

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode 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 dampak yang diberikan terhadap kesuksesan suatu misi dari sebuah sistem. Secara umum, *Failure Modes and Effect Analysis* didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal, yaitu :

1. Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses selama siklus hidupnya.
2. Efek dari kegagalan tersebut.
3. Tingkat kekritisitas efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.

FMEA merupakan alat yang digunakan untuk menganalisa keandalan suatu sistem dan penyebab kegagalannya untuk mencapai persyaratan keandalan dan keamanan sistem, desain dan proses dengan memberikan informasi dasar mengenai prediksi keandalan sistem, desain, dan proses. Terdapat lima tipe FMEA yang bisa diterapkan dalam sebuah industri manufaktur, yaitu :

1. *System*, berfokus pada fungsi sistem secara global
2. *Design*, berfokus pada desain produk
3. *Process*, berfokus pada proses produksi, dan perakitan
4. *Service*, berfokus pada fungsi jasa
5. *Software*, berfokus pada fungsi *software*

Berikut ini adalah tujuan yang dapat dicapai oleh perusahaan dengan penerapan FMEA:

1. Untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat keparahan efeknya.

2. Untuk mengidentifikasi karakteristik kritis dan karakteristik signifikan
3. Untuk mengurutkan pesanan desain potensial dan defisiensi proses
4. Untuk membantu fokus engineer dalam mengurangi perhatian terhadap produk dan proses, dan membantu mencegah timbulnya permasalahan.

Dari penerapan FMEA pada perusahaan, maka akan dapat diperoleh keuntungan - keuntungan yang sangat bermanfaat untuk perusahaan, antara lain:

1. Meningkatkan kualitas, keandalan, dan keamanan produk.
2. Membantu meningkatkan kepuasan pelanggan.
3. Meningkatkan citra baik dan daya saing perusahaan.
4. Mengurangi waktu dan biaya pengembangan produk.
5. Memperkirakan tindakan dan dokumen yang dapat mengurangi resiko.
6. Membantu menganalisis proses manufaktur baru.
7. Meningkatkan pemahaman bahwa kegagalan potensial pada proses manufaktur harus dipertimbangkan.
8. Mengidentifikasi defisiensi proses, sehingga para *engineer* dapat berfokus pada pengendalian untuk mengurangi munculnya produksi yang menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan yang diinginkan atau pada metode untuk meningkatkan deteksi pada produk yang tidak sesuai tersebut.
9. Menetapkan prioritas untuk tindakan perbaikan pada proses.
10. Menyediakan dokumen yang lengkap tentang perubahan proses untuk memandu pengembangan proses manufaktur atau perakitan di masa datang.

Output dari *Process* FMEA adalah:

1. Daftar mode kegagalan yang potensial pada proses.
2. Daftar *critical characteristic* dan *significant characteristic*.
3. Daftar tindakan yang direkomendasikan untuk menghilangkan penyebab munculnya mode kegagalan atau untuk mengurangi tingkat kejadiannya dan untuk meningkatkan deteksi terhadap produk cacat bila kapabilitas proses tidak dapat ditingkatkan.

FMEA merupakan dokumen yang berkembang terus. Semua pembaharuan dan perubahan siklus pengembangan produk dibuat untuk produk atau proses. Perubahan ini

dapat dan sering digunakan untuk mengenal mode kegagalan baru. Mengulas dan memperbaharui FMEA adalah penting terutama ketika:

1. Produk atau proses baru diperkenalkan.
2. Perubahan dibuat pada kondisi operasi produk atau proses diharapkan berfungsi.
3. Perubahan dibuat pada produk atau proses (dimana produk atau proses berhubungan). Jika desain produk dirubah, maka proses terpengaruh begitu juga sebaliknya.
4. Konsumen memberikan indikasi masalah pada produk atau proses.

Setelah di ketahui penyebab kegagalan potensial dari suatu kerusakan peralatan dari metode FMEA selanjutnya untuk melihat prioritas resiko keparahan atau RPN maka harus mencari nilai dari **Saverity (tingkat keparahan), Occurrence (tingkat kemungkinan kejadian) & Detection (Deteksi).**

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.

Tabel 2.1 Saverity (tingkat keparahan)

Rangking	Kriteria
1	Negligible severity (pengaruh buruk yang dapat diabaikan). Kita tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Pengguna akhir mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan ini
2 3	Mild severity (pengaruh buruk yang ringan). Akibat yang ditimbulkan hanya bersifat ringan. Pengguna akhir tidak akan merasakan perubahan kinerja. Perbaikan dapat dikerjakan pada saat pemeliharaan regular.
4 5 6	Moderate severity (pengaruh buruk yang moderat). Pengguna akhir akan merasakan penurunan kinerja, namun masih dalam batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan tidak mahal dan dapat selesai dalam waktu singkat.

7	High severity (pengaruh buruk yang tinggi). Pengguna akan merasakan akibat buruk yang akan diterima, berada diluar batas toleransi.
8	Perbaikan yang dilakukan sangat mahal.
9	Potential safety problems (masalah keamanan potensial). Akibat yang di timbulkan sangat berbahaya dan berpengaruh terhadap keselamatan pengguna.
10	Bertentangan dengan hukum.

Sumber : (Gasperz, 2002)

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.

Tabel 2.2 Occurrence (tingkat kemungkinan kejadian)

Degree	Berdasarkan pada frekuensi kejadian	Rating
Remote	0,01 per 1000 item	1
Low	0,1 per 1000 item	2
	0,5 per 1000 item	3
Moderate	1 per 1000 item	4
	2 per 1000 item	5
	5 per 1000 item	6
High	10 per 1000 item	7
	20 per 1000 item	8
Very High	50 per 1000 item	9
	100 per 1000 item	10

Sumber : (Gasperz, 2002)

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.

Tabel 2.3 Detection (Deteksi)

Rating	Kriteria	Berdasarkan pada frekuensi kejadian
1	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab muncul	0,01 per 1000 item
2	Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah	0,1 per 1000 item
3		0,5 per 1000 item
4	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderat. Metode pencegahan kadang memungkinkan penyebab itu terjadi	1 per 1000 item
5		2 per 1000 item
6		5 per 1000 item
7	Kemungkinan penyebab terjadi masih tinggi. Metode pencegahan kurang efektif, penyebab masih berulang kembali	10 per 1000 item
8		20 per 1000 item
9	Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali.	50 per 1000 item
10		100 per 1000 item

Sumber : (Gasperz, 2002)

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 Kekritisian. 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 kekritisan yang digunakan.

2.6 Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) adalah salah satu contoh metode analisa 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 dianalisa dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya undesired event tersebut (Vesely dkk, 1981). Dengan metode FTA ini, akan dapat diketahui kegagalan-kegagalan yang menjadi penyebab terjadinya undesired event, dan probabilitas terjadinya undesired event tersebut. Untuk menganalisa kegagalan sistem dengan metode FTA, perlu dibuat pohon kegagalan atau fault tree dari sistem yang dianalisa terlebih dahulu. Fault tree adalah model grafis dari kegagalan-kegagalan pada sistem dan kombinasinya yang menghasilkan terjadinya undesired event (Vesely dkk, 1981). FTA disusun berdasarkan simbol simbol yang berisi keterangan suatu kejadian pada sistem dan gerbang logika untuk menerangkan keterkaitan terhadap suatu kejadian.

Berikut adalah simbol simbol yang digunakan pada FTA :

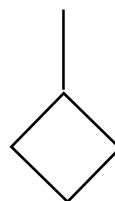
- Basic event



Gambar 2.1 Basic Event

Simbol lingkaran ini digunakan untuk menyatakan basic event atau primery event atau kegagalan mendasar. Artinya, simbol lingkaran ini merupakan batas akhir penyebab suatu kejadian.

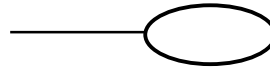
- Undeveloped event



Gambar 2.2 Undeveloped event

Simbol wajik atau diamond ini untuk menyatakan undeveloped event atau kejadian tidak berkembang, yaitu suatu kejadian kegagalan tertentu yang tidak dicari penyebabnya baik karena kejadiannya tidak cukup berhubungan atau karena tidak tersedia informasi yang terkait dengannya.

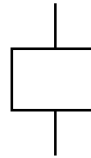
- Conditioning event



Gambar 2.3 Conditioning event

Simbol oval ini untuk menyatakan conditioning event, yaitu suatu kondisi atau batasan khusus yang diterapkan pada suatu gerbang (biasanya pada gerbang INHIBIT dan PRIORITY AND). Jadi kejadian output terjadi jika kejadian input terjadi dan memenuhi suatu kondisi tertentu.

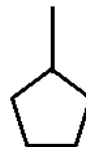
- External event



Gambar 2.4 External event

Simbol rumah digunakan untuk menyatakan external event yaitu kejadian yang diharapkan muncul secara normal dan tidak termasuk dalam kejadian gagal.

- Intermediate event



Gambar 2.5 Intermediate event

Simbol persegi panjang ini berisi kejadian yang muncul dari kombinasi kejadian-kejadian input gagal yang masuk ke gerbang.

Sedangkan Simbol gerbang dipakai untuk menunjukkan hubungan diantara kejadian input yang mengarah pada kejadian output dengan kata lain, kejadian output disebabkan oleh kejadian input yang berhubungan dengan cara tertentu. Berikut simbol gerbang :

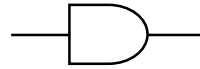
- Gerbang OR



Gambar 2.6 Gerbang OR

Gerbang OR dipakai untuk menunjukkan bahwa kejadian yang akan muncul terjadi jika satu atau lebih kejadian gagal yang merupakan inputnya terjadi.

- Gerbang AND



Gambar 2.7 Gerbang AND

Gerbang AND digunakan untuk menunjukkan kejadian output muncul hanya jika semua input terjadi.

2.6.1 Aturan Membangun Fault Tree

Untuk membangun *fault tree* dari kegagalan sistem dibutuhkan aturan, yaitu (Pandey (2005)) :

- Aturan I : “tuliskan semua pernyataan yang dimasukkan ke dalam simbol kejadian sebagai kesalahan, tentukan apa keagalannya dan kapan kegagalan tersebut muncul”, artinya pendefinisian kegagalan harus jelas, apa keagalannya dan kapan terjadinya.
- Aturan II : “jika jawaban dari pertanyaan “apakah kegagalan disebabkan kegagalan komponen?” adalah “ya”, masukkan kejadian tersebut sebagai kondisi kegagalan komponen. Jika jawabannya “tidak”, masukkan sebagai kondisi kegagalan sistem”
- Aturan III : “kondisi kegagalan sistem menggunakan gerbang AND, OR, atau INHIBIT, atau tidak menggunakan gerbang sama sekali”
- Aturan IV : “kondisi kegagalan komponen selalu menggunakan gerbang OR”
- Aturan V. No gate-to-gate : “gerbang input harus mendefinisikan kejadian kesalahan secara tepat, dan gerbang tidak boleh secara langsung dihubungkan dengan gerbang yang lain”
- Aturan VI. No miracle : “jika fungsi normal dari komponen membuat barisan kesalahan, maka diasumsikan komponen tersebut berfungsi secara normal”
- Aturan VII : Dalam gerbang OR, input tidak menyebabkan output
- Aturan VIII : Di gerbang AND definisikan hubungan sebab
- Aturan IX : Gerbang INHIBIT menyatakan hubungan antara satu kesalahan dengan kesalahan lain, tetapi harus disertakan kondisi.

2.7 Aljabar Boolean

Aljabar Boolean atau dalam bahasa Inggris disebut dengan Boolean Algebra adalah matematika yang digunakan untuk menganalisis dan menyederhanakan Gerbang Logika pada Rangkaian-rangkaian Digital Elektronika. Boolean pada dasarnya merupakan Tipe data yang hanya terdiri dari dua nilai yaitu “True” dan “False” atau “Tinggi” dan “Rendah” yang biasanya dilambangkan dengan angka “1” dan “0” pada Gerbang Logika ataupun bahasa pemrograman komputer. Aljabar Boolean ini pertama kali diperkenalkan oleh seorang Matematikawan yang berasal dari Inggris pada tahun 1854. Nama Boolean sendiri diambil dari nama penemunya yaitu George Boole.

Beberapa operasi rangkaian logika dasar yang biasa digunakan dalam fungsi Boolean, diantaranya adalah : INVERTER / INVERS / NOT, AND, OR, NAND, NOR, XOR, XNOR. Gerbang AND mempunyai dua atau lebih dari dua sinyal masukan tetapi hanya memiliki satu sinyal keluaran. Sedangkan gerbang OR akan memberikan sinyal keluaran tinggi jika salah satu atau semua sinyal masukan bernilai tinggi, sehingga dapat dikatakan bahwa gerbang OR hanya memiliki sinyal keluaran rendah jika semua sinyal masukan bernilai rendah. Berikut hukum dasar aljabar boolean :

a. Hukum Komutatif

$$- A + B = B + A$$

$$- A \cdot B = B \cdot A$$

b. Hukum Asosiatif

$$- (A + B) + C = A + (B + C)$$

$$- (A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$$

c. Hukum Distributif

$$- A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$$

$$- A + (B \cdot C) = (A + B) \cdot (A + C)$$

d. Hukum Identitas

$$- A + A = A$$

$$- A \cdot A = A$$

e. Hukum Negasi

$$- (A) = A$$

$$- A = A$$

f. Hukum Redundan

$$- A + A \cdot B = A$$

$$- A \cdot (A + B) = A$$

g. Identitas

- $0 + A = A$

- $1 \cdot A = A$

- $1 + A = 1$

- $0 \cdot A = 0$

- $A + A \cdot B = A + B$

i. Teorema De Morgan

- $(A + B) = A \cdot B$

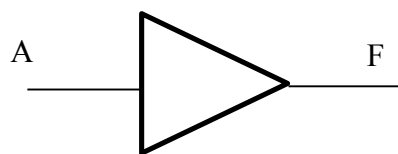
- $(A \cdot B) = A + B$

2.7.1 Operasi - Operasi Logika Dasar

Dalam rangkaian logika terdapat operasi dasar untuk menunjukkan suatu perilaku dari operasi-operasi tersebut, operasi ini biasanya ditunjukkan dengan menggunakan suatu tabel kebenaran. Tabel kebenaran berisi statemen-statemen bernilai TRUE (T) and FALSE (F) yang dalam tabel dilambangkan dengan “1” untuk TRUE (benar) dan “0” untuk FALSE (salah) . Berikut operasi-operasi dasar logika yang dijelaskan dengan tabel kebenaran :

▪ Operasi INVERS (NOT)

Operasi INVERS / NOT merupakan suatu operasi yang menghasilkan keluaran nilai kebalikannya. Operasi ini akan mengubah logik 1 (benar) menjadi 0 (salah) dan sebaliknya, akan mengubah logik 0 (salah) menjadi logik 1 (benar). Berikut lambang gerbang NOT dan tabel kebenaran untuk operasi INVERS / NOT:



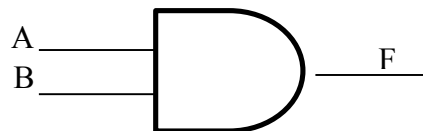
Gambar 2.8 Gerbang NOT

Tabel 2.4 Tabel kebenaran gerbang NOT

A	F (A')
0	1
1	0
0	1
1	0

- Operasi AND

Operasi AND merupakan operasi boolean yang akan menghasilkan nilai 1 ketika dipasangkan dengan 1 pula. Operasi ini hanya akan menghasilkan nilai benar jika kedua variabel bernilai benar, selain itu akan bernilai salah. Berikut lambang gerbang AND dan tabel kebenaran untuk operasi AND:



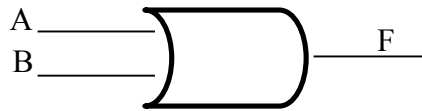
Gambar 2.9 Gerbang AND 2 input

Tabel 2.5 Tabel kebenaran gerbang AND 2 input

A	B	F (A . B)
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

- Operasi OR

Operasi OR merupakan operasi yang hanya akan menghasilkan nilai benar (1) jika salah satu variabelnya bernilai benar (1) serta akan menghasilkan nilai salah jika kedua variabelnya bernilai salah. Berikut lambang gerbang dan tabel kebenaran untuk operasi OR:



Gambar 2.10 Gerbang OR 2 input

Tabel 2.6 Tabel kebenaran gerbang OR 2 input

A	B	F (A + B)
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

2.8 Fishbone Diagram

Fishbone diagram (diagram tulang ikan - karena bentuknya seperti tulang ikan) sering juga disebut Cause-and-Effect Diagram atau Ishikawa Diagram diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa, seorang ahli pengendalian kualitas dari Jepang, sebagai satu dari tujuh alat kualitas dasar (7 basic quality tools). Fishbone diagram digunakan ketika kita ingin mengidentifikasi kemungkinan penyebab masalah dan terutama ketika sebuah team cenderung jatuh berpikir pada rutinitas (Tague, 2005, p. 247). Suatu tindakan dan langkah improvement akan lebih mudah dilakukan jika masalah dan akar penyebab masalah sudah ditemukan. Manfaat fishbone diagram ini dapat menolong kita untuk menemukan akar penyebab masalah secara user friendly, tools yang user friendly disukai orang-orang di industri manufaktur di mana proses di sana terkenal memiliki banyak ragam variabel yang berpotensi menyebabkan munculnya permasalahan (Purba, 2008, para. 1–6).

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

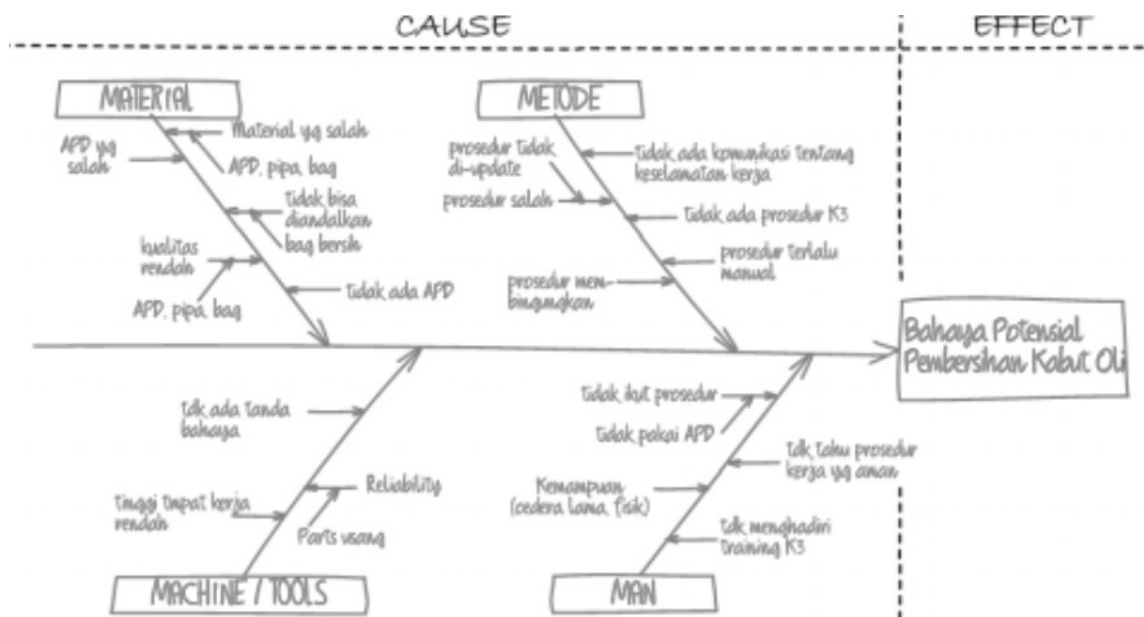
2.8.1 Langkah Langkah Pembuatan Fishbone Diagram

1. Berikanlah Judul, Tanggal, Nama Produk, Nama Proses dan daftar nama Partisipan
2. Tentukan Pernyataan Permasalahan yang akan diselesaikan
3. Gambarkan Kepala Ikan sebagai tempat untuk menuliskan Akibat (Effect)
4. Tuliskan Pernyataan permasalahan tersebut di kepala Ikan sebagai Akibat (effect) dari penyebab-penyebab.
5. Gambarkan Tulang Belakang Ikan dan Tulang-tulang Besar Ikan
6. Tuliskan Faktor-faktor penyebab utama yang mempengaruhi kualitas di Tulang Besar Ikan. Pada Umumnya Faktor-faktor penyebab utama di Produksi itu terdiri dari 5M +1E yaitu :
 - Machine (Mesin)
 - Method (Metode)
 - Man (Manusia)
 - Material (Material atau bahan produksi)
 - Measurement (Pengukuran)
 - Environment (Lingkungan)
7. Tuliskan penyebab-penyebab sekunder berdasarkan kategori Faktor penyebab Utama dan tuliskan di Tulang-tulang yang berukuran sedang
8. Tuliskan lagi penyebab-penyebab yang lebih details yang mempengaruhi penyebab sekunder kemudian gambarkan tulang-tulang yang berukuran lebih kecil lagi.
9. Tentukanlah faktor-faktor penyebab tersebut yang memang memiliki pengaruh nyata terdapat Kualitas kemudian berikanlah tanda di faktor-faktor penyebab tersebut.

Hal yang perlu diperhatikan dalam membuat Cause and Effect Diagram :

- Setelah suatu masalah atau suatu situasi telah ditetapkan untuk dibahas lebih lanjut, tanyakan “mengapa-mengapa” sampai menemukan akar penyebab permasalahannya.
- Jika masalah tersebut terdapat beberapa penyebab potensial, maka kita harus meng-analisis setiap penyebab tersebut.

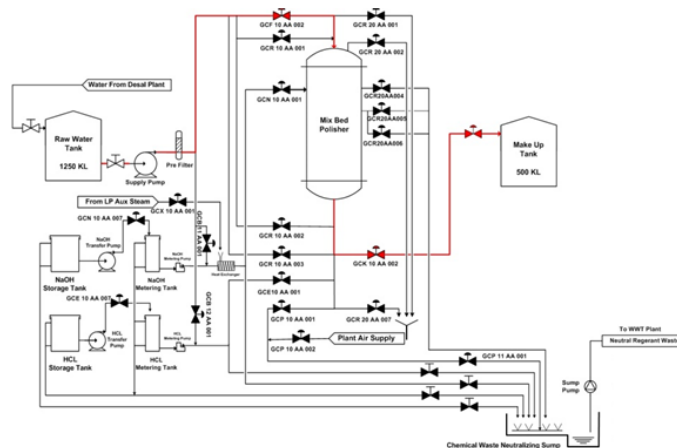
Untuk mendapatkan Root Cause atau akar permasalahan yang dimaksud, metode 5 WHY (5 mengapa) adalah metode yang paling sering digunakan.



Gambar 2.11 Contoh fishbone diagram

2.9 Water Treatment Plant (WTP)

Water treatment plant merupakan sebuah sistem peralatan bantu (common unit) yang berfungsi sebagai unit pengolahan air untuk proses produksi PLTGU. Pengolahan air yang dilakukan WTP yaitu dengan mengubah air tawar menjadi air make up / demin dengan standart conductivity <math>< 1 \mu\text{S}</math>. Pada proses pengolahannya, air diproses di mixed bed dengan cara air dialirkan menuju mixed bed dan keluar mixed bed air sudah memiliki kualitas conductivity <math>< 1 \mu\text{S}</math>. Pada mixed bed terdapat resin anion dan resin kation, resin inilah yang berfungsi sebagai penukar ion pada air sehingga air memiliki kualitas conductivity <math>< 1 \mu\text{S}</math>.



Gambar 2.12 Proses operasi / service WTP PLTGU Gresik

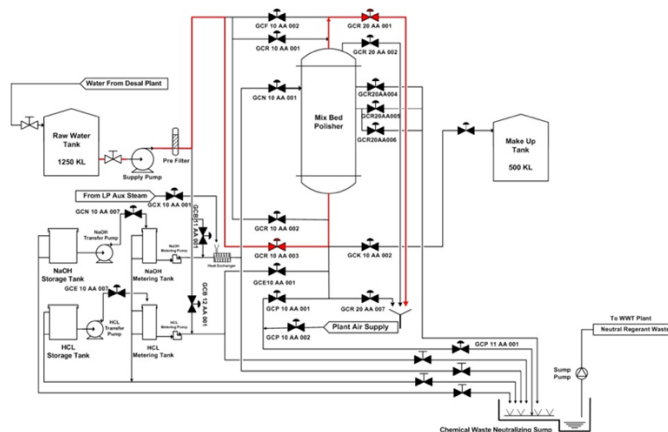
Air hasil proses yang memiliki kualitas bagus akan langsung dialirkan menuju make up tank. Dalam operasinya apabila 1 unit WTP mencapai flow total produksi air sebesar 1500 ton/hours dan diikuti dengan hasil conductivity > 1 μ S maka WTP sudah jenuh dan harus dilakukan regenerasi.

2.9.1 Proses Regenerasi WTP

Pada proses operasi WTP juga menghasilkan kualitas air yang tidak sesuai standar, hal ini dikarenakan resin resin pada mixed bed sudah jenuh dan WTP perlu dilakukan regenerasi. Regenerasi berfungsi untuk mengembalikan fungsi resin anion dan resin kation sehingga WTP dapat berfungsi sesuai fungsinya. Tahapan proses regenerasi ada 9 tahapan yaitu :

- a) Back Wash selama 30 menit

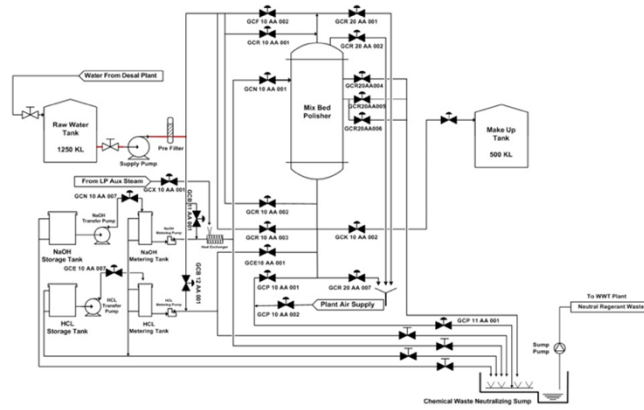
Proses ini bisa disebut proses pembersihan line WTP, proses dimana air dari raw water tank dipompa dialirkan dari output mixed bed menuju input mixed bed dan dibuang ke sumpit



Gambar 2.13 Proses back wash WTP

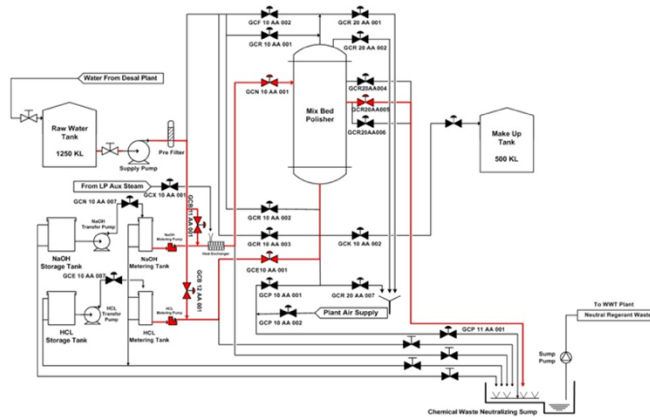
- b) Settle selama 10 menit

Proses ini berfungsi mengendapkan resin didalam mixed bed.



Gambar 2.14 Proses settle WTP

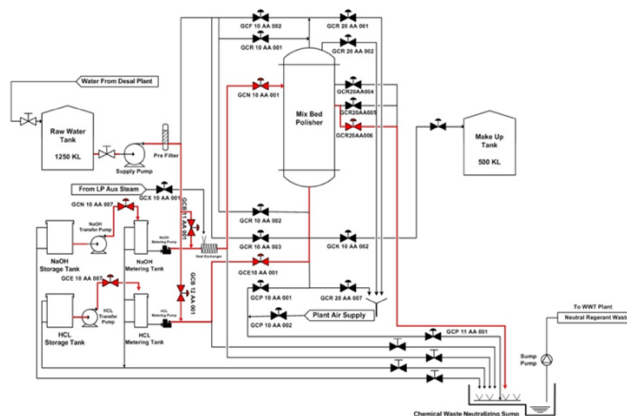
c) Chemical Injection selama 30 menit



Gambar 2.15 Proses chemical injection WTP

Pada proses ini cairan kimia berupa NaOH dan Hcl di injeksikan ke dalam mixed bed guna mengaktifkan kembali resin anion dan kation yang sudah jenuh, sehingga mixed dapat berfungsi kembali.

d) Slow Rinse selama 50 menit

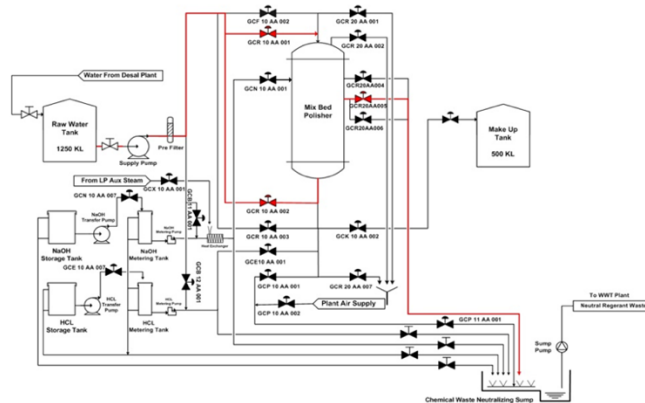


Gambar 2.16 Proses slow rinse WTP

Proses ini bertujuan melakukan pembilasan melalui line chemical injection.

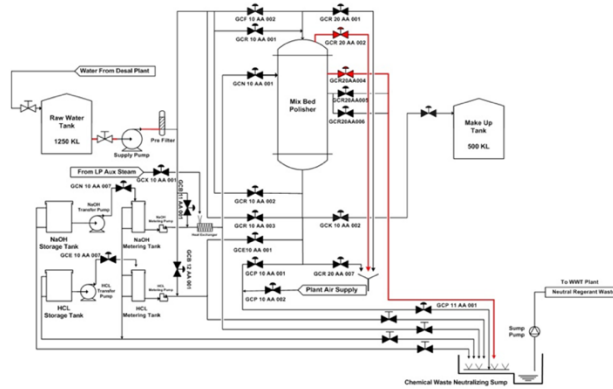
e) Fast Rinse selama 20 menit

Proses ini bertujuan untuk melakukan pembilasan melalui line khusus pembilasan, sehingga dapat melakukan pembilasan total pada mixed bed.



Gambar 2.17 Proses fast rinse WTP

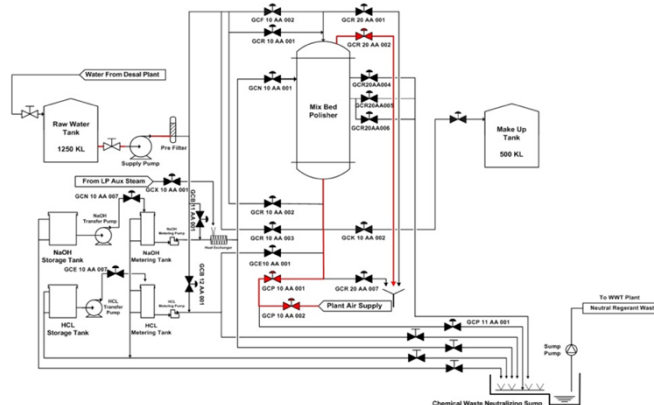
f) Drain Down selama 15 menit



Gambar 2.18 Proses drain down WTP

Proses ini bertujuan mengeluarkan semua air dan sisa sisa chemical injection.

g) Air Mix selama 20 menit

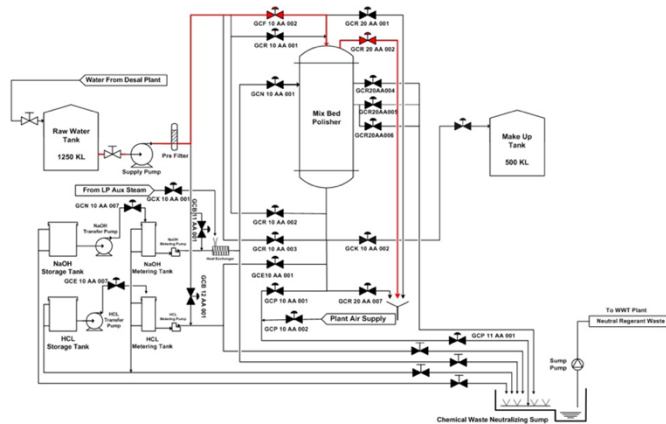


Gambar 2.19 Proses air mix WTP

Pada proses ini resin didalam mixed bed diaduk dengan menggunakan udara bertekanan supaya resin anion dan kation dapat bercampur.

h) Refill selama 5 menit

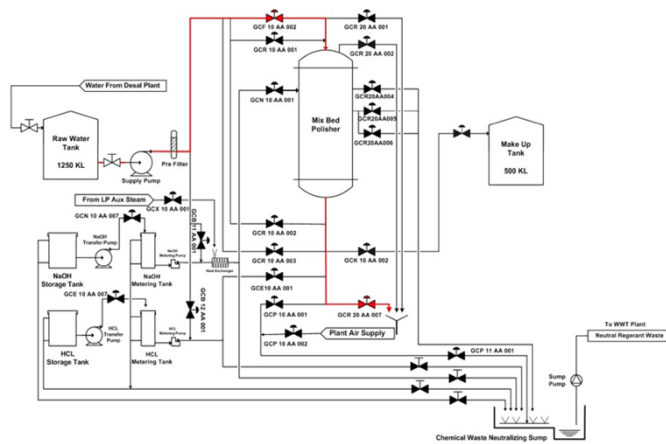
Proses pengisian mixed bed dengan air dari raw water hingga penuh.



Gambar 2.20 Proses refill WTP

i) Final Rinse selama 15 menit

Ini adalah proses terakhir pada proses regenerasi dimana dilakukan pembilasan terakhir dengan menggunakan line untuk proses service.



Gambar 2.21 Proses final rinse WTP

2.10 Penelitian Yang Pernah Dilakukan Sebelumnya

2.10.1 Penggunaan FMEA Dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Proses

Produksi Sarung , Alat Tenun Mesin (Studi kasus PT. ASAPUTEX JAYA TEGAL)

Penelitian dilakukan oleh Nia Budi Puspitasari, Arif Martanto , Teknik Industri UNDIP tahun 2014 :

Pada PT Asaputex Jaya Tegal, pengendalian kualitas yang dilakukan masih kurang maksimal. Hal ini dapat dilihat dari adanya sejumlah produk yang cacat dalam setiap kali produksi . Berdasarkan data historis yang didapatkan, bahwa prosentase cacat yang telah dilakukan pada bulan Agustus 2010 sampai dengan Juli 2011 masih sangat tinggi.

Tabel 2.7 Statistik produk cacat PT Aaputex Jaya Tegal

No.	Bulan	Jumlah Cacat	Jumlah Produk Jadi	Presentase Jumlah Cacat (%)
1	Agustus 2010	853	45947	1,86
2	September 2010	1017	45783	2,22
3	Oktober 2010	880	45920	1,92
4	November 2010	857	45943	1,87
5	Desember 2010	972	45828	2,12
6	Januari 2011	546	30654	1,78
7	Februari 2011	484	30716	1,58
8	Maret 2011	580	30260	1,89
9	April 2011	545	30655	1,78
10	Mei 2011	1193	45607	2,60
11	Juni 2011	1060	45740	2,31
12	Juli 2011	1291	45509	2,83

Dari data tersebut akan dilakukan perbaikan dalam proses produksi, dengan menggunakan metode FMEA sekaligus menghitung nilai RPN serta usulan perbaikan.

Tabel 2.8 FMEA kegagalan produksi sarung tenun

Rangking	Mode Kegagalan	RPN	Usulan
1	Connection patah	280	Pelumasan oil pada bearing dan engkol 1 minggu sekali
2	Shuttle rusak	144	Pembersihan gum saat pencucukan
3	Motor penggerak pemintal palet rusak	128	Pembersihan poros dan roda gigi setelah mesin digunakan
4	Kampas rem rusak	100	Pembersihan disk break setiap 5 jam
5	Tenaga mesin relling kurang dari 5 HP	96	Penambahan stabilizer voltage 500 Va pada mesin winding
6	Motor bum hani penggerak rusak	96	Pelumasan setiap 5 jam
7	Sensor elektrik ring rusak	90	Pembersihan sensor setiap hari
8	Panas boiler < 120 ⁰ C	84	Penambahan stabilizer voltage 1000 Va pada boiler
9	Tenaga pengantar silinder kurang dari 5 HP	84	Pembersihan dan Penambahan stabilizer voltage 500 Va

10	Rem drum tenun tidak bekerja	75	Pembersihan spindle setiap hari Pembersihan gear box sebulan sekali
11	Motor pemutar drum rusak	72	Pelumasan sebulan sekali Penambahan stabilizer voltage 1000 Va pada boiler
12	Alat otomatis pergantian palet rusak	63	Pembersihan palet dengan air gun
13	Motor pemutar rusak	54	Penambahan stabilizer voltage 500 Va
14	Mesin Jahit abnormal	36	Pembersihan mesin jahit setiap selesai beroperasi

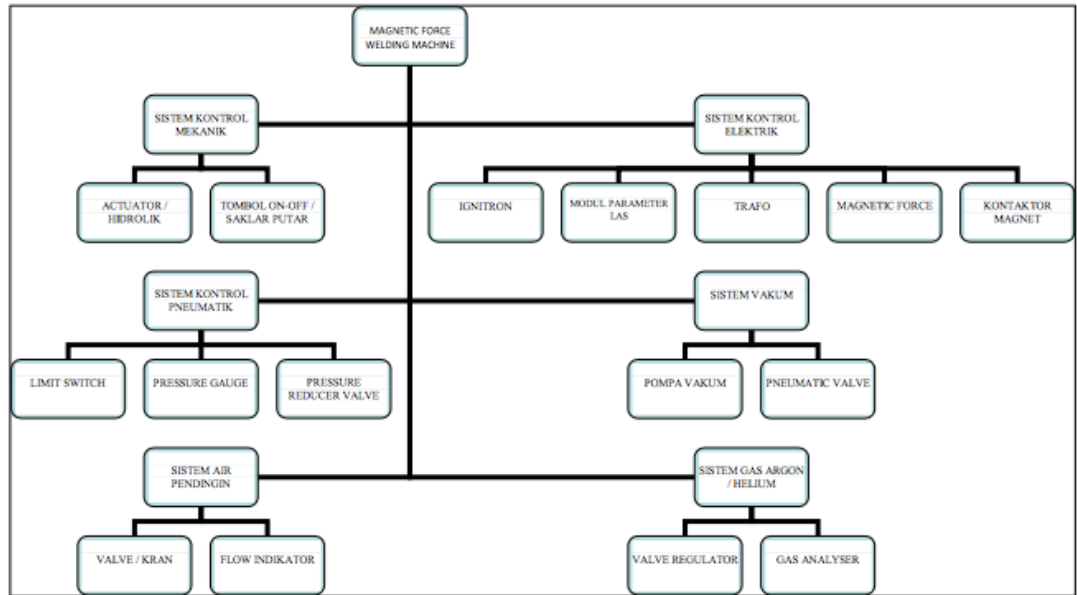
Kesimpulan

Moda kegagalan potensial pada proses pembuatan sarung tenun ATM pada PT. Asaputex Jaya terdiri dari 14 jenis kegagalan. Resiko kegagalan pada hasil FMEA digunakan sebagai prioritas dalam usulan perbaikan. Untuk resiko kegagalan terbesar pada RPN FMEA adalah yang memiliki nilai RPN diatas 100 yaitu *connecting* patah, *shuttle* rusak, motor penggerak pemintal palet rusak dan kampas rem rusak. Akan tetapi, semua moda kegagalan yang teridentifikasi tetap diberikan usulan perbaikan disesuaikan dengan kondisi perusahaan.

2.10.2 FMEA Sebagai Alat Analisa Resiko Mode Kegagalan Pada Magnetic Force Welding Machine ME-27.1

Penelitian dilakukan oleh Iwan Setiawan, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, Kawasan Puspiptek, Serpong, tahun 2014 :

Penelitian ini di gunakan untuk memaksimalkan kinerja force welding machine ME-27.1, dalam hal ini diperlukan untuk memahami kinerja dari mesin tersebut, dan struktur sistem magnetic force welding machine ME-27.1, Hal ini bertujuan untuk menjabarkan mode mode kegagalan yang mungkin terjadi akibat dari kegagalan struktur sistem tersebut.



Gambar 2.21 Struktur sistem magnetic force welding machine ME-27.1
 Struktur sistem magnetic force welding machine ME-27.1 digunakan sebagai dasar untuk membuat FMEA work sheet .

Tabel 2.9 Worksheet FMEA sistem magnetic force welding machine ME-27.1

No	Nama Item	Fungsi	Mode Kegagalan	Efek Kegagalan	Rating Risiko				Catatan [Perawatan]
					Sev	Prob	Det	Risk	
1	Sistem Kontrol Mekanik	Menggerakkan sistem mekanik Las	Mekanik pendukung tidak berfungsi	Tidak terjadi pelasan	1	2	1	2	Periksa sistem pneumatik dan aliran udara tekan
1.1	Aktuator / Hidrolik	Menggerakkan Main Window, Back Up Pivot dsb	Main Window, Back Up Pivot dsb tidak bergerak	Step / Langkah Pelasan tidak berjalan	1	2	1	2	Periksa kondisi fisik dan kebersihan Aktuator / Hidrolik
1.2	Tombol ON-OFF / Saklar Putar	Mengoperasikan Loader, Gage, RAM dsb	Loader, Gage, RAM dsb tidak bergerak	Step / Langkah Pelasan tidak berjalan	1	2	1	2	Periksa kondisi fisik Tombol ON-OFF / Saklar Putar
2	Sistem Kontrol Elektrik	Memberikan Input Power Elektrik	Input Power tidak ada	Mesin Tidak beroperasi	2	3	1	6	Periksa kondisi MCB Pada Lemari Panel
2.1	Ignitron	Memberikan Arus tinggi untuk Pelasan	Arus terlalu rendah	Hasil Las tidak sempurna	2	2	1	4	Periksa kondisi Ignitron
2.2	Modul Parameter Las	Menentukan Parameter Las	Parameter Las tidak Standar	Hasil Las tidak Sempurna	2	2	1	4	Setting parameter Las sesuai dengan karakteristik bahan
2.3	Trafo	Memberikan tegangan untuk membangkitkan Arus tinggi pada ignitron	Tegangan tidak stabil	Hasil Las tidak Sempurna	1	2	1	2	Setting Trafo sesuai dengan karakteristik bahan
2.4	Magnetic Force	Perekan Tutup Ujung terhadap kelongsong	Magnetic Force tidak bergerak	Tidak terjadi pelasan	1	2	1	2	Periksa sistem pneumatik dan aliran udara tekan
2.5	Kontaktor Magnet	Penghubung power input untuk limit switch	Limit switch tidak berfungsi	Sistem mekanik Las tidak bergerak	3	2	1	6	Periksa sistem pneumatik, aliran udara tekan dan power input
3	Sistem Kontrol Pneumatik	Memberikan Supply udara tekan	Udara tekan tidak ada	Sistem Mekanik Las tidak bekerja	1	2	1	2	Periksa aliran udara tekan
3.1	Limit Switch	Menggerakkan Back Up, Tube, Collet, seal dsb	Back Up, Tube, Collet, seal dsb tidak bergerak	Step / Langkah Pelasan tidak berjalan	1	2	1	2	Periksa aliran udara tekan dan power input
3.2	Pressure Gauge	Kontrol Tekanan kerja sistem mekanik	Tekanan kerja turun	Step / Langkah Pelasan tidak berjalan	1	2	1	2	Periksa pemipaan / nipple dan aliran udara tekan
3.3	Pressure Reducer Valve	Kontrol aliran udara	Aliran Udara Kurang	Step / Langkah Pelasan tidak berjalan	2	2	1	4	Periksa kondisi fisik PRV dan aliran udara tekan
4	Sistem Vakum	Memvakumkan chamber	Chamber tidak vakum	Hasil Las tidak sempurna	2	2	1	4	Periksa motor, pompa dan pneumatic valve
4.1	Pompa Vakum	Memvakumkan chamber	Pompa tidak berfungsi	Chamber tidak vakum	1	2	1	2	Periksa Motor Pompa dan power input
4.2	Pneumatik Valve	Membuka dan Menutup aliran vakum ke chamber	Pneumatik valve tidak berfungsi	Chamber tidak vakum	2	2	1	4	Periksa kondisi fisik pneumatic valve, aliran udara tekan dan power input

5	Sistem Air Pendingin	Mendinginkan Trafo	Air tidak mengalir	Panas berlebih pada Trafo	2	2	1	4	Periksa valve dan sistem aliran air pendingin sebelum dan sesudah MFV ME-27 dioperasikan
5.1	Valve / Kran	Membuka dan Menutup aliran air pendingin ke trafo	Air tidak mengalir	Panas berlebih pada Trafo	2	2	1	4	Periksa valve dan sistem aliran air pendingin dari Basement
5.2	Flow Indicator	Menunjukkan adanya aliran air pendingin	Air tidak mengalir	Panas berlebih pada Trafo	1	2	1	2	Periksa valve dan sistem aliran air pendingin dari Basement
6	Sistem Gas Argon/Helium	Menghindari oksidasi, saat dilakukan pelasan	Gas tidak mengalir	Hasil Las tidak sempurna	2	2	1	4	Periksa regulator pada tabung gas
6.1	Regulator	Kontrol Tekanan kerja gas Argon / Helium	Gas tidak mengalir	Hasil Las tidak sempurna	1	2	1	2	Periksa tabung gas
6.2	Gas Analyser	Kontrol gas Argon / Helium pada chamber	Gas Analyser tidak berfungsi	Hasil Las tidak sempurna	2	2	1	4	Periksa Gas Analyser dan aliran gas Argon / Helium

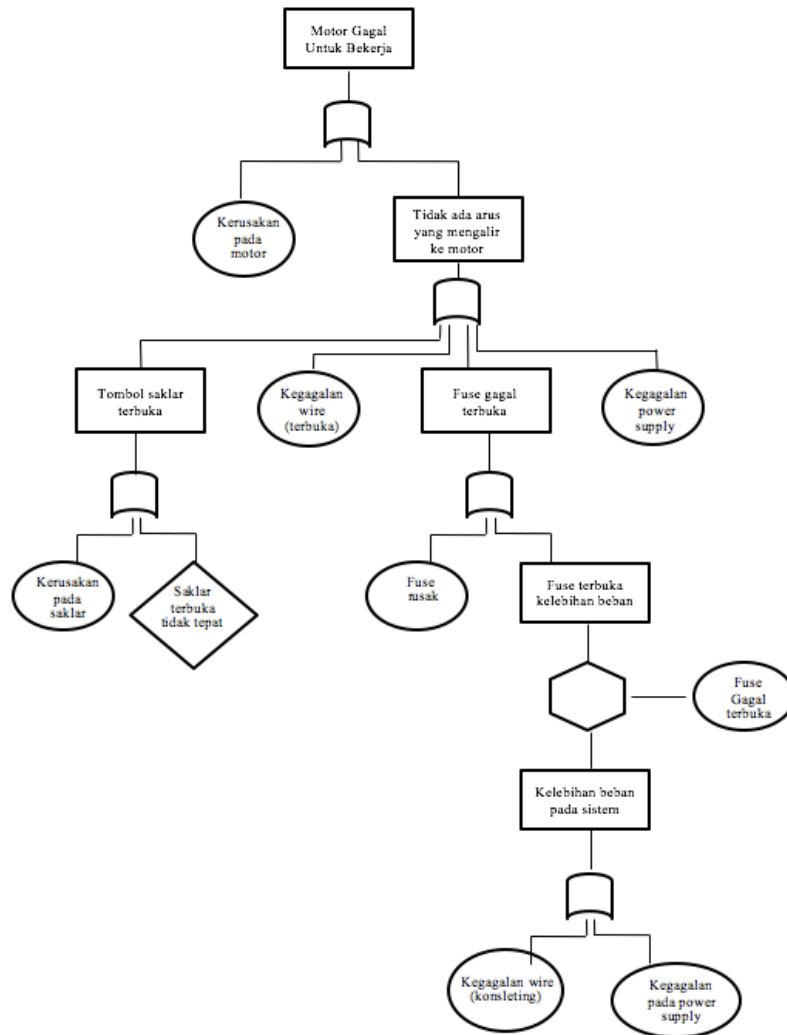
Kesimpulan

FMEA Worksheet dibuat berdasarkan moda kegagalan setelah proses identifikasi dapat dilakukan dengan menguraikan sub-sistem sampai tingkat komponen. Setelah itu dihitung RPN-nya dengan hasil penilaian risiko antara 2 sampai dengan 6, yang berarti bahwa dalam skala risk ranking rating risiko ≤ 10 dengan risiko kegagalan rendah. Dapat disimpulkan bahwa Magnetic Force Welding Machine ME- 27.1 handal sebagai alat proses perakitan pin elemen bakar nuklir dalam pabrikan elemen bakar nuklir.

2.10.3 Analisa Kegagalan Sistem Penggerak Motor Dari Sistem Air Conditioner Dengan Fault Tree Analysis

Penelitian dilakukan oleh Trisya Wulandari , Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam , Universitas Indonesia, Depok, tahun 2011 :

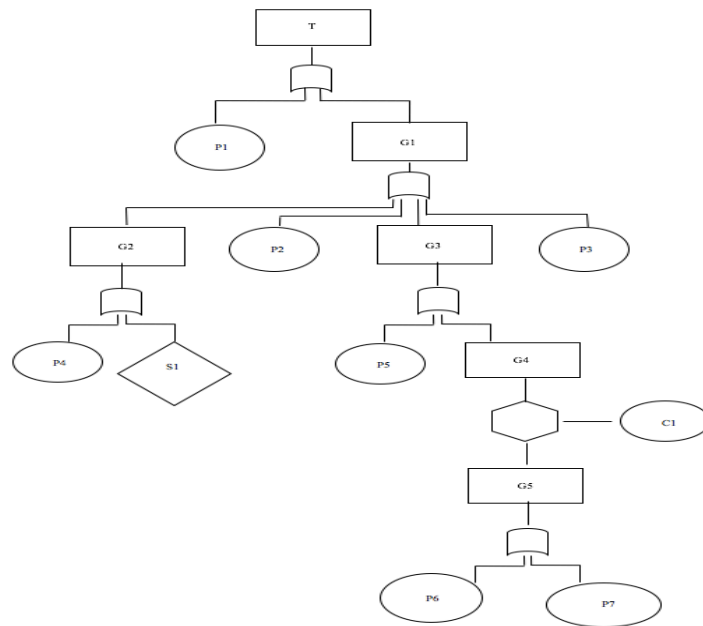
Penelitian ini dilakukan penulis untuk menjelaskan bagaimana menganalisa sebuah sistem dengan menggunakan fault tree disamping itu fault tree digunakan untuk menganalisa kegagalan sistem penggerak motor dari Air Conditioner.



Gambar 2.22 Fault Tree dari sistem penggerak motor

Dari fault tree diatas kemudian dicari minimal cut set . Cut set adalah himpunan dari basic event dimana jika semua basic event tersebut muncul, akan terjadi top event. Minimal cut set adalah himpunan kombinasi terkecil dari basic event dimana jika basic event tersebut terjadi, akan menyebabkan top event terjadi (Vesely dkk, 1981). Kemudian di buat pemisalan sebagai berikut :

- T adalah top event
- P adalah primary event (basic event)
- G adalah intermediate event
- S adalah undeveloped event
- C adalah conditioning event



Gambar 2.23 Fault Tree dengan pemisalan

- T = motor gagal bekerja (top event)
- P1 = kerusakan pada motor
- P2 = kegagalan kawat (terbuka)
- P3 = kegagalan power supply
- P4 = kerusakan pada tombol saklar
- P5 = tombol saklar terbuka pada kondisi normal
- P6 = kegagalan kawat (korsleting)
- P7 = kegagalan power supply
- G1 = tidak ada arus ke motor
- G2 = sekering gagal terbuka
- G3 = tombol saklar terbuka
- G4 = kegagalan sekering karena kelebihan beban
- G5 = kelebihan beban
- S1 = tombol saklar terbuka secara tidak tepat
- C1 = fuse gagal terbuka

Dari Gambar 2.13 bisa didapat persamaan Booleannya :

- $T = P1 + G1$
- $G1 = P2 + P3 + G2 + G3$
- $G2 = P4 + S1$
- $G3 = G4 + P5$
- $G4 = C1 \cdot G5$
- $G5 = P6 + P7$

Menggunakan pendekatan dari atas ke bawah, didapat:

$$\begin{aligned} T &= P1+G1 \text{ (karena } G1=P2+P3+G2+G3) \\ &= P1+P2+P3+G2+G3 \text{ (karena } G2=P4+S1, G3=G4+P5) \\ &= P1+P2+P3+P4+S1+G4+P5 \text{ (karena } G4=C1.G5) \\ &= P1+P2+P3+P4+S1+(C1.G5)+P5 \text{ (karena } G5=P6+P7) \\ &= P1+P2+P3+P4+S1+P5+(C1.(P6+P7)) \text{ (sifat distributif)} \\ &= P1+P2+P3+P4+S1+P5+(C1.P6)+(C1.P7) \end{aligned}$$

Maka minimal cut set dari Gambar 2.13 adalah $\{P1\}$, $\{P2\}$, $\{P3\}$, $\{P4\}$, $\{P5\}$, $\{S1\}$, $\{C1,P6\}$, $\{C1,P7\}$. Kemudian disimpulkan bahwa yang mempengaruhi sistem penggerak motor mengalami kegagalan berdasarkan perhitungan minimal cut set ialah :

- P1 = kerusakan pada motor
- P2 = kegagalan kawat (terbuka)
- P3 = kegagalan power supply
- P4 = kerusakan pada tombol saklar
- P5 = tombol saklar terbuka pada kondisi normal
- P6 = fuse gagal terbuka dan kegagalan kawat (korsleting)
- C1,P7 = fuse gagal terbuka dan kegagalan power supply