
ANALISIS KEGAGALAN SISTEM PADA PERAWATAN MESIN EVAPORATOR MENGGUNAKAN METODE FMEA DAN FTA

Sukanta¹, Dene Herwanto dan Yopi Yulian

Jl. HS Ronggowaluyo, Karawang, Jawa Barat, 41361

¹*email:* sukanta@staff.unsika.ac.id

ABSTRAK

Kegagalan fungsi dari mesin evaporator menyebabkan menurunnya keandalan mesin tersebut, maka diperlukan pemeliharaan dan perbaikan secara periodik dan terus menerus. Pemeliharaan dan perbaikan dapat dilakukan menganalisis resiko terhadap kegagalan yang telah terjadi maupun yang akan terjadi. Analisis risiko kegagalan dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Dengan metode FMEA kegagalan yang terjadi dapat dikuantifikasikan untuk dibuat prioritas pengendaliannya. Metode FTA untuk dapat menganalisa sistem kegagalan dari gabungan beberapa sub-sistem, level yang dibawahnya dan untuk mengetahui kegagalan komponen. Hasil yang dicapai dapat dihitung dengan membuat prioritas kegagalan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) terbesar yang kemudian dilakukan rekomendasi tindakan untuk pengendalian berikutnya. Hasil penelitian ini bahwa nilai FMEA menunjukkan terdapat 4 RPN kritis yaitu sebesar 294, 224, 180, 168, dan menjadi prioritas dalam melakukan analisis FTA. Hasil FTA didapatkan *Distillate valve 1/2* tidak berfungsi terdapat 4 *cut set* dan 5 *basic event*, *Maximum level distillate tank* terdapat 3 *cut set* dan 5 *basic event*, pada *Concentrate valve 1* tidak berfungsi terdapat 2 *cut set* dan 4 *basic event*, dan pada *Concentrate pump short* terdapat 5 *cut set* dan 7 *basic event*.

Kata kunci : *Manajemen risiko, Analisis risiko, FMEA, FTA*

PENDAHULUAN

Proses pemeliharaan merupakan bagian kegiatan yang harus dilakukan dalam kegiatan. Kegiatan pemeliharaan merupakan usaha untuk menjaga agar suatu benda/hal dapat terus memberikan nilai fungsi yang optimal selama masa kerjanya. Proses mempertahankan fungsi menjadi sangat penting dalam dunia industri. Suatu industri mengoperasikan berbagai macam peralatan untuk dapat menghasilkan produk dengan efisien. Dapat dikatakan, kebanyakan peralatan ini memiliki biaya awal (*starting cost*) tinggi. Namun biaya tersebut tertutupi dengan estimasi *break-even*. Estimasi ini mengkalkulasi jumlah waktu (atau jam kerja) yang harus dipenuhi oleh peralatan guna menutupi biaya awal. Setelah biaya awal terbayar, peralatan tersebut menghasilkan keuntungan (*profit*). Oleh karena itu, dalam dunia industri penting untuk menjaga fungsi peralatan tetap optimal.

Paradigma yang berlaku dalam dunia pemeliharaan adalah lebih baik mencegah daripada memperbaiki. *Preventive maintenance* adalah inspeksi periodik untuk mendeteksi kondisi yang mungkin menyebabkan kerusakan, produksi terhenti, atau berkurangnya fungsi peralatan. *Preventive maintenance* adalah deteksi dan penanganan dini kondisi abnormal mesin sebelum kondisi mesin tersebut menyebabkan cacat atau kerugian yang lebih besar.

Menurut Mario Villacourt, (1992) *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pembelajaran 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 dampak yang diberikan terhadap kesuksesan suatu misi dari sebuah sistem.

Mesin evaporator merupakan mesin pengolahan limbah cair, yaitu untuk mengurangi limbah cair dengan cara meningkatkan suhu *lubricant* sehingga terjadi proses destilasi dan cairan yang padat/kental akan berada dibawah tanki dan hasil destilasi terpisah diatas tanki kemudian dipompa untuk dibuang langsung ke saluran air, sedangkan limbah padat akan dipompa ke *multibox* dan dikirim ke perusahaan pengolah limbah B3. Pada mesin evaporator digunakan untuk mengolah limbah *lubricant* yang dihasilkan dari pembuangan rutin dari sistem *lubricant*. Mesin ini bisa dikatan mesin yang cukup vital karena itu bila mesin ini berhenti karena *breakdown*, limbah cairnya akan langsung dibuang ke perusahaan pengolahan limbah B3 dengan biaya yang mahal, sedangkan *lubricant* sendiri digunakan sebagai cairan pendinginan, *adhesi*, dan penguat pada proses pembuatan *tirecord* (kawat ban) pada mesin *wet wire drawing*,

Menurut Diana FM, Dkk (2015), bahwa melihat kenyataan pentingnya suatu permasalahan, perlu dilakukan untuk peningkatan manajemen perawatan berdasarkan risiko kegagalan operasi menggunakan metode *Failure mode and effect analysis* (FMEA) dan *Fault tree analysis* (FTA) sehingga dapat

meminimalkan biaya perawatan yang harus dikeluarkan oleh perusahaan.

Adapun tujuan pokok dari FMEA adalah untuk mengetahui dan mencegah terjadinya gangguan dengan mengetahui risiko yang mungkin terjadi dan membuat strategi penurunan risiko tersebut. Dalam hal ini ada tiga komponen yang akan membantu dalam menentukan prioritas dari gangguan yaitu:

a. Frekuensi (*occurrence*)

Seberapa banyak gangguan yang dapat menyebabkan sebuah kegagalan pada pengoperasian sistem reaktor.

b. Tingkat Kerusakan (*severity*)

Seberapa serius kerusakan yang dihasilkan dengan terjadinya kegagalan proses operasi sistem reaktor.

c. Tingkat Deteksi (*detection*)

Bagaimana kegagalan operasi tersebut dapat diketahui sebelum terjadi. Tingkat deteksi juga dapat dipengaruhi dari banyaknya kontrol yang mengatur jalannya proses. Semakin banyak kontrol dan prosedur yang mengatur jalannya sistem operasi reaktor maka diharapkan tingkat deteksi dari kegagalan dapat semakin tinggi.

Risk Priority Number (RPN) membatasi prioritas kegagalan serta memberikan susunan ranking dan nilai suatu modus kesalahan atau kegagalan yang timbul. Dalam tujuan FMEA harus selalu diketahui bahwa tujuan kegiatannya adalah penurunan nilai RPN dengan tindakan yang dilakukan. RPN dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$RPN = S * O * D \quad (1)$$

Dimana :

S = *Severity* (dampak)

O = *Occurrence* (kemungkinan)

D = *Detection* (deteksi)

Berdasarkan risiko yang telah terdaftar dan diketahui nilai RPN masing-masing, maka dapat ditentukan nilai risiko kritis. Risiko tersebut yang akan dianalisis lebih lanjut sebagai langkah awal dari tindakan penanganan risiko untuk mempertahankan kinerja pabrik. Suatu risiko dikategorikan sebagai risiko kritis jika memiliki nilai RPN di atas nilai RPN kritis. Nilai kritis RPN ditentukan dari rata-rata nilai RPN dari seluruh risiko.

$$\text{Nilai Kritis RPN} = \frac{\text{TOTAL RPN}}{\text{JUMLAH RISIKO}} \quad (2)$$

Menurut Hafidh Munawir, Dani Yunanto (2014) *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah metode untuk menganalisa kegagalan sistem kegagalan dari gabungan beberapa sub-sistem dan level yang dibawahnya dan juga kegagalan komponen. *Fault Tree Analysis* mengilustrasikan hubungan antara *basic event* (akar kejadian yang menyebabkan *top event* terjadi) dan *top event* (kejadian yang terjadi). *Basic event* bisa saja kondisi lingkungan, kesalahan sumber

daya manusia (SDM), spesifik kegagalan komponen. Simbol yang menghubungkan ini disebut *logic gate* (gerbang logika).

FTA dapat berupa data kualitatif, kuantitatif atau keduanya tergantung dari *objective* yang akan dianalisa. Hasil dari analisa tersebut adalah:

1. Daftar kemungkinan kegagalan yang disebabkan faktor lingkungan, kesalahan SDM, atau kegagalan komponen.
2. Probabilitas kejadian yang akan terjadi dalam waktu tertentu.

Analisa kuantitatif adalah analisa probabilitas terhadap kejadian yang terjadi. Dengan *cut set* (rangkaiannya dari *basic event* yang menyebabkan *top event* terjadi) yang ada, maka dapat dihitung probabilitas dari *top event* dengan adanya probabilitas dari setiap event. Probabilitas dari setiap *event* bisa didapatkan dengan menggunakan data historis atau *engineering judgment* apabila tidak ada data historis.

Pada FTA untuk data kuantitatif dapat menggunakan gabungan gerbang logika dan hukum *Boolean algebra*. Berikut adalah aturan probabilitas pada setiap gerbang:

• **OR gate**

OR gate merupakan *union* (gabungan) dari *event*. Jika *event* A dan B merupakan input dari output Q maka:

$$\Pr(Q) = \Pr(A) + \Pr(B) - \Pr(A \cap B) = \Pr(A) + \Pr(B) - \Pr(A)\Pr(B/A) = \Pr(A) + \Pr(B) - \Pr(B)\Pr(A/B)$$

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam probabilitas dalam *OR gate*:

1. Jika A dan B adalah *independent* (berdiri sendiri) maka $\Pr(B/A) = \Pr(B)$ dan $\Pr(Q) = \Pr(A) + \Pr(B) - \Pr(A)\Pr(B)$.
2. Jika B adalah *dependent* (berhubungan) dengan A, maka $\Pr(B/A) = 1$ dan $\Pr(Q) = \Pr(B)$

• **AND gate**

AND gate merupakan *intersection* (irisan) dari *event*. Jika *event* A dan B merupakan input dari Q maka:

$$\Pr(Q) = \Pr(A)\Pr(B/A) = \Pr(B)\Pr(A/B)$$

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam probabilitas dalam *AND gate*:

1. Jika A dan B adalah *independent* maka $\Pr(B/A) = \Pr(B)$, $\Pr(A/B) = \Pr(A)$ dan $\Pr(Q) = \Pr(A)\Pr(B)$,
2. Jika A dan B *dependent* maka $\Pr(B/A) = 1$ dan $\Pr(Q) = \Pr(A)$.

METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan melakukan studi pendahuluan melalui pengamatan dan wawancara dengan berbagai karyawan yang terkait seperti bagian maintenance dan teknisi untuk melihat permasalahan yang terjadi di perusahaan, kemudian mengkaji teori

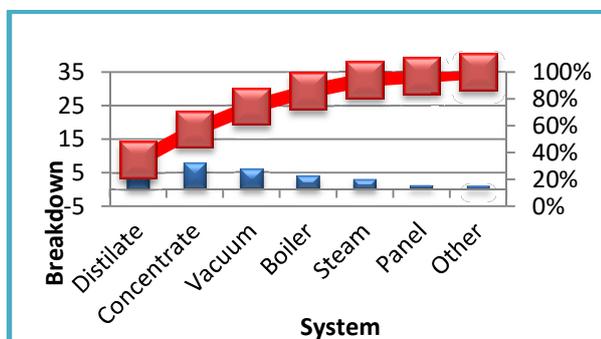
untuk membantu penyelesaian masalah tersebut. Permasalahan kemudian merumuskan dan menentukan tujuan penelitian serta merancang model penelitian. Pengolahan dan analisis data untuk pengendalian resiko dengan skala prioritas dilakukan dengan pareto diagram agar dapat diketahui skala prioritas yang harus dikerjakan. Menurut Rahajeng TU, Dkk, (2016) dan menurut Richma YA, Dkk (2015), bahwa analisis untuk mengidentifikasi resiko dan menganalisis potensi resiko, paparan dan akibat nya dengan dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) sehingga hasil analisis FMEA dan FTA dapat dijadikan program kegiatan untuk menyelesaikan permasalahan dengan melalui pengendalian, pelatihan dan sebagainya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Dwi Hartanto,(2010) dan Yesi YS, Dkk (2014) analisis dapat dilakukan dengan metode *seven tools* seperti diagram pareto dan diagram tulang ikan. Dalam pengolahan data ini adalah dilakukan dengan menggunakan salah satu *seven tools* yaitu *Pareto Diagram*. Dari hasil pengolahan diagram pareto akan diketahui jenis kegagalan mana yang selanjutnya akan diolah. Data yang digunakan untuk membuat diagram pareto adalah data kegagalan yang ada pada tabel 1 dan gambar 1 diagram pareto di bawah ini.

Tabel 1 Persentase Kumutatif Kerusakan Mesin

No	System	Break Down	%	% Cumulative
1	Distilate	12	34%	34%
2	Concentrate	8	23%	57%
3	Vacuum	6	17%	74%
4	Boiler	4	11%	86%
5	Steam	3	9%	94%
6	Panel	1	3%	97%
7	Other	1	3%	100%
	Jumlah	35	100%	



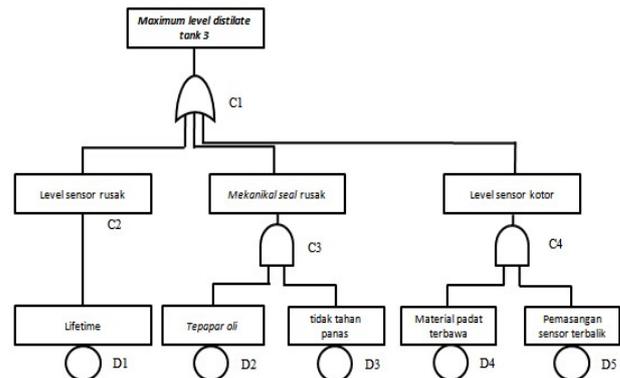
Gambar 1 Diagram Pareto Kegagalan Sistem

Dari hasil pareto maka kita ambil 2 kerusakan terbesar yaitu pada sistem *distilate* dan sistem *concentrate* untuk diolah datanya dan mencari nilai RPN.

Berdasarkan nilai kritis RPN maka diperoleh 4 risiko kritis. Nilai RPN dan keempat risiko tersebut berada di atas 134,4 yang merupakan nilai kritis RPN. Merupakan hasil perhitungan sebagai berikut :

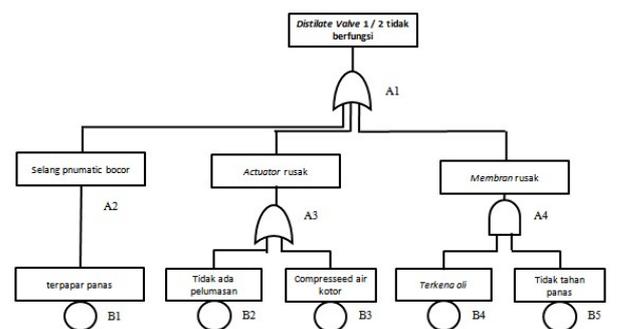
$$\text{Nilai Kritis RPN} = \frac{\text{Total RPN}}{\text{Jumlah Risiko}} = \frac{2013}{15} = 134,4$$

Diagram FTA dibuat berdasarkan 4 risiko kritis dari total risiko, yang mana FTA ini merupakan sebuah model grafis yang terdiri dari beberapa kombinasi kesalahan (*fault*) secara paralel dan secara berurutan yang mungkin menyebabkan awal dari *failure event* yang sudah diterapkan . pada FTA yang dibuat, ditetapkan masing-masing risiko kritis sebagai *top event*. Pada akhirnya akan diperoleh *basic event* yang merupakan penyebab terjadinya *top event* (risiko kritis), sehingga langkah-langkah yang tepat dapat diambil untuk menyelesaikan permasalahan terjadinya risiko kritis tersebut. *Basic event* yang diperoleh telah memperhitungkan penyebab permasalahan dari berbagai sisi (*Man, Machine, Methode, Material, Environment*) dari hasil fishbone diagram. Berikut adalah *fault tree analysis* dari masing-masing risiko kritis.



Gambar 3 Logic Expression Maximum level distilate tank

Maximum level distilate tank terdapat 3 *cut set* dan 5 *basic event*, dimana kegagalan tersebut disebabkan oleh *level sensor* yang rusak dikarenakan *lifetime*, mekanikal seal yang terpapar oli dan tidak tahan terhadap panas, yang terakhir adalah *level sensor* yang kotor dikarenakan oleh material padat yang terbawa *distilate water* sampai ke *distilate tank* dan pemasangan sensor yang terbalik.



Gambar 2 Logic Expression Distilate valve 1/2 tidak berfungsi

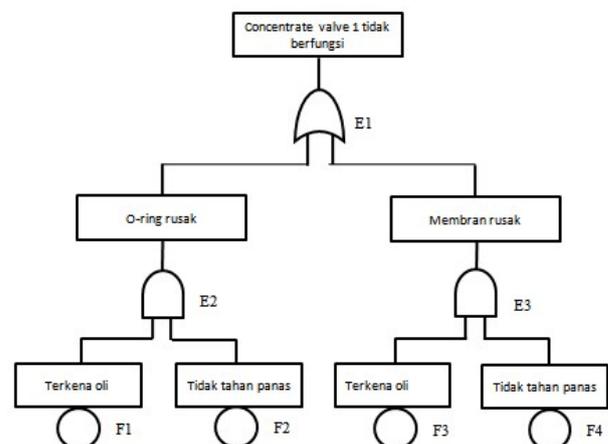
Tabel 2 Identifikasi resiko dengan metode FMEA dan RPN

No	Alat	Fungsi	Mode Kegagalan	Efek dari kegagalan	Severity	Potensi penyebab kegagalan	Occurrence	Kontrol saat ini	Detection	Risk Priority number (RPN)
1	Destilate valve 1 & 2	Katup untuk membuang <i>destilate water</i>	Distilate valve tidak berfungsi	Distilate water tidak dapat dibuang	7	Membran rusak	7	tidak ada	6	294
2					7	Actuator rusak	3	tidak ada	6	126
3					7	Selang pneumatic bocor	2	Checklist	3	42
4			Distilate valve bocor	Area basah	3	O-Ring rusak	5	tidak ada	1	15
5	Destilate Tank 1	Penampungan <i>distilate water</i>	Minimum level alarm	Mesin evaporator mati	8	Manual valve ditutup	5	tidak ada	2	80
6	Destilate Tank 3	Penampungan <i>distilate water</i>	Maximum level	Mesin evaporator mati	8	Mekanikal Seal pompa rusak	4	tidak ada	7	224
7					8	Level sensor rusak	3	tidak ada	3	72
8					8	Level sensor kotor	5	PM 3 bulanan	2	80
9	Level sensor distilate Tank 3	Level sensor distilate tank 3	Pembacaan error	Panas tidak stabil	3	Sensor rusak	2	Checklist	4	24
10	Concentrate valve 1	Valve pembuangan <i>concentrate water</i>	Concentrate valve tidak berfungsi	Concentrate water tidak dapat dibuang	6	Membran rusak	5	tidak ada	6	180
11	Concentrate valve 1	Valve pembuangan <i>concentrate water</i>	Concentrate valve bocor	Area kotor	3	O-Ring rusak	5	tidak ada	4	60
12	Concentrate Pump 1 / 2 / 3	Pompa untuk membuang <i>concentrate water</i>	Overload relay pompa trip	Mesin evaporator mati	8	Setingan <i>overload relay</i> rendah	4	tidak ada	4	128
13					8	Beban <i>overload</i>	4	Overload relays	3	96
14			Pompa short	Mesin evaporator mati	8	Setingan <i>overload relay</i> berlebih	5	tidak ada	3	120
15					8	Motor pompa lembab	7	tidak ada	1	56
12	Concentrate Pump	Pompa untuk membuang <i>concentrate water</i>	Overload relay pompa trip	Mesin evaporator mati	8	Setingan <i>overload relay</i> rendah	4	tidak ada	3	96
13					8	Beban <i>overload</i>	4	Overload relays	3	96
14			Pompa short	Mesin evaporator mati	8	Setingan <i>overload relay</i> berlebih	7	tidak ada	3	168
15					8	Motor pompa lembab	7	tidak ada	1	56

Tabel 3 Daftar Risiko Kritis Kegagalan Mesin Evaporator

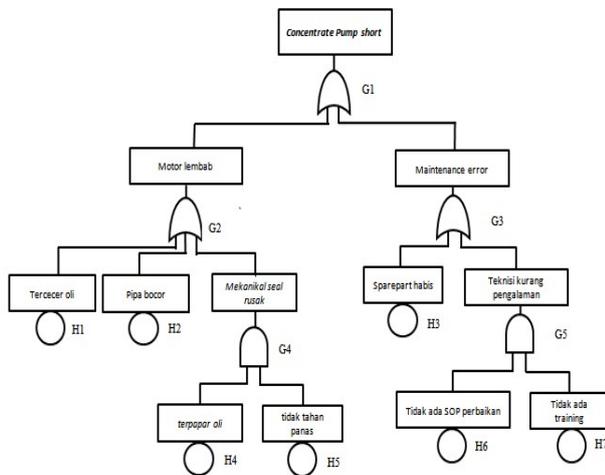
No	Alat	Fungsi	Mode Kegagalan	Efek dari kegagalan	Severity	Potensi penyebab kegagalan	Occurrence	Kontrol saat ini	Detection	Risk Priority number (RPN)
1	Destilate valve 1 / 2	Katup untuk membuang <i>destilate water</i>	Distilate valve tidak berfungsi	Distilate water tidak dapat dibuang	7	Membran rusak	7	tidak ada	6	294
2	Destilate Tank 3	Penampungan <i>distilate water</i>	Maximum level	Mesin evaporator mati	8	Mekanikal Seal pompa rusak	4	tidak ada	7	224
3	Concentrate valve 1	Valve pembuangan <i>concentrate water</i>	Concentrate valve tidak berfungsi	Concentrate water tidak dapat dibuang	6	Membran rusak	5	tidak ada	6	180
4	Concentrate Pump	Pompa untuk membuang <i>concentrate water</i>	Pompa short	Mesin evaporator mati	8	Setingan <i>overload relay</i> berlebih	7	tidak ada	3	168

Distilate valve 1/2 tidak berfungsi terdapat 4 *cut set* dan 5 *basic event*, dimana kegagalan tersebut disebabkan oleh kebocoran selang *pneumatic*, tidak adanya pelumasan pada sistem *compressed air* yang mengakibatkan shaft pada *actuator* macet, *compressed air* yang kotor juga menyebabkan shaft *actuator* macet karena tidak terpasangnya filter udara pada sistem *compressed air*. Dan membran yang diakibatkan oleh material yang terpapar oli & tidak tahan terhadap panas.



Gambar 4 Logic Expression Concentrate valve 1 tidak berfungsi

Pada *Concentrate valve 1* tidak berfungsi terdapat 2 *cut set* dan 4 *basic event*, dimana kegagalan tersebut disebabkan oleh *O-ring* yang rusak dikarenakan terpapar oli dan tidak tahan terhadap panas, begitu juga dengan membran yang rusak disebabkan hal yang sama dengan *O-ring*.



Gambar 5 Logic Expression Concentrate pump short

Pada *Concentrate pump short* terdapat 5 *cut set* dan 7 *basic event*, dimana kegagalan tersebut disebabkan oleh Motor lembab dan *maintenace error*, *top event* Motor Lembab terdiri dari 3 *cutset* yaitu motor yang tececer oli, pipa bocor dikarenakan seal tape yang tidak tahan terhadap panas, dan *mekanikal seal* rusak karena material *seal* yang terpapar oli & tidak tahan terhadap panas. Sedangkan *top event* *Maintenance Error* memiliki 2 *cut set* dan 3 *basic event* diantaranya adalah *sparepart* habis dan teknisi yang kurang pengalaman, teknisi kurang pengalaman karena dalam perbaikan *Concentrate Pump Short* tidak ada SOP dan *Training*.

Dengan data dan informasi yang diperoleh berdasarkan hasil *brainstorming* anggota tim FMEA, kemudian dilakukan penentuan standar rating tingkat keseriusan/dampak (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*) dan deteksi (*detection*). Penilaian ini dilakukan dengan cara berdiskusi untuk menentukan rating dari tiap-tiap modus kegagalan yang terjadi dan berdasarkan dari riwayat mesin kegalan yang terjadi pada mesin evaporator. Didapatkan 4 risiko kritis dengan nilai RPN > 134,4 yaitu *distilate valve 1/2* tidak berfungsi sebesar 294, *Maximum level distilate tank 3*, *Concentrate valve 1* tidak berfungsi, dan *concentrate pump 1/2/3 short*. Selanjutnya untuk *Recomended Action* dari FMEA diperlukan analisis selanjutnya yaitu Analisis *Fishbone diagram*.

Dengan data dan informasi yang diperoleh berdasarkan hasil *brainstorming* anggota tim FMEA, kemudian dilakukan penentuan standar rating tingkat keseriusan/dampak (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*) dan deteksi (*detection*). Penilaian ini dilakukan dengan cara berdiskusi untuk menentukan rating dari tiap-tiap modus kegagalan yang terjadi dan berdasarkan dari riwayat mesin kegalan yang terjadi pada mesin evaporator. Didapatkan 4 risiko kritis dengan nilai RPN > 134,4 yaitu *distilate valve 1/2* tidak berfungsi sebesar 294, *Maximum level distilate tank 3*,

Concentrate valve 1 tidak berfungsi, dan *concentrate pump 1/2/3 short*. Selanjutnya untuk *Recomended Action* dari FMEA diperlukan analisis selanjutnya yaitu Analisis *Fishbone diagram*.

Analisis dan Pembahasan Fishbone Diagram

Analisis ini diperlukan untuk rekomendasi tindakan pada FMEA guna mengurangi tingkat keseriusan, dan nilai frekuensi yang timbul serta meningkatkan kemampuan deteksi terhadap modus kesalahan atau kegagalan, sebagai berikut :

1. *Distilate valve 1 / 2* tidak berfungsi

Nilai RPN tertinggi yaitu *Distilate velve 1/2* tidak berfungsi, sebesar 296 memiliki dua sumber kerusakan yaitu (1) *Machine*, kerusakan berasal dari *Actuator* rusak yang disebabkan oleh tidak ada pelumasan sistem *pneumatic*. Kemudian penyebab *distilate valve* tidak berfungsi adalah bocornya selang *pneumatic*. (2) *Material*, kegagalan fungsi dari *distilate valve 1/2* yaitu dikarenakan membran yang rusak yang disebabkan oleh material yang tidak tahan terhadap panas dan paparan oli.

2. *Maximum Level Distilate Tank 3*

Nilai RPN tertinggi kedua yaitu *Maximum Level Distilate Tank 3*, sebesar 224 memiliki dua sumber kerusakan yaitu : (1) *Machine*, kegagalan fungsi dari *maximum distilate tank 3* yaitu dikarenakan *level sensor* yang rusak yang disebabkan oleh *lifetime* dari alat itu sendiri. Dan *mekanikal seal* pompa yang bocor dikarenakan material yang tidak tahan panas dan terpapar oli sehingga pompa ngempos menyebabkan pompa tidak dapat membuang *distilate water*, (2) *Method*, yaitu berasal dari kesalahan dalam pemasangan *level sensor* yang disebabkan oleh tidak ada *poka yoke / tanda* dalam pemasangan *level sensor*.

3. *Concentrate valve 1* tidak berfungsi

Nilai RPN kritis berikutnya yaitu *Concentrate valve 1* tidak berfungsi, sebesar 180 memiliki satu sumber kerusakan yaitu : *Material*, kegagalan fungsi dari *Concentrate valve 1* tidak berfungsi yaitu dikarenakan membran yang rusak disebabkan oleh material yang tidak tahan terhadap panas dan paparan oli dan *O-ring* yang rusak disebabkan oleh material yang tidak tahan terhadap panas dan paparan oli.

4. *Concentrate pump short*

Nilai RPN kritis yang terakhir adalah *Concentrate pump short*, sebesar 168 memiliki lima sumber kerusakan yaitu : (1) *Man*, kegagalan fungsi dari *Concentrate pump short*, yaitu dikarenakan kesalahan setting *overloadrelay* yang disebabkan oleh kesalahan dari teknisi dalam setting *overloadrelay* sehingga ketika terjadi *overload* pada motor pengaman tidak berkerja sehingga langsung terjadi short; (2) *Machine*, setting *overloadrelay* >1x nominal *ampere motor*, dikarenakan saat *overloadrelay* rusak *overloadrelay* diganti dengan spesifikasi trip yang lebih besar karena stock *overloadrelay* yang sama kosong; (3) *Material*, yaitu pompa bocor yang disebabkan oleh mekanikal seal yang bocor, bocornya mekanikal seal tersebut dikarenakan material yang tidak tahan

terhadap panas; (4) *Method*, Tidak adanya *Standar Operating Procedure* perbaikan pompa, sehingga teknisi memungkinkan tidak dapat melakukan perbaikan pompa sesuai dengan standar dan dapat melakukan kesalahan; dan (5) *Environment*, tidak adanya exhaust fan menyebabkan panas ruangan tidak dapat terbuang dengan baik, dan dapat berdampak pada kenaikan temperatur ruangan dan menaikkan temperatur motor, akibatnya adalah membuat usia motor menjadi lebih pendek tepatnya pada komponen *bearing & winding* motor. Kemudian sebab lainnya adalah kebocoran pipa dan tumpahan oli pada pompa (motor).

Analisis FTA

Diagram FTA berikut merupakan analisa yang dilakukan untuk mengetahui *minimal cut sets* dari setiap kegagalan yang terjadi. Dimana *minimal cut sets* tersebut merupakan *event* atau penyebab yang mengakibatkan terjadinya *top event* atau kegagalan.

Distilate valve 1/2 tidak berfungsi terdapat 4 *cut set* dan 5 *basic event*, dimana kegagalan tersebut disebabkan oleh kebocoran selang *pneumatic*, tidak adanya pelumasan pada sistem *compressed air* yang mengakibatkan shaft pada *actuator* macet, *compressed air* yang kotor juga menyebabkan shaft *actuator* macet karena tidak terpasangnya filter udara pada sistem *compressed air*. Dan membran yang diakibatkan oleh material yang terpapar oli & tidak tahan terhadap panas.

Maximum level distilate tank terdapat 3 *cut set* dan 5 *basic event*, dimana kegagalan tersebut disebabkan oleh *level sensor* yang rusak dikarenakan *lifetime*, mekanikal seal yang terpapar oli dan tidak tahan terhadap panas, yang terakhir adalah *level sensor* yang kotor dikarenakan oleh material padat yang terbawa *distilate water* sampai ke *distilate tank* dan pemasangan sensor yang terbalik.

Pada *Concentrate valve 1 tidak berfungsi* terdapat 2 *cut set* dan 4 *basic event*, dimana kegagalan tersebut disebabkan oleh *O-ring* yang rusak dikarenakan terpapar oli dan tidak tahan terhadap panas, begitu juga dengan membran yang rusak disebabkan hal yang sama dengan *O-ring*.

Pada *Concentrate pump short* terdapat 5 *cut set* dan 7 *basic event*, dimana kegagalan tersebut disebabkan oleh Motor lembab dan *maintenace error*, *top event* Motor Lembab terdiri dari 3 *cutset* yaitu motor yang tececer oli, pipa bocor dikarenakan seal tape yang tidak tahan terhadap panas, dan *mekanikal seal* rusak karena material *seal* yang terpapar oli & tidak tahan terhadap panas. Sedangkan *top event Maintenance Error* memiliki 2 *cut set* dan 3 *basic event* diantaranya adalah *sparepart* habis dan teknisi yang kurang pengalaman, teknisi kurang pengalaman karena dalam perbaikan *Concentrate Pump Short* tidak ada SOP dan *Training*

KESIMPULAN

Kesimpulan Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil metode FMEA terdapat 4 item yang merupakan nilai RPN tertinggi, yang mana 4 item

tersebut merupakan risiko kritis dari 15 risiko yang teridentifikasi yaitu *Distilate valve 1/2* tidak berfungsi, *Maximum level Distilate tank 3*, *Concentrate valve 1* tidak berfungsi, *Concentrate Pump short*.

2. Berdasarkan metode FTA dapat diketahui penyebab dari kegagalan yang terjadi. Antara lain:
 - a. *Distilate valve 1/2* tidak berfungsi :
 - kebocoran selang *pneumatic* karena terpapar panas.
 - tidak adanya pelumasan pada sistem *compressed air* yang mengakibatkan shaft pada *actuator* macet.
 - *compressed air* yang kotor juga menyebabkan shaft *actuator* macet karena tidak terpasangnya filter udara pada sistem *compressed air*.
 - Membran rusak yang diakibatkan oleh material yang terpapar oli & tidak tahan terhadap panas.
 - b. *Maximum level Distilate tank 3* :
 - *level sensor* yang rusak dikarenakan *lifetime*.
 - mekanikal seal yang terpapar oli dan tidak tahan terhadap panas.
 - *level sensor* yang kotor dikarenakan oleh material padat yang terbawa *distilate water* sampai ke *distilate tank* dan pemasangan sensor yang terbalik.
 - c. *Concentrate valve 1* tidak berfungsi :
 - *O-ring* yang rusak dikarenakan terpapar oli dan tidak tahan terhadap panas.
 - *Membrane* yang rusak dikarenakan terpapar oli dan tidak tahan terhadap panas.
 - d. *Concentrate pump short* :
 - Motor yang tercecer oli.
 - Pipa bocor dikarenakan seal tape yang tidak tahan terhadap panas.
 - *Mekanikal seal* rusak karena material *seal* yang terpapar oli & tidak tahan terhadap panas.
 - *sparepart* habis.
 - Teknisi yang kurang pengalaman, karena dalam perbaikan *Concentrate Pump Short* tidak ada SOP dan *Training*.

Setelah dilakukan pengolahan, analisis dan mengambil kesimpulan data maka saran yang direkomendasikan kepada perusahaan berupa tindakan penanganan risiko yaitu :

- a. *Distilate valve 1/2* tidak berfungsi :
 - Melapisi selang *pneumatic* dengan pelindung.
 - Pemasangan *Oil tank & Filter tank* pada sistem *compressed air* di mesin evaporator.
 - Pemilihan material membran yang sesuai dengan kondisi kerjanya.
- b. *Maximum level Distilate tank 3* :
 - Melakukan penggantian berkala terhadap *level sensor*.

- Pemilihan material membran yang sesuai dengan kondisi kerjanya.
 - Penggunaan *anti foam* agar tidak ada material padat terbawa distilate water yang menyebabkan *level sensor* kotor.
- c. *Concentrate valve* 1 tidak berfungsi :
- Pemilihan material *O-ring* & Membran yang sesuai dengan kondisi kerjanya.
- d. *Concentrate pump short* :
- Motor yang tececer oli.
 - Penggunaan *seal tape* yang tahan terhadap panas.
 - Pemilihan material *mekanikal seal* yang sesuai dengan kondisi kerjanya.
 - Melakukan kontrol terhadap *sparepart* yang kritis.
 - Melakukan training terhadap teknisi & membuat SOP perbaikan.

Penelitian ini hanya dilakukan sampai tahap analisa dan rencana perbaikan / pemberian usulan perbaikan (*improvement*) dan belum sampai pada tahap implementasi dan *Plan-Do-Check-Action* (PDCA), Selain itu pengukuran *Overall equipment effectiveness* belum dilakukan karena kurangnya data yang diperoleh dan besaran biaya yang dikeluarkan saat tindakan perbaikan maupun perawatan. Oleh karena itu, pada penelitian selanjutnya perlu ditambahkan tahap implementasi dan tahap evaluasi dari usulan – usulan perbaikan yang diberikan.

REFERENSI

Diana FM, Dkk (2015), Usulan pengendalian kualitas produk isolator dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA), Reka Integra Jurnal No.2 | Vol.03 Jurnal Online Institut Teknologi Nasional.

Dwi Hartanto, 2010, Analisis Pengendalian Kualitas Kain Selimut Dengan Metode Cause Effect dan Diagram Pareto Pada Departemen Weaving Di Perusahaan Kapas Putih, Klaten. Jurnal, Bidang : Manajemen Industri, Fakultas Ekonomi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Hafidh Munawir, Dani Yunanto, 2014. *Analisa Penyebab Kerusakan Mesin Sizing Baba Sangyo Kikai Dengan Metode FMEA dan FTA*. Jurnal, Program Studi Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Mario Villacourt, 1992. *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Guide for Continuous Improvement for the Semiconductor Equipment Industry*, International SEMATECH Technology Transfer, Austin.

Rahajeng TU, Dkk, (2016), Analisis kecacatan produk menggunakan metode FMEA dan FTA pada PT. XXX., Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IV, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.

Richma YA, Dkk (2015), Perbaikan kualitas produk keraton luxury di PT. X dengan menggunakan metode *Failure Mode dan Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA), Reka Integra Jurnal No.3 | Vol.03 Jurnal Online Institut Teknologi Nasional.

Yesi YS, Dkk (2014), Identifikasi dan analisis resiko kecelakaan kerja dengan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan FTA (*Fault Tree Analysis*) di Proyek Jalan Tol Surabaya 0 Mojokerto, Jurnal Teknik Fomits Volume 1 No. 1.