E-ISSN : 3025-1311
https://journal.cib.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 4 Tahun 2026

ANALISIS PENYEBAB KERUSAKAN POMPA SENTRIFUGAL GOULDS 3196 MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA) DAN *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA) DI PT SULFINDO ADIUSAHA

Sofwan Maulana[1])
[1])Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bina Bangsa
Email: sofwanmaulana182@gmail.com

ABSTRAK

Kerusakan yang terjadi secara berulang pada pompa sentrifugal Goulds 3196 di Plant Ethylene Dichloride (EDC) PT Sulfindo Adiusaha dapat mengganggu kelancaran proses produksi dan menurunkan keandalan peralatan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi jenis kerusakan, menganalisis akar penyebab, dan menentukan prioritas perbaikan menggunakan Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan data breakdown pompa periode Januari-Juni 2025 yang diperoleh melalui observasi, wawancara, dokumentasi, Focus Group Discussion (FGD), dan catatan breakdown. Diagram Pareto digunakan untuk menentukan kerusakan dominan, FTA untuk mengidentifikasi akar penyebab, dan FMEA untuk menilai Severity (S), Occurrence (O), Detection (D), serta menghitung Risk Priority Number (RPN). Hasil penelitian menunjukkan lima kerusakan prioritas dengan persentase kumulatif 82,35%, yaitu suara pompa/motor tidak normal, kebocoran mechanical seal, gangguan aliran fluida, kerusakan sistem transmisi, dan kebocoran casing pompa. Analisis FMEA menghasilkan 22 dari 29 failure cause dengan RPN >= 200 yang termasuk kategori Very High Priority dan High Priority. Prioritas perbaikan mencakup penggantian komponen aus, alignment, perbaikan sistem pelumasan, pembersihan jalur aliran, penyesuaian celah impeller, priming ulang, dan peningkatan inspeksi serta preventive maintenance. Integrasi Pareto, FTA, FMEA, dan 5W+1H memberikan dasar perbaikan yang sistematis untuk meningkatkan keandalan pompa dan mengurangi kerusakan berulang.

Kata Kunci: pompa sentrifugal; Fault Tree Analysis (FTA); Failure Mode and Effect Analysis (FMEA); Risk Priority Number (RPN); preventive maintenance

ABSTRACT

Recurring failures of the Goulds 3196 centrifugal pump at the Ethylene Dichloride (EDC) Plant of PT Sulfindo Adiusaha can disrupt production continuity and reduce equipment reliability. This study aims to identify the failure types, analyze their root causes, and determine corrective-action priorities using Fault Tree Analysis (FTA) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). A quantitative descriptive approach was applied to pump breakdown data from

Article History
Received: September 2026
Reviewed:Agustus 2026
Published: Agustus 2026

Plagiarism Checker No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

January-June 2025 collected through observation, interviews, documentation, Focus Group Discussion (FGD), and company breakdown records. Pareto analysis was used to identify dominant failures, FTA to determine root causes, and FMEA to assess Severity (S), Occurrence (O), Detection (D), and calculate the Risk Priority Number (RPN). The results identified five priority failures with a cumulative contribution of 82.35%: abnormal pump/motor noise, mechanical seal leakage, fluid-flow disturbances, transmission-system failure, and pump-casing leakage. FMEA identified 22 of 29 failure causes with RPN >= 200, classified as Very High Priority or High Priority. Recommended actions include replacing worn components, performing alignment, improving lubrication control, cleaning flow paths, adjusting impeller clearance, re-priming the pump, and strengthening inspection and preventive maintenance. The integration of Pareto analysis, FTA, FMEA, and 5W+1H provides a systematic basis for improving pump reliability and reducing recurring failures.

***Keywords**: centrifugal pump; Fault Tree Analysis (FTA); Failure Mode and Effect Analysis (FMEA); Risk Priority Number (RPN); preventive maintenance*

PENDAHULUAN

Keandalan mesin dan peralatan produksi merupakan faktor penting dalam menjaga kelancaran proses industri. Kerusakan peralatan dapat mengganggu proses produksi, menurunkan efisiensi operasional, serta meningkatkan kebutuhan pemeliharaan. Salah satu peralatan yang berperan penting pada industri proses adalah pompa sentrifugal karena berfungsi memindahkan fluida dan menjaga kontinuitas aliran antarproses. Di PT Sulfindo Adiusaha, pompa sentrifugal tipe Goulds 3196 digunakan pada Plant Ethylene Dichloride (EDC) dan beroperasi secara berkelanjutan sehingga kondisi komponen serta efektivitas pemeliharaannya perlu dijaga.

Berdasarkan data breakdown Januari-Juni 2025, kerusakan pompa masih terjadi berulang. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keandalan pompa belum optimal. Selain menimbulkan gangguan operasi, kebocoran oli atau pelumas dari pompa juga berpotensi menyebabkan kontaminasi produk dan menambah proses penanganan. Hasil wawancara dengan pihak maintenance pada skripsi menunjukkan bahwa preventive maintenance yang belum optimal, keterbatasan personel, dan koordinasi pemeliharaan yang masih perlu ditingkatkan ikut menjadi konteks perlunya analisis penyebab kerusakan.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa integrasi FTA dan FMEA dapat membantu mengidentifikasi akar penyebab dan memprioritaskan risiko. Putra dan Dwisetiono (2021)

menekankan keterkaitan kerusakan bearing, misalignment, dan mechanical seal pada pompa sentrifugal. Sandro dan Rusindiyanto (2025) melaporkan peningkatan reliability melalui identifikasi komponen kritis menggunakan FTA dan FMEA, sedangkan Wicaksono et al. (2023) menunjukkan bahwa FMEA dapat menentukan prioritas komponen berdasarkan nilai RPN. Penelitian Yusnia et al. (2025) juga memperlihatkan bahwa kombinasi kedua metode dapat memperjelas hubungan sebab-akibat dan prioritas perbaikan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan Diagram Pareto untuk menentukan jenis kerusakan dominan, FTA untuk menelusuri hubungan top event, intermediate event, dan basic event, serta FMEA untuk menilai risiko berdasarkan Severity, Occurrence, Detection, dan RPN. Hasil analisis kemudian diterjemahkan ke dalam usulan tindakan perbaikan menggunakan pendekatan 5W+1H. Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi jenis kerusakan pompa Goulds 3196 serta menganalisis penyebab dan prioritas perbaikannya di PT Sulfindo Adiusaha.



Gambar 1. Pompa Sentrifugal Goulds 3196

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan dilaksanakan di PT Sulfindo Adiusaha, Desa Mangunreja, Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Objek penelitian adalah pompa sentrifugal Goulds 3196 yang beroperasi pada Plant Ethylene Dichloride (EDC). Pelaksanaan penelitian berlangsung April-Juni 2026, sedangkan data breakdown yang dianalisis adalah periode Januari-Juni 2025.

Data primer diperoleh melalui observasi langsung kondisi pompa dan aktivitas pemeliharaan, wawancara dengan pihak maintenance, serta Focus Group Discussion (FGD). FGD melibatkan empat peserta, yaitu peneliti, teknisi maintenance, personel preventive maintenance, dan Foreman Maintenance. FGD menggunakan panduan diskusi dan kuesioner FMEA untuk memperoleh kesepakatan mengenai penyebab kerusakan dan penilaian Severity (S),

Occurrence (O), serta Detection (D). Data sekunder berasal dari catatan breakdown dan dokumentasi perusahaan.

Pengolahan data dilakukan bertahap. Pertama, data breakdown direkap berdasarkan jenis kerusakan. Kedua, Diagram Pareto digunakan untuk mengurutkan frekuensi kerusakan dan menentukan kelompok prioritas sekitar 80% kumulatif. Ketiga, FTA digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab berdasarkan hasil observasi, wawancara, FGD, dan kerusakan dominan. Keempat, hasil FTA menjadi dasar penyusunan FMEA. Nilai RPN dihitung dengan RPN = S x O x D. Klasifikasi risiko mengacu pada: >350 Extreme Priority, 250-350 Very High Priority, 200-250 High Priority, 100-200 Moderate Priority, dan <100 Acceptable Risk (Abdulrahman et al., 2025). Failure cause dengan RPN >= 200 diprioritaskan untuk penyusunan perbaikan menggunakan 5W+1H.



Gambar 2. Kegiatan Observasi dan Inspeksi Pompa

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Diagram Pareto

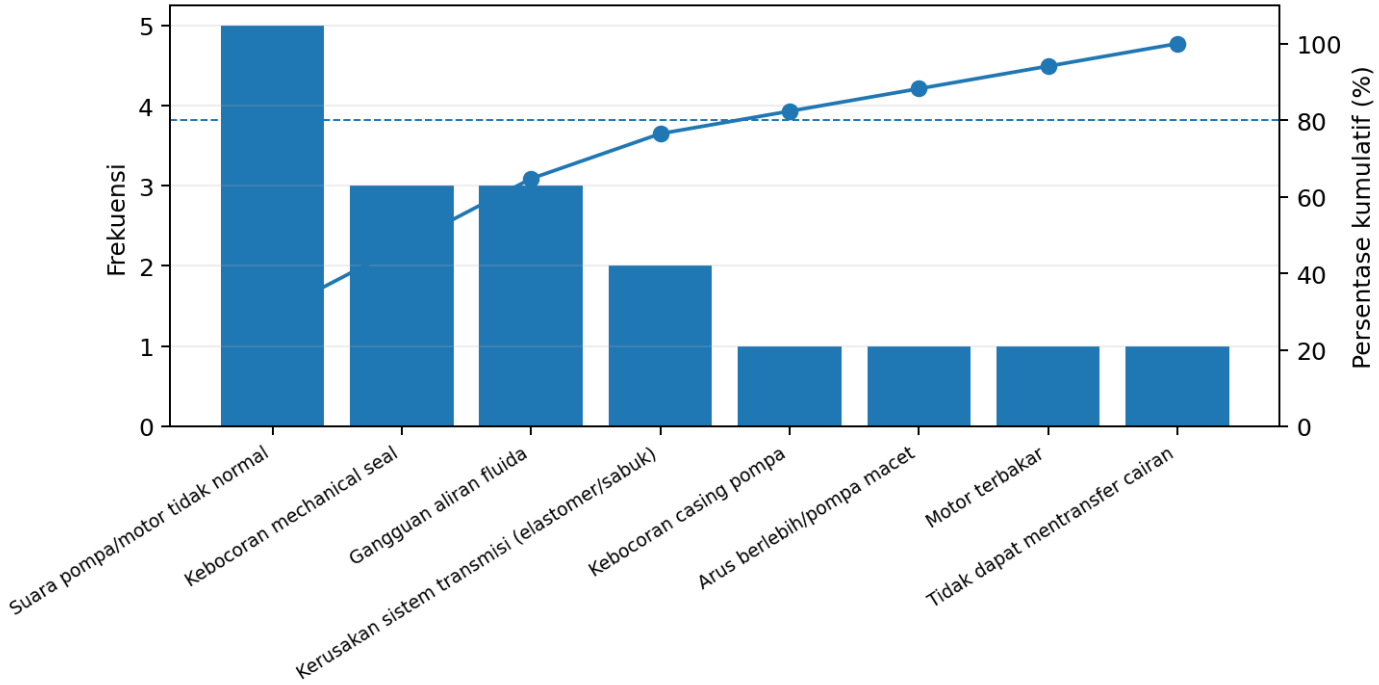
Selama Januari-Juni 2025 terdapat 17 kejadian breakdown. Kerusakan dengan frekuensi tertinggi adalah suara pompa/motor tidak normal sebanyak 5 kejadian (29,41%). Kebocoran mechanical seal dan gangguan aliran fluida masing-masing terjadi 3 kali (17,65%), kerusakan sistem transmisi 2 kali (11,76%), sedangkan kebocoran casing pompa 1 kali (5,88%). Lima jenis kerusakan tersebut memberikan persentase kumulatif 82,35% dan ditetapkan sebagai prioritas analisis lebih lanjut.

Pemilihan kebocoran casing pompa tetap dipertahankan meskipun frekuensinya sama dengan beberapa kerusakan lain. Berdasarkan observasi dan wawancara pada skripsi, kebocoran casing memiliki konsekuensi yang berkaitan dengan kemungkinan keluarnya oli atau fluida dan potensi kontaminasi produk. Dengan demikian, prioritas tidak hanya mempertimbangkan frekuensi, tetapi juga dampak operasional dan kualitas.

Tabel 1. Rekapitulasi Kerusakan Pompa Sentrifugal Januari-Juni 2025

No	Jenis Kerusakan	Frekuensi	Persentase	Kumulatif
1	Suara pompa/motor tidak normal	5 kali	29,41%	29,41%
2	Kebocoran mechanical seal	3 kali	17,65%	47,06%
3	Gangguan aliran fluida	3 kali	17,65%	64,71%
4	Kerusakan sistem transmisi (elastomer/sabuk)	2 kali	11,76%	76,47%
5	Kebocoran casing pompa	1 kali	5,88%	82,35%
6	Arus berlebih/pompa macet	1 kali	5,88%	88,23%
7	Motor terbakar	1 kali	5,88%	94,11%
8	Tidak dapat mentransfer cairan	1 kali	5,88%	100,00%
	Total	17 kali	100,00%	

Sumber: Data diolah dari data breakdown PT Sulfindo Adiusaha, 2026.



Gambar 3. Diagram Pareto Kerusakan Pompa Sentrifugal

2. Analisis Fault Tree Analysis (FTA)

FTA menguraikan lima top event menjadi intermediate event dan basic event. Pada suara pompa/motor tidak normal, jalur penyebab mencakup kerusakan bearing, pelumasan tidak optimal, kelonggaran komponen, housing bearing longgar, dan kerusakan seal. Basic event yang teridentifikasi meliputi bearing aus atau telah melewati umur pakai, pelumas berkurang/terkontaminasi, kelonggaran atau keausan pada hub, bearing seat, housing, bushing, dan poros, serta gangguan pada seal, O-ring, dan gland.

Pada kebocoran mechanical seal, akar penyebab langsung adalah mechanical seal aus, pemasangan seal tidak tepat, dan O-ring rusak. Gangguan aliran fluida dipengaruhi oleh impeller aus, saluran aliran atau saluran hisap tersumbat, celah impeller melebar, dan kehilangan priming. Kerusakan sistem transmisi berkaitan dengan elastomer aus atau retak/pecah, tegangan sabuk tidak sesuai, dan sabuk aus. Sementara itu, kebocoran casing pompa dipengaruhi oleh keausan seal, kerusakan O-ring, dan pemasangan seal yang tidak tepat.

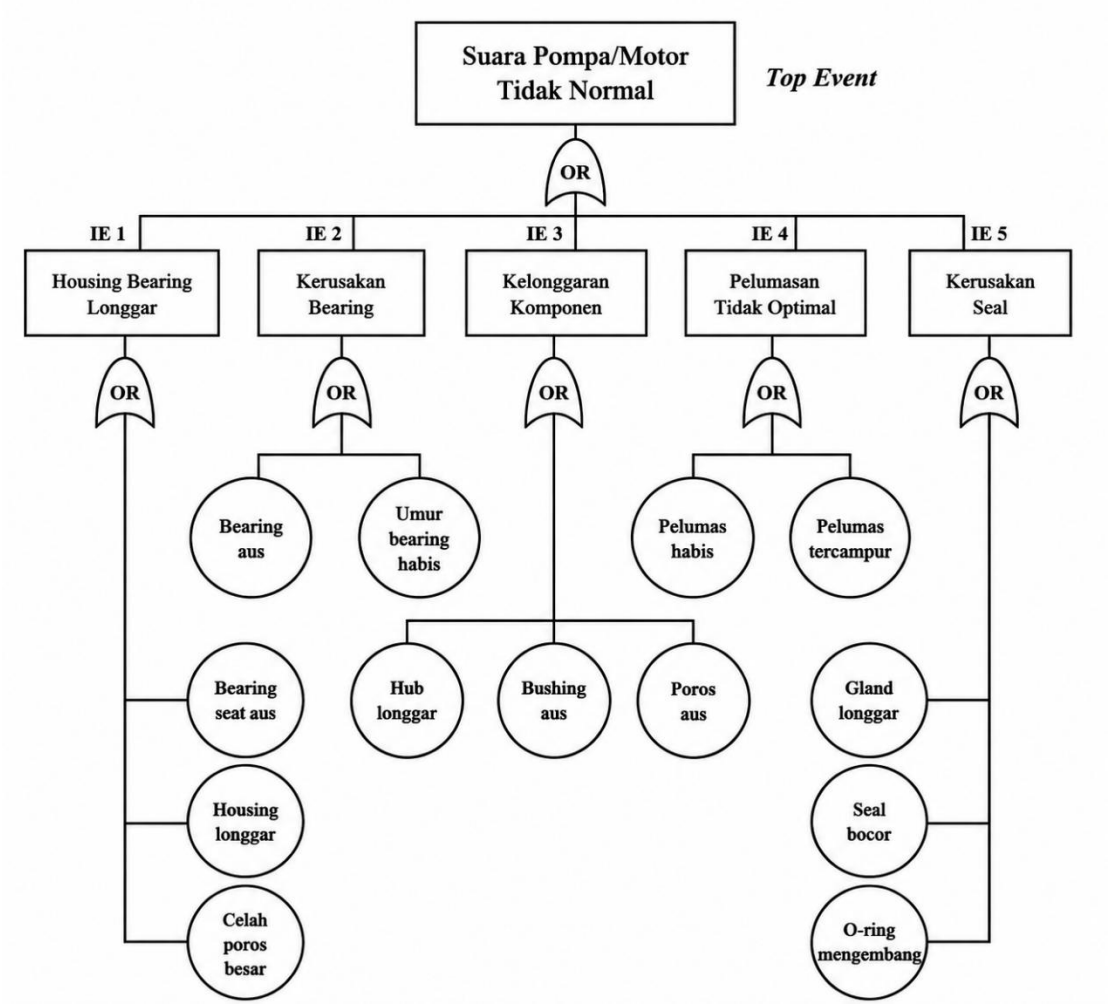
Hasil FTA menunjukkan bahwa penyebab tidak berdiri sendiri, tetapi tersebar pada sistem putar, pelumasan, transmisi, aliran fluida, dan sealing. Temuan ini sejalan dengan konsep FTA yang memetakan hubungan logika antarpenyebab secara sistematis (Nurfadhilah et al., 2024; Khrisdamara & Andesta, 2022), serta memberikan daftar failure cause yang kemudian dinilai tingkat risikonya melalui FMEA.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Fault Tree Analysis (FTA)

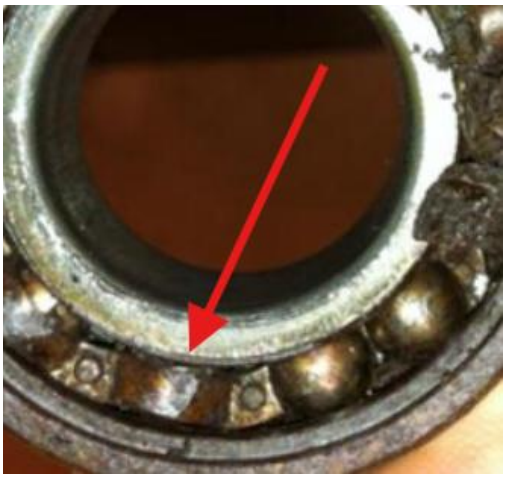
Top Event	Intermediate Event	Basic Event/Akar Penyebab
Suara pompa/motor tidak normal	Kerusakan bearing; pelumasan tidak optimal; kelonggaran komponen; housing bearing longgar; kerusakan seal	Bearing aus/umur habis, pelumas berkurang atau terkontaminasi, hub/bearing seat/housing longgar atau aus, celah poros besar, bushing/poros aus, seal bocor, O-ring mengembang, gland longgar.
Kebocoran mechanical seal	Kerusakan seal	Mechanical seal aus, pemasangan seal tidak tepat, dan O-ring rusak.
Gangguan aliran fluida	Kapasitas dan tekanan menurun; tidak dapat mentransfer cairan; tekanan maksimum turun	Impeller aus, saluran aliran atau saluran hisap tersumbat, celah impeller melebar, dan pompa kehilangan priming.

Top Event	Intermediate Event	Basic Event/Akar Penyebab
Kerusakan sistem transmisi	Kerusakan sambungan elastomer; sabuk berderit	Elastomer aus/retak/pecah, tegangan sabuk tidak sesuai, dan sabuk aus.
Kebocoran casing pompa	Kerusakan seal	Seal aus, O-ring rusak, dan pemasangan seal tidak tepat.

Untuk memperjelas struktur hubungan sebab-akibat pada top event utama, Gambar 4a menyajikan gambar diagram FTA untuk kasus suara pompa/motor tidak normal sesuai bentuk diagram yang digunakan pada pembahasan skripsi. Diagram tersebut menunjukkan hubungan antara top event dengan lima kelompok intermediate event, yaitu housing bearing longgar, kerusakan bearing, kelonggaran komponen, pelumasan tidak optimal, dan kerusakan seal.



Gambar 4.2 Diagram Fault Tree Analysis (FTA) Suara Pompa/Motor Tidak Normal



Gambar 4. Contoh Kerusakan Bearing yang Menjadi Basic Event FTA



Gambar 5. Contoh Keausan Komponen Poros/Hub

3. Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA menghasilkan 29 failure cause dengan nilai RPN yang berbeda. Berdasarkan klasifikasi yang digunakan, 12 failure cause masuk kategori Very High Priority (VP), 10 masuk High Priority (HP), dan 7 masuk Moderate Priority (MP); tidak terdapat kategori Extreme Priority maupun Acceptable Risk. Dengan demikian, 22 dari 29 failure cause memiliki RPN >= 200 dan diprioritaskan untuk tindakan perbaikan.

Nilai RPN tertinggi sebesar 315 muncul pada beberapa penyebab penting, yaitu bearing aus, pelumas berkurang akibat oil seal bocor, impeller aus pada jalur kapasitas/tekanan menurun, saluran hisap tersumbat, dan seal casing mengalami keausan. Nilai RPN 288 terdapat pada umur bearing melebihi masa pakai, sedangkan nilai 280 terdapat pada oil seal bocor, housing bearing aus, dan mechanical seal aus. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa sistem bearing-pelumasan, impeller/aliran, dan sealing merupakan area kritis yang perlu mendapatkan perhatian lebih awal.

Pada kelompok gangguan aliran, impeller aus muncul pada lebih dari satu jalur kegagalan dengan RPN berbeda karena failure effect yang dinilai juga berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa satu komponen dapat memengaruhi beberapa fungsi pompa. FMEA membantu mengubah hasil identifikasi FTA menjadi urutan prioritas yang lebih terukur melalui kombinasi Severity, Occurrence, dan Detection (Soewono et al., 2023).

Tabel 3. Failure Cause Prioritas dengan RPN >= 200

	Jenis Kerusakan	*Failure Cause*	RPN	Keterangan
1	Suara pompa/motor tidak normal	*Bearing* aus	315	VP
2	Suara pompa/motor tidak normal	Pelumas berkurang akibat *oil seal* bocor	315	VP
3	Suara pompa/motor tidak normal	Umur *bearing* melebihi masa pakai	288	VP
4	Suara pompa/motor tidak normal	*Oil seal* bocor	280	VP
5	Suara pompa/motor tidak normal	*Housing bearing* aus	280	VP
6	Suara pompa/motor tidak normal	Dudukan *bearing* mengalami keausan	240	HP
7	Suara pompa/motor tidak normal	*Misalignment* poros dengan hub	224	HP
8	Suara pompa/motor tidak normal	Pelumas terkontaminasi	216	HP
9	Suara pompa/motor tidak normal	Hub aus	200	HP
10	Suara pompa/motor tidak normal	Pemasangan *seal* tidak tepat	200	HP
11	Kebocoran *mechanical seal*	*Mechanical seal* aus	280	VP
12	Gangguan aliran fluida	*Impeller* aus	315	VP
13	Gangguan aliran fluida	Saluran hisap tersumbat	315	VP
14	Gangguan aliran fluida	Saluran aliran tersumbat	270	VP
15	Gangguan aliran fluida	*Impeller* aus	270	VP
16	Gangguan aliran fluida	Celah *impeller* melebar	216	HP
17	Gangguan aliran fluida	Pompa kehilangan *priming*	216	HP
18	Kerusakan sistem transmisi (*elastomer/sabuk*)	*Elastomer* mengalami keausan	240	HP
19	Kerusakan sistem transmisi (*elastomer/sabuk*)	Sabuk mengalami keausan	240	HP
20	Kebocoran casing pompa	*Seal* mengalami keausan	315	VP
21	Kebocoran casing pompa	Pemasangan *seal* tidak tepat	270	VP
22	Kebocoran casing pompa	O-ring mengalami kerusakan	216	HP

Keterangan: VP = Very High Priority; HP = High Priority. Sumber: Data diolah, 2026.

Sebagai pelengkap pembahasan, Tabel 3a menyajikan cuplikan hasil FMEA untuk kasus suara pompa/motor tidak normal. Cuplikan ini menampilkan failure mode dan failure cause prioritas

beserta nilai Severity (S), Occurrence (O), Detection (D), RPN, serta kategori prioritas. Dua failure cause dengan nilai tertinggi adalah bearing aus dan pelumas berkurang akibat oil seal bocor, masing-masing memiliki RPN sebesar 315.

Klasifikasi Prioritas FMEA

No.	Tingkat Prioritas	Singkatan	Rentang RPN
1	*Extreme Priority*	EP	>350
2	*Very High Priority*	VP	250–350
3	*High Priority*	HP	200–250
4	*Moderate Priority*	MP	100–200

4. Usulan Tindakan Perbaikan

Jenis Penyebab Kegagalan	What	Why	Who	Where	When	How
Suara pompa/motor tidak normal - Bearing aus	Ganti bearing	Menjaga kestabilan putaran dan mencegah kegagalan bearing	Tim Maintenance	Plant EDC	Saat preventive maintenance/inspeksi	Inspeksi kondisi bearing dan lakukan penggantian sesuai spesifikasi

Sebagai contoh perwakilan tindakan perbaikan, failure cause dengan prioritas tertinggi pada kasus suara pompa/motor tidak normal disajikan menggunakan pendekatan 5W+1H.

Usulan perbaikan disusun terhadap failure cause prioritas menggunakan pendekatan 5W+1H. Pada sistem bearing dan pelumasan, tindakan utama meliputi penggantian bearing, oil seal, housing bearing, dan hub yang mengalami keausan; perbaikan dudukan bearing; alignment poros dengan hub; serta penggantian pelumas yang terkontaminasi. Pada sistem sealing, tindakan berupa penggantian mechanical seal, seal, dan O-ring serta pemasangan ulang sesuai SOP.

Pada gangguan aliran, usulan mencakup penggantian impeller aus, pembersihan saluran hisap dan aliran, penyesuaian celah impeller, serta priming ulang sebelum operasi. Pada sistem transmisi, elastomer dan sabuk yang aus perlu diperiksa dan diganti saat inspeksi atau overhaul. Seluruh tindakan diarahkan kepada Tim Maintenance Plant EDC dan dijadwalkan sesuai kondisi melalui preventive maintenance, inspeksi, pemasangan, maupun overhaul.

Secara keseluruhan, integrasi Pareto, FTA, FMEA, dan 5W+1H membentuk alur analisis dari penentuan masalah dominan, penelusuran akar penyebab, penetapan prioritas risiko, hingga penyusunan rencana tindakan. Rangkaian tersebut dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk

memperkuat preventive maintenance dan mengurangi kemungkinan kerusakan berulang pada Goulds 3196.

Tabel 4. Ringkasan Usulan Tindakan Perbaikan 5W+1H

Sistem/Area	What & How	Who/Where	When
Sistem bearing & pelumasan	Ganti bearing/oil seal/housing yang aus; perbaiki dudukan bearing; lakukan alignment; kuras dan ganti pelumas terkontaminasi.	Tim Maintenance Plant EDC	Saat PM, inspeksi, atau overhaul sesuai kondisi
Mechanical seal	Ganti mechanical seal yang aus dan lakukan pemasangan ulang sesuai SOP.	Tim Maintenance Plant EDC	Saat inspeksi atau pemasangan
Sistem aliran/impeller	Ganti impeller aus, bersihkan saluran hisap/aliran, sesuaikan celah impeller, dan lakukan priming ulang.	Tim Maintenance Plant EDC	Saat inspeksi/overhaul dan sebelum operasi
Sistem transmisi	Ganti elastomer dan sabuk yang aus serta pastikan kondisi transmisi stabil.	Tim Maintenance Plant EDC	Saat overhaul atau inspeksi
Sistem sealing casing	Ganti seal/O-ring yang rusak dan pasang seal sesuai SOP untuk menjaga kerapatan.	Tim Maintenance Plant EDC	Saat inspeksi atau pemasangan

KESIMPULAN

Berdasarkan Diagram Pareto, lima kerusakan prioritas pada pompa sentrifugal Goulds 3196 adalah suara pompa/motor tidak normal, kebocoran mechanical seal, gangguan aliran fluida, kerusakan sistem transmisi, dan kebocoran casing pompa. Kelima kerusakan tersebut menyumbang 82,35% dari total 17 kejadian breakdown periode Januari-Juni 2025.

Analisis FTA dan FMEA menghasilkan 29 failure cause, dengan 22 failure cause memiliki RPN >= 200 dan termasuk kategori Very High Priority atau High Priority. Prioritas utama berada pada sistem bearing dan pelumasan, impeller dan jalur aliran, sistem transmisi, serta sealing. Perbaikan yang disarankan meliputi penggantian komponen aus, perbaikan dudukan bearing, alignment, penggantian pelumas, pembersihan saluran, penyesuaian celah impeller, priming ulang, serta penguatan inspeksi dan preventive maintenance.

DAFTAR PUSTAKA

Abdulrahman, R., Almoshaogeh, M., Haider, H., Alharbi, F., & Jamal, A. (2025). Development and application of a risk analysis methodology for road traffic accidents. Alexandria Engineering Journal, 111, 293-305. https://doi.org/10.1016/j.aej.2024.10.045

Dwisetiono, & Asmara, R. G. E. (2021). Menggunakan Metode Preliminary Hazard Analysis (PHA) dan Fault Tree Analysis (FTA). 34-39. https://jurnal.uts.ac.id/index.php/hexagon/article/view/1348/869

Emzain, Z. F., Wardhana, Z. G., Adiwidodo, S., Rosady, S. D. N., Prasetyo, P., & Nova, M. A. (2024). Implementation of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for centrifugal pump maintenance in water supply distribution system. Jurnal Polimesin, 22(3), 295. https://doi.org/10.30811/jpl.v22i3.4739

Irawan, H. T., Pamungkas, I., Akmal, A. K., Pandria, T. M. A., Sofiyanurriyanti, S., Hasnita, H., & Azhar, A. (2024). Identifikasi Penyebab Kerusakan Mesin Pompa pada Sistem Distribusi Air PDAM Menggunakan FMEA dan LTA. Jurnal Optimalisasi, 10(2), 260. https://doi.org/10.35308/jopt.v10i2.10449

Khrisdamara, B., & Andesta, D. (2022). Analisis Penyebab Kerusakan Head Truck-B44 Menggunakan Metode FMEA dan FTA. Serambi Engineering, VII(3).

Krisnaningsih, E., Gautama, P., Fatih, M., & Syams, K. (2021). Usulan Perbaikan Kualitas dengan Menggunakan Metode FTA dan FMEA. Jurnal InTent, 41.

Nurfadhilah, A., Hermawan, A., & Sofyan, H. (2024). Analysis of Simplex Machine Damage Using Fault Tree Analysis (FTA) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Methods. 2(1), 3025-3640. https://jurnal.sttnlampung.ac.id/index.php/bridge

Pongai, S., Sutrisno, A., & Rondonuwu, I. R. (2023). Penerapan Integrasi Preference Selection Index Dengan Failure Modes and Effects Analysis Pada Evaluasi Prioritas Potensi Resiko Kerusakan Pompa Sentrifugal. Jurnal Tekno Mesin, 9(2), 106-120. https://doi.org/10.35793/jtm.v9i2.50530

Pradana, Y., Suhermin, I., & Saefudin, R. (2025). FTA dan FMEA pada pekerjaan kolam retensi dan rumah pompa proyek pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak Paket 1C. 15(2).

Putra, R. C., & Dwisetiono. (2021). Kajian Teoritis Metode Keandalan Sistem dalam Menganalisa Kerusakan pada Mesin Pompa Sentrifugal. Jurnal Teknologi Maritim, 4(2).

Sandro, Y. S. N., & Rusindiyanto, R. (2025). Optimizing Preventive Maintenance Scheduling of Centrifugal Pumps Using FTA and FMEA Techniques. SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 19(1), 82-92. https://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek

Soewono, A. D., Gunawan, E. R., & Darmawan, M. (2023). Cylinder: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 9(April).

Wahyu Syaputra, Fakhri G, N., Ardian, S. R., & Nugroho, A. J. (2024). Integrasi Metode FMEA Dan FTA Dalam Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Di Bengkel Bubut. Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan, 3(I), 47-56. https://doi.org/10.55826/tmit.v3ii.254

Wicaksono, A., Dhartikasari Priyana, E., & Pandu Nugroho, Y. (2023). Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Pada Pompa Sentrifugal Di PT. X. Jurnal Teknik Industri, 9(1), 177. https://doi.org/10.24014/jti.v9i1.22233

Widodo, E. M., Rifa'i, A., & Prastiawan, D. (2022). Kebijakan Perawatan Pompa Sentrifugal Di Instalasi Sumber Mata Air Kanoman I PDAM Kota Magelang. Borobudur Engineering Review, 2(2), 94-112. https://doi.org/10.31603/benr.7232

Yahya, W. H., & Mulyadi, S. T., M. (2024). Best Practices Guide for Centrifugal Pump Maintenance: Panduan Praktik Terbaik Pemeliharaan Pompa Sentrifugal. Procedia of Engineering and Life Science, 5, 151-155. https://pels.umsida.ac.id/index.php/PELS/article/view/1565

Yusnia, S., Juwairiah, & Sinaga, R. (2025). Implementasi Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). Journal of Industrial and Manufacture Engineering, 9(1), 89-96.