

ANALISA KEGAGALAN PADA GAS COMPRESSOR AJAX DPC-360 MENGUNAKAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)

Kenzy Ravi Pradana¹, Ayende²

^{1,2}Teknik Mesin Kilang, PEM Akamigas, Jln Gajah Mada No38 Cepu, Blora, 58315

*E-mail: kenzyravipradana@gmail.com

ABSTRAK

Gas Compressor AJAX DPC-360 adalah peralatan vital dalam industri minyak dan gas yang berfungsi memampatkan gas agar aliran produksi tetap kontinu. Kegagalan kompresor dapat menimbulkan downtime, penurunan produksi, dan kerugian biaya signifikan. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dengan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan memberikan rekomendasi perbaikan preventif terhadap potensi kegagalan. Analisis risiko dilakukan melalui tiga parameter utama Severity, Occurrence, dan Detectability yang digabungkan menjadi Risk Priority Number (RPN) sesuai skala IEC 60812. Data diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara teknisi dan operator, serta peninjauan dokumen perawatan. Hasil menunjukkan tiga pola kegagalan utama: Liquid Carryover menjadi mode kegagalan paling kritis akibat lemahnya pemisahan cairan dan akumulasi kondensat; Hunting, Knocking, dan Backfiring terkait ketidakstabilan suplai gas dan sensitivitas kontrol pembakaran; sedangkan Overheating dan kegagalan sistem pelumasan memiliki risiko lebih rendah karena mekanisme pengaman efektif. Saran penelitian yaitu fokuskan perbaikan pada pencegahan Liquid Carryover, stabilisasi operasi, serta perawatan sistem pendingin dan pelumasan untuk meningkatkan keandalan, umur komponen, dan keselamatan operasi Gas Compressor DPC-360.

Kata kunci: Gas compressor, FMEA, RPN, Liquid Carryover, analisis kegagalan

1. PENDAHULUAN

Gas compressor merupakan salah satu peralatan penting dalam industri minyak dan gas, digunakan untuk menaikkan tekanan gas agar dapat dialirkan sesuai kebutuhan proses maupun distribusi. Keandalan kompresor sangat krusial karena kegagalan dapat menyebabkan downtime, penurunan kinerja produksi, serta kerugian biaya yang besar [1]. Salah satu unit yang digunakan adalah Gas Compressor DPC-360, yang berperan menjaga kontinuitas aliran gas pada sistem produksi dengan memampatkan gas alam hasil produksi dari sumur di Stasiun Pengumpul XII area Pangkalan Susu.



Gambar 1. Unit Gas Compressor DPC-360

Gambar 1 menunjukkan unit Gas Compressor DPC-360 yang sedang berada di area operasional fasilitas produksi gas. Terlihat dua orang pekerja mengenakan alat pelindung diri lengkap berupa helm dan pakaian kerja berwarna oranye sedang melakukan pemeriksaan atau perawatan pada bagian utama kompresor. Unit kompresor berukuran besar ini dilengkapi dengan berbagai pipa, katup, dan komponen mekanis yang berfungsi dalam proses pemampatan gas. Lingkungan di sekitar unit tampak seperti ruang kerja industri berat dengan struktur atap baja terbuka, mencerminkan suasana khas area stasiun pengumpul gas di fasilitas produksi migas.

Studi-studi terdahulu menunjukkan tiga kecenderungan utama dalam penelitian berbasis FMEA: (1) kajian yang berfokus pada identifikasi kegagalan dan karakteristik komponen tanpa analisis risiko kuantitatif mendalam, seperti pada mesin pendingin, kompresor udara kapal, dan kompresor sentrifugal berbasis karakteristik fisik kerusakan [2], [3], [4]; (2) penelitian yang menekankan perhitungan RPN untuk menentukan prioritas perawatan dan kebijakan maintenance, sebagaimana terlihat pada kompresor industri di PLN, PT XYZ, dan Pertamina [5], [6], [7]; serta (3) penelitian yang mengombinasikan FMEA dengan metode sistemik seperti FTA, RCM, RCFA, SIL, dan HIRADC untuk menggali akar penyebab dan merancang ulang sistem keselamatan atau proteksi [8], [9], [10], [11]. Namun, belum ada penelitian yang secara spesifik menerapkan FMEA pada Gas Compressor AJAX DPC-360, padahal kompresor ini memiliki karakteristik operasional yang berbeda, pola kegagalan khas, serta peran kritis dalam kontinuitas suplai gas proses. Selain itu, tidak ditemukan kajian yang mengaitkan hasil FMEA dengan prioritas kegagalan spesifik unit ini untuk mendukung peningkatan keandalan dan efisiensi operasi. Dengan demikian, penelitian ini mengisi *gap* berupa absennya analisis kegagalan terstruktur berbasis FMEA pada tipe kompresor tersebut dan memberikan kontribusi pada pemetaan risiko komponen secara lebih terfokus dan aplikatif.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi kegagalan yang dapat terjadi pada Gas Compressor AJAX DPC-360 sebagai salah satu peralatan vital dalam sistem pengolahan dan penyaluran gas. Secara umum, penelitian ini diarahkan untuk mengidentifikasi mode kegagalan pada setiap komponen utama kompresor dan mengevaluasi pengaruhnya terhadap performa operasi. Secara lebih spesifik, penelitian ini berfokus pada penerapan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk menentukan tingkat risiko masing-masing kegagalan melalui perhitungan Risk Priority Number (RPN), sehingga dapat diketahui komponen mana yang paling kritis berdasarkan aspek *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Tujuan khusus lainnya adalah menghasilkan prioritas tindakan perbaikan yang terukur untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional kompresor. Adapun manfaat penelitian ini meliputi penyediaan dasar analisis teknis yang dapat digunakan oleh operator atau engineer sebagai pedoman dalam merancang strategi perawatan yang lebih efektif, mengurangi downtime, menekan biaya kerusakan, serta memperpanjang umur pakai kompresor secara keseluruhan. Penelitian ini diharapkan menjadi rujukan praktis dalam pengelolaan risiko kegagalan pada unit Gas Compressor AJAX DPC-360.

Kegagalan pada gas compressor AJAX DPC-360 merupakan persoalan yang memiliki dampak signifikan terhadap keseluruhan sistem produksi, karena peralatan ini berperan vital dalam menjaga kontinuitas aliran gas, tekanan operasi, dan stabilitas proses industri secara keseluruhan. Meskipun berbagai upaya pemeliharaan rutin telah dilakukan, masih terdapat indikasi bahwa potensi kegagalan komponen belum diidentifikasi secara menyeluruh dan sistematis, terutama pada aspek mekanis seperti valve assembly, piston–cylinder interaction, dan sistem pelumasan yang sering menjadi sumber kerusakan berulang. Selain itu, tidak adanya prioritas risiko yang terukur menjadikan proses troubleshooting bersifat reaktif, bukan preventif. Oleh karena itu, penggunaan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) menjadi langkah strategis untuk menguraikan mode kegagalan paling kritis, menganalisis

efeknya terhadap performa compressor, dan menentukan Risk Priority Number (RPN) sebagai dasar pengambilan keputusan pemeliharaan. Berdasarkan pemaparan tersebut, penelitian ini berargumen bahwa penerapan FMEA akan mampu memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai sumber kegagalan dan membantu merumuskan rekomendasi perbaikan yang terukur, sehingga efektivitas dan keandalan gas compressor AJAX DPC-360 dapat ditingkatkan secara signifikan.

2. METODE

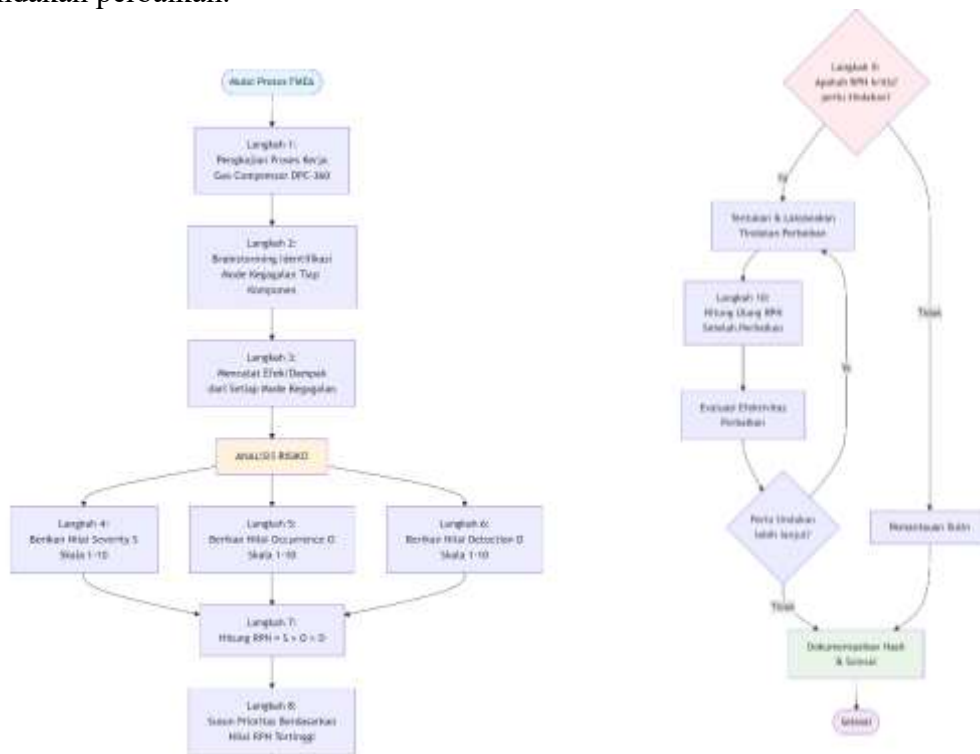
Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis deskriptif dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan memberikan rekomendasi perbaikan terhadap potensi kegagalan pada Gas Compressor AJAX DPC-360. Metode ini dipilih karena mampu mengevaluasi risiko secara sistematis melalui tiga parameter utama, yaitu *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detectability* (D), yang kemudian dikalikan untuk menghasilkan *Risk Priority Number* (RPN) sebagai dasar penentuan prioritas tindakan perbaikan [12]. Agar proses penilaian lebih konsisten dan terukur, penelitian ini mengacu pada skala standar IEC 60812 sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1. Pelaksanaan penelitian dilakukan secara langsung pada unit Gas Compressor DPC-360 di lokasi operasional perusahaan, dengan pengumpulan data melalui studi lapangan, observasi, wawancara dengan teknisi dan operator, serta peninjauan dokumen perawatan dan catatan gangguan (*maintenance log*). Selain itu, studi pustaka juga digunakan untuk memperkuat landasan teoritis terkait metode FMEA dan penerapannya pada kompresor gas. Pendekatan ini memungkinkan penelitian mengidentifikasi komponen yang paling berisiko, memahami akar penyebab kegagalan, dan menyusun rekomendasi perawatan yang lebih efektif. Secara keseluruhan, metode yang digunakan bersifat rasional, empiris, dan sistematis sehingga dapat dipertanggungjawabkan baik secara akademik maupun praktis dalam mendukung peningkatan keandalan Gas Compressor DPC-360.

Tabel 1. Skala Penilaian *Severity*, *Occurrence* dan *Detection* Berdasarkan Standar IEC 60812

Skor	Severity (S) - Dampak	Occurrence (O) - Frekuensi	Detection (D) – Deteksi
1	Tidak Berdampak	Hampir Tidak Pernah Terjadi	Sangat Mudah Dideteksi Otomatis
2	Dampak Sangat Ringan, Tidak Mengganggu	Sangat Jarang (1x Per 2 Tahun)	Mudah Dideteksi Otomatis
3	Dampak Ringan	Jarang (1X Pertahun)	Mudah Dideteksi Manual
4	Sedikit Mengganggu Kinerja	Kadang (1x Per 6 bulan)	Cukup Terdeteksi Lewat Inspeksi
5	Gangguan Sedang, Masih Bisa Beroperasi	Cukup Sering (1x Per 3 Bulan)	Terkadang Terdeteksi
6	Gangguan Nyata, Butuh Perhatian	Rutin (1x Per Bulan)	Sulit Dideteksi Tanpa Pembongkaran
7	Performa Menurun Signifikan	Sering (1x Per 2 Minggu)	Sulit Dideteksi Bahkan Dengan Inspeksi
8	Downtime Parsial	Sangat Sering (1x Per Minggu)	Hampir Tidak Terdeteksi
9	Trip Sistem, Henti Produksi	Hampir Selalu (Setiap Hari)	Tidak Terdeteksi Sampai Kerusakan Nyata
10	Kerusakan Besar / Membahayakan Keselamatan	Terjadi Terus-Menerus	Tidak Bisa Dideteksi Sama Sekali

Tabel 1 memberikan batasan dan deskripsi yang jelas mengenai tingkat keparahan dampak, frekuensi terjadinya kegagalan, serta tingkat kemudahan deteksi, sehingga setiap mode kegagalan dapat diklasifikasikan secara objektif. Dengan pedoman ini, penentuan RPN dapat dilakukan secara akurat dan terstandarisasi, sehingga analisis FMEA menghasilkan prioritas risiko yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan.

Untuk memberikan gambaran yang lebih sistematis mengenai alur pelaksanaan penelitian, berikut disajikan *flowchart* metode FMEA yang digunakan dalam menganalisis potensi kegagalan pada Gas Compressor AJAX DPC-360 pada Gambar 2. *Flowchart* ini menggambarkan tahapan penelitian mulai dari identifikasi mode kegagalan hingga evaluasi efektivitas tindakan perbaikan.



Gambar 2. Flowchart Metode FMEA dalam Analisis Potensi Kegagalan pada Gas Compressor AJAX DPC-360

Melalui *flowchart* tersebut, alur pelaksanaan analisis FMEA dapat terlihat dengan lebih jelas, sehingga memudahkan dalam memahami proses penilaian risiko dan tahapan pengambilan keputusan perbaikan pada Gas Compressor AJAX DPC-360. Berikut penjelasan lebih rinci dan detail untuk setiap langkah-langkah pada prosedur FMEA dalam penelitian Gas Compressor AJAX DPC-360

Langkah-langkah penelitian dilakukan sesuai prosedur FMEA yang terdiri dari sepuluh tahap, yaitu:

1. Melakukan pengkajian proses kerja Gas Compressor DPC-360

Tahap pertama dilakukan dengan mempelajari secara mendalam alur operasi kompresor, termasuk fungsi utama, konfigurasi mekanis, sistem pelumasan, sistem pendinginan, aliran gas, serta interaksi antar komponen. Pengkajian dilakukan melalui observasi lapangan, studi manual teknis, dan wawancara dengan operator. Tujuannya adalah memastikan bahwa analisis kegagalan dilakukan berdasarkan pemahaman menyeluruh

- terhadap cara kerja peralatan, kondisi operasi normal, serta titik-titik kritis yang berpotensi menimbulkan gangguan.
2. Brainstorming untuk mengidentifikasi potensi mode kegagalan
Pada tahap ini, tim analis melakukan diskusi terstruktur untuk mengidentifikasi semua kemungkinan kegagalan yang dapat terjadi pada setiap komponen kompresor, baik kegagalan mekanis, elektrik, maupun operasional. Mode kegagalan dapat meliputi kebocoran, gesekan berlebih, keausan, overheat, misalignment, kerusakan valve, hingga kegagalan sensor. *Brainstorming* dilakukan dengan mengacu pada pengalaman teknisi, data maintenance, dan referensi standar industri, sehingga daftar mode kegagalan yang dihasilkan lebih komprehensif.
 3. Mencatat efek atau dampak potensial dari setiap mode kegagalan
Setiap mode kegagalan kemudian ditelaah untuk mengetahui apa konsekuensi yang mungkin ditimbulkan terhadap operasi kompresor dan sistem produksi secara keseluruhan. Efek kegagalan dapat berupa penurunan performa, kebocoran gas, getaran berlebih, overheating, trip sistem, downtime produksi, hingga potensi risiko keselamatan. Tahap ini penting untuk memahami besarnya pengaruh suatu kegagalan sehingga dapat diberi tingkat keparahan (*severity*) yang tepat.
 4. Memberikan nilai tingkat keparahan (*Severity*)
Severity diberikan menggunakan skala 1–10 berdasarkan standar IEC 60812, di mana nilai tinggi menunjukkan dampak yang lebih serius. Proses penilaian mempertimbangkan apakah kegagalan menyebabkan gangguan ringan, penurunan performa signifikan, downtime, kerusakan besar pada kompresor, atau bahkan membahayakan keselamatan pekerja. Penentuan *severity* dilakukan dengan melibatkan engineer yang memahami karakteristik operasional peralatan agar penilaian bersifat objektif.
 5. Memberikan nilai tingkat kemunculan (*Occurrence*)
Occurrence menunjukkan seberapa sering mode kegagalan tersebut terjadi berdasarkan data historis perawatan, frekuensi gangguan sebelumnya, dan estimasi peluang terulangnya kegagalan. Skala 1–10 digunakan, dengan nilai tinggi untuk kegagalan yang sering atau rutin terjadi, misalnya akibat keausan alami, kondisi lingkungan, atau pola operasi tertentu. Tahap ini memerlukan analisis dokumentasi maintenance serta diskusi dengan teknisi untuk memastikan keakuratan penilaian.
 6. Memberikan nilai tingkat pendeteksian (*Detectability*)
Tahap ini menilai kemampuan sistem untuk mendeteksi kegagalan sebelum berdampak lebih jauh. Jika kegagalan mudah terdeteksi melalui sensor, alarm, atau inspeksi rutin, nilai *detectability* rendah. Sebaliknya, jika kegagalan sulit dideteksi tanpa pembongkaran atau tidak terdeteksi hingga kerusakan muncul, nilai *detectability* akan tinggi. Penilaian D dilakukan berdasarkan evaluasi sistem monitoring kompresor, SOP inspeksi, dan efektivitas alat deteksi yang tersedia.
 7. Menghitung nilai RPN untuk setiap mode kegagalan
Risk Priority Number diperoleh dengan mengalikan nilai $Severity \times Occurrence \times Detectability$. Nilai RPN memberikan indikasi tingkat risiko masing-masing mode kegagalan. Kegagalan dengan nilai RPN yang tinggi menandakan bahwa risiko tersebut sangat signifikan dan harus mendapatkan prioritas penanganan lebih dahulu. Perhitungan dilakukan secara manual untuk menghindari bias dan memastikan keterlacakan analisis.
 8. Menyusun prioritas berdasarkan nilai RPN
Setelah seluruh nilai RPN diperoleh, daftar prioritas disusun dengan mengurutkan mode kegagalan dari nilai tertinggi hingga terendah. Tahap ini bertujuan menentukan komponen atau mode kegagalan mana yang harus segera mendapat tindakan perbaikan atau

tindakan preventif. Pengurutan prioritas ini membantu manajemen dalam mengalokasikan sumber daya secara efektif dan memfokuskan perawatan pada bagian yang paling kritis.

Penentuan kategorinya terklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu tinggi, sedang, dan rendah. RPN tinggi ketika berada pada ≥ 200 , karena menunjukkan risiko signifikan yang membutuhkan tindakan korektif segera. RPN sedang biasanya berada pada 100–199, yaitu risiko yang tidak kritis namun tetap perlu pemantauan dan perbaikan terencana. Adapun RPN rendah berada pada <100 , menunjukkan bahwa risiko relatif kecil sehingga cukup dilakukan pengendalian rutin tanpa tindakan korektif besar [13].

9. Menentukan dan melaksanakan tindakan perbaikan

Berdasarkan prioritas RPN, tindakan perbaikan dirancang untuk mengurangi risiko, baik dengan menurunkan *severity*, *occurrence*, maupun meningkatkan *detectability*. Tindakan dapat berupa perawatan preventif, penggantian komponen, peningkatan sistem monitoring, pembaruan SOP inspeksi, atau modifikasi desain. Implementasi tindakan dilakukan dengan koordinasi antara teknisi, engineer, dan departemen operasi untuk memastikan kesesuaian dengan standar keselamatan dan operasional.

10. Menghitung ulang nilai RPN setelah tindakan dilakukan

Tahap akhir adalah menilai kembali nilai S, O, dan D setelah tindakan perbaikan diterapkan. Perhitungan ulang RPN ini dilakukan untuk mengukur efektivitas perbaikan dan memastikan bahwa risiko telah berkurang secara signifikan. Jika nilai RPN turun secara konsisten, maka tindakan dianggap efektif; namun bila masih tinggi, maka diperlukan evaluasi atau strategi perbaikan tambahan. Tahap ini menutup siklus FMEA dan memastikan peningkatan berkelanjutan terhadap keandalan kompresor.

Proses perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada Gas Compressor DPC-360 dilakukan melalui serangkaian tahapan analisis yang tersusun secara sistematis agar evaluasi risiko yang dihasilkan akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

- a. Tahapan pertama adalah penentuan nilai *Severity* (*S*), yaitu penilaian tingkat keparahan dampak suatu kegagalan terhadap sistem, operasi, maupun keselamatan. Skala yang digunakan berupa rentang 1–10, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat konsekuensi yang semakin besar. Penilaian ini mengacu pada standar internasional IEC 60812: Analysis techniques for system reliability – Procedures for failure mode and effects analysis, yang menjadi pedoman resmi dalam penerapan skala severity pada FMEA.
- b. Tahapan kedua adalah penentuan nilai *Occurrence* (*O*) untuk menilai kemungkinan atau frekuensi terjadinya kegagalan, juga menggunakan skala 1–10 berdasarkan probabilitas dan data historis, yang kembali merujuk pada standar IEC 60812 serta praktik umum industri perawatan mesin rotari.
- c. Tahapan ketiga adalah penentuan nilai *Detection* (*D*), yaitu kemampuan sistem mendeteksi kegagalan sebelum memberikan dampak berarti. Skala 1–10 digunakan berdasarkan pedoman deteksi yang tercantum dalam IEC 60812, di mana nilai semakin rendah menunjukkan kemampuan deteksi yang semakin baik.

Ketiga nilai tersebut digabungkan melalui rumus $RPN = S \times O \times D$ untuk menghasilkan skor prioritas risiko yang objektif. Nilai RPN antar mode kegagalan kemudian dibandingkan untuk menentukan prioritas perbaikan, sehingga mode kegagalan dengan RPN tertinggi menjadi fokus utama mitigasi. Dengan merujuk langsung pada standar IEC 60812 sebagai acuan resmi skala penilaian, metode FMEA yang diterapkan dalam penelitian ini bersifat valid, sistematis, dan dapat dipertanggungjawabkan secara akademik maupun teknis [14].

3. PEMBAHASAN

A. Analisis Potensi Kegagalan Gas Compressor AJAX DPC-360 Menggunakan FMEA

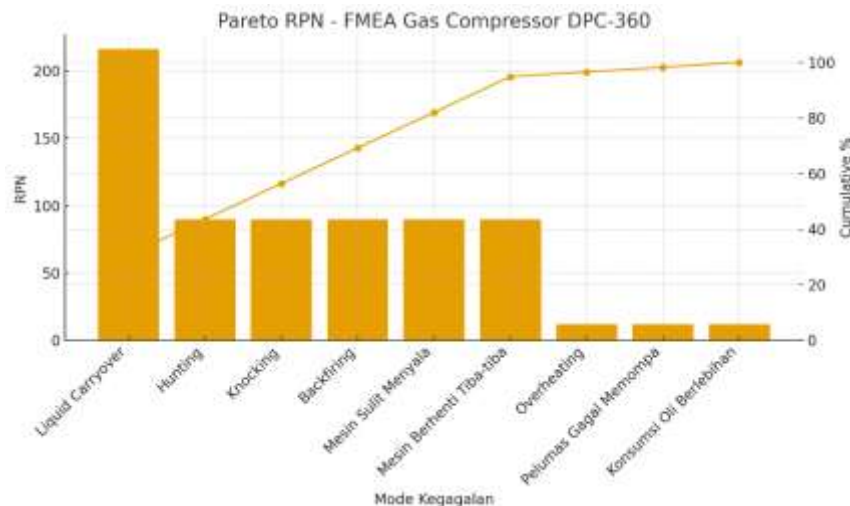
Analisis potensi kegagalan pada *Gas Compressor* AJAX DPC-360, dilakukan dengan cara memberikan penilaian terhadap setiap mode kegagalan menggunakan metode FMEA. Penilaian ini mencakup identifikasi efek, penyebab, serta penentuan tingkat *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) yang kemudian menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil analisis tersebut disajikan pada Tabel 2 berikut, yang memberikan dasar bagi penentuan prioritas perbaikan serta pemetaan area risiko pada unit kompresor.

Tabel 2. Mode Kegagalan pada Gas Compressor AJAX DPC-360 Menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Mode Kegagalan	Efek	Penyebab	S	O	D	RPN	Kategori
Liquid Carryover	Lonjakan tekanan/hidraulic shock, kerusakan piston/connecting rod/valve, retak silinder, shutdown mendadak.	Separator penuh/gagal, kondensat di fuel gas dan suction line, drain/level control gagal, start saat ada liquid slug, (dasain pipping complete, namun sering terjadi low-point drain)	9	8	3	216	Tinggi
Hunting	Putaran tidak stabil, tekanan kompresi fluktuatif, kontrol proses terganggu.	Pengaturan governor terjadi error, masalah fuel supply, pemakaian beban tidak stabil.	5	6	3	90	Rendah
Knocking	Bunyi ketukan, getaran, potensi kerusakan komponen unit.	Rasio kompresi terlalu tinggi, injektor dan pengapian tidak merata.	5	6	3	90	Rendah
Overheating	Sering terjadi low & high pressure, pengapian dan ai intake tidak merata,	Kerusakan pada valve dan check valve, sistem pendinginan tidak merata, kebocoran sistem pendingin.	4	3	1	12	Rendah
Backfiring	Suara ledakan di intake/exhaust, potensi kebakaran, kerusakan intake valve.	Pembakaran di intake manifold, fuel tidak bersih/bercampur dengan kondensat, pengapian abnormal	5	6	3	90	Rendah
Pelumasan gagal memompa	Tekanan oli rendah gesekan meningkat, pemanasan, cepat aus komponen.	Lubricating pump gagal berfungsi, filter oli di level control tersumbat.	4	3	1	12	Rendah

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 2 yang memetakan mode kegagalan Gas Compressor AJAX DPC-360 menggunakan pendekatan FMEA, terlihat bahwa setiap jenis kegagalan memiliki tingkat risiko yang berbeda dan memberikan gambaran yang jelas mengenai komponen serta kondisi operasi yang paling membutuhkan perhatian. Temuan utama menunjukkan bahwa Liquid Carryover memiliki nilai RPN tertinggi, yaitu 216, sehingga menjadi kegagalan yang paling kritis dibandingkan mode lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa masalah pada sistem pemisahan cairan, seperti kegagalan separator atau akumulasi kondensat pada jalur *suction* dan fuel gas, merupakan aspek yang berpotensi besar mengganggu keandalan kompresor. Sementara itu, mode kegagalan lain seperti Hunting, Knocking, dan Backfiring memiliki nilai RPN yang lebih rendah namun tetap menunjukkan adanya ketidakstabilan operasional yang dapat berdampak pada performa dan umur komponen apabila tidak ditangani. Overheating dan kegagalan sistem pelumasan juga muncul sebagai indikasi adanya ketidaksempurnaan pada sistem pendingin maupun sirkulasi oli, meskipun tingkat

risikonya lebih rendah. Secara keseluruhan, pola risiko yang diidentifikasi pada tabel tersebut membantu memperkuat tujuan penelitian untuk menentukan prioritas perbaikan dan memahami area kritis yang memengaruhi keandalan *Gas Compressor* AJAX DPC-360 berdasarkan penilaian FMEA. Untuk menggambarkan tingkat prioritas risiko dari setiap mode kegagalan, hasil analisis FMEA divisualisasikan dalam Diagram Pareto Nilai RPN seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Pareto RPN

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa prioritas utama tindakan perbaikan harus difokuskan pada pencegahan terjadinya *Liquid Carryover* melalui peningkatan kinerja separator dan sistem drain. Selain itu, stabilitas sistem kontrol bahan bakar dan pengapian perlu diperbaiki untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *Hunting*, *Knocking*, dan *Backfiring*. Penerapan program pemeliharaan yang terencana secara sistematis diharapkan dapat meningkatkan keandalan *Gas Compressor* DPC-360 serta meminimalkan risiko kegagalan yang berpotensi mengganggu kontinuitas operasi.

B. Analisis Hasil Penelitian pada Gas Compressor AJAX DPC-360 Berdasarkan FMEA

Penelitian dilakukan setidaknya telah menunjukkan tiga hal penting terkait pola kegagalan pada Gas Compressor AJAX DPC-360 berdasarkan analisis FMEA. Pertama, temuan menunjukkan bahwa *Liquid Carryover* merupakan mode kegagalan paling kritis dengan nilai RPN tertinggi, menandakan bahwa persoalan pada sistem pemisahan cairan dan akumulasi kondensat menjadi faktor dominan yang mengancam keandalan kompresor. Kedua, mode kegagalan seperti *Hunting*, *Knocking*, dan *Backfiring* memiliki RPN lebih rendah namun tetap mengindikasikan adanya ketidakstabilan operasional yang perlu dikendalikan melalui peningkatan akurasi sistem kontrol, pengaturan *fuel supply*, dan perbaikan kualitas pembakaran. Ketiga, kegagalan seperti *Overheating* dan masalah pada sistem pelumasan memperlihatkan bahwa aspek pendinginan dan sirkulasi oli masih membutuhkan optimalisasi untuk mencegah degradasi performa jangka panjang. Secara keseluruhan, ketiga temuan ini menegaskan bahwa peningkatan sistem pemisahan cairan, stabilisasi proses kontrol, dan penguatan pemeliharaan preventif merupakan fokus utama untuk meningkatkan keandalan dan keselamatan operasi kompresor.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Liquid Carryover* muncul sebagai mode kegagalan paling kritis karena mekanisme pemisahan cairan pada kompresor terbukti memiliki beberapa

titik lemah, seperti kapasitas separator yang tidak memadai, akumulasi kondensat pada jalur suction maupun fuel gas, serta kegagalan drain dan *level control* yang sering terjadi di lapangan. Kondisi ini menjelaskan mengapa nilai *severity* dan *occurrence* pada mode tersebut berada pada tingkat yang tinggi. Sementara itu, kegagalan seperti *Hunting*, *Knocking*, dan *Backfiring* memperoleh nilai RPN yang lebih rendah karena meskipun berdampak pada kestabilan operasi, frekuensi terjadinya dan tingkat keparahannya tidak seintens *Liquid Carryover*. Adapun nilai rendah pada *Overheating* dan kegagalan sistem pelumasan dapat dijelaskan oleh adanya mekanisme pengaman yang masih berfungsi cukup baik sehingga potensi kegagalan dapat dideteksi lebih awal. Dengan demikian, perbedaan kategori risiko yang muncul pada setiap mode kegagalan merupakan refleksi langsung dari kondisi operasional kompresor, efektivitas sistem pendukung, dan frekuensi terjadinya anomali yang teridentifikasi selama proses observasi dan analisis.

Hasil penelitian ini dapat dimaknai dalam konteks operasional *Gas Compressor* AJAX DPC-360 yang digunakan untuk memproses gas alam hasil produksi dari sumur-sumur di Stasiun Pengumpul XII, area Pangkalan Susu, di mana kondisi aliran gas, kandungan kondensat, dan variasi tekanan sangat dipengaruhi oleh dinamika produksi lapangan. Nilai RPN yang tinggi pada mode kegagalan *Liquid Carryover* menunjukkan bahwa proses pemisahan cairan di fasilitas gathering tersebut masih menghadapi tantangan signifikan akibat fluktuasi volume kondensat yang berasal langsung dari sumur, sehingga risiko terjadinya hydraulic shock, kerusakan mekanis, dan *shutdown* mendadak menjadi lebih tinggi dalam konteks ini. Kegagalan seperti *Hunting*, *Knocking*, dan *Backfiring* juga bermakna dalam lingkungan operasi yang dipengaruhi perubahan beban kompresi akibat variabilitas suplai gas dari sumur, sehingga kestabilan pengapian dan kontrol bahan bakar menjadi faktor yang sangat sensitif. Sementara itu, temuan terkait *Overheating* dan kegagalan sistem pelumasan mencerminkan kondisi kerja kompresor yang terus-menerus beroperasi untuk menjaga tekanan pengiriman gas ke fasilitas berikutnya, sehingga sistem pendingin dan sirkulasi oli sangat rentan terhadap penurunan performa. Secara keseluruhan, interpretasi ini menunjukkan bahwa profil risiko kompresor sangat berkaitan dengan karakteristik produksi gas alam di Stasiun Pengumpul XII, yang bersifat dinamis dan menuntut keandalan tinggi dari setiap komponen pendukung proses kompresi.

Hasil penelitian ini menunjukkan perbedaan yang jelas dibandingkan studi-studi terdahulu yang menggunakan FMEA, sehingga menegaskan aspek kebaruan (*novelty*) penelitian. Berbagai penelitian sebelumnya cenderung terbagi dalam tiga pendekatan utama: pertama, studi yang hanya berfokus pada identifikasi kegagalan secara deskriptif tanpa analisis risiko kuantitatif mendalam, seperti pada mesin pendingin, kompresor udara kapal, dan kompresor sentrifugal yang dianalisis berdasarkan karakteristik fisik kerusakan [2], [3], [4]; kedua, penelitian yang menitikberatkan pada perhitungan RPN sebagai dasar kebijakan perawatan pada kompresor-kompresor industri di PLN, PT XYZ, dan Pertamina [5], [6], [7]; dan ketiga, penelitian yang memadukan FMEA dengan metode lanjutan seperti FTA, RCM, RCFA, SIL, dan HIRADC untuk menelusuri akar penyebab kegagalan sekaligus meningkatkan sistem keselamatan operasional [8], [9], [10]. Berbeda dari ketiga kelompok penelitian tersebut, penelitian ini menawarkan kontribusi baru karena secara spesifik menerapkan FMEA pada Gas Compressor AJAX DPC-360 yang digunakan untuk memproses gas alam dari Stasiun Pengumpul XII di area Pangkalan Susu—sebuah konteks operasional yang belum pernah dikaji sebelumnya. Kompresor ini memiliki kondisi kerja yang khas, termasuk dinamika suplai gas lapangan, potensi kondensat tinggi, serta beban operasi yang sangat fluktuatif, sehingga menghasilkan pola kegagalan yang berbeda dengan kompresor-kompresor yang pernah diteliti. Selain itu, penelitian ini juga mengintegrasikan temuan FMEA dengan prioritas perbaikan yang

secara langsung relevan dengan keandalan unit, sehingga memberikan kontribusi praktis dan terarah yang tidak ditemukan dalam penelitian terdahulu.

C. Solusi dan Rekomendasi

Berdasarkan hasil analisis FMEA terhadap *Gas Compressor* DPC-360 yang tertera pada tabel 2. Diperoleh enam (6) mode kegagalan utama dengan tingkat risiko berbeda. Untuk meningkatkan keandalan sistem dan mengurangi kemungkinan kegagalan berulang, berikut beberapa saran perbaikan yang direkomendasikan:

1) *Liquid Carryover*

Permasalahan ini dapat diminimalkan dengan memastikan separator berfungsi optimal dan melakukan pemasangan sistem drain otomatis yang dilengkapi alarm level cairan.

Pemeriksaan separator secara rutin dan modifikasi desain pipa agar tidak terbentuk *liquid trap* juga perlu dilakukan untuk mencegah tekanan mendadak (*hydraulic shock*).

2) *Hunting*

Diperlukan kalibrasi rutin pada governor untuk menstabilkan respon mesin terhadap perubahan beban. Pemeriksaan sensor kecepatan dan sistem suplai bahan bakar juga harus dilakukan secara berkala untuk menjaga kestabilan tekanan.

3) *Knocking*

Masalah ini dapat diatasi dengan penyetelan ulang waktu pengapian (*ignition timing*) dan pembersihan ruang bakar serta injektor secara rutin. Menjaga kualitas bahan bakar dan rasio udara–bahan bakar yang tepat dapat mencegah pembakaran dini yang menyebabkan getaran.

4) *Backfiring*

Kegagalan ini dapat dicegah dengan menyesuaikan rasio udara–bahan bakar sesuai spesifikasi, memeriksa sistem pengapian, dan membersihkan *intake manifold*. Langkah-langkah ini akan mencegah terjadinya pembakaran balik yang dapat merusak sistem udara masuk.

5) *Overheating*

Pemeriksaan sistem pendingin seperti radiator, *pins cooler*, dan saluran sirkulasi oli harus dilakukan secara berkala. Pembersihan sirip pendingin serta pemeriksaan kebocoran akan menjaga suhu operasi mesin tetap dalam batas aman.

6) Pelumas Gagal Memompa

Pemeriksaan kondisi pompa pelumas dan penggantian filter oli secara teratur diperlukan untuk memastikan tekanan oli stabil.

Saran perbaikan yang direkomendasikan, penulis sajikan dalam bentuk Tabel 3 berikut beserta tujuan yang diharapkan. Penerapan rekomendasi tersebut diharapkan dapat menurunkan risiko kegagalan sistem secara signifikan. Fokus utama diarahkan pada pencegahan *Liquid Carryover* sebagai mode dengan risiko tertinggi, serta penguatan sistem kontrol bahan bakar, pendinginan, dan pelumasan. Melalui penerapan konsep *Risk-Based Maintenance (RBM)* berbasis hasil FMEA, perusahaan dapat meningkatkan keandalan operasi, memperpanjang umur komponen, serta mengoptimalkan efisiensi energi dan keselamatan kerja.

Tabel 3. Saran Perbaikan Berdasarkan Analisis FMEA

No	Mode Kegagalan	Tindakan Perbaikan yang Diusulkan	Tujuan yang Diharapkan
1	Liquid Carryover	Pemasangan drain otomatis, pemeriksaan separator, modifikasi pipa	Menghindari tekanan mendadak dan kerusakan mekanis
2	Hunting	Kalibrasi governor, pemeriksaan sistem bahan bakar	Menstabilkan putaran kompresor dan tekanan discharge

3	Knocking	Penyetelan ignition timing, pembersihan injektor	Meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi getaran
4	Backfiring	Penyesuaian rasio udara-bahan bakar, pemeriksaan intake	Menghindari pembakaran balik dan kerusakan intake
5	Overheating	Pemeriksaan sistem pendingin, perawatan radiator	Menjaga suhu kerja mesin agar stabil
6	Pelumas Gagal memompa	Pemeriksaan pompa dan filter oli	Mencegah keausan akibat kekurangan pelumasan

4. SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa Gas Compressor AJAX DPC-360 memiliki tiga pola kegagalan utama berdasarkan analisis FMEA. Liquid Carryover muncul sebagai mode kegagalan paling kritis dengan nilai RPN tertinggi, disebabkan oleh lemahnya proses pemisahan cairan dan tingginya akumulasi kondensat dari sumur-sumur di Stasiun Pengumpul XII, Pangkalan Susu. Kegagalan lain seperti *Hunting*, *Knocking*, dan *Backfiring* menunjukkan ketidakstabilan sistem yang terkait dengan variabilitas suplai gas dan sensitivitas kontrol pembakaran. Sementara itu, *Overheating* dan kegagalan sistem pelumasan berada pada tingkat risiko lebih rendah karena mekanisme pengaman masih bekerja cukup efektif. Secara menyeluruh, temuan ini menegaskan perlunya penguatan sistem pemisahan cairan, optimalisasi kontrol bahan bakar, serta peningkatan pemeliharaan preventif untuk menjaga keandalan operasi kompresor.

Hasil penelitian ini memiliki relasi dengan studi-studi sebelumnya yang menerapkan FMEA pada perangkat mekanis dan kompresor industri, namun menunjukkan perbedaan signifikan pada konteks operasional dan pola kegagalannya. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang berfokus pada sistem pendingin, kompresor sentrifugal, atau unit industri lainnya, penelitian ini memperlihatkan bahwa kondisi lapangan, seperti fluktuasi produksi gas, karakteristik kondensat, dan dinamika beban kompresi, menjadikan profil risiko *Gas Compressor* AJAX DPC-360 unik dan berbeda dari unit lain yang telah diteliti. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat literatur mengenai FMEA, tetapi juga memperluas cakupan kajian dengan menghadirkan konteks baru yang sebelumnya belum dibahas dalam studi-studi kompresor di sektor migas.

Meskipun memberikan kontribusi teoretis dan praktis, penelitian ini tetap memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, penilaian RPN masih mengandalkan subjektivitas tim teknis sehingga rentan terhadap bias pengalaman dan persepsi individu. Kedua, studi ini hanya menggunakan metode FMEA tanpa metode pendukung seperti FTA, RCFA, atau analisis reliabilitas kuantitatif yang dapat memperkuat akurasi penentuan akar penyebab. Selain itu, data kegagalan yang digunakan bergantung pada catatan operasional yang mungkin belum sepenuhnya terdokumentasi secara konsisten. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk mengintegrasikan FMEA dengan metode analisis lanjutan, melakukan pengukuran parameter kondisi secara real-time, serta memperluas cakupan data historis agar menghasilkan evaluasi risiko yang lebih komprehensif dan presisi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Qosim, "Analisis Kegagalan Kompresor Torak PK 60-150 dengan Metode FMEA," *Jurnal Saintek*, vol. 7, no. 2, hlm. 85–92, 2015.
- [2] M. Z. N. Al-Ayyubi, Dirhamsyah, dan I. A. J. Putri, "ANALISA DAMPAK KERUSAKAN KOMPONEN MESIN PENDINGIN GEA BFO-5 PADA NAIKNYA SUHU RUANG PENDINGIN MAKANAN DIATAS KM. LAMBELU MENGGUNAKAN METODE FMEA," *Marine Technical Engineering Proceeding*, vol. 1, no. 1, hlm. 230–238, Okt 2023.

- [3] M. R. A. Moha, “Analisis Penyebab Menurunnya Kinerja Kompresor Udara Type CZF-20 4/3-C di atas Kapal MV. Meratur Payakumbuh dengan Metode FMEA,” undergraduate, Politeknik Pelayaran Surabaya, 2024. Diakses: 14 November 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.poltekpel-sby.ac.id/id/eprint/298/>
- [4] S. Saifuddin, A. Jalil, dan F. Arlena, “Perawatan pada labirinperawatan pada labirynth kompresor sentrifugal kawasaki k-2501 a dengan metode failure mode and effect analysis (FMEA) di PT. Arun Ngl Blang Lancang,” *Jurnal Polimesin*, vol. 14, no. 1, hlm. 32–36, 2016, doi: 10.30811/jpl.v14i1.299.
- [5] M. Rinoza, J. Junaidi, dan F. A. Kurniawan, “ANALISA RPN (RISK PRIORITY NUMBER) TERHADAP KEANDALAN KOMPONEN MESIN KOMPRESORDOUBLE SCREW MENGGUNAKAN METODE FMEA DI PABRIK SEMEN PT. XYZ,” *Buletin Utama Teknik*, vol. 17, no. 1, hlm. 34–40, Sep 2021, doi: 10.30743/but.v17i1.4311.
- [6] A. H. SUMANTRI, “ANALISIS RPN TERHADAP KEANDALAN INSTRUMENTASI KOMPRESOR UDARA MENGGUNAKAN METODE FMEA DI PT. PERTAMINA (PERSERO) REFINERY UNIT II DUMAI,” skripsi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2013. Diakses: 14 November 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.uin-suska.ac.id/3180/>
- [7] - RAHMAYANI FATHMA, “ANALISIS KEANDALAN INSTRUMENTASI PADA KOMPRESOR UDARA MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DI PT PLN NUSANTARA POWER UP TENAYAN,” skripsi, UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU, 2025. Diakses: 14 November 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.uin-suska.ac.id/88451/>
- [8] - Nizam Muhdin Ahmad, “ANALISIS KEANDALAN INSTRUMENTASI PADA KOMPRESOR UDARA UNIT (SINGLE SPEK ROTARY) SSR MENGGUNAKAN METODE (FAULT TREE ANALYSIS) FTA DAN (RELIABILITY CENTERED MAINTANANCE) RCM DI PT. WILMAR NABATI INDONESIA DUMAI RIAU,” skripsi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2021. Diakses: 14 November 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.uin-suska.ac.id/40674/>
- [9] M. L. Al Hakim, “Analisa Penyebab Kegagalan Subunit Dry Gas Seal Pada Synthesis Gas Compressor 020-CO1/CO2 Dengan Metode Root Cause Failure Analysis (Studi Kasus Pt. Kaltim Methanol Industri),” other, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2022. Diakses: 14 November 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.its.ac.id/118842/>
- [10] D. R. Septian, “Analisis Resiko Kecelakaan Kerja Pemeliharaan Refrigerant Kompresor menggunakan Metode Fmea dan Hiradc (Studi Kasus PT Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap),” Thesis, Universitas Islam Indonesia, 2023. Diakses: 14 November 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/47150>
- [11] F. N. Murti dan N. Nurhasanah, “Analisa risiko kegagalan kompresor K-3-02 B di Plant 3C PT. Pertamina (persero) RU V Balikpapan menggunakan Failure Mode and Effect analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA),” *Prosiding Industrial Engineering National Conference (IENACO)*, hlm. 120–127, Mar 2019.
- [12] R. Y. Prasetya, S. Suhermanto, dan M. Muryanto, “Implementasi FMEA dalam Menganalisis Risiko Kegagalan Proses Produksi Berdasarkan RPN,” *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, vol. 20, no. 2, hlm. 133–138, 2021.
- [13] D. Stamatis, *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2003.
- [14] A. Andriyanto dan A. Ramadhani, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Fiber Optic Cable dengan Metode FMEA dan Fault Tree Analysis (FTA) di PT Industri Telekomunikasi Indonesia,” *Jurnal Logistik Bisnis*, vol. 11, no. 2, 2021.

Daftar Simbol

S	=	Severity
O	=	Occurrence
D	=	Detection