masing *basic event*:

$$P_{TE} = 1 - (1 - 0,12)(1 - 0,28)(1 - 0,20)(1 - 0,16)$$

$$P_{TE} = 1 - (0,88 \times 0,72 \times 0,80 \times 0,84)$$

$$P_{TE} = 1 - 0,122$$

$$P_{TE} = 0,878 = 87,8\%$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa probabilitas terjadinya gangguan pada sistem kelistrikan *barge loader* tergolong tinggi, yang mengindikasikan bahwa sistem masih

memiliki tingkat resiko kegagalan yang signifikan apabila tidak dilakukan tindakan perbaikan.

4.1.6 Integrasi FMEA-FTA-RCM

Integrasi metode FMEA, FTA, dan RCM dilakukan untuk memperoleh strategi pemeliharaan yang lebih terarah dan berbasis bukti. FMEA digunakan untuk menyusun daftar *failure mode* yang akan dianalisa. Kemudian FTA digunakan untuk pendekatan deduktif untuk menelusuri hubungan sebab-akibat yang mengarah pada *top event* berupa terhentinya operasi *barge loader* akibat gangguan sistem kelistrikan. Dari analisis FTA diperoleh jalur kegagalan kritis, yaitu *basis events* yang paling berkontribusi terhadap terjadinya *top event*.

Hasil FMEA akan diperkuat dengan temuan FTA dengan menunjukkan bahwa komponen yang berada pada jalur kegagalan kritis memiliki nilai RPN yang tinggi, sehingga valid dijadikan fokus dalam perumusan strategi pemeliharaan RCM. Setelah *failure mode* dengan kontribusi dan resiko terbesar diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah memasukkan ke dalam tabel untuk pemilihan tindakan RCM. Pemilihan strategi ini digunakan untuk menentukan jenis tugas pemeliharaan yang paling efektif berdasarkan konsekuensi kegagalan, pola terjadinya kegagalan, dan efektivitas tindakan pencegahan yang bisa dilihat di Tabel 13.

Tabel 13 Rekapitulasi Pemilihan Tindakan RCM

Komponen / <i>Failure Mode</i>	Fungsi Komponen	<i>Functional Failure</i>	<i>Consequence of Failure</i>	<i>Task Type (RCM)</i>	Rekomendasi Pemeliharaan
<i>Motor Overheating/burn</i>	Menggerakkan belt conveyor pada kecepatan operasi	Motor tidak dapat berputar atau trip	<i>Operational</i>	<i>Condition- Directed</i>	<i>Thermal scanning, inspeksi arus, pembersihan ventilasi motor, inspeksi tahanan isolasi motor</i>
<i>Inverter Internal Fault</i>	Mengatur kecepatan & torsi motor	Motor tidak menerima sinyal kecepatan	<i>Operational</i>	<i>Time-Directed + CD</i>	Pengecekan parameter inverter, pembersihan panel

MCCB – Trip / Degradasi Kontak	Proteksi arus lebih dan hubung singkat	MCCB trip meski kondisi normal	<i>Operational</i>	<i>Time-Directed</i>	Pengencangan terminal, pembersihan kontak, pengujian MCCB
<i>Power Supply – Voltage Drop</i>	Menyediakan daya stabil ke panel	Motor/VF D trip	<i>Operational</i>	<i>Time-Directed + CD</i>	Inspeksi voltage secara berkala
<i>Panel Control – Overheating</i>	Melindungi dan mengatur komponen	Trip acak, inverter fault	<i>Operational</i>	<i>Condition-Directed</i>	Pembersihan panel, pengecekan exhaust fan, thermal check
<i>Loose Terminal – High Resistance</i>	Menyalurkan arus ke komponen	Panas berlebih, MCCB trip	<i>Operational</i>	<i>Time-Directed</i>	Pengencangan terminal berkala, inspeksi termal

Berdasarkan hasil tabel rekapitulasi untuk pemilihan tindakan RCM pada Tabel 13 maka pemilihan tindakan untuk komponen sebagai berikut:

1. *Conditional Directed (CD)* adalah tindakan yang diambil yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara visual inspection, memeriksa alat, serta memonitoring sejumlah data yang ada. Apabila ada pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.
2. *Time directed (TD)* adalah tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.

4.1.7 Implementasi

Berikut untuk tahapan implementasi dari penelitian ini, yaitu: diskusi penyusunan RCM, pengumpulan data standarisasi pengukuran, pemberian materi RCM, penerapan RCM di lapangan.

a. Diskusi penyusunan RCM



Gambar 22 Penyusunan RCM

Proses penyusunan RCM dilaksanakan dengan tim *section barge loader* seperti pada Gambar 22. Penyusunan RCM dalam penelitian ini dilakukan sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan pada sistem kelistrikan *barge loader* di PT. ABC site DEF. Proses penyusunan RCM diawali dengan pemahaman terhadap fungsi utama setiap komponen serta kegagalan fungsional yang sering terjadi selama operasi sesuai dengan MoM pada Gambar 19 dan dibuatkan *fishbone* untuk mencari akar masalah sesuai pada Gambar 20.

Selanjutnya, hasil *Fault Tree Analysis* (FTA) sesuai pada Gambar 21 dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sesuai dengan Tabel 10 digunakan sebagai landasan dalam proses pengambilan keputusan pada *RCM Decision Logic Diagram* sesuai dengan Tabel 13. FTA membantu mengidentifikasi hubungan sebab-akibat serta akar penyebab kegagalan, sedangkan FMEA memberikan gambaran tingkat risiko dari setiap mode kegagalan. Integrasi kedua metode tersebut memungkinkan pemilihan strategi pemeliharaan yang lebih tepat sasaran, karena mempertimbangkan tidak hanya frekuensi kejadian kegagalan, tetapi juga dampak dan kemampuan deteksinya.

b. Pengumpulan data standarisasi pengukuran

Setelah dilaksanakan diskusi penyusunan RCM, tim membagi tugas untuk melakukan pengumpulan data-data standarisasi komponen yang ada di lapangan untuk dasar pembuatan *checksheet*.



Gambar 23 Pembagian *Job Desk*

Tim melakukan pembagian *job desk* untuk pengambilan data sistem kelistrikan *barge loader* sesuai dengan Gambar 23. Dimana dalam tim ini terdiri empat orang mekanik dengan basic kelistrikan untuk mengambil data spesifikasi motor listrik, *inverter*, melakukan pengecekan secara visual. Kemudian ada seorang pengawas yang mendampingi dalam pengambilan data tersebut dan ada seorang *plant instructor* yang memberikan pengetahuan bagian-bagian mana yang diambil datanya serta seorang *plant engineer* yang mengolah data hasil pengambilan tersebut.



Gambar 24 Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa TECO di Unit Barge Loader

Berdasarkan Gambar 24 merupakan spesifikasi motor yang dipakai unit *barge loader* yang memiliki daya sebesar 110 KW, arus maksimum sebesar 205 A, tegangan 380 V, ambient temperatur di 40° C, dan *insulation class motor* yaitu F sesuai dengan NEMA standard dimana motor listrik berfungsi dengan baik bila suhu motor di bawah 115°C.



Gambar 25 Pengukuran Suhu Motor

Pada Gambar 25 dilakukan pengukuran suhu motor pada saat unit *barge loader* beroperasi dan hasil pengukuran di angka 39° C. Kemudian dilakukan pengukuran untuk tahanan isolasi sesuai dengan Gambar 26, dan hasil pengukuran di angka 1003 M Ω hal tersebut masih di dalam standar PUIL yaitu tahanan isolasi motor minimal harus ≥ 5 M Ω .



Gambar 26 Pengukuran Tahanan Isolasi Motor

Pengambilan data selanjutnya yaitu tegangan dan arus. Pengukuran kedua item tersebut bisa memakai alat yaitu *clamp meter* yang bisa digunakan untuk komponen yang bertegangan tinggi yang bisa dilihat pada Gambar 27 berikut. Hasil pengukuran yaitu di 380 V untuk tegangan dan 175 A untuk arus.



Gambar 27 Pengukuran Tegangan dan Arus

Dari pengukuran-pengukuran tersebut dapat disimpulkan pada Tabel 14. Tabel tersebut menjelaskan item pengukuran pada motor, ada referensi pengukuran dan standarisasi pengukuran.

Tabel 14 Kesimpulan Pengukuran Motor

Komponen	Aktivitas	Item	Satuan	Standarisasi	Referensi
Motor	Visual Inspection	Terminasi		Terminal kuat dan bersih	IEC 60034- 1
	Conditional Assesment	Pengukuran Arus	Ampere	≤ 175	PUIL2020
		IR ke ground @40 °C	MΩ	≥ 20	IEEE 43-2013 (min 5 MΩ)
	Termovision	Pengukuran Tegangan	V	380 ± 10	PUIL2020
		Suhu Belitan	°C	$T < 80$	IEC 60034- 1 (kelas & kenaikan suhu).

Selanjutnya melakukan pengambilan data pada komponen inverter. Untuk pengambilan data *inverter* dimulai dari pengukuran tegangan, pengecekan terminal, pengecekan MCCB pada panel *inverter*.



Gambar 28 Pengecekan *Inverter*

Pada Gambar 28 dilakukan pengecekan dan pengukuran *inverter*. Untuk alat ukur bisa menggunakan *clamp meter* atau menggunakan *multi meter*. Dari aktivitas tersebut didapatkan hasil pengukuran yaitu 380 V untuk tegangan, 50 Hz untuk frekuensi, dan 180 A untuk arus. Kemudian dilakukan pengecekan secara visual kondisi panel, kabel, tingkat kekencangan dari terminal fasa yang ada di *inverter*, serta pengecekan fungsi komponen MCCB seperti pada Gambar 29.



Gambar 29 Pengecekan MCCB

Selanjutnya dari hasil pengukuran dan pengecekan *inverter* dibuatkan kesimpulan seperti Tabel 15. Tabel 15 menjelaskan item pengukuran pada *inverter*, referensi pengukuran dan standarisasi pengukuran.

Tabel 15 Kesimpulan Pengecekan dan Pengukuran *Inverter*

Komponen	Aktivitas	Item	Satuan	Standarisasi	Referensi
Inverter	Visual Inspection	Terminasi		Terminal kuat dan bersih	IEC 60034-1
	Conditional Assessment	Pengukuran Tegangan	V	380 ± 10	PUIL2020
		Frekuensi	Hz	50 ± 2	PUIL2020
	Condition	Pengukuran Arus	Ampere	≤ 180	PUIL2020
		MCCB		Fungsi baik, bersih	PUIL2020

Setelah dilakukan pengukuran dan pengecekan, hasil tersebut diolah oleh *plant engineer* dan dibuatkan sebuah form khusus di ineksi rutin sesuai dengan Tabel 16.

Tabel 16 *Checksheets RCM Electrical System Barge Loader*

 Checksheets RCM Electrical System Barge Loader									
Barge Loader				HM					PIC
Komponen	REF	ACTIVITY	Value	EWT min	250	500	750	1000	
1	Motor	PUIL 2020	Measurement Voltage per fasa	380 ± 10 Volt	5	R S T	R S T	R S T	
2	Motor	PUIL 2020	Measurement Current per fasa	≤ 175 Ampere	5	R S T	R S T	R S T	
3	Motor	IEEE 43-2013	Measurement IR ≥ 5 M Ω per kV (min 5 M Ω ; test 500-1000 Vdc (PUIL 2020)	≥ 20 M Ω	10				
4	Motor	IEC 60034-1	Check tightening nut/bolt electric terminal	According to the size of the nut/bolt used	10				
5	Motor	IEC 60034-1 (kelas & kenakikan suhu)	Measurement temperature motor	$< 80^{\circ}\text{C}$	5				
6	Inverter	PUIL 2020	Measurement Voltage per fasa	380 ± 10 Volt	5	R S T	R S T	R S T	
7	Inverter	PUIL 2020	Measurement Current per fasa	≤ 180 Ampere	5	R S T	R S T	R S T	
8	Inverter	PUIL 2020	Measurement Frekuensi	50 ± 2 Hertz	5				
9	Inverter	IEC 60034-1	Check tightening nut/bolt electric terminal	According to the size of the nut/bolt used	10				
10	Inverter	PUIL 2020	Check Function	Works properly and is clean	5				

Berdasarkan Tabel 16 untuk pengisiannya ditulis secara aktual nilai pengukuran bila menggunakan alat ukur dan untuk pengecekan secara visual dan fungsi ditulis secara aktual deskripsi apa yang terjadi pada komponen tersebut.

c. Pemberian materi RCM

Setelah mendapatkan item-item yang ada pada *checksheet*, dilakukan pemberian materi RCM ke *section barge loader* agar semua elemen memahami aktivitas yang dilakukan sesuai dengan Gambar 30. Pada pemberian materi ini berisikan materi tentang dasar-dasar kelistrikan, penggunaan alat ukur, alat pelindung diri pada aktivitas perawatan kelistrikan, serta alur aktivitas dan cara pengisian *checksheet* yang benar.



Gambar 30 Pemberian Materi RCM *Electrical System Barge Loader*

d. Penerapan RCM di lapangan

Pada penelitian ini untuk penerapan RCM dilakukan oleh mekanik yang sudah memahami di bidang kelistrikan. Tim mekanik yang terdiri dari empat orang yang ahli di bidang kelistrikan dan diawasi oleh seorang *group leader* untuk melakukan pengecekan komponen tersebut. Pengecekan dan pengukuran dilakukan secara *periodic* sesuai dengan *hour meter* unit *barge loader* sesuai dengan Tabel 16.



Gambar 31 Aktivitas Penerapan RCM

Pada Gambar 31 merupakan aktivitas pengukuran dan pengecekan berbasis RCM pada komponen kelistrikan. Aktivitas tersebut mengukur *insulation resistance*, *temperature* motor, tegangan dan arus, serta pengecekan dan kebersihan di terminal panel. Kemudian dari hasil pengukuran dan pengecekan tersebut dituangkan pada *checksheet* RCM yang sudah di cetak sesuai dengan Gambar 32 dan nanti direkap oleh *plant engineer*.

Barge Loader				HM	19/10/2025	27/10/25	01/11/25	27/11/25	TTD Mechanic	TTD Group Leader
Komponen	REF	ACTIVITY	Value	EWI min	250	500	750	1000		
1	Motor	PUIIL 2020	Measurement Voltage per fasa	380 ± 10 Volt	5	R 280 S 280 T 280	R 280 S 280 T 280	R 280 S 280 T 280	Agus Y	Dm Dand
2	Motor	PUIIL 2020	Measurement Current per fasa	≤175 Ampere	5	R 170 S 170 T 170	R 170 S 170 T 170	R 170 S 170 T 170	Agus Y	Dm Dand
3	Motor	IEEE 43-2013	Measurement IR ≥ 5 MΩ per kV (min 5 MΩ) test 500-1000 Vdc (PUIIL 2020)	≥ 20 MΩ	10	1023 MΩ	1020 MΩ	1023 MΩ	Agus Y	Dm Dand
4	Motor	IEC 60034-1	Check tightening nut/bolt electric terminal	According to the size of the nut/bolt used	10	Servu bolt/ nut ok	Servu bolt/ nut ok	All bolt/nut ok	Agus Y	Dm Dand
5	Motor	IEC 60034-1 (ditulis & kemalkan suhu)	Measurement temperature motor	< 80°C	5	50°C	52°C	50°C	Agus Y	Dm Dand
6	Inverter	PUIIL 2020	Measurement Voltage per fasa	380 ± 10 Volt	5	R 280 S 280 T 280	R 280 S 280 T 280	R 280 S 280 T 280	Agus Y	Dm Dand
7	Inverter	PUIIL 2020	Measurement Current per fasa	≤180 Ampere	5	R 170 S 170 T 170	R 170 S 170 T 170	R 170 S 170 T 170	Agus Y	Dm Dand
8	Inverter	PUIIL 2020	Measurement Frekuensi	50 ± 2 Hertz	5	50	50	50	Agus Y	Dm Dand
9	Inverter	IEC 60034-1	Check tightening nut/bolt electric terminal	According to the size of the nut/bolt used	10	Servu bolt/ nut ok	Servu bolt/ nut ok	All bolt/nut ok	Agus Y	Dm Dand
10	Inverter	PUIIL 2020	Check Function	Works properly and its clean	5	ok, good.	ok, good.	function ok, good	Agus Y	Dm Dand
Commentar Deviation										
= Panel Inverter dirit di pemeriksaan oleh bore										

Gambar 32 Checkseet RCM Sudah Terisi

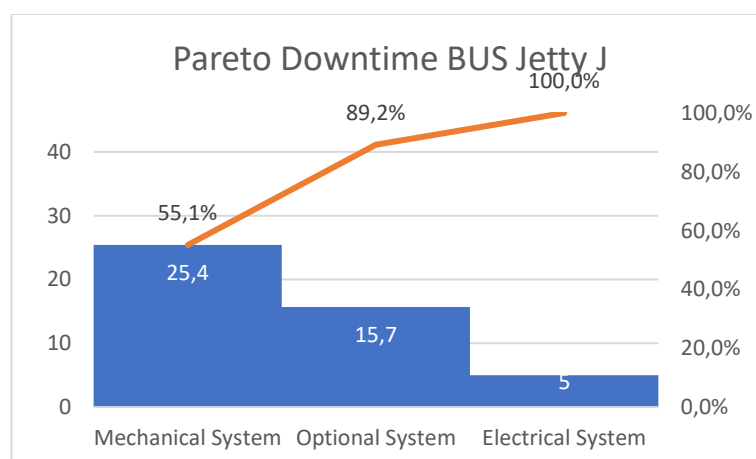
Berdasarkan Gambar 32 pada bagian motor, pemeriksaan meliputi pengukuran tegangan dan arus per fasa, nilai tahanan isolasi (*insulation resistance*), kekencangan baut terminal, serta temperatur operasi motor. Hasil pencatatan menunjukkan bahwa nilai tegangan dan arus per fasa masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan,

sementara nilai tahanan isolasi motor berada jauh di atas batas minimum yang disyaratkan, sehingga kondisi isolasi dinilai baik. Temperatur motor yang tercatat juga masih berada di bawah batas maksimum yang diizinkan, yang menunjukkan bahwa motor bekerja dalam kondisi normal tanpa indikasi *overheating*.

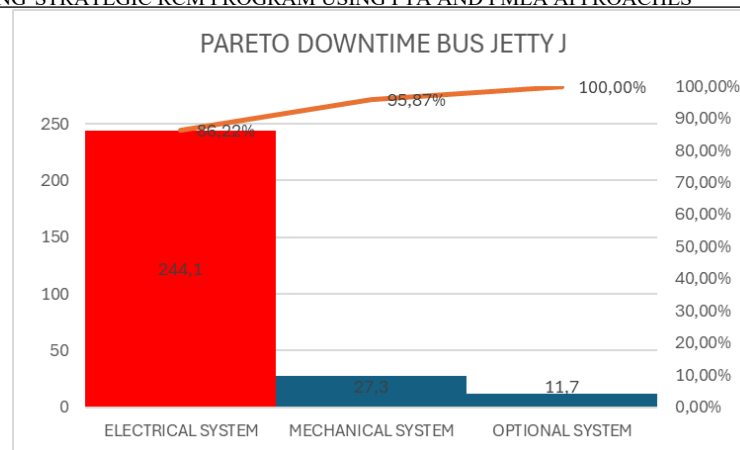
Pada bagian *inverter*, pemeriksaan dilakukan terhadap tegangan, arus, frekuensi keluaran, kondisi kekencangan terminal, serta fungsi umum *inverter*. Hasil inspeksi menunjukkan bahwa nilai tegangan dan frekuensi keluaran relatif stabil dan sesuai dengan spesifikasi operasional. Namun, pada salah satu periode inspeksi dicatat adanya kondisi panel inverter yang kotor, yang berpotensi mengganggu sistem pendinginan dan kinerja *inverter* apabila tidak segera ditangani. Temuan ini dicatat pada kolom komentar sebagai bentuk tindak lanjut pemeliharaan.

Secara keseluruhan, *checksheet* ini berperan sebagai bagian dari penerapan *condition-directed maintenance* dalam konsep RCM, karena memungkinkan pemantauan kondisi komponen secara langsung dan terdokumentasi. Data yang dihasilkan dari *checksheet* digunakan sebagai dasar evaluasi kondisi peralatan, identifikasi gejala awal kegagalan, serta penentuan tindakan pemeliharaan yang diperlukan sebelum terjadi gangguan yang lebih serius pada sistem kelistrikan *barge loader*.

4.1.8 Pareto Downtime Setelah Implementasi



Gambar 33 Pareto Downtime Setelah *Improvement* (Sept - Nov 2025)



Gambar 34 Pareto *Downtime* Sebelum *Improvement* (Jun - Agu 2025)

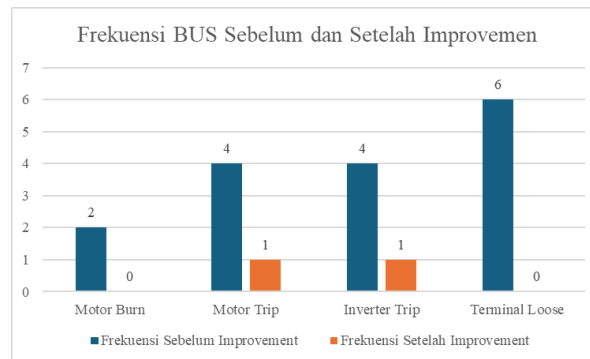
Berdasarkan diagram pareto *downtime unscheduled maintenance* untuk periode September – November 2025 dan Juni - Agustus 2025 yang ditunjukkan pada Gambar 33 dan Gambar 34, terlihat adanya perubahan yang cukup signifikan pada pola kontribusi kerusakan komponen. Pada periode sebelumnya, komponen sistem kelistrikan merupakan penyebab terbesar *downtime*, yaitu sebesar 244,1 jam atau 86,2% dari total *downtime*. Namun, pada periode September - November 2025, gangguan pada sistem kelistrikan masih muncul tetapi tidak paling dominan hanya 5 jam atau 10,8% dari total *downtime*.

Perubahan faktor risiko tersebut menunjukkan bahwa tindakan perbaikan yang telah diterapkan, termasuk penggunaan *checksheet* RCM sistem kelistrikan unit *barge loader*, berhasil mengatasi penyebab utama tingginya rasio trip pada unit *barge loader*. Penurunan yang signifikan ini juga sejalan dengan hasil analisis FMEA dan FTA sebelumnya, yang menunjukkan bahwa turunnya nilai tahanan isolasi motor listrik, suhu kerja motor listrik, *drop voltage* pada sisi *supply* serta longgarnya terminal panel listrik tidak terdeteksi akibat keterbatasan pada manajemen sistem perawatan komponen kelistrikan memiliki nilai RPN yang tinggi.

Melalui penerapan *checksheet* RCM pada sistem kelistrikan unit *barge loader* yang dapat digunakan untuk monitoring komponen kelistrikan memiliki dampak pada menurunnya risiko trip unit *barge loader* dan meningkatnya umur operasional komponen kelistrikan khususnya motor listrik. Hasil ini menunjukkan bahwa

pendekatan berbasis data mampu memberikan peningkatan yang signifikan terhadap keandalan sistem kelistrikan unit *barge loader*.

4.1.9 Dampak Pada Tingkat Kegagalan



Gambar 35 Frekuensi *Breakdown Unscheduled* Sebelum dan Setelah *Improvement*

Tabel 17 Perbandingan *Failure Rate* Sebelum dan Setelah *Improvement*

Masalah	Sebelum Improvement			Setelah Improvement		
	Frekuensi (N)	Waktu Operasi 3 bulan (T)	Failure Rate (λ)	Frekuensi (N)	Waktu Operasi 3 bulan (T)	Failure Rate (λ)
Motor Burn	2	1800	0,001111	0	1800	0,000000
Motor Trip	4	1800	0,002222	1	1800	0,000556
Inverter Trip	4	1800	0,002222	1	1800	0,000556
Terminal Loose	6	1800	0,003333	0	1800	0,000000

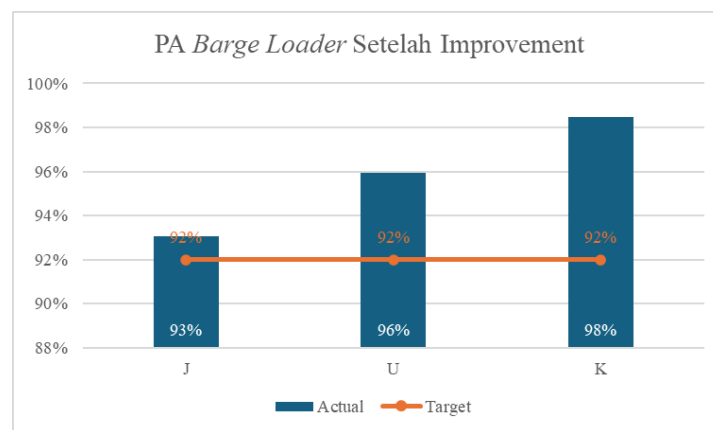
Gambar 35 dan Tabel 17 ini menyajikan perbandingan kondisi sistem kelistrikan *barge loader* sebelum dan sesudah dilakukan *improvement* pemeliharaan. Pada kolom sebelum *improvement* ditampilkan data frekuensi gangguan, waktu operasi selama tiga bulan, serta nilai *failure rate* yang dihitung berdasarkan jumlah kejadian kegagalan terhadap total waktu operasi. Data ini menggambarkan kondisi awal sistem, di mana masih sering terjadi gangguan pada beberapa komponen listrik yang berdampak pada penurunan keandalan dan tingginya *downtime*.

Pada kolom setelah *improvement*, ditampilkan kembali parameter yang sama untuk periode pengamatan yang setara. Perbandingan ini digunakan untuk mengevaluasi efektivitas tindakan perbaikan yang telah diterapkan. Penurunan nilai frekuensi gangguan dan *failure rate* setelah *improvement* menunjukkan bahwa strategi pemeliharaan yang diterapkan mampu menekan laju terjadinya kegagalan. Dengan

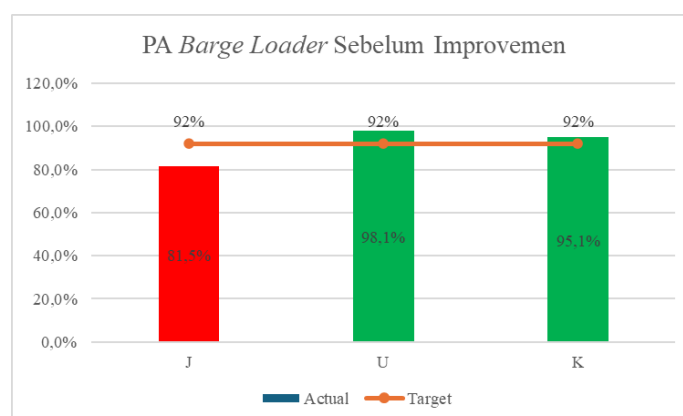
waktu operasi yang relatif sama, perubahan nilai failure rate dapat diinterpretasikan sebagai peningkatan keandalan sistem kelistrikan.

Secara keseluruhan, tabel ini berfungsi sebagai alat evaluasi kuantitatif untuk menunjukkan dampak implementasi strategi pemeliharaan berbasis RCM terhadap kinerja sistem. Hasil perbandingan sebelum dan sesudah *improvement* memberikan bukti bahwa perbaikan yang dilakukan tidak hanya bersifat administratif, tetapi memberikan pengaruh nyata dalam mengurangi gangguan dan meningkatkan stabilitas operasi *barge loader*.

4.1.10 Dampak Pada KPI



Gambar 36 PA Unit *Barge Loader* Setelah *Improvement* (Sept-Nov 2025)



Gambar 37 PA Unit *Barge Loader* Sebelum *Improvement* (Jun - Agu 2025)

Grafik *Physical Availability* (PA) unit barge loader untuk periode September – November 2025 dan Juni – Agustus 2025 yang ditunjukkan pada Gambar 36 dan

Gambar 37, terlihat adanya perubahan pada unit barge loader J yang menjadi sasaran *improvement* ini. Target *physical availability* perusahaan ditetapkan sebesar 92%, yang ditunjukkan oleh garis target pada grafik. Berdasarkan hasil pengukuran, unit *barge loader* J mencapai nilai PA sebesar 93%, unit tersebut telah melampaui target yang ditetapkan.

Peningkatan PA ini menunjukkan bahwa tindakan *improvement* yang diterapkan, khususnya melalui strategi pemeliharaan berbasis RCM, memberikan dampak positif terhadap keandalan sistem. Unit *barge loader* J mengalami peningkatan yang mencerminkan bahwa strategi pemeliharaan yang diterapkan pada unit tersebut berjalan dengan efektif.

Secara keseluruhan, grafik ini menegaskan bahwa implementasi perbaikan yang dilakukan tidak hanya mampu memenuhi target perusahaan, tetapi juga meningkatkan stabilitas operasi *barge loader*. Kenaikan nilai *physical availability* berbanding lurus dengan penurunan frekuensi gangguan dan *downtime*, sehingga mendukung kelancaran proses pemuatan batubara di area *barge loader*. Grafik ini menjadi bukti kuantitatif keberhasilan program *improvement* yang diusulkan dalam penelitian ini.

4.1.11 Dampak Pada FMEA

Untuk menentukan efektivitas sistem yang diusulkan, dilakukan analisis perbandingan nilai *Risk Priority Number* (RPN) menggunakan metode FMEA sebelum dan sesudah implementasi. Analisis ini bertujuan untuk menilai sejauh mana sistem mampu mengurangi risiko kegagalan potensial yang sebelumnya menjadi penyebab utama terjadinya trip kelistrikan. Hasil perhitungan RPN ditampilkan pada Tabel 18, yang menunjukkan adanya penurunan pada sebagian besar komponen setelah aktivitas pengukuran dan pengecekan berbasis RCM diterapkan.

Tabel 18 Perbandingan Nilai RPN Sebelum dan Sesudah *Improvement*

No	Komponen	Sebelum				Setelah			
		S	O	D	RPN	S	O	D	RPN
1	Motor Listrik	10	3	6	180	10	2	3	60
2	Terminal & koneksi	6	7	4	168	6	4	3	72
3	Inverter	9	5	3	135	9	3	3	81
4	Panel kontrol	6	4	5	120	6	3	3	54

Berdasarkan hasil evaluasi FMEA pada Tabel 18, dapat dilihat bahwa implementasi sistem memberikan dampak nyata dalam menurunkan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) pada sebagian besar komponen. Sebagai contoh, nilai RPN pada motor listrik menurun drastis dari 180 menjadi 60, yang dipengaruhi oleh penurunan nilai *occurrence* dari 3 menjadi 2 serta peningkatan kemampuan deteksi yang ditunjukkan oleh penurunan nilai *detection* dari 6 menjadi 3.

Pada terminal dan koneksi, nilai RPN juga mengalami penurunan dari 168 menjadi 72, disertai dengan penurunan nilai *occurrence* dari 7 menjadi 4 dan *detection* dari 4 menjadi 3. Demikian pula pada *inverter* dan panel kontrol, nilai RPN masing-masing turun dari 135 menjadi 81 dan dari 120 menjadi 54, dengan kontribusi terbesar berasal dari perbaikan pada aspek *occurrence* dan *detection*.

4.1.12 Dampak Pada FTA

Implementasi tindakan perbaikan memberikan dampak terhadap hasil FTA, khususnya penurunan probabilitas terjadinya *top event*. Sebelum perbaikan dilakukan, *top event* memiliki peluang tinggi karena dipengaruhi beberapa *basic event* yang sering terjadi dan saling berkaitan melalui logika *OR*. Setelah implementasi program perawatan berbasis RCM dan rekomendasi FMEA, frekuensi kejadian pada *basic event* utama mengalami penurunan. Hal ini secara langsung menurunkan nilai probabilitas pada cabang-cabang *fault tree* yang berkontribusi besar terhadap *top event*. Dengan berkurangnya peluang terjadinya *basic event*, maka jalur kritis (*minimal cut set*) dalam FTA menjadi lebih terkendali.

Tabel 19 Probabilitas FTA setelah *Improvement*

No	Mode Kegagalan	Occurrence (O)	Probabilitas
1	Motor <i>Burn</i>	2	0,17
2	Koneksi terminal longgar/panas	4	0,33
3	Inverter mengalami kegagalan	3	0,25
4	Panel kontrol tidak berfungsi	3	0,25

Pada Tabel 19 nilai *occurrence* pada FMEA setelah dilakukan *improvement* dikonversi menjadi probabilitas dengan membagi nilai tersebut terhadap total *occurrence*, yaitu 12. Dengan demikian nilai probabilitas dapat dihitung sebagai berikut.

$$P_{TE} = 1 - \prod(1 - P_i) \dots\dots\dots (4.3)$$

Dengan memasukkan nilai probabilitas dari masing-masing basic event:

$$P_{TE} = 1 - (1 - 0,17)(1 - 0,33)(1 - 0,25)(1 - 0,25)$$

$$P_{TE} = 1 - (0,83 \times 0,67 \times 0,75 \times 0,75)$$

$$P_{TE} = 1 - 0,31$$

$$P_{TE} = 0,69 = 69\%$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa probabilitas terjadinya gangguan pada sistem kelistrikan barge loader mengalami penurunan setelah dilakukan *improvement*, yang mengindikasikan bahwa checksheet RCM efektif dalam aktivitas perbaikan.

4.1.13 Dampak Pada Finansial

Tabel 20 Estimasi Keuntungan Finansial

FINANCIAL STATEMENT			
A. Tangible Benefit			
1 Additional/Increase Revenue			
Peningkatan kapasitas produksi terkait adanya perbaikan		100,00%	
Peningkatan pendapatan terkait dengan peningkatan produk/layanan			
Peningkatan pendapatan karena kenaikan harga		-	
Others			
Total Additional/Increase Revenue (AIR)		100,00%	
2 Cost Reduction			
Penghematan biaya tenaga kerja (Manpower Efficiency)			
Penghematan atas penggunaan (konsumsi) material		-	
Penurunan biaya depresiasi asset/sewa plant, gedung terkait dengan peningkatan utilisasi akibat			
Penurunan rework (scrap)		-	
Pengurangan penggunaan fasilitas		-	
Others(pengurangan Cost dibandingkan metode sebelumnya)			
Total Cost Reduction (CR)		-	
Total Tangible Benefit			
Additional/Increase Revenue		100,00%	
Cost Reduction		-	
Total Tangible Benefit		100,00%	
B. Cost of Project			
Cost of Project Implementation			
Manhours Tim			
Material / Consumable Goods		0,26%	
Equipment rental & Tools (Non Asset)			
Depreciation/Amortization		-	
Project Awareness : Pelatihan, Sosialisasi, dll		-	
Others			
Total Cost of Project Implementation (CPI)		0,26%	
C. Gross Profit			
Total Tangible Benefit		100,00%	
Cost of Project Implementation		0,26%	
Gross Profit		99,74%	
D. Initial Investment			
Manhours Tim			
Material			
Equipment & Tools		0,73%	
Trial			
Project Support : Consultancy Fee, Reference, etc		0,02%	
Others			
Total Initial Investment (IINV)		0,75%	
E. Finance Cost			
Interest Expense (Interest Rate - IR)	10%	0,08%	
Income Tax (Tax Rate - TR)	25%	24,92%	
F. Net Quality Income		74,75%	
G. Inovation/Improvement Life Time (max. 5 years)			
H. NPV (r= 10%)		47,92%	
I. Return on Innovation (IRR)		49,97%	
J. Potential Benefit			
Biaya yang bisa dihindari (Cost Avoidance)		100,00%	
Pelanggan yang bisa dipertahankan (Customer Retention)			
Penjualan (sales) yang bisa dipertahankan (Sales Retention)			
Peningkatan kepuasan pelanggan (Customer Satisfaction)			
Others			

Dari estimasi keuntungan finansial, Tabel 20 menunjukkan bahwa sistem yang diterapkan juga memberikan manfaat ekonomi yang signifikan dan dari perhitungan dampak finansial tidak merepresentasikan keadaan finansial riil. Tabel tersebut menunjukkan perhitungan manfaat finansial dari implementasi program perbaikan yang dilakukan. Pada bagian A (*Tangible Benefit*), manfaat utama yang diperoleh berasal dari peningkatan kapasitas produksi akibat berkurangnya gangguan operasional. Kondisi ini berdampak langsung pada peningkatan pendapatan sebesar 100%, tanpa adanya tambahan pendapatan dari kenaikan harga atau faktor lain. Pada aspek *cost reduction*, tidak terdapat penghematan biaya yang dihitung secara langsung, sehingga total manfaat berwujud sepenuhnya berasal dari peningkatan pendapatan.

Bagian B (*Cost of Project*) menjelaskan biaya pelaksanaan proyek, yang didominasi oleh pengadaan material atau barang habis pakai sebesar 0,26%. Dengan demikian, total biaya implementasi proyek tercatat sebesar nilai tersebut. Selisih antara total manfaat dan biaya implementasi menghasilkan *gross profit* sebesar 99,74%, sebagaimana ditampilkan pada bagian C.

Selanjutnya, bagian D (*Initial Investment*) menunjukkan total investasi awal sebesar 0,73%, yang terdiri dari biaya peralatan, uji coba, serta dukungan proyek. Pada bagian E, diperhitungkan biaya finansial berupa bunga dan pajak, sehingga diperoleh *Net Quality Income* sebesar 74,75%.

Hasil analisis kelayakan menunjukkan nilai NPV positif sebesar 47,92% dengan tingkat pengembalian inovasi (IRR) sebesar 49,97%, yang menandakan bahwa proyek perbaikan ini layak secara finansial dan memberikan manfaat ekonomi yang signifikan bagi perusahaan. Hasil ini menegaskan bahwa solusi yang diusulkan tidak hanya meningkatkan keandalan teknis, tetapi juga memberikan nilai ekonomi yang terukur bagi operasi pertambangan.

4.2 Control

4.2.1 Audit *Maintenance Management System*

Audit maintenance management system merupakan manajemen *maintenance* yang dikembangkan di departemen *maintenance* untuk menjamin tercapainya efektivitas dan efisiensi terbaik dalam pelaksanaan *maintenance*. Audit ini dilakukan setahun dua kali untuk melihat proses *maintenance* sudah sesuai atau belum dalam PT. ABC site DEF ini. Bila pada saat audit ditemukan deviasi maka perlu dikembangkan atau perlu adanya *improvement* pada saat proses *maintenance* berlangsung. Bisa dilihat dari Gambar 38 merupakan proses audit berlangsung.



Gambar 38 Proses *Audit Program Maintenance*

Dari gambar tersebut dilakukan audit untuk melihat seberapa jauh proses *maintenance* yang ada di PT. ABC site DEF. Untuk item-item audit antara lain, *sample checksheet periodic service unit*, *sample checksheet daily inspection unit*, dll. Dari *sample – sample* tersebut dilakukan observasi sudah sesuai dengan kaidah *maintenance* yang ada di *maintenance management system*.

Tabel 21 Form *Audit Maintenance Management System*

PT. ABC MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM			
AUDIT SCORE SHEET			
ELEMENT 3 : MAINTENANCE EXECUTION			
SITE DEF		Persentase Pencapaian	0,00%
Total Nilai		7100	0
Nomor	Hal Yang Diperiksa	Point	Nilai Aktual
3.1	Periodic Service	1000	0
3.1.1	Penggunaan standard formulir PS RCM dan terdokumentasi dengan baik.(kelengkapan dan kesesuaian pengisian serta penggunaan sesuai RCM)	0	
3.1.2	Pemahaman dan kesesuaian dilapangan, group leader dan mekanik mengenai cara pengisian standard formulir PS RCM	0	
3.1.3	Pemahaman dan kesesuaian dilapangan, group leader dan mekanik terhadap item-item pada standard formulir RCM	0	
3.1.4	Pemahaman dan kesesuaian dilapangan, group leader dan mekanik mengenai proses / prosedur program periodic service sesuai std RCM	0	

Berdasarkan dengan Tabel 21 merupakan salah satu isi form audit untuk *maintenance management system*. Tabel ini menunjukkan *Audit Score Sheet* pada sistem manajemen pemeliharaan PT. ABC untuk Element 3: *Maintenance Execution* di *site DEF*. Audit ini digunakan untuk menilai sejauh mana pelaksanaan kegiatan pemeliharaan, khususnya program *periodic service* berbasis *Reliability Centered Maintenance* (RCM), telah diterapkan sesuai dengan standar perusahaan. Nilai persentase pencapaian pada lembar audit ini menunjukkan tingkat kepatuhan dan efektivitas implementasi program pemeliharaan di lapangan.

Pada bagian sub-elemen 3.1 *Periodic Service*, penilaian difokuskan pada penggunaan formulir standar PS RCM, kelengkapan dan kesesuaian dokumentasi, serta pemahaman personel terhadap proses pemeliharaan yang ditetapkan. Item penilaian meliputi kesesuaian pengisian formulir PS RCM, pemahaman *group leader* dan mekanik terhadap tata cara pengisian formulir, kesesuaian pelaksanaan item pemeriksaan di lapangan, serta pemahaman terhadap proses dan prosedur *periodic service* sesuai standar RCM.

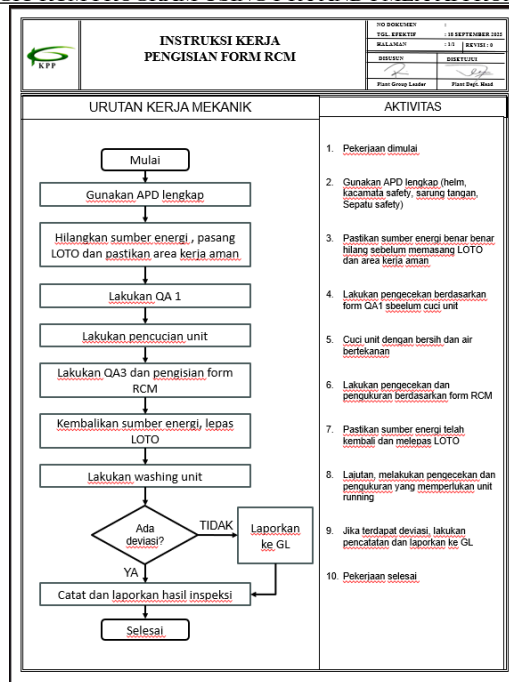
Hasil audit menunjukkan bahwa persentase pencapaian untuk elemen ini masih berada pada nilai 0, yang mengindikasikan bahwa penerapan program *periodic service* berbasis RCM belum berjalan secara optimal atau belum terdokumentasi dengan baik pada saat audit dilakukan dan sebaliknya bila nilai 100 maka penerapan program *periodic service* berbasis RCM sudah berjalan dengan optimal atau sudah terdokumentasi dengan baik saat audit dilakukan.

Secara keseluruhan, hasil audit ini memberikan gambaran awal mengenai perlunya perbaikan dalam aspek eksekusi pemeliharaan, terutama dalam penerapan dan pendokumentasian program *periodic service* berbasis RCM. Temuan ini menjadi dasar penting dalam penelitian untuk merumuskan strategi perbaikan yang lebih terstruktur, meningkatkan pemahaman personel, serta memastikan bahwa kegiatan pemeliharaan dilaksanakan secara konsisten sesuai dengan standar RCM yang telah ditetapkan.

4.2.2 Preventive Control Strategy

Dalam upaya memastikan keberlanjutan penerapan sistem perbaikan pada sistem kelistrikan unit *barge loader*, telah disusun standar pengisian form RCM untuk mendukung perbaikan utama, yaitu *checksheet* RCM *electrical system barge loader*. Untuk memastikan pengisian *checksheet* RCM tetap berjalan sesuai fungsinya serta mencegah kegagalan sistem akibat kelalaian, telah disusun Instruksi Kerja (INK) yang berisi langkah-langkah teknis dan pengendalian keselamatan dalam pelaksanaan inspeksi harian dan aktivasi sistem.

Dengan demikian, langkah perbaikan yang dikembangkan tidak hanya bersifat sementara, tetapi dapat terintegrasi secara formal ke dalam sistem kerja departemen pemeliharaan secara berkelanjutan. Diharapkan ke depannya sistem ini dapat diterapkan pada seluruh unit *barge loader* maupun *crusher*. Instruksi kerja sistem ini ditunjukkan pada Gambar 39.



Gambar 39 Instruksi Kerja Pengisian RCM

