

**PENGEMBANGAN FMEA MENGGUNAKAN KONSEP *LEAN*,
ROOT CAUSE ANALYSIS DAN DIAGRAM PARETO: Peningkatan
kualitas konsentrat tembaga pada *Santong Water Treatment Plant*
PT Newmont Nusa Tenggara – Sumbawa NTB**

Nasmi Herlina Sari, Hari Supriyanto dan Mokh.Suef

Jurusan Teknik Industri ITS, Surabaya

Email: nazmi2707@yahoo.com ; hariqivie@ie.its.ac.id; m_suef@ie.its.ac.id

ABSTRAK

Metodologi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan satu pendekatan sistematis terkini untuk menganalisis dan menilai *waste* yang teridentifikasi (*potential failure mode*) pada produk atau proses dan mencegah frekuensi kejadiannya.

Penelitian ini bertujuan pada pengembangan FMEA dan konsep *lean* atau yang di sebut *Lean-FMEA*, sedangkan *root cause analysis* (RCA) digunakan untuk menganalisis akar penyebab terjadinya *waste* dan diagram pareto untuk menunjukkan *waste* teridentifikasi yang paling kritis untuk segera dilakukan tindakan perbaikan.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada proses produksi *Santong Water Treatment Plant* (SWTP) terdapat empat *waste*, yaitu *waste defect*, *Inappropriate processing*, *waiting* dan *excessive transportation*. Untuk memudahkan penilaian terhadap *severity* (S), *Occurrence* (O) dan *Detection* (D) pada *waste* yang teridentifikasi dilakukan oleh responden dari pihak *management* dan para ahli SWTP melalui kuisioner (10 kuisioner). Hasil dari perkalian *severity* x *occurrence* x *detection* akan menghasilkan *risk priority number* (RPN). RPN untuk setiap *waste* yang teridentifikasi (*failure mode*) telah dianalisis menggunakan diagram pareto dan kategori *waste* teridentifikasi (*potential failure mode*) yang kritis telah diketahui. Sedangkan akar penyebab terjadinya *potential failure mode* telah diketahui dengan *root cause analysis* (RCA). Format rencana tindakan perbaikan yang berupa rekomendasi untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas proses produksi dalam menghasilkan konsentrat tembaga (Cu-S) telah dilakukan melalui tabel FMEA. Selanjutnya alternatif rekomendasi perbaikan terpilih dengan biaya investasi yang paling murah terletak pada penambahan *thickener/clarifier* baru di SWTP dengan biaya sebesar US\$ 1,976,066.

Kata kunci : *Lean*, *waste*, *failure mode and effect analysis* (FMEA), *root cause analysis* (RCA), diagram pareto, konsentrat tembaga (Cu-S).

PENDAHULUAN

Kualitas adalah segala sesuatu yang mampu memenuhi keinginan atau kebutuhan pelanggan. Kualitas dan keandalan dari produk dan proses manufaktur merupakan sesuatu hal yang kritis bagi kinerja dari produk akhir (Yeh and Hsieh, 2007). Salah satu metode yang digunakan untuk mengukur keandalan dari suatu produk dan proses adalah *failure mode and effect analysis* (FMEA). FMEA secara luas digunakan sebagai *tool* yang digunakan untuk memperbaiki kualitas dan penilaian resiko dalam industri manufaktur.

Dari beberapa penelitian sebelumnya pengembangan FMEA dilakukan untuk menganalisa produk dan dampak dari keberadaan produk tersebut pada kesehatan seperti yang dilakukan oleh Arvanitoyannis dan Savelides (2007) dalam penelitiannya yang

berjudul ” *Application of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Cause and Effect Analysis, and Pareto Diagram in Conjunction with HACCP to a Chocolate producing industry: a case study of tentative GMO detection at pilot plant scale*. FMEA dikembangkan untuk menganalisa GMOs dalam kandungan atau bahan baku produk coklat dan dampaknya bagi kesehatan manusia.

Sedangkan dalam penelitian ini akan mengembangkan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* menggunakan konsep *lean*, *root cause analysis (RCA)* dan *pareto diagram* untuk menganalisis proses produksi. Dalam penelitian ini proses produksi yang dimaksud adalah proses produksi *Santong Water Treatment Plant (SWTP)* yang menghasilkan produk konsentrat tembaga (Cu-S).

Tujuan yang ingin di capai adalah:

1. Mendapatkan model pengembangan FMEA
2. Mengidentifikasi jenis *waste* dan frekuensi kemunculannya dalam proses produksi.
3. Menganalisis proses produksi SWTP supaya mengetahui penyebab terjadinya *waste* dalam proses produksi SWTP.
4. Memberikan *improve* dalam proses tersebut dengan mengurangi *waste* yang terjadi sehingga proses produksi berjalan lebih efisien dan produksi konsentrat tembaga (Cu-S) yang dihasilkan lebih tinggi dari kondisi *existing* di SWTP saat ini.

TEORI

Konsep *Lean*

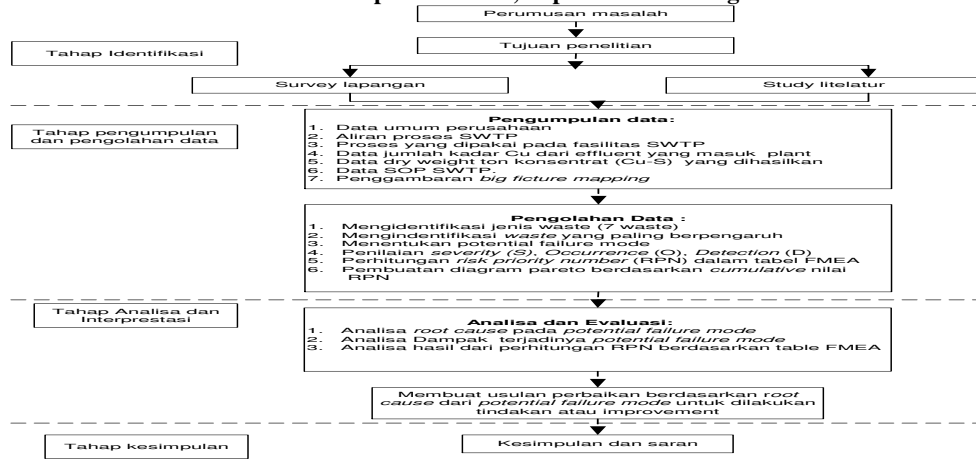
Konsep *lean* adalah sekumpulan peralatan dan metode yang dirancang untuk mengeliminasi *waste*, mengurangi waktu tunggu, memperbaiki *performance*, dan mengurangi biaya (william, 2006). Tujuan dari *lean* adalah untuk mengeliminasi *waste* semua proses dan memaksimalkan efisiensi proses (Yang, 2005). Dalam upaya menghilangkan *waste* maka sangatlah penting untuk mengetahui seperti apakah *waste* itu dan dimana saja ia berada. Ada 7 macam pemborosan yang didefinisikan menurut Shigeo Shingo (Hines & Taylor, 2000) yaitu : 1. *Over production* 2. *Defects* 3. *Waiting* 4. *Unnecessary Motion* 5. *Inappropriate Processing* 6. *Excessive Transportation* 7. *Unnecessary Inventory*

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Dalam tradisional FMEA, ada tiga parameter yang digunakan (*severity*, *occurrence*, dan *detection*) untuk menggambarkan penilaian pada skala 1 sampai 10. Penilaian *severity* adalah keseriusan dari efek kegagalan pada komponen selanjutnya, sub sistem, sistem atau pelanggan. Penilaian *occurrence* adalah kemungkinan atau frekuensi terjadinya kegagalan pada skala 1 sampai 10, dimana angka satu menunjukkan tidak mungkin gagal dan 10 pasti terjadi kegagalan. Sedangkan penilaian *detection* adalah ketidakmampuan dalam mendeteksi kegagalan atau probabilitas kegagalan yang tidak dapat di deteksi sebelum dampak pada efek terjadi (*realized*). Secara tradisional, penilaian kekritisitas FMEA dilakukan dengan mengembangkan *risk priority number (RPN)*. RPN adalah hasil perkalian *severity (S)* x *Occurrence (O)* x *Detection (D)*. Mode kegagalan yang mempunyai RPN tertinggi menjadi prioritas untuk tindakan korektif daripada yang memiliki nilai RPN rendah.

METODOLOGI PENELITIAN

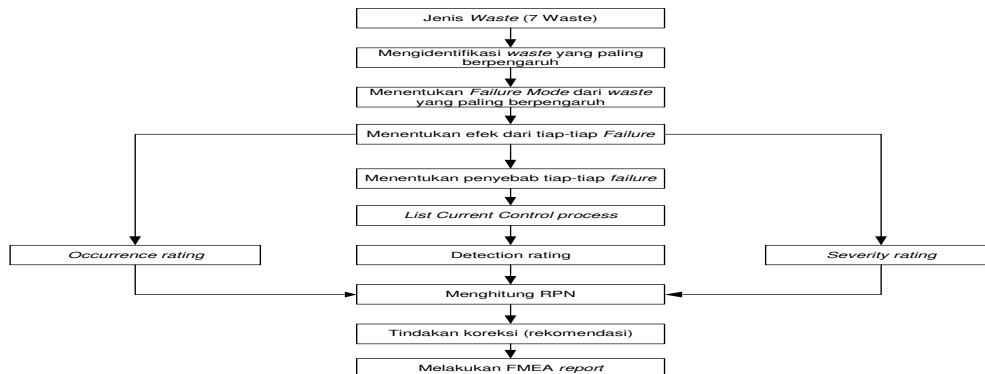
Pemecahan masalah dalam penelitian ini, dapat di lihat dari gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1 Flow chart diagram Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah-langkah pembuatan model FMEA menggunakan konsep *Lean* di atas, dapat di lihat dalam gambar 1 dibawah ini:



Gambar 2 Model FMEA menggunakan konsep Lean

Penilaian parameter dan pengiraan Risk Priority Number (RPN)

Secara matematis RPN merupakan keseriusan *effects* (*Severity*), kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effects* (*Occurrence*), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi (*Detection*). RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$RPN = S * O * D$$

Angka ini digunakan untuk mengidentifikasikan *waste* yang serius, sebagai petunjuk ke arah tindakan perbaikan. Dalam penelitian ini penilaian terhadap *severity* (*S*), *occurrence* (*O*) dan *detection* (*D*) dari masing-masing *potential failure mode* yang teridentifikasi dilakukan oleh responden. Penilaian dilakukan dengan cara menyebarkan 10 kuisioner kepada pihak ahli SWTP dan orang (operator, staff) yang mengerti proses produksi *Santong Water Treatment Plant* (SWTP) untuk memberikan penilaian terhadap dampak yang ditimbulkan karena adanya *waste* yang teridentifikasi (*potential*

failure mode), frekuensi terjadinya dari *waste (potential failure mode)*, dan kemampuan alat/system yang ada di *Santong Water Treatment Plant* dalam mendeteksi terjadinya *waste (failure mode)* tersebut. Dari hasil penyebaran kuisioner maka akan didapatkan nilai rata-rata dari *severity (S)*, *occurrence (S)* dan *detection (D)* untuk selanjutnya didapatkan nilai RPN. Hasil perhitungan dari RPN dapat dilihat dalam tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Failure mode and effect analysis (FMEA)- Perhitungan nilai RPN dari waste Defect.

No.	Waste	Potential failure mode	RPN	RPN (%)	RPN % Cumulative
7.	Defect	Gland seal pompa underflow pump 18-PU-204/304 rusak	294	0.16	0.16
1.		Jumlah atau berat konsentrat (Cu-S) yang dihasilkan kurang dari jumlah atau berat konsentrat (Cu-S) produksi yang diperkirakan (<i>estimated production</i>)	245	0.13	0.29
4.		Pipa feed bocor	210	0.11	0.40
6.		Tangki bawah daerah cone rusak/aus	210	0.11	0.51
8.		V-belt pada LP Pump sludge holding putus (18-PU-008)	180	0.10	0.61
2.		Mur/baut pada pipa Flange lepas	150	0.08	0.69
5.		Pipa udara dari blower ke section 1, 2, 3 aus/rusak	150	0.08	0.77
9.		Sambungan pipa udara ke Pompa (HP pump 18-PU-007) longgar	150	0.08	0.85
10.		Rantai filter press rusak	120	0.07	0.92
3.		Pada saat membongkar dan memasang pompa, kabel power pompa terjepit	112	0.06	0.98
11.		Valve filter press rusak	32	0.02	1.00

Tabel 2. Failure mode and effect analysis (FMEA) berdasarkan perhitungan nilai RPN dari waste Inappropriate processing

No.	Waste	Potential failure mode	RPN	RPN (%)	RPN % Cumulative
15.	Inappropriate Processing	Air yang di proses melebihi kapasitas plant	126	0.41	0.41
14.		Tempat penampungan produk terbuka	64	0.21	0.62
12.		Pengukuran atau analisa Sampel Cu feed water terlambat dan tidak tepat	60	0.19	0.81
13.		Pemakaian chemical yang tidak tepat	60	0.19	1.00

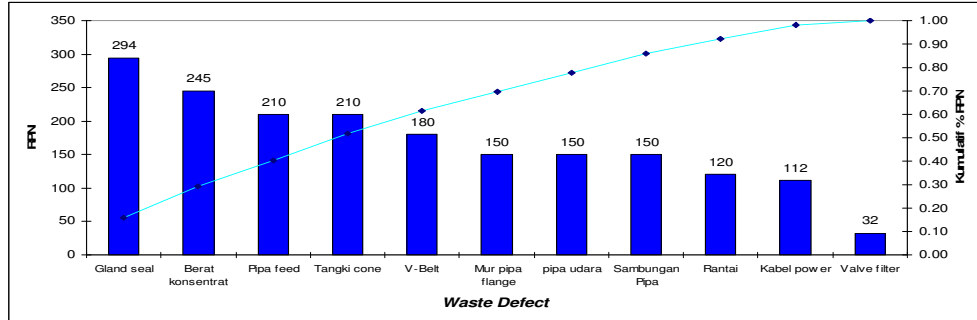
Tabel 3. Failure mode and effect analysis (FMEA) berdasarkan perhitungan nilai RPN dari waste Waiting

No.	Waste	Potential failure mode	RPN	RPN (%)	RPN % Cumulative
17.	Waiting	Persiapan dan perbaikan peralatan plant terlambat, Operator harus menunggu giliran perbaikan, karena mekanik masih memperbaiki kerusakan peralatan di departement lain.	245	0.53	0.53
18.		Penerimaan NaHS di SWTP tertunda	140	0.30	0.83
16.		Waktu pengambilan produk dari gudang SWTP tertunda atau tidak sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan.	80	0.17	1.00

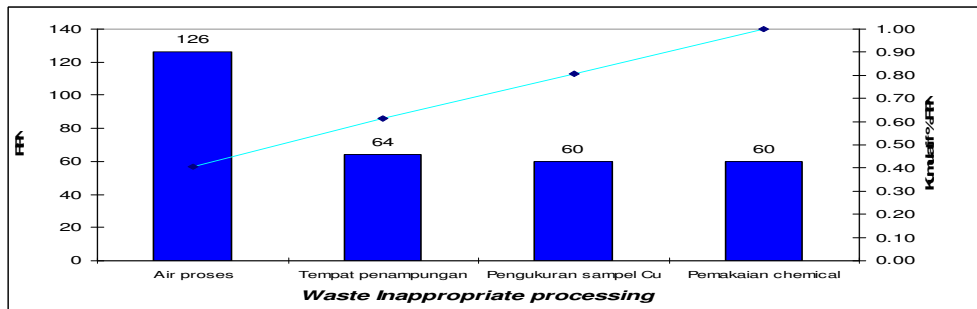
Tabel 4. Failure mode and effect analysis (FMEA) berdasarkan perhitungan nilai RPN dari waste Excessive Transportation

No	Waste	Potential failure mode	RPN	RPN (%)	RPN % Cumulative
20.	Excessive Transportation	Perpindahan chemical dari gudang konsentrator ke SWTP	210	0.38	0.38
19.		Penyimpanan Air bersih untuk mencampur chemical jauh dari plant	175	0.32	0.70
21.		Perpindahan crew/operator SWTP ke crusher jauh dari plant	168	0.30	1.00

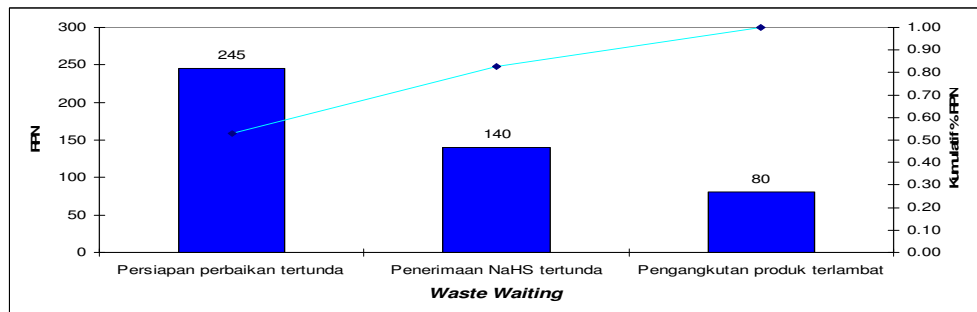
Dari tabel di atas dapat dibuatkan diagram pareto *risk priority number* dari setiap *waste* untuk menunjukkan *waste* yang teridentifikasi (*potential failure mode*) yang menjadi prioritas untuk segera dilakukan tindakan perbaikan. Diagram pareto di buat dengan cara mengkumulatifkan nilai RPN seperti yang diperlihatkan dalam gambar berikut:



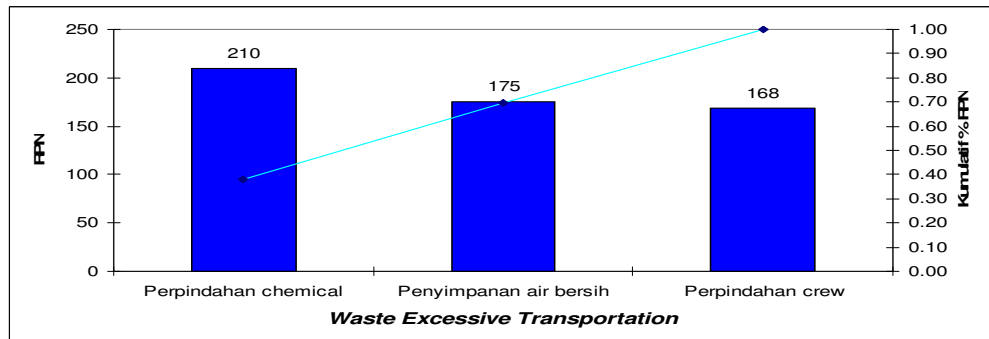
Gambar 3. Analisis pareto untuk waste defect



Gambar 4. Analisis pareto untuk waste inappropriate processing



Gambar 5. Analisis pareto untuk waste waiting

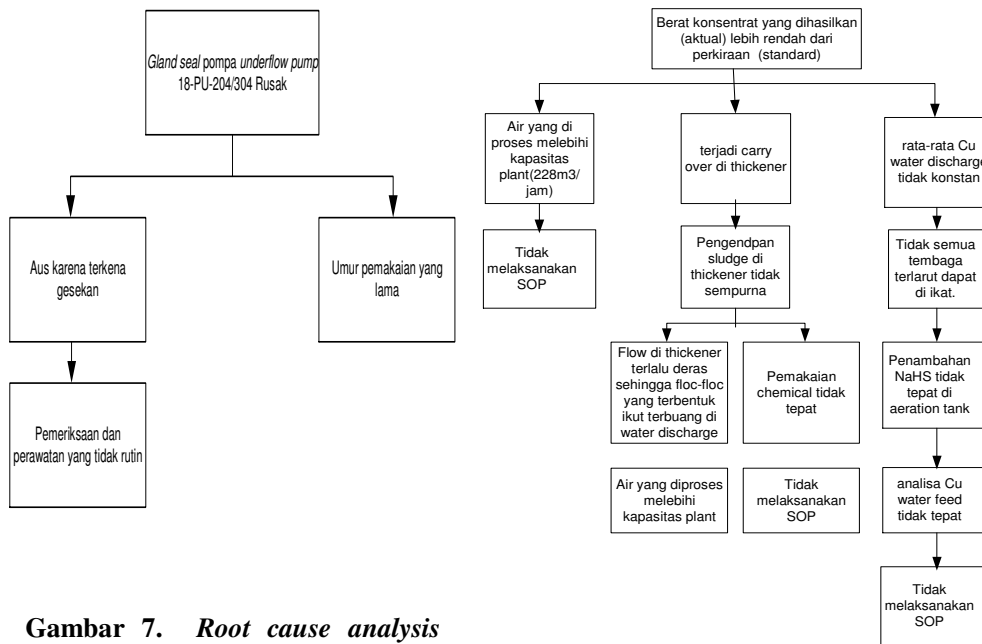


Gambar 6. Analisis pareto untuk waste excessive transportation

Analisa akar penyebab dari *waste* teridentifikasi

Pengumpulan data dari *waste* yang sudah teridentifikasi (*potential failure mode*) telah dilakukan, selanjutnya akan dilakukan analisis terhadap akar penyebab dari *potential failure mode*. Dalam gambar berikut ini analisis akar penyebab dilakukan menggunakan *root cause Analysis* (RCA). *Root cause analysis* yang dilakukan diambil berdasarkan nilai *risk priority number* (RPN) yang tertinggi.

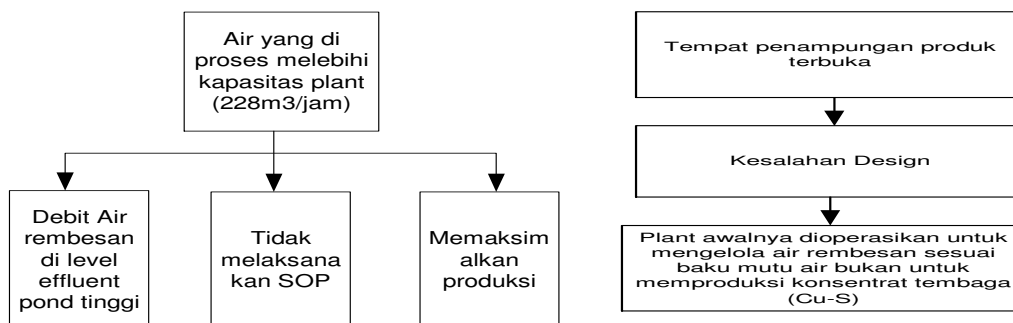
Root cause analysis untuk jenis *waste* Defect



Gambar 7. *Root cause analysis* untuk *potential failure mode* No. 7

Gambar 8. *Root cause Analysis* untuk *potential failure mode* No. 1.

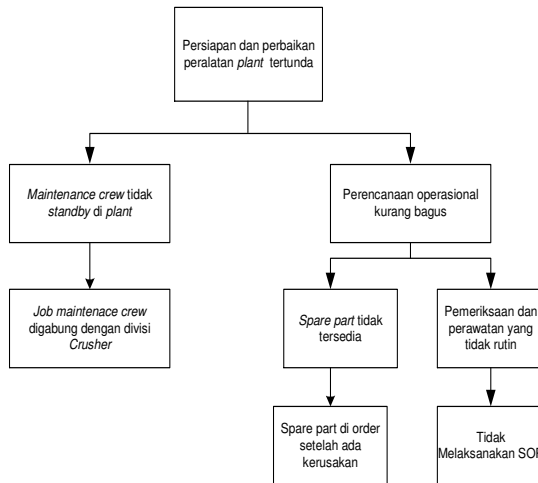
Root cause analysis untuk *waste* jenis *inappropriate processing*



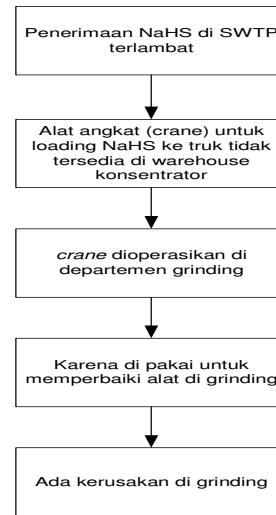
Gambar 9. *Root cause analysis* untuk *potential failure mode* No. 15

Gambar 10. *Root cause analysis* untuk *potential failure mode* No. 14

Root cause analysis untuk waste jenis Waiting

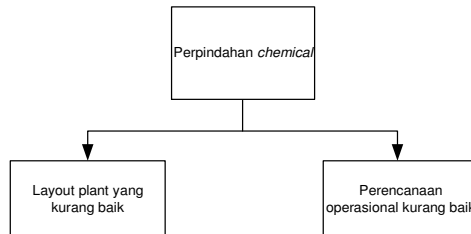


Gambar 11. Root cause analysis untuk potential failure mode No. 17

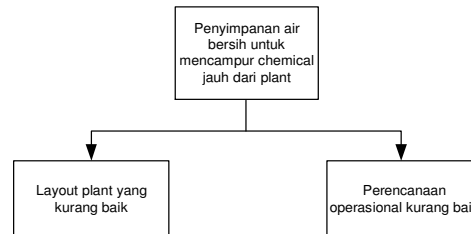


Gambar 12. Root cause analysis untuk potential failure mode No. 16

Root cause analysis untuk waste jenis Excessive Transportation



Gambar 13 Root cause analysis untuk Potential failure mode N0 20



Gambar 14 Root cause analysis untuk Potential failure mode N0 19.

Analisa Pareto RPN

Analisa hasil perhitungan *risk priority number* (RPN) dilakukan dari hasil perkalian *severity* x *occurrence* x *detection* seperti dalam tabel 1. Dari hasil perhitungan RPN diketahui nilai RPN tertinggi sampai RPN terendah dari waste yang teridentifikasi. Nilai RPN tertinggi dari waste yang teridentifikasi itu menunjukkan bahwa waste yang teridentifikasi tersebut merupakan prioritas untuk segera dilakukan tindakan perbaikan. Seperti yang ditunjukkan dalam gambar 3 telah diketahui bahwa pada waste defect dalam proses produksi Santong Water Treatment Plant (SWTP) berupa kerusakan peralatan pada tanki *thickener/clarifier* yaitu *gland seal underflow pump* 18-PU-204/304 rusak mendapatkan nilai RPN tertinggi yaitu sebesar 294 atau (16 %) dari jumlah RPN yang diperoleh, yang kedua diikuti oleh produk (konsentrat tembaga (Cu-S)) kadar tembaganya rendah, yaitu 245 (13 %).

Pada waste *Inappropriate processing* yang terjadi dalam proses produksi Santong Water Treatment Plant (SWTP) seperti yang dapat di lihat dalam gambar 4 dengan kategori air yang di proses melebihi kapasitas *plant* mendapatkan nilai RPN tertinggi yaitu sebesar 126 atau 41% dari jumlah RPN yang di peroleh. Prioritas kedua

adalah tempat penampungan konsentrat tembaga (Cu-S) terbuka mendapatkan berdasarkan penilaian responden mendapatkan nilai RPN sebesar 64 atau (21 %) dari jumlah RPN yang diperoleh.

Selanjutnya, kategori persiapan dan perbaikan kerusakan peralatan yang terlambat sehingga operator harus menunggu giliran perbaikan terhadap kerusakan peralatan *plant*, dikarenakan *maintenance* atau mekanik tidak *standby* di *plant* mendapatkan nilai RPN sebesar 245 atau 53 % merupakan prioritas untuk dilakukan tindakan perbaikan dalam *waste waiting*, kemudian di ikuti dengan prioritas kedua yaitu kategori penerimaan *chemical* oleh SWTP tertunda dikarenakan pengiriman *chemical* yang terlambat dilakukan oleh konsentrator 1 dan gudang konsentrator 106 padahal proses produksi SWTP terus dijalankan. Prioritas untuk kategori *waste waiting* dapat di lihat dalam gambar 5.

Sedangkan pada *waste excessive transportation* dengan RPN tertinggi sampai nilai RPN terendah secara berurutan dengan kategori yaitu: perpindahan atau pengangkutan *chemical* dari gudang konsentrator ke *Santong Water Treatment plant* (SWTP), penyimpanan air bersih untuk mencampur *chemical* jauh dari *plant* sehingga membutuhkan transportasi (*water truck*) untuk mengangkutnya, masing-masing sebesar 210 (38 %) dan 175 atau (32 %) dan ditunjukkan dalam gambar 6.

Improve/Rekomendasi perbaikan

Bagaimanapun dalam penelitian ini, perbaikan dilakukan hanya untuk parameter frekuensi kejadian saja. Dalam rekomendasi perbaikan, tindakan pembetulan seperti mengganti *gland seal* sebagai langkah untuk mengurangi atau menghapuskan keseringan terjadinya mode kegagalan yang terjadi pada proses produksi SWTP. Rekomendasi ini diberikan berdasarkan hasil nilai *risk priority number* (RPN) dalam tabel sebelumnya. Adapun FMEA-rekomendasi yang diberikan dapat di lihat dalam tabel 6.

Rekomendasi alternatif perbaikan

Setelah dilakukan pengumpulan data dan analisa maka rekomendasi alternatif telah dapat di buat. Hal ini dilakukan sebagai upaya dalam meningkatkan kualitas dan produksi konsentrat tembaga. Dari semua rekomendasi alternatif yang diberikan, rekomendasi alternatif terpilih dengan biaya yang paling murah yaitu : Untuk membuat *thickener/clarifier* baru di SWTP. Sedangkan perkiraan biaya/biaya investasi awal dapat ditunjukkan dalam tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5 Perkiraan biaya untuk membuat *thickener/clarifier* baru di Santong WTP

No.	Item	Perkiraan biaya
1	Civil work dan beton untuk membangun pondasi 250m ²	US\$ 153,655
2	Structural (steel platform)	US\$ 30,250
3	Machinery and equipment	US\$ 660,000
4	Piping	US\$ 121,000
5	Electrical	US\$ 126,500
6	Onshore dan offshore engineering	US\$ 310,000
7	Indirects	US\$ 296,910
8	Contingency dan escalation	US\$ 277,751
Total perkiraan biaya		US\$ 1,976,066

Sumber: Ridho Lestari, 2006. Interim Operation performance & proposed long term operation

Tabel 6. FMEA- Rekomendasi berdasarkan nilai RPN tertinggi dari waste teridentifikasi

No.	Waste	Potential failure mode	Potential Effect of Failure	Potential Cause Mechanism of Failure	RPN	Rekomendasi perbaikan
7.	Defect	Gland seal pompa underflow pump 18-PU-204/304 rusak	<ul style="list-style-type: none"> Terjadinya kebocoran sludge Lantai licin (dapat mengakibatkan terjadinya kecelakaan). 	Aus karena terkena gesekan/lamanya pemakaian	294	Lakukan pergantian gland seal sesuai dengan jadwal (life time)
1.		Jumlah atau berat konsentrat (Cu-S) yang dihasilkan kurang dari jumlah atau berat konsentrat (Cu-S) produksi yang diperkirakan (<i>estimated production</i>)	Target perusahaan tidak terpenuhi	<ul style="list-style-type: none"> Daily water process tidak stabil Rata-rata Cu feed water tidak stabil Plant tidak beroperasi 24 jam per hari Rata-rata Cu water discharge tidak stabil 	245	<ol style="list-style-type: none"> Meningkatkan produksi konsentrat dengan menambah kapasitas plant seperti penambahan pompa, pipa dari water feed ke plant dan thickener/clarifier. Sludge dari thickener/clarifier SWTP di pompa langsung ke CCD thickener di Konsentrator.
15.	Inappropriate Processing	Air yang di proses melebihi kapasitas plant	<ul style="list-style-type: none"> Pengikatan tembaga menjadi tidak sempurna Terjadi carry over di thickener/clarifier 	Pada saat musim hujan, debit air rembesan dari Sejorong stockpile ≥ 500 m ³ /jam sehingga tidak bisa semua di proses di plant	126	<ol style="list-style-type: none"> Meningkatkan kapasitas effluent pond menjadi 2 kali dari kapasitas saat ini. Dengan demikian capacity expansions juga diperlukan untuk NaHS dosing pump dan thickener/clarifier. Pipa feed dari effluent pond ke plant pipanya di ganti dengan diameter pipa yang lebih besar atau di tambah pipa baru. Menambah kapasitas thickener/clarifier sehingga carry over tidak terjadi dan floc-floc tembaga tidak ikut terbuang bersama water discharge.
14.		Tempat penampungan produk terbuka	Pada saat musim hujan produk menjadi basah	Kesalahan design	64	<ol style="list-style-type: none"> Modifikasi tempat penampungan produk (dibuatkan penutup). Buatkan saluran air hujan. Produk dari filter press segera diangkut ketempat penyimpanan yang tertutup
17.	Waiting	Persiapan dan perbaikan kerusakan peralatan plant tertunda.	Waktu penyelesaian perbaikan lebih lama sehingga mengganggu operasional produksi	Maintenance crew tidak standby di plant dan perencanaan operasional yang kurang bagus	245	<ol style="list-style-type: none"> Tambah Man Power untuk maintenance crew. Lakukan inspeksi terjadwal oleh maintenance crew (PM Check)
18.		Penerimaan NaHS di SWTP tertunda	<ul style="list-style-type: none"> Penambahan Chemical kurang pada air rembesan Cu yang diikat sedikit sehingga terjadi carry over di tanki clarifier 	Loader dan truk untuk mengangkut NaHS meminjam dari departemen lain	140	<ol style="list-style-type: none"> Tempat penampungan konsentrat di perbesar Lakukan pengangkutan sesuai prosedur/jadwal
20.	Excessive Transportation	Perpindahan chemical dari gudang konsentrator jauh dari Santong WTP	Proses terganggu dikarenakan adanya waktu tunggu	Layout plant yang kurang bagus dan perencanaan operasional kurang baik	210	<ol style="list-style-type: none"> Stock chemical harus terdata. Pemakaian chemical harus terdata. Pengiriman chemical harus terjadwal.
19.		Penyimpanan Air bersih untuk mencampur chemical jauh dari Santong WTP	Proses terganggu dikarenakan adanya waktu tunggu	Layout plant yang kurang bagus dan perencanaan operasional kurang baik	175	<ol style="list-style-type: none"> Maksimalikan penggunaan water discharge plant. Gunakan sumber air bersih yang lain (buat sumur bor). Pengiriman air dari water truck harus terjadwal.

KESIMPULAN

Pengembangan model FMEA menggunakan konsep *Lean* merupakan suatu teknik yang sistematis yang digunakan untuk menilai dan menghilangkan *waste* yang terjadi dalam proses produksi supaya dapat berjalan dengan lebih efisien dan efektif. Dengan pendekatan FMEA menggunakan konsep *lean*, tindakan pembetulan berupa rekomendasi penyelesaian telah di buat berdasarkan format FMEA yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan produksi Konsentrat tembaga di SWTP.

Rekomendasi perbaikan proses produksi berdasarkan RPN tertinggi supaya konsentrat (Cu-S) yang dihasilkan lebih tinggi dari kondisi *existing* saat ini adalah

1. Dalam rekomendasi perbaikan, tindakan pembetulan seperti mengganti *gland seal* sebagai langkah untuk mengurangi atau menghapuskan keseringan terjadinya mode kegagalan yang terjadi pada proses produksi SWTP.
2. Meningkatkan kapasitas pemompaan *plant* pada 450 m³/hours atau hampir dua kali dari kapasitas saat ini supaya dapat memperlakukan seluruh air dari Sejorong *stockpile*. Dengan demikian *capacity expansions* juga di perlukan untuk NaHS *dosing pump* dan *thickener/clarifier*.
3. Menambah jumlah *Man Power* untuk *maintenance crew*. Melakukan inspeksi terjadwal oleh *maintenance crew* (PM Check).
4. Mengingat pentingnya air bersih untuk mencampur *chemical* di SWTP di dalam proses produksi SWTP maka pembuatan sumur Bor di SWTP perlu dilakukan, dengan demikian biaya, tenaga dan waktu operasional lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Arvanitoyannis, S.I., And Savelides, C.S. (2007). *Application of failure Mode and Effect Analysis, and Pareto Diagram in Conjunction with HACCP to a Chocolate-producing industry: a case study of tentative GMO detection at pilot plant scale*. International Journal of food science and technology, 42, 1265-1289.
- Cohen, M.R., Senders, J., And Davis, N.M. (1994). *Failure mode and effect analysis: A novel approach to avoiding dangerous medication errors and accidents*. Hosp Pharm 29: 319-324, 326-328, 330.
- Hines, P., And Taylor, D. (2000). *Going Lean. Lean enterprise Research Center Cardiff Bussiness School*.
- Ridho Lestari, (2006). *NaHS treatment at Santong WTP : Interim Operation Performance & Proposed Long-Term Operation. Process Metalurgy and technical Services PT. Newmont Nusa Tenggara*.
- Shamsuddin, S.M., And Rohani, J.M. (2001). *Kajian kemungkinan aplikasi konsep Failure Mode and Effect Analysis (FMEA): Kajian Kes di Seksyen Mills di kilang Keluli*. Jurnal Teknologi, 34(A), 17-28.
- Yeh, R.H., And Hsieh, H.M. (2007). *Fuzzy assessment of FMEA for a sewage plant. Journal of the Chinese Institute of industrial Engineers*, Vol. 24, No. 6 pp. 505-512.