

# ANALISIS PENYEBAB KEGAGALAN *CHLORINATION PLANT* DENGAN METODE *FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS* DAN *FAULT TREE* *ANALYSIS* (Studi Kasus di PT PJB UP. GRESIK)

Fitria Retnanti <sup>(1)</sup>, Elly Ismiyah <sup>(2)</sup>, Dzakiyah Widyaningrum <sup>(3)</sup>

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik

Jl. Sumatera No. 101, GKB, Gresik, Jawa Timur 61121

E-mail : [arnantyy@gmail.com](mailto:arnantyy@gmail.com)

## ABSTRAK

Chlorination Plant adalah suatu alat yang dapat mengelektrolisa air laut dan menghasilkan Sodium Hypochlorite (NaOCl). NaOCl selanjutnya diinjeksikan ke intake air pendingin condenser, untuk melumpuhkan mikroorganisme laut agar tidak bersarang dan merusak peralatan. Dari data riwayat kerusakan di PT. PJB UP Gresik, ada 180 gangguan selama tahun 2001 – 2018 yang mengakibatkan *Chlorination Plant* gagal beroperasi. Untuk mencari penyebab dasar dari kegagalan yang dominan, akan dikaji lebih lanjut dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* dilanjutkan metode *Fault Tree Analysis* kemudian diberikan usulan pencegahan untuk meminimalkan terjadinya kegagalan pada *Chlorination Plant*. Dari hasil penelitian diketahui bahwa *Rectifier SCR Resistansi Rendah*, *Cell Chlorine Bocor* dan *Sea Water Supply Strainer Buntu* adalah penyebab kegagalan yang paling dominan. Untuk menurunkan resiko kegagalan, selanjutnya disarankan untuk mereview standart job prediktif maintenance pada peralatan tersebut, sedangkan kegagalan yang diakibatkan karena umur diusulkan untuk memetakan remaining useful life peralatan.

**Kata kunci :** *Chlorination Plant* , *Failure Mode and Effect Analysis* , *Fault Tree Analysis*

## I. PENDAHULUAN

PT PJB Unit Pembangkitan Gresik merupakan Anak Perusahaan dari PT PLN (Persero) yang bergerak dalam bidang usaha pembangkitan ketenagalistrikan. Disamping mesin-mesin utama yang berupa Unit Pembangkit Listrik, UP Gresik juga mempunyai fasilitas-fasilitas penunjang yang berfungsi untuk mendukung realisasi produk maupun operasional perusahaan, antara lain *Chlorination Plant*. *Chlorination Plant* adalah suatu alat yang dapat mengelektrolisa air laut dan menghasilkan Sodium Hypochlorite (NaOCl). NaOCl selanjutnya diinjeksikan ke intake air pendingin. Pada instalasi pembangkit listrik thermal yang memerlukan air laut untuk pendingin condenser, zat NaOCl dipakai untuk melumpuhkan mikroorganisme laut agar tidak bersarang dan merusak peralatan.

### 1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data operasi di PT PJB UP Gresik didapat sebagai berikut :

1. Kualitas Produk *Chlorination Plant* berdasarkan data Laporan Mutu air Lokal PLTGU pada bulan Oktober 2018
2. Tanggal 18 - 30 Agustus 2018 sempat terjadi gangguan berupa kebocoran pada *Cell Chlorine* sehingga menyebabkan *Chlorination Plant 2* tidak beroperasi, dan mulai beroperasi kembali pada tanggal 31 Agustus 2018
3. Berdasarkan data pemakaian air di Rendal Operasi, pada bulan Juni 2018 pemakaian air pengisi (*make up water*) mengalami peningkatan bila dibandingkan dengan pemakaian air pada bulan Juni 2017 (data diambil pada saat pembebanan penuh), dikarenakan terjadi kebocoran kondensor akibat kekurangan *supply* NaOCl Kekurangan pasokan

NaOCl dapat mengganggu pencegahan laju berkembang biakan tumbuhan dan binatang laut baik yang berukuran mikro maupun makro. Gangguan tersebut meliputi :

- a. Hambatan pada sistem penukar panas ( sistem pendingin ) kondensor Steam Turbin.
- b. Terjadinya proses korosi dan kerusakan mekanis pada peralatan pendukung di sistem pendingin Steam Turbin. Berdasarkan data dari bidang rendal niaga apabila terjadi kebocoran atau kerusakan line sistem pendingin yang mengakibatkan kerusakan sistem siklus air laut dan mengakibatkan unit tidak bisa beroperasi 1 jam setara dengan Rp. 40.808.330 kerugian PT PJB UP Gresik apabila tidak beroperasi 1 bulan sebesar Rp 979.399.931 .

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis menggunakan metode *Failure Mode And Effect Analysis* kemudian dilanjutkan dengan *Fault Tree Analysis* untuk mencari penyebab potensial kegagalan *Chlorination Plant*. Hal itu semua dilakukan untuk meminimalisir kurang efektifnya kinerja *Chlorination Plant*.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang ada, maka rumusan masalah yang diambil dalam penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pentabelan dengan menentukan mode kegagalan, penyebab kegagalan dan efek dari kegagalan hal ini untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh *engineers* untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. FMEA merupakan teknik evaluasi tingkat keandalan dari sebuah sistem untuk menentukan efek dari kegagalan dari sistem tersebut. Kegagalan digolongkan berdasarkan

1. Bagaimana mode kegagalan, penyebab kegagalan dan efek kegagalan pada *Chlorination Plant* dengan menggunakan metode Failure Mode Effect Analysis.
2. Apakah akar permasalahan dari mode mode kegagalan, yang dapat menyebabkan kegagalan *Chlorination Plant* dengan menggunakan metode Fault Tree Analysis.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan analisis ini adalah:

1. Mengidentifikasi dan menentukan penyebab kegagalan yang paling dominan pada *Chlorination Plant*.
2. Mencari penyebab dasar dari kegagalan yang dominan.
3. Mengusulkan pencegahan untuk meminimalkan terjadinya kegagalan pada *Chlorination Plant*.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari hasil penelitian tugas akhir / skripsi ini antara lain :

1. Mengetahui kegagalan yang paling dominan pada *Chlorination Plant*.
2. Mengetahui penyebab dasar dari kegagalan yang dominan
3. Mendapatkan usulan pencegahan untuk meminimalkan terjadinya kegagalan pada *Chlorination Plant*.

dampak yang diberikan terhadap kesuksesan suatu misi dari sebuah sistem.

### 2.2 Saverity (Tingkat Keparahan)

Tingkat keparahan adalah perkiraan subjektif numerik dari seberapa parah pelanggan (pengguna berikutnya) atau pengguna akhir yang akan merasakan EFEK kegagalan. *Severity* kerusakan pada sistem dibedakan menjadi 10 skala (Blanchard, 2004) dalam Surasa (2007), adapun kategori yang digunakan, sebagai berikut:

1. Skala 1 untuk kerusakan dengan efek *minor*
2. Skala 2-3 untuk kerusakan dengan efek rendah (*low*)

3. Skala 4-6 untuk kerusakan dengan efek sedang (*moderate*)

4. Skala 7-8 untuk kerusakan dengan efek tinggi (*high*)

5. Skala 9-10 untuk kerusakan dengan efek sangat tinggi (*very high*)

### 2.3 Occurrence (tingkat kemungkinan kejadian)

Tingkatan waktu atau kemungkinan terjadinya kadang-kadang disebut, adalah estimasi subjektif numerik dari kemungkinan yang menyebabkan, jika terjadi, akan menghasilkan failure mode dan efek khususnya. Frekuensi terjadinya kerusakan dapat ditentukan berdasarkan periode waktu dan dapat dibedakan menjadi 10 skala Blanchard, 2004) dalam Surasa (2007), kategori skala-skala tersebut, sebagai berikut:

1. Skala 1 untuk kerusakan karena kondisi yang tidak biasa dan jarang sekali terjadi (*unlikely*)

2. Skala 2-3 untuk kerusakan yang frekuensinya rendah (*low*)

3. Skala 4-6 untuk kerusakan yang frekuensinya sedang (*moderate*)

4. Skala 7-8 untuk kerusakan yang frekuensinya tinggi (*high*)

5. Skala 9-10 untuk kerusakan yang frekuensinya sangat tinggi (*very high*).

### 2.4 Detection (Deteksi)

Deteksi kadang-kadang disebut efektifitas. Ini adalah perkiraan subjektif numerik efektivitas kontrol untuk mencegah atau mendeteksi penyebab atau failure mode sebelum kegagalan mencapai pelanggan. Asumsinya adalah yang menyebabkan telah terjadi. Kemungkinan pengendalian suatu kerusakan IV- 23 dapat dibedakan menjadi 10 skala (Blanchard, 2004) dalam Surasa (2007), kategori skala-skala tersebut sebagai berikut:

1. Skala 1-2 untuk kerusakan yang memiliki peluang pengendalian sangat tinggi (*very high*).

2. Skala 3-4 untuk kerusakan yang memiliki peluang pengendalian tinggi (*high*).

3. Skala 5-6 untuk kerusakan yang memiliki peluang pengendalian sedang (*moderate*).

4. Skala 7-8 untuk kerusakan yang memiliki peluang pengendalian rendah (*low*).

5. Skala 9 untuk kerusakan yang memiliki peluang pengendalian sangat rendah (*very low*).

6. Skala 10 untuk kerusakan yang memiliki peluang pengendalian tidak menentu atau bahkan tidak terkendali.

### 2.5 Perhitungan Risk Priority Number (RPN)

Untuk menentukan prioritas dari suatu bentuk kegagalan maka harus terlebih dahulu mendefinisikan tentang *Severity*, *Occurrence*, *Detection* yang hasil akhirnya berupa *RPN (Risk Priority Number)*. Perhitungan *RPN (Risk Priority Number)* dari hasil FMEA:

$$RPN = S \times O \times D$$

Menyediakan pendekatan evaluasi alternatif untuk Analisis Kekritisitas. Jumlah prioritas risiko memberikan perkiraan numerik kualitatif risiko desain. RPN didefinisikan sebagai produk dari tiga faktor independen dinilai :

- $S = Saverity$  (tingkat keparahan)
- $O = Occurrence$  (tingkat kejadian)
- $D = Detection$  (Deteksi).

Risk Priority Number (RPN) adalah ukuran yang digunakan ketika menilai risiko untuk membantu mengidentifikasi "*critical failure modes*" terkait dengan desain atau proses. Nilai RPN berkisar dari 1 (terbaik mutlak) hingga 1000 (absolut terburuk). RPN FMEA adalah umum digunakan dalam industri dan agak mirip dengan nomor kekritisitas yang digunakan.

### 2.6 Fault Tree Analysis (FTA)

*Fault Tree Analysis (FTA)* adalah salah satu contoh metode analisis proses yang digunakan dalam pencarian suatu permasalahan dalam suatu proses, dimana terdapat suatu kejadian yang tidak diinginkan disebut undesired event terjadi pada sistem, dan sistem tersebut kemudian dianalisis dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya undesired

event tersebut (Vesely dkk, 1981) dalam Ning Puji Lestari, Siti Syamsiah, Sarto dan Wiratni Budhijanto, 2016. Dengan metode FTA ini, akan dapat diketahui kegagalan-kegagalan yang menjadi penyebab terjadinya undesired event, dan probabilitas terjadinya undesired event tersebut. Untuk menganalisis kegagalan sistem dengan metode FTA, perlu dibuat pohon kegagalan atau fault tree dari sistem yang dianalisis terlebih dahulu. Fault tree adalah model grafis dari kegagalan-kegagalan pada sistem dan kombinasinya yang menghasilkan terjadinya undesired event (Vesely dkk, 1981) dalam Ning Puji Lestari, Siti Syamsiah, Sarto dan Wiratni Budhijanto, 2016. FTA disusun berdasarkan simbol simbol yang berisi keterangan suatu kejadian pada sistem dan gerbang logika untuk menerangkan keterkaitan terhadap suatu kejadian.

### **2.8 Fishbone Diagram**

Fishbone diagram akan mengidentifikasi berbagai sebab potensial dari satu efek atau masalah, dan menganalisis masalah tersebut melalui sesi

## **III. METODE PENELITIAN**

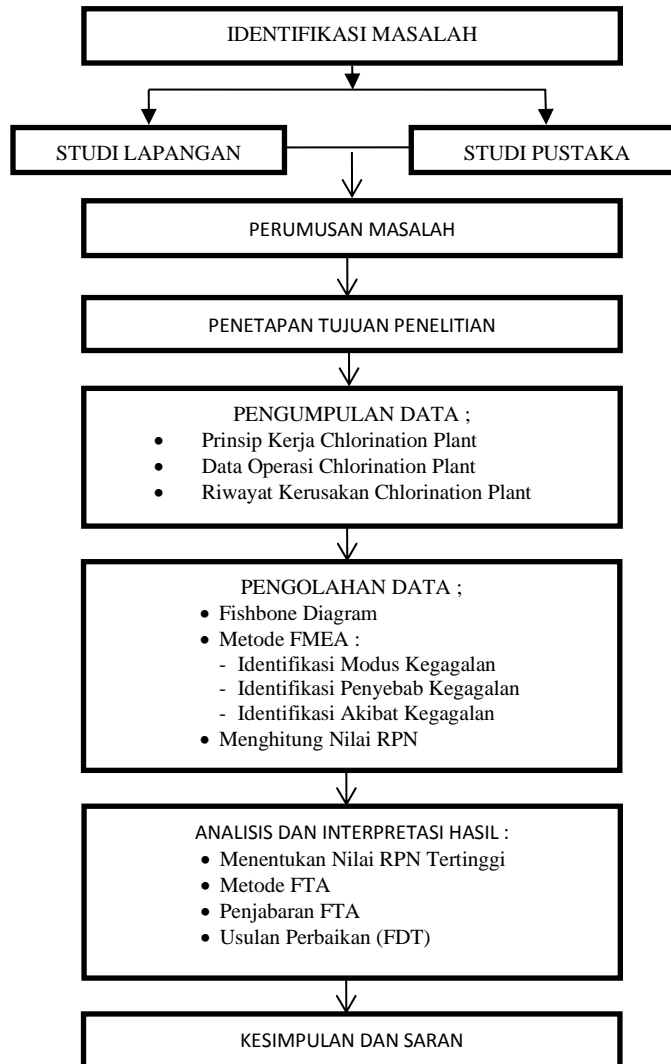
Dalam mencari solusi dari sebuah penelitian yang diamati tentang kegagalan Chlorination Plant,

brainstorming. Masalah akan dipecah menjadi sejumlah kategori yang berkaitan, mencakup manusia, material, mesin, prosedur, kebijakan, dan sebagainya. Setiap kategori mempunyai sebab-sebab yang perlu diuraikan melalui sesi brainstorming.

### **2.9 Chlorination Plant**

Dalam sebuah pembangkit Thermal air laut berperan besar dalam menunjang proses kerja unit pembangkit listrik yang menggunakan media pendingin air laut. Dimana air laut dimanfaatkan sebagai media pendingin pada Condensor Steam Turbin. Tetapi dalam proses pendinginan dengan media air laut perlu dilakukan injeksi kimia yaitu Zat Chlorine/ sodium hypochloride yang mana Zat ini berguna untuk mencegah berkembang biaknya biota laut (binatang dan tumbuhan laut) agar tidak menempel pada line-line dari sistem pendinginan air laut tersebut dengan cara memabukkannya.

dibutuhkan langkah – langkah untuk menguraikan pendekatan dan model dari masalah tersebut.

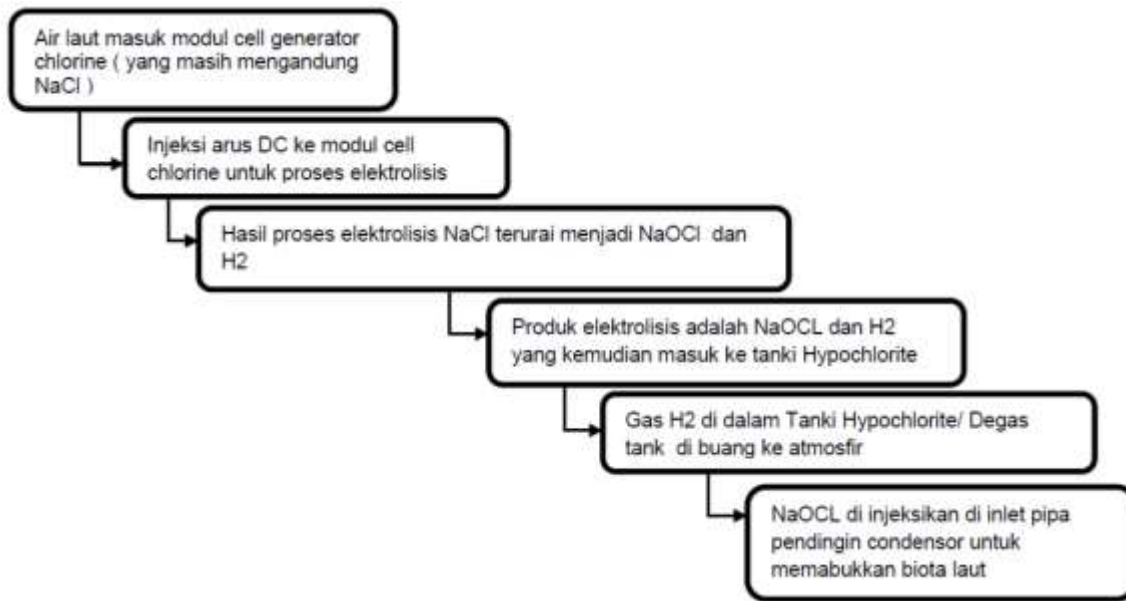
Gambar 3.1 *Flow Chart* Metodologi Penelitian

#### IV. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

##### 4.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini data yang dikumpulkan ialah data :

1. Prinsip Kerja *Chlorination Plant*



Gambar 3.1 Flow Chart Metodologi Penelitian



2.Data operasi Chlorination Plant

Berikutnya adalah data Performance Chlorination Plant Unit 2 :

Tabel 4.1 Data Operasi Chlorination Plant Agustus 2018

Tanggal	FLOW ( m <sup>3</sup> /hr )	TEGANGAN ( Volt )	ARUS ( Ampere )	JUMLAH M O D U L	Cl <sub>2</sub> ( ppm )	Cl <sub>2</sub> kg/jam
1	86	64	3000	16	608	52
2	0	0	0	0	0	0
3	86	70	3400	16	788	68
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	80	68	3600	16	875	70
7	0	0	0	0	0	0
8	68	68	3400	16	867	59
9	0	0	0	0	0	0
10	90	66	3200	16	865	78
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	85	68	3200	16	810	69
14	0	0	0	0	0	0
15	76	68	3400	15	980	75
16	0	0	0	0	0	0
17	84	68	3600	15	645	54
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0
31	86	68	4000	18	870	74

Tabel 4.2 Data Performance Test Chlorination Plant Februari 2010

PT PJB UP GRESIK		HASIL PERFORMANCE TEST CHLORINATION # II PLTGU GRESIK				LABORATORIUM PLTGU		
Tanggal	Flow ( $m^3/hr$ )	Volt (V)	Ampere (A)	Jumlah Modul	Konsentrasi Chlor ( $\mu gm$ )			kg/jam $Cl_2$ (1 x 2) / 1000
					Modul A-J	Modul K-T	Rata-rata	
0	1	2	3	4	5	6	7	
16 Feb. 2010	85	90	1000	18	160	160	160	13.60
	84	98	2000	18	470	450	460	38.64
	82	94	3000	18	770	710	740	60.68
	82	70	4000	18	1035	970	1003	82.21
Catatan: Performance dimulai pukul 14.00 dg interval 20 menit								
Disiapkan oleh:  Rahmulyanto				Diperiksa oleh:  Setiawan				

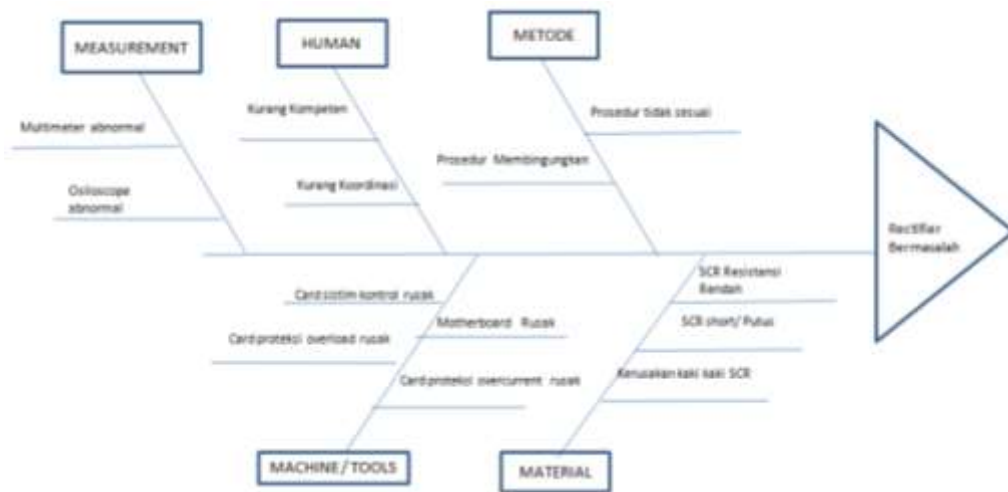
Tabel 4.1 mewakili kondisi operasi chlorination plant saat ini, sedangkan pada tabel 4.2 adalah riwayat operasi unit terdahulu. Dari kedua tabel, terlihat bahwa terjadi penurunan performance unit 2 pada bulan Agustus 2018 bila dibandingkan dengan bulan Februari 2010.

### 3. Data Riwayat Kerusakan

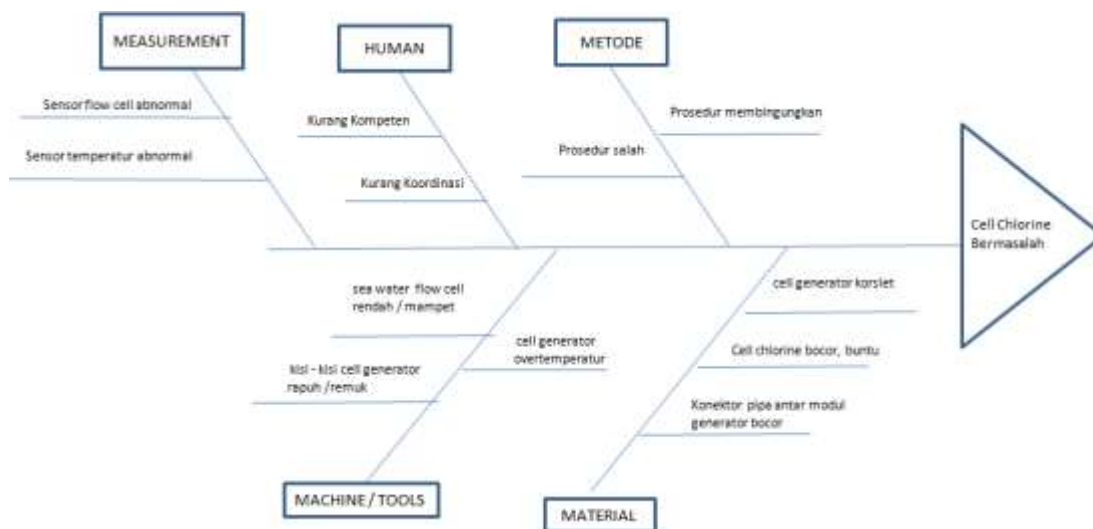
Data riwayat kerusakan alat diambil dari work order (WO). WO didapat dari database program MIM'S ELLIPSE yang diterapkan dan digunakan pada seluruh unit PT PJB. Dari periode 2001 - 2018 didapatkan 183 WO yang berkaitan dengan Chlorination Plant

### 4.2. Pengolahan Data

Dari data operasi dan riwayat kerusakan yang telah didapat kemudian diolah dengan metode yang sudah ditentukan, untuk memahami dan mempermudah menganalisis dari sebuah permasalahan.

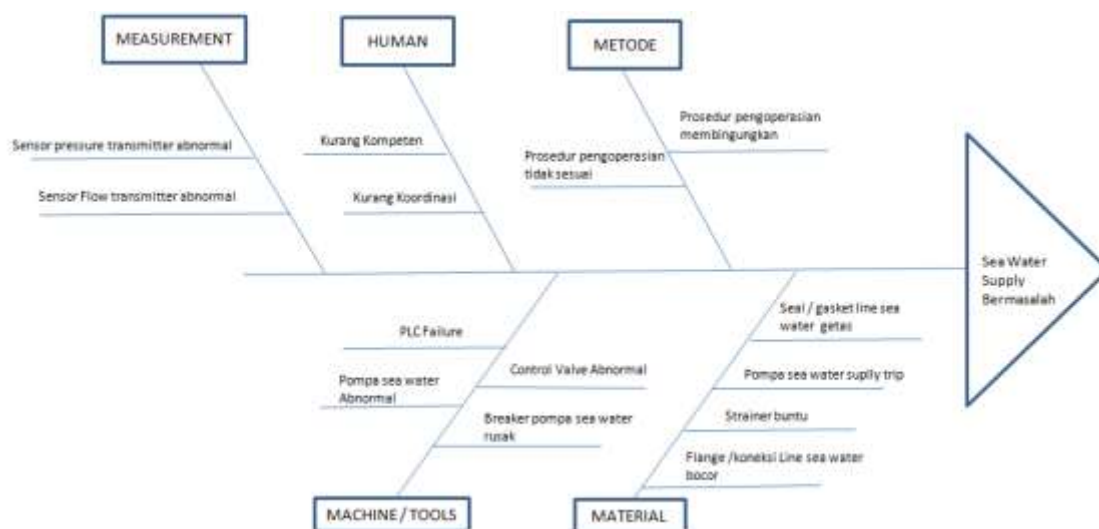


Gambar 4.1 Fishbone Diagram Rectifier



Gambar 4.2 Fishbone Diagram Cell Chlorine





Gambar 4.3 Fishbone Diagram Sea Water Supply

Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan tabel FMEA sebagai berikut :

Tabel 4.6 FMEA Kegagalan Operasi Chlorination Plant

No.	Sub Equipment	Category	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN
1	RECTIFIER	Measurement	Multimeter Abnormal	1. Alat ukur tidak terkalibrasi 2. Probe terbalik	Rectifier Bermasalah	2	3	1	6
			Osilloscope Abnormal	1. Alat ukur tidak terkalibrasi 2. Probe terbalik/Rusak	Rectifier Bermasalah	2	3	1	6
Human		Kurang Kompeten	Operator tidak kompeten	Rectifier Bermasalah	3	1	2	6	
		Kurang Koordinasi	Operator kurang koordinasi	Rectifier Bermasalah	2	2	2	8	
5		Metode	Prosedur membingungkan	Prosedur Tidak Up to Date	Rectifier Bermasalah	2	2	2	8
			Prosedur tidak sesuai	Prosedur tidak	Rectifier Bermasalah	2	2	2	8

				terperinci secara jelas					
4		Machine Tool	Card sistim kontrol rusak	Aging , lembab / kotor	Rectifier Bermasalah	5	2	1	10
			Motherboard SCR Rusak	Aging , lembab / kotor	Rectifier Bermasalah	5	2	1	10
			Card proteksi overcurrent rusak	Aging , lembab / kotor	Rectifier Bermasalah	5	2	1	10
			Card proteksi overload rusak	Aging , lembab / kotor	Rectifier Bermasalah	5	2	1	10
5		Material	SCR Resistansi Rendah	Aging	Rectifier Bermasalah	5	3	1	15
			SCR short/ putus	Pola beban	Rectifier Bermasalah	5	2	1	10
			Kerusakan kaki kaki SCR	Pola beban	Rectifier Bermasalah	5	2	1	10
6		Measurement	Sensor flow abnormal	kondisi sensor tidak terkalibrasi	Cell Chlorine Bermasalah	3	2	2	12
			Sensor temperatur abnormal	kondisi sensor tidak terkalibrasi	Cell Chlorine Bermasalah	3	2	2	12
7	CELL CHLORINE	Human	Kurang kompeten	kurang kompeten	Cell Chlorine Bermasalah	3	1	2	6
			Kurang koordinasi	kurang kompeten	Cell Chlorine Bermasalah	3	1	2	6
8		Metode	Prosedur membingungkan	Prosedur Tidak Up to Date	Cell Chlorine Bermasalah	2	2	2	8
			Prosedur tidak sesuai	Prosedur tidak terperinci secara jelas	Cell Chlorine Bermasalah	2	2	2	8

9		Machine Tool	Flow sea water cell rendah	pengerakan pada cell generator	Cell Chlorine Bermasalah	3	3	2	18
			Kisi-Kisi cell rapuh / remuk	aging	Cell Chlorine Bermasalah	3	2	2	12
			Cell generator over temperatur	cell kotor	Cell Chlorine Bermasalah	4	3	2	24
10		Material	Cell korsleting	koneksi terbalik , terminal kendor	Cell Chlorine Bermasalah	2	1	1	2
			Cell bocor	flange koneksi kendor / gasket getas	Cell Chlorine Bermasalah	4	4	2	32
			Konektor pipa antar modul generator bocor	flange koneksi kendor / gasket getas	Cell Chlorine Bermasalah	4	2	1	8
11		Measurement	Sensor pressure transmitter abnormal	sensor pressure transmitter tidak terkalibrasi	Sea Water Supply Bermasalah	2	3	1	6
			Sensor flow transmitter abnormal	sensor flow transmitter tidak terkalibrasi	Sea Water Supply Bermasalah	2	3	1	6
12		SEA WATER SUPPLY	Human	Kurang kompeten	kurang kompeten	Sea Water Supply Bermasalah	3	1	2
	Kurang koordinasi			kurang kompeten	Sea Water Supply Bermasalah	3	1	2	6
13	SEA WATER SUPPLY	Metode	Prosedur membingungkan	prosedur tidak Up to Date	Sea Water Supply Bermasalah	2	2	2	8
			Prosedur tidak sesuai	prosedur tidak terperinci secara jelas	Sea Water Supply Bermasalah	2	2	2	8

14	Machine Tool	PLC failure	card rusak	Sea Water Supply Bermasalah	5	2	1	10
		Pompa sea water abnormal	pompa ngempos	Sea Water Supply Bermasalah	5	1	1	5
		Breaker pompa sea water rusak	breaker terbakar	Sea Water Supply Bermasalah	5	1	1	5
		Control valve abnormal	booster crv kotor	Sea Water Supply Bermasalah	4	2	1	8
15	Material	Pompa sea water trip	arus motor melebihi setting proteksi	Sea Water Supply Bermasalah	5	3	1	15
		Gasket line sea water getas	aging	Sea Water Supply Bermasalah	4	2	1	8
		Strainer buntu	banyak sampah	Sea Water Supply Bermasalah	4	4	1	16
		Flange /koneksi line sea water bocor	seal getas / flange pipa retak	Sea Water Supply Bermasalah	4	2	1	8

## V. ANALISIS DAN INTERPRETASI

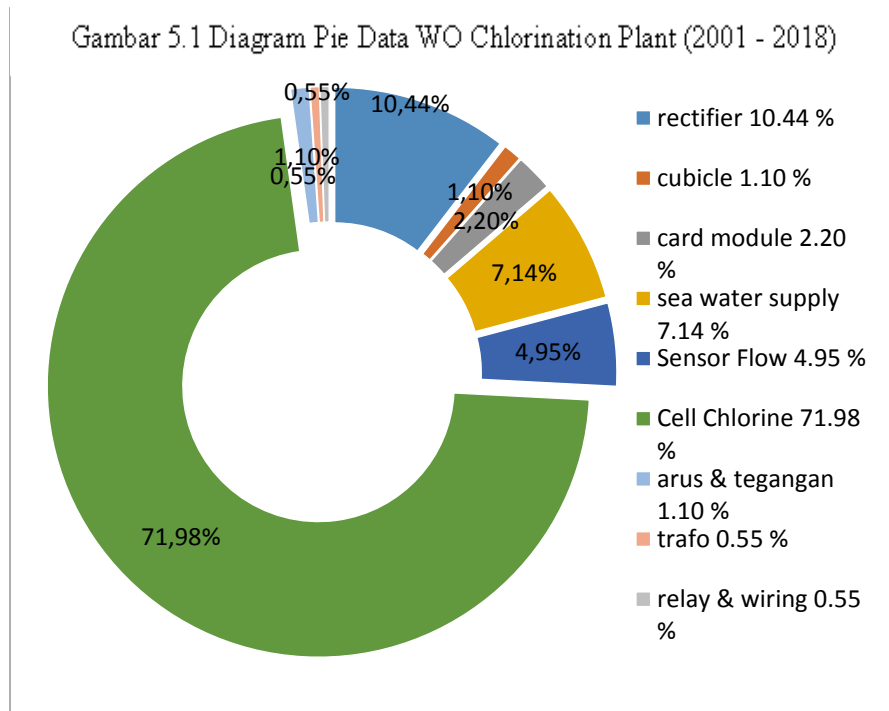
### 5.1 Hasil Perhitungan RPN

Hasil pengolahan dengan metode FMEA pada tabel 4.6 diketahui bahwa potensi mode kegagalan tertinggi pada masing-masing *sub equipment* dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5.1 *Risk Priority Number* Tertinggi Kegagalan Operasi *Chlorination Plant*

No.	Sub Equipment	Category	Failure Mode	RPN
1	Rectifier	Material	SCR Resistansi Rendah	15
2	Cell Chlorine	Material	Cell Bocor	32
3	Sea Water Supply	Material	Strainer Buntu	16

Sedangkan bila ditinjau dari tabel 4.3 sebagai dasar pembuatan *pie diagram*, persentase jumlah WO tertinggi yang terdapat dalam MIM'S ELLIPSE untuk periode 2001 – 2018 adalah sebagai berikut :



## 5.2 Analisis Menggunakan Metode Fault Tree Analysis

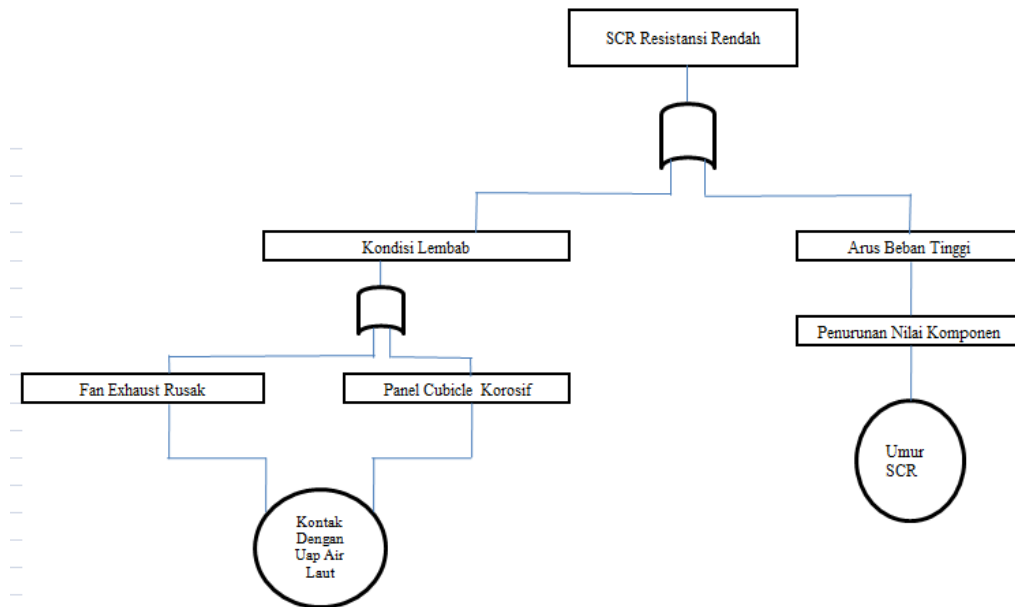
Langkah – langkah FTA :

Langkah 1. Menentukan tujuan yang ingin dicapai dari FTA. Tujuan pembuatan *fault tree analysis*.

Langkah 2. Mendefinisikan *top event*. Setelahnya dimulai membuat struktur dari *fault tree*.

Langkah 3. Mendefinisikan batasan, cakupan dari sistem dengan memperhatikan aturan dari FTA.

Langkah 4. Memulai membuat *fault tree*. Sehingga tersusunlah gerbang logika sebagai wujud analisis penyebab kegagalan.



Gambar 5.4 FTA Rectifier

Dari gambar 5.5 didapatkan persamaan Booleannya :

$$T = G1 + G2$$

$$G1 = G3 + G4$$

$$G2 = G5$$

$$G3 = P1$$

$$G5 = P2$$

$$G4 = P1$$

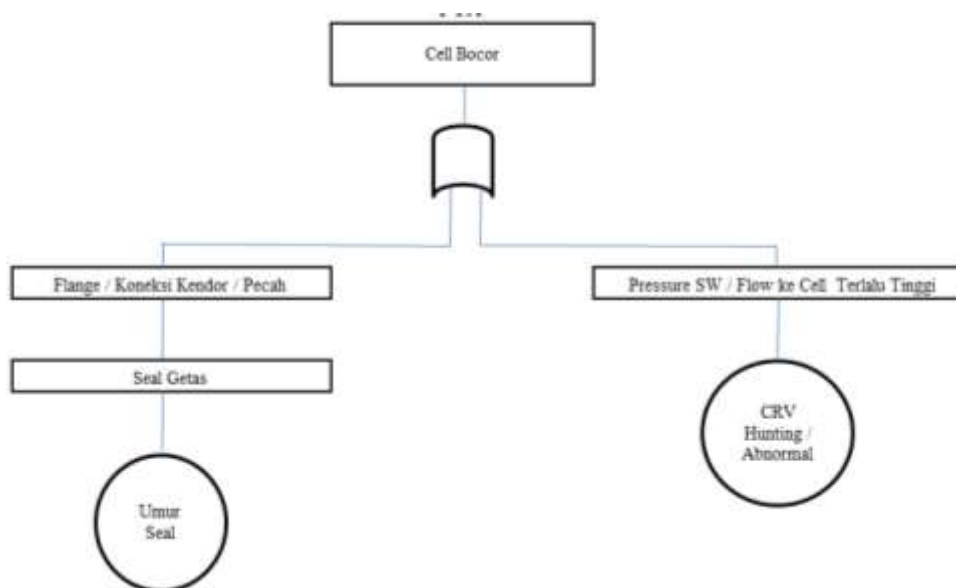
Dari persamaan di atas disubstitusi menjadi :

$$T = P1 + P2$$

Maka minimal cut set dari gambar adalah = {P1} , {P2}

Diterjemahkan dalam analisis kualitatif yaitu : kegagalan *chlorination plant* yang diakibatkan *rectifier* terjadi dikarenakan:

- Kontak dengan air laut
- Umur SCR



Gambar 5.6 FTA Cell Chlorine

Dari gambar 5.7 didapatkan persamaan Booleannya :

$$T = G1 + G2$$

$$G1 = G3$$

$$G2 = P2$$

$$G3 = P1$$

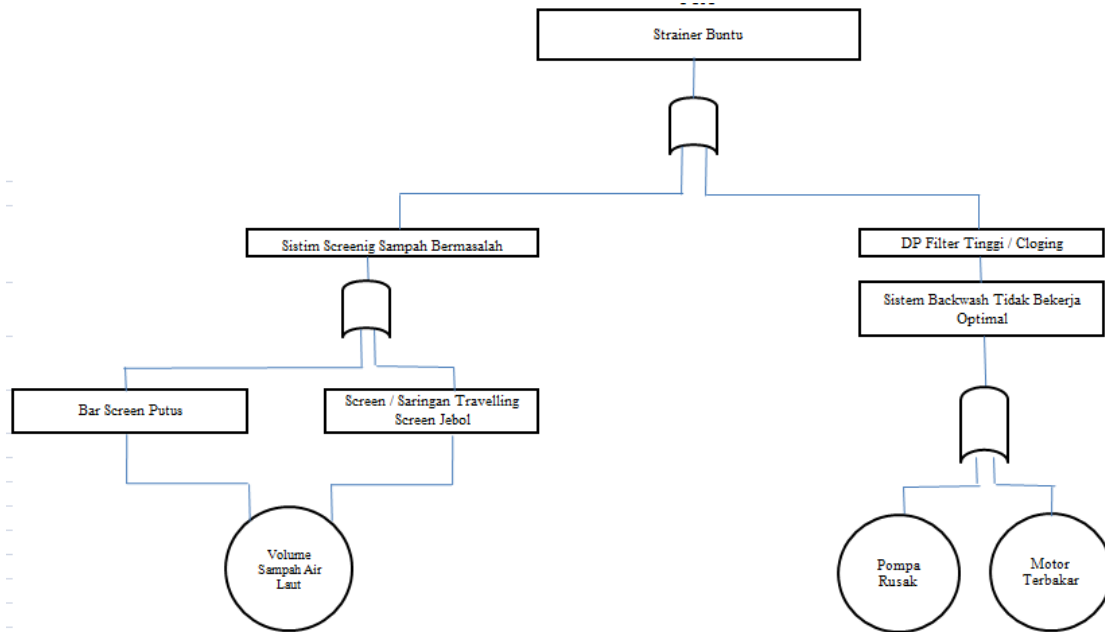
Dari persamaan di atas disubstitusi menjadi :

$$T = P1 + P2$$

Maka minimal cut set dari gambar adalah = {P1} , {P2}

Diterjemahkan dalam analisis kualitatif yaitu : kegagalan *chlorination plant* yang diakibatkan *cell chlorine* terjadi dikarenakan:

- Umur seal
- CRV Hunting / abnormal



Gambar 5.8 FTA Sea Water Supply

Dari gambar 5.9 didapatkan persamaan Booleannya :

$$T = G1 + G2$$

$$G1 = G3 + G4 \quad G2 = G5$$

$$G3 / G4 = P1 \quad G5 = P2 + P3$$

Dari persamaan di atas disubstitusi menjadi :

$$T = P1 + P2 + P3$$

Maka minimal cut set dari gambar adalah = {P1} , {P2}, {P3}

Diterjemahkan dalam analisis kualitatif yaitu : kegagalan *chlorination plant* yang diakibatkan *sea water supply* terjadi dikarenakan:

- Volume Sampah Air Laut
- Pompa Rusak
- Motor Terbakar

### 5.3 Usulan Solusi (*Failure Defense Task / FDT*)

*Failure Defense Task (FDT)* adalah sebuah prosedur pencegahan (*preventive*) pemeliharaan untuk menghindari terjadinya suatu kejadian mode kegagalan. Berikut adalah *FDT* dari hasil *FTA* Kegagalan *Chlorination Plant* :

Tabel 5.2 Usulan Solusi Untuk Kegagalan *Chlorination Plant*

No.	Failure Mode	Failure Cause	Failure Defense Task (FDT)
1	Rectifier SCR Resistansi Rendah	Kontak dengan uap air laut	- Melakukan pemeliharaan preventive kondisi fan exhaust building plant dan fan exhaust panel cubicle sebulan sekali



			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan pengecekan kondisi kebersihan panel dan seal pintu panel cubicle</li> <li>- Mengkondisikan pintu ruang panel rectifier selalu tertutup (normally closed)</li> <li>- Menghindari uap air laut dan uap gas bocoran cell generator</li> </ul>
		Umur SCR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan pengukuran nilai SCR saat chlorine tidak beroperasi dan membuat database atau trending histori hasil pengukuran</li> <li>- Melakukan cleaning preventive permukaan heat sink dan cleaning SCR sebulan sekali</li> <li>- Membuat rekomendasi pembatasan pembebanan SCR apabila ada penurunan nilai hasil pengukuran sambil menunggu proses pengadaan untuk penggantian SCR baru</li> </ul>
2	Cell Chlorine Bocor	Umur Seal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan pengecekan rutin kondisi kekencangan koneksi cell dan kondisi fisik seal</li> <li>- Cleaning rutin cell chlorine 1 minggu sekali</li> <li>- Melakukan penggantian seal koneksi yang sudah getas saat chlorine tidak beroperasi</li> </ul>
		CRV Hunting/ Abnormal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dilakukan loop test open closed setiap 1 bulan sekali, saat chlorine tidak beroperasi</li> <li>- Melakukan greasing /pelumasan pada stem CRV</li> <li>- Membuat rekomendasi penggantian CRV berdasarkan standart life time fabrikasi <math>\pm 15</math> tahun</li> </ul>
3	Sea Water Supply Strainer Buntu	Volume sampah air laut	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan pengecekan rutin kondisi barscreen setiap 1 minggu sekali</li> <li>- Melakukan pengecekan rutin kondisi ram traveling screen setiap 1 minggu</li> <li>- Melakukan pengecekan kekencangan baut baut chain traveling screen setiap 1 minggu</li> </ul>

			- Melakukan penambahan dan pengecekan pelumas gearbox traveling screen setiap 1 bulan sekali
		Pompa Rusak	- Dilakukan pengecekan rutin level pelumas pompa setiap 1 bulan sekali - Melakukan greasing /pelumasan pada bearing pompa 1 bulan sekali - Melakukan pengukuran vibrasi pompa setiap 1 minggu sekali
		Motor Rusak	- Melakukan pengecekan tahanan isolasi /megger motor 1 bulan sekali - Melakukan greasing /pelumasan pada bearing motor 1 bulan sekali - Melakukan pengukuran vibrasi dan temperatur setiap 1 minggu sekali - Melakukan pengecekan kondisi terminal junction box motor 1 bulan sekali

## VI. PENUTUP

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan evaluasi yang dilakukan dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penyebab kegagalan paling dominan pada Chlorination Plant yaitu :
  - Pada *sub equipment Rectifier*, dengan mode kegagalan : SCR resistansi rendah.
  - Pada *sub equipment Cell chlorine*, dengan mode kegagalan : bocor.
  - Pada *sub equipment Sea water Supply*, dengan mode kegagalan : strainer buntu.
2. Berdasarkan hasil pengolahan data dengan metode FMEA bersama tim, dilanjutkan dengan analisis FTA, penyebab dasar dari kegagalan yang paling dominan pada Chlorination Plant yaitu:
  - Kontak dengan uap air laut dan umur SCR untuk mode kegagalan SCR resistansi rendah.
  - Umur seal dan CRV Hunting/ abnormal untuk mode kegagalan Cell Chlorine Bocor.
  - Volume sampah air laut dan Pompa Rusak untuk mode kegagalan Strainer Buntu.
3. Usulan Pencegahan untuk meminimalkan terjadinya kegagalan pada *Chlorination Plant* yaitu :
  - Pada *rectifier* :

- Melakukan pemeliharaan preventive kondisi fan exhaust building plant dan fan exhaust panel cubicle sebulan sekali,
- Melakukan pengecekan kondisi kebersihan panel dan seal pintu panel cubicle,
- Mengkondisikan pintu ruang panel rectifier selalu tertutup (normally closed),
- Menghindari uap air laut dan uap gas bocoran cell generator, pengukuran nilai SCR saat chlorine tidak beroperasi dan membuat database atau trending histori hasil pengukuran, cleaning preventive permukaan heat sink dan cleaning SCR sebulan sekali,
- Membuat rekomendasi pembatasan pembebanan SCR apabila ada penurunan nilai hasil pengukuran sambil menunggu proses pengadaan untuk penggantian SCR baru.
- Pada *cell chlorine* :
  - Melakukan pengecekan rutin kondisi kekencangan koneksi cell dan kondisi fisik seal,
  - Cleaning rutin cell chlorine 1 minggu sekali,
  - Melakukan penggantian seal koneksi yang sudah getas saat chlorine tidak beroperasi,
  - Dilakukan loop test open closed setiap 1 bulan sekali , saat chlorine tidak beroperasi,
  - Melakukan greasing /pelumasan pada stem CRV,

- Membuat rekomendasi penggantian CRV berdasarkan standart life time fabrikasi ±15 tahun.
- Pada *sea water supply* :
- Melakukan pengecekan rutin kondisi barscreen, ram traveling screen dan baut baut chain traveling screen setiap 1 minggu,
- Melakukan penambahan dan pengecekan pelumas gearbox traveling screen setiap 1 bulan sekali,
- Melakukan pengecekan tahanan isolasi /megger motor 1 bulan sekali,
- Melakukan greasing /pelumasan pada bearing motor 1 bulan sekali,
- Melakukan pengukuran vibrasi dan temperatur setiap 1 minggu sekali,
- Melakukan pengecekan kondisi terminal junction box motor 1 bulan sekali.

## 6.2 Saran

Adapun saran-saran dari penulis demi meningkatkan penelitian dan performansi bisnis bagi perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Untuk menurunkan resiko kegagalan selanjutnya disarankan untuk mereview standart job prediktif maintenance pada peralatan tersebut.
2. Memetakan *remaining useful life* peralatan *Chlorination Plant* agar pasokan NaOCl tetap terjaga, sehingga tidak mengganggu kinerja peralatan utama pembangkit listrik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bakhtiar, Arfan; Diana Puspitasari; Diah Ayu Wulandari. 2016, *Analisa Kegagalan Proses Pengolahan Produk Piring Menggunakan Metode Failure Modes, Effect and Analysis dan Fault Tree Analysis di PT. Sango Ceramics Indonesia*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- <https://www.neliti.com/id/publications/189524/analisa-kegagalan-proses-pengolahan-produk-piring-menggunakan-metode-failure-mode>
- <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/11910> , Home > Vol 5, No 2 (2016) > Wulandari
- Gunawan, Indra .: 2017, *Analisa Kegagalan Proses Regenerasi Water Treatment Plant #2 PLTGU Unit Pembangkitan Gresik Dengan Metode FMEA dan FTA*, Universitas Muhammadiyah, Gresik.
- Hidayat, Imam; Swandya Eka Pratiwi. 2013, *Analisa Factor Penyebab Kegagalan Mesin Grinder Pada Proses Produksi Plastik Film di PT. Mutiara Hexagon*, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Lestari, Ning Puji; Siti Syamsiah; Sarto; Wiratni Budhijanto 2016, *Evaluasi Keandalan Reaktor Biogas Skala Rumah tangga di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan Metode Analisa Fault Tree*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Purba, H.H. (2008, September 25). *Diagram fishbone dari Ishikawa*. Retrieved from <http://hardipurba.com/2008/09/25/diagram-fishbone-dari-ishikawa.html>
- Surasa, Heru Agus. 2007, *Analisis Penyebab Losses Energi Listrik Akibat Gangguan Jaringan Distribusi Menggunakan Metode Fault Tree Analysis dan Failure Mode and Effect Analysis di PT. PLN (PERSERO) UNIT PELAYANAN JARINGAN SUMBERLAWANG*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Hidayat, H., Jufriyanto, M., & Rizqi, A. (2020). ANALISIS OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) PADA MESIN CNC CUTTING. *ROTOR*, 13(2), 61-66. doi:10.19184/rotor.v13i2.20674