

No. Dok: 6799
Copy: 1

DI 621.816
Fzh
P

**PERBAIKAN PEMELIHARAAN *DIES* UNTUK MENCEGAH *BREAKDOWN DIES*
DENGAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)*
PADA PT TD AUTOMOTIVE COMPRESSOR INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Sebagian Syarat-Syarat Penyelesaian Program
Studi D-IV Teknik Industri Otomotif pada
Politeknik STMI Jakarta

Oleh:

Nama : AJI KHUSNUL FAHMI
NIM : 1115096

DATA BUKU PERPUSTAKAAN	
Tgl Terima	03/08/22
No Induk Buku	538/T10/SB/TA/22



POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN
JAKARTA
2019

SUMBANGAN ALUMNI

**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI**

TANDA PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR:

**“PERBAIKAN PEMELIHARAAN *DIES* UNTUK MENCEGAH
BREAKDOWN DIES DENGAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT
ANALYSIS (FMEA)* PADA PT TD AUTOMOTIVE COMPRESSOR
INDONESIA”**

DISUSUN OLEH:

NAMA : AJI KHUSNUL FAHMI
NIM : 1115096
PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diajukan dan
Dipertahankan Dalam Ujian Tugas Akhir
Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, 26 Agustus 2019

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Drs. Hasan Sudrajat, MM, MH
NIP : 197008202002121001

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL TUGAS AKHIR:

“PERBAIKAN PEMELIHARAAN DIES UNTUK MENCEGAH
BREAKDOWN DIES DENGAN METODE FAILURE MODE AND
EFFECT ANALYSIS (FMEA) PADA PT TD AUTOMOTIVE
COMPRESSOR INDONESIA”

DISUSUN OLEH:

NAMA : AJI KHUSNUL FAHMI
NIM : 1115096
PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta pada
Jam 13.30 Tanggal 6 September 2019

Jakarta, 6 September 2019

Dosen Penguji 1



Muhamad Agus, S.T., M.T.
(NIP: 197008292002121001)

Dosen Penguji 2



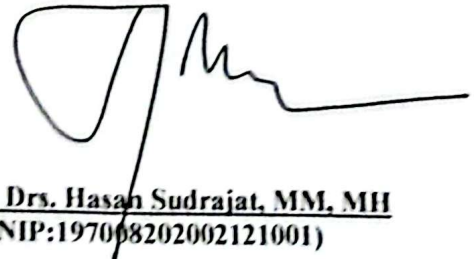
Ir. Suriadi A. Salam., M.Com.
(NIP: 195810251985031006)

Dosen Penguji 3



Irma Agustini Imdam, S.ST., M.T
(NIP: 197208012003112202)

Dosen Penguji 4



Dr. Ir. Drs. Hasan Sudrajat, MM, MH
(NIP: 197008202002121001)



LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Aji khusnul Fahmi
 NIM : 1115096
 Judul TA : Perbaikan pemeliharaan dies untuk mencegah kegagalan dies yang menyebabkan breakdown machine dengan metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) pada perusahaan manufaktur PT. TD Automotive Compressor Indonesia.
 Pembimbing : DR. Ir. Drs. Hasan Sudrajat, MM, MH
 Asisten Pembimbing : _____

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
10-7-'19	I - II	- Redaksional - Cover - Outline	
16-7-'19	I - III	o Outline selesai o Bab lainnya segera	
18-7-'19	I - IV	- Redaksional o Tabel yg jelas o Yang kosong diisi o Pembahasan	
20-7-'19	I - IV	- Redaksional	
23-7-'19	I - IV	Bahas yg detail	
29-7-'19	I - IV	o Diteruskan ke Bab V s.d selesai o Buat Power Point, sekalian	
01-8-'19	I - V	Buat selanjutnya yg rinci Abstract - Lembar pengantar	
06-8-'19	I - VI	- Daftar pustaka - Redaksional o PPT	
07-8-'19	I - VI jan 13 00	o Gambar Galley → Abstract perbaikan o Daftar pustaka	
07-8-'19	jan 15 00	Siapkan TPT → siap seminar	

Mengetahui,
Ka Prodi

an

Muhamad Agus, ST, MT
NIP: 197008292002121001

Pembimbing

DR. Ir. Drs. Hasan Sudrajat, MM, MH
NIP: 1950091979031002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aji Khusnul Fahmi

NIM : 1115096

Berstatus sebagai mahasiswa program studi Teknik Industri Otomotif di Politeknik STMI Jakarta, dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas akhir yang telah saya buat dengan judul “**PERBAIKAN PEMELIHARAAN *DIES* UNTUK MENCEGAH *BREAKDOWN DIES* DENGAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)* PADA PT TD AUTOMOTIVE COMPRESSOR INDONESIA**”

- **Dibuat** dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survey lapangan, asistensi dengan dosen pembimbing dan mempelajari buku-buku maupun jurnal-jurnal ilmiah yang menjadi bahan acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.
- **Bukan** merupakan hasil duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai sebelumnya untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali yang telah disebutkan sumbernya dan dicantumkan pada referensi karya Tugas Akhir ini.
- **Bukan** merupakan karya tulis hasil terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan, kecuali yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan di atas, maka saya bersedia menerima sanksi atas apa yang telah saya lakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jakarta, 26 Agustus 2019

Yang Membuat Pernyataan



Aji Khusnul Fahmi

ABSTRAK

Pemeliharaan *dies* yang dilakukan oleh perusahaan produksi kompresor sering mengalami kegagalan produksi salah satunya pada PT TD Automotive Compressor Indonesia (TACI). Akibatnya, pemeliharaan kurang efektif akibat mempengaruhi jam operasi pembuatan produk hasil *die casting*, penurunan produktivitas, serta berdampak bagi operator produksi maupun operator *maintenance dies* pada saat melakukan pergantian *dies* dan pada saat melakukan perbaikan *dies* di dalam mesin. Sehingga tujuan dalam penelitian ini dapat memberikan usulan pemeliharaan *dies* untuk mengurangi penyebab *breakdown dies* dan dapat mengidentifikasi frekuensi kemunculan problem *dies* sebelum dan sesudah penerapan rekomendasi perbaikan pemeliharaan *dies*. Untuk menyelesaikan masalah ini digunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengetahui *Risk Priority Number* (RPN) dari setiap part yang menyebabkan problem pada *dies* terjadi kemudian digunakan *tools Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengetahui akar penyebab masalah dari part yang mengalami kegagalan pada tipe *dies Front Cylinder 080B* (FC 080B). Setelah dilakukan perhitungan menggunakan FMEA, berdasarkan nilai RPN problem *galling* memiliki nilai RPN tertinggi yaitu sebesar 28, maka part kritis yang harus mendapatkan prioritas adalah part yang berpotensi menjadi penyebab terjadinya problem *galling* tersebut. Lalu setelah analisa dengan menggunakan *tools* FTA didapat akar permasalahannya disimpulkan menjadi rekomendasi perbaikan pemeliharaan *dies* yang langsung diterapkan pada bulan April 2019 dan membuat frekuensi kemunculan problem *dies galling* bulan April hingga Juli 2019 mengalami penurunan, frekuensi kemunculan problem *galling* sebanyak 10 kali yang sebelumnya 11 kali, dan berimbas pada penurunan dari problem *core/ cavity crack* dan *die flushing* sebanyak 1 kali yang sebelumnya 2 kali.

Kata kunci: FMEA, FTA, Die Casting, Dies, Manajemen Perawatan, Preventive Maintenance

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya serta hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Perbaikan Pemeliharaan Dies Untuk Mencegah Kegagalan Dies Yang Menyebabkan Breakdown Mesin Dengan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) Pada Perusahaan Manufaktur PT TD Automotive Compressor Indonesia”.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan di Jurusan Teknik Industri Otomotif, Politeknik STMI Jakarta untuk menyelesaikan jenjang studi Diploma-4 (D4), dan dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Terimakasih kepada kedua orang tua, Bapak Suwanto dan Ibu Muryani yang senantiasa selalu mendoakan, memberikan motivasi dan dukungan dari segi moril maupun materiil. penyusun mendapatkan banyak sekali bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, sehingga dalam kesempatan ini penulis juga bermaksud menyampaikan rasa terima kasih kepada:

- Dr. Mustofa, ST, MT, selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI.
- Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom., M.T. selaku pembantu direktur I Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI.
- Mohamad Agus, ST, MT, selaku Ketua Program Teknik Industri Otomotif Politeknik STMI Jakarta.
- Dr. Ir. Drs. Hasan Sudrajat, MM., MH, selaku dosen pembimbing atas segala keluangan waktu, tenaga, dan pikiran yang diberikan kepada penyusun selama pengerjaan laporan ini.
- Diana Santi Salati ST, MT, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Industri Otomotif Politeknik STMI Jakarta.
- Teman-teman Praktik Kerja Lapangan PT TD Automotive Compressor Indonesia, teman-teman operator, bapak leader, bapak foreman dan bapak

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1. 1. Latar Belakang.....	1
1. 2. Perumusan Masalah.....	2
1. 3. Tujuan Penelitian.....	2
1. 4. Pembatasan Masalah.....	3
1. 5. Manfaat Penelitian.....	3
1. 6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2. 1. Perawatan.....	6
2.2. Pencetakan Logam.....	12
2.3. <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	21
2.4. Alat-Alat Pengendali Kualitas.....	31
2.5. <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	38
3.1. Jenis dan Sumber Data.....	39
3.2. Metode Pengumpulan Data.....	38
3.3. Teknik Analisis.....	40
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	45
4.1. Pengumpulan Data.....	45
4.2. Pengolahan Data.....	57
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	86
5.1. Analisa Hasil Penilaian Risiko.....	86
5.2. Analisis usulan perbaikan berdasarkan FTA dan FMEA.....	87

5.3. Rekomendasi Perbaikan Pemeliharaan Berdasarkan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) dan <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA).....	91
5.4. Frekuensi Kegagalan Dies FC 080B Setelah Dilakukan Perbaikan Perawatan.....	94
BAB VI PENUTUP	97
6.1. Kesimpulan.....	97
6.2. Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbedaan Mesin Cetakan Tekanan.....	14
Tabel 2.2. Penggolongan Bahan Cor	16
Tabel 2.3. Automotive Industry Action Group (AIAG) <i>severity rating</i>	28
Tabel 2.4. Automotive Industry Action Group (AIAG) <i>occurrence rating</i>	29
Tabel 2.5. Automotive Industry Action Group (AIAG) <i>detection rating</i>	30
Tabel 2.6. Lembar Periksa / <i>Check Sheet</i>	32
Tabel 2.7. Penjelasan Istilah Simbol-simbol FTA.....	37
Tabel 4.1. Jenis Problem Dies.....	55
Tabel 4.3. Jadwal Produksi Die FC 080B.....	56
Tabel 4.4. Frekuensi Problem <i>Die</i> FC 080B Bulan Januari Hingga Maret 2019 ..	56
Tabel 4.5. <i>Lost Time</i> Problem <i>Die</i> FC 080B Bulan Januari Hingga Maret 2019 ..	56
Tabel 4.6. Nilai Severity Efek Kegagalan	76
Tabel 4.7. Menentukan Rating Occurance	77
Tabel 4.8. Menentukan Nilai Detection.....	80
Tabel 4.9. Worksheet FMEA Problem Die FC 080B	82
Tabel 4.10. Urutan Risk Priority Number.....	84
Tabel 5.1. Usulan Perbaikan berdasarkan FTA dan FMEA	88
Tabel 5.2. Frekuensi Problem Die FC 080B Bulan Januari Hingga Juli 2019	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konfigurasi Pembuat Cor Yang Baik	13
Gambar 2.2 Bagian-Bagian Pencetakan Logam	18
Gambar 2.3 Diagram Sebab Akibat	33
Gambar 2.4 Diagram Pareto	33
Gambar 2.5 Diagram Alur	34
Gambar 2.8 Simbol-simbol FTA	36
Gambar 2.9 Fault Tree Analysis	37
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Pemecahan Masalah	43
Gambar 4.1 Logo PT TD Automotive Compressor Indonesia	46
Gambar 4.2 Diagram Pie Pemegang saham PT TD Automotive Compressor Indonesia	47
Gambar 4.3 Lokasi PT TD Automotive Compressor Indonesia	48
Gambar 4.4 Produk Kompresor PT TD Automotive Compressor Indonesia	49
Gambar 4.5 Produk Divisi <i>Die Casting</i> PT TD Automotive Compressor Indonesia	49
Gambar 4.6 Struktur Organisasi PT TD Automotive Compressor Indonesia	50
Gambar 4.7 Flow Process Maintenance Die	53
Gambar 4.8 Diagram CMFE (<i>Cause Failure Mode Effect</i>)	59
Gambar 4.9 FTA Coupler Cooling Rusak	60
Gambar 4.10 FTA Pipa Cooling Robek	61
Gambar 4.11 FTA Oring Sobek	61
Gambar 4.12 FTA Lapisan Spark Depo Memudar	62
Gambar 4.13 FTA Spot Cooling Kemasukan Material	62
Gambar 4.14 FTA Suhu Cavity Terlalu Panas	63
Gambar 4.15 FTA Suhu Corepin Terlalu Panas	63
Gambar 4.16 FTA Coupler Squeeze Rusak	64
Gambar 4.17 FTA Pipa Squeeze Patah	64
Gambar 4.18 FTA Oring Piston Rod Sobek	65

Gambar 4.19 FTA Joint Piston Patah	65
Gambar 4.20 FTA Squeeze Block Patah	66
Gambar 4.21 FTA Piston Rod Aus	66
Gambar 4.22 FTA Coupler Cooling Rusak	67
Gambar 4.23 FTA Pipa Cooling Robek.....	67
Gambar 4.24 FTA Oring Sobek.....	68
Gambar 4.25 FTA Spot Cooling Kemasukan Material & Core Cavity Crack	68
Gambar 4.26 FTA Coupler Cooling Rusak	69
Gambar 4.27 FTA Pipa Cooling Robek.....	69
Gambar 4.28 FTA Oring Sobek.....	70
Gambar 4.29 FTA Spot Cooling Kemasukan Material & Corepin Patah.....	70
Gambar 4.30 FTA Coupler Cooling Rusak	71
Gambar 4.31 FTA Pipa Cooling Robek.....	71
Gambar 4.32 FTA Oring Sobek.....	72
Gambar 4.33 FTA Spot Cooling Kemasukan Material	72
Gambar 4.34 FTA Ada Lubang Pada Brazing.....	73
Gambar 4.35 FTA <i>Cavity</i> FD Dekok	73
Gambar 4.36 FTA <i>Core/ Cavity Crack</i>	74
Gambar 4.37 FTA <i>Body Die</i> Aus/ Dekok.....	74
Gambar 4.38 Diagram Pareto Urutan Risk Priority Number.....	84
Gambar 5.1 <i>Work Instruction</i> Pemeliharaan <i>Dies</i>	93
Gambar 5.2 Dokumentasi FMEA yang berhubungan dengan <i>Potential Failure</i> ..	96

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : Gambar Corepin Patah, Cavity, Spot Cooling

LAMPIRAN B : Gambar Piston Rod, Pipa Cooling, Pipa Squeeze dan Block
Squeeze

LAMPIRAN C : Gambar Move Die FC 080B, Fix Die FC 080B, Rubber Rimmer
dan Rimmer

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Operasi dan pemeliharaan merupakan dua aktifitas penting dalam kegiatan perusahaan. Bagi perusahaan industri manufaktur dalam hal ini produksi aluminium yang di cetak dengan *dies*, melakukan kedua aktifitas tersebut sangatlah penting karena untuk dapat terus memproduksi menghasilkan barang yang baik dan aman bagi konsumen, perusahaan pencetakan aluminium ini haruslah melakukan pemeliharaan dan operasi. Kedua aktifitas tersebut tidak dapat dipisahkan karena merupakan suatu kesatuan yang utuh, apabila pelaksanaan operasi tanpa melakukan pemeliharaan maka dapat dipastikan operasi tidak dapat berjalan dengan lancar begitupun sebaliknya.

Kegiatan operasi dan pemeliharaan *dies* terkadang dipengaruhi oleh faktor eksternal yang tidak terduga, seperti kondisi di dalam mesin dan kondisi lingkungan tempat menyimpan. Pemeliharaan *dies* yang dilakukan selama ini masih sering mengalami problem yang sering muncul pada saat melakukan produksi. Problem dari *dies* yang disebabkan dari pemeliharaan yang kurang efektif ini juga memengaruhi jam operasi *dies*, dan menurunkan produktivitas, serta dapat menimbulkan bahaya bagi operator produksi maupun operator *dies maintenance* pada saat melakukan pergantian *dies* dan pada saat melakukan perbaikan *dies* di dalam mesin.

Secara umum, FMEA merupakan metode yang secara sistematis digunakan untuk menganalisa sebab akibat dari problem *dies*. Modus kegagalan (*failure modes*) dimulai dengan membuat daftar problem-problem yang terjadi pada *dies* dan data-data frekuensi kejadian problem *dies* dari data *historis* yang ada di *file* komputer serta hasil wawancara. Contoh modus kegagalan pada sebuah alat dalam hal ini mesin adalah berupa kebocoran, bengkok, dan tekanan yang berlebihan. FMEA memprioritaskan kegagalan dan berusaha untuk menghilangkan penyebabnya. Sedangkan FTA merupakan *tools* yang memvisualisasi dan

memungkinkan kita bisa melihat part-part atau faktor-faktor pada *dies* yang menyebabkan problem, serta hubungan faktor-faktor tersebut. Penekanan dari FTA adalah untuk memberikan analisis dari hubungan part-part yang menyebabkan problem *dies* bisa terjadi.

Untuk itu perlu adanya penelitian mengenai pemeliharaan *dies* yang tepat agar tidak terjadinya *problem* yang menyebabkan *dies* mengalami *breakdown*, agar dapat dijadikan suatu kebijakan dalam manajemen sistem perawatan *dies* di divisi *die casting* khususnya pada tim *die maintenance* yang bertanggung jawab untuk memastikan *dies* yang digunakan baik untuk melakukan produksi produk, serta memperpendek periode kerusakan *dies* sebagai nilai jual produk agar dapat berkompetisi dengan perusahaan lainnya.

Untuk mengetahui dan mempelajari risiko-risiko kegagalan yang terdapat pada operasi dan pemeliharaan *dies* serta menentukan usulan langkah penanganan risiko yang kritikal pada sistem operasi *dies* di perusahaan manufaktur TACI ini, digunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan *tools Fault Tree Analysis* (FTA).

1. 2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas dapat ditarik suatu isu permasalahan terkait dengan kegagalan produksi pada TACI diantaranya:

1. Problem *dies* FC 080B yang memiliki nilai RPN tertinggi dan apa saja penyebabnya?
2. Bagaimana cara pemeliharaan *die* yang perlu dilakukan sehingga mengurangi penyebab *breakdown dies*?
3. Berapa frekuensi kemunculan problem *dies* sebelum (Januari hingga Maret 2019) dan setelah menerapkan rekomendasi perbaikan pemeliharaan *dies* (April hingga Juli 2019)?

1. 3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang sudah dijabarkan sebelumnya, maka dapat ditetapkan beberapa tujuan dari penelitian yang dilakukan, yaitu:

1. Mengetahui problem *dies* FC 080B yang memiliki nilai RPN tertinggi dan apa saja penyebabnya.
2. Memberikan usulan pemeliharaan *die* yang perlu dilakukan sehingga mengurangi penyebab *breakdown dies*.
3. Mengidentifikasi frekuensi kemunculan problem *dies* sebelum (Januari hingga Maret 2019) dan setelah menerapkan rekomendasi perbaikan pemeliharaan *dies* (April hingga Juli 2019).

1. 4. Pembatasan Masalah

Laporan Tugas Akhir ini akan membahas mengenai identifikasi resiko kegagalan potensial yang mungkin muncul pada proses produksi *cylinder block* dan *housing* kompresor. Untuk memfokuskan dan mendapatkan hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan, maka penulis melakukan beberapa pembatasan masalah yang menjadi acuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Penelitian dilakukan di TACI, khususnya penelitian tersebutnya dilakukan pada bagian *die maintenance*.
2. Fokus penelitian pada perawatan *dies Front Cylinder* (FC) 080B.
3. Identifikasi risiko yang ditinjau adalah risiko problem pada *dies* FC 080B.
4. Penelitian dilakukan sejak tanggal 8 Maret 2019 hingga 29 Maret 2019.

1. 5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pihak-pihak yang terkait. Adapun manfaat yang diharapkan antara lain:

1. Bagi perusahaan

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai masukan dalam pengambilan kebijakan perusahaan, dalam menentukan strategi serta pengendalian perawatan *dies* pada masa yang akan datang sebagai upaya peningkatan kualitas.

2. Bagi penulis

Hasil ini diharapkan dapat menambah pengetahuan mengenai penting pelaksanaan pengendalian kualitas dalam perusahaan. Selain penelitian ini dapat memberikan pengalaman dalam mengumpulkan, menganalisis data, serta menarik kesimpulan berdasarkan teori-teori yang diperoleh selama masa kuliah.

3. Bagi pihak lain

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi, sebagai tambahan ilmu, bahan pertimbangan dan perbandingan bagi penelitian selanjutnya secara lebih mendalam.

1. 6. Sistematika Penulisan

Pada sistematika penulisan ini penulis akan memberikan gambaran secara sistematis mengenai penyusunan Tugas Akhir ini yang dibagi dalam lima bab sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan secara singkat dan jelas mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, pembatasan masalah penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II: LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang penjelasan mengenai perawatan, pencetakan logam, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), alat-alat pengendali kualitas, *Fault Tree Analysis* (FTA). Dasar teori ini diperoleh dari literatur, artikel, jurnal, skripsi yang terkait dengan objek penelitian

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang langkah-langkah sistematis yang dilakukan untuk memecahkan masalah agar penelitian yang dilakukan lebih terarah. Langkah-langkah tersebut terdiri dari studi lapangan dan studi pustaka, perumusan masalah, tujuan penelitian, pengumpulan

data, pengolahan data, analisis dan pembahasan, kesimpulan dan saran.

BAB IV: PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi tentang pengumpulan data yang didapatkan berupa sejarah umum perusahaan, visi dan misi perusahaan, *flow process maintenance dies*, perawatan *dies* di divisi *die casting* TACI, frekuensi problem *dies*, mengidentifikasi faktor problem *dies* dengan menggunakan penghitungan *risk priority number* (RPN) dengan metode FMEA, mengidentifikasi faktor kegagalan part *dies* dengan menggunakan *tools* FTA.

BAB V: ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat analisis data atau analisa permasalahan yang ada di lapangan sesuai materi yang diambil. Dijabarkan pula beberapa solusi yang didapat digunakan untuk menyelesaikan masalah yang ada.

BAB VI: PENUTUP

Bab ini berisi tentang tentang kesimpulan dari laporan Tugas Akhir yang dilaksanakan dan memuat saran-saran yang dapat diberikan di perusahaan berdasarkan kesimpulan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2. 1. Perawatan

2.1.1. Pengertian Perawatan

Menurut Sudrajat (2011) perawatan atau yang lebih dikenal dengan kata *maintenance* dapat di definisikan sebagai suatu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai.

Sedangkan fasilitas yang dimaksudkan disini, sudah barang bukan hanya fasilitas seperti mesin-mesin produksi saja memerlukan perawatan tetapi juga fasilitas lain seperti generator, diesel, turbin dan utilitas pabrik lainnya dan bahkan peralatan kantor seperti komputer, printer ataupun peralatan angkut seperti *crane*, *forklift* dan lain-lain.

Berdasarkan definisi tersebut, maka terdapat beberapa alasan pentingnya melakukan pekerjaan perawatan, antara lain:

1. Agar fasilitas dapat siap dipakai pada saat dibutuhkan.
2. Seiring dengan waktu, tentunya kondisi dari suatu fasilitas yang mengalami pemakaian, kemampuan kinerjanya lambatlaun akan menurun karena tanpa perawatan semua fasilitas tersebut akan melemah secara bertahap tapi pasti, sehingga tidak lagi mempunyai kemampuan kerja baik secara teknis maupun ekonomis.
3. Diharapkan akan dapat memperpanjang umur pakai dari fasilitas tersebut.

2.1.2. Peranan perawatan dalam sistem produksi

Di industri dikenal dengan suatu produk yang merupakan hasil dari proses baik secara terputus-putus ataupun secara berkesinambungan. Proses tersebut membentuk suatu sistem yang saling terkait satu sama lain. Hal ini dapat disebut sebagai suatu sistem produksi, lebih luas lagi sistem produksi merupakan wahana atau sarana yang dipergunakan dalam mengubah masukan-masukan seperti sumber daya manusia, mesin/peralatan, dan yang lainnya guna menciptakan barang atau

jasa yang bermanfaat. Secara sederhana sistem produksi selalu terkandung masukan (*input*), fungsi operasi (*process*) dan keluaran (*output*)

Dalam usaha untuk memenuhi keluaran yang diinginkan, pada umumnya selalau diusahakan agar fasilitas dapat dipergunakan secara optimal, sehingga kegiatan produksi dapat berjalan dengan lancar. Untuk menjaga kelancaran kontinuitas kegiatan produksi tersebut dibutuhkan kegiatan perawatan.

Dalam sistem produksi, peranan kegiatan perawatan tidak hanya untuk menjaga agar sistem tetap bekerja, juga produk dapat dihasilkan untuk kemudian diserahkan pada konsumen secara tepat waktu dengan kualitas sesuai yang diharapkan. Dengan cara mengurangi kemacetan-kemacetan sekecil mungkin, sehingga sistem dapat bekerja secara efisien. Jadi peranan perawatan dalam sistem produksi sangat menentukan, yakni menyangkut kelancaran produksi, kelambatan, kualitas, volume produksi serta efisiensi produksi.

2.1.3. Manajemen Perawatan

Menurut Sudrajat (2011) manajemen perawatan adalah pengelolaan pekerjaan perawatan dengan melalui suatu proses perencanaan, pengorganisasian serta pengendalian operasi perawatan untuk memberikan performansi mengenai fasilitas industri. Gagasan yang muncul mengenai pokok-pokok pikiran dalam perencanaannya, ditunjukkan dengan pertanyaan-pertanyaan dasar berikut:

1. Apa yang harus dirawat?
2. Bagaimana cara merawatnya?
3. Kapan melakukan perawatan?
4. Siapa yang melakukannya?

Sedangkan pengorganisasiannya akan mencakup penerapan dari metode manajemen dan dengan cara yang sistematis. Dengan demikian jelaslah bahwa tercapainya tujuan perawatan di industri atau bengkel-bengkel kerja serta unit-unit kerja lainnya, tidaklah hanya ditunjang dengan fasilitas dan teknik perawatan saja, namun selain itu pula diperlukan manajemen yang memadai.

2.1.4. Pentingnya Manajemen Perawatan

Menurut Sudrajat (2011) bila suatu masalah telah menjadi kompleks dan berdampak besar, maka manajemen yang baik harus diterapkan. Demikian halnya

dengan perawatan bagi suatu sistem usaha, manajemen perawatan yang baik akan mendatangkan kebaikan pada sistem usaha yang bersangkutan.

Perawatan berarti ongkos, tetapi tidak adanya perawatan yang sesuai dengan yang diharapkan bisa berarti ongkos yang jauh lebih besar. Dengan demikian bila masalah perawatan menjadi kompleks dan berdampak besar, maka manajemen yang baik harus diterapkan. Karena itu, dapat ditarik kesimpulan bahwa manajemen perawatan yang baik akan menunjang aktivitas perawatan, sehingga sehingga keberhasilan dalam melakukan pengelolaan perawatan akan memberikan berbagai keuntungan, yaitu:

1. Memperpanjang waktu pengoperasian mesin yang digunakan semaksimal mungkin, dengan biaya perawatan seminimal mungkin.
2. Menjamin ketersediaan mesin dan peralatan secara optimal pada mesin akan digunakan.
3. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
4. Menjamin keselamatan kerja bagi setiap orang yang menggunakan mesin/peralatan.
5. Menyediakan informasi yang dapat menunjang pekerjaan perawatan.
6. Menentukan metode evaluasi yang berguna dalam pengawasan peralatan.
7. Membantu menciptakan kondisi kerja yang aman dan tertib.
8. Meningkatkan keterampilan para pekerja perawatan.

2.1.5. Aspek Dasar Manajemen Perawatan

Aspek dasar manajemen perawatan terkait dengan efisiensi, subjek ini sangat berhibingan dengan:

1. Tujuan, adalah sangat penting dalam menilai serta menenrukan tujuan perawatan.
2. Organisasi, adalah penyusunan tenaga kerja dan pembagian tugas untuk tenaga kerja bagian perawatan.
3. Metode atau sistem, adalah urutan pelaksanaan kegiatan pekerjaan perawatan dan bagaimana serta dimana pekerjaan itu dilaksanakan.

4. Ketenagakerjaan, biasanya yang berhubungan dengan rekrutmen, penempatan, latihan, kenaikan pangkat, dan pemberhentian.
5. Lingkungan, yang dimaksud adalah meliputi kondisi lingkungan kerja seperti tempat kerja, kantor, gudang dan kondisi fisik lainnya.
6. Mesin dan peralatan, adalah semua yang digunakan dalam melakukan pekerjaan perawatan.

2.1.6. Jenis-Jenis Perawatan Mesin

Menurut Sudrajat (2011) kegiatan perawatan mempunyai peranan yang sangat penting dalam mendukung beroperasinya suatu sistem secara lancar sesuai yang dikehendaki. Selain itu, kegiatan perawatan juga dapat meminimalkan biaya atau kerugian-kerugian yang ditimbulkan akibat adanya kerusakan mesin. Oleh sebab itu, tidak bisa dipungkiri perlunya suatu perencanaan kegiatan perawatan bagi masing-masing mesin produksi untuk memaksimalkan sumber daya yang ada. Keuntungan yang akan diperoleh perusahaan dengan lancarnya kegiatan produksi akan lebih besar. *Maintenance* adalah kegiatan yang diperlukan untuk mempertahankan (*retaining*) dan mengembalikan (*restoring*) mesin ataupun peralatan kerja ke kondisi yang terbaik sehingga dapat melakukan produksi dengan optimal. Menurut Sudrajat (2011) perawatan mesin (*Maintenance*) mesin dibagi menjadi beberapa jenis yaitu sebagai berikut:

1. *Breakdown Maintenance* (perawatan saat terjadi kerusakan)

Breakdown Maintenance adalah perawatan yang dilakukan ketika sudah terjadi kerusakan pada mesin atau peralatan kerja sehingga Mesin tersebut tidak dapat beroperasi secara normal atau terhentinya operasional secara total dalam kondisi mendadak. *Breakdown Maintenance* ini harus dihindari karena akan terjadi kerugian akibat berhentinya Mesin produksi yang menyebabkan tidak tercapai Kualitas ataupun Output Produksi. Pekerjaan perawatan dilakukan setelah terjadi kerusakan pada peralatan, dan untuk memperbaikinya harus disiapkan suku cadang, material, alat-alat dan tenaga kerjanya.

2. *Preventive Maintenance* (perawatan pencegahan)

Preventive Maintenance atau kadang disebut juga *Preventative Maintenance* adalah jenis *Maintenance* yang dilakukan untuk mencegah terjadinya

kerusakan pada mesin selama operasi berlangsung. Contoh *Preventive maintenance* adalah melakukan penjadwalan untuk pengecekan (*inspection*) dan pembersihan (*cleaning*) atau pergantian suku cadang secara rutin dan berkala. *Preventive Maintenance* terdiri dua jenis, yakni:

a. *Periodic Maintenance* (Perawatan berkala)

Periodic Maintenance ini diantaranya adalah perawatan berkala yang terjadwal dalam melakukan pembersihan mesin, Inspeksi mesin, meminyaki mesin dan juga pergantian suku cadang yang terjadwal untuk mencegah terjadi kerusakan mesin secara mendadak yang dapat mengganggu kelancaran produksi. *Periodic Maintenance* biasanya dilakukan dalam harian, mingguan, bulanan ataupun tahunan.

b. *Predictive Maintenance* (Perawatan Prediktif)

Predictive Maintenance adalah perawatan yang dilakukan untuk mengantisipasi kegagalan sebelum terjadi kerusakan total. *Predictive Maintenance* ini akan memprediksi kapan akan terjadinya kerusakan pada komponen tertentu pada mesin dengan cara melakukan analisa trend perilaku mesin/peralatan kerja. Berbeda dengan *Periodic maintenance* yang dilakukan berdasarkan waktu (*Time Based*), *Predictive Maintenance* lebih menitikberatkan pada Kondisi Mesin (*Condition Based*). Dengan kata lain bahwa pekerjaan perawatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara perawatan yang direncanakan untuk pencegahan (*preventif*). Ruang lingkup pekerjaan preventif termasuk: inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan, sehingga peralatan atau mesin-mesin se lama beroperasi terhindar dari kerusakan.

3. *Corrective Maintenance* (perawatan korektif)

Corrective Maintenance adalah Perawatan yang dilakukan dengan cara mengidentifikasi penyebab kerusakan dan kemudian memperbaikinya sehingga Mesin atau peralatan Produksi dapat beroperasi normal kembali. *Corrective Maintenance* biasanya dilakukan pada mesin atau peralatan produksi yang sedang beroperasi secara abnormal (Mesin masih dapat beroperasi tetapi tidak optimal). Jenis-jenis Perawatan atau Maintenance diatas

perlu dipelajari dan diketahui dalam menerapkan *Total Productive Maintenance* (TPM). Untuk mengukur kinerja Mesin, dapat menghitungnya dengan rumus OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

4. *Emergency Maintenance* (perawatan darurat)

Adalah pekerjaan perbaikan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga.

5. Perawatan Berjalan

Dimana pekerjaan perawatan dilakukan ketika fasilitas atau peralatan dalam keadaan bekerja. Perawatan berjalan diterapkan pada peralatan-peralatan yang harus beroperasi terus dalam melayani proses produksi

Disamping jenis-jenis perawatan yang telah disebutkan diatas, terdapat juga beberapa jenis pekerjaan lain yang bisa dianggap merupakan jenis pekerjaan perawatan seperti:

1. Perawatan dengan cara penggantian (*Replacement instead of maintenance*)

Perawatan dilakukan dengan cara mengganti peralatan tanpa dilakukan perawatan, karena harga peralatan pengganti lebih murah bila dibandingkan dengan biaya perawatannya. Atau alasan lainnya adalah apabila perkembangan teknologi sangat cepat, peralatan tidak dirancang untuk waktu yang lama, atau banyak komponen rusak tidak memungkinkan lagi diperbaiki.

2. Penggantian yang direncanakan (*Planned Replacement*)

Dengan telah ditentukan waktu mengganti peralatan dengan peralatan yang baru, berarti industri tidak memerlukan waktu lama untuk melakukan perawatan, kecuali untuk melakukan perawatan dasar yang ringan seperti pelumasan dan penyetulan. Ketika peralatan telah menurun kondisinya langsung diganti dengan yang baru. Cara penggantian ini mempunyai keuntungan antara lain, pabrik selalu memiliki peralatan yang baru dan siap pakai.

2.2. Pencetakan Logam

2.2.1. Sejarah Pengecoran Logam

Menurut Surdia dan Chijiiwa (2006) bahwa coran dibuat dari logam yang dicairkan, dituangkan ke dalam cetakan, kemudian dibiarkan mendingin dan membeku. Oleh karena itu sejarah pengecoran dimulai ketika orang mengetahui bagaimana mencairkan logam dan bagaimana membuat cetakan. Hal itu terjadi kira-kira tahun 4.000 SM, sedangkan tahun yang lebih cepat tidak diketahui orang. Penggunaan besi dimulai dengan penempaan, sama halnya dengan tembaga. Orang-orang Asia dan Mesir mempergunakan perkakas besi dalam tahun 2.800 – 2.700 SM. Kemudian, di Cina dalam tahun 800 -700 SM, ditemukan cara membuat coran dari besi kasar yang mempunyai titik cair rendah dan mengandung fosfor tinggi dengan mempergunakan tanur beralas datar. Teknik produksi ini kemudian diteruskan ke negara – negara sekitar Laut Tengah. Di Yunani, 600 SM, arca – arca raksasa Epminondas atau Hercules, berbagai senjata, dan perkakas dibuat dengan jalan pengecoran.

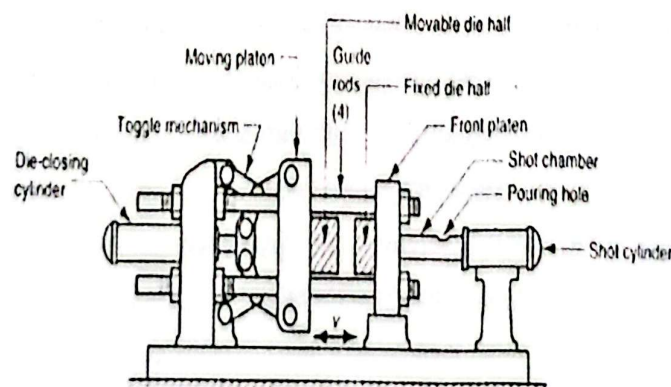
Telah dijelaskan bahwa untuk teknik pengecoran tembaga pertama kali ditemukan di Mesopotamia, logam cair dituangkan dalam pasir, kemudian seperti halnya cara baru untuk menuang logam cair ke dalam rongga yang dibuat dalam batu. Bahan batu tersebut adalah pasir, batu gamping atau serpentin yang mudah diolah, dan tanah liat untuk menguatkan. Selain cara mengukir batu atau membuat cetakan dari tanah, dikembangkan juga cara – cara membuat cetakan dengan pola kayu dan pola lilin. Pola lilin ditutup oleh campuran tanah pasir dan tanah liat yang kemudian dipanaskan agar lilin mencair dan terbang, maka terbentuklah rongga cetakan. Cara tersebut merupakan dasar dari pengecoran pasir dan pengecoran lilin seperti cara yang dikenal sekarang, dan dikatakan bahwa cara itu dikembangkan lama sekali, kira – kira sejak 2.000 tahun SM. Walaupun demikian teknik yang dipakai sekarang untuk membuat cetakan pasir dengan pola kayu disempurnakan di Eropa setelah abad 18 demikian juga halnya dengan teknik pencairan besi.

2.2.2. Teknik Pengecoran Logam

Menurut Surdia dan Chijiiwa (2006) pengecoran adalah salah satu teknik pembuatan produk dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian di

tuangkan kedalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat. Klasifikasi pengecoran berdasarkan umur dari cetakan, ada pengecoran dengan sekali pakai (*expendable Mold*) dan ada pengecoran dengan cetakan permanen (*permanent Mold*). Cetakan pasir termasuk dalam *expendable mold*. Karena hanya bisa digunakan satu kali pengecoran saja, setelah itu cetakan tersebut dirusak saat pengambilan benda coran. Dalam pembuatan cetakan, jenis-jenis pasir yang digunakan adalah pasir silika, pasir zircon atau pasir hijau. Sedangkan perekat antar butir-butir pasir dapat digunakan, bentonit, resin, furan atau air gelas. Pengecoran logam ini termasuk proses pengecoran cetakan permanen dengan cara menginjeksikan logam cair ke dalam rongga cetakan dengan tekanan berkisar 7 sampai 350 MPa. Tekanan tetap dipertahankan selama proses pembekuan, setelah seluruh bagian coran membeku cetakan dibuka dan hasil coran dikeluarkan dari dalam cetakan.

Mudah tidaknya pembuatan coran tergantung pada bentuk dan ukuran benda coran, jika pada coran yang tebal nya seragam, tipis, dan lebar atau tuangan yang memerlukan inti tipis dan panjang adalah sangat suka dibuat. Disamping itu cor – coran yang memerlukan ketelitian atau sudut sudut tajam kemungkinana sukar untuk dibuat. Oleh karena itu untuk membuat cor yang baik, perencana dan pembuatan cor perlu megerti mengenai pengecoran. Konfigurasi secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Konfigurasi Pembuat Cor Yang Baik
(Sumber: Surdia dan Chijiiwa, 2006)

Konfigurasi mesin cetak tekan ruang dingin (cold chamber die casting) terdapat dua jenis mesin cetak tekan:

1. Mesin cetak ruang panas (*Hot Chamber*), dan
2. Mesin cetak ruang dingin (*Cold Chamber*).

Perbedaan konfigurasi mesin cetakan tersebut yaitu dapat dilihat pada Tabel 2.1. berikut:

Tabel 2.1. Perbedaan Mesin Cetakan Tekanan

No.	Mesin Cetak Tekanan Ruang Panas	Mesin Cetakan Ruang Dingin
1	Tungku peleburan terdapat pada mesin dan silinder injeksi yang terendam dalam logam cair	Tungku peleburan terpisah, silinder injeksi di isi logam cair secara manual atau mekanis
2	Tekanan injeksi berkisar antara 7 sampai 35 MPa	Tekanan injeksi berkisar antara 14 sampai 140 MPa
3	Digunakan untuk logam cair dengan titik lebur rendah seperti Sn, Pb, Zn	Digunakan untuk logam cair dengan titik lebur lebih tinggi seperti Al, Cu, Mg
4	Laju produksi cepat, bisa mencapai 500 produk/ jam	Laju produksi lebih lambat dibandingkan cetak ruang panas

(Sumber: Surdia dan Chijiwa, 2006)

Logam dalam suhu kamar dalam keadaan padat. Logam dapat dicairkan dengan jalan memanaskan hingga mencapai temperature lelehnya. Logam cair berbeda dengan air. Adapun perbedaannya adalah sebagai berikut:

1. Logam mencair pada temperatur yang tinggi, dan pada proses pembekuannya terdapat pengintian kristal, sedangkan air cair pada temeparatur kamar dan tidak terjadi pengintian pada pembekuan.
2. Berat jenis logam cair lebih tinggi dibanding air. Berat jenis air 1,0 sedangkan besi cor 6,8 sampai 7,0, paduan alumunium 2,2 – 2,3, paduan timah 6,6 – 6,8. Karena berat jenis logam tinggi maka aliran logam memiliki kelembaman dan gaya tumbuk yang besar.

3. Logam cair tidak membasahi dinding, sedangkan air akan membasahi dinding wadahnya

Metode pengecoran yang banyak diaplikasikan di industri otomotif salah satunya adalah proses pengecoran cetak (*die casting*) yang menggunakan material paduan aluminium-silikon (Al - Si). Proses ini memiliki banyak keuntungan ekonomis karena dapat memproduksi komponen dengan toleransi ukuran yang sangat kecil dan permukaan yang halus. Meskipun keuntungan tersebut terkendala oleh mahalnya biaya material dan pembuatan cetakan (*dies*). Biasanya biaya cetakan akan mempengaruhi setidaknya 20% biaya produksi total pada industri Al *die casting*. Karenanya semakin banyak komponen yang dapat diproduksi dengan menggunakan sebuah cetakan, maka biaya produksi akan semakin rendah. Umumnya pakai sebuah cetakan merupakan faktor penting dalam proses Al *die casting*. Selain itu, pada industri *die casting* merupakan suatu tantangan untuk menurunkan waktu siklus proses pengecoran sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan menurunkan biaya produksi. Kerusakan pada cetakan dapat merupakan penghambat untuk hal ini, sebab mengakibatkan perlu diadakannya perbaikan atau penggantian cetakan sehingga menurunkan produktivitas. Pada umumnya kerusakan cetakan disebabkan karena retak termal, *washout*, dan *die soldering* yang terjadi pada permukaan cetakan yang mengalami kontak langsung dengan logam cair.

2.2.3. Bahan-Bahan Pengecoran

Bahan-bahan pengecoran umumnya digunakan sebagai dasar dalam pembuatan pencetak logam dan dapat dilihat pada Tabel 2.2. sebagai berikut:

1. Besi Cor

Besi cor merupakan paduan besi yang mengandung karbon, silisium, mangan, fosfor, dan belerang. Digolongkan menjadi enam macam yaitu besi cor kelabu, besicor kelas tinggi, besi cor kelabu paduan, besi cor bergrafit bulat, besi cor mampu tempa, dan besi cor cil. Karbon dan silisium ternyata memengaruhi struktur mikro, ukuran serta bentuk dari karbon bebas dan keadaan struktur dasar berubah sesuai dengan mutu dan kuantitasnya, disamping itu ketebalan dan laju pendinginan mempengaruhi struktur mikro, walaupun kekuatan

tarikan dari besi cor kelabu kira kira 10 -30 kgf/mm², namun besi memiliki titik cair 1.200 derajat celcius dan mempunyai kemampuan pengecoran yang baik serta murah, sehingga besi cor kelabu ini dipergunakan paling banyak untuk benda cor.

Tabel 2.2. Penggolongan Bahan Cor

Cor	Bahan Cor	Penggolongan Bahan Cor
COR	Besi Cor	<ul style="list-style-type: none"> • Besi cor kelabu • Besi cor mutu tinggi • Besi cor kelabu paduan • Besi cor bergrafit bulat • Besi cor mampu tempa • Besi cor dicil
	Baja Cor	<ul style="list-style-type: none"> • Baja cor karbon • Baja cor paduan
	Cor Paduan Tembaga	<ul style="list-style-type: none"> • Brons • Kuningan
	Cor Paduan Ringan	<ul style="list-style-type: none"> • Cor paduan aluminium • Cor paduan magnesium
	Cor Paduan Lainnya	<ul style="list-style-type: none"> • Cor paduan seng • Cor paduan nikel • Cor paduan timbal • Cor paduan tin

(Sumber: Surdia dan Chijiwa, 2006)

2. Baja Cor

Digolongkan ke dalam baja karbon dan baja paduan. Cor baja karbon adalah paduan besi karbon dan digolongkan menjadi tiga macam yaitu:

- Baja karbon rendah ($C < 0,20\%$)
- Baja karbon menengah ($0,20 - 0,50 \% C$)
- Baja karbon tinggi ($C > 0,5 \%$)

Kadar karbon yang rendah dapat membuat kekuatan yang rendah, perpanjangan yang tinggi dan harga bentur seta mampu las yang baik. Baja cor paduan adalah baja cor yang ditambah unsur-unsur paduan, salah satu atau beberapa unsur dari unsur paduan seperti mangan, khrom, molibden, atau nikel dibubuhkan untuk memberikann sifat sifat ketahan aus, ketahanan asam dan korosi atau keuletan.

3. Cor Paduan Tembaga

Macam-macam cor paduan tembaga: perunggu, kuningan, perunggu alumunim dan sebagainya. Perunggu adalah paduan antara tembaga dan timah, dan perunggu yang biasa dipakai mengandung kurang dari 15% timah. Titik cairnya kira-kira 1000 derajat selsius, jadi lebih rendah dari titik cair paduan besi, dan mampu-cornya baik sekali halnya dengan besi cor. Sifat-sifat ketahanan korosi dan ketahanan aus adalah baik sekali, sehingga bahan ini dapat dipakai untuk bagian-bagian mesin, harganya 5-10 kali lebih mahal dari besi cor kelabu, sehingga bahan ini hanya dipakai untuk bagian khusus dimana diperlukan sifat-sifat luar biasa. Perunggu digolongkan kedalam dua macam yaitu perunggu fosfor yang sifat ketahanan ausnya diperbaiki oleh penambahan fosfor dan perunggu timbal yang cocok untuk logam tambalan dengan menambahkan timbal. Kuningan adalah gabungan antara tembaga dan seng, dan kuningan tinggi adalah paduan yang mengandung tembaga, alumunium, besi, mangan, nikel, dan sebagainya. dimana unsur-unsur tersebut dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat mekanisnya. Perunggu alumunium adalah paduan tembaga, alumunium dan sebagainya, yang baik sekali dan sifat-sifat ketahanan aus dan korosi. Disamping itu ada pula cor tembaga murni.

4. Cor Paduan Ringan

Cor paduan ringan adalah cor paduan aluminium, cor paduan magnesium dan sebagainya. Aluminium murni mempunyai sifa mampu cor yang sanga jelek, oleh karena itu digunakan paduan aluminium denga penambahan tembaga, silisium, mangan, dan nikel. Cor paduan aluminium adalah ringan dan merupakan penghantar panas yang sangat baik.

5. Cor Paduan Lainnya

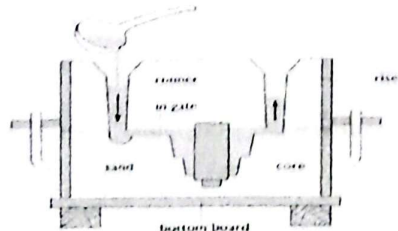
Paduan seng yang mengandung sedikit aluminium dipergunakan untuk pengecoran cetak.

2.2.4. Bagian-Bagian dari Pengecoran logam

Menurut Surdia dan Chijiwa (2006) secara umum cetakan harus memiliki bagian-bagian utama sebagai berikut:

1. *Cavity* (rongga cetakan), merupakan ruangan tempat logam cair yang dituangkan ke dalam cetakan. Bentuk rongga ini sama dengan benda kerja yang akan dicor. Rongga cetakan dibuat dengan menggunakan pola.
2. *Core* (inti), fungsinya adalah membuat rongga pada benda coran. Inti yang dibuat terpisah dengan cetakan dan dirakit pada saat cetakan akan digunakan.
3. *Gating system* (sistem saluran masuk), merupakan saluran masuk kerongga cetakan dari saluran turun.
4. *Sprue* (Saluran turun), merupakan saluran masuk dari luar dengan posisi vertikal. Saluran ini juga dapat lebih dari satu, tergantung kecepatan penuangan yang diinginkan.
5. *Pouring basin*, merupakan lekukan pada cetakan yang fungsi utamanya adalah untuk mengurangi kecepatan logam cair masuk langsung dari ladle ke sprue. Kecepatan aliran logam yang tinggi dapat terjadi erosi pada sprue dan terbawanya kotoran-kotoran logam cair yang berasal dari tungku kerongga cetakan.
6. *Raiser* (penambah), merupakan cadangan logam cair yang berguna dalam mengisi kembali ruangan cetakan.

Contoh bagian-bagian pencetakan logam dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2 Bagian-Bagian Pencetakan Logam
(Sumber: Surdia dan Chijiwa, 2006)

2.2.5. Cacat Cor Dan Pencegahannya

Menurut Surdia dan Chijjiwa (2006) cacat pada produksi pengecoran logam akan sering terjadi dalam periode kurun waktu yang tak tentu. Memproduksi cor harus banyak melalui proses dan dalam proses tersebut banyak fakto – faktor yang menyebabkan cacat, sehingga sukar untuk meyakinkan penyebab dari cacat tersebut. Dalam hal ini perlu adanya pelaksanaan percobaan yang direncanakan. Sifat-sifat penting dari cacat cor dan pencegahannya diuraikan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi cacat cor

Proses pengecoran dilakukan dengan beberapa tahapan mulai dari pembuatan cetakan, proses peleburan, penuangan dan pembongkaran. Untuk menghasilkan coran yang baik maka semuanya harus direncanakan dan dilakukan dengan sebaik-baiknya. Namun hasil cor sering terjadi ketidak sempurnaan atau cacat. Cacat yang terjadi pada coran dipengaruhi oleh beberapa factor yaitu:

- a. Desain pengecoran dan pola
- b. Pasir cetak dan desain cetakan dan inti
- c. Komposisi muatan logam
- d. Proses peleburan dan penuangan
- e. Sistem saluran masuk dan penambah.

2. Macam – macam cacat cor

Komisi pengecoran internasional telah membuat penggolongan cacat-cacat cor dan dibagi menjadi 9 macam, yaitu:

- a. Ekor tikus tak menentu atau kekasaran yang meluas
- b. Lubang-lubang
- c. Retakan
- d. Permukaan kasar
- e. Salah alir
- f. Kesalahan ukuran
- g. Inklusi dan struktur tak seragam
- h. Deformasi
- i. Cacat-cacat tak nampak

Cacat tersebut disebabkan oleh perencanaan, bahan yang dipakai, proses, atau perencanaan cor. Cacat lubang-lubang memiliki bentuk dan akibat yang beragam. Bentuk cacat lubang-lubang dapat dibedakan menjadi:

- a. Rongga udara,
- b. Lubang jarum,
- c. Rongga gas oleh cil,
- d. Penyusutan dalam,
- e. Penyusutan luar,
- f. Rongga penyusutan bentuk

2.2.6. Jenis–Jenis Pencetakan Logam

Proses pengecoran logam adalah proses pengerjaan untuk meleburkan logam dengan suhu tertentu, kemudian dituangkan pada cetakan yang sudah disiapkan sehingga mendapatkan bentuk yang direncanakan. Pengecoran logam dapat diartikan proses dari logam yang dicairkan, dituangkan ke dalam cetakan, kemudian dibiarkan mendingin dan membeku. Oleh karena itu sejarah pengecoran dimulai ketika orang mengetahui bagaimana mencairkan logam dan bagaimana membuat cetakan. Logam pertama yang dicor adalah emas dan perak. Hal itu dikarenakan emas dan perak terdapat di alam dalam keadaan murni. Setelah itu manusia menemukan tembaga yang sangat cocok untuk berbagai kebutuhan.

Cetakan yang digunakan proses pengecoran dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori yaitu; Pengecoran dengan cetakan permanen dan pengecoran dengan cetakan sekali pakai. Pasir cetak merupakan salah satu bahan membuat cetakan sekali pakai yang sering digunakan dalam proses pengecoran logam. Pasir cetak sangat berpengaruh terhadap hasil pengecoran, jika pasir cetak bagus maka hasil coran juga akan bagus. Menurut Surdia dan Chijjiwa (2006) cetakan biasanya dibuat dengan jalan memadatkan pasir. Pasir yang dipakai biasanya pasir alam atau pasir buatan yang mengandung tanah lempung. Cetakan pasir basah pada umumnya menggunakan pengikat lempung dengan alasan lebih murah. Tetapi, kekuatannya rendah. Terdapat beberapa tahapan dalam proses pengecoran logam salah satunya adalah pembuatan cetakan agar hasil pengecoran sesuai dengan pola yang dibuat. Oleh sebab itu, digunakan pengikat khusus yang lebih

kuat dan lebih cepat kering, seperti air-kaca, resin, semen dan masih banyak lagi diketahui bahwa pasir cetak daerah malang memiliki fluiditas yang cukup baik jika dipergunakan sebagai cetakan pengecoran logam aluminium silika. *Green Sand Mold* adalah salah satu jenis cetakan dalam pengecoran logam berbahan baku pasir yang diberi pengikat dan memiliki kandungan air. Menurut Heine (1990) “*green molding sand may be defined as a plastic mixture of sand grains, clay, water, and other materials which can be used for molding and casting processes. The sand is called green because of the moisture present and thus distinguished from dry sand*”. Kutipan tersebut dapat diartikan bahwa cetakan pasir basah terdiri dari campuran butir pasir, tanah liat (pengikat), air, dan material lain yang dapat digunakan untuk proses pencetakan dan pengecoran. Cetakan basah disebut dengan “green” karena kelembapan yang berbeda dari cetakan pasir kering atau *dry sand mold*.

Cetakan pasir basah (*green sand mold*) memerlukan pengikat agar membentuk pondasi yang kokoh dalam menahan aliran lelehan logam. Menurut informasi yang dikutip dari *ASM Handbook Committee* (Sutiyoko dan Effendi, 2012), clay atau bahan pengikat yang paling banyak digunakan adalah bentonit. Selama ini telah banyak penelitian yang membuktikan bahwa bentonit merupakan pengikat ideal bagi cetakan pasir, tetapi harga bentonit di pasaran bernilai cukup mahal apabila dibandingkan jenis pengikat lain (Tjitro dan Hendri, 2009). Dua jenis pengikat dengan pembagian kadar berbeda saling mengisi celah antar butir pasir membuat struktur cetakan pasir saling tumpang tindih. Terdapat dua kemungkinan yang terjadi pada permeabilitas cetakan pasir. Kemungkinan pertama, udara lebih mudah mengalir sehingga nilai permeabilitas cetakan tinggi dan kemungkinan kedua, udara sulit mengalir sehingga membuat nilai permeabilitas cetakan rendah.

2.3. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

2.3.1. Sejarah FMEA

Didalam mengevaluasi perencanaan sistem dari sudut *pandang reliability*, *failure modes and effect analysis* (FMEA) merupakan metode yang vital. Sejarah

FMEA berawal pada tahun 1950 ketika teknik tersebut digunakan dalam merancang dan mengembangkan sistem kendali penerbangan.

2.3.2. Dasar FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Menurut Chrysler (1995) FMEA merupakan salah satu alat dari Six Sigma untuk mengidentifikasi sumber-sumber atau penyebab dari suatu masalah kualitas. Menurut Chrysler (1995), FMEA dapat dilakukan dengan cara:

1. Mengenali dan mengevaluasi kegagalan potensi suatu produk dan efeknya.
2. Mengidentifikasi tindakan yang bisa menghilangkan atau mengurangi kesempatan dari kegagalan potensi terjadi.
3. Pencatatan proses (*document the process*).

Sedangkan manfaat FMEA adalah sebagai berikut:

1. Hemat biaya. Karena sistematis maka penyelesaiannya tertuju pada *potensial causes* (penyebab yang potensial) sebuah kegagalan / kesalahan.
2. Hemat waktu, karena lebih tepat pada sasaran.

Kegunaan FMEA adalah sebagai berikut:

1. Ketika diperlukan tindakan *preventive* / pencegahan sebelum masalah terjadi.
2. Ketika ingin mengetahui / mendata alat deteksi yang ada jika terjadi kegagalan.
3. Pemakaian proses baru.
4. Perubahan / pergantian komponen peralatan.
5. Pemindehan komponen atau proses ke arah baru.

2.3.3. Pengertian FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Menurut Chrysler (1995) FMEA (*failure mode and effect analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan/ kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu.

Terdapat dua penggunaan FMEA yaitu dalam bidang desain (FMEA Desain) dan dalam proses (FMEA Proses). FMEA Desain akan membantu menghilangkan kegagalan-kegagalan yang terkait dengan desain, misalnya

kegagalan karena kekuatan yang tidak tepat, material yang tidak sesuai, dan lain-lain. FMEA Proses akan menghilangkan kegagalan yang disebabkan oleh perubahan-perubahan dalam variabel proses, misal kondisi diluar batas-batas spesifikasi yang ditetapkan seperti ukuran yang tidak tepat, tekstur dan warna yang tidak sesuai, ketebalan yang tidak tepat, dan lain-lain. Penelitian tugas akhir ini menggunakan metode FMEA Proses.

Para ahli memiliki beberapa definisi mengenai FMEA, definisi tersebut memiliki arti yang cukup luas dan apabila dievaluasi lebih dalam memiliki arti yang serupa. Definisi FMEA tersebut disampaikan oleh:

1. Menurut Leitch (1995) definisi dari *failure mode and effect analysis* adalah analisa teknik yang apabila dilakukan dengan tepat dan waktu yang tepat akan memberikan nilai yang besar dalam membantu proses pembuatan keputusan dari *engineer* selama perancangandan pengembangan. Analisa tersebut biasa disebut analisa “bottom up”, seperti dilakukan pemeriksaan pada proses produksi tingkat awal dan mempertimbangkan kegagalan sistem yang merupakan hasil dari keseluruhan bentuk kegagalan yang berbeda.
2. Menurut Moubray (1992) definisi dari *failure modes and effect analysis* adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan berhubungan dengan setiap bentuk kegagalan.

2.3.4. Tujuan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Terdapat banyak variasi didalam rincian FMEA, tetapi semua itu memiliki tujuan untuk mencapai:

1. Mengenal dan memprediksi potensial kegagalan dari produk atau proses yang dapat terjadi.
2. Memprediksi dan mengevaluasi pengaruh dari kegagalan pada fungsi dalam sistem yang ada.
3. Menunjukkan prioritas terhadap perbaikan suatu proses atau sub sistem melalui daftar peningkatan proses atau sub sistem yang harus diperbaiki.

4. Mengidentifikasi dan membangun tindakan perbaikan yang bisa diambil untuk mencegah atau mengurangi kesempatan terjadinya potensi kegagalan atau pengaruh pada sistem.
5. Mendokumentasikan proses secara keseluruhan.

2.3.5. Langkah Dasar FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Terdapat langkah dasar dalam proses FMEA yang dilakukan oleh tim *desain for six sigma* (DFSS) adalah:

1. Membangun batasan proses yang dibatasi oleh struktur proses.
2. Membangun proses pemetaan dari FMEA yang mendiskripsikan proses produksi secara lengkap dan alat penghubung tingkat hirarki dalam struktur proses dan ruang lingkup.
3. Melihat struktur proses pada seluruh tingkat hirarki dimana masing-masing parameter rancangan didefinisikan.
4. Identifikasi kegagalan potensial pada masing-masing proses.
5. Mempelajari penyebab kegagalan dari pengaruhnya.

Pengaruh dari kegagalan adalah konsekuensi langsung dari bentuk kegagalan pada tingkat proses berikutnya, dan puncaknya ke konsumen. Pengaruh biasanya diperlihatkan oleh operator atau sistem pengawasan. Terdapat dua hal utama penyebab pada keseluruhan tingkat, dengan diikuti oleh pertanyaan seperti:

1. Apakah variasi dari input menyebabkan kegagalan?
2. Apakah yang menyebabkan proses gagal, jika diasumsikan input tepat dan sesuai spesifikasi?
3. Jika proses gagal, apa konsekuensinya terhadap kesehatan dan keselamatan operator, mesin, komponen itu sendiri, proses berikutnya, konsumen dan peraturan?
4. Pengurutan dari bentuk kegagalan proses potensial menggunakan risk priority number (RPN) sehingga tindakan dapat diambil untuk kegagalan tersebut.
5. Mengklasifikasikan variabel proses sebagai karakteristik khusus yang membutuhkan kendali seperti keamanan operator yang berhubungan dengan parameter proses, yang tidak mempengaruhi produk.

6. Menentukan kendali proses sebagai metode untuk mendeteksi bentuk kegagalan atau penyebab. Terdapat dua tipe kendali, yaitu :
 - a. Rancangan yang digunakan untuk mencegah penyebab atau bentuk kegagalan dan pengaruhnya.
 - b. Kegiatan tersebut dilakukan untuk mendeteksi penyebab dalam tindakan korektif.
 - c. Identifikasi dan mengukur tindakan korektif. Menurut nilai *risk priority number* (RPN), tim melakukannya dengan:
 - 1) Mentransfer resiko kegagalan pada sistem diluar ruang lingkup pekerjaan.
 - 2) Mencegah seluruh kegagalan.
 - 3) Meminimumkan resiko kegagalan dengan:
 - a) Mengurangi *severity* (Efek).
 - b) Mengurangi *occurance* (Frekuensi Kejadian).
 - c) Meningkatkan kemampuan deteksi.
 - d. Analisa, dokumentasi dan memperbaiki FMEA. *Failure mode and effect analysis* (FMEA) merupakan dokumen yang harus dianalisa dan diurus secara terus-menerus.

2.3.6. Identifikasi Elemen–Elemen FMEA

Elemen FMEA dibuat berdasarkan informasi yang mendukung analisa. Beberapa elemen-elemen FMEA adalah sebagai berikut :

1. Nomer FMEA (*FMEA Number*)

Berisi nomer dokumentasi FMEA yang berguna untuk identifikasi dokumen.
2. Jenis (*Item*)

Berisi nama dan kode nomer sistem, subsistem atau komponen dimana akan dilakukan analisa FMEA.

 - a. Penanggung Jawab Proses (*Process Responsibility*)

Adalah nama departemen/bagian yang bertanggung jawab terhadap berlangsungnya proses item diatas.
 - b. Disiapkan Oleh (*Prepared By*)

Berisi nama, nomer telpon, dan perusahaan dari personal yang bertanggung jawab terhadap pembuatan FMEA ini.

- c. Tahun Model (*Model Year(S)*)
Adalah kode tahun pembuatan item, bentuk ini yang dapat berguna terhadap analisa sistem ini.
- d. Tanggal Berlaku (*Key Date*)
Adalah FMEA due date dimana harus sesuai dengan jadwal.
- e. Tanggal FMEA (*FMEA Date*)
Tanggal dimana FMEA ini selesai dibuat dengan tanggal revisi terkini.
- f. Tim Inti (*Core Team*)
Berisi daftar nama anggota tim FMEA serta departemennya.
- g. Fungsi Proses (*Process Function*)
Adalah deskripsi singkat mengenai proses pembuatan item dimana sistem akan di analisa.
- h. Bentuk Kegagalan Potensial (*Potential Failure Mode*)
Merupakan suatu kejadian dimana proses dapat dikatakan secara potensial gagal untuk memenuhi kebutuhan proses atau tujuan akhir produk.
- i. Efek Potensial dari Kegagalan (*Potential Effect(S) of Failure*)
Merupakan suatu efek dari bentuk kegagalan terhadap pelanggan. Dimana setiap perubahan dalam variabel yang mempengaruhi proses akan menyebabkan proses itu menghasilkan produk diluar batas-batas spesifikasi.
- j. Tingkat Keparahan (*Severity (S)*)
Penilaian keseriusan efek dari bentuk kegagalan potensial.
- k. Klasifikasi (*Classification*)
Merupakan dokumentasi terhadap klasifikasi karakter khusus dari subproses untuk menghasilkan komponen, sistem atau subsistem tersebut.
- l. Penyebab Potensial (*Potential Cause(S)*)
Adalah bagaimana kegagalan tersebut bisa terjadi. Dideskripsikan sebagai sesuatu yang dapat diperbaiki.
- m. Keterjadian (*Occurrence (O)*)
Adalah sesering apa penyebab kegagalan spesifik dari suatu proyek tersebut terjadi.

- n. Pengendali Proses saat ini (*Current Process Control*)
Merupakan deskripsi dari alat pengendali yang dapat mencegah atau memperbesar kemungkinan bentuk kegagalan terjadi atau mendeteksi terjadinya bentuk kegagalan tersebut.
- o. Deteksi (*Detection (D)*)
Merupakan penilaian dari kemungkinan alat tersebut dapat mendeteksi penyebab potensial terjadinya suatu bentuk kegagalan.
- p. Nomor Prioritas Resiko (*Risk Priority Number (RPN)*)
Merupakan angka prioritas resiko yang didapatkan dari perkalian Severity, Occurrence, dan Detection
 $RPN = S \times O \times D \dots \dots \dots (2.1)$
- q. Tindakan yang direkomendasikan (*Recommended Action*)
Setelah bentuk kegagalan diatur sesuai peringkat RPNnya, maka tindakan perbaikan harus segera dilakukan terhadap bentuk kegagalan dengan nilai RPN tertinggi.
- r. Penanggung jawab Tindakan yang Direkomendasikan (*Responsibility (for the Recommended Action)*)
Mendokumentasikan nama dan departemen penanggung jawab tindakan perbaikan tersebut serta target waktu penyelesaian.
- s. Tindakan yang Diambil (*Action Taken*)
Setelah tindakan diimplementasikan, dokumentasikan secara singkat uraian tindakan tersebut serta tanggal efektifnya.
- t. Hasil RPN (*Resulting RPN*)
Setelah tindakan perbaikan diidentifikasi, perkiraan dan rekam Occurrence, Severity, dan Detection baru yang dihasilkan serta hitung RPN yang baru. Jika tidak ada tindakan lebih lanjut diambil maka beri catatan mengenai hal tersebut.
- u. Tindak Lanjut (*Follow Up*)
Dokumentasi proses FMEA ini akan menjadi dokumen hidup dimana akan dilakukan perbaikan terus menerus sesuai kebutuhan perusahaan.

2.3.7. Menentukan *Severity*, *Occurrence*, *Detection* dan *RPN*

Untuk menentukan prioritas dari suatu bentuk kegagalan maka tim FMEA harus mendefinisikan terlebih dahulu tentang *Severity*, *Occurrence*, *Detection*, serta hasil akhirnya yang berupa *risk priority number*.

1. *Severity*

Severity adalah langkah pertama untuk menganalisa resiko yaitu menghitung seberapa besar dampak/intensitas kejadian mempengaruhi output proses. Dampak tersebut diranking mulai skala 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk. Proses sistem peringkat yang dijelaskan pada Tabel 2.3 sesuai dengan standar AIAG (Automotive Industry Action Group) dibawah ini.

Tabel 2.3. Automotive Industry Action Group (AIAG) *severity* rating

<i>Effect</i>	<i>Severity of Effect for FMEA</i>	<i>Rating</i>
Bahaya tanpa adanya peringatan	Dapat memabahayakan operator dan alat itu sendiri tanpa ada peringatan terlebih dahulu	10
Bahaya dengan paringatan	Dapat membahayakan operator dan alat itu sendiri dengan ada peringatan terlebih dahulu	9
Sangat tinggi	Kegagalan mengganggu operasi alat secara total	8
Tinggi	kegagalan mengganggu >80%-50% operasi alat	7
Sedang	kegagalan mengganggu >50%-20% operasi alat	6
Rendah	kegagalan mengganggu >25%-10% operasi alat	5
Sangat Rendah	Kegagalan mempengaruhi kerja alat	4
Minor	kegagalan memberikan efek minor pada kerja alat	3
Sangat Minor	kegagalan memberikan efek yang dapat diabaikan	2
Tidak Ada	kegagalan tidak memberikan efek	1

(Sumber: *Automotive Industry Action Group*, 2018)

2. Occurrence

Occurrence adalah kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk. Dengan memperkirakan kemungkinan *occurrence* pada skala 1 sampai 10. Pada Tabel 2.4. berdasarkan standar AIAG mendeskripsikan proses sistem peringkat. Karena peringkat kegagalan jatuh antara dua angka skala. Standar menilai dengan cara interpolasi dan pembulatan nilai *occurrence*. Proses sistem peringkat yang dijelaskan pada Tabel 2.4 sesuai dengan standar AIAG (Automotive Industry Action Group) dibawah ini.

Tabel 2.4. Automotive Industry Action Group (AIAG) *occurrence* rating

Degree	Kriteria Verbal	Rating	Berdasarkan frekuensi kejadian
Very High	Kegagalan yang terjadi terus menerus	10	100 per 1000 item
		9	50 per 1000 item
High	Kegagalan yang sering terjadi	8	20 per 1000 item
		7	10 per 1000 item
Moderate	Kegagalan yang kadang terjadi	6	5 per 1000 item
		5	2 per 1000 item
		4	1 per 1000 item
Low	Kegagalan yang relatif sedikit terjadi	3	0,5 per 1000 item
		2	0, 1 per 1000 item
Very Low	Kegagalan yang hampir tidak pernah terjadi	1	0,01 per 1000 item

(Sumber: *Automotive Industry Action Group*, 2018)

3. Detection

Nilai *Detection* diasosiasikan dengan pengendalian saat ini. *Detection* adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan / mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Proses sistem peringkat yang dijelaskan pada Tabel 2.5 sesuai dengan standar AIAG (Automotive Industry Action Group) sebagai berikut:

Tabel 2.5. Automotive Industry Action Group (AIAG) *detection* rating

Deteksi	Kriteria Verbal	Rating
Hampir Tidak Mungkin	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi	10
Sangat Jarang	Alat pengontrol saat ini sangat sulit mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan	9
Jarang	Alat pengontrol saat ini sangat sulit mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan	8
Sangat Rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat rendah	7
Rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan rendah	6
Sedang	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang	5
Agak Tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang sampai tinggi	4
Tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat tinggi	3
Sangat Tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat tinggi	2
Hampir Pasti	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan hampir pasti	1

(Sumber: *Automotive Industry Action Group*, 2018)

4. *Risk Priority Number* (Angka Prioritas Resiko)

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

$$RPN = Severity (S) \times Occurance (O) \times Detection (D).....(2.2)$$

Angka ini digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang serius, sebagai petunjuk ke arah tindakan perbaikan.

2.3.8. Jenis-Jenis FMEA

Menurut Mc.Dermott, dkk (2009) ada dua jenis FMEA yaitu Product/Design FMEA dan Process FMEA.

1. Desain FMEA

Desain FMEA dipergunakan setelah rancangan sistem telah ditentukan. Desain FMEA akan mengarahkan modus kesalahan atau kegagalan kedalam tingkatan komponen dan digunakan untuk menganalisis produk sebelum digunakan proses manufaktur. Desain FMEA mempunyai titik utama pada modus kesalahan atau kegagalan yang disebabkan ketidakefisienan dalam perancangan.

2. Proses FMEA

FMEA jenis ini akan menguji modus kesalahan atau kegagalan dari setiap tahap dan proses manufaktur maupun perakitan sebuah produk. Tipe ini tidak harus selalu menguji secara detail dan modus kesalahan atau kegagalan dan peralatan yang dipergunakan untuk proses manufaktur atau perakitan, tetapi harus memperhatikan dimana modus kesalahan atau kegagalan tersebut mempengaruhi secara langsung terhadap kualitas, kekuatan, dan produk akhir yang dihasilkan.

2.4. Alat-Alat Pengendali Kualitas

Menurut Heizer dan Render (2015) pengendalian kualitas yang dikenal sebagai TQM (*Total Quality Management*) mempunyai tujuh alat yang dapat digunakan. Dan sangat berguna bagi para pekerja, manajer, teknisi, dan manajemen senior dalam melaksanakan tugasnya. Ketujuh alat tersebut dibagi ke dalam tiga fungsi, yaitu:

1. Alat untuk menghasilkan ide-ide

a. Lembar periksa

Lembar periksa merupakan suatu formulir untuk mencatat data. Umumnya, pencatatan data dilakukan agar dapat dengan mudah mengetahui sebuah pola yang mungkin dapat membantu untuk proses analisis selanjutnya.

Contoh lembar periksa dapat dilihat pada Tabel 2.6. dibawah ini:

Tabel 2.6. Lembar Periksa / *Check Sheet*

Cacat	Jam							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	///	/	-	/	/	/	///	/
B	//	/	/	/	-	-	//	///
C	/	//	-	-	-	-	//	////

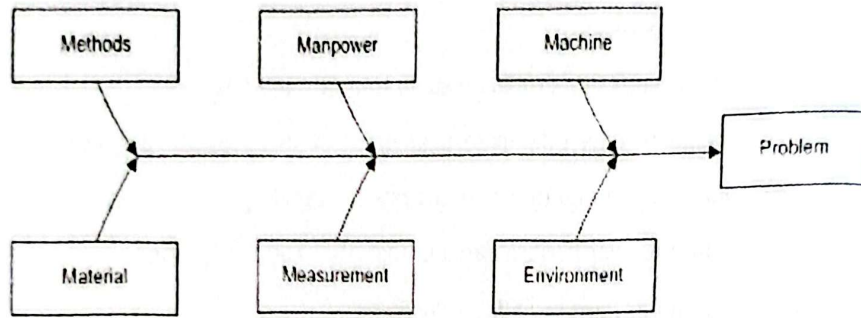
(Sumber: Heizier dan Render, 2015)

b. Diagram pencar

Diagram pencar merupakan alat statistik sederhana untuk mengetahui gambaran jelas mengenai hubungan antar dua variable dan kekuatan dari hubungan tersebut. Jika dua hal saling berkaitan, titik data akan membentuk kelompok yang sangat dekat (*tight band*). Apabila menghasilkan pola acak, maka dua variabel tersebut tidak saling berkaitan.

c. Diagram Sebab dan Akibat (*Cause and Effect Diagram*)

Diagram sebab dan akibat dikenal juga sebagai diagram Ishikawa atau diagram tulang ikan (*fish-bone*). Manajer operasional membagi 4 (empat) faktor penyebab yaitu material, mesin/peralatan, tenaga kerja, dan metode. Perusahaan dapat menggunakan setiap faktor yang muncul dalam diagram untuk membantu proses *brainstorming*. Contoh dapat dilihat pada Gambar 2.3 dibawah ini:

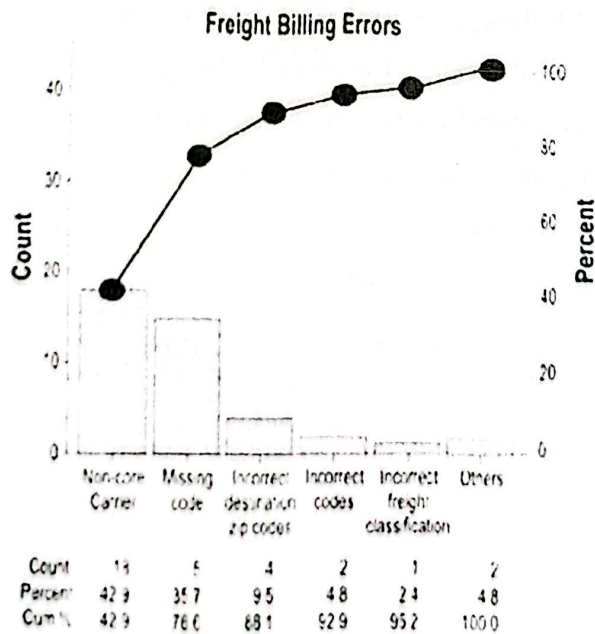


Gambar 2.3 Diagram Sebab Akibat
(Sumber: Goestch dan Davis, 2014)

2. Alat untuk mengatur data

a. Diagram Pareto

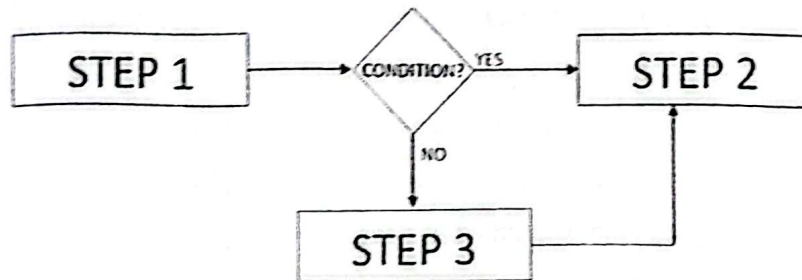
Merupakan metode dalam menyusun dan mengatur kesalahan atau cacat untuk membantu penyelesaian masalah secara fokus mulai dari yang paling penting dalam bentuk frekuensi secara berurutan. Hal-hal apa saja yang menjadi masalah, kemudian masalah apa yang perlu diprioritaskan, serta berapa persen (%) dari total menyebabkan setiap masalah yang timbul dapat diidentifikasi dengan diagram Pareto. Contoh diagram Pareto dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini:



Gambar 2.4 Diagram Pareto
(Sumber: Goestch dan Davis, 2014)

b. Diagram Alur

Diagram alur menggambarkan suatu proses atau sistem menggunakan segi empat bermotasi serta garis yang berhubungan. Contoh diagram alur dapat dilihat pada Gambar 2.5 dibawah ini:



Gambar 2.5 Diagram Alur
(Sumber: Heizier dan Render, 2015)

2.5. Fault Tree Analysis (FTA)

Menurut Priyanta (2000), FTA merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat top down, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*Top Event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*).

Menurut Allison dan Foster (2004), FTA merupakan suatu model grafis yang menyangkut berbagai paralel dan kombinasi percontohan kesalahan-kesalahan yang akan mengakibatkan kejadian dari peristiwa tidak diinginkan yang sudah diketahui sebelumnya, atau juga dapat diartikan sebagai gambaran hubungan timbal balik yang logis dari peristiwa peristiwa dasar yang mendorong terjadinya peristiwa utama yang tidak diinginkan.

Menurut Blanchard (2004) FTA merupakan metode analisis deduktif dengan menggambarkan grafik *enumerasi* dan analisis bagaimana suatu kerusakan bisa terjadi dan beberapa peluang terjadinya kerusakan.

Menurut Rooney (2001) FTA merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisa akar penyebab kecelakaan kerja.

Berdasarkan beberapa definisi diatas, *Fault Tree Analysis* adalah suatu analisis pohon kesalahan secara sederhana dapat diuraikan sebagai suatu teknik

analitis. Pohon kesalahan adalah suatu model grafis yang menyangkut berbagai paralel dan kombinasi percontohan kesalahan-kesalahan yang akan mengakibatkan kejadian dari peristiwa tidak diinginkan yang sudah didefinisi sebelumnya, atau juga dapat diartikan sebagai suatu metode berbentuk grafis yang mengidentifikasi resiko-resiko sampai ketinggian paling dasar yang berpengaruh pada kegagalan utama.

Analisis pohon kesalahan (*Fault Tree Analysis*) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisa akar penyebab akar kecelakaan kerja. Langkah-langkah membangun FTA:

1. Mendefinisikan kecelakaan
2. Mempelajari sistem dengan cara mengetahui spesifikasi peralatan, lingkungan kerja dan prosedur operasi.
3. Mengembangkan pohon kesalahan.

2.5.1. Langkah-langkah Untuk Menyusun FTA

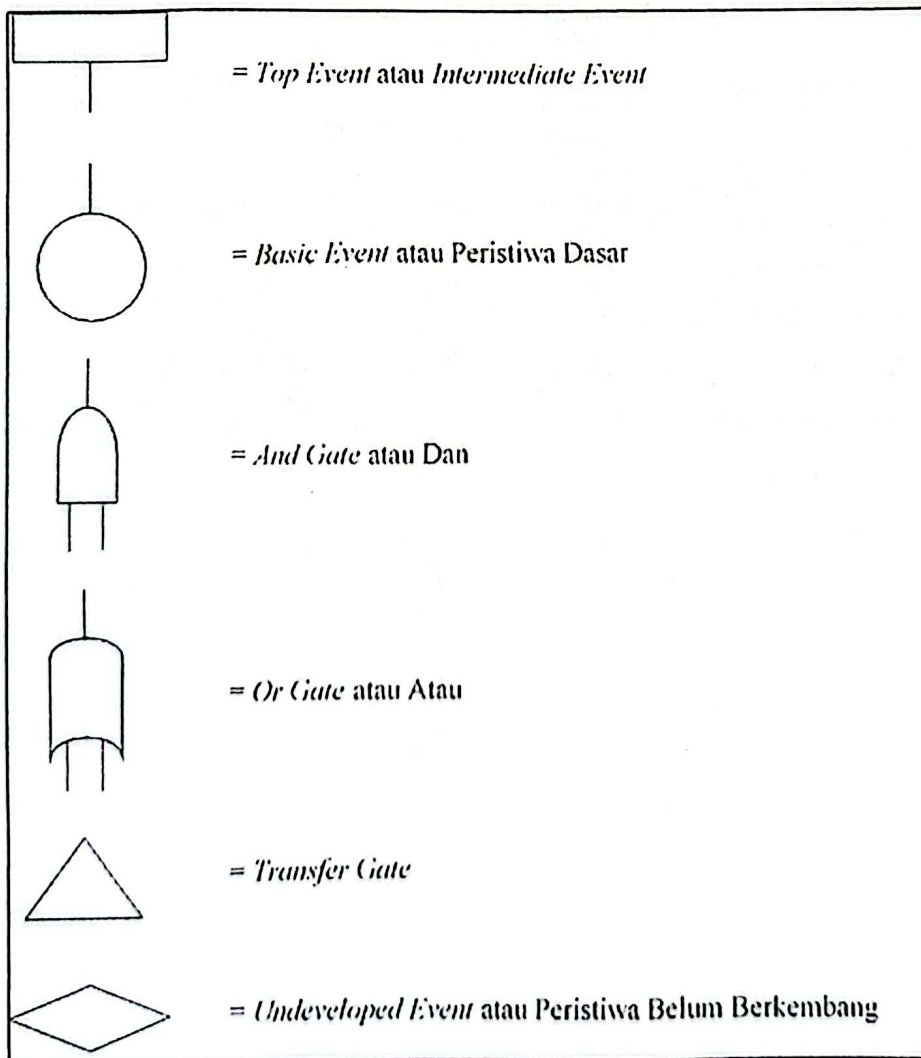
Menurut Blachard (2004) langkah-langkah untuk menyusun FTA adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kejadian paling atas/utama dalam sistem. Langkah pertama ini merupakan langkah penting, karena akan mempengaruhi analisis sistem. Dibutuhkan pemahaman mengenai sistem serta jenis-jenis kerusakan untuk mengidentifikasi akar permasalahan pada sistem.
2. Buat pohon kesalahan. Setelah permasalahan terpenting teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah menyusun urutan sebab akibat pohon kesalahan. Pembuatan pohon kesalahan menggunakan simbol-simbol *Boolean*.
3. Analisis pohon kesalahan untuk mengidentifikasi cara menghilangkan atau memperbaiki kejadian yang mengarah pada kegagalan. Tahap-tahap analisis pohon kesalahan dapat dibedakan menjadi 3, yaitu :
 - a. Menyederhanakan pohon kesalahan. Dengan cara menghilangkan cabang-cabang yang memiliki kemiripan karakteristik. Tujuan penyederhanaan ini adalah untuk mempermudah dalam melakukan analisis system yang lebih lanjut.

- b. Menentukan peluang munculnya kejadian atau peristiwa terpenting dalam sistem (*top level event*). Pada langkah ini, peluang semua *input* dan logika hubungan (*and/or*) digunakan sebagai pertimbangan menentukan peluang. Digunakan Simbol Boolean untuk mengganti simbol logika hubungan $OR = \cup$ lalu $AND = \cap$
- c. Mereview hasil analisis, *review* hasil analisis digunakan untuk mengetahui kemungkinan perbaikan pada sistem.

2.5.2. Simbol-simbol FTA

FTA memiliki beberapa simbol yang memiliki arti yang berbeda-beda, Gambar 2.8 dibawah ini merupakan keterangan istilah dari simbol-simbol FTA.



Gambar 2.8 Simbol-simbol FTA
(Sumber: Blanchard, 2004)

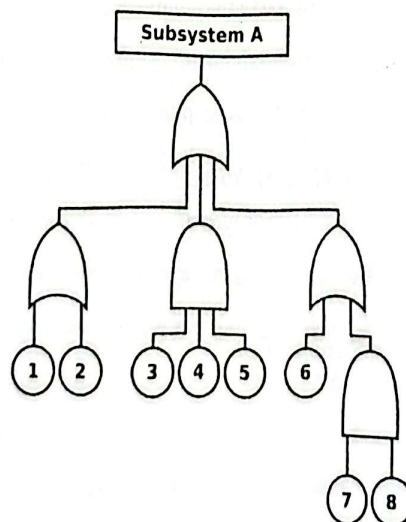
Berdasarkan Gambar 2.8, kita dapat mengetahui istilah dari setiap simbol FTA, dapat dijelaskan pada Tabel 2.7. dibawah ini merupakan penjelasan dari setiap nama simbol FTA.

Tabel 2.7. Penjelasan Istilah Simbol-simbol FTA

Istilah	Keterangan
<i>Top Event</i>	Penyimpangan yang tidak diharapkan dari suatu keadaan normal pada suatu komponen dari sistem.
	Kejadian yang dikehendaki pada “punjak” yang akan diteliti lebih lanjut kearah kejadian dasar lainnya dengan menggunakan gerbang logika untuk menentukan penyebab kegagalan.
<i>Logic Event</i>	Hubungan secara logika antara input dinyatakan dalam <i>AND</i> dan <i>OR</i> .
<i>Transfer Gate</i>	Segitiga yang digunakan symbol transfer. Simbol ini menunjukkan bahwa uraian lanjutan kejadian berada dihalaman lain.
<i>Undeveloped Event</i>	Kejadian dasar (<i>Basic Event</i>) yang tidak bisa dikembangkan lebih lanjut karena tidak tersedianya informasi.
<i>Basic Event</i>	Kejadian yang tidak diharapkan yang dianggap sebagai penyebab dasar sehingga tidak diperlukan Analisa lebih.

(Sumber: Blanchard, 2004)

Dari penjelasan tentang metode FTA diatas, dibawah ini merupakan contoh kasus dari penggunaan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dapat dilihat pada Gambar 2.9 sebagai berikut:



Gambar 2.9 Fault Tree Analysis
(Sumber. Blanchard, 2004)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan suatu tahapan-tahapan sistematis dalam penelitian yang menjelaskan dan menggambarkan masalah yang ada secara terperinci, yang ditetapkan terlebih dahulu sebelum dilakukan penelitian untuk mempermudah analisis dan pemecahan masalah yang sedang terjadi. Metodologi penelitian dilakukan agar penelitian dapat terarah dan memudahkan menganalisis permasalahan yang ada. Serta kesimpulan dan saran akan didapat setelah melakukan analisis dari hasil pengolahan.

3.1. Jenis dan Sumber Data

Jenis data dan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1. Jenis Data

Jenis data yang dikumpulkan terdiri dari dua jenis, dengan metode pengumpulan data sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer yaitu data yang diperoleh secara langsung di perusahaan tanpa perantara, yang didapat berupa opini secara individual (wawancara kepada supervisor, foreman, leader hingga ke operator) kelompok atau *group* (kelompok kerja satu dan dua *dies maintenance*). Data yang didapat secara langsung yaitu cara perawatan *dies* atau perlakuan perawatan *dies* apa saja saat *Preventive Maintenance* (PM) dan *Breakdown Machine* (BM) yang sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP), lalu faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi sehingga terjadinya problem pada *dies*.

2. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang diperoleh atau telah dikumpulkan oleh pihak lain yaitu TACI yang berkaitan dengan permasalahan ini seperti buku-buku maupun literatur yang telah ada sebelumnya. Data sekunder yang dikumpulkan meliputi:

- a. Data umum perusahaan TACI.

- b. Data *lost time* atau waktu yang terbuang karena problem *dies* yang terjadi dan menyebabkan *breakdown dies* dan mengganggu proses produksi.
- c. Data frekuensi problem *dies* atau berapa banyak kejadian problem pada *dies* dan jenis problem apa saja yang terjadi di tipe *dies* FC 080B.
- d. Matriks yang mempengaruhi terjadinya problem pada *dies*.
- e. Aliran proses produksi dan perawatan *dies* PM (*Preventive Maintenance*) maupun BM (*Breakdown Machine*).

3.2.2. Sumber Data

Data-data yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini didapat dari:

1. Data primer yang berasal dari pengamatan dan pengukuran langsung di bagian *Die Maintenance* TACI.
2. Data sekunder yang berasal dari bagian *Human Resource Development* (HRD) yang mencakup data umum perusahaan dan bagian *Die Maintenance* yang mencakup data *lost time* dan frekuensi problem *dies* matriks faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya problem *dies* di TACI.

3.2. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan untuk mendukung menyelesaikan permasalahan yang terjadi di perusahaan. Dalam melakukan pengumpulan data, terdapat beberapa metode yang digunakan yaitu:

1. Studi Lapangan (*Field Research*)

Studi lapangan adalah pengumpulan data secara langsung ke rantai produksi dengan menggunakan teknik pengumpulan data yaitu dengan melakukan wawancara dengan *group leader* maupun operator di bagian *Die Maintenance* serta mencatat hal-hal penting yang dibutuhkan. Maksud dari studi lapangan yang dilakukan adalah untuk mengetahui kondisi aktual dan permasalahan yang terjadi secara akurat mengenai problem *dies* pada rantai produksi di PT TD Automotive Compressor Indonesia (TACI).

2. Studi Pustaka

Studi Pustaka dilakukan untuk mendapatkan landasan teori yang berguna bagi penelitian yang diperoleh dari beberapa sumber buku dan jurnal. Landasan teori

yang digunakan harus dapat membantu penelitian dan memecahkan permasalahan yang sedang dihadapi.

3. Wawancara (*Interview*)

Yaitu metode pengumpulan data dan informasi melalui wawancara kepada *group leader* atau operator yaitu dengan cara mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas.

3.3. Teknik Analisis

Langkah-langkah yang dimulai dalam metodologi pemecahan masalah ini yaitu dari studi lapangan pada perusahaan yang menjadi tempat penelitian.

3.3.1. Studi Lapangan

Penelitian lapangan dilakukan di TACI dengan cara melakukan pengamatan terlebih dahulu untuk mengetahui keadaan pabrik secara keseluruhan, sehingga dapat mengidentifikasi masalah yang ada di dalam pabrik tersebut. Gambaran umum perusahaan TACI serta proses produksinya dapat diketahui setelah dilakukan penelitian lapangan. Penelitian lapangan ini berguna untuk mendapatkan informasi-informasi yang digunakan pada tahap-tahap penelitian selanjutnya khususnya pada bagian *Die Maintenance*.

3.3.2. Studi Pustaka

Studi pustaka digunakan sebagai landasan teori atau acuan dalam melakukan penelitian. Landasan teori yang digunakan ini bertujuan untuk menguraikan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian terhadap permasalahan yang sedang dihadapi. Studi pustaka dalam tugas akhir ini berkaitan dengan perbaikan untuk mencegah kegagalan operasi dan pemeliharaan *dies* dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan tools *Fault Tree Analysis* (FTA).

3.3.3. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dapat ditarik suatu isu permasalahan terkait dengan kegagalan produksi pada TACI diantaranya:

1. Problem *dies* FC 080B yang memiliki nilai RPN tertinggi dan apa saja penyebabnya?
2. Bagaimana cara pemeliharaan *dies* yang perlu dilakukan sehingga mengurangi penyebab *breakdown dies*?
3. Berapa frekuensi kemunculan problem *dies* sebelum (Januari hingga Maret 2019) dan setelah menerapkan rekomendasi perbaikan pemeliharaan *dies* (April hingga Juli 2019)?

3.3.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang sudah dijabarkan sebelumnya, maka dapat ditetapkan beberapa tujuan dari penelitian yang dilakukan, yaitu:

1. Mengetahui problem *dies* FC 080B yang memiliki nilai RPN tertinggi dan apa saja penyebabnya.
2. Memberikan usulan pemeliharaan *die* yang perlu dilakukan sehingga mengurangi penyebab *breakdown die*.
3. Mengidentifikasi frekuensi kemunculan problem *dies* sebelum (Januari hingga Maret 2019) dan setelah menerapkan rekomendasi perbaikan pemeliharaan *dies* (April hingga Juli 2019).

3.3.5. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung penyelesaian atas suatu permasalahan yang sedang dihadapi perusahaan. Adapun data yang dikumpulkan seperti yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya yaitu data primer dan data sekunder.

3.3.6. Pengolahan Data

Pada tahap ini dijelaskan tahap-tahap dalam mengolah data terhadap data yang telah diambil dari tahap pengumpulan data, dengan metode-metode yang dipilih guna memecahkan masalah secara baik dan terencana. Adapun tahapan-tahapan atau langkah-langkah dalam pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan data dengan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)
2. Identifikasi risiko
3. Pengolahan data dengan *tools* FTA (*Fault Tree Analysis*)

4. Penentuan rating *Severity*, *Occurance* dan *Defection*
5. Penentuan nilai *Severity*, *Occurance* dan *Defection* dan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

3.3.7. Analisis dan Pembahasan

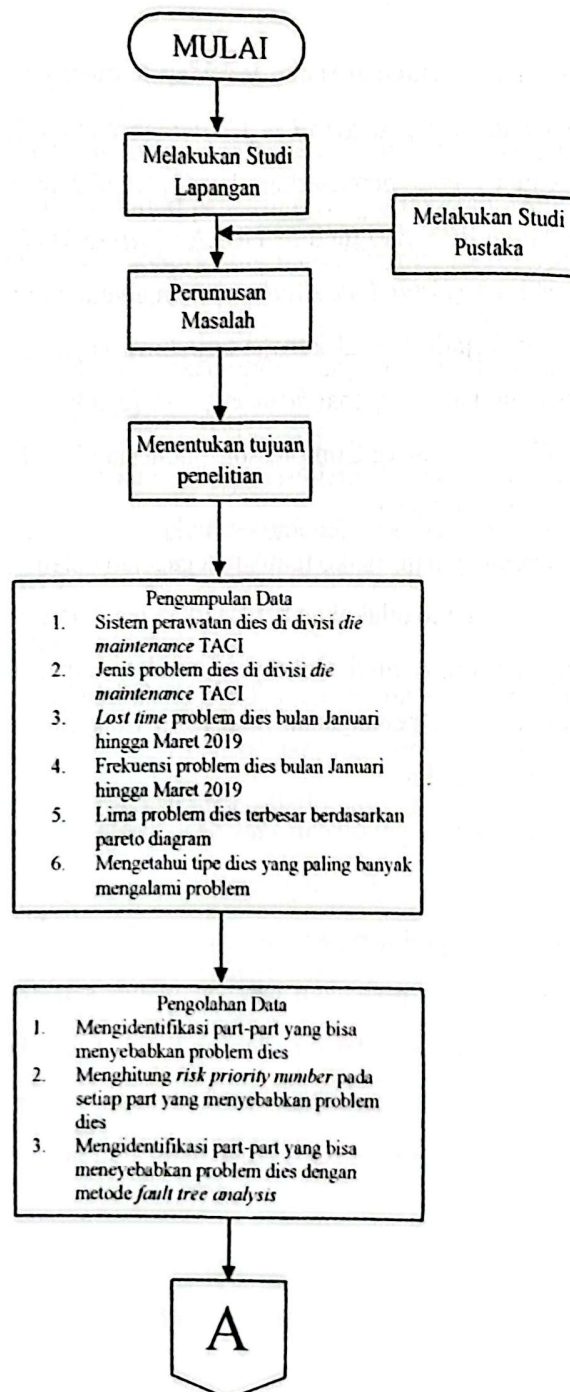
Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data, sehingga diharapkan dapat menjawab tujuan dari penelitian ini. Analisis yang dilakukan meliputi:

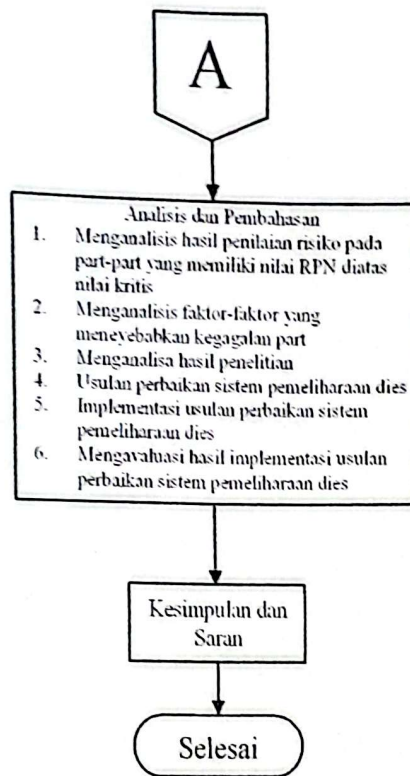
1. Analisis hasil penilaian risiko terhadap temuan kegagalan atau problem yang terdapat pada *dies* di bagian *Die Maintenance* di PT TD Automotive Compressor Indonesia (TACI) berdasarkan hasil pengolahan data mengenai risiko dan didapat nilai RPN dari metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).
2. Analisis FTA (*Fault Tree Analysis*) menjabarkan *cut set* yang merupakan *basic event* atau kejadian awal kenapa terjadinya kegagalan yang di dapat dari hasil pengolahan data mengenai *basic event* yang didapat di bagian *Die Maintenance* di PT TD Automotive Compressor Indonesia (TACI) menerapkan metode FTA (*Fault Tree Analysis*).
3. Usulan penanganan, risiko temuan kegagalan dalam masing-masing komponen, penanganan risiko dilakukan berdasarkan penilaian risiko yang sudah dilakukan. Penanganan untuk nilai risiko yang rendah, dapat dilakukan dengan menerima risiko dan untuk penanganan nilai rasio yang tinggi, dapat dilakukan dengan pengurangan risiko.
4. Usulan perbaikan perawatan *dies* yang perlu dilakukan sehingga mengetahui faktor-faktor apa saja yang sangat mempengaruhi sehingga tidak terjadi kegagalan atau problem pada *dies*.
5. Analisa pengaruh perbaikan perawatan *dies* setelah dilakukan perbaikan dan sebelum dilakukan perbaikan, dengan melihat data kegagalan *dies* yang terjadi setelah dilakukan perbaikan pemeliharaan, sehingga mengetahui apakah perbaikan pemeliharaan sukses dilakukan atau sama saja seperti sebelumnya.

3.3.8. Penutup

Langkah terakhir dari penelitian ini yaitu menentukan kesimpulan dan saran. Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan

pengolahan dan analisis masalah untuk menjawab tujuan penelitian. Serta memberikan saran yang membangun sebagai perbaikan bagi perusahaan dimasa yang akan datang, sehingga diharapkan dapat lebih baik dari sebelumnya. Teknik analisis data sebelumnya dapat dibuat atau dijelaskan dengan menggunakan kerangka berpikir untuk pemecahan masalah yang sudah disebutkan sebelumnya. Adapun *flowchart* pemecahan masalah dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1. *Flowchart* Pemecahan Masalah

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data menjabarkan hal-hal yang berhubungan dengan perusahaan dan data yang dibutuhkan pada penelitian ini, seperti gambaran umum PT TD Automotive Compressor Indonesia (TACI) yang mencakup sejarah perusahaan, profil perusahaan, struktur organisasi perusahaan. Pada sub bab ini juga dijabarkan data hasil pengamatan yang dibutuhkan dalam penelitian.

4.1.1. Sejarah Perusahaan

PT Denso Indonesia merupakan perusahaan joint venture antara DENSO Corporation dan PT Astra International di dalam grup PT Astra Otoparts Tbk., yang sebelumnya bernama PT Nippon Denso, bergerak dibidang manufaktur komponen otomotif, dengan produknya seperti Spark Plug, Car/Bus/Truck AC, Radiator, Filter, Magneto, Kompresor dan lain-lain. Berdiri tahun 1975 di Sunter, Jakarta Utara, kini sudah berkembang menjadi sebuah Group Company yang dinamai Denso Indonesia Group.

Pada tahun 1993 PT Nippon Denso sekarang sudah berubah menjadi PT Denso Indonesia (DNIA) membuat divisi yang berfokus membuat komponen otomotif roda empat yaitu kompresor, untuk memenuhi kebutuhan akan kompresor mobil (kendaraan roda empat) di Indonesia.

Hingga produksinya terus meningkat dan PT Denso Indonesia karena produksinya semakin besar dan pasarnya semakin luas (dalam maupun luar negeri) sehingga dari divisi berkembang menjadi perusahaan, maka pada tanggal 27 Januari 2011, PT TD Automotive Compressor Indonesia (TACI) yang bernaung dibawah bendera Toyota Industries Corporation (TICO), didirikan di Kawasan MM2100 Cikarang Barat, Bekasi.

Melalui kerjasama tersebut TACI dipercayakan membuat suatu komponen kendaraan bermotor roda empat yaitu *Compressor with Clutch*. Sebagaimana perusahaan yang bernaung dibawah bendera DENSO dan TOYOTA yang telah terbukti handal dalam bidang pembuatan komponen kendaraan bermotor roda

empat, TACI diharapkan mampu membuat komponen *Compressor with Clutch* dengan kualitas dan barang yang baik dan terpercaya.

PT TD Automotive Compressor Indonesia (TACI) yang memproduksi compressor sebagai produk utamanya dan memiliki market share sekitar 52-55%. Karena sebelum TACI didirikan, kebutuhan akan *Compressor with Clutch* beberapa spare partnya masih didatangkan dari Jepang. TACI telah diakui mutunya dalam pembuatan *Compressor with Clutch* karena sudah dipercaya oleh para konsumennya di dalam maupun di luar negeri. Seiring dengan perkembangan zaman, TACI telah banyak menggunakan mesin-mesin berteknologi canggih, sehingga dapat menghasilkan produk yang bermutu dan berkualitas.

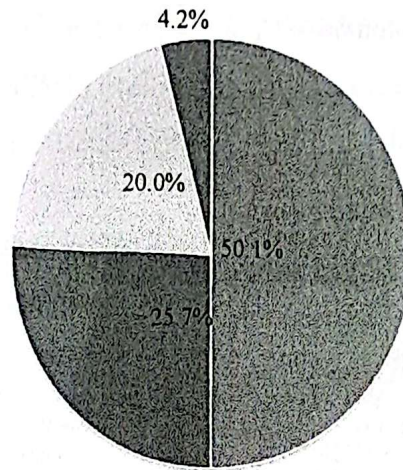
Pada produksi awal, TACI memproduksi jenis *Compressor with Clutch* tipe 10P. Seiring dengan permintaan pasar dan perkembangan kebutuhan untuk komponen *Compressor with Clutch* dalam negeri, TACI berusaha menambah jenis produk yang dihasilkan. Berbagai jenis *Compressor with Clutch* untuk berbagai tipe kendaraan roda empat siap untuk diproduksi. Hingga saat ini TACI memiliki 1.869 karyawan, dibawah ini dapat dilihat Gambar 4.1 yang merupakan logo perusahaan PT TD Automotive Compressor Indonesia.



Gambar 4.1 Logo PT TD Automotive Compressor Indonesia
(Sumber: PT TD Automotive Compressor Indonesia, 2019)

Pemegang saham TACI adalah Toyota Industries Corporation (TICO), PT Astra Oto Parts (AOP), DENSO International Asia (DIAS) dan PT Toyota Tsusho Indonesia (TTI). Seperti yang terlihat pada gambar pemegang saham tertinggi yaitu TICO sebanyak 50.1% sehingga TACI dapat disebut sebagai anak perusahaan TICO, agar lebih memudahkan dapat dilihat pada Gambar 4.2 diagram pie dibawah ini.

PEMEGANG SAHAM



- TICO : Toyota Industri Corporation ■ AOP : Astra Oto Parts
- DIAS : DENSO International Asia ■ TTI : Toyota Tsusho Indonesia

Gambar 4.2 Diagram Pie Pemegang saham PT TD Automotive Compressor Indonesia

(Sumber: PT TD Automotive Compressor Indonesia, 2019)

DENSO INDONESIA GROUP terdiri dari 4 perusahaan, yakni:

1. PT DENSO INDONESIA
2. PT DENSO SALES INDONESIA
3. PT HAMADEN INDONESIA MANUFACTURING
4. PT TD AUTOMOTIVE COMPRESSOR INDONESIA

Sesuai dengan salah satu pilar yang ada dalam DENSO Spirit, PT DENSO INDONESIA selalu mengutamakan kualitas dan kepuasan pelanggan dalam setiap produknya. Selain itu, produk DENSO juga memperhatikan kelestarian dan keramahan lingkungan. Produk DENSO selain didistribusikan di dalam negeri, juga diekspor. Adapun tujuan Ekspornya mencakup benua Asia, Australia, Eropa bahkan Amerika.

4.1.2. Alamat Perusahaan

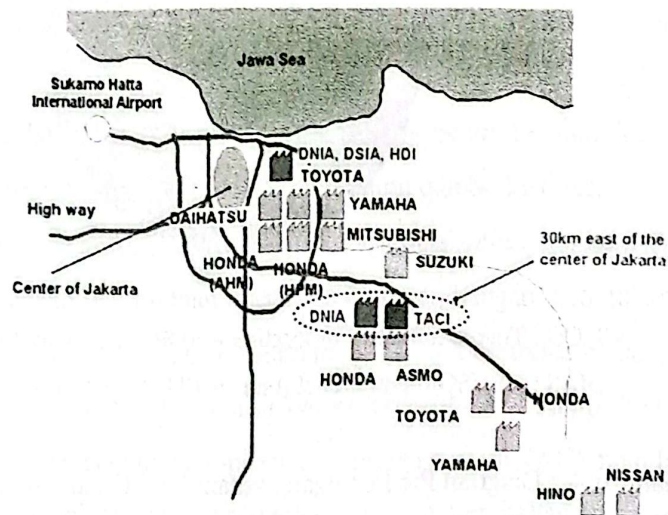
Saat ini TACI berlokasi di Jl. Selayar IV Blok L3, Desa Cikedokan, Kawasan Industri MM2100, Cikarang Barat, Bekasi 17845, Jawa Barat, Indonesia.

Dengan lahan seluas ±100.000 m², seperti pada Gambar 4.3 di bawah ini lokasi TACI.

Nama : PT TD Automotive Compressor Indonesia (TACI)

Alamat : Desa Cikedokan, Kawasan Industri MM2100 Jl. Selayar IV Blok
L3, Cikedokan, Kec. Cikarang Barat, Bekasi, Jawa Barat 17530

Telepon : (021) 28517699



Gambar 4.3 Lokasi PT TD Automotive Compressor Indonesia
(Sumber: PT TD Automotive Compressor Indonesia, 2019)

4.1.3. Visi dan Misi Perusahaan

PT TD Automotive Compressor Indonesia memiliki Visi yaitu “*To be manufacturing Compressor No.1 In The World*” (menjadi produsen compressor no.1 di dunia) dan memberikan kontribusi kepada masyarakat yang nyaman dan kaya akan gaya hidup, sedangkan Misi TACI yaitu:

1. Melakukan hal yang sudah ditetapkan dengan benar dan sesuai dengan standard
2. Tidak mengalirkan dan membuat barang *No Good*
3. Menjaga kualitas dan meningkatkan produktifitas
4. *Yokotenkai* (sebagai contoh perbaikan) ke semua divisi

4.1.4. Produk PT TD Automotive Compressor Indonesia

Beberapa prroduk yang dibuat adalah sebagai berikut, dan dapat dilihat juga contoh produk pada Gambar 4.4 dibawah ini.

1. 10S11 (TOYOTA HILUX & DAIHATSU GRAN MAX)
2. 10S15 (TOYOTA KIJANG INNOVA & ISUZU PANTHER)

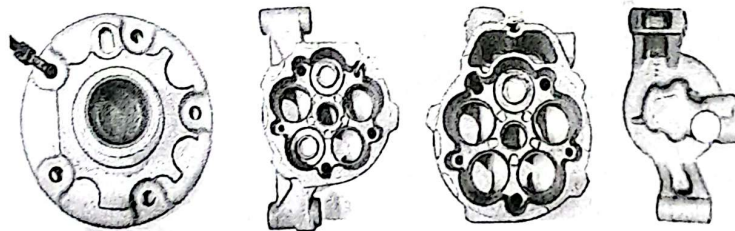
3. 10SE13 (TOYOTA VIOS & ETIOS)
4. 10SA13 (TOYOTA AVANZA & DAIHATSU XENIA)
5. 10SA11 (TOYOTA AGYA & DAIHATSU AYL A)
6. 10SA13 (SUZUKI ERTIGA & TOYOTA RUSH)
7. 10SRE11 (Honda Brio Satya & Honda Freed)
8. 10SRE13 (FORD FIESTA & HONDA CITY)



Gambar 4.4 Produk Kompresor PT TD Automotive Compressor Indonesia
(Sumber: PT TD Automotive Compressor Indonesia, 2019)

4.1.5. Produk Divisi *Die Casting* PT TD Automotive Compressor Indonesia

Produk yang dihasilkan oleh divisi *die casting* TACI adalah *body*/ badan dari kompresor yaitu *Front Housing* (FH), *Front Cylinder* (FC), *Rear Cylinder* (RC) dan *Rear Housing* (RH) seperti Gambar 4.5 dibawah ini.



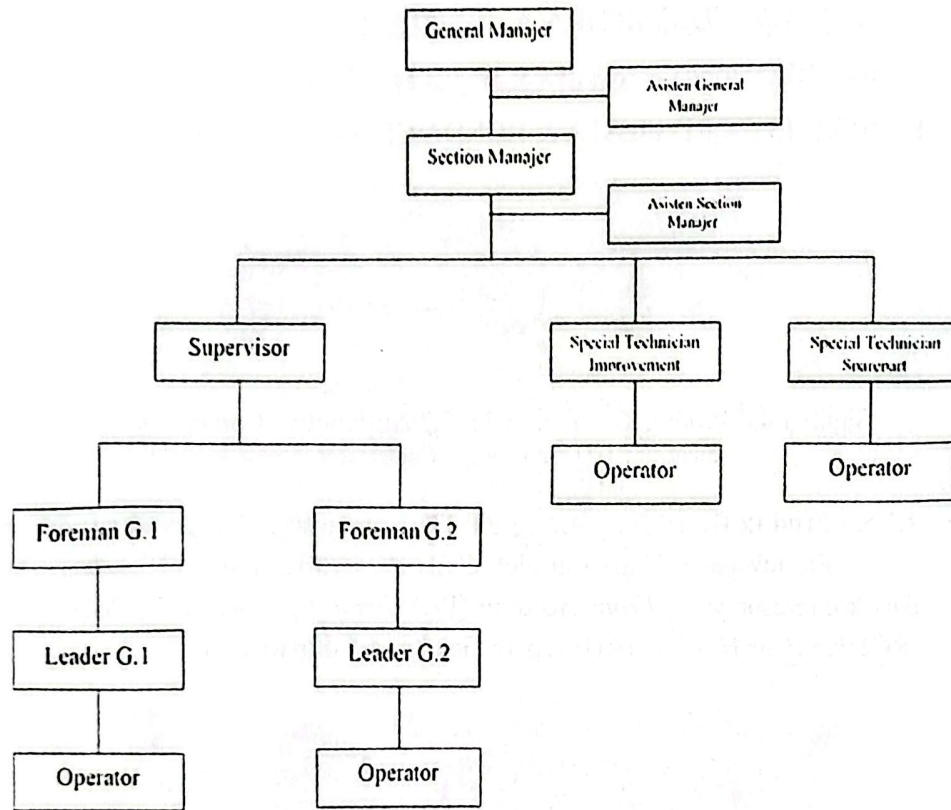
Gambar 4.5 Produk Divisi *Die Casting* PT TD Automotive Compressor Indonesia
(Sumber: PT TD Automotive Compressor Indonesia, 2019)

Fungsi dari FH, FC, RC dan RH adalah sebagai berikut:

1. *Front Cylinder*: Pembagi gas bertekanan rendah dan tinggi, tempat dudukan *magnetic clutch*, tempat *inner part*, penutup bagian kompresor depan.
2. *Front Cylinder* dan *Rear Cylinder*: Sebagai ruang kompresi, tempat dudukan *piston* dan *shaft swash*.
3. *Rear Housing*: Penutup kompresor bagian belakang, tempat dudukan *bolt trough*, pembagi gas bertekanan rendah dan tinggi, penahan *inner part* bagian belakang.

4.1.6. Struktur Organisasi

Struktur Organisasi TACI Indonesia pada divisi *die maintenance* dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.6 Struktur Organisasi PT TD Automotive Compressor Indonesia
(Sumber: PT TD Automotive Compressor Indonesia, 2018)

Deskripsi pekerjaan PT TD Compressor Indonesia pada divisi *die maintenance* adalah sebagai berikut:

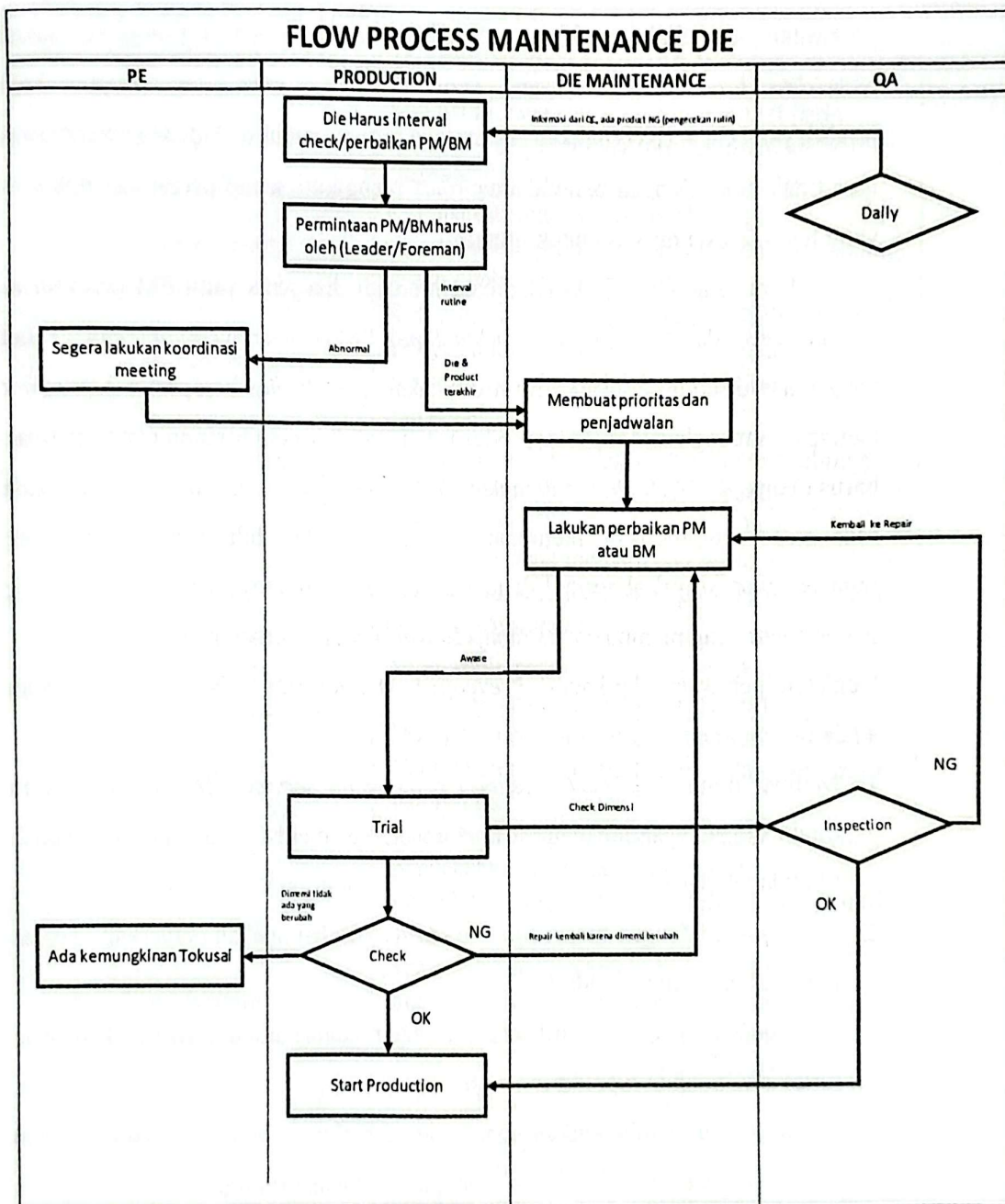
1. *General Manager* atau yang lebih sering disebut dengan GM merupakan salah satu fungsi dan jabatan yang ada di setiap perusahaan. *General Manager* merupakan fungsi jabatan kerja pada sebuah perusahaan yang bertugas memimpin, mengelola dan mengkoordinasikan semua hal yang berkaitan jalannya roda perusahaan.
2. *Asisten General Manager* bertugas untuk memastikan pekerjaan berjalan dengan lancar, berinteraksi dengan berbagai karyawan dan pelanggan. Pekerjaan untuk asisten general manajer dapat bervariasi berdasarkan

- kebutuhan kelembagaan dan jam operasi, dan mereka dapat melampaui standar penuh waktu selama periode sibuk atau ketika tenggang waktu semakin dekat.
3. *Section* manajer adalah sebuah posisi atau jabatan yang bertanggung jawab penuh dalam proses produksi di suatu perusahaan. *Section* manajer merupakan fungsi kerja diberbagai bidang perusahaan dan industri yang biasanya secara umum bertanggungjawab pada semua hal yang berkaitan dengan produksi, mulai dari proses, progres, problem solving, kualitas, kuantitas, reporting dan lain sebagainya.
 4. Asisten *section* manajer berkaitan erat dengan tim analis dan peneliti untuk mencapai keputusan investasi akhir berkaitan dengan pengelolaan dana atau aset.
 5. *Supervisor* bertugas untuk merencanakan tugas yang akan dilaksanakan, mampu mengkondisikan bahwa tugas itu akan berjalan lancar dengan memastikan staf yang ada di bawahnya memahami tugas yang akan dikerjakan dan memberikan arahan yang jelas.
 6. *Special Technician* ini secara umum bertanggung jawab dalam hal-hal manajerial dan koordinasi tim maupun koordinasi terhadap seluruh pekerjaan seperti menyiapkan program kerja, memberikan arahan dan petunjuk dalam melaksanakan pekerjaan, memimpin tim dalam setiap diskusi dan koordinasi dengan pengguna jasa, bertanggung jawab terhadap hasil pekerjaan tim, serta secara khusus bertanggung jawab terhadap materi yang terkait bidang keahliannya.
 7. *Foreman* bertanggung jawab untuk melaksanakan pengaturan pengontrolan dan peningkatan kemampuan sumber daya manusia, bahan baku / bahan jadi / bahan setengah jadi dan mesin – mesin produksi didalam wilayah tanggung jawabnya, untuk memaksimalkan efisiensi meminimalkan biaya dan menghasilkan bahan setengah jadi / bahan jadi yang memenuhi standard kebutuhan pelanggan.
 8. *Leader* tugasnya mencakup beberapa tanggung jawab untuk membangun tim dan memastikan kerja sama tim.
 9. Operator bertugas mengoperasikan mesin atau peralatan di suatu pabrik untuk menghasilkan keluaran berupa produk.

4.1.7. Flow Process Maintenance Die

Flow process maintenance dies adalah peta yang menunjukkan proses *dies* yang akan dilakukan perbaikan pemeliharaan, berikut ini adalah keterangan *flow process maintenance dies* dan gambar 4.6 *flow process maintenance dies*.

1. Permintaan perawatan *dies* dilakukan oleh leader atau foreman produksi, saat akan dilakukan penggantian tipe *dies* (setiap pembuatan produk sebanyak 2.500 kali) atau saat *dies* mengalami masalah yang menyebabkan terjadinya *breakdown dies* atau mengalami *abnormality dies*.
2. Permintaan *repair dies* juga dilakukan oleh bagian *Product Engineer* bila akan melakukan *trial* untuk produk baru yang akan di produksi, dan bagian *Quality* bila terjadinya produk NG (*no good*) yang diidentifikasi disebabkan oleh *abnormality dies*.
3. *Repair dies* tidak hanya bisa dilakukan di *line maintenance dies* tetapi juga bisa dilakukan di *production line* (di dalam *die casting machine* (DCM)).
4. Melakukan *repair dies* di dalam DCM banyak penyebabnya, salah satu contohnya seperti bila terjadi produk NG *galling* (*raw material* yang menempel di *dies*) perlu dilakukan *lapping* (pengikisan raw material dengan *baby grinda*) lalu dilakukan *coating* (pelapisan atau penutup yang diterapkan di permukaan).



Gambar 4.7 Flow Process Maintenance Dies
(Sumber: PT TD Automotive Compressor Indonesia, 2011)

4.1.8. Perawatan Dies Divisi Die Maintenance PT TD Automotive Compressor Indonesia

Dalam pelaksanaan pemeliharaan *dies* pada perusahaan PT TD Automotive Compressor Indonesia telah dilakukan secara berkala setiap 2.500 *shot* (2.500 kali pembuatan produk) atau setiap pergantian tipe *dies* yang dilakukan, tetapi dirasa

perawatan yang dilakukan kurang efektif karena masih banyak timbul kerusakan pada *dies* (*breakdown dies*) yang menyebabkan *lost time* yang berujung pada produk yang cacat (NG) bahkan terhentinya proses produksi. Jadwal pemeliharaan *dies* tidak ada sehingga pemeliharaan *dies* mengikuti setiap pergantian tipe *dies* yang telah selesai dipakai untuk produksi.

Perawatan *dies* di TACI dibagi menjadi dua jenis yaitu PM (*Preventive Maintenance*) dan BM (*Breakdown Machine*). PM (*Preventive Maintenance*) atau yang biasa disebut perawatan rutin dilakukan setelah *dies* beroperasi 2.500 *shot* (setiap *dies* menghasilkan 2.500 produk) atau saat *dies* akan berganti tipe yang tidak harus mencapai 2.500 *shot*. Sedangkan BM (*Breakdown Machine*) dilakukan pada saat *dies* memproduksi/ membuat produk NG atau bila ada *trouble* yang menyebabkan sinyal abnormal di mesin menyala contohnya seperti saat *cooling water* bocor yang membuat *dies* menjadi *overheat* atau terlalu panas.

Kegiatan perawatan berkalah/ *Preventive Maintenance* (PM) yang dilakukan adalah:

1. Melihat umur *sparepart* (*lifetime*) pada *menu service* PM/BM *dies* (perlu dilakukan penggantian menurut operator, karena melihat visual *sparepart* sudah tidak layak pakai).
2. Cek *Squeeze* dengan mesin *squeeze master* (dilihat apakah pergerakan *squeeze* lancar atau seret/ tersendat).
3. Cek *cooling* dengan mesin *leak test* (dengan udara) dilihat apakah tekanannya turun atau tidak di monitor *leak test*.
4. *Lapping* atau membersihkan sisa *raw material* yang menempel pada *corepin* atau *cavity* dengan *baby grinda* menggunakan pahat *rimmer*.
5. *Coating* atau pelapisan pada permukaan *corepin* dan *cavity/ core cavity*.
6. *Cleaning* membersihkan sisa-sisa oli atau material dengan *sunpress oil* dan di gosok dengan batu *rimmer* yang tidak terlalu kasar.

4.1.9. Jenis Problem Die

Problem *dies* yang terjadi di divisi *Die Casting* TACI banyak macamnya Tabel 4.1. problem *dies* dibawah ini menerangkan problem dan keterangan prolem yang terjadi di *dies*:

Tabel 4.1. Jenis Problem Dies

No.	Problem	Keterangan
1.	<i>Galling</i>	Kondisi dimana <i>raw material</i> melekat pada cetakan yang membuat produk menjadi NG <i>Galling</i> .
2.	<i>Corepin Patah</i>	Kondisi dimana <i>corepin</i> patah yang menyebabkan produk NG tidak membuat lubang sesuai dengan yang diinginkan.
3.	<i>Chillvent Nempel</i>	Raw material yang menempel di chillvent dan menyebabkan vakum yang mengeluarkan udarapada cetakan tidak bekerja secara maksimal.
4.	<i>Ejector Pin Abnormal</i>	Tinggi ejector pin tidak sesuai standar sehingga menyebabkan NG lubang pada produk
5.	<i>Core/ Cavity Gompal</i>	Core/ Cavity gompal atau cetakan hancur dan membuat produk menjadi NG sehingga produk tidak sesuai dengan apa yang diinginkan tidak sesuai standar.
6.	<i>Angularpin Patah</i>	Angular pin patah yang menyebabkan fix dies (FD) tidak center dengan move dies (MD).
7.	<i>Dekok/ Aus</i>	Cavity atau corepin yang sudah tidak sesuai standar karena umur part yang sudah habis atau material part yang tidak standar.
8.	<i>Sprue Bush Abnormal</i>	Sprue Bush yang tidak center dengan dies yang menyebabkan material tidak masuk secara normal dan menyebabkan material tersangkut di sprue bush.
9.	<i>Die Flushing</i>	Ada celah atau gap antara fix dies (FD) dan move dies (MD) karena cavity FD dekok atau ada material yang mengganjal di cavity FD.
10.	<i>Core/ Cavity Crack</i>	Core/ cavity yang mengalami retak-retak dan menyebabkan NG soldermark (ada kerutan-kerutan pada produk)
11.	<i>Squeeze Abnormal</i>	Squeeze tidak bekerja sesuai standar atau tonjokan squeeze tidak maksimal sehingga dapat menyebabkan NG porosity.
12.	<i>Cooling Water Bocor</i>	Cooling water bocor dapat menyebabkan cavity dan corepin (bagian inti cetakan) menjadi terlalu panas dan air cooling yang dapat jatuh ke raw material pada saat proses die casting dan menyebabkan NG <i>Galling</i> ataupun NG <i>misrun</i> .

(Sumber: PT TD Automotive Compressor Indonesia, 2018)

4.1.10. Data Produksi dan Problem Die

Data ini menunjukkan data produksi *dies* tipe FC 080B bulan Januari hingga Maret 2019, yang ditunjukkan pada Tabel 4.3. dibawah ini:

Tabel 4.3. Jadwal Produksi *Front Cylinder* 080B

Tipe Dies	Jan (kali)	Feb (kali)	Mar (kali)
FC 080B	15.000	25.000	25.000

(Sumber: PT TD Automotive Compressor Indonesia)

Data kegagalan *dies* yang didapat dari perusahaan TACI di divisi *Die Maintenance*. Data frekuensi dan *lost time* problem *dies* FC 080B yang diakibatkan oleh *dies* yang mengalami kegagalan atau mengalami problem sehingga mengalami *breakdown dies*.

Tabel 4.4. Frekuensi Problem *Dies* FC 080B Bulan Januari Hingga Maret 2019 (kali)

Problem	Kode	Jan	Feb	Mar	Freq	%
Galling	GL	6	2	3	11	57,89%
Corepin Patah	Cpp	0	0	2	2	10,53%
Core/Cavity Crack	CC	0	1	1	2	10,53%
Die Flushing	DF	0	1	1	2	10,53%
Squeeze Abnormal	SA	0	0	1	1	5,26%
Cooling Water Bocor	CWB	0	1	0	1	5,26%
Chillvent Nempel	CN	0	0	0	0	0%
Ejector Pin Abnormal	EPA	0	0	0	0	0%
Dekok/Aus	DA	0	0	0	0	0%
Trimming	TI	0	0	0	0	0%
Lainnya	L	0	0	0	0	0%
Part Nempel	PN	0	0	0	0	0%
Core/Cavity Gompal	CG	0	0	0	0	0%
Angular Pin Patah	APP	0	0	0	0	0%
Sprue Bush Abnormal	SBA	0	0	0	0	0%
Total		6	5	8	19	100%

(Sumber: PT TD Automotive Compressor Indonesia, 2019)

Tabel 4.5. *Lost Time* Problem *Dies* FC 080B Bulan Januari Hingga Maret 2019 (menit)

Problem	Kode	Jan	Feb	Mar	Lost Time	%
Galling	GL	1,58	0,5	0,7	3,88	41,93%
Core/Cavity Crack	CC	0	0,6	0,5	2,05	16,59%

Lanjut...

Tabel 4.5. *Lost Time Problem Die FC 080B Bulan Januari Hingga Maret 2019 (menit) (Lanjutan)*

Problem	Kode	Jan	Feb	Mar	Lost Time	%
Die Flushing	DF	0	0,7	0,3	1,5	15,08%
Corepin Patah	Cpp	0	0	0,95	1,95	14,33%
Squeeze Abnormal	SA	0	0	0,5	0,8	7,54%
Cooling Water Bocor	CWB	0	0,3	0	0,3	4,52%
Dekok/Aus	DA	0	0	0	0	0%
Chillvent Nempel	CN	0	0	0	0	0%
Ejector Pin Abnormal	EPA	0	0	0	0	0%
Trimming	TI	0	0	0	0	0%
Lainnya	L	0	0	0	0	0%
Part Nempel	PN	0	0	0	0	0%
Core/Cavity Gompal	CG	0	0	0	0	0%
Angular Pin Patah	APP	0	0	0	0	0%
Sprue Bush Abnormal	SBA	0	0	0	0	0%
Total		1,58	2,1	2,95	6,63	100%

(Sumber: PT TD Automotive Compressor Indonesia, 2019)

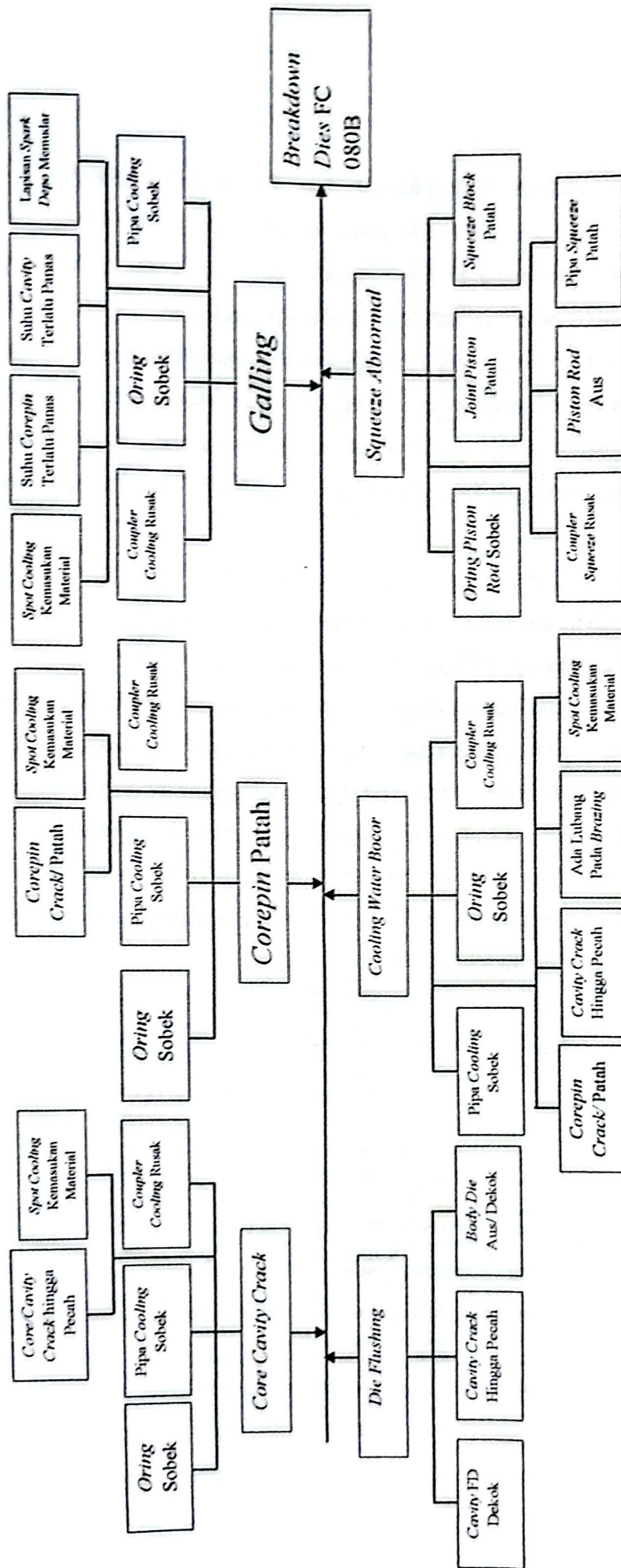
Dari kedua tabel diatas menunjukkan perbedaan antara kemunculan kegagalan dengan *lost time* kegagalan, karena setiap kemunculan (frekuensi) problem dies memiliki tingkat kehilangan waktu (menit) yang berbeda-beda, seringkali kemunculan kegagalan yang sering memiliki tingkat kehilangan waktu yang tidak banyak karena penanganan perbaikan yang tidak membutuhkan waktu lama dan bisa dilakukan di DCM tanpa harus menurunkan dies yang membuat kehilangan waktu (*waste*).

4.2. Pengolahan Data

Identifikasi risiko merupakan tahap terpenting dan sangat menentukan dalam manajemen risiko sebelum dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Identifikasi risiko melibatkan pengumpulan data yang mengakibatkan atau mempengaruhi problem *dies*. Tujuan tahapan ini adalah untuk mengenali risiko yang mungkin terjadi lebih awal sehingga dapat mengurangi atau mengeliminir kejadian akibat risiko tersebut. Selain itu, identifikasi risiko dilakukan untuk mengidentifikasi risiko-risiko apa saja yang perlu diatur.

Dalam proses identifikasi ini digunakan metode *brainstorming* dan ditunjang juga oleh sumber objektif yaitu data kegagalan (*history problem dies*) pada kegiatan *maintenance* yang berkaitan dengan dies. *Brainstorming* pada proses identifikasi risiko ini dilakukan dengan operator, leader, foreman dan supervisor *dies maintenance* yang sudah sangat tahu dan berpengalaman dalam bidang pemeliharaan dies.

Temuan kegagalan yang terangkum merupakan hasil diskusi dengan para pelaku *maintenance dies* di PT TACI dan juga didapat dari data *history problem dies*, dan temuan kegagalan *part dies* selama melakukan kegiatan pemeliharaan berkala. Temuan kegagalan tersebut dirangkum kedalam diagram CMFE (*Cause Failure Mode Effect*) diawah ini.



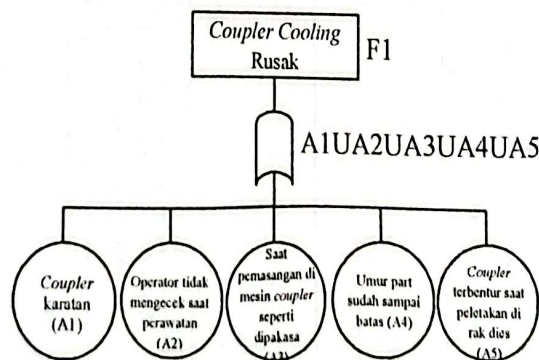
Gambar 4.8 Diagram CMFE (Cause Failure Mode Effect)
 (Sumber : PT TD Automotive Compressor Indonesia)

4.2.1. Pengolahan Data Dengan Metode *Fault Tree analysis* (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) adalah sebuah model grafis yang terdiri dari beberapa kombinasi kesalahan (*fault*) secara paralel dan secara berurutan yang mungkin menyebabkan awal dari *failure event* yang sudah ditetapkan. FTA (*Fault Tree Analysis*) berorientasi pada fungsi (*function oriented*) atau yang lebih dikenal dengan pendekatan “*top down*” karena analisis ini berawalkan dari sistem level atas (*top*) dan meneruskan ke level bawah (*basic*). Titik awal dari analisis ini adalah mengidentifikasi mode kegagalan fungsional pada top level dari suatu sistem atau subsistem.

Pada FTA yang dibuat, ditetapkan masing-masing part kritis di setiap *top event*, part kritis ini diketahui dari wawancara dengan operator, leader dan foreman divisi *Die Maintenance* TACI. Dari masing-masing part kritis (*intermediate event*) dilambangkan dengan huruf (F) kemudian di *breakdown* yang pada akhirnya akan di peroleh *basic event* dilambangkan dengan huruf (A) yang merupakan penyebab terjadinya *top event* (risiko kritis), sehingga langkah-langkah yang tepat dapat diambil untuk menyelesaikan permasalahan terjadinya risiko kritis tersebut. Berikut adalah gambar *fault tree analysis* dari masing-masing risiko kritis.

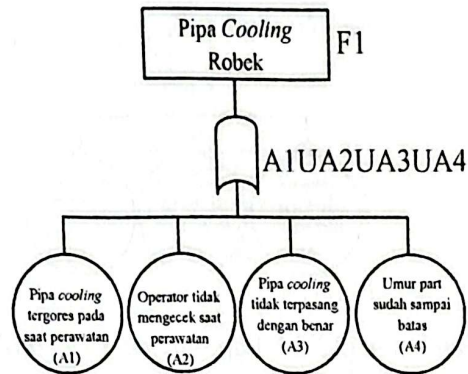
1. Dibawah ini merupakan *fault tree analysis* dari kegagalan *Galling* dan masing-masing part kritisnya sebagai berikut.



Gambar 4.9 FTA *Coupler Cooling* Rusak
(Sumber: Pengolahan Data)

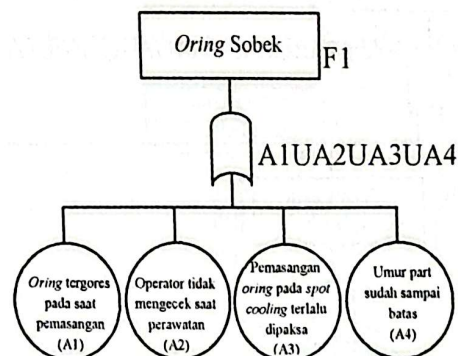
Potensi penyebab kegagalan *coupler cooling* rusak adalah *coupler* karatan atau operator tidak mengecek saat perawatan atau saat pemasangan di mesin *coupler* seperti di paksa atau umur part sudah sampai batas atau *coupler*

terbentur pada saat peletakan di rak dies maka akan menyebabkan *coupler cooling* rusak.



Gambar 4.10 FTA *Pipa Cooling Robek*
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan pipa *cooling* robek adalah pipa *cooling* tergores pada saat perawatan atau operator tidak mengecek saat perawatan atau pipa *cooling* tidak terpasang dengan benar atau umur part sudah sampai batas maka akan menyebabkan pipa *cooling* robek.



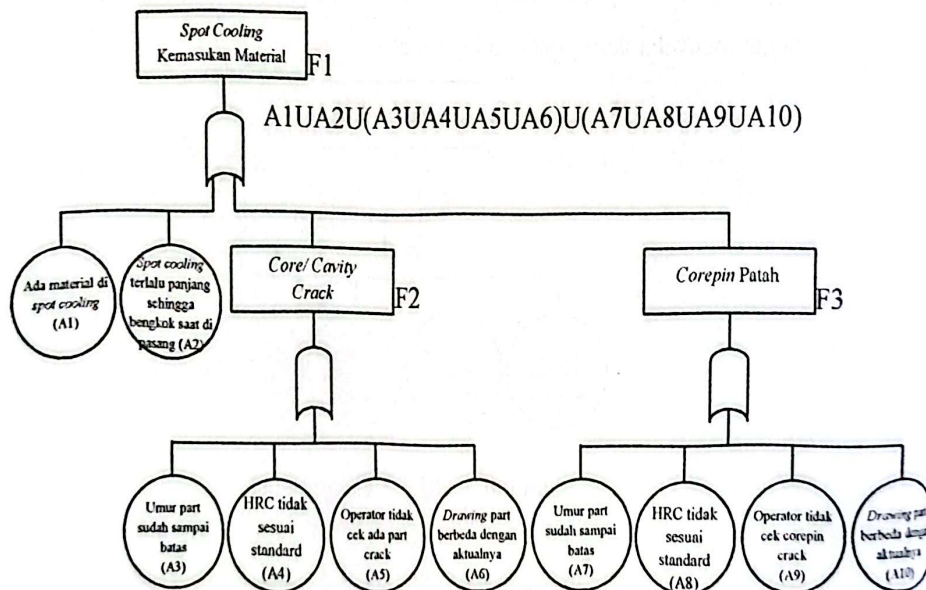
Gambar 4.11 FTA *Oring Sobek*
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan oring sobek adalah *oring* tergores pada saat pemasangan atau operator tidak mengecek pada saat perawatan atau pemasangan *oring* pada *spot cooling* terlalu dipaksa atau umur part sudah sampai batas maka akan menyebabkan *oring* sobek.



Gambar 4.12 FTA Lapisan Spark Depo Memudar
(Sumber: Pengolahan Data)

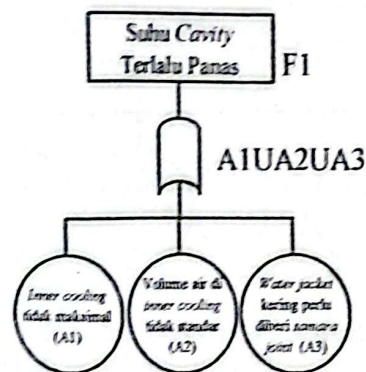
Potensi penyebab kegagalan lapisan *spark depo* memudar adalah pelapisan *spark depo* memudar atau umur *spark depo* sudah sampai batas atau pelapisan *spark depo* tidak menempel karena masih adanya *nitrit* maka akan menyebabkan lapisan *spark depo* memudar.



Gambar 4.13 FTA Spot Cooling Kemasukan Material
(Sumber: Pengolahan Data)

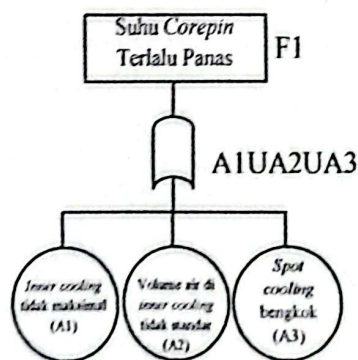
Potensi penyebab kegagalan *spot cooling* kemasukan material adalah ada material di *spot cooling* atau *Spot cooling* terlalu panjang sehingga bengkok saat di pasang. Kesemuanya merupakan potensi penyebab kegagalan, artinya

apabila terjadi *core/ cavity crack* atau *corepin* patah adanya umur part sudah sampai batas atau HRC tidak sesuai standar atau operator tidak cek ada part *crack* atau *drawing* part berbeda dengan aktualnya maka akan menyebabkan *spot cooling* kemasukan material.



Gambar 4.14 FTA Suhu Cavity Terlalu Panas
(Sumber: Pengolahan Data)

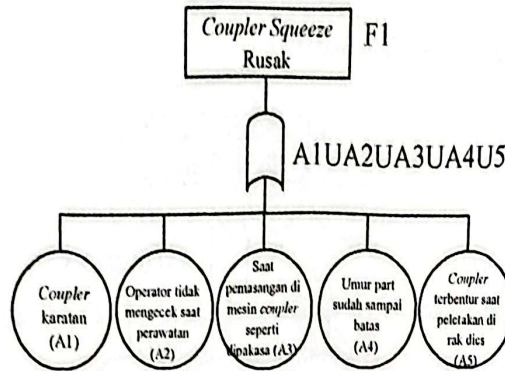
Potensi penyebab kegagalan suhu *cavity* terlalu panas adalah *inner cooling* tidak maksimal atau volume air di *inner cooling* tidak standar atau *samaru joint* kering karena tidak diganti maka akan menyebabkan suhu *cavity* terlalu panas.



Gambar 4.15 FTA Suhu Corepin Terlalu Panas
(Sumber: Pengolahan Data)

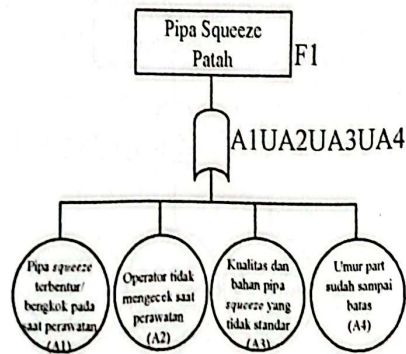
Potensi penyebab kegagalan suhu *corepin* terlalu panas adalah *inner cooling* tidak maksimal atau volume air di *inner cooling* tidak standar atau *samaru joint* kering karena tidak diganti maka akan menyebabkan suhu *corepin* terlalu panas.

2. Dibawah ini merupakan *fault tree analysis* dari kegagalan *Squeeze Abnormal* dan masing-masing part kritisnya sebagai berikut.



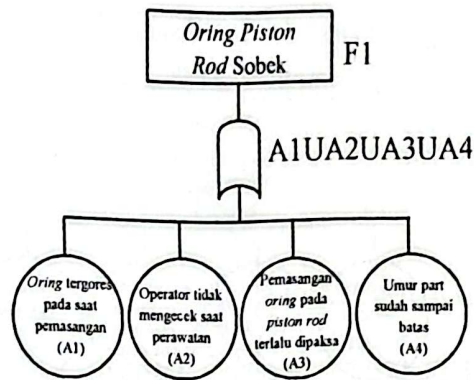
Gambar 4.16 FTA *Coupler Squeeze Rusak*
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *coupler squeeze* rusak adalah *coupler* karatan atau operator tidak mengecek saat perawatan atau saat pemasangan di mesin *coupler* seperti di paksa atau umur part sudah sampai batas atau *coupler* terbentur pada saat peletakan di rak *dies* maka akan menyebabkan *coupler squeeze* rusak.



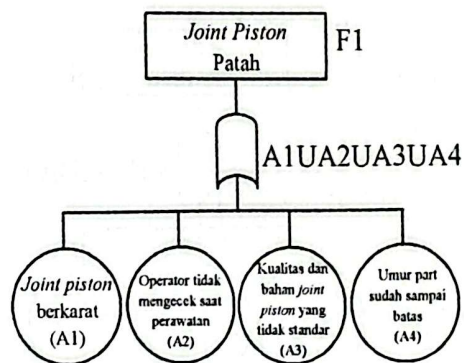
Gambar 4.17 FTA *Pipa Squeeze Patah*
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan pipa *squeeze* robek adalah pipa *squeeze* terbentur/bengkok pada saat perawatan atau operator tidak mengecek saat perawatan atau kualitas dan bahan pipa *squeeze* yang tidak standar atau umur part sudah sampai batas maka akan menyebabkan pipa *squeeze* patah.



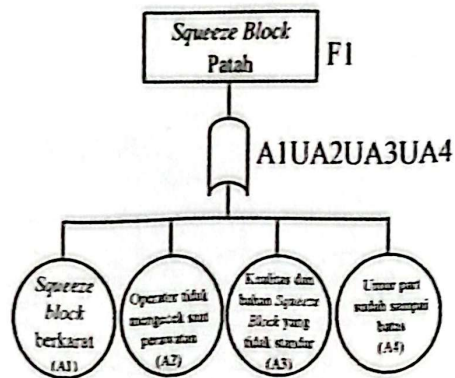
Gambar 4.18 FTA *Oring Piston Rod Sobek*
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *oring piston rod* sobek adalah *oring* tergores pada saat pemasangan atau operator tidak mengecek pada saat perawatan atau pemasangan *oring* pada piston rod terlalu dipaksa atau umur part sudah sampai batas maka akan menyebabkan *oring piston rod* sobek.



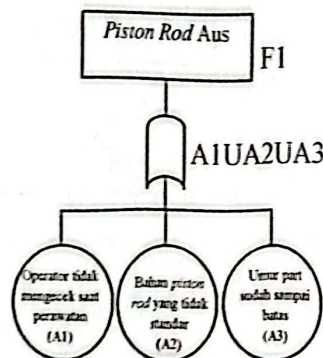
Gambar 4.19 FTA *Joint Piston Patah*
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *joint piston* patah adalah *joint piston* berkarat atau operator tidak mengecek saat perawatan atau kualitas dan bahan *joint piston* yang tidak standar atau umur part sudah sampai batas maka akan menyebabkan *joint piston* patah.



Gambar 4.20 FTA *Squeeze Block Patah*
(Sumber: Pengolahan Data)

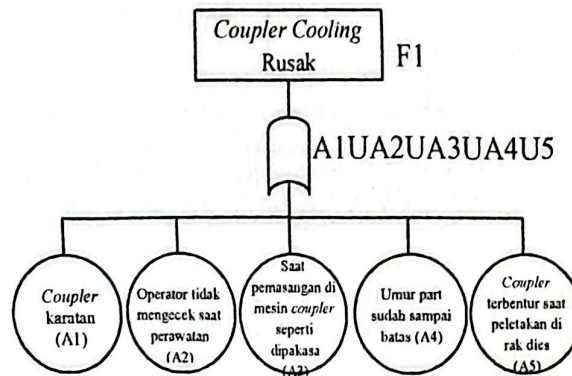
Potensi penyebab kegagalan *squeeze block* patah adalah *squeeze block* berkarat atau operator tidak mengecek saat perawatan atau kualitas dan bahan *squeeze block* yang tidak standar atau umur part sudah sampai batas maka akan menyebabkan *squeeze block* patah.



Gambar 4.21 FTA *Piston Rod Aus*
(Sumber: Pengolahan Data)

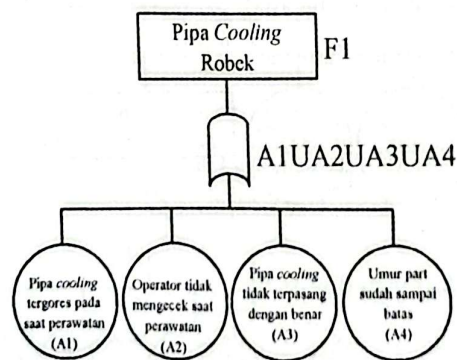
Potensi penyebab kegagalan *piston rod* aus adalah Operator tidak mengecek saat perawatan atau bahan *piston rod* yang tidak standar atau umur part sudah sampai batas maka akan menyebabkan *piston rod* aus.

3. Dibawah ini merupakan *fault tree analysis* dari kegagalan *Core/ Cavity Crack* dan masing-masing part kritisnya sebagai berikut.



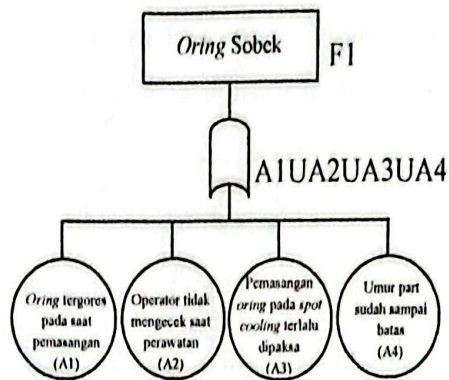
Gambar 4.22 FTA *Coupler Cooling* Rusak
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *coupler cooling* rusak adalah *coupler* karatan atau operator tidak mengecek saat perawatan atau saat pemasangan di mesin *coupler* seperti di paksa atau umur part sudah sampai batas atau *coupler* terbentur pada saat peletakan di rak *dies* maka akan menyebabkan *coupler cooling* rusak.



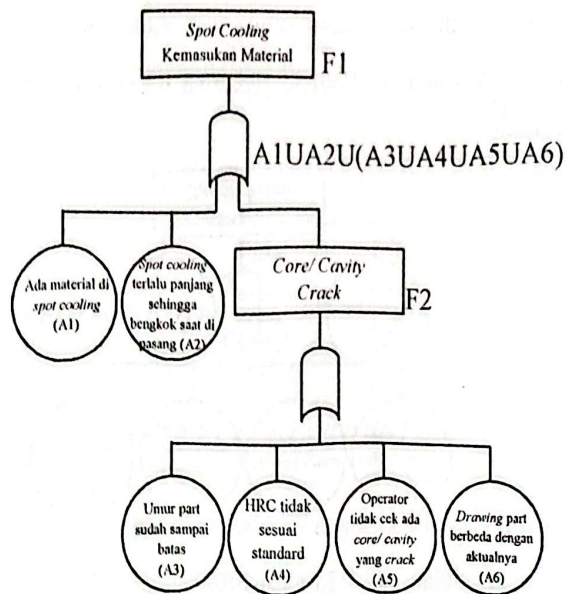
Gambar 4.23 FTA *Pipa Cooling* Robek
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *pipa cooling* robek adalah *pipa cooling* tergores pada saat perawatan atau operator tidak mengecek saat perawatan atau *pipa cooling* tidak terpasang dengan benar atau umur part sudah sampai batas maka akan menyebabkan *pipa cooling* robek.



Gambar 4.24 FTA Oring Sobek
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *oring* sobek adalah *oring* tergores pada saat pemasangan atau operator tidak mengecek pada saat perawatan atau pemasangan *oring* pada *spot cooling* terlalu dipaksa atau umur part sudah sampai batas maka akan menyebabkan *oring* sobek.

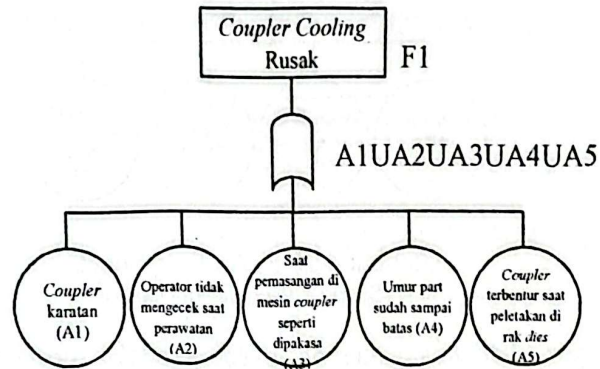


Gambar 4.25 FTA Spot Cooling Kemasukan Material & Core Cavity Crack
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *spot cooling* kemasukan material adalah ada material di *spot cooling* atau *spot cooling* terlalu panjang sehingga bengkok saat di pasang. Kesemuanya merupakan potensi penyebab kegagalan, artinya apabila terjadi *core/ cavity crack* adanya umur part sudah sampai batas atau

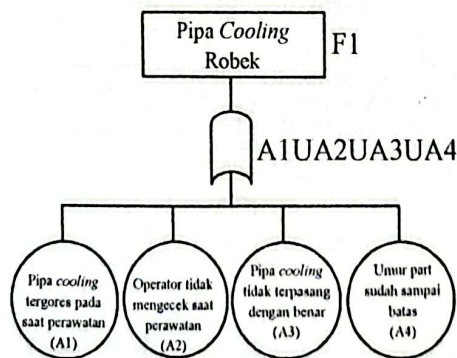
HRC tidak sesuai standar atau operator tidak cek ada part *crack* atau *drawing* part berbeda dengan aktualnya maka akan menyebabkan *spot cooling* kemasukan material.

4. Dibawah ini merupakan *fault tree analysis* dari kegagalan *Corepin* Patah dan masing-masing part kritisnya sebagai berikut.



Gambar 4.26 FTA *Coupler Cooling* Rusak
(Sumber: Pengolahan Data)

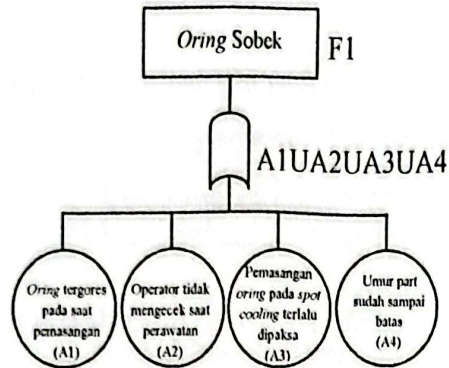
Potensi penyebab kegagalan *coupler cooling* rusak adalah *coupler* karatan atau operator tidak mengecek saat perawatan atau saat pemasangan di mesin *coupler* seperti di paksa atau umur part sudah sampai batas atau *coupler* terbentur pada saat peletakan di rak dies maka akan menyebabkan *coupler cooling* rusak.



Gambar 4.27 FTA *Pipa Cooling* Robek
(Sumber: Pengolahan Data)

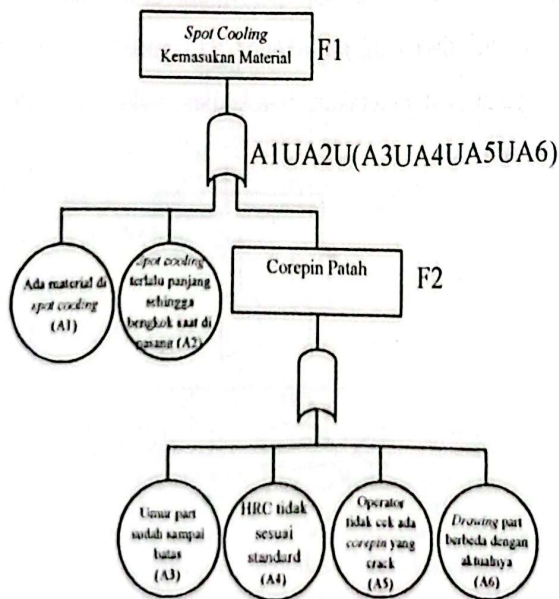
Potensi penyebab kegagalan *pipa cooling* robek adalah *pipa cooling* tergores pada saat perawatan atau operator tidak mengecek saat perawatan atau *pipa*

cooling tidak terpasang dengan benar atau umur part sudah sampai batas maka akan menyebabkan pipa *cooling* robek.



Gambar 4.28 FTA *Oring Sobek*
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *oring* sobek adalah *oring* tergores pada saat pemasangan atau operator tidak mengecek pada saat perawatan atau pemasangan *oring* pada *spot cooling* terlalu dipaksa atau umur part sudah sampai batas maka akan menyebabkan *oring* sobek.

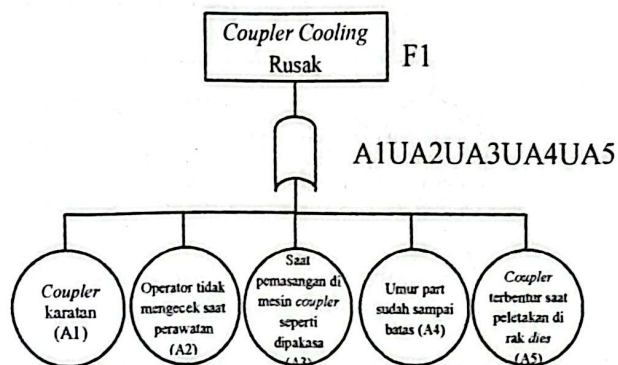


Gambar 4.29 FTA *Spot Cooling Kemasukan Material & Corepin Patah*
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *spot cooling* kemasukan material adalah ada material di *spot cooling* atau *spot cooling* terlalu panjang sehingga bengkok

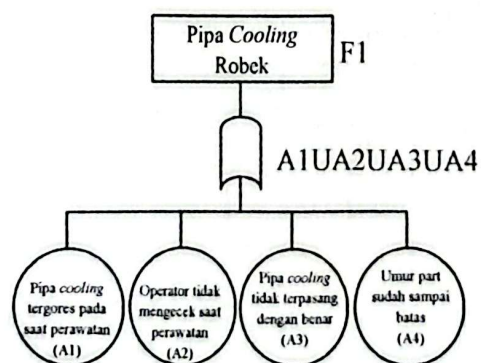
saat di pasang. Kesemuanya merupakan potensi kegagalan, artinya apabila terjadi *corepin* patah adanya umur part sudah sampai batas atau HRC tidak sesuai standar atau operator tidak cek ada part crack atau *drawing* part berbeda dengan aktualnya maka akan menyebabkan *spot cooling* kemasukan material.

5. Dibawah ini merupakan *fault tree analysis* dari kegagalan *Cooling Water* Bocor dan masing-masing part kritisnya sebagai berikut.



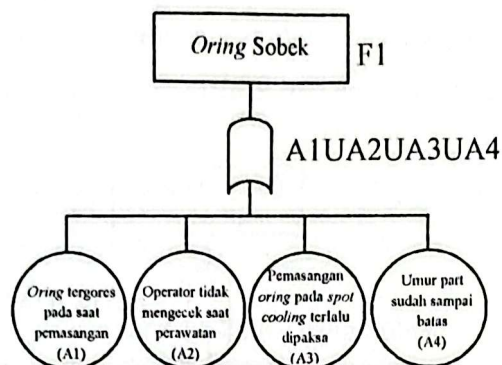
Gambar 4.30 FTA *Coupler Cooling* Rusak
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *coupler cooling* rusak adalah *coupler* karatan atau operator tidak mengecek saat perawatan atau saat pemasangan di mesin *coupler* seperti di paksa atau umur part sudah sampai batas atau *coupler* terbentur pada saat peletakan di rak *dies* maka akan menyebabkan *coupler cooling* rusak.



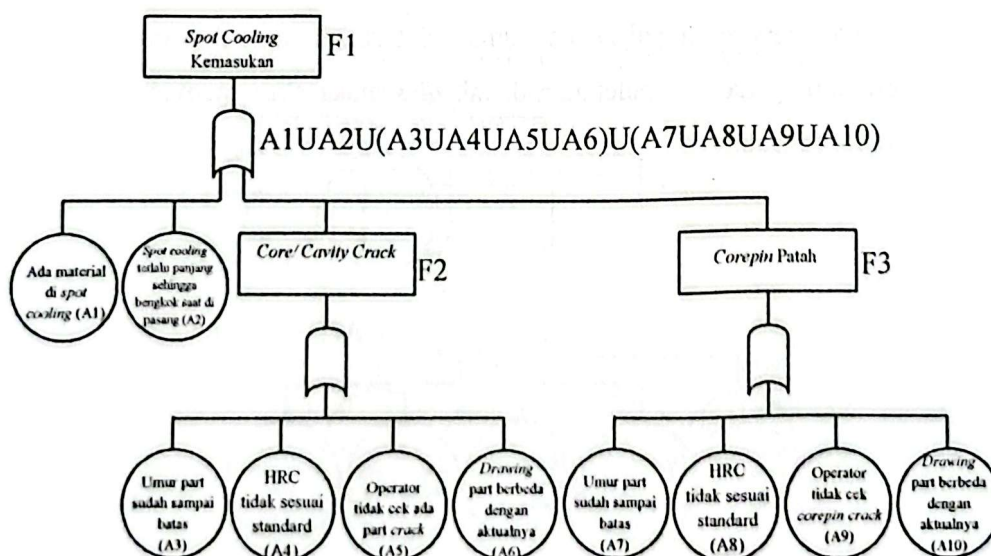
Gambar 4.31 FTA *Pipa Cooling* Robek
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan pipa *cooling* robek adalah pipa *cooling* tergores pada saat perawatan atau operator tidak mengecek saat perawatan atau pipa *cooling* tidak terpasang dengan benar atau umur part sudah sampai batas maka akan menyebabkan pipa *cooling* robek.



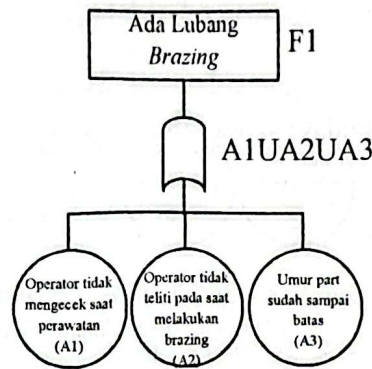
Gambar 4.32 FTA *Oring Sobek*
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *oring* sobek adalah *oring* tergores pada saat pemasangan atau operator tidak mengecek pada saat perawatan atau pemasangan *oring* pada *spot cooling* terlalu dipaksa atau umur part sudah sampai batas maka akan menyebabkan *oring* sobek.



Gambar 4.33 FTA *Spot Cooling Kemasukan Material*
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *spot cooling* kemasukan material adalah ada material di *spot cooling* atau *spot cooling* terlalu panjang sehingga bengkok saat di pasang. Kesemuanya merupakan potensi kegagalan, artinya apabila terjadi *core/ cavity crack* atau *corepin* patah adanya umur part sudah sampai batas atau HRC tidak sesuai standar atau operator tidak cek ada *part crack* atau *drawing* part berbeda dengan aktualnya maka akan menyebabkan *spot cooling* kemasukan material.



Gambar 4.34 FTA Ada Lubang Pada *Brazing*
(Sumber: Pengolahan Data)

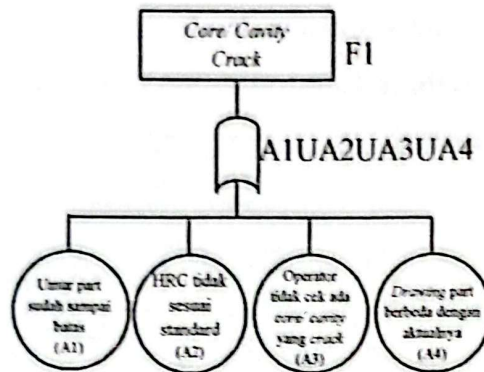
Potensi penyebab kegagalan ada lubang di *brazing* adalah operator tidak mengecek saat perawatan atau operator tidak teliti pada saat melakukan *brazing* atau umur part sudah sampai batas maka akan menyebabkan ada lubang di *brazing*.

6. Dibawah ini merupakan *fault tree analysis* dari kegagalan *Die Flushing* dan masing-masing part kritisnya sebagai berikut.



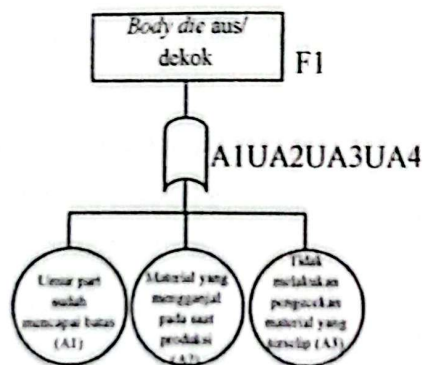
Gambar 4.35 FTA *Cavity FD Dekok*
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *core/cavity* FD dekok adalah umur part yang sudah mencapai batas atau material yang mengganjal pada saat produksi atau operator tidak membersihkan permukaan *core/cavity* dengan teliti maka akan menyebabkan *core/cavity* FD dekok.



Gambar 4.36 FTA *Core/Cavity Crack*
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *core/cavity crack* adalah umur part sudah sampai batas atau HRC tidak sesuai standar atau operator tidak cek ada part crack atau drawing part berbeda dengan aktualnya maka akan menyebabkan *core/cavity crack*.



Gambar 4.37 FTA *Body Die Aus/ Dekok*
(Sumber: Pengolahan Data)

Potensi penyebab kegagalan *body die aus/ dekok* adalah umur part yang sudah mencapai batas atau material yang mengganjal pada saat produksi atau operator tidak melakukan pengecekan material yang terselip maka akan menyebabkan *body die aus/ dekok*.

Risiko kegagalan dan part kritis penyebab kegagalan yang telah teridentifikasi menggunakan FTA tidak bisa dibiarkan begitu saja agar masalah tersebut tidak terjadi berulang kali maka perlu dilakukannya perbaikan saat melakukan perawatan *dies*. Dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) agar dapat ditentukan prioritas (part yang memiliki nilai RPN di atas nilai kritis) perbaikan pengendalian kualitas mana yang didahulukan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan *breakdown machine* karena *dies* FC 080B.

4.2.2. Pengolahan Data Dengan Metode FMEA

Pengolahan data menggunakan metode FMEA bertujuan untuk mendapatkan risiko kritis yang merupakan risiko-risiko yang akan dianalisa lebih lanjut. Risiko kritis tersebut diperoleh setelah dilakukan perhitungan *risk priority number* (RPN) untuk setiap risiko yang telah teridentifikasi.

Rating ditentukan berdasarkan standar yang digunakan oleh perusahaan TACI dengan disesuaikan untuk penggunaan dalam studi kasus ini. Skala yang digunakan dalam studi kasus ini diambil berdasarkan standar FMEA dari AIAG (*Automotive Industry Action Group*) dengan rentan skala penilaian yaitu skala 1-10. Masing-masing rating tersebut merupakan kuantifikasi dari setiap kategori penilaian risiko. Sedangkan untuk kriteria verbalnya sendiri merupakan hasil diskusi dengan operator, leader, foreman dan supervisor *Die Maintenance* PT TACI berdasarkan pengalaman yang disesuaikan dengan standar FMEA dari AIAG.

1. Rating *severity* menggambarkan tinggi-rendahnya dampak yang dapat ditimbulkan akibat kegagalan, skala 1 menyatakan bahwa temuan kegagalan tidak memerlukan tindakan karena tidak memberikan dampak pada *dies*. Sedangkan skala 10 menunjukkan temuan kegagalan mengharuskan dilakukannya tindakan karena jika tindakan tidak dilakukan akan menyebabkan *dies* mengalami kegagalan dan membahayakan keselamatan.
2. Rating *occurance* adalah kuantifikasi dari kemungkinan terjadinya risiko, dimana skala 1 menyatakan kemungkinan terjadi yang sangat jarang terjadi dan skala 10 menyatakan kemungkinan kemunculan kegagalan yang selalu terjadi.
3. Rating *Detection* memberikan rentan penilaian untuk pendeteksian terjadinya kegagalan, dengan skala 1 menunjukkan bahwa kegagalan sangat mudah

terdeteksi dan skala 10 menunjukkan kegagalan sangat sulit terdeteksi yang membutuhkan pembongkaran komponen secara keseluruhan.

3.2.1. Penentuan nilai *Severity*, *Occurance*, *Detection* dan perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*

Risiko yang telah diidentifikasi sebelumnya menggunakan *tools* FTA, kemudian diberikan penilaian berdasarkan tiga kategori yaitu *severity*, *occurance* dan *detection*. Penilaian ini diberikan oleh leader, foreman serta supervisor *Dies Maintenance* yang telah ahli dan berpengalaman dalam pemeliharaan dies melalui kegiatan diskusi (*brainstorming*) bersama penyusun. Nilai yang didapat dari penilaian ketiga kategori tersebut akan digunakan dalam perhitungan *risk priority number (RPN)*. RPN merupakan perhitungan sederhana yang mengalikan nilai *severity*, *occurance* dan *detection* dari jenis kegagalan *part* yang ada. Sebelum itu perlu adanya perhitungan *occurance* dari kegagalan *dies* FC 080B yang terjadi pada bulan Januari hingga Maret 2019 yang dibandingkan dengan produksi yang dilakukan *dies* FC 080B selama bulan Januari hingga Maret 2019, dibawah ini adalah perhitungan untuk menentukan *rating severity*, *occurance* dan *detection* sebagai berikut:

Severity

Setelah mengetahui mode kegagalan pada setiap problem, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi potensial efek kegagalan dari setiap komponen. Berdasarkan potensial efek kegagalan ini, kemudian akan dilakukan penilaian keparahan untuk masing masing problem, penilaian keparahan untuk potensi efek kegagalan dapat dilihat pada Tabel 4.6. berikut ini:

Tabel 4.6. Nilai *Severity* Efek Kegagalan

No.	Kegagalan (Failure Mode)	Efek Kegagalan	<i>Severity</i>
1	<i>Galling</i>	Membuat produk cacat <i>galling</i> (material menempel pada cavity).	7
2	<i>Corepin Patah</i>	Mengakibatkan produk cacat lubang pin atau baut abnormal (lubang yang terbuat tidak sesuai standar).	8

Lanjut...

Tabel 4.6. Nilai *Severity* Efek Kegagalan (Lanjutan)

No.	Kegagalan (Failure Mode)	Efek Kegagalan	<i>Severity</i>
3	<i>Core/ Cavity Crack</i>	Mengakibatkan produk cacat bentuk (profil).	8
4	<i>Die Flushing</i>	Mengakibatkan <i>raw material</i> keluar dari <i>die</i> dan membuat cacat pada produk.	7
5	<i>Squeeze Abnormal</i>	Mengakibatkan cacat <i>shrinkage</i> ada udara yang terjebak dalam produk.	8
6	<i>Cooling Water Bocor</i>	Mengakibatkan cacat <i>misrun</i> atau ada kandungan air pada produk yang menyebabkan permukaan produk menjadi warna hitam/ flek hitam.	7

(Sumber: Pengolahan Data)

2. Occurance

Sebelum penentuan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) maka ditentukan terlebih dahulu kriteria *occurrence*, penentuan *occurrence* ini didasarkan dari frekuensi problem *dies* FC 080B yang terjadi selama bulan Januari hingga Maret 2019. Untuk itu dalam menentukan rating *occurrence* problem *dies* FC 080B dengan cara kegagalan yang terjadi dibagi dengan jumlah produksi dihasilkan, seperti pada Tabel 4.7. dibawah ini.

Tabel 4.7. Menentukan Rating *Occurance* Problem Die

No.	Problem	Kegagalan (kali)	Produksi (kali)	Nilai	<i>Rating</i>
1	<i>Galling</i>	11	65.000	0,00017	1
2	<i>Corepin Patah</i>	2	65.000	0,00003	1
3	<i>Core/ Cavity Crack</i>	2	65.000	0,00003	1
4	<i>Die Flushing</i>	2	65.000	0,00003	1
5	<i>Squeeze Abnormal</i>	1	65.000	0,00002	1
6	<i>Cooling Water Bocor</i>	1	65.000	0,00002	1

(Sumber: Pengolahan Data)

Dari Tabel 4.7. dapat diketahui bahwa nilai *occurrence* untuk menentukan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), penjabaran dari Tabel 4.7. untuk menentukan *occurrence* sebagai berikut:

a. *Galling*

Berdasarkan data sekunder PT TD Automotive Compressor Indonesia untuk problem *Galling* mengalami kegagalan sebanyak 11 kali dengan jumlah produksi produk *front cylinder* kompresor sebanyak 65.000, sebagai berikut:

Frekuensi Problem *Galling* = Frekuensi Problem Bulan Januari hingga Maret 2019 adalah 11 kali

$$\text{Nilai Occurrence} = \frac{\text{Frekuensi}}{\text{Jumlah Produksi}} = \frac{11}{65.000} = 0,00017$$

Berdasarkan Tabel 2.4. dapat diketahui bahwa nilai *occurrence* problem *Galling* adalah 0,00017 memiliki *rating* 1.

b. *Corepin Patah*

Berdasarkan data sekunder PT TD Automotive Compressor Indonesia untuk problem *Corepin Patah* mengalami kegagalan sebanyak 2 kali dengan jumlah produksi produk *front cylinder* kompresor sebanyak 65.000, sebagai berikut:

Frekuensi Problem *Corepin Patah* = Frekuensi Problem Bulan Januari hingga Maret 2019 adalah 2 kali

$$\text{Nilai Occurrence} = \frac{\text{Frekuensi}}{\text{Jumlah Produksi}} = \frac{2}{65.000} = 0,00003$$

Berdasarkan Tabel 2.4. dapat diketahui bahwa nilai *occurrence* problem *Corepin Patah* adalah 0,00003 memiliki *rating* 1.

c. *Core/ Cavity Crack*

Berdasarkan data sekunder PT TD Automotive Compressor Indonesia untuk problem *Core/ Cavity Crack* mengalami kegagalan sebanyak 2 kali dengan jumlah produksi produk *front cylinder* kompresor sebanyak 65.000, sebagai berikut:

Frekuensi Problem *Core/ Cavity Crack* = Frekuensi Problem Bulan Januari hingga Maret 2019 adalah 2 kali

$$\text{Nilai Occurrence} = \frac{\text{Frekuensi}}{\text{Jumlah Produksi}} = \frac{2}{65.000} = 0,00003$$

Berdasarkan Tabel 2.4. dapat diketahui bahwa nilai *occurrence* problem *Core/ Cavity Crack* adalah 0,00003 memiliki *rating* 1.

d. *Die Flushing*

Berdasarkan data sekunder PT TD Automotive Compresor Indonesia untuk problem *Die Flushing* mengalami kegagalan sebanyak 2 kali dengan jumlah produksi produk *front cylinder* kompresor sebanyak 65.000, sebagai berikut:

Frekuensi Problem *Die Flushing* = Frekuensi Problem Bulan Januari hingga Maret 2019 adalah 2 kali

$$\text{Nilai Occurrence} = \frac{\text{Frekuensi}}{\text{Jumlah Produksi}} = \frac{2}{65.000} = 0,00003$$

Berdasarkan Tabel 2.4. dapat diketahui bahwa nilai *occurrence* problem *Die Flushing* adalah 0,00003 memiliki *rating* 1.

e. *Squeeze Abnormal*

Berdasarkan data sekunder PT TD Automotive Compresor Indonesia untuk problem *Squeeze Abnormal* mengalami kegagalan sebanyak 2 kali dengan jumlah produksi produk *front cylinder* kompresor sebanyak 65.000, sebagai berikut:

Frekuensi Problem *Squeeze Abnormal* = Frekuensi Problem Bulan Januari hingga Maret 2019 adalah 2 kali

$$\text{Nilai Occurrence} = \frac{\text{Frekuensi}}{\text{Jumlah Produksi}} = \frac{1}{65.000} = 0,00002$$

Berdasarkan Tabel 2.4. dapat diketahui bahwa nilai *occurrence* problem *Squeeze Abnormal* adalah 0,00002 memiliki *rating* 1.

f. *Cooling Water Bocor*

Berdasarkan data sekunder PT TD Automotive Compresor Indonesia untuk problem *Cooling Water Bocor* mengalami kegagalan sebanyak 2 kali dengan jumlah produksi produk *front cylinder* kompresor sebanyak 65.000, sebagai berikut:

Frekuensi Problem *Cooling Water Bocor* = Frekuensi Problem Bulan Januari hingga Maret 2019 adalah 2 kali

$$\text{Nilai Occurrence} = \frac{\text{Frekuensi}}{\text{Jumlah Produksi}} = \frac{1}{65.000} = 0,00002$$

Berdasarkan Tabel 2.4. dapat diketahui bahwa nilai *occurrence* problem *Cooling Water Bocor* adalah 0,00002 memiliki *rating* 1.

3. Detection

Penilaian deteksi dalam *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) bertujuan untuk mengetahui kemungkinan kontrol proses yang dilakukan akan mendeteksi kegagalan selanjutnya, sehingga penilaian dilakukan pada kemampuan mengontrol proses untuk mencegah terjadinya *breakdown dies*. Dengan kata lain, pendeteksi peringkat dilakukan berdasarkan pada pencegahan kegagalan. Data yang diambil berdasarkan wawancara terhadap *supervisor* dan operator di *Die Maintenance*, penentuan nilai dari *detection* dapat dilihat pada Tabel 4.8. dibawah ini:

Tabel 4.8. Menentukan Nilai *Detection*

No.	Kegagalan (Failure Mode)	Kontrol	Kriteria Verbal	D.
1	<i>Galling</i>	Pengecekan oleh operator (visual check), kontrol suhu dengan <i>cooling spray</i> (volume air pada <i>spray</i> sesuai standar)	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang sampai tinggi	4
2	<i>Corepin Patah</i>	Pengecekan oleh operator (visual check), Penggantian sparepart dengan yang baru	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang sampai tinggi	4
3	<i>Core/ Cavity Crack</i>	Pengecekan oleh operator (visual check), Penggantian sparepart dengan yang baru	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang sampai tinggi	4
4	<i>Die Flushing</i>	Pengecekan oleh operator, melakukan test <i>die spotting</i> agar dapat diketahui jarak/ <i>gap</i> antara FD dengan MD dengan menggunakan timah, operator membersihkan permukaan cavity dengan <i>sunpress oil</i> .	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan hampir pasti	1

Lanjut...

Tabel 4.8. Penentuan Nilai *Detection*

No.	Kegagalan (Failure Mode)	Kontrol	Kriteria Verbal	D.
5	<i>Squeeze Abnormal</i>	Pengecekan oleh operator pada saat dilakukan <i>squeeze check</i> sehingga dapat dilihat pergerakan <i>squeeze</i> tersendat/ seret atau normal sesuai standar.	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat tinggi	2
6	<i>Cooling Water Bocor</i>	Melakukan <i>water cooling test</i> di setiap channel <i>inner cooling</i> yang ada pada <i>cavity</i> dan <i>corepin</i> , dan melakukan <i>leak test</i> (test dengan udara di tempat masuk <i>cooling</i> atau di bagian <i>coupler cooling</i>).	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat tinggi	3

(Sumber: Pengolahan Data)

4. Penentuan Nilai RPN

Risk priority number (RPN) perhitungan ini memberikan kemudahan dalam menentukan langkah kebijakan apa yang akan diambil terkait dengan temuan kegagalan. RPN dari FMEA problem *Galling*, *Corepin Patah*, *Core/ Cavity Crack*, *Squeeze Abnormal*, *Die Flushing* dan *Cooling Water Bocor*.

$$\text{Risk Priority Number (RPN)} = \text{Severity} \times \text{Occurance} \times \text{Detection} \dots \dots \dots (4.1)$$

Berikut dibawah ini merupakan Tabel 4.9. *worksheet* FMEA dari problem *dies FC 080B*:

Tabel 4.9. Worksheet FMEA Problem Dies FC 080B

No.	Kegagalan (Failure Mode)	Efek Kegagalan (Failure Effect)	S	Penyebab Potensial	O	Kontrol	D	RPN	Rank
1	<i>Galling</i>	Membuat produk cacat galling (material menempel pada cavity).	7	<i>Core/ Cavity</i> dan <i>Corepin</i> terlalu panas	1	Pengecekan oleh operator (visual check), kontrol suhu dengan <i>cooling spray</i> (volume air pada <i>spray</i> sesuai standar)	4	28	1
2	<i>Corepin Patah</i>	Mengakibatkan produk cacat lubang pin atau baut abnormal (lubang yang terbuat tidak sesuai standar).	6	Umur part yang sudah sampai batas, <i>corepin</i> mengalami <i>crack</i> , HRC tidak sesuai standar	1	Pengecekan oleh operator (visual check), Penggantian sparepart dengan yang baru	4	24	2
3	<i>Core/ Cavity Crack</i>	Mengakibatkan produk cacat bentuk (profil).	6	Umur part yang sudah sampai batas, suhu part terlalu panas, <i>cooling spray</i> mesin tidak maksimal, HRC tidak sesuai standar	1	Pengecekan oleh operator (visual check), Penggantian sparepart dengan yang baru	4	24	3
4	<i>Die Flushing</i>	Mengakibatkan <i>raw material</i> keluar dari <i>die</i> dan membuat cacat pada produk.	6	Ada jarak/ <i>gap</i> antara FD dan MD yang menyebabkan kerapatan tidak standar (standar <i>gap</i> antara FD dan MD adalah 0,1.	1	Pengecekan oleh operator, melakukan test <i>die spotting</i> agar dapat diketahui jarak/ <i>gap</i> antara FD dengan MD dengan menggunakan timah, operator membersihkan permukaan cavity dengan <i>sunpress oil</i> .	3	18	4

Lanjut...

Tabel 4.9. Worksheet FMEA Problem Dies FC 080B (Lanjutan)

No. Kegagalan (Failure Mode)	Efek Kegagalan (Failure Effect)	S	Penyebab Potensial	O	Kontrol	D	RPN	Rank
5 Squeeze Abnormal	Mengakibatkan cacat <i>shrinkage</i> ada udara yang terjebak dalam produk.	8	<i>Oring squeeze</i> robek sehingga <i>oil squeeze</i> tidak dapat bekerja secara maksimal.	1	Pengecekan oleh operator pada saat dilakukan <i>squeeze check</i> sehingga dapat dilihat pergerakan <i>squeeze</i> tersendat/seret atau normal sesuai standar.	2	16	5
6 Cooling Water Bocor	Mengakibatkan cacat <i>missrun</i> atau ada kandungan air pada produk yang menyebabkan permukaan produk menjadi warna hitam/ flek hitam.	7	<i>Spot cooling</i> mengeluarkan air ke bagian <i>cavity</i> atau <i>corepin</i> karena sparepart tersebut mengalami <i>crack</i> sehingga <i>raw material</i> terkena air dan menyebabkan air terjebak dalam <i>raw material</i> .	1	Melakukan <i>water cooling test</i> di setiap channel <i>inner cooling</i> yang ada pada <i>cavity</i> dan <i>corepin</i> , dan melakukan <i>leak test</i> (test dengan udara di tempat masuk <i>cooling</i> atau di bagian <i>coupler cooling</i>).	1	7	6

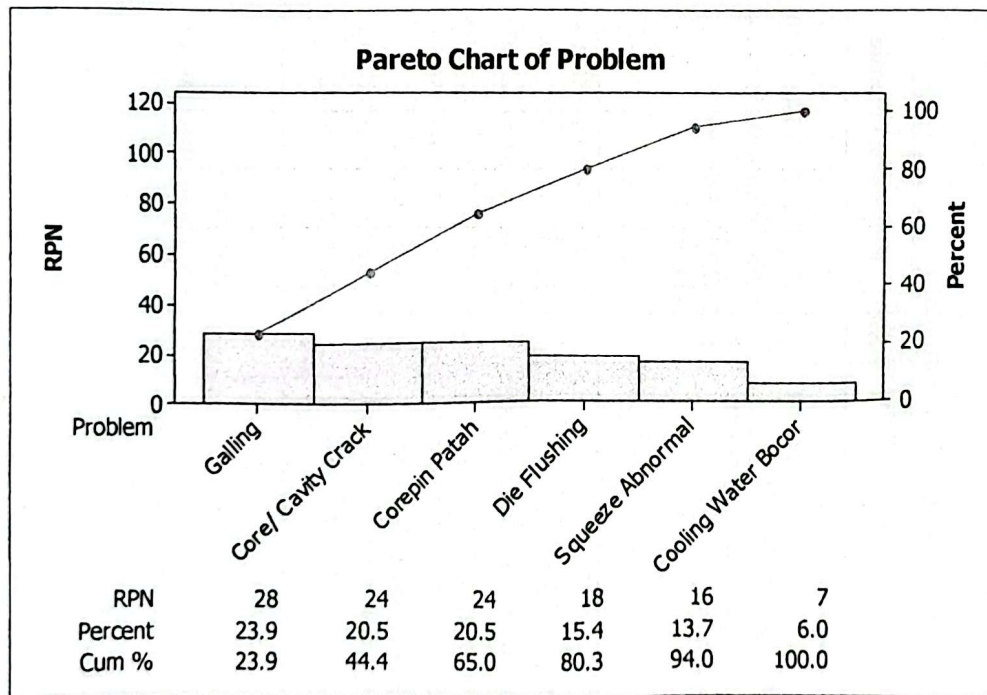
(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan FMEA yang telah diberikan pembobitan nilai selanjutnya pada tahap ini dilakukan pengurutan nilai berdasarkan nilai RPN dari yang tertinggi hingga yang terendah. Pengurutan nilai dapat dilihat pada Tabel 4.10. dan Gambar 4.38 diagram Pareto dibawah ini:

Tabel 4.10. Urutan Risk Priority Number

No.	Kegagalan (Failure Mode)	S	O	D	RPN	Rank
1	<i>Galling</i>	7	1	4	28	1
2	<i>Corepin Patah</i>	6	1	4	24	2
3	<i>Core/ Cavity Crack</i>	6	1	4	24	3
4	<i>Die Flushing</i>	6	1	3	18	4
5	<i>Squeeze Abnormal</i>	8	1	2	16	5
6	<i>Cooling Water Bocor</i>	7	1	1	7	6

(Sumber: Pengolahan Data)



Gambar 4.38 Diagram Pareto Urutan Risk Priority Number

(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan pengurutan nilai RPN yang sudah dilakukan didapatkan nilai RPN tertinggi sebesar 28, yaitu problem *Galling* mempunyai tingkat kegagalan mayor dan mempunyai peran penting dalam mempengaruhi penurunan performa *die* dan kualitas produk yang dihasilkan, berdasarkan nilai *severity* yaitu membuat

produk cacat *galling* (material menempel pada cavity). frekuensi terjadinya cukup tinggi dari pada kegagalan yang lain. Kegagalan yang lain hanya memiliki nilai RPN dibawah 28. Hal ini menandakan bahwa *galling* menjadi problem kegagalan utama *die* yang harus diperbaiki. Perbaikan yang dilakukan untuk moda kegagalan tersebut dilakukan berdasarkan penyebab-penyebab kegagalan yang telah dianalisis menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sehingga diketahui permasalahan yang terjadi untuk dilakukan perbaikan.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Analisa Hasil Penilaian Risiko

Berdasarkan penolahan data yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan pendekatan *Fault Tree Analysis* (FTA) di dapatkan hasil berdasarkan penilaian *risk priority number*. Secara umum, hasil pengolahan dan analisis data menggunakan metode FMEA terhadap problem *dies* yang menyebabkan timbulnya produk cacat, maka diketahui urutan problem *dies* dengan nilai RPN tertinggi sampai terendah dengan urutan sebagai berikut:

1. *Galling*
Nilai *severity* 7, nilai *occurrence* 1 dan *detection* 4, sehingga nilai RPN *Galling* adalah 28.
2. *Corepin Patah*
Nilai *severity* 6, nilai *occurrence* 1 dan *detection* 4, sehingga nilai RPN *Corepin Patah* adalah 24.
3. *Core/ Cavity Crack*
Nilai *severity* 6, nilai *occurrence* 1 dan *detection* 4, sehingga nilai RPN *Core/ Cavity Crack* adalah 24.
4. *Die Flushing*
Nilai *severity* 6, nilai *occurrence* 1 dan *detection* 3, sehingga nilai RPN *Die Flushing* adalah 18.
5. *Squeeze Abnormal*
Nilai *severity* 8, nilai *occurrence* 1 dan *detection* 2, sehingga nilai RPN *Squeeze Abnormal* adalah 16.
6. *Cooling Water Bocor*
Nilai *severity* 7, nilai *occurrence* 1 dan *detection* 1, sehingga nilai RPN *Cooling Water Bocor* adalah 7.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya problem yang menyebabkan *breakdown dies* yaitu *galling*, agar upaya yang telah dilakukan

penyusun yang dibantu oleh tim *Die Maintenance* untuk mengurangi problem *Galling* adalah dapat memberikan usulan pemeliharaan *dies* FC 080B dengan menggunakan metode FMEA dengan pendekatan FTA untuk mengurangi problem *Galling* yang menyebabkan *breakdown dies* FC 080B.

Penyebab dari terjadinya problem *Galling* setelah dilakukan pengolahan data dengan FTA diketahui faktor-faktor dalam hal ini part-part yang mengalami kegagalan sehingga dapat menyebabkan problem *Galling* adalah *coupler cooling* rusak sehingga tidak mengalirkan air untuk mendinginkan *cavity* atau *corepin* dengan benar, *oring* sobek sehingga air yang mengalir ke *spot cooling* tidak lancar, pipa *cooling* robek sehingga air yang mengalir dari mesin tidak dapat diteruskan dengan baik dan menyebabkan suhu *cavity* atau *corepin* terlalu panas, *spot cooling* kemasukan material sehingga pada saat proses pendinginan permukaan *cavity* atau *corepin* karena material yang masuk dapat menyebabkan *spot cooling* rusak, lapisan *spark depo* memudar sehingga *raw material* mudah menempel pada bagian *cavity* atau *corepin*. Berdasarkan part-part yang mengalami kegagalan ini, dampak yang ditimbulkan sangat berpengaruh besar terhadap problem *Galling* yang memungkinkan dapat memicu terjadinya problem yang lainnya karena dari beberapa part-part yang mengalami kegagalan ini berpotensi menyebabkan problem-problem yang lainnya dapat bermunculan.

5.2. Analisis usulan perbaikan berdasarkan FTA dan FMEA

Berdasarkan pemaparan hasil penelitian menggunakan metode FMEA dapat diketahui RPN tertinggi adalah problem *Galling* dengan nilai RPN sebesar 28. Sehingga dapat digambarkan bahwa part kritis yang menyebabkan problem *galling* perlu dilakukan perbaikan yang dilakukan untuk ketujuh part kegagalan pada pemeliharaan *dies*, dilakukan berdasarkan penyebab-penyebab kegagalan yang telah dianalisis dengan menggunakan FTA dan FMEA sehingga diketahui permasalahan yang terjadi untuk dilakukan perbaikan. Usulan perbaikan terhadap ketujuh part kritis pada proses pemeliharaan *dies* yang berpotensi menyebabkan terjadinya *breakdown dies* karena problem *galling* dapat dilihat pada Tabel 5.1. sebagai berikut:

Tabel 5.1. Usulan Perbaikan berdasarkan FTA dan FMEA

Moda Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Usulan Perbaikan
Oring sobek	Oring tergores pada saat pemasangan	Pemasangan <i>oring</i> jangan dipaksa dengan menggunakan alat yang bisa membuat oring tergores (<i>oring</i> harus sesuai dengan ukurannya).
	Operator tidak mengecek pada saat perawatan	Operator harus lebih teliti pada saat melakukan perawatan, sehingga perlu dilakukan <i>water cooling test</i> pada setiap <i>channel spot cooling</i> .
	Pemasangan <i>oring</i> pada <i>spot cooling</i> terlalu dipaksakan	Pemasangan <i>oring</i> terlalu dipaksa sehingga <i>oring</i> mengalami goresan yang menyebabkan <i>oring</i> gampang sobek.
	Umur part sudah sampai batas	Umur <i>oring</i> perlu di kontrol atau setiap 10.000 kali produksi, <i>oring</i> perlu diganti.
	<i>Coupler</i> karatan	<i>Coupler</i> karatan karena sering terkena air <i>cooling</i> pada saat produksi.
<i>Coupler Cooling</i> Rusak	Operator tidak mengecek pada saat perawatan	Operator harus lebih teliti pada saat melakukan perawatan, sehingga dapat memastikan <i>coupler</i> masih dalam keadaan baik atau dalam keadaan standar.
	Saat pemasangan <i>coupler</i> di mesin, pemasangannya terlalu dipaksa	Pada saat pemasangan di mesin operator yang melakukan penggantian <i>die</i> (<i>dandorimen</i>) perlu hati-hati sehingga <i>coupler</i> tidak mengalami kerusakan.
	Umur part sudah sampai batas	Umur <i>coupler cooling</i> perlu di kontrol dan dilihat dengan teliti adakah <i>coupler cooling</i> mengalami kerusakan ataupun terjadi karat yang bisa mempengaruhi masuknya air dari DCM ke <i>die</i> .
	<i>Coupler</i> terbentur pada saat peletakan di rak <i>die</i>	Operator perlu berhati-hati saat peletakan <i>die</i> di rak, karena saat peletakan <i>die</i> operator menggunakan <i>handlift truck</i> sehingga perlu hati-hati sehingga <i>coupler cooling</i> tidak terbentur sisi rak <i>dies</i> .
<i>Pipa Cooling</i> Sobek	<i>Pipa cooling</i> tergores pada saat perawatan	Pemasangan atau perawatan <i>pipa cooling</i> perlu dijauhkan dari benda tajam yang berpotensi membuat goresan pada <i>pipa cooling</i> .

Lanjut...

Tabel 5.1. Usulan Perbaikan berdasarkan FTA dan FMEA (Lanjutan)

Moda Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Usulan Perbaikan
	Operator tidak mengecek pada saat perawatan	Operator harus lebih teliti pada saat melakukan perawatan, sehingga perlu dilakukan <i>leak test</i> dan <i>water cooling test</i> pada pipa <i>cooling</i> .
	Pipa <i>cooling</i> tidak terpasang dengan benar	Operator perlu mengencangkan atau melilitkan pipa <i>cooling</i> dengan <i>kabelties</i> atau dengan kawat klem.
	Umur part sudah sampai batas	Umur pipa <i>cooling</i> perlu di kontrol dan dilihat dengan teliti adakah pipa <i>cooling</i> yang mengalami kebocoran atau robek di bagian sisinya.
	Ada material di <i>spot cooling</i>	Bersihkan pada <i>spot cooling</i> yang kemasukan material dengan mengganti semua part pada <i>spot cooling</i> tersebut.
Spot Cooling Kemasukan Material	Spot <i>cooling</i> terlalu panjang sehingga bengkok pada saat dipasang di lubang <i>cavity</i> atau <i>corepin</i>	Sesuaikan panjang pipa <i>spot cooling</i> agar sesuai dengan panjang lubang <i>spot cooling</i> yang akan dimasukan (<i>core/ cavity</i> ataupun <i>corepin</i>).
	Core/ <i>cavity</i> atau <i>corepin crack</i>	Operator konfirmasi dengan leader atau foreman agar segera dilakukan penggantian pada sparepart tersebut karena material sudah masuk dan melekat pada sparepart tersebut.
Suhu Corepin Terlalu Panas	Inner <i>cooling</i> tidak maksimal	Inner <i>cooling</i> perlu di lakukan <i>water cooling test</i> karena dapat mengetahui air yang mengalir di setiap inner <i>cooling</i> berjalan dengan lancar atau tidak.
	Volume air di dalam inner <i>cooling</i> tidak sesuai standar	Perlu dilakukan pengecekan di setiap <i>channel inner cooling</i> apakah ada material yang masuk ke dalam inner <i>cooling</i> sehingga dapat diersihkan pipa inner <i>cooling</i> atau dapat diganti pipa dari inner <i>cooling</i> tersebut.
	Spot <i>cooling</i> bengkok	Pipa <i>spot cooling</i> terlalu panjang sehingga bengkok pada saat pemasangan di dalam lubang <i>corepin</i> .

Lanjut...

Tabel 5.1. Usulan Perbaikan berdasarkan FTA dan FMEA (Lanjutan)

Moda Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Usulan Perbaikan
Suhu Core/Cavity Terlalu Panas	<p><i>Inner cooling</i> tidak maksimal</p> <p>Volume air di dalam <i>inner cooling</i> tidak sesuai standar</p> <p><i>Water jacket</i> kering perlu dilapisi <i>samaru joint</i></p>	<p><i>Inner cooling</i> perlu di lakukan <i>water cooling test</i> karena dapat mengetahui air yang mengalir di setiap <i>inner cooling</i> berjalan dengan lancar atau tidak.</p> <p>Perlu dilakukan pengecekan di setiap <i>channel inner cooling</i> apakah ada material yang masuk ke dalam <i>inner cooling</i> sehingga dapat diersihkan pipa <i>inner cooling</i> atau dapat diganti pipa dari <i>inner cooling</i> tersebut.</p> <p>Perlu adanya <i>lifetime</i> pemberian <i>samaru joint</i>, atau setiap melakukan perawatan <i>die water jacket</i> perlu dilakukan pembersihan dan diberikan <i>samaru joint</i>.</p>
Lapisan <i>spark depo</i> memudar	<p>Pelapisan <i>spark depo</i> tidak merata</p> <p>Umur <i>spark depo</i> sudah sampai batas</p> <p>Pelapisan <i>spark depo</i> tidak menempel dengan sempurna karena masih adanya lapisan nitrit</p>	<p>Perlu adanya edukasi dari foreman atau leader kepada operator pada saat melakukan pelapisan <i>spark depo</i> agar lebih merata dan tertutup bagian yang kehilangan lapisan <i>nitrit</i> atau bagian permukaan yang sering tertempel <i>raw material</i>.</p> <p>Perlu adanya kajian tentang <i>lifetime</i> yang pasti berapa lama lapisan <i>spark depo</i> bisa bertahan, untuk menanggulangnya perlu pelapisan <i>spark depo</i> setiap melakukan perawatan <i>preventive (PM)</i>.</p> <p>Edukasi dan pemahaman yang cukup dari operator pada saat melakukan pelapisan <i>spark depo</i> adalah jangan menghilangkan lapisan <i>nitrit</i> terlebih dahulu dengan menggunakan <i>rubber rimmer</i>, karena bila lapisan <i>nitrit</i> masih ada memang tidak perlu dilakukan pelapisan lagi dengan <i>spark depo</i>, jadi pada saat melakukan pelapisan <i>spark depo</i> tidak perlu dilakukan pada permukaan yang masih memiliki lapisan <i>nitrit</i>.</p>

(Sumber: Analisis dan Pembahasan)

5.3. Rekomendasi Perbaikan Pemeliharaan Berdasarkan *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA)

Berdasarkan penilaian RPN yang telah didapat problem *galling* memiliki part kritis *Oring* Sobek, *Coupler Cooling* Rusak, *Spot Cooling* Kemasukan Material, *Pipa Cooling* Sobek, Suhu *Corepin* Terlalu Panas, Suhu *Cavity* Terlalu Panas, Lapisan *Spark Depo* Memudar mempunyai pengaruh atau efek dalam terjadi problem *dies galling* yang menyebabkan *breakdown dies* FC 080B. Dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan part-part kritis ini sangat berpengaruh besar dalam kinerja *dies*. Hal ini menandakan bahwa pada saat melakukan perawatan berkala (*preventive maintenance*) *dies* mempunyai part kritis yang perlu dilakukan pengecekan dan bila terjadi abnormaliti part-part kritis ini perlu dilakukan perbaikan.

Rekomendasi perbaikan perawatan yang akan dilakukan agar part kritis yang telah dianalisis berdasarkan *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) tersebut tidak terlewat pada saat melakukan perawatan berkala. Rekomendasi perbaikan perawatan dilakukan pada tanggal 1 April 2019, kegiatan perawatan berkala setelah rekomendasi perbaikan adalah seperti dibawah ini:

1. Melihat umur sparepart (*lifetime*) pada *menu service* PM/BM *dies* (perlu dilakukan penggantian keputusan dari leader atau foreman, karena melihat visual sparepart sudah tidak layak pakai atau masih layak pakai).
2. Cek *Squeeze* dengan mesin *squeeze master* (dilihat apakah pergerakan *squeeze* lancar atau seret/ tersendat), dilihat apakah pipa *squeeze* mengalami retakan atau kebocoran lalu dilihat pergerakan *squeeze* secara langsung tidak hanya dilihat pada monitor *squeeze master*. Sehingga *Fix Dies* (FD) harus di lepas dari *Move Dies* (MD) karena *squeeze* hanya ada terletak di FD.
3. Cek *cooling* dengan mesin *leak test* (dengan udara) setelah itu *water cooling test* (dengan air) dilihat apakah pipa *cooling* robek/ tergores atau tidak lalu di tes *water cooling* per *channel spot cooling* sehingga dapat dilihat apakah di setiap *spot cooling* aliran airnya mengalir dengan lancar dengan volume dan kecepatan yang sama, bila tidak lancar di setiap *channel spot cooling* dapat

dipastikan oring yang sobek atau *spot cooling* yang kemasukan material karena *corepin* atau *cavity* yang mengalami retak (*crack*).

4. *Lapping* atau membersihkan sisa *raw material* yang menempel pada *corepin* atau *cavity* dengan *baby grinda* menggunakan pahat rimmer dan leader perlu mengontrol operator sehingga menggunakan pahat rimmer bukan rubber rimmer yang dapat menghilangkan lapisan nitrit dan lapisan spark depo.
5. Pelapisan *spark depo/ coating* atau pelapisan pada permukaan *corepin* dan *cavity/ core cavity*.
6. *Cleaning* membersihkan sisa-sisa oli atau material dengan *sunpress oil* dan di gosok dengan batu rimmer yang tidak terlalu kasar. Lalu operator melihat permukaan *corepin* dan *cavity* dengan senter agar mengetahui apakah ada retakan pada *corepin* atau *cavity*, bila terjadi retakan kecil langsung dilakukan peroses *spark depo* atau atau jika cukup besar perlu dilakukan *welding* dan *finishing* di bagian tersebut.
7. Leader atau foreman perlu melakukan pengecekan secara visual dan menetapkan apakah *dies* tersebut siap untuk melakukan produksi atau tidak.

Setelah melakukan rekomendasi perawatan tersebut lalu dibuatlah *Work Instruction* agar pada saat melakukan perawatan rutin *dies (preventive maintenance dies)* menjadi landasan operator pada saat melakukan aktivitas PM *dies*. Seperti pada Gambar 5.1 berikut.

TACI		WORK INSTRUCTION / INSTRUKSI KERJA		NO. DOKUMEN: 9		REVISI: 1		MODEL	
BENTUK		SET UP JIG DRILL NMR		NO. LESTIF: 10 SEPTEMBER 2010		DESKRIBSI: 1		HD	
PROSES: Preventive Maintenance		Stasiun: PMI Dies		Lino: Die Casting		Revisi: 1		Aji Kurniawan	
UPAMAR KERJA		SIMPOL		ALASAN PERUBAHAN		REVISI			
1. Melakukan perawatan pada mesin pemrosesan PATIM dan	1. Pastikan semua spesifikasi sesuai standar	1. Pastikan semua spesifikasi sesuai standar	1. Agar tercapainya umur operasi perlu diganti atau tidak	1. Agar tercapainya umur operasi perlu diganti atau tidak	1. Agar tercapainya umur operasi perlu diganti atau tidak	1. Agar tercapainya umur operasi perlu diganti atau tidak	1. Agar tercapainya umur operasi perlu diganti atau tidak	1. Agar tercapainya umur operasi perlu diganti atau tidak	1. Agar tercapainya umur operasi perlu diganti atau tidak
2. Cek sistem dengan mesin secara manual check	2. Pastikan lebih baik	2. Pastikan lebih baik	2. Agar spesifikasi benar bekerja secara maksimal	2. Agar spesifikasi benar bekerja secara maksimal	2. Agar spesifikasi benar bekerja secara maksimal	2. Agar spesifikasi benar bekerja secara maksimal	2. Agar spesifikasi benar bekerja secara maksimal	2. Agar spesifikasi benar bekerja secara maksimal	2. Agar spesifikasi benar bekerja secara maksimal
3. Cek setting dengan tool dan water cooling tool	3. Pastikan hasil laser kurang dan lebih tinggi dan akurat dalam pengelasan	3. Pastikan hasil laser kurang dan lebih tinggi dan akurat dalam pengelasan	3. Agar pada saat pengelasan operator sama dan efisien cooling sesuai standar	3. Agar pada saat pengelasan operator sama dan efisien cooling sesuai standar	3. Agar pada saat pengelasan operator sama dan efisien cooling sesuai standar	3. Agar pada saat pengelasan operator sama dan efisien cooling sesuai standar	3. Agar pada saat pengelasan operator sama dan efisien cooling sesuai standar	3. Agar pada saat pengelasan operator sama dan efisien cooling sesuai standar	3. Agar pada saat pengelasan operator sama dan efisien cooling sesuai standar
4. Lakukan perawatan mesin raw material pada pemrosesan cavity atau corong	4. Pastikan dan pada pemrosesan	4. Pastikan dan pada pemrosesan	4. Karena jika tidak sesuai standar bisa menambah cavity	4. Karena jika tidak sesuai standar bisa menambah cavity	4. Karena jika tidak sesuai standar bisa menambah cavity	4. Karena jika tidak sesuai standar bisa menambah cavity	4. Karena jika tidak sesuai standar bisa menambah cavity	4. Karena jika tidak sesuai standar bisa menambah cavity	4. Karena jika tidak sesuai standar bisa menambah cavity
5. Lakukan speed up-downing pada pemrosesan cavity atau corong	5. Hasil speed up maksimal	5. Hasil speed up maksimal	5. Thick ada lapisan setelah lapisan untuk menambah	5. Thick ada lapisan setelah lapisan untuk menambah	5. Thick ada lapisan setelah lapisan untuk menambah	5. Thick ada lapisan setelah lapisan untuk menambah	5. Thick ada lapisan setelah lapisan untuk menambah	5. Thick ada lapisan setelah lapisan untuk menambah	5. Thick ada lapisan setelah lapisan untuk menambah
6. Lakukan perawatan speed up dan complete dengan tool pemrosesan dan corong	6. Hasil cleaning maksimal	6. Hasil cleaning maksimal	6. Agar Dies terlihat bersih dan mengkilap material yang sedikit	6. Agar Dies terlihat bersih dan mengkilap material yang sedikit	6. Agar Dies terlihat bersih dan mengkilap material yang sedikit	6. Agar Dies terlihat bersih dan mengkilap material yang sedikit	6. Agar Dies terlihat bersih dan mengkilap material yang sedikit	6. Agar Dies terlihat bersih dan mengkilap material yang sedikit	6. Agar Dies terlihat bersih dan mengkilap material yang sedikit
7. Periksa check lebih lanjut akan Korman									

Gambar 5.1 Work instruction Pemeliharaan Dies
(Sumber: PT TD Automotive Compressor Indonesia)

5.4. Frekuensi Kegagalan Dies FC 080B Setelah Dilakukan Perbaikan Perawatan

Setelah mempelajari usulan perbaikan pemeliharaan dan operator diberikan edukasi kembali oleh leader, pada tanggal 1 April 2019 saat perbaikan berkala (*preventive maintenance*) kemunculan (*frekuensi*) problem *die* seperti *Galling*, *Squeeze Abnormal*, *Water Cooling Bocor*, *Die Flushing*, *Core/ Cavity Crack* dan *Corepin Patah*. Di bulan April hingga Juli 2019 dan frekuensi problem dies FC 080B setelah dilakukan usulan perbaikan yang ditunjukkan pada Tabel 5.2. dibawah ini.

Tabel 5.2. Frekuensi Problem Dies FC 080B Bulan Januari Hingga Juli 2019

Item Kontrol	Kode	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Freq	%
Galling	GL	6	2	3	6	2	1	1	21	45%
Corepin Patah	Cpp	0	0	2	2	4	1	3	12	26%
Core/Cavity Crack	CC	0	1	1	0	0	1	0	3	6%
Die Flushing	DF	0	1	1	0	1	0	0	3	6%
Chillvent Nempel	CN	0	0	0	0	0	1	1	2	4%
Squeeze Abnormal	SA	0	0	1	1	0	0	0	2	4%
Cooling Water Bocor	CW B	0	1	0	0	0	0	1	2	4%
Ejector Pin Abnormal	EPA	0	0	0	1	0	0	0	1	2%
Dekok/Aus	DA	0	0	0	1	0	0	0	1	2%
Trimming	TI	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Lainnya	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Part Nempel	PN	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Core/Cavity Gompal	CG	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Angular Pin Patah	APP	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Sprue Bush Abnormal	SBA	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Total		6	5	8	11	7	4	6	47	100%

(Sumber: PT TD Automotive Compressor Indonesia)

Perbaikan pemeliharaan *dies* ini dapat di terapkan kepada tipe *dies* yang lain (*yokotenkai*) karena jika dilihat dari frekuensi kemunculan problem *dies* yang membuat *breakdown dies* khususnya untuk problem *galling* untuk tipe *dies* FC 080B relatif mengalami penurunan. Untuk problem Corepin Patah tipe *dies* FC 080B mengalami kenaikan sebanyak 10 kali dalam empat bulan (April hingga Juli 2019) karena ada beberapa *corepin* yang tidak memiliki lubang *cooling* sendiri dan masih

mengandalkan *cooling spray* dari mesin sehingga rentan mengalami *crack/* retakan pada *corepin* yang merupakan awal penyebab *corepin* patah, lalu untuk problem *Cooling Water Bocor* mengalami kemunculan pada bulan Juli sebanyak 1 kali disebabkan pengaruh dari *corepin* yang patah dan menyebabkan material masuk ke dalam *spot cooling* dan membuat sistem *cooling* mengalami abnormal/ tidak lancar karena material masuk ke dalam sistem *cooling*.

Penerapan perbaikan pemeliharaan *dies* yang telah di rekomendasikan oleh penyusun untuk tipe *dies* FC 080B pada saat perawatan *preventive maintenance* (perawatan rutin) yang dibantu oleh leader dan foreman dalam aktualisasinya di lapangan, memberikan dampak positif yang membuat kegagalan/ prolem pada tipe *dies* FC 080B relatif menurun kemunculannya di bulan April hingga Juli 2019, dimana saat penerapan perbaikan pemeliharaan tersebut telah dilakukan.

Lalu dilakukan dokumentasi yang memuat problem *Galling* yang telah dianalisis dan dibuat dokumentasinya yang ditunjukkan pada Gambar 5.2 dokumentasi hasil FMEA setelah implementasi usulan perbaikan dibawah ini:

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

1. Problem *dies* FC 080B yang memiliki nilai RPN paling tinggi adalah problem *Galling* dengan nilai RPN 28, Penyebab problem *Galling* yaitu dari faktor manusia, pada saat melakukan perawatan tidak dilakukan dengan standar, faktor sparepart, sparepart yang tidak sesuai standar (terjadi abnormal dan tidak sesuai spesifikasi) dan umur sparepartnya sudah sampai batas pemakaiannya.
2. Rekomendasi perbaikan perawatan *dies* yaitu: (1) Lihat *lifetime* sparepart pada menu servis PM/BM, (2) Cek *squeeze* dengan mesin *squeeze master*, (3) Cek *cooling* dengan mesin *leak test* dan *water cooling test*, (4) *Lapping* (memersihkan sisa *raw material* yang menempel permukaan *cavity* dan *corepin*), (5) Pelapisan *spark depo* di permukaan *cavity* dan *corepin*, (6) Cleaning dengan *sunpress oil*, (7) Leader atau foreman melakukan *final check*.
3. Frekuensi kemunculan problem *dies* pada FC 080B sebelum menerapkan rekomendasi perbaikan perawatan (Januari hingga Maret 2019) dan sesudah (April hingga Juli 2019) yaitu: (1) Problem *Galling* sebelum 11 kali sesudah 10 kali, (2) Problem *Corepin* Patah sebelum 2 kali sesudah 10 kali, (3) Problem *Squeeze* Abnormal sebelum 1 kali sesudah 1 kali, (4) Problem *Core/ Cavity Crack* sebelum 2 kali sesudah 1 kali, (5) Problem *Cooling Water Bocor* sebelum 1 kali sesudah 1 kali, (6) Problem *Die Flushing* sebelumnya 2 kali sesudah 1 kali.

6.2. Saran

1. Hasil penelitian menggunakan metode FMEA dengan pendekatan FTA ini diharapkan dapat menjadi referensi perusahaan dalam melakukan perbaikan untuk meningkatkan performa *dies*. Kesadaran dalam

melakukan perbaikan ini harus dilakukan oleh jajaran manajer hingga operator serta didukung dengan tindakan-tindakan nyata.

2. Perusahaan perlu melakukan tindakan:

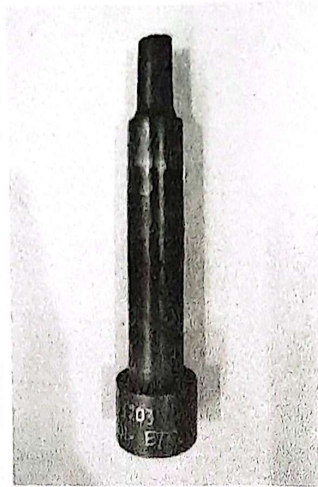
- a) Membuat SOP perawatan *dies* yang mudah dipahami agar resiko kelalaian operator dapat diminimalisir.
- b) Pada saat melakukan perawatan *dies* perlu adanya ketelitian bukan hanya dari operator tetapi juga dari leader dan foreman sehingga meminimalisir kegiatan perawatan yang tidak sesuai dengan SOP.
- c) Melakukan pengecekan ulang pada saat menerima sparepart dari *supplier* agar lebih meyakinkan sparepart yang diterima sesuai dengan standar yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

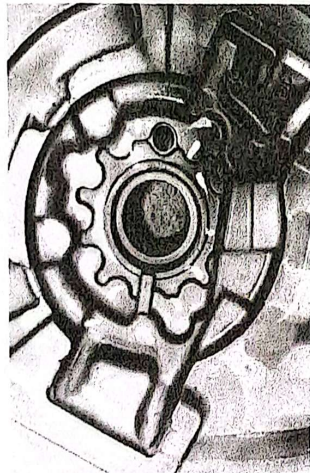
- Allison, R.A. dan Foster, J, 2004. *Measuring Health Inequality Using Qualitative Data. Journal of Health Economics*, Vol. 23: 505 – 524.
- Anonim, 2008. *Teknologi Casting*, Toshiba Machine Co., Ltd
- Ardian, Aan dan Handout. *Perawatan dan Perbaikan Mesin*, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta
- Assauri, Sofyan, 1978. *Manajemen Produksi dan Operasi*, LPSE UI : Jakarta
- Blanchard, Benjamin S., 2004. *Logistic Engineering and Management 6th Edition*. Virginia :Pearson Education International
- Chrysler, C., 1995. *Potential Failure and Effects Analysis (FMEA) Reference Manual 2nd Edition*. Ford Motor Company
- Company. M.F., 2011. *FMEA Handbook Version 4.2*, Ford Motor Company
- Ericson. C.A., 2000. *Fault Tree Analysis*,
- Garg, H.P., 1997. *Industrial Maintenance*. S. Chand & Company Ltd
- Goestch, L. David dan Davis S.B., 2014. *Quality Management for Organizational Excellence: Introduction to Total Quality*, 7th Edition.
- Gray, S. dan Pfeufer, J., 2018. *Failure Mode and Effects Analysis*, Quality Management Center
- Heine, Richard W., Loper Carl R., Rosentahl Philip C., 1990. *Principles of Metal Casting*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd. New Delhi
- Heizer, J., dan Render B., 2015. *Operations Management (Manajemen Operasi)*, ed.11, Penerjemah: Dwi anoegrah wati S dan Indra Almahdy, Salemba empat, Jakarta
- Higgins, LR., PE. dan LC. Morrow. *Maintenance Engineering Handbook, 3rd edition*. Mc. GrawHill Book Company
- Leitch, Roger D., 1995. *Reliability Analysis for Engineer: An Introduction*, Oxford: Oxford University Press

- Moubray, J., 1992. *Reliability Centered Maintenance 2nd Edition*. Industrial Press Inc.
- McDermott, R.E., Mikulak Reymond J., Beaugard Michael R., 2009. *The Basics of FMEA. 2nd Edition*. US: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Permatasari, I., 2019. Penerapan Metode Fault Tree Analysis dan Failure Mode and Effect Analysis Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Busana Muslim (Studi Kasus: di Brand X), Universitas Pendidikan Indonesia
- Priyanta, D., 2000. Keandalan Dan Perawatan. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya
- Rooney J.P., 2001. "IEC 61508; Opportunity for Rel.", *Proc. Ann, Rel & Maint. Symp*, pp: 272-77
- Sudjana. H., 2008. Teknik Pengecoran Logam Jilid 1 Untuk SMK, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Sudrajat. A., 2011. Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin, Mifka.SA, editor, Bandung (ID): PT. Refika Aditama
- Supandi. Manajemen Perawatan Industri. Ganeca Exact Bandung
- Surdia dan Chijjiwa, K., 2006. Teknik Pengecoran Logam, Jakarta, PT. Pradnya Parami
- Sutiyoko dan Effendi, Lukman, M., 2012. Studi Kasus Komposisi Pasir Cetak Green Sand terhadap Kekasaran Permukaan Benda Cor. *Jurnal Foundry*, 2 (1): 9-13. (Online), (<http://www.jurnal.fkip.uns.ac.id>), diakses 28 Maret 2015.
- Tjitro, Soejono dan Hendri., 2009. Pengaruh *Fly Ash* Terhadap Kekuatan Tekan dan Kekerasan Cetakan Pasir. Artikel yang disajikan dalam seminar nasional teknik mesin 4, Surabaya

LAMPIRAN A



Gambar *Corepin* Patah



Gambar *Cavity Crack*

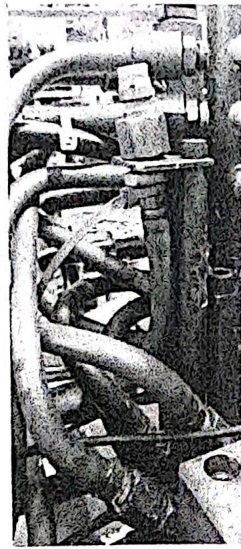


Gambar *Spot Cooling*

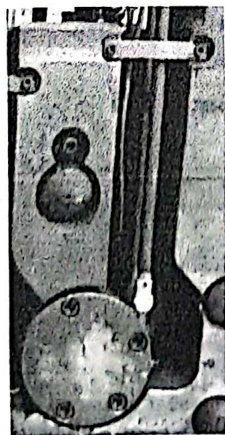
LAMPRAN B



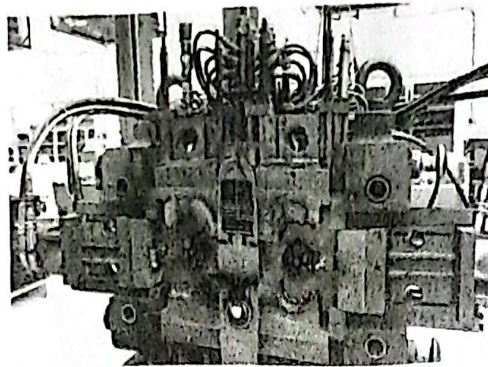
Gambar *Piston Rod Patah*



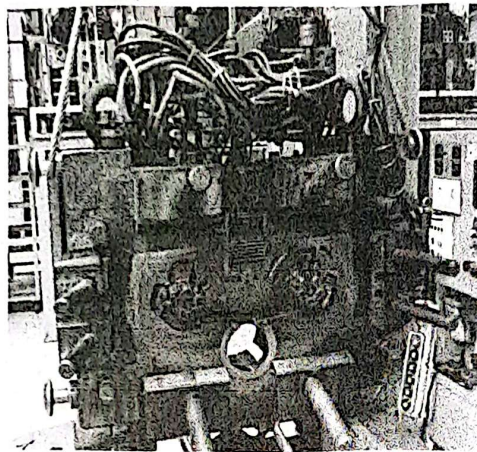
Gambar *Pipa Cooling*



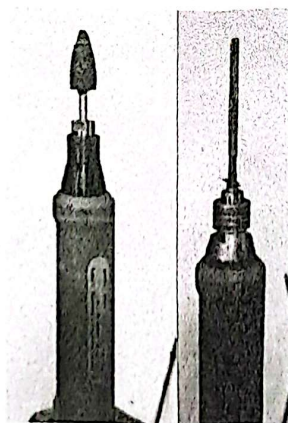
Gambar *Pipa Squeeze dan Block Squeeze*



Gambar *Move Dies* FC 080B



Gambar *Fix Dies* FC 080B



Gambar *Rubber Rimmer* dan *Rimmer*