

**IDENTIFIKASI KERUSAKAN MESIN SEA WATER REVERSE  
OSMOSIS (SWRO) DENGAN FAULT TREE ANALYSIS (FTA) DI PT.  
PLN (PERSERO) UPK NAGAN RAYA**

**Malahati Yagturi, Rita Hartati**

Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar, Aceh Barat, Indonesia

malahatiy@gmail.com, ritahartati@gmail.com

---

**Abstrak**

Received: 01 Agustus

Revised : 2022

Accepted: 10 Agustus

2022

20 Agustus

2022

**Latar Belakang :** Penelitian ini membahas mengenai penggunaan metode Fault Tree Analysis (FTA) untuk mencari prioritas perbaikan pada mesin Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) untuk mencari masalah sebagai dasar usulan perbaikan mesin SWRO.

**Tujuan :** Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data yang lebih aktual dan akurat.

**Metode :** Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Fault Tree Analysis* (FTA) yang digunakan untuk melihat risiko-risiko yang mungkin terjadi pada operasi perawatan dan kegiatan operasional perusahaan.

**Hasil :** Pada penelitian ini terdapat 15 jenis kerusakan pada mesin SWRO yang tercatat dari bulan Januari-Desember 2021.

**Kesimpulan :** Kesimpulan dari penelitian ini yaitu terdapat 15 kerusakan yang timbul pada mesin Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) pada bulan Januari 2021 hingga desember 2021

**Kata Kunci :** Identifikasi; Kerusakan; Mesin; FTA; SWRO

**Abstract**

**Background:** This study discusses the use of the Fault Tree Analysis (FTA) method to find the priority of repairs to the Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) machine to find problems as the basis for proposed SWRO engine repairs.

**Objectives:** This study aims to obtain more actual and accurate data.

**Methods:** The method used in this study is Fault Tree Analysis (FTA) which is used to see the risks that may occur in maintenance operations and company operational activities.

**Results:** In this study, there were 15 types of damage to SWRO engines recorded from January-December 2021.

**Conclusion:** The conclusion of this study is that there were 15 damages arising from the Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) machine from January 2021 to December 2021

---

**Keywords:** Identification; Damage; Engine; FTA; SWRO

\*Correspondent Author : Malahati Yagturi  
Email : malahatiy@gmail.com



## PENDAHULUAN

Suatu perusahaan dapat dikatakan berkualitas, apabila perusahaan tersebut mempunyai sistem produksi yang baik dan proses yang terkendali. Dengan melakukan pengendalian kualitas (*Quality Control*), perusahaan diharapkan dapat meningkatkan efektifitas dan produktivitas dalam mencegah terjadinya produk yang gagal atau cacat, sehingga dapat mengurangi terjadinya pemborosan baik dari segi penggunaan material, maupun waktu yang diperlukan dalam memproduksi satu unit produk (Anugrah, Fitria, & Desrianty, 2015). Mesin merupakan suatu peralatan yang digerakkan oleh kekuatan atau tenaga yang dipergunakan untuk membantu manusia dalam mengerjakan suatu produksi (Assauri, 2008). *Reverse osmosis* merupakan proses memaksa pelarut dari daerah konsentrasi zat terlarut tinggi melalui membran semipermeabel ke daerah konsentrasi zat terlarut rendah dengan menerapkan tekanan melebihi tekanan osmotik (Lokajaya, 2016). Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) merupakan unit sistem desalinasi untuk mengubah air laut menjadi air tawar (Shahabi & Hashim, 2015), menyatakan bahwa sumber air laut untuk Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) berasal dari *beach wells* dan *surface water* (*open seawater intake*). TDS air dari *beach wells* lebih rendah dibanding dari *surface water* karena air *beach wells* diambil langsung dari air bawah tanah (Yoshi & Widiasa, 2016).

Di negara maju dan berkembang unit ini sudah banyak digunakan, karena dengan mengolah air laut menjadi air tawar terdapat banyak sekali manfaat bagi siklus kehidupan dan ramah lingkungan. Prinsip dasar reverse osmosis adalah apabila dua buah larutan dengan konsentrasi rendah dan konsentrasi tinggi dipisahkan oleh membran semi permeabel, maka larutan dengan konsentrasi yang rendah akan berdifusi melalui membran semi permeabel tersebut masuk ke dalam larutan konsentrasi tinggi sampai terjadi keseimbangan konsentrasi. Fenomena tersebut dikenal sebagai proses osmosis, sebagai contoh misalnya, jika air tawar dan air payau dipisahkan dengan membran semi permeabel, maka air tawar akan berdifusi ke dalam air payau melalui membran semi permeabel tersebut sampai terjadi kesetimbangan. Perkembangan teknologi mesin industri yang semakin meningkat akan mendorong semua perusahaan industri agar dapat mengadopsi teknologi tersebut untuk menghasilkan produk yang berkualitas terlepas dari biaya investasi yang harus dikeluarkan. Hal ini adalah dampak dari persaingan dalam hal menjaring konsumen, karena konsumen pada akhirnya akan mencari produk yang berkualitas. Meskipun demikian memanfaatkan teknologi bukanlah hal yang mudah, karena harus dapat mengolah dan memanfaatkan faktor-faktor produksi yang meliputi tenaga kerja (man), bahan (material), peralatan dan mesin (machines) serta dana (money) dengan sebaik-baiknya. Apabila perusahaan tidak efisien didalam mengolah faktor-faktor produksi tersebut, maka akan menghambat operasi perusahaan tersebut. Faktor mesin merupakan salah satu tolok ukur keberhasilan produksi karena jika dikelola dengan baik akan menghasilkan barang berkualitas yang baik. Oleh sebab itu perusahaan harus selalu memiliki mesin prima dan terjamin dan hal tersebut membutuhkan kegiatan pemeliharaan mesin (Jasasila, 2017).

Dalam kondisi seperti ini maka untuk masalah perawatan mesin merupakan hal yang sangat penting dalam mendukung kelancaran suatu proses produksi. Hal ini dikarenakan mesin-mesin yang ada memiliki kemampuan yang terbatas secara teknis. Sehingga dapat dikatakan bahwa mesin tersebut akan kehilangan daya kerjanya secara lambat laun sesuai dengan usia pemakaiannya, dengan demikian maka akan mengganggu kelanjutan proses produksi. Maintenance atau perawatan merupakan suatu kegiatan merawat fasilitas, sehingga fasilitas tersebut berada pada kondisi siap pakai sesuai kebutuhan atau dengan kata lain perawatan adalah kegiatan / effort dalam rangka mengupayakan fasilitas produksi pada kondisi/kemampuan produksi yang dikehendaki. Perawatan pada umumnya dilihat sebagai kegiatan fisik seperti membersihkan peralatan yang bersangkutan, memberi pelumas, memperbaiki kerusakan, mengganti komponen dan semacamnya jika diperlukan (Purwanto, 2013). PT. PLN (Persero) UPK (Unit Pelaksana Pembangkit) Nagan Raya merupakan perusahaan yang bergerak di bidang Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang sudah beroperasi secara komersil sejak tahun 2013. PLTU merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang paling banyak digunakan di Indonesia. Banyak perusahaan negara ataupun swasta yang mendirikan PLTU di Indonesia, sehingga tidak menutup kemungkinan Indonesia akan memenuhi kebutuhan listrik dalam kurun waktu ke depan.

Dalam proses PLTU terdapat peralatan utama dan peralatan penunjang. Peralatan utama meliputi boiler, turbin, generator, trafo, dan lain sebagainya. Sedangkan untuk peralatan penunjang seperti cooling tower, Sea Water Reverse Osmosis (SWRO), demineralisasi dan lain-lain (Cholil, Ramadhan, & Maulidya, n.d.). Pada PLTU membutuhkan Demineralisasi yaitu tempat pengolahan air tawar menjadi air bebas mineral. Dikarenakan sulitnya mendapatkan air tawar dan untuk menyediakan dalam jumlah besar, maka dalam unit PLTU peran desalinasi sangat diperlukan untuk menyediakan air tawar sebagai bahan baku produksi listrik. Permasalahan yang selama ini sering terjadi PT. PLN (Persero) UPK (Unit Pelaksana Pembangkit) Nagan Raya adalah kerusakan mesin salah satunya Sea Water Reverse Osmosis (SWRO). Menurut (Ariyanty, n.d.), Proses desalinasi air laut menggunakan teknologi membran menjadi salah satu teknologi yang sudah banyak dipakai untuk berbagai aspek kehidupan. Sistem kerja dari teknologi membran ini bekerja dengan menahan partikel – partikel di dalam air yang ukurannya lebih besar daripada pori – pori membran, dan cairan yang memiliki ukuran lebih kecil dari pori – pori membran akan lewat tanpa adanya kandungan garam lagi. Salah satu teknologi membran yang digunakan untuk proses desalinasi adalah seawater reverse osmosis (SWRO). Namun kelemahan dari teknologi membran adalah kerusakan yang terjadi pada membran karena adanya scaling (Hibatullah, Syuriadi, & Fachruddin, 2019). Pada mesin Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) sering terjadi kerusakan. Karena sudah sering terjadi kerusakan-kerusakan pada komponen Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) maka dilakukan penelitian di PT. PLN (Persero) UPK (Unit Pelaksana Pembangkit) Nagan Raya. Berikut adalah data kerusakan yang diambil satu tahun terakhir dari Januari – Desember 2021 :

**Tabel 1**  
**Kerusakan Komponen Mesin Sea Water Reserve Osmosis (SWRO)**

Tanggal	Komponen yang mengalami kerusakan	Kerusakan
14/01/2021	Oring SWRO	Putus
18/01/2021	Valve Inlet Flushing SWRO A	Tidak bisa terbuka

18/01/2021	Valve Inlet Flushing SWRO B	Tidak bisa terbuka
24/01/2021	Flow Meter Outlet SWRO A	Indikasi terlepas
24/01/2021	Inlet Flushing SWRO A	Terlepas
18/02/2021	Vessel NO.8 SWRO A	Bocor
18/02/2021	Selang Sampling SWRO	Bocor
25/02/2021	Selang Induk Panel SWRO	Bocor
02/05/2021	Brine Flow SWRO A	Retak
26/05/2021	Sambungan Vessel No.17 SWRO A	Bocor
07/07/2021	Turbo Charge SWRO B	Bocor
13/07/2021	Selang Udara Valve Reject SWRO A	Patah
17/07/2021	Inlet Valve SWRO B	Tidak bisa terbuka/tertutup
20/07/2021	Inlet Valve SWRO A	Tidak bisa terbuka/tertutup
29/07/2021	Brine Flow SWRO A	Retak

Sumber: PT.PLN (Persero) UPK Nagan Raya

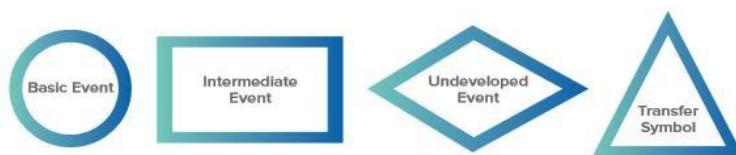
Salah satu metode untuk mengetahui kinerja dan produktivitas pada unit Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) di PT. PLN UPK Nagan Raya adalah *Fault Tree Analysis* (FTA). FTA adalah sebuah model grafis dari cabang dalam sebuah sistem yang dapat menuntun kepada suatu kemungkinan terjadinya kegagalan yang tidak diinginkan. Setelah perhitungan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) selesai kemudian baru bisa dilanjutkan menggunakan metode 5W + 1H untuk melakukan perbaikan pada jenis delay dengan nilai probabilitas tertinggi ([Djamal & Azizi, 2015](#)). Fault Tree Analysis merupakan metode yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada satu titik kegagalan. Fault Tree Analysis mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana ([Rahayu & Yuliana, 2018](#)).

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Fault Tree Analysis (FTA) yang digunakan untuk melihat risiko-risiko yang mungkin terjadi pada operasi perawatan dan kegiatan operasional perusahaan. Fault tree analysis dapat dideskripsikan sebagai teknik analitis, menganalisis lingkungan dan operasi untuk (FTA) menemukan jalan/solusi dari masalah-masalah yang muncul. FTA merupakan model grafik dari variasi paralel dan kombinasi kesalahan yang muncul sebagai hasil dari pendefinisian masalah yang ada. Kesalahan bisa disebabkan oleh kesalahan hardware, human error atau kejadian lainnya. FTA memperlihatkan hubungan logika dari penyebab dasar yang menjadi penyebab masalah yang merupakan penyebab utama yang berada diatas ([Kartika, Harsono, & Liansari, 2016](#)). Menurut ([Dewi, 2016](#)), Fault Tree Analysis (FTA) merupakan pendekatan top-down analisis kegagalan, dimulai dengan potensi kejadian utama atau peristiwa yang tidak diinginkan disebut dengan top level event, lalu menentukan semua hal yang dapat membuat peristiwa atau kejadian tersebut terjadi. Analisis tersebut dilakukan dengan menentukan bagaimana top level event (potensi kejadian utama) bisa terjadi, apa penyebabnya, dan siapa penyebabnya. Penyebab dari potensi kejadian utama

adalah “connected” melalui logic gates yaitu AND-gates dan OR-gates. FTA merupakan metodologi analisis yang menggunakan model grafis untuk menunjukkan analisis proses secara visual. FTA memungkinkan untuk identifikasi kejadian kegagalan berdasarkan penilaian probabilitas kegagalan ([Kurniawan, Yusuf, & Parwati, 2017](#)). Dalam penerapannya, teknik FTA yang digunakan secara kualitatif memiliki 2 (dua) tipe notasi dasar: peristiwa (events) dan gerbang logika (logic gates). Notasi peristiwa terdiri dari 4 simbol, antara lain ([Handayani, 2021](#)):

- 1) Lingkaran (basic event) – merupakan simbol yang menyatakan penyebab risiko. Dengan kata lain simbol lingkaran merepresentasikan akar / sumber penyebab dari suatu peristiwa risiko di mana simbol ini tidak memerlukan analisis lanjutan.
- 2) Persegi (intermediate event) – merupakan simbol dari peristiwa yang masih memerlukan analisis lanjutan, biasanya setelah simbol ini akan diikuti logic gates untuk menggambarkan peristiwa selanjutnya.
- 3) Segi 4 Wajik (undeveloped event) – merupakan simbol yang menyatakan bahwa peristiwa tersebut tidak dapat dianalisis lebih lanjut karena ketidakcukupan data atau informasi.
- 4) Segitiga (transfer symbol) – merupakan simbol dari peristiwa yang masih memerlukan analisis lanjutan, di luar dari peristiwa risiko utama pada analisis yang sedang dikerjakan.

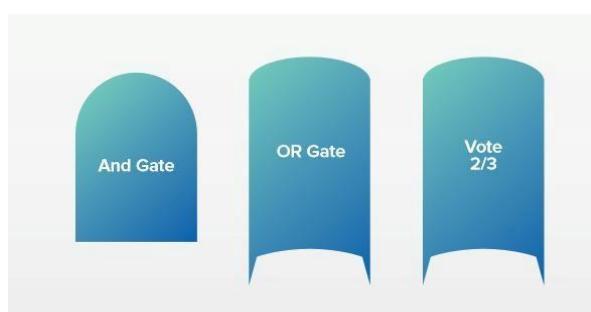


Gambar 1. Simbol Notasi Peristiwa FTA

Sumber: ([Handayani, 2021](#))

Notasi gerbang logika terdiri dari 3 simbol, antara lain ([Handayani, 2021](#)):

- 1) AND Gate – sebuah peristiwa risiko dapat terjadi apabila seluruh input peristiwa di bawahnya terjadi.
- 2) OR Gate – sebuah peristiwa risiko dapat terjadi apabila salah satu atau lebih dari input peristiwa di bawahnya terjadi.
- 3) Voting OR Gate – sebuah peristiwa dapat terjadi jika jumlah peristiwa yang terjadi sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan. Pada contoh gambar di bawah ini, sebuah peristiwa dapat terjadi apabila terdapat minimal 2 penyebab yang harus terjadi. Jika Voting OR Gate berisi 1/3, maka dibutuhkan minimal 1 penyebab yang harus terjadi.



Gambar 2. Simbol Notasi Gerbang Logika FTA  
Sumber: [\(Handayani, 2021\)](#)

Penerapan teknik FTA dapat dilakukan dengan 4 langkah utama, antara lain [\(Handayani, 2021\)](#):

- 1) Dapatkan pemahaman mengenai suatu sasaran;
- 2) Definisikan peristiwa risiko yang tidak diinginkan terkait dengan suatu sasaran;
- 3) Berdasarkan informasi yang ada dan *expert judgement*, simpulkan penyebab-penyebab terjadinya suatu peristiwa risiko hingga tidak ada lagi peristiwa yang menyebabkan risiko tersebut;
- 4) Buat fault tree (pohon kesalahan) dengan menggunakan notasi events dan logic gates;
- 5) Evaluasi analisis pohon kesalahan Anda, jangan biarkan satu penyebab/peristiwa terlewatkan.

Menurut [\(Susanto & Suryadi, 2010\)](#) Tujuan dari Fault Tree Analysis (FTA) yaitu sebagai berikut [\(RI, n.d.\)](#):

- 1) Dilakukan untuk mengidentifikasi kombinasi dari equipment failure dan human error yang dapat menyebabkan terjadinya suatu kejadian yang tidak dikehendaki.
- 2) Dilakukan untuk prediksi kombinasi kejadian yang tidak dikehendaki, sehingga dapat dilakukan koreksi untuk meningkatkan produk safety.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **A. Pengumpulan Data**

Karena sudah sering terjadi kerusakan maka perlu dioptimalkan dari segi pengawasan dan perawatan secara intensif saat beroperasi. Teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara :

- 1) Observasi yaitu metode pengumpulan data dengan melakukan study lapangan (langsung) dengan mengamati objek yang diteliti untuk mendapatkan data relevan.
- 2) Wawancara yaitu menanyakan beberapa pertanyaan terhadap karyawan perusahaan dengan tujuan untuk mendapatkan data yang lebih aktual dan akurat.
- 3) Study literatur yaitu mencari beberapa teori yang pendukung baik dari buku dan jurnal/artikel yang berkaitan dengan permasalahan yang diamati. Permasalahan yang terjadi di stasiun desalinasi pada mesin Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) adalah beberapa komponen mesin yang mengalami kerusakan. Kerusakan komponen mesin Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) yang terjadi pada Januari sampai dengan Desember dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2**

<b>Kerusakan dan Waktu Perbaikan Mesin SWRO (Sea Reserve Osmosis)</b>				
<b>No.</b>	<b>Komponen Yang Rusak</b>	<b>Kerusakan</b>	<b>Waktu Perbaikan</b>	<b>Keterangan</b>
1.	Oring SWRO	Putus	30 Menit	Diganti dengan unit baru
2.	Valve Inlet Flushing SWRO A	Tidak bisa terbuka	1 jam	Diperbaiki /tidak langsung diganti
3.	Valve Inlet Flushing SWRO B	Tidak bisa terbuka	1 jam	Diperbaiki/tidak langsung diganti
4.	Flow Meter Outlet	Indikasi terlepas		

SWRO A		2 jam	Diganti dengan unit baru
5. Inlet Flushing SWRO A	Terlepas	3 jam	Diperbaiki/tidak langsung diganti
6. Vessel NO.8 SWRO A	Bocor	5 jam	Diganti dengan unit baru
7. Selang Sampling SWRO	Bocor	3 jam	Diganti dengan unit baru
8. Selang Induk Panel SWRO	Bocor	4 jam	Diperbaiki/tidak langsung diganti
9. Brine Flow SWRO A	Retak	2 jam	Diganti dengan unit baru
10. Sambungan Vessel No.17 SWRO A	Bocor	5 jam	Diganti dengan unit baru
11. Turbo Charge SWRO B	Bocor	3 jam	Diperbaiki/tidak langsung diganti
12. Selang Udara Valve Reject SWRO A	Patah	3 jam	Diganti dengan unit baru
13. Inlet Valve SWRO B	Tidak bisa terbuka/tertutup	2 jam	Diganti dengan unit baru
14. Inlet Valve SWRO A	Tidak bisa terbuka/tertutup	2 jam	Diperbaiki/tidak langsung diganti
15. Brine Flow SWRO A	Retak	2 jam	Diganti dengan unit baru

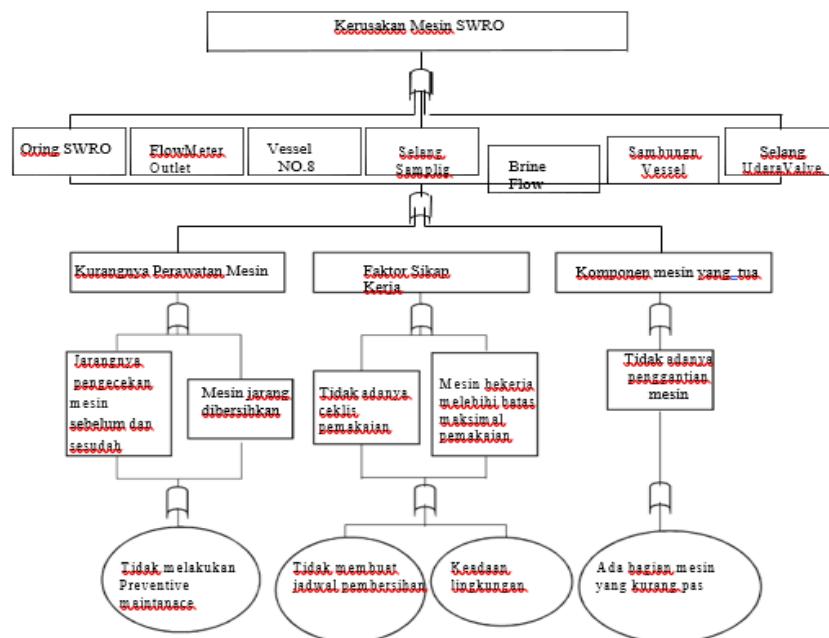
**Tabel 3**  
**Data komponen dan kerusakan pada mesin SWRO**

No.	Komponen Yang Rusak	Kerusakan
1.	Oring SWRO	Putus
2.	Valve Inlet Flushing SWRO A	Tidak bisa terbuka
3.	Valve Inlet Flushing SWRO B	Tidak bisa terbuka
4.	Flow Meter Outlet SWRO A	Indikasi terlepas
5.	Inlet Flushing SWRO A	Terlepas
6.	Vessel NO.8 SWRO A	Bocor
7.	Selang Sampling SWRO	Bocor
8.	Selang Induk Panel SWRO	Bocor
9.	Brine Flow SWRO A	Retak
10.	Sambungan Vessel No.17 SWRO A	Bocor
11.	Turbo Charge SWRO B	Bocor
12.	Selang Udara Valve Reject SWRO A	Patah
13.	Inlet Valve SWRO B	Tidak bisa terbuka/tertutup
14.	Inlet Valve SWRO A	Tidak bisa terbuka/tertutup
15.	Brine Flow SWRO A	Retak

## B. Pengolahan Data

FTA merupakan teknik untuk mengidentifikasi kegagalan (failure) dari suatu sistem. FTA berorientasi pada fungsi atau yang lebih dikenal dengan dengan “top down approach” karena identifikasi ini berawal dari sistem level (top) dan meneruskannya kebawah (Priyanta, 2000). Dalam membangun pohon kesalahan (fault tree) dilakukan dengan cara wawancara dengan kepala seksi bagian ready mix PT. PLN UPK. Nagan Raya dan melakukan pengamatan langsung terhadap proses produksi dilapangan. Selanjutnya sumber-sumber kerusakan mesin tersebut digambarkan dalam bentuk model pohon kesalahan (fault tree). Identifikasi penyebab kegagalan ini dilakukan dengan menggunakan data-data yang didapatkan, dimana komponen yang dianggap berisiko tinggi memberikan kerusakan akan menjadi

masukan dalam pembuatan pohon kesalahan. Berikut ini akar penyebab terjadinya kerusakan komponen mesin Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) yang dianggap paling berisiko menyebabkan kegagalan dengan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) :



Gambar 3

FTA Penyebab Terjadinya Kerusakan Mesin Sea Water Reserve Osmosis (SWRO)

### C. Usulan Perbaikan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode FTA terkait permasalahan kerusakan mesin Sea Water Reverse Osmosis (SWRO), maka perlu dilakukan usulan untuk upaya meminimalisir risiko kerusakan. Adapun usulan perbaikannya yaitu:

- 1) Perusahaan melakukan pengecekan rutin sebelum dan sesudah pemakaian sehingga mesin yang digunakan dapat terpantau lebih sering.
- 2) Perusahaan melakukan service ringan (Tune Up) terhadap mesin agar kerusakan ringan dapat dihilangkan dan meminimalisir kerusakan besar yang membuat produksi perusahaan terhambat.
- 3) Perusahaan memberikan pembersihan rutin terhadap mesin SWRO setelah digunakan.

### KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data yang lebih aktual dan akurat. Terdapat 15 kerusakan yang timbul pada mesin Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) pada bulan Januari 2021 hingga desember 2021 dan dari hasil analisis data dengan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) maka diketahui akar penyebab terjadinya kerusakan pada mesin Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) yaitu disebabkan oleh faktor komponen mesin yang sudah tua.

## BIBLIOGRAFI

- Anugrah, Ninda Restu, Fitria, Lisye, & Desrianty, Arie. (2015). Usulan Perbaikan Kualitas Produk Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Di Pabrik Roti Bariton. *Reka Integra*, 3(4). [Google Scholar](#)
- Ariyanty, Mita. (n.d.). *Monitoring Perubahan Penutupan Lahan dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) dan Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Kawasan Puncak, Kabupaten Bogor, Jawa Barat)*. [Google Scholar](#)
- Assauri, Sofjan. (2008). Manajemen Produksi dan Operasi edisi revisi. *Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia*. [Google Scholar](#)
- Cholil, Munawaroh Nasailul, Ramadhan, Dwiki, & Maulidia, Yulita. (n.d.). Inhibisi Korosi Pada Baja Lunak Dalam Media Air Gambut Dengan Metode Elektroplating. *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, 10(2), 56–61. [Google Scholar](#)
- Dewi, Dian Masita. (2016). Pengaruh likuiditas, leverage, ukuran perusahaan terhadap kebijakan dividen tunai dengan profitabilitas sebagai variabel intervening. *Jurnal Bisnis Dan Ekonomi*, 23(1). [Google Scholar](#)
- Djamal, Nugraheni, & Azizi, Rifki. (2015). Identifikasi dan Rencana Perbaikan Penyebab Delay Produksi Melting Proses Dengan Konsep Fault Tree Analysis (FTA) di PT. XYZ. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 1(1), 34–45. [Google Scholar](#)
- Handayani, Sri Dewi. (2021). *APLIKASI BOWTIE ANALYSIS UNTUK IDENTIFIKASI ENVIRONMENTAL CRITICAL ELEMENT (ECE) PADA FLOATING LIQUEFIED NATURAL GAS (FLNG) DAN PIPA GAS BAWAH LAUT*. [Google Scholar](#)
- Hibatullah, Iqmal, Syuriadi, Adi, & Fachruddin, Fachruddin. (2019). Identifikasi Kemunculan Scaling pada Sistem SeaWater Reverse Osmosis (SWRO). *Seminar Nasional Teknik Mesin 2021*, 9(1), 1130–1137. [Google Scholar](#)
- Jasasila, Jasasila. (2017). Peningkatan Mutu Pemeliharaan Mesin Pengaruhnya Terhadap Proses Produksi Pada Pt. Aneka Bumi Pratama (Abp) Di Kabupaten Batanghari. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 17(3), 96–102. [Google Scholar](#)
- Kartika, Windhi Y., Harsono, Ambar, & Liansari, Gita Permata. (2016). Usulan Perbaikan Produk Cacat Menggunakan Metode Fault Mode and Effect Analysis dan Fault Tree Analysis Pada PT. Sygma Examedia Arkanleema. *REKA INTEGRA*, 4(1). [Google Scholar](#)
- Kurniawan, Bayu Huda, Yusuf, Muhammad, & Parwati, Cyrilla Indri. (2017). Evaluasi Perawatan Mesin Dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) pada Cv. Julang Marching. *Jurnal Rekavasi*, 5(2), 80–86. [Google Scholar](#)
- Lokajaya, I. Nyoman. (2016). Kelayakan Investasi Instalasi Sea Water Reverse Osmosis (Swro) Di Kawasan Wisata Pantai Kenjeran Surabaya. *Surabaya: Jurnal Teknik Industri*, 13(2). [Google Scholar](#)

Priyanta, Dwi. (2000). Keandalan dan Perawatan. *Surabaya: Institut Teknologi Surabaya*. [Google Scholar](#)

Purwanto, Andy. (2013). Analisis Failure Rate Mesin Reverse Osmosis Dengan Perhitungan Evaluasi Sistem Perawatan di PT. XYZ. *Jurnal Industri Elektro Dan Penerbangan*, 3(3). [Google Scholar](#)

Rahayu, Sri, & Yuliana, Pram Eliyah. (2018). Penjadwalan Waktu Perawatan Dan Penyediaan Kebutuhan Komponen Untuk Mesin Pengemas Makanan Ringan. *Teknik Industri*, 21(02). [Google Scholar](#)

RI, KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN. (n.d.). *PENERAPAN METODE FMEA DAN FTA DALAM MENGIDENTIFIKASI PENYEBAB KERUSAKAN MESIN VERTICAL SHAFT PADA PT. PRIMA*. [Google Scholar](#)

Shahabi, Himan, & Hashim, Mazlan. (2015). Landslide susceptibility mapping using GIS-based statistical models and Remote sensing data in tropical environment. *Scientific Reports*, 5(1), 1–15. [Google Scholar](#)

Susanto, Sani, & Suryadi, Dedy. (2010). *Pengantar data mining: mengagali pengetahuan dari bongkahan data*. Penerbit Andi. [Google Scholar](#)

Yoshi, Linda A., & Widiasa, I. Nyoman. (2016). Sistem Desalinasi Membran Reverse Osmosis (RO) untuk Penyediaan Air Bersih. *Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*, 6. [Google Scholar](#)

© 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

