

**Kode/ Rumpun Ilmu : 435/ Teknik Industri  
Bidang Fokus : Penciptaan dan Pemanfaatan  
Energi Baru dan Terbarukan**

**LAPORAN HASIL PENELITIAN INTERNAL**



**PENGURANGAN CACAT *PART CYLINDER* DENGAN METODE  
*FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* DAN *ROOT CAUSE*  
*ANALYSIS* PADA PROSES *FOUNDRY* DI PT XYZ**

**PENELITI**

**Ir. M. Derajat Amperajaya, MM  
(NIDN: 0319106601)**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ESA UNGGUL  
Agustus 2020**

**HALAMAN PENGESAHAN  
PENELITIAN HIBAH INTERNAL**

---

Judul Penelitian : Pengurangan Cacat Part Cylinder dengan Metode FMEA dan RCA pada Proses Foundry di PT XYZ

Kode/ Nama Rumpun Ilmu : 435/ Teknik Industri

Bidang Unggulan PT. : Rekayasa system kualitas

Topik Unggulan : Perbakan system untuk peningkatan kualitas produk

KetuaPeneliti

a. Nama lengkap : Ir. M. Derajat Amperajaya, MM

b. NIDN : 0319106601

c. Jabatan Fungsional : Dosen Tetap

d. Program Studi : Teknik Industri

e. Nomor HP : 0816776333

f. Alamat surel (e-mail) : derajat.amperajaya@esaunggul.ac.id

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap :

b. NIDN :

c. Perguruan Tinggi :

Anggota Peneliti (2)

a. Nama Lengkap :

b. NIDN :

c. Perguruan Tinggi :

Lama Penelitian Keseluruhan : 1 tahun

Usulan Penelitian Tahun ke- :

Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 23.810.000,-

Biaya Tahun Berjalan :

- diusulkan ke DRPM : Rp. 0,-

- dana internal PT : Rp. 23.810.000,-

- dana institusi lain : Rp. 0,- /- *inkind* : Rp. 0,-

Biaya Luaran Tambahan :

Jakarta, 26 Agustus 2020

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknik



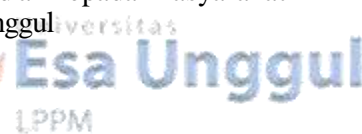

(Dr. Ir. Nofi Erni, MM)  
NIK. 994060020

Ketua Peneliti



(Ir. M. Derajat Amperajaya, MM.)  
NIK. 298110102

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat  
Universitas Esa Unggul



(Dr. Erry Yudhya Mulyani, M.Sc.)  
NIK. 209100388

## IDENTITAS DAN URAIAN UMUM

---

1. Judul Penelitian : Pengurangan Cacat *Part Cylinder* dengan Metode FMEA dan RCA pada Proses Foundry di PT. XYZ.

2. Tim Peneliti

No	Nama	Jabatan	Bidang Keahlian	Instansi Asal	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1.	Ir. M. Derajat Ampera Jaya, MM	Ketua	Teknik Industri/ Perancangan & Manufaktur	Univ. Esa Unggul	10
2.	Brilliany Mokoginta	Pengolah Data 1	Mahasiswa TI	Univ. Esa Unggul	5

3. Objek Penelitian (jenis material yang akan diteliti dan segi penelitian):

Masih banyak ditemukannya cacat pada Part Cylinder hasil proses foundry di PT. XYZ maka diperlukan usulan-usulan perbaikan dan pencegahannya.

4. Masa Pelaksanaan

Mulai : bulan Januari tahun 2020

Berakhir : bulan Agustus tahun 2020

5. Usulan Biaya Internal Perguruan Tinggi

- Tahun ke-1 : Rp 23.810.000,-

6. Lokasi Penelitian : PT. XYZ, Curug, Tangerang, Banten

7. Instansi lain yang terlibat: -

8. Temuan yang ditargetkan:

Berkurangnya jumlah cacat produk part Cylinder di proses Foundry

9. Kontribusi mendasar pada suatu bidang ilmu:

Mengintegrasikan FMEA dan RCA dapat meningkatkan keakurasian proses identifikasi penyebab cacat hingga usulan-usulan perbaikan dan pencegahannya.

10. Luaran wajib berupa laporan akhir penelitian untuk publikasi di e-repository Perpustakaan Universitas Esa Unggul.

## RINGKASAN

Permasalahan yang sering di hadapi oleh industri *foundry* adalah mendapatkan produk yang cacat. PT XYZ perusahaan yang bergerak di bidang *foundry*. Dalam kegiatan produksi divisi *foundry* tidak lepas dari munculnya jenis cacat keropos pada produk *cylinder*. yang dapat merugikan perusahaan.

Penelitian ini diawali dengan studi pendahuluan untuk mengetahui permasalahan yang muncul. Data yang di peroleh kemudian di olah dengan menggunakan diagram *pareto*. Dengan menggunakan diagram *pareto*, di peroleh bahwa kecacatan tertinggi untuk nama *part* adalah *cylinder* sebesar 0.22% merupakan cacat tertinggi. Dengan menggunakan diagram *pareto* di peroleh bahwa kecacatan tertinggi di peroleh pada proses *machining* sebesar 48.5%. Dengan menggunakan diagram *pareto* di peroleh bahwa cacat keropos merupakan jenis cacat tertinggi sebesar 46.7%. Dari jenis cacat keropos tersebut melakukan *brainstorming* yang mempunyai kontribusi munculnya cacat keropos dengan menggunakan *cause and effect diagram*. Menentukan *critical to quality* (CTQ) dengan menggunakan diagram matriks untuk mengetahui faktor dominan penyebab cacat keropos, dan membuat *fault tree analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi penyebab cacat keropos baik dari segi material dan segi operator, dan membuat FMEA untuk mengetahui dan mengidentifikasi penyebab kegagalan potensial terjadinya cacat keropos. Dari pengolahan FMEA di dapat nilai RPN tertinggi untuk cacat keropos sebesar 512, kemudian hasil dari nilai RPN tertinggi pada tabel FMEA kemudian mencari akar penyebab permasalahan dengan menggunakan *root cause analysis* (RCA). Dengan menggunakan RCA di dapat bahwa akar permasalahan yang utama adalah pengujian yang selama ini tidak di lakukan oleh divisi *foundry* seperti uji kandungan logam, komposisi logam, dan persentase pencampuran logam dan pemanasan pelapisan pada saat akan melakukan peleburan di mesin kupola.

Keyword: *Part Cylinder, Foundry, Failure Modes and Effect Analysis, Root Cause Analysis.*

## **PRAKATA**

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas perkenanNYA, Penelitian Internal Universitas Esa Unggul tahun 2020 ini telah selesai dilaksanakan. Penelitian dengan judul: “Pengurangan cacat part cylinder dengan metode FMEA dan RCA pada proses Foundry di PT PT. XYZ.

Terima kasih kepada Ketua Yayasan Kemala Mencerdaskan Bangsa, Rektor Universitas Esa Unggul, Ka. LPPM, Dekan Fakultas Teknik, Ka Prodi Teknik Industri, PT. XYZ Curug Tangerang, serta semua pihak yang telah memfasilitasi dan mendukung terlaksananya penelitian ini.

Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan meningkatkan reputasi Esa Unggul sebagai perguruan tinggi yang berperan aktif untuk memberikan solusi bagi upaya-upaya peningkatan produktivitas dan kualitas di berbagai industry manufaktur. Amin.

Jakarta, 26 Agustus 2020

Tim Peneliti

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN .....	ii
IDENTITAS DAN URAIAN UMUM .....	iii
RINGKASAN .....	v
PRAKATA .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	viii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang dan Permasalahan .....	1
1.2. Tujuan Khusus .....	1
1.3. Urgensi Penelitian .....	2
BAB II RENSTRA DAN <i>ROAD MAP</i> PENELITIAN .....	3
2.1. Renstra Penelitian .....	3
2.2. Riset Unggulan dan <i>Road Map</i> Penelitian .....	5
BAB III TINJAUAN PUSTAKA .....	6
3.1. Sejarah Pengecoran .....	7
3.2. Pengertian Kualitas .....	8
3.3. Statistik Proses Control .....	10
3.4. Failure Modes and Effect Analysis .....	12
3.5. Root Cause Analysis .....	12
BAB IV METODE PENELITIAN .....	17
BAB V HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI .....	22
5.1. Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	22
5.2. Hasil dan Luaran yang Dicapai .....	34
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	67
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang dan Permasalahan

Semakin ketatnya persaingan bisnis, yang disebabkan oleh perkembangan dunia yang semakin global dan juga muncul pemain-pemain baru, menuntut setiap perusahaan untuk terus berlomba-lomba melakukan berbagai perbaikan dalam aspek di dalamnya, demi bertahan dan menjadi yang terbaik. Disamping nuansa yang kompetitif, tantangan lain yang harus di hadapi oleh dunia industri adalah tuntutan dari pelanggan. Untuk mencapai kepuasan tingkat pelanggan yang optimal, produk yang berkualitas merupakan syarat utama. Dengan menghasilkan produk yang berkualitas baik maka akan tercapai kepuasan pelanggan, jika di lihat dari sisi *internal* perusahaan juga akan mendapatkan berbagai keuntungan yakni peningkatan efisiensi dan produktivitas serta tentu saja penghematan biaya.

PT XYZ adalah produsen *air compressor*. Divisi *foundry* saat ini sedang melakukan upaya perbaikan terutama yang berhubungan dengan peningkatan kualitas untuk menekan tingkat (*defect*) kecacatan dari produk yang di hasilkan, karena semakin kecil tingkat (*deffcet*) kecacatan maka semakin kecil pula biaya (*cost*) yang di dikeluarkan. Untuk mencegah munculnya kecacatan suatu produk perlu di kendalikan sejak awal proses agar tidak terus berlanjut lebih banyak pada proses berikutnya.

### 1.2 Tujuan Khusus

Penelitian di lakukan di PT XYZ yang merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri Pengecoran yang sedang berupaya untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. Adapun masalah yang sedang dihadapi oleh divisi *foundry* (pengecoran) adalah ingin mengurangi dan menekan tingkat (*deffect*) kecacatan. Kecacatan yang muncul adalah keropos, keras, tidak *center*, goyang, bintik dan tidak masuk *chuck*. Maka perlu mencari akar penyebab permasalahan dengan menggunakan metode *failure mode and effect analysis* dan *root cause analysis*, untuk mencari faktor penyebab kecacatan yang sering muncul.

### 1.3 Urgensi Penelitian

Universitas Esa Unggul terus berupaya untuk dapat memberikan kontribusi nyata pada berbagai upaya peningkatan produktifitas dan kualitas di dunia industry. Penggunaan beragam metode dan alat-alat kualitas termasuk untuk mengintegrasikannya sebagai salah satu upaya untuk pemerolehan hasil yang lebih akurat dan tajam sangat di butuhkan. Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui penyebab utama dari munculnya jenis cacat keropos pada *part cylinder* ini merupakan salah satu bentuk nyata dari implementasi keilmuan yang dapat diterapkan di dunia industri sesuai dengan rencana induk penelitian universitas Esa Unggul.

Tabel 1.1 Rencana Target Capaian Tahunan

No	Jenis Luaran				Indikator Capaian
	Kategori	Sub Kategori	Wajib	Tambahan	Th 2020
1	Artikel ilmiah dimuat di jurnal	Internasional bereputasi			
		Nasional Terakreditasi			
2	Artikel ilmiah dimuat di prosiding	Internasional Terindeks			
		Nasional			
3	Invited speaker dalam temu ilmiah	Internasional			
		Nasional			
4	Visiting Lecturer	Internasional			
5	Hak Kekayaan Intelektual (HKI)	Paten			
		Paten Sederhana			
		Hak Cipta			
		Merek dagang			
		Rahasia dagang			
		Desain Produk Industri			
		Indikasi Geografis			
		Perlindungan Varietas Tanaman Perlindungan Topografi Sirkuit Terpadu			
6	Teknologi Tepat Guna				
7	Model/Purwarupa/Desain/Karya Seni/Rekayasa Sosial	√		Laporan	
8	Buku Ajar (ISBN)				
9	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)			4	



## BAB II

### RENSTRA DAN ROAD MAP PENELITIAN PERGURUAN TINGGI

#### 2.1 Renstra Penelitian Perguruan Tinggi

Rencana Induk Penelitian (RIP) Universitas Esa Unggul (UEU) 2017-2021 disahkan melalui Surat Keputusan Rektor Universitas Esa Unggul No. 10/ SK-R/ UEU/ VII/ 2016, yang disusun berdasarkan dokumen Rencana Strategis Universitas Esa Unggul tahun 2016-2020. Hasil analisa dan kajian pada ketersediaan sumberdaya, bidang keilmuan, database penelitian, dan analisa data hasil penelitian Universitas Esa Unggul, maka RIP ini menetapkan ada 7 bidang unggulan penelitian, yaitu:

1. Pengentasan Kemiskinan (*Poverty Alleviation*), Ketahanan dan Keamanan Pangan (*Food Safety and Security*).
2. Pemanfaatan Energi Baru dan Terbarukan (*New and Renewable Energy*).
3. Kualitas Kesehatan, Penyakit Tropis, Gizi dan Obat-obatan (*Health, Tropical Diseases, Nutrition and Medicien*).
4. Penerapan Pengelolaan Bencana (Disaster Management), Integrasi Nasional, dan Harmoni Sosial (*Nation Integration and Social Harmony*).
5. Implementasi Otonomi Daerah dan Desentralisasi (*Regional Autonomy and Decentralization*).
6. Pengembangan Seni dan Budaya/ Industri Kreatif (*Arts and Culture/ Creative Industry*), Teknologi Informasi and Komunikasi (*Information and Communication Technology*).
7. Pembangunan Manusia dan Daya Saing Bangsa (*Human Development and Competitiveness*).

RIP UEU ini disusun dengan memperhatikan Skema Strategis Nasional, yaitu:

1. Pengentasan Kemiskinan (*Poverty Alleviation*).
2. Perubahan Iklim dan Keragaman Hayati (*Climate Change and Biodiversity*).
3. Energi Baru dan Terbarukan (*New and Renewable Energy*).
4. Ketahanan dan Keamanan Pangan (*Food Safety and Security*).
5. Kesehatan, Penyakit Tropis, Gizi dan Obat-obatan (*Health, Tropical Diseases, Nutrition and Medicine*).
6. Pengelolaan Bencana (*Disaster Management*).

7. Integrasi Nasional dan Harmoni Sosial (*Nation Integration and Social Harmony*).
8. Otonomi Daerah dan Desentralisasi (*Regional Autonomy and Decentralization*).
9. Seni dan Budaya/ Industri Kreatif (*Arts and Culture/ Creative Industry*).
10. Infrastruktur, Transportasi, dan Teknologi Pertahanan (*Infrastructure, Transportation and Defense Technology*).
11. Teknologi Informasi dan Komunikasi (*Information & Communication Technology*).
12. Pembangunan Manusia dan Daya Saing Bangsa (*Human Development and Competitiveness*)

## **2.2 Riset Unggulan dan Road Map Penelitian Perguruan Tinggi**

Payung Penelitian Unggulan Universitas Esa Unggul sampai dengan tahun 2021 adalah mewujudkan hasil penelitian berkualitas dan *sustainable*. Untuk mewujudkan payung penelitian tersebut, seluruh program penelitian diarahkan pada tujuh tema sentral yang menjadi unggulan Universitas Esa Unggul seperti tersebut di atas.

Penelitian dengan judul “Pengurangan Cacat Part Cylinder dengan metode FMEA dan RCA pada Proses Foundry di PT. XYZ di tahun 2020 ini merupakan penelitian untuk bidang unggulan “Pembangunan Manusia dan Daya Saing Bangsa”.

Sesuai *road map* penelitian yang tertuang pada Rencana Induk Penelitian Universitas Esa Unggul (RIP UEU) 2017-2021, maka di tahun 2020 ini penelitian di fokuskan pada upaya-upaya peningkatan produktivitas melalui perbaikan system yang berorientasi pada kualitas. Diharapkan hasil penelitian ini dapat meningkatkan reputasi Universitas dalam rangka ikut mencerdaskan kehidupan bangsa seperti yang tercantum pada visi dan misinya.

## **BAB III**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **3.1 Sejarah Pengecoran**

Pengecoran dilakukan pertama kali di *Mesopotamia* kira-kira 3.000 tahun sebelum masehi, teknik ini diteruskan ke Asia Tengah, India, Asia Tenggara, Jepang, hingga ke Eropa. Cara pengecoran pada zaman dulu ialah dengan cara menuangkan secara langsung logam cair yang didapat dari bijih besi kedalam cetakan, jadi tidak dengan jalan mencairkan kembali besi kasar seperti pada zaman sekarang. Setelah ditemukan kokas di Inggris pada abad 18 maka kokas dapat digunakan untuk mencairkan kembali besi kasar yang di dapat, sama dengan yang dilakukan seperti pada zaman sekarang.

##### **3.1.1 Pengertian penggilingan pasir**

Penggilingan atau Pencampuran adalah langkah penting dalam pengolahan pasir, tanah lempung, air dan bahan tambahan di butuhkan pada pasir cetak dan penggilingan dan pencampuran pada pasir tersebut sampai mendapat distribusi yang merata dari bahan-bahan tambahan itu sangatlah penting. Pencampuran yang tidak baik tidak akan memberikan kekuatan yang cukup pada pasir

##### **3.1.2 Pengertian cetak pasir**

Cetak pasir dengan pengguncangan adalah mekanisme dari cara pembuatan cetakan yang merupakan benturan tegak berulang. Rangka cetakan, cetakan dan pasir diangkat dan dijatuhkan dalam jangka waktu yang tetap Pasir yang telah di campur pada mesin *sandmixer* di salurkan kedalam mesin cetak pasir, kemudian ditampung dalam tungku yang ada dalam mesin cetak pasir. Prinsip pembuatan cetakan pada mesin ini adalah dengan cara menekan atau dengan mengguncangkan mesin naik turun dengan tiupan angin kompressor pasir kedalam cetakan yang telah dipasang pada mesin tersebut. Cetakan pola dapat disesuaikan dengan apa yang akan di cor. Tetapi secara umum mesin cetak pasir ini digunakan untuk membuat cetakan yang berukuran kecil dan sedang.

##### **3.1.3 Pengertian pemanasan persiapan peleburan bahan cor**

Proses ini dilakukan pada alat mesin kupola langkah kerja yang dilakukan untuk proses pemanasan adalah mempersiapkan alat Bantu yang diperlukan seperti Cangkul, kampak, skop, palu, kuas, timbangan. Pelapisan dinding Kupola, pelapisan gayung, pelapisan bak penampung

dengan bahan pelapis, Batu SK 34, Batu SK 32, semen api batu api, tanah liat, *graphite*, *foundry sand*. Aduk bahan dengan air sampai liat dan lengket. Lapiskan pada dinding Kupola, bak penampung, gayung untuk tuang cairan. Keringkan pelapisan tersebut dengan bahan dasar menggunakan kayu, minyak tanah, batu bara. pemanasan dinding kupola dilakukan kurang lebih 2 jam. Pemanasan bak penampung dan gayung secukupnya dengan membuat api di atas bak. Setelah semua lapisan kering Kupola siap untuk pengecoran. Setiap dua kali pengecoran ganti batu api.

#### **3.1.4 Pengertian peleburan logam**

Peleburan logam dengan menggunakan mesin kupola masih banyak dipergunakan untuk peleburan logam, tetapi sekarang tanur listrik lebih banyak dipergunakan dengan alasan biaya peleburan logam yang murah. Dalam peleburan logam disamping pengaturan komposisi kimia dan temperatur perlu juga mengatur jumlah dan macam inklusi bukan logam. Semua proses peleburan logam hanya dilakukan pada mesin kupola atau dapur cor, sebelum proses peleburan logam dikerjakan terlebih dahulu menyiapkan alat bantu seperti *trolley*, skop dan palu. dan memastikan bahwa ukuran bahan baku bisa masuk kedalam dapur cor.

#### **3.1.5 Pengertian penuangan**

Cairan baja yang dikeluarkan dari kupola diterima dalam ladle dan dituangkan kedalam cetakan. Ladle dilapisi batu tahan api hal ini dilakukan untuk menyimpan panas yang ditimbulkan dari baja tersebut. Dalam proses penuangan diperlukan pengaturan temperatur penuangan dengan temperatur 1100-1600 ° C. Dan kecepatan penuangan dan ketenangan penuangan akan mencegah dari cacat keropos/bolong, entuk tidak sempurna, dan patah karena benturan kecepatan penuangan yang rendah akan mengakibatkan cairan yang buruk, dan ketelitian permukaan yang buruk pula. Oleh karena itu kecepatan penuangan yang baik harus ditentukan mengingat macam cairan, ukuran coran dan besar kecilnya cetakan.

Pada proses ini terdiri dari beberapa tahap yaitu: penuangan, pendinginan, pengeluaran coran, mendinginkan cetakan, melapisi permukaan cetakan, cor atau tuang digunakan untuk membuat benda cor yang berlubang dengan menggambarkan cetakan logam tanpa inti. Setelah proses pencairan logam selesai dan unsur paduan yang digunakan telah sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh pihak pabrik untuk jenis baja cor yang akan diproduksi, maka langkah selanjutnya adalah penuangan logam cair tersebut kedalam cetakan cair yang ada pada mesin

kupola kita tuangkan ke dalam lubang cetakkan dengan menggunakan gayung menuangkan logam cair ke lubang cetakkan.

### **3.1.6 Pengertian pembongkaran cetakan**

Proses pembongkaran cetakan dilakukan setelah *part* telah melewati proses pendinginan yang cukup dan pembongkaran dilakukan agar benda cor yang dihasilkan dapat terlihat hasilnya, langkah kerja yang dilakukan pada proses ini adalah Siapkan alat bantu palu, skop, sapu dan *trolley* Memastikan *part* siap di bongkar setelah proses pendinginan secukupnya. Bongkar pasir hingga benda cor terlihat jelas dan biarkan hingga dingin. Setelah benda cor dingin, mulai digetok dengan ketentuan Bagian yang di getok adalah tap atau lebih cor. Apabila pukulan tap memungkinkan benda cor rusak maka tap atau kelebihan cor di gerinda. kumpulkan benda cor secara teratur, selanjutnya untuk proses *sandblast*. Pisahkan pasir resin yang menjadi abu dengan pasir hitam Pasir resin yang menjadi abu di buang dan pasir hitam yang masih bagus untuk dipakai ulang.

### **3.1.7 Pengertian pencucian**

Produk yang telah dipisahkan dengan moulding kemudian di bawa menuju bagian mesin pembersih pasir (*sandblasting machine*). Hasil coran sebagian besar masih kotor dengan masih banyaknya terdapat pasir yang menempel pada produk hasil coran. Dengan menggunakan mesin ini pasir yang menempel pada produk akan secara otomatis terhisap semuanya. Prinsip kerjanya sangat sederhana sekali yaitu dengan cara dilakukan penembakan dengan menggunakan peluru yang berdiameter 2 mm yang ada pada mesin tersebut. Waktu yang dibutuhkan sekitar 4 menit untuk produk sebanyak 1 keranjang.

### **3.1.8 Pengertian penyusunan cetakan**

Penyusunan cetakan *part* adalah proses *finishing* dari divisi *foundry* yaitu menyusun cetakan *part* sesuai tempatnya proses ini dilakukan agar pada saat pengambilan cetakan *part* pada saat akan digunakan lagi tidak susah dan rumit langkah yang dilakukan untuk penyusunan *part* adalah Lepas cetakkan apabila akan ganti part yang di cetak. Gunakan *crane* yang tersedia untuk mengangkat cetakkan. Bersihkan cetakan, Letakkan cetakkan pada rak cetakan sesuai tempatnya

## **3.2 Kualitas**

Kualitas merupakan kebutuhan konsumen yang harus terpenuhi dan tercukupi sehingga konsumen menjadi puas. Kualitas dan kepuasan pelanggan mempunyai peran yang penting disamping perubahan-perubahan besar yang terjadi dalam dunia kerja.

Pengertian kualitas menurut beberapa ahli antara lain :

Menurut ISO 9000 ( *International Organization For Standardization*, 1992) kualitas adalah keseluruhan dari fungsi dan karakteristik dari produk dan pelayanan yang memperhatikan kemampuan untuk memuaskan kebutuhan.

*Radford* mengungkapkan bahwa kualitas adalah kombinasi dari berbagai jenis karakteristik yang mempunyai ciri-ciri khusus yang membedakan satu dengan yang lainnya, atau sebuah jenis produk yang mempunyai karakteristik yang berbeda dengan produk sejenis dari pesaingnya. Menurut *J.M Juran* Kualitas merupakan kesesuaian dalam penggunaannya. Dalam arti dapat memenuhi keinginan dari pelanggan atau pemakai. Menurut *Scherheubach* mengungkapkan bahwa kualitas ditentukan oleh pelanggan; pelanggan menginginkan produk dan jasa yang sesuai dengan kebutuhan dan harapannya pada suatu tingkat harga tertentu yang menunjukkan nilai produk tersebut. Menurut *David L. Geotsch dan Davis* mengungkapkan bahwa kualitas adalah suatu kondisi dimana yang berkaitan dengan produk pelayanan, orang, proses dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan.

### **3.2.1 Pengendalian Kualitas**

*American National Standard Institutes* mendefinisikan bahwa Pengendalian kualitas adalah proses operasional teknik dan aktifitas yang memenuhi kualitas produk atau pelayanan yang memuaskan kebutuhan yang diinginkan. Menurut *Shall World Wide* Pengendalian kualitas adalah penerapan teknik dan pelayanan dengan standard dan mutu yang tinggi untuk mencapai kepuasan konsumen. Pengendalian kualitas adalah sebuah sistem dimana kualitas sebuah produk atau pelayanannya diproduksi secara ekonomis dan memenuhi permintaan dari pemakai atau pengguna. (*Japan Institut Standard*).

### **3.2.3 Pengendalian Kualitas Total**

Pengendalian Kualitas Total adalah sebuah sistem yang efektif untuk mempersatukan *Quality Development, Quality Maintenance, Quality Improvement* dari berbagai jenis pekerjaan didalam sebuah organisasi yang memungkinkan untuk pemasaran, teknik, produksi, dan pelayanan pada tahap paling ekonomis yang dapat memenuhi seluruh kepuasan konsumen.

Seorang insinyur Jepang Ishikawa dengan persatuan insinyur dan ahli teknik Jepang (JUSE, 1967). Ishikawa juga mengajukan konsep mengenai pengendalian kualitas total dengan prinsip fundamental yaitu :

1. Kualitas harus diutamakan lebih dahulu, bukan hanya pada keuntungan jangka pendek semata.
2. Orientasi kebutuhan konsumen, mencoba melihat sector yang telah ada selama ini.
3. Proses selanjutnya adalah konsumen, mencoba melihat sector yang telah ada selama ini.
4. Menggunakandata dan fakta dalam membuat presentasi, penggunaan metode *statistic*.
5. Menghormati antar manusia sebagai penerapan filosofi manajemen.
6. Manajemen *Cross Functional* ( antar divisi dan fungsi ).

Tiga langkah diajukan Ishikawa yang merupakan dsar dari perencanaan kualitas dan fungsi kualitas yaitu :

- a. Mengetahui terlebih dahulu mengenai karakteristik kualitas.
- b. Mendeterminasikan metode dalam mengukur dan menguji karakteristik dari kualitas.
- c. Menemukan karakteristik *substitute quality*; memiliki pengertian yang benar antara karakteristik sesungguhnya dan karakteristik pengganti.

### **3.3. Statistical Process Control**

Produk diciptakan untuk memenuhi permintaan konsumen, maka produk harus diproduksi dengan suatu proses yang stabil (*stable*) dan dapat diulang (*repeatable*). Lebih tepatnya, proses harus *capabel* untuk beroperasi dengan variabilitas yang kecil di sekitar dimensi nominal atau target dari karakteristik kualitas tersebut. Disinalah peran Pengendalian Proses Statistikal muncul. *Statistical Process Control (SPC)* atau Pengendalian Proses Statistikal adalah seperangkat alat pemecahan masalah yang baik, berguna dalam mencapai stabilitas proses dan memperbaiki kapabilitas melalui pengurangan variabilitas.

SPC ini dapat diaplikasikan pada berbagai proses. Ketujuh alat utamanya (*seven tools*) adalah:

#### *1. " Check Sheet "*

Berguna untuk mencatat dan mengklasifikasikan data. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat check sheet adalah :

- a. Maksud dan tujuannya harus jelas.
- b. Stratifikasi dengan baik

c. Dapat diisi dengan mudah dan jelas.

d. *Graph* (grafik)

Adapun data yang dinyatakan dalam bentuk gambar. Tujuannya adalah untuk memudahkan pembacaan dan penganalisaan dari data.

Macamnya grafik adalah :

a. *Line Graph* ( Grafik Baris )

Fungsinya : Untuk menunjukkan *Trend* (naik-turunnya) data dari waktu ke waktu.

b. *Bar Graph* ( Grafik Balok )

Fungsinya : Untuk menunjukkan perbandingan data dan kuantitas dengan jelas.

c. *Pie Chart* ( Grafik Lingkaran )

Fungsinya : Untuk menunjukkan perbandingan dalam persen (%) item-item sejenis dalam waktu tertentu.

d. Grafik Batang

Beberapa alat kualitas lainnya adalah:

1. *Pareto Diagram*

Digunakan untuk memilih problem atau masalah yang harus diselesaikan terlebih dahulu dan juga meningkatkan operasional.

2. *Cause & Effect Diagram*

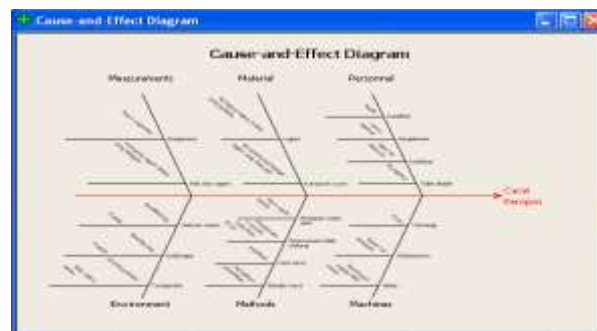
Digunakan untuk :

a. Masalah yang dapat diidentifikasi dari masing-masing bagian.

b. Bisa dijadikan panduan untuk memecahkan masalah dalam suatu diskusi.

c. Pemecahan masalah sudah terekam, tinggal mencari pemecahan masalah yang Sesuai.

d. Mendorong kita untuk mencari data ( kadang kala bersifat spekulasi ) yang menyebabkan suatu kasus, agar dapat terlihat dan dimengerti.



Gambar 2.8 *Cause and effect diagram* keropos pada proses *machining*



### 3. *Histogram*

Untuk mengetahui kronologis perubahan yang terjadi secara vertical maupaun horizontal.

### 4. *Scatter Diagram*

Digunakan untuk memberikan gambaran mengenai data dalam berbagai sudut pandang dalam mengantisipasi trend data, mengevaluasi hubungan sebab-akibat dan sebagainya.

### 5. *Control Chart* ( Peta Kendali )

Adalah sejenis grafik garis yang dilengkapi garis pusat dari satu / sepasang garis batas kendali. Tujuannya adalah untuk menunjukkan apakah proses dalam keadaan terkendali atau tidak. Dinyatakan oleh Ishikawa bahwa 95% dari semua masalah yang ada dalam pengendalian kualitas dalam suatu perusahaan dapat dipecahkan dengan alat-alat tersebut diatas.

## 3.4 ***FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)***

*Failure Modes effect and Analysis* dapat menjabarkan secara sistematis kumpulan dari sebuah aktivitas dalam hal; mengetahui dan mengevaluasi kegagalan potensial dari produk/proses dan efek dari kegagalan tersebut, mengidentifikasi aksi yang harus di hilangkan atau dikurangi untuk mendapatkan peluang probabilita dari kegagalan potensial, dan sebagai dokumen dari semua proses. FMEA lebih berfokus terhadap desain baik untuk produk ataupun proses. Pada perkembangan dewasa ini FMEA dapat dibedakan dalam dua tipe yaitu FMEA desain dan FMEA Proses.

Salah satu faktor yang penting dalam suksesnya penerapan FMEA adalah '*timeliness*'. Maksudnya adalah kita melakukannya sebelum proses berlangsung (*before the event*), dan bukan melakukan sesudah terjadi (*after the fact*). Untuk mendapatkan hasil yang bagus, FMEA harus di lakukan atau diterapkan sebelum potensial kegagalan dari proses atau produk telah terjadi dalam produk atau proses tersebut.

Secara umum ada tiga jenis kasus dari FMEA, dimana masing-masing mempunyai fokus yang berbeda:

1. Desain baru, teknologi baru, atau proses baru. FMEA akan berfokus pada desain lengkap, teknologi atau proses.
2. Modifikasi untuk memperbaiki desain atau proses, FMEA harus fokus terhadap modifikasi untuk desain atau proses, yang memungkinkan adanya interaksi antara modifikasi dan *field history*.

3. Menggunakan desain atau proses yang ada kedalam lingkungan, lokasi atau aplikasi baru. FMEA akan berfokus terhadap imbas terhadap lingkungan baru atau lokasi terhadap desain atau proses yang ada.

#### FMEA Desain

FMEA desain adalah sebuah teknik analisis berdasarkan desain dari *engineer*/team yang memuat modus kegagalan potensial dan penyebab kegagalan mekanis yang muncul pada proses desain tersebut. Masing-masing item dari semua sistem yang ada, sub sistem, dan semua komponen harus di evaluasi. Secara sistematis pendekatan dilakukan secara paralel, formal, dan semua dokument yang terkait dengan para *engineer* yang melalui beberapa desain proses. Desain potensial FMEA mendukung proses desain dalam mengurangi resiko kegagalan. FMEA desain juga tidak hanya menitik beratkan pada proses kontrol untuk mengatasi kelemahan potensial dari desain, tetapi juga menganalisa pertimbangan batasan teknik/fisik dari proses produksi/perakitan.

#### FMEA Proses

FMEA proses adalah sebuah teknik analisis proses *manufacture* atau perakitan dimana didalamnya memuat modus kegagalan potensial dan penyebab kegagalan mekanis yang muncul pada proses produksi tersebut. Masing-masing item dari semua sistem yang ada, sub sistem, dan semua komponen harus di evaluasi. Secara sistematis pendekatan dilakukan secara paralel, formal, dan semua dokumen yang terkait dengan para *engineer* yang melalui beberapa desain proses.

#### Bagaimana membuat FMEA Desain/ Proses?

1. FMEA *number* : tuliskan nomor dokumen
2. *System, subsystem, or Component Name and Number* : Indikasi level yang tepat dari sebuah analisis dan tulis nama dan nomor dari fungsi dari sistem, subsistem, atau komponen yang sedang dianalisis.
3. Design responsibility : Tulis nama Departemen, grup dan *supplier* jika produk dibuat oleh supplier.
4. *Prepared by* : Tuliskan nama, nomor telephone, atau *engineer* yang terlibat.
5. *Model years* : Tuliskan tahun pembuatannya.
6. *Key Date* : Tuliskan awal pembuatan dari FMEA
7. *FMEA Date* : Tuliskan tanggal selesainya FMEA

8. *Core Team* : Tuliskan semua pihak yang terlibat dalam pembuatan FMEA.
9. *Item/ Function* : Tuliskan nama atau informasi lain yang berhubungan dari item yang sedang di analisis.
10. *Potensial Failure Mode* : Modus kegagalan potensial didefinisikan sebagai proses yang potensial akan menimbulkan kegagalan pada proses produksi.
11. *Potensial Effect of Failure* : Adalah efek yang ditimbulkan oleh adanya modus kegagalan potensial pada konsumen.
12. *Severity* : Adalah rangking yang menunjukkan efek yang serius yang berasal dari modus kegagalan.
13. *Classification* : kolom yang digunakan untuk mengklasifikasikan beberapa jenis produk khusus atau mempunyai karakteristik proses khusus.
14. *Potensial Cause/ Machanism of failure* : Adalah bagaimana sebuah kegagalan dapat terjadi, dan menjelaskan sesuatu yang dapat mnegkorkesi atau mengkontrol.
15. *Occurrence* : Adalah sesuatu yang secara spesifik menerangkan rata-rata kegagalan yang akan terjadi.
16. *Current Proses Control* : Suatu penjelasan yang menerangkan sebuah kontrol yang dapat mendeteksi modus kegagalan yang akan terjadi.
17. *Detection* : Deteksi adalah rangking yang menerangkan deteksi yang terbaik yang dapat mengkontrol.
18. *Recomemended Action* : Perkiraan dari seorang engineer untuk mengurangi atau mencegah yang didasarkan terhadap nilai RPN tertinggi, *severity* tertinggi atau yang lainnya yang di desain oleh sebuah team.
19. *Responsibility for the recommended Action* : Tuliskan masing-masing pemenuhan untuk pencapaian rekomendasi aksi.
20. *Action taken* : Setelah aksi di terapkan pada proses, tulis secara jelas aksi aktual dan tanggal effektive nya.
21. *Action result* : Setelah pencegahan/koreksi aksi yang telah di indetifikasi, lakukan peramalan dan catat hasil dari *severity*, *occurrence* dan rangking dari deteksi. Kalkulasi dan catat hasil dari RPN.

Pada tahap awal dan analisis dari peninjauan kembali proses yang meningkatkan atisipasi , pemecahan ulang, atau monitor potensial proses yang fokus pada tahap rencana proses produksi kedalam model baru atau komponen program. FMEA proses beramsumsi bahwa produk yang telah didesain merupakan bagian dari FMEA desain. Modus kegagalan potensial

dapat terjadi karena desain mempunyai kelemahan yang mungkin masih terdapat didalam FMEA proses. Efek dari kegagalan dan pencegahannya sudah dijabarkan dalam FMEA desain. FMEA proses tidak sepenuhnya percaya bahwa perubahan desain produk dapat mengatasi kelemahan proses.

### **3.5 ROOT CAUSE ANALYSIS ( RCA )**

*Root cause analysis* adalah proses desain yang digunakan untuk menginvestigasi dan mengkategorikan akar penyebab dari sebuah peristiwa yang berhubungan dengan keselamatan, lingkungan, kualitas, keandalan, dan impak dari produksi. Secara sederhana *RCA* digunakan untuk membantu mengidentifikasi bukan hanya *apa dan bagaimana* suatu peristiwa terjadinya kegagalan. dengan pemahaman mengapa sebuah peristiwa dari suatu kegagalan adalah kunci untuk mengadakan pengembangan secara efektif. Secara umum, kesalahan tidak terjadi begitu saja tetapi dapat kita telusuri seperti mengetahui penyebabnya. Mengidentifikasi akar penyebab adalah salah satu kunci untuk menghindari terjadinya kejadian yang sama. Definisi dari *RCA* sampai saat ini masih belum terfokus tetapi secara garis besar *RCA* di definisikan sebagai berikut:

1. *Root cause are underlying causes.*

Pihak yang melakukan investigasi mempunyai tujuan untuk dapat mengidentifikasi secara spesifik garis besar penyebab kesalahan. Investigasi yang lebih mendalam dapat berupa bagaimana atau mengapa suatu peristiwa kegagalan bisa terjadi, yang nantinya akan didapatkan rekomendasi tindakan pencegahan untuk menghindari terulangnya kejadian tersebut.

2. *Root cause are those that can reasonably be identified.*

Investigasi tentang rata-rata kejadian harus menunjukkan adanya cost secara *benefit*. Struktur *RCA* membantu para analis mendapatkan pemecahan sesuai dengan waktu yang ada untuk melakukan investigasi.

3. *Root cause are those over which management has control*

Seorang analis harus menghindari menggunakan klasifikasi yang umum seperti kesalahan operator, kegagalan peralatan, atau faktor dari luar. Beberapa penyebab yang tidak cukup spesifik harus mendapat izin dari pihak manajemen untuk melakukan perubahan yang efektif. Manajemen perlu mengetahui secara pasti mengapa peristiwa kegagalan bisa terjadi sebelum aksi di lakukan untuk pencegahan.

4. *Root cause are those for which effective recommendations can be generated.*

Rekomendasi harus secara langsung mengarah kepada akar permasalahan yang telah diidentifikasi selama proses investigasi.

Empat langkah utama dalam root cause

1. Pengumpulan data

Langkah pertama dalam proses analisis adalah pengumpulan data. Tanpa informasi yang lengkap dan pemahaman dari peristiwa, faktor penyebab dan *root cause* yang terasosiasi dengan peristiwa maka tidak dapat teridentifikasi. Informasi dapat berasal dari proses FMEA.

2. Tabel *causal factor*

Tabel *causal factor* akan menghasilkan struktur untuk seorang *investigator* untuk mengorganisasikan dan menganalisis informasi yang terkumpul selama proses investigasi. Persiapan untuk proses tabel *causal* faktor harus dimulai bersamaan dengan mulainya pengumpulan informasi tentang peristiwa kegagalan tersebut. Tabel *causal* faktor harus sejalan dengan proses pengumpulan data dengan mengidentifikasi kebutuhan yang muncul. *Causal factor* adalah penerjemahan dari kesalahan manusia, kegagalan komponen, dan yang lainnya yang harus dapat di hilangkan yang mana akan menghasilkan pencegahan dari peristiwa kegagalan atau pengurangan secara probabilitas.

3. Identifikasi *root cause*

Setelah semua *causal factor* telah teridentifikasi, seorang peneliti mulai mengidentifikasi *root cause*. Langkah ini meliputi penggunaan diagram *root cause map* untuk mengetahui alasan untuk masing-masing *causal* faktor. Struktur map ini berisi alasan yang membantu investigator menjawab pertanyaan yang muncul tentang fakta-fakta terjadinya *causal factor* sehingga permasalahan yang ada disekitar permasalahan tersebut dapat diketahui.

4. Pembangkitan rekomendasi dan implementasi

Langkah selanjutnya adalah pembangkitan sebuah atau lebih dari rekomendasi. Berdasarkan indentifikasi dari *root cause* untuk fakta-fakta *causal* faktor, mengambil rekomendasi untuk pencegahan terjadinya peristiwa kegagalan telah dibangkitkan.

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

Metodologi penelitian merupakan tahapan tahapan yang sudah ditetapkan terlebih dahulu sebelum pemecahan masalah yang dihadapi. Tujuan dilakukannya metodologi penelitian ini untuk membuat penelitian lebih terarah dan juga akan membuat penganalisaan yang dilakukan terhadap masalah lebih mudah. langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

#### **4.1 Penelitian pendahuluan**

Sebelum melakukan penelitian lebih lanjut, dilakukan penelitian pendahuluan terlebih dahulu. Penelitian pendahuluan dilakukan dengan maksud dan tujuan untuk mendapatkan informasi mengenai perusahaan itu sendiri dan masalah yang dihadapi oleh perusahaan tersebut.

Penelitian pendahuluan dibagi dalam dua cara yaitu dengan cara mewawancarai pihak perusahaan dan dengan melakukan pengamatan secara langsung dilapangan. Dari hasil penelitian pendahuluan inilah dapat didefinisikan masalah yang dihadapi oleh perusahaan.

#### **4.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian di lakukan di PT XYZ, Curug, Tangerang, Banten Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan yaitu dari tanggal 28 Januari 2020 sampai dengan 26 Agustus 2020.

#### **4.3 Identifikasi Masalah**

Dari hasil pengamatan dan wawancara yang dilakukan di XYZ diketahui bahwa perusahaan selalu mengalami kerugian akibat adanya cacat yang sering muncul pada produksi pengecoran *cylinder*. Pihak pabrik bersedia sebagai tempat untuk mengadakan penelitian untuk dapat mengetahui mengapa selalu terjadi produk yang cacat. Penelitian dilakukan hanya pada kegiatan produksi di divisi *foundry*

#### **4.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan menganalisa proses yang dilakukan untuk pada proses pengecoran.
2. Mengetahui jenis cacat yang menjadi prioritas penelitian.
3. Mengidentifikasi penyebab masalah timbulnya cacat.
4. Mengidentifikasi dan menganalisa permasalahan yang muncul dari *brain storming*.
5. Mengidentifikasi dan menganalisa kegagalan potensial yang muncul pada cacat yang terjadi.
6. Mencari akar permasalahan dari cacat tersebut.
7. Memberikan saran perbaikan untuk mengurangi terjadinya cacat tersebut.

#### **4.5 Study Pustaka**

Studi pustaka sangat diperlukan dalam melakukan penelitian sebagai landasan berpikir sehingga memperoleh informasi mengenai metode yang kita gunakan dalam pemecahan masalah dalam penelitian. Studi pustaka dilakukan dengan cara membaca dan mencatat referensi yang berhubungan dengan obyek penelitian.

#### **4.5 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian. Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data mengenai perusahaan, melakukan pengamatan langsung, dan wawancara dari pihak perusahaan dalam rangka pengumpulan informasi yang berguna bagi penelitian.

Ada dua jenis data yang di ambil, yaitu:

##### **a. Data Primer**

Data primer dalam penelitian ini bersifat non-partisipatif dimana peneliti melakukan pengamatan langsung (*observasi*) untuk mendapatkan informasi tanpa harus ikut terjun langsung dalam sistem pengendalian. Adapun data primer yang didapat dari perusahaan adalah data sejarah perusahaan dan data proses produksi.

##### **b. Data Sekunder**

Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data-data yang sudah diolah oleh pihak pabrik, meliputi informasi dari bagian *Quality control* mengenai jumlah item yang *reject*. Penelitian ini juga membutuhkan beberapa sumber literatur-literatur serta buku-buku bacaan yang berhubungan dengan objek penelitian sebagai landasan teori.

#### 4.7 Tahap Pengolahan Data dan Analisa

Metode analisis data yang digunakan dalam melakukan analisis permasalahan adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan diagram pareto untuk mengetahui jumlah cacat yang timbul.

Pada dasarnya *pareto chart* digunakan untuk menginterpretasikan jumlah cacat berdasarkan besarnya jumlah cacat yang timbul secara menurun dari sisi kiri ke sisi kanan. Dengan *pareto chart* akan diketahui cacat mana yang menjadi prioritas untuk perbaikan atau penanganan.

2. Menggunakan diagram sebab akibat ( *Cause-And-Effect Diagram* )

Pada dasarnya diagram sebab akibat dapat digunakan untuk kebutuhan-kebutuhan sebagai berikut :

- Membantu mengidentifikasi akar penyebab permasalahan.
- Membantu membangkitkan ide-ide untuk solusi suatu masalah.
- Membantu mencari menyelidiki pencarian fakta lebih lanjut.

Diagram sebab akibat adalah langkah pemecahan selanjutnya setelah kita mengetahui cacat mana yang paling dominan yang akan kita lakukan perbaikan yang didapat dari proses perhitungan dengan pareto chart.

#### 4.8 Diagram matriks

Diagram matriks dibuat untuk menganalisis korelasi antar dua kelompok ide. Keuntungan utama pembuatan diagram matriks menganalisis korelasi. Untuk membuat diagram matriks hanya menggunakan tingkat yang paling terinci. Adapun langkah untuk menyusun diagram matriks:

1. Tulis maksud akhir atau tujuan akhir dari ree diagram pada susunan atau proses horizontal.
2. Tulis penilaian kategori membentuk poros horizontal (rangking)
3. Tulis tujuan akhir untuk mengenal siapa yang akan diterapkan pada point bahasannya.
4. Tulis nama dari ujung ke ujung pada poros horizontal
5. Tandai group dari kolomnya dengan masing-masing penilainnya.
6. Beri nomor pada bagian kanan tabel pada poros horizontal seperti peringkat.
7. Teliti masing-masing kombinasi simbol yang sesuai dan wajar



8. Tentukan masing-masing kombinasi dari simbol, peringkat di kolom rangking.
9. Uji sel di bawah tabel sesuai simbol yang telah ditentukan dalam memberikan peringkat.

#### **4.9 Failure Modes and Effect Analysis ( FMEA )**

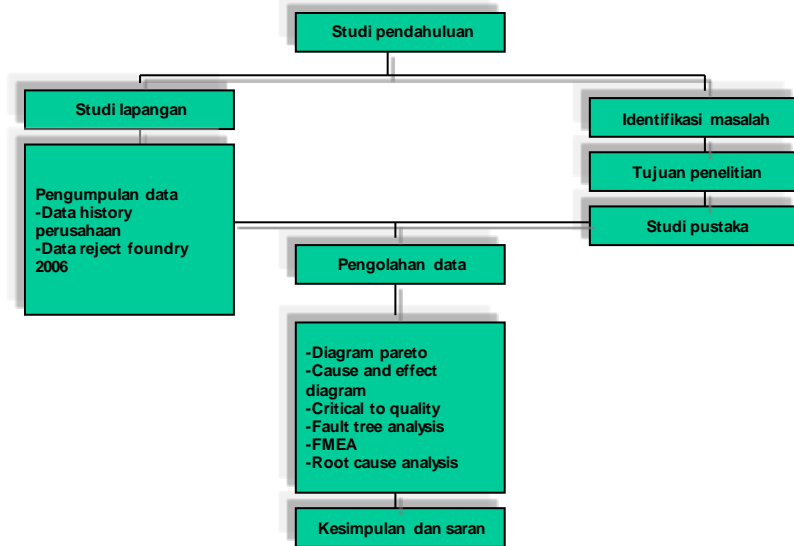
*FMEA* digunakan untuk mengathui modus kegagalan potensial dari proses pengecoran logam. Dengan *FMEA* akan didapat perbaikan atau pencegahan untuk mengatasi kegagalan yang sering terjadi. Desain potensial *FMEA* mendukung proses desain dalam mengurangi resiko kegagalan :

- Dapat membantu mengevaluasi secara objectif dari desain, termasuk persyaratan fungsional dan desain alternatif.
- Evaluasi inisial deesain untuk *manufactur*, perakitan, *service*, dan siklus dari *requirement*
- Tambahkan probabilita dari modus kegagalan potensial dan efek dari sistem selama proses pengembangan desain.
- Sediakan informasi tambahan untuk membantu rencana desain yang efisien, pengembangan dan validasi.
- Rancang rangking dari modus kegagalan potensial berdasarkan efek yang ditimbulkan pada konsumen,
- Sediakan untuk menyerap isu-isu untuk rekomendasi dan resikonya untuk mengurangi aksi.
- Sediakan referensi untuk masa depan untuk membantu analisis, evaluasi perubahan desain, dan pengembangan desain tingkat lanjut.

#### **4.10 Root cause Analysis ( RCA )**

*Root cause analysis* (RCA) adalah proses desain yang digunakan untuk menginvestigasi dan mengkategorikan akar penyebab dari sebuah peristiwa yang berhubungan dengan keselamatan, lingkungan, kualitas, keandalan, dan impak dari produksi. Secara sederhana RCA digunakan untuk membantu mengidentifikasi bukan hanya 'apa dan bagaimana' dari peristiwa terjadinya kegagalan. Dengan pemahaman mengapa sebuah peristiwa dari suatu kegagalan adalah kunci untuk mengadakan pengembangan secara efektif. Secara umum, kesalahan tidak terjadi begitu saja tetapi

dapat kita telusuri seperti mengetahui penyebabnya. Mengidentifikasi akar penyebab adalah salah satu kunci untuk menghindari terjadinya kejadian yang sama.



Gambar 3.1 Metodologi penelitian

## BAB V

### HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

#### 5.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Sebagai sebuah perusahaan manufaktur *Air Compressor*, PT. XYZ mengklasifikasikan produknya dalam dua jenis kategori, yaitu *single stage* dan *portable*. Semua bentuk, warna serta teknologi yang digunakan telah disempurnakan dan disesuaikan dengan cita rasa masyarakat Indonesia yang menjadi *market base* perusahaan dengan harga yang cukup rendah dan kualitas yang tidak kalah dengan produk luar negeri. Sampai saat ini perusahaan telah berhasil menembus pasar ekspor khususnya di negara-negara Asia Tenggara, seperti Vietnam, Kamboja, Filipina, Myanmar, Sri Lanka dan beberapa negara lain yang masih dalam tahap evaluasi. Sedangkan terhadap pangsa pasar dalam negeri, perusahaan memiliki 60% dari *market share* yang ada.

##### 5.1.1 Hasil Produksi

PT. XYZ adalah perusahaan yang memproduksi *Air Compressor*, yang terdiri dari beberapa type dan ukuran, yaitu:

- *Air Compressor Type 1/4 HP*

*Air Compressor* yang menggunakan piston/*zuiger* ukuran 1/4 HP



Gambar 4.1 *Air Compressor Type 1/4 HP*

- *Air Compressor Type 1/2 HP*

*Air Compressor* yang menggunakan piston/*zuiger* ukuran 1/2 HP



Gambar 4.2 *Air Compressor Type 1/2 HP*

- *Air Compressor Type 1 HP*

*Air Compressor yang menggunakan piston/zuiger ukuran 1 HP*



Gambar 4.3 *Air Compressor Type 1 HP*

- *Air Compressor Type 2 HP*

*Air Compressor yang menggunakan piston/zuiger ukuran 2 HP*



Gambar 4.4 *Air Compressor Type 2 HP*

- *Air Compressor Type 3 HP*

*Air Compressor yang menggunakan piston/zuiger ukuran 3 HP*



Gambar 4.5 *Air Compressor Type 3HP*

- *Air Compressor Type 5 HP*

*Air Compressor yang menggunakan piston/zuiger ukuran 5 HP*



Gambar 4.6 Air Compressor Type 5 HP

- Air Compressor Type 7,5 HP

Air Compressor yang menggunakan piston/zuiger ukuran 7.5 HP



Gambar 4.7 Air Compressor Type 7.5 HP

- Air Compressor Type 10 HP

Air Compressor yang menggunakan piston/zuiger ukuran 10 HP



Gambar 4.8 Air Compressor Type 10 HP

## 5.2 Bahan baku untuk pembuatan *part cylinder*

### 5.2.1 Bahan bakar batu bara

Penggunaan bahan bakar batu bara adalah bahan bakar untuk memanaskan dapur cor atau mesin kupola yang terdapat bahan-bahan untuk pengecoran. Agar bahan-bahan

yang telah di masukan ke dalam dapur cor tersebut dapat melebur menjadi satu dengan hasil peleburan yang maksimal dan dapat digunakan langsung untuk pengecoran produk *cylinder* .

### **5.2.2 Bahan Baku Utama**

Bahan baku utama yang di gunakan pada divisi *foundry* adalah bahan baku yang digunakan untuk pengecoran,yang di buat dari beberapa komposisi bahan dan disesuaikan dengan jenis *cylinder* yang akan dicor, penulis hanya mengamati Jenis-jenis bahan dasar material/bahan baku utama yang di pergunakan dalam membuat *cylinder* yaitu:

- Logam bekas/besi tua
- *Alkali*
- *Pig iron*

PT Sharpindo dinamika prima mendapatkan bahan baku berasal dari lokal dan impor, bahan baku yang digunakan tersebut, tergantung dari jumlah bahan baku yang dibutuhkan sesuai dengan order dari *customer*.

Bahan baku dari produk-produk yang di hasilkan perusahaan ini diperoleh dari karakter bahan baku yang sering digunakan dalam pengecoran adalah sebagai berikut:

### **5.2.3 Alkali**

Penggunaan bahan baku Akali adalah untuk meminimasi biaya pengadaan bahan baku yang relative mahal. Akali sendiri di hasilkan dari sisa-sisa tulang pengecoran yang dapat digunakan untuk proses pengecoran ulang.

### **5.2.4 Pig iron**

Penggunaan bahan baku pig Iron adalah bahan sebagai campuran untuk menambah kekuatan atau kekerasan pada hasil akhir pengecoran.

### **5.2.5 Logam / besi tua**

Penggunaan bahan baku Logam / besi tua untuk pengecoran adalah mengingat komposisi kandungan untuk bahan pengecoran di dalam besi tua masih dapat diolah kembali menjadi produk yang berkualitas.

### 5.3 Bahan baku pembantu

Divisi *foundry* selain bahan baku utama terdapat pula bahan baku pembantu agar terciptanya suatu produk yang mempunyai kualitas baik, karakter bahan baku pembantu yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

- **Plat**

Penggunaan bahan baku pembantu ini adalah untuk menambah komposisi kekerasan pada *cylinder*, fungsi dari penambahan bahan baku pembantu plat sendiri adalah untuk meningkatkan kekerasan bahan coran.

- ***Ferro silikon***

Penggunaan bahan baku ini adalah untuk menurunkan kekerasan bahan coran jika coran melebihi kekerasan yang telah ditentukan. Dan sifat *ferro silicon* adalah untuk membentuk ikatan yang keras dengan besi coran

- ***Ferro mangan***

Bahan baku ini digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan besi coran sekaligus untuk pemurni dan meningkatkan fluiditas coran.

### 5.4 Mesin dan peralatan

#### a. Mesin *sand mixer*

Mesin ini di gunakan untuk semua proses penggilingan dan pengayakan pasir yang akan di cetak agar semua kotoran yang terdapat di dalam pasir bisa hilang dan pasir menjadi bersih sehingga produk yang di hasilkan mempunyai kualitas yang baik.

#### b. Mesin kupola

Mesin ini di gunakan untuk semua proses peleburan yang sebelumnya material bahan baku dimasukan kedalam mesin kupola yang telah dipanaskan terlebih dahulu.

#### c. Mesin cetak pasir

Mesin ini digunakan untuk memadatkan pasir dalam cetakan mesin ini menyederhanakan pekerjaan pembuatan cetakan sehingga dapat memadatkan pasir, menghaluskan permukaan pemisah, memberi pasir pemisah, menghaluskan permukaancetakan, membuat saluran masuk, dan sebagainya yang biasa di lakukan tangan oleh mesin ini ditiadakan. Proses mesin cetak pasir ini adalah dengan mengguncangkan naik-turun dengan tekanan udara.

#### **d. Mesin resin**

Mesin ini digunakan untuk mencetak *part* yang berada pada bagian dalam *part*, sehingga dengan menggunakan mesin resin ini dapat memudahkan dalam pembuatan cetakan pada bagian dalam *part*.

#### **e. Mesin Sandblasting**

Mesin *sandblasting* ini digunakan untuk proses pencucian *part* yang telah selesai pada proses resin untuk di bersihkan atau di cuci dari bekas scrap pengecoran, kotoran yang menempel pada *part* tujuan dari pencucian ini adalah agar pada saat *part* masuk ke divisi *painting* memudahkan untuk proses pengecatan pada divisi *painting*

#### **f. Mesin cup tester**

Mesin *Cup Tester* ini digunakan untuk menilai jika bahan baku yang telah di campurkan pada mesin kupola ada komposisi bahan yang kurang maka dilakukan penambahan komposisi bahan baku pembantu untuk menambah komposisi bahan baku yang kurang.

#### **g. Mesin gerinda**

Mesin ini digunakan untuk menghaluskan permukaan *part* apabila terdapat permukaan *part* yang kasar dan terdapat benjolan-benjolan kecil pada permukaan *part* maka dengan mesin gerinda permukaan tersebut digerinda agar permukaan *part* tersebut menjadi halus dan dapat dipergunakan kembali.

### **5.5 Proses Produksi pembuatan part cylinder**

Beberapa tahap dalam pembuatan *part Cylinder* pada divisi *foundry* adalah sebagai berikut:

#### **5.5.1 Proses penggilingan pasir**

Cetakan merupakan bagian yang sangat vital bagi pengecoran, hasil dari pengecoran sangat bergantung pada baik buruknya cetakan yang di hasilkan pada bagian *moulding*, jadi sangat dituntut kejelian dan ketelitian dari operator bagian *moulding* ini. Langkah awal yang dilakukan adalah pengadukan jenis pasir yang akan digunakan. Komposisi yang digunakan untuk bahan cetakan adalah

- Bentonate 7.5 kg
- Graphite 5 kg
- Air 384 liter



Bahan-bahan tersebut kemudian diaduk di dalam mesin *sand mixer*, dimana bahan-bahan tersebut diatas di campur menjadi satu. *Bentonate* berfungsi sebagai perekat sehingga disaat pembentukan cetakan yang dihasilkan tidak mudah retak atau pecah, sedangkan *graphite* berfungsi sebagai penahan panas sehingga pada saat logam cair dituang kedalam cetakan tidak terbakar atau hangus. Pada saat proses pengadukan kita dapat memonitor hasil adukan dari *display* yang ditampilkan oleh mesin tersebut. Untuk dapat mengetahui persentase bahan yang mana yang belum tercapai atau berlebih. Setelah kita mengetahui bahan apa yang belum sesuai, kita lakukan penambahan bahan yang belum sesuai dengan kebutuhan. Hal ini kita lakukan sampai *persentase* yang ada dalam adukan tersebut telah sesuai dengan komposisi bahan yang cukup.

### 5.5.2. Proses Cetak Pasir

Pasir yang telah di campur pada mesin *sandmixer* di salurkan kedalam mesin cetak pasir, kemudian ditampung dalam tungku yang ada dalam mesin cetak pasir. Prinsip pembuatan cetakan pada mesin ini adalah dengan cara menekan atau dengan mengguncangkan mesin naik turun dengan tiupan angin kompressor memasukan pasir kedalam cetakan yang telah di pasang pada mesin tersebut. Tetapi secara umum mesin cetak pasir digunakan untuk membuat cetakan yang berukuran kecil dan sedang. Langkah yang dilakukan adalah metakkan cetakan dan sarung cetakan di atas mesin desak dengan di lapisi tatakan, lalu mengisi cetakan dengan pasir menggunakan sendok pasir dan mengisi permukaan cetakan dengan menggunakan pasir halus, tepatkan lubang masuk cairan (pipa besi) pada cetakkan dengan tegak lurus. Lalu padatkan dan ratakan pasir dengan tangan (pada saat pasir isi setengah cetakan). Mengisi lagi cetakan dengan pasir hingga penuh sampai permukaan cetakan rata. *Start* mesin desak dengan kurang lebih 4 getaran (pasir sampai rata) letakkan atau geser lengan *press* mesin desak tepat di atas cetakkan, menekan *press* lengan hingga pasir pada cetakkan padat lalu ratakan pinggir permukaan cetakan pasir dengan sendok pasir kecil dan bersihkan dengan angin, letakkan resin di atas cetakkan dengan benar dan satukan kedua cetakkan dengan benar. Lepaskan sarung cetakkan dengan hati-hati, proses desak selesai susun cetakan di lantai dengan rapi di alasi tatakan.



Gambar 4.10 Proses pengisian pasir pada cetakan

### 5.5.3. Proses Pencetakan Resin

Mesin yang digunakan untuk mencetak resin adalah untuk menentukan ketebalan dan kematangan warna sesuai yang telah ditentukan oleh pabrik proses pencetakan resin adalah memposisikan cetakan pada mesin resin setelah posisi cetakan selesai barulah menyalakan api pada mesin resin dengan elpiji, tunggu sampai cetakan benar-benar panas lalu periksa resin apabila kurang tambahkan dengan memasukkan resin ke dalam lubang pengisian mesin resin setelah semua siap lalu tekan tombol *start auto* untuk menentukan ketebalan dan warna kematangan yang sesuai (Warna kematangan seperti pada gambar 4.12). Apabila operasi mesin sudah selesai tekan tombol buka untuk membuka cetakan resin ketika cetakan sudah terbuka maka ambil hasil cetakan dengan tangan atau apabila *part* berukuran kecil gunakan alat pengambil resin yang sudah disediakan. Proses cetak resin selesai dan hasil cetakan tadi di susun pada rak yang sudah disediakan sesuai dengan jenis *part* masing - masing.



Gambar 4.11 Mesin resin



Gambar 4.12 Hasil cetakkan resin

#### 5.5.4 Proses pemanasan persiapan peleburan bahan cor

Proses pemanasan ini dilakukan pada mesin kupola hal yang pertama dilakukan untuk proses pemanasan adalah menyiapkan alat Bantu yang diperlukan seperti cangkul, kampak, skop, palu, kuas, timbangan sebelum melakukan proses peleburan pada mesin kupola terlebih dahulu melakukan pelapisan pada dinding mesin kupola, pelapisan pada gayung, pelapisan pada bak penampung dengan bahan pelapis Batu SK 34, Batu SK 32, semen api, batu api, tanah liat, *graphite*, *foundry sand* bahan tersebut lalu di campur dan di aduk dengan air sampai liat dan lengket setelah semuanya teraduk barulah dilapiskan. Keringkan pelapisan tersebut dengan bahan dasar menggunakan kayu, minyak tanah, batu bara. Pemanasan dinding kupola dilakukan kurang lebih 2 jam dan untuk pemanasan bak penampung dan gayung secukupnya dengan membuat api diatas bak. Setelah semua lapisan kering kupola siap untuk proses peleburan

#### 5.5.5. Proses peleburan logam pada mesin kupola

Semua proses peleburan logam hanya dilakukan pada mesin kupola atau dapur cor, sebelum proses peleburan logam dikerjakan terlebih dahulu menyiapkan alat bantu seperti *trolley*, skop dan palu. dan memastikan bahwa ukuran bahan baku bisa masuk kedalam dapur cor.

Setelah peralatan pembantu dan bahan baku untuk semua proses peleburan telah siap maka langkah yang dilakukan untuk proses peleburan adalah Lakukan proses pemanasan terlebih dahulu dimana bahan baku untuk proses pemanasan dilakukan sebanyak 10 tumpukan yang dimasukkan secara bergantian. Setelah proses pemanasan selesai dilanjutkan dengan memasukkan bahan baku komposisi I ( dengan akali ) atau Komposisi II ( tanpa akali ) ditambah dengan komposisi tambahan. Pada komposisi tambahan, *ferro silicon* dan *ferro mangan* dapat ditambahkan secukupnya sampai FC

yang diinginkan sedangkan batu bara dapat tambah untuk mencapai temperatur yang diinginkan. Setelah *FC* yang diinginkan tercapai maka cairan coran dapat dituang. Tuang cairan ke dalam bak penampungan.



Gambar 4.13 Mesin kupola

#### 5.5.6. Proses Penuangan

Proses penuangan logam cair ke dalam cetakan bisa dilakukan jika logam cair sudah tertampung cukup pada bak dan telah ditaburkan serbuk *slag* pada logam cair untuk memisahkan kotoran logam cair, pengambilan logam cair yang tertampung pada bak menggunakan gayung lalu tuangkan pada lubang cetakan, lama penuangan pada benda cor kecil kurang lebih 5 menit, lama penuangan pada benda cor besar kurang lebih 10 menit dan perhatikan cairan jangan sampai kurang.



Gambar 4.14 Penuangan pada lubang cetakan

#### 5.5.7. Proses pembongkaran cetakan

Proses pembongkaran cetakan dilakukan setelah kita dapat memastikan bahwa *part* siap untuk dibongkar, setelah proses pendinginan yang cukup proses bongkar cetakan dilakukan dengan cara diketok dengan bagian yang diketok adalah tap atau lebih cor.



Gambar 4.15 Proses pembongkaran

#### 5.5.8. Proses pencucian

Produk yang telah di bongkar cetakan tadi kemudian di pisahkan sesuai dengan jenisnya masing-masing dan di bawa ke mesin *sandblasting* atau mesin pembersih pasir. Produk hasil coran sebagian besar masih kotor dan masih terdapat pasir yang menempel pada *part cylinder*. Dengan menggunakan mesin ini pasir yang menempel pada produk akan secara otomatis terhisap semuanya. Prinsip kerja dari mesin *sandblasting* ini sangat sederhana yaitu dengan cara penembakan dengan menggunakan *shootblast* (peluru yang berdiameter 2 mm yang ada pada mesin *sandblasting*).



Gambar 4.16 Mesin *sandblasting*

#### 5.5.9. Proses gerinda

Proses penggerindaan di lakukan oleh divisi *foundry* adalah untuk meminimasi *reject* jika masih bisa dilakukan untuk *me-repair part* mengapa tidak di lakukan,

penggerindaan ini di lakukan untuk menggerinda *part* yang tidak sesuai bentuknya misalnya ada benjolan-benjolan kecil atau terdapat lebih coran dan lain sebagainya



Gambar 4.17 Mesin gerinda tangan

#### 5.5.10 Proses penyusunan cetakkan

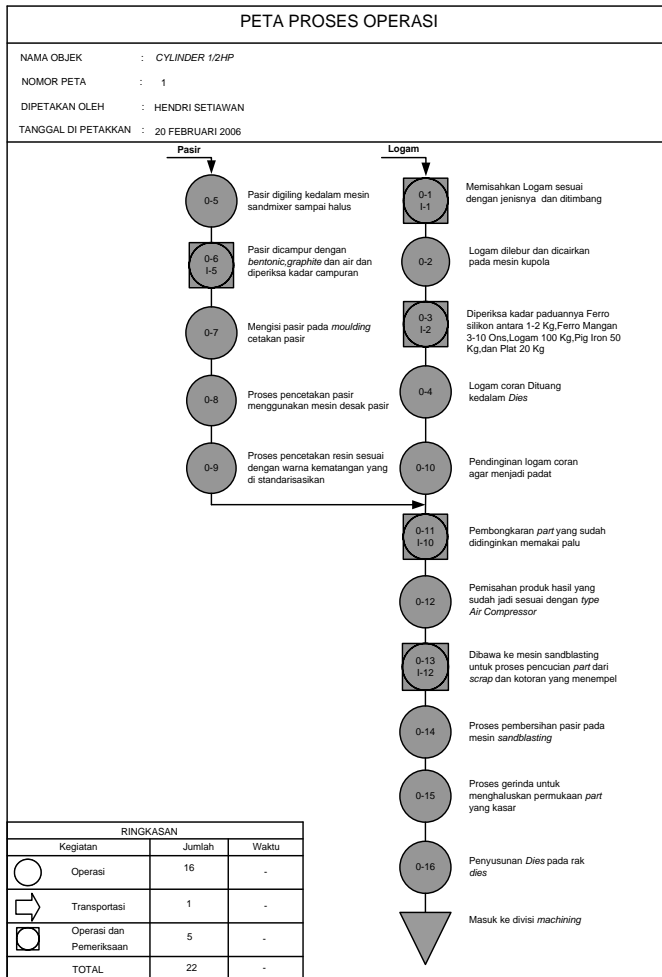
Penyusunan cetakan *part* adalah proses *finishing* dari divisi *foundry* yaitu menyusun cetakan *part* sesuai tempatnya proses ini dilakukan agar pada saat pengambilan cetakan *part* tidak susah pada saat akan digunakan lagi.



Gambar 4.18 Penyusunan cetakan

#### 5.5.11 Peta Proses Operasi

Peta Proses untuk pembuatan *Cylinder* dapat dilihat pada gambar Berikut:



Gambar 4.19 OPC Foundry

## 5.6. Hasil dan Pembahasan

Pengolahan data yang di gunakan adalah data kecacatan pada divisi *foundry* dengan produk *part cylinder* dengan batasan data bulan Januari-Desember 2019, adapun data yang di dapat sebagai berikut:

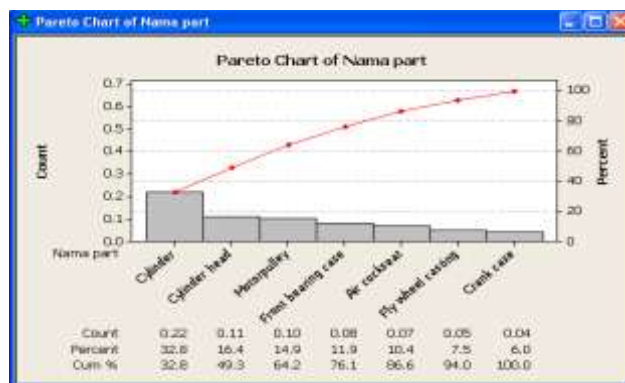
Tabel 4.6.1 Data kecacatan *part cylinder* Januari-Desember 2019

Type	Nama part	Total produksi (unit)	Total reject (unit)	Persentase reject (unit)
Cylinder 1/2 Hp	Cylinder head	26.257	3.003	0.11%
	Cylinder	29.777	6.429	0.22%
	Crank case	10.895	544	0.04%
	Front bearing case	10.715	872	0.08%
	Motor pulley	1.206	127	0.10%
	Fly wheel casting	12.940	760	0.05%
	Air cockseat	19.281	1.409	0.07%

Berdasarkan tabel 4.6.1 diatas terlihat bahwa data cacat yang di peroleh semuanya berupa data atribut yang merupakan data kualitatif yang dapat di hitung untuk pencatatan dan analisis. Data atribut biasanya di peroleh dalam unit-unit yang tidak sesuai dengan spesifikasi atribut yang di tetapkan oleh perusahaan sehingga kita dapat mengklasifikasikan tiap *part* yang di inspeksi sebagai cacat atau tidak cacat. Data tersebut merupakan hasil rekapitulasi jumlah cacat dari beberapa jenis cacat di setiap bulannya selama tahun 2019.

### 5.6.1. Diagram Pareto

Penggunaan diagram pareto dalam analisa ini di gunakan untuk melihat atau mengidentifikasi perbandingan *part* yang paling banyak cacatnya untuk pembuatan *part air compressor Type 1/2 HP* , sehingga bisa menentukan bahwa *part cylinder* yang memiliki frekuensi cacat terbesar. Berikut diagram *pareto* yang menunjukkan peluang munculnya cacat *cylinder* pada saat berlangsungnya proses pengecoran produk *cylinder*.



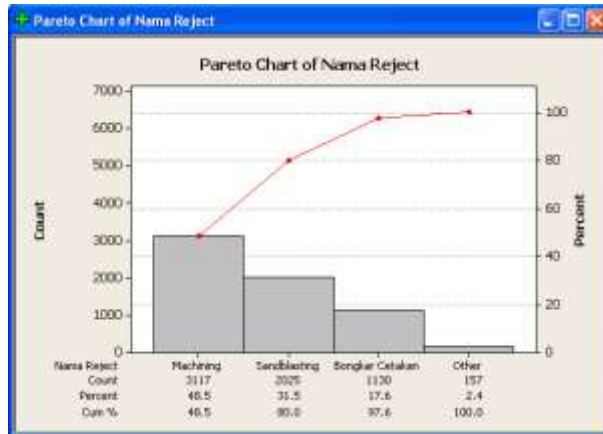
Gambar 4.20 Diagram *pareto* nama *part*



Dari gambar 4.20 diatas dapat diketahui *part* yang paling banyak timbul kecacatannya adalah *cylinder* dengan jumlah kecacatannya sebesar 0.22% persentase nilai kecacatan tersebut di peroleh dari cacat di saat bongkar cetakan, cacat pada saat *sandblasting*, cacat pada saat proses *machining*, dan cacat pada saat gerinda. Dari total persentase pengecoran diagram pareto diatas terlihat *cylinder* merupakan *part* yang muncul dengan kecacatan tertinggi dari jumlah keseluruhan cacat yang timbul pada produk *cylinder* adalah sebesar. Untuk itu penulis akan membahas pada kecacatan *part cylinder*. Dimana data jenis kecacatan pada *part cylinder* yang di dapat adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6.2 data kecacatan *reject* pada divisi *foundry*

<i>REJECT FOUNDRY</i>							
<b>Bongkar cetakan</b>	<b>Jumlah</b>	<i>Sandblast</i>	<b>Jumlah</b>	<i>Machining</i>	<b>Jumlah</b>	<i>Sandblast dan gerinda</i>	<b>Jumlah</b>
keropos / bolong	364	keropos / bolong	1.112	keropos / bolong	1.526	Patah km benturan	157
Bentuk tidak sempurna	699	Patah karena benturan	204	Keras	36		
Patah karena benturan	67	Bentuk tidak sempurna	709	Tidak center	158		
				goyang	127		
				bintik	982		
				Tidak masuk chuck	288		
Jumlah total	1.130		2.025		3.117		157



Gambar 4.21 Diagram pareto reject pada *foundry* berdasarkan lokasi proses

Untuk *pareto* nama *reject* pada gambar 4.21 diatas dapat di simpulkan bahwa jenis kecacatan yang tertinggi terjadi pada saat proses *machining* dengan persentase kecacatan sebesar 48.5% sehingga yang menjadi prioritas adalah kecacatan pada saat proses *machining* pada kecacatan ini terdapat enam pengujian yaitu keropos, keras, bintik, goyang, tidak *center*, dan tidak masuk *chuck*. Pengujian tersebut di lakukan dengan cara melihat secara keseluruhan bentuk produk secara visual atau mata telanjang tanpa ada alat bantu. Dengan diagram pareto kecacatan *cylinder* ada pada saat masuk proses *machining* sebagai berikut :

Tabel 4.6.3 Data kecacatan *part cylinder* Januari- Desember 2019 pada proses *machining*

Bulan	Total Produksi	Cacat Machining	Keropos	Keras	Bintik	Goyang	Tidak center	Tidak Masuk Chuck
Januari	3175	282	102	1	143	8	13	15
Februari	3391	339	143	2	160	18	3	13
Maret	2063	199	120	1	17	20	14	27
April	3700	246	130	3	59	15	16	23
Mei	3710	341	200	1	108	1	12	19
Juni	4590	318	201	4	75	7	10	21
Juli	1176	278	145	3	100	2	5	23
Agustus	1016	226	100	9	65	15	7	30
September	1121	263	120	5	75	6	18	39
Oktober	1121	214	88	4	60	5	29	28
Nopember	2184	234	91	1	76	15	13	38
Desember	2530	177	86	2	44	15	18	12
Jumlah	29.777	3.117	1.526	36	982	127	158	288

Divisi *foundry* mempunyai 4 pengujian atas produk pengecoran yang di hasilkan, kecacatan dapat di deteksi ketika produk tersebut masuk ke dalam proses bongkar cetakan, proses *machining*, proses *sandblasting*, dan proses *grinding*. Pada saat produk masuk proses *machining* kecacatan dapat di deteksi apakah produk itu mengalami kecacatan:

a. Keropos atau bolong

Cacat keropos adalah cacat yang terdapat lubang pada permukaan atau di dalam coran dengan warna yang berbeda sesuai dengan penyebabnya bisa terjadi karena oksidasi atau karena tidak oksidasi dan juga di sebabkan oleh adanya terak yang menempel pada dinding kupola hasil dari pengecoran sebelumnya.

b. Keras

Cacat keras adalah cacat produk yang tidak dapat di proses pada saat proses *machining*, kecacatan ini di sebabkan oleh reaksi kimia pada saat logam di lebur, penuangan, dan pada saat pembekuan.

c. Bintik

Cacat bintik adalah cacat yang berwarna hitam dan berbintik yang timbul di permukaan coran cacat bintik ini timbul karena ada bagian yang proses pembekuannya lebih lambat.

d. Goyang

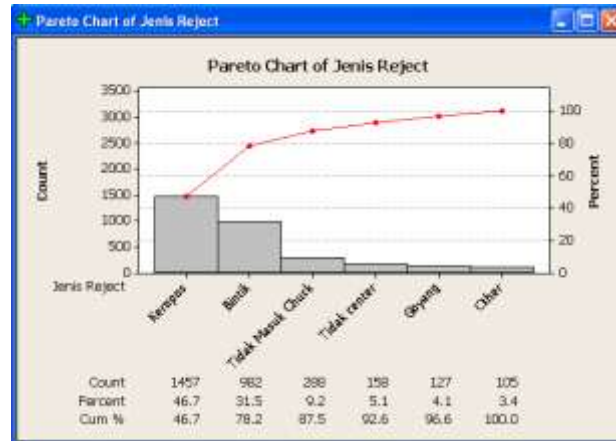
Cacat goyang adalah cacat yang di sebabkan tekanan logam cair yang berlebihan dan temperature penuangan telalu tinggi sehingga menyebabkan cetakan membengkak dan melekuk.

e. Tidak *center*

Cacat tidak center adalah cacat pengecoran yang mengalami penyusutan bagian dalam coran yang di sebabkan karena penyempitan permukaan dalam yang terjadi ketika logam membeku.

f. Tidak masuk *chuck*

Cacat tidak masuk chuck adalah penyusutan pada permukaan coran atau terjadi kekasaran pada permukaan coran yang berbentuk gumpalan.



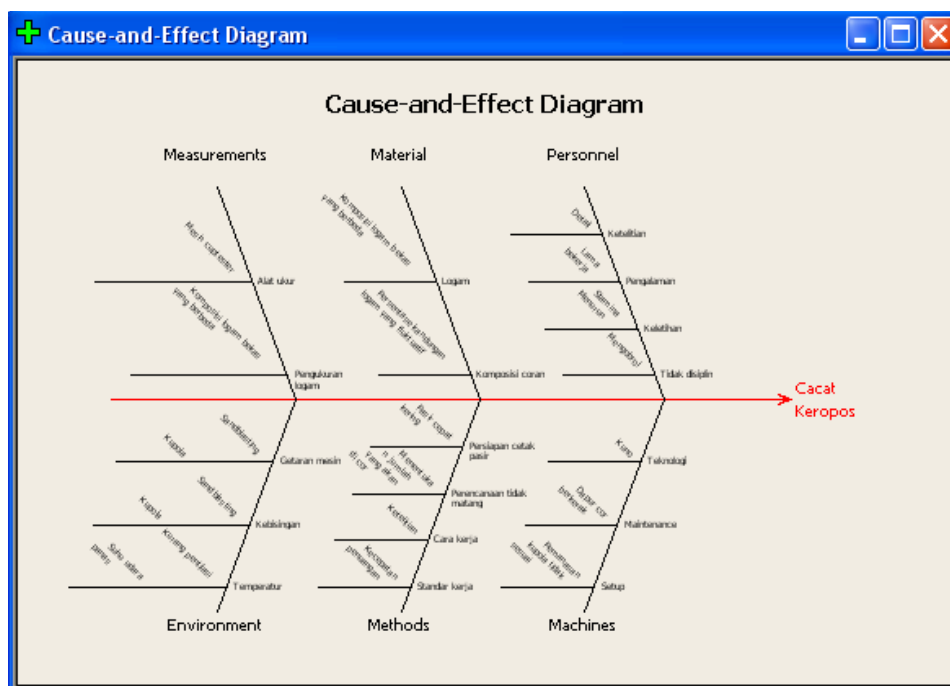
Gambar 4.22 Diagram *reject foundry* pada saat proses *machining*

Dari gambar 4.22 jenis *reject* di atas karakteristik *reject* yang sering muncul (*dominant*) adalah keropos, keras, bintik, tidak *center*, goyang, dan tidak masuk *chuck*, dan di peroleh kecacatan tertinggi adalah *reject* keropos dengan persentase kecacatan sebesar 46.7% dari ke enam jenis *reject* yang muncul pada saat proses *machining*, ini berarti bahwa ke enam jenis cacat ini sangat *significant* dan harus kita adakan perbaikan. Sehingga yang menjadi Prioritas kecacatan adalah *reject* keropos dimana *reject* tersebut mempunyai kecacatan tertinggi diantara jenis *reject* yang lainnya. Maka langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah bagaimana cara mengendalikan dan mencari akar penyebab cacat yang muncul tersebut agar jumlah *reject* tersebut dapat ditekan dan di hilangkan.

#### 4.6.2 Cause and Effect diagram

*Cause and effect diagram* adalah suatu diagram yang menunjukkan hubungan antara sebab dan akibat. Berkaitan dengan pengendalian proses statistikal, *cause and effect diagram* di pergunakan untuk menunjukkan faktor-faktor penyebab (*cause*) dan karakteristik kualitas (*effect*) yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab itu. *cause and effect diagram* ini sering juga disebut sebagai diagram tulang ikan, atau diagram Ishikawa (Ishikawa diagram) karena pertama kali di perkenalkan oleh prof. Kaoru Ishikawa. Pada dasarnya *Cause and effect diagram* dapat digunakan untuk membantu mengidentifikasi akar penyebab dari suatu

masalah, membantu membangkitkan ide-ide untuk solusi suatu masalah dan membantu dalam penyelidikan pencarian fakta lebih lanjut. *Cause and effect diagram* ini menunjukkan enam faktor yang disebut sebagai sebab dari suatu akibat. Keenam faktor tersebut adalah *man, method, material, machine measurements, environment, Cause and effect diagram* ini biasanya disusun berdasarkan informasi yang di dapatkan dari sumbang saran atau *brainstorming* dari seluruh komponen yang terlibat selama proses berlangsung. Data ini di susun sebagai hasil *brainstorming* penulis dengan pak rinto malla (*Quality assurance*) di lapangan dan beberapa operator sebagai inspector beserta dosen pembimbing.



Gambar 4.23 *Cause and effect diagram* cacat keropos

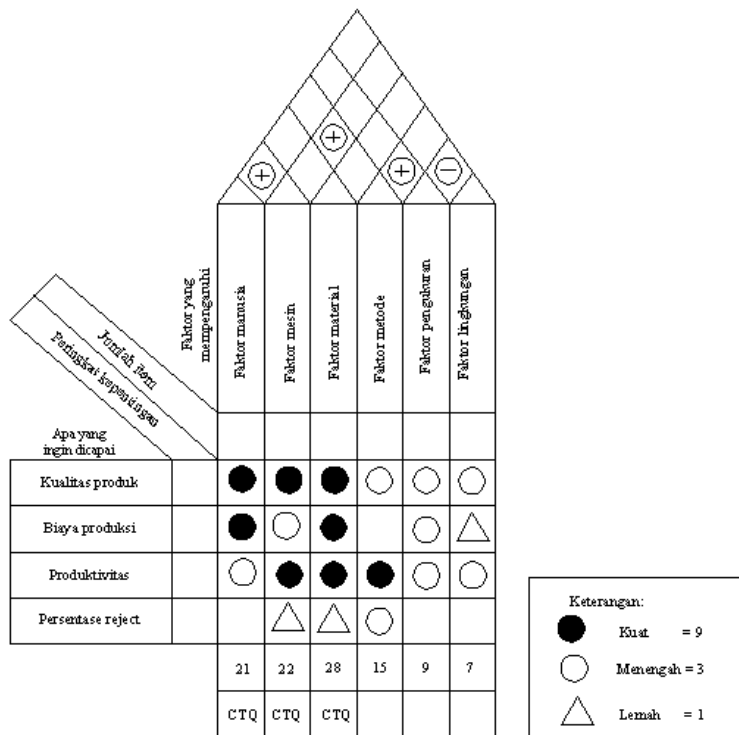
### 5.6.3 Diagram matriks

Diagram matriks dibuat untuk menganalisa korelasi antar dua kelompok ide. Keuntungan utama pembuatan diagram matriks menganalisis korelasi. Diagram matriks dapat digunakan bersama dengan pohon. Untuk melakukan ini, hanya menggunakan tingkat yang paling terinci dari diagram diagram pohon pada tingkat penyelesaian keempat.

1. Menentukan faktor yang ingin di capai oleh pihak *foundry*
2. Memberikan rangking hubungan antara faktor yang ingin di capai dan faktor yang mempengaruhi dengan arahan yang di berikan oleh penulis
3. Penulis memberikan arahan kepada responden bahwa CTQ ini di gunakan untuk mencari faktor kritis yang mempengaruhi terjadinya cacat keropos

Penentuan *critical to quality* ini di hasilkan dari hasil rembukan dan wawancara beberapa pihak yang bertanggung jawab penuh pada divisi *foundry* yaitu manajer *quality assurance* dan manajer produksi serta melibatkan beberapa operator yang sengaja diambil pendapatnya untuk menghasilkan *critical to quality* yang lebih akurat dan tepat sasaran. Penulis pada saat berlangsungnya wawancara hanya memberikan form yang masih kosong kepada responden dengan memberikan arahan bahwa CTQ ini mempunyai fungsi untuk melihat seberapa dekat antara faktor yang diinginkan dan faktor yang mempengaruhi dengan kualitas produk yang dihasilkan, dan yang menentukan penilaian adalah pihak yang terlibat pada saat merembukan penentuan *critical to quality* ini, penulis hanya mengolah CTQ yang dihasilkan dari wawancara pada saat penentuan CTQ yang di hasilkan.

Secara garis besar, penentuan *CTQ (Critical to quality)* dapat di cari dengan menggunakan diagram matrik seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.24 Diagram matrik proses penentuan *CTQ*

Setelah penentuan *critical to quality* selesai di rembukan maka di dapatkan berdasarkan hasil penentuan *critical to quality* diatas ke enam faktor yang mempengaruhi pada proses pengecoran muncul tiga faktor yang dominant dengan nilai tertinggi adalah faktor material, faktor mesin, dan faktor manusia maka yang menjadi prioritas dalam penelitian ini yaitu ke tiga faktor tersebut:

1. Faktor material

Material merupakan faktor penting dalam pengecoran, baik atau buruknya hasil pengecoran salah satunya di tentukan oleh faktor material bahan baku. Pada divisi *founndry* material yang digunakan adalah besi bekas/rongsok mengingat komposisi material logam besi bekas/rongsok kandungan logamnya yang berbeda-beda dan komposisi logamnya tidak di ketahui, dan material bekas peleburan yang menempel pada dinding kupola sehingga pada saat proses peleburan kandungan logamnya tidak sesuai dengan komposisi yang di inginkan oleh pihak *founndry*, persentase penambahan unsur paduan untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik, tahan panas, tahan korosi, tahan aus tidak sesuai dengan spesifikasi.

2. Faktor mesin



Hal ini sebabkan karena pada saat melakukan pelapisan dinding kupola menggunakan batu tahan api ketebalannya tidak sesuai dengan yang di tentukan divisi *foundry*, ketebalan pelapisan yang di izinkan adalah 3 sampai 4 mm, tidak membersihkan terak yang melekat pada dinding mesin kupola sisa peleburan, pemanasan mesin kupola tidak sesuai dengan temperature yang ditentukan, temperature logam cair, tekanan udara, tinggi alas kokas mesin kupola yang tidak stabil, proses pencampuran material bahan baku tidak sesuai spesifikasi yang telah di tetapkan oleh divisi *foundry*. Faktor penting peleburan dalam mesin kupola adalah untuk mengatur kedudukan daerah oksidasi dan reduksi sebab hal itu mempengaruhi kualitas logam cair, temperatur penuangan banyak mempengaruhi kualitas logam cair, jika temperatur terlalu rendah menyebabkan waktu pembekuan yang pendek logam cair menjadi buruk dan dapat menyebabkan kecacatan.

### 3. Faktor manusia

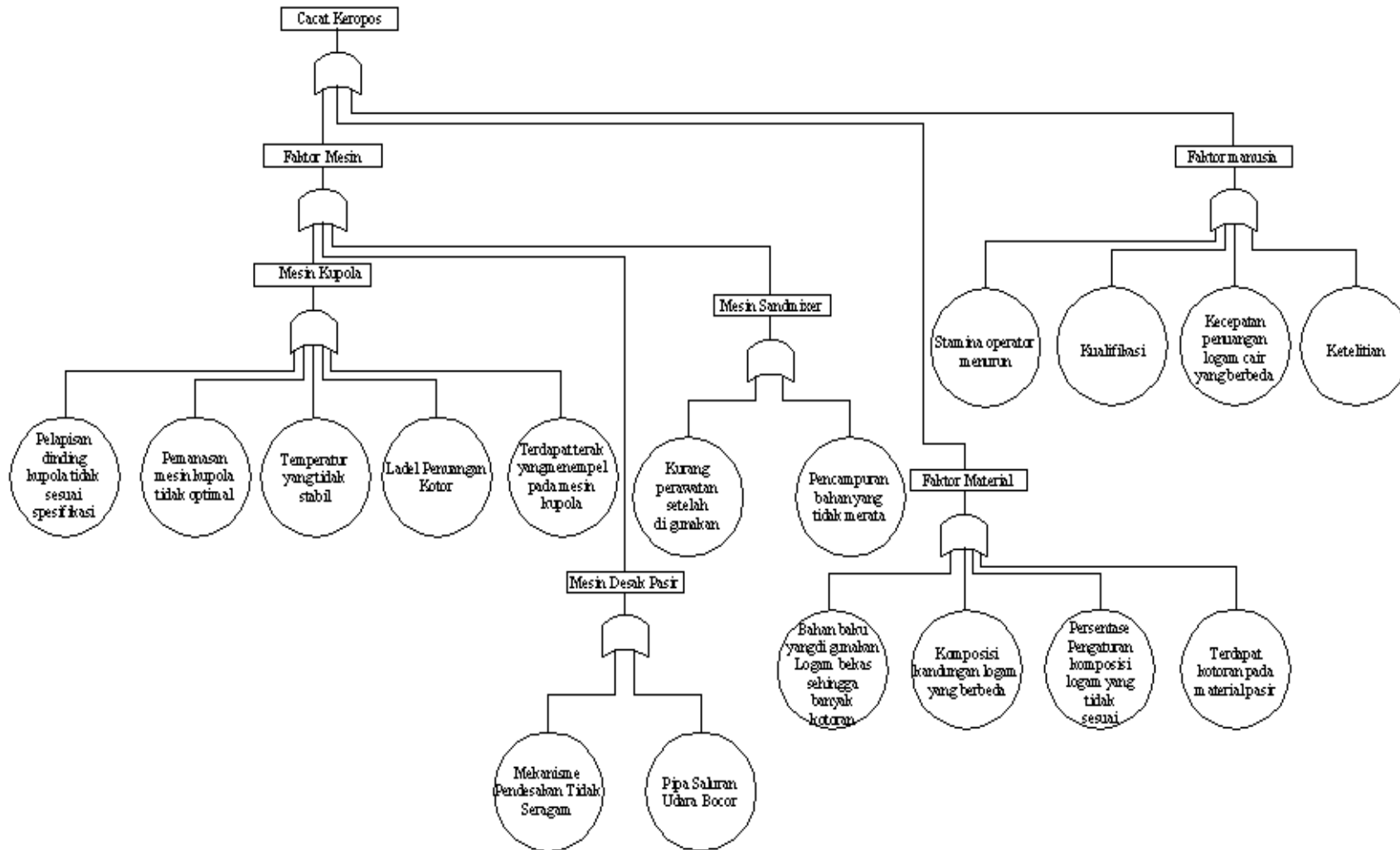
Operator merupakan faktor penting dalam proses pengecoran, kedisiplinan operator, kecepatan penuangan yang berbeda, proses penambahan komposisi logam yang di inginkan itu merupakan faktor yang mendukung terjadinya cacat keropos pada *part cylinder*. Mekanik *maintenance* dalam melakukan perawatan mesin yang belum secara optimal dalam merawat suatu mesin

#### 4.6.4 *Fault tree analysis (FTA)* cacat keropos

*Fault tree analysis* (Analisa pohon kesalahan) adalah teknik mengurangi peristiwa kesalahan tertentu dan kemudian membangun suatu diagram logika dari semua peristiwa yang mana bisa mendorong ke arah peristiwa. Fungsi dari *Fault Tree Analysis* adalah untuk mengidentifikasi kesalahan secara bercabang baik dari segi fisik dan segi manusia. *Fault tree analysis* adalah jenis pendekatan secara *deduktif* yang berfokus pada fakta-fakta dari kesalahan dan kemudian di susun dengan diagram logik dari semua rangkaian konsep baik dari segi manusia dan fisik yang dibuat dalam peristiwa kegagalan. Efek yang ditimbulkan, *FTA* mengilustrasikan jenis kombinasi dari kesalahan komponen dan kegagalan dan kesalahan manusia yang di tetapkan berdasarkan peristiwa terjadinya kesalahan.

Sebagai *qualitatif tool* *FTA* berguna karena dapat memberikan pemecahan peristiwa kesalahan secara menurun ke dalam dasar kegagalan. *FTA* juga dapat menentukan efek dari eliminasi, perubahan, atau penambahan komponen dalam sistem. *FTA* dapat digunakan selama definisi, desain, modifikasi, operasi, pendukung, penggunaan, atau pengurangan dari sistem. *FTA* secara kusus juga dapat digunakan untuk menganalisis proses baru dimana belum terdapat operasi yang telah dibuat. Hasil dari *FTA* termasuk sekumpulan diagram logik yang menggambarkan penjelasan bagaimana kombinasi dari kegagalan atau error yang dihasilkan oleh sebuah peristiwa kesalahan. Hasilnya berupa data *kuaitatif* tetapi dapat juga berupa data kuantitatif bila peristiwa kesalahan jika rata-rata kegagalan atau peramalan dapat diterakan ke dalam peristiwa kegagalan. *FTA* tidak mengandung semua kemungkinan modus kegagalan atau semua kemungkinan peristiwa kesalahan yang disebabkan oleh sebuah sistem. *FTA* hanya menganalisa peristiwa kesalahan dan hubungan logikal yang terdistribusi dari peristiwa awal. Secara umum, *FTA* disusun dengan diawali pohon kesalahan dengan mempertimbangkan kegagalan tunggal dari sistem. *FTA* dibuat berdasarkan pendekatan secara backward atau deduktif selama kegagalan dari sistem tersebut berasal dari komponen dari sistem yang diamati.

Berikut *Fault tree analysis* (*FTA*) untuk cacat keropos pada part cylinder seperti tercantum pada gambar 4.31 seperti di bawah ini:



Gambar 4.25 Fault tree analysis cacat keropos

Dari gambar *fault tree analysis* di atas dapat di tarik kesimpulan bahwa cacat keropos di sebabkan oleh beberapa faktor. Adapun faktor yang paling dominant menyebabkan kecacatan adalah faktor material bahan baku, faktor mesin, faktor manusia. Dan faktor yang mempengaruhi dari ke tiga faktor itu di antaranya adalah:

1. Faktor mesin

a. Mesin kupola

Hal ini sebabkan karena pada saat pemanasan mesin kupola tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dan temperatur mesin kupola yang tidak stabil, proses pencampuran material bahan baku tidak sesuai spesifikasi yang telah di tetapkan oleh divisi *foundry*. Faktor penting peleburan dalam mesin kupola adalah untuk mengatur kedudukan daerah oksidasi dan reduksi sebab hal itu mempengaruhi kualitas logam cair, temperatur penuangan banyak mempengaruhi kualitas logam cair, jika temperatur terlalu rendah menyebabkan waktu pembekuan yang pendek logam cair menjadi buruk dan dapat menyebabkan kecacatan.

b. Mesin *sandmixer*

Hal ini di sebabkan oleh pencampuran bahan yang tidak sesuai dengan bahan pencampuran yang di izinkan. Bahan-bahan untuk yang di campur terdiri dari pasir lama, pasir *silica*, *bentonic*, *corn starch*, *sea coal* yang kemudian diaduk dalam mesin sand plant. pengadukan tidak rata maka kualitas pasir akan buruk, di mana kadar yang ada dalam pasir tidak merata.

c. Kurang perawatan

Pencampuran bahan yang di kerjakan pada mesin *sandmixer* menjadi tidak merata di sebabkan oleh perawatan mesin *sandmixer* yang kurang di perhatikan oleh bagian *maintenance*.

d. Mesin desak pasir

Mekanisme pendesakan dari cara pembuatan cetakan yang merupakan benturan yang berulang ulang. Rangka cetakan, pola dan pasir di angkat dan di jatuhkan dalam jangka waktu yang seharusnya tetap tetapi pipa penyalur udara terdapat kebocoran maka mekanisme yang seharusnya pasir di angkat dan di jatuhkan dengan mesin pendesak pasir dengan hasil dapat memadatkan pasir secara optimal menjadi kurang padat karena mekanisme pendesakan tidak seragam yang di sebabkan oleh pipa penyalur udara kedalam mesin pendesak pasir tidak tersalurkan dengan baik.

## 2. Faktor material bahan baku

### a. Bahan baku Logam bekas

Hal ini di sebabkan oleh penggunaan material bahan baku yang di gunakan adalah besi bekas dan penggunaan material bahan baku bekas ini memiliki kandungan logam yang berbeda dan tidak di ketahui komposisinya, dan ketika proses peleburan pada saat penambahan komposisi logam cair tidak sesuai dengan spesifikasi divisi *foundry*,

### b. Komposisi kandungan logam

Hal ini di sebabkan karena logam bekas yang di gunakan mempunyai kandungan logam yang berbeda sehingga menyebabkan kecacatan pada produk yang dihasilkan.

### c. Persentase penambahan logam

Hal ini di sebabkan karena pada saat penambahan komposisi pada logam cair yang kurang komposisinya tidak di mendapatkan komposisi yang sesuai dengan spesifikasi.

## 3. Faktor manusia

### a. Stamina operator menurun

Hal ini disebabkan tenaga opertor yang di pergunakan pada saat penuangan logam cair kedalam cetakan menurun karena kelelahan dan kecepatan dalam penuangan logam cair menjadi menurun.

### b. Kualifikasi

Pekerja yang bekerja sebagai operator harus lulusan STM dan sederajatnya, hal ini dimaksudkan agar para pekerja tersebut sudah dapat memahami secara umum proses kerja mesin, kecepatan penuangan logam cair, dan mengerti pemahaman tentang pemakaian alat keselamatan seperti kaca mata peleburan, pelindung mata, helm peleburan, sepatu kerja dan lain-lainnya .

### c. Ketelitian

Seorang operator harus dapat mengerti bagaimana kualitas dari logam cair, dan operator juga harus mengetahui temperatur penuangan yang baik. Unsur paduan juga sangat berpengaruh terhadap kualitas produk, sehingga operator harus teliti dalam inspeksi penambahan komposisi logam cair.

#### 4.6.5. Analisis mode kegagalan dan pengaruhnya (*Failure Mode Effect and Analysis / FMEA*)

*Failure mode and effect analysis* (FMEA) merupakan suatu metode untuk menganalisa kemungkinan kesalahan yang muncul dalam mengembangkan dan menghasilkan suatu produk untuk mempermudah mengambil tindakan yang berkaitan dengan timbulnya masalah, sehingga mempertinggi ketahanan dan kualitas produk.

FMEA di pergunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber akar penyebab yang mungkin berpengaruh kepada sistem. Analisis mode kegagalan dan pengaruh adalah suatu prosedur yang terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan desain atau kondisi di luar batas spesifikasi yang telah ditetapkan. Melalui menghilangkan mode kegagalan kegagalan, maka FMEA akan dapat menghilangkan tingkat kecacatan yang ada.

FMEA yang di gunakan adalah FMEA desain dimana *FMEA* desain adalah sebuah teknik analisis berdasarkan desain dari *engineer* atau *team* yang memuat modus kegagalan potensial dan penyebab kegagalan mekanisme yang muncul pada proses desain tersebut. Masing-masing item dari semua sistem yang ada, sub sistem, dan semua komponen harus di evaluasi. Secara sistematis pendekatan dilakukan secara paralel, formal, dan semua dokumen yang terkait dengan para *engineer* yang melalui beberapa desain proses.

Jadi pada FMEA desain ini akan memuat desain yang ada dalam proses pengecoran logam. Dimana desain yang ada dalam proses tersebut akan di analisis semua hal yang akan menjadi modus kegagalan potensial.

Perhitungan

$$RPN \Rightarrow RPN = (\text{Severity})(\text{Occurance})(\text{Detectability})$$

Skala penilaian untuk perhitungan ini adalah 1-10. Penilaian 1-10 ini tergantung dari proses itu berada pada tingkat berapa bila di ukur dari sisi severity (S), Occurance (O), Detectability (D)

Penilaian occurance (O), Severity (S), dan Detectability (D) terhadap proses ini di lakukan secara objective dengan cara berdiskusi dengan manajer produksi dan manajer *quality assurance*

Tabel 4.6.4 Skala penilaian untuk *occurance*

Probability kegagalan	Nilai
Sangat tinggi : Kegagalan hampir tidak dapat dihindarkan ( <i>Very high,almostinevitabel failure</i> )	10
	9
Tinggi : Sama seperti diatas dimana kegagalan sering terjadi ( <i>High,repeated failure</i> )	8
	7
Sedang : kegagalan yang terjadi kadang-kadang, tetapi tidak dalam porsi yang besar/major.( <i>Moderate, occasional failure</i> )	6
	5
	4
Rendah : Hanya kegagalan tertentu yang terjadi ( <i>low relatively few failure</i> )	3
Sangat rendah : kegagalan hampir bisa diidentifikasi	2
Hampir tidak terjadi ( <i>Remote, failure is unlikely</i> )	1

Tabel 4.6.5 Skala penilaian untuk *severity*

Akibat	Kriteria : Tingkat bahaya akibat dari kegagalan	Nilai
Bahaya tanpa ada peringatan	Cacat dapat merusak mesin produksi dan dapat menyebabkan kematian pada karyawan	10
Bahaya tapi ada peringatan sebelumnya	Cacat dapat membahayakan mesin produksi dan dapat menyebabkan cedera pada karyawan.	9
Sangat tinggi	Sangat mengganggu produksi, 100% produk kemungkinan harus dibuang. Produk cor tidak tercetak secara sempurna, seperti jenis cacat rompal.	8
Tinggi	Agak mengganggu produksi. Produk mengalami cacat sehingga harus dilakukan penyortiran (kurang dari 100%).	7
Sedang	Sedikit mengganggu produksi, sebagian produk (kurang dari 100%) harus dibuang tanpa harus disortir.	6
Rendah	Agak mengganggu produksi. 100% produk harus dirework. Produk cor berkualitas rendah.	5

Tabel 4.6.6 Skala penilaian untuk *Detecabilite*:

Detection	Kriteria : kemungkinan cacat cat dideteksi oleh proses <i>control</i> yang ada, sebelum diproses lebih lanjut, atau sebelum produk dikirim ke <i>customer</i> .	Nilai
Hampir tidak bisa dideteksi	Tidak diketahui <i>control</i> yang dapat mendeteksi	10
Sangat kecil	Sangat kecil kemungkinan <i>control</i> yang dapat mendeteksi kegagalan	9
Kecil	Kecil kemungkinan <i>control</i> yang ada dapat mendeteksi kegagalan	8
Sangat rendah	Sangat rendah kemungkinan <i>control</i> yang ada dapat mendeteksi kegagalan	7
Rendah	Rendah kemungkinan <i>control</i> yang ada dapat mendeteksi kegagalan	6
Sedang	Sedang kemungkinan <i>control</i> yang ada dapat mendeteksi kegagalan	5
Sangat besar	Sangat besar kemungkinan <i>control</i> yang ada dapat mendeteksi kegagalan	4
Besar	Besar kemungkinan <i>control</i> yang ada dapat mendeteksi kegagalan	3
Agak besar	Agak besar kemungkinan <i>control</i> yang ada dapat mendeteksi kegagalan	2
hampir	Hampir pasti kemungkinan <i>control</i> yang ada dapat mendeteksi kegagalan	1



Potential Failure Mode and Effect Analysis

FMEA Number 01 <sup>①</sup>  
 Page 1 of 5  
 Prepared By : Rinto malla <sup>④</sup>  
 FMEA Date : Agustus 2020 <sup>⑦</sup>

Component Cylinder <sup>②</sup> Design Responsibility : group 1 <sup>③</sup>  
 Model Years 2019 <sup>⑤</sup> key Date : Juli 2019 <sup>⑥</sup>  
 Core Team : bagian R&D, suplier, Foundry, Machining dan management <sup>⑧</sup>

Tabel 4.6.7 FMEA (Desain) Cacat Keropos

Item <sup>⑨</sup>	Modus kegagalan potensial <sup>⑩</sup>	Effect kegagalan Potensial <sup>⑪</sup>	S <sup>⑫</sup>	C <sup>⑬</sup>	O <sup>⑮</sup>	Desain kontrol Pencegahan <sup>⑯</sup>	Desain kontrol deteksi <sup>⑰</sup>	D <sup>⑱</sup>	R <sup>⑲</sup>	P <sup>⑲</sup>	N <sup>⑲</sup>	Rekomendasi action <sup>⑲</sup>	Pemenuhan target pencapaian <sup>⑳</sup>	Hasil dari rekomendasi action <sup>㉒</sup>				
														Action yang dilakukan <sup>㉑</sup>	S <sup>㉑</sup>	O <sup>㉑</sup>	D <sup>㉑</sup>	R <sup>㉑</sup>
Lapisan dinding	Terlalu tebal/tipis	Logam cair tidak cukup pada suhu tuang	6		Ketebalan pelapisan dinding kupola kurang dari 3-4 mm	5	Gunakan meteran	Visual control hasil pengukuran	7	210		Melapisi dinding sesuai dengan spesifikasi	Tidak di dapatkan dinding yang kurang tebal dan tipis					
	Dinding tidak rata karena bekas adukan/ benturan	Suhu peleburan tidak stabil	7		Bata tahan api tidak menutupi dinding	6	Gunakan <i>checksheet</i>	Pemeriksaan hasil pelapisan dinding	6	252		Penambalan lapisan dinding kupola	Tidak ada lagi dinding yang tidak rata					
Pemanasan mesin kupola	Waktu pemanasan kurang	Cacat keropos	7		Tungku tidak dapat melebur logam	7	Gunakan <i>stop watch</i>	Memasang termokopel untuk membaca suhu ruang mesin kupola	5	245		Memastikan waktu pemanasan selama 2 jam	Mendapatkan waktu pemanasan yang sesuai					

	Suhu rendah	Cacat keropos	7	Tinggi alas kokas pendek	6	Gunakan pirometer	Memasang termometer untuk mengetahui suhu	7	294	Menggunakan <i>burner</i> untuk mencegah penurunan suhu	Mendapatkan suhu yang sesuai						
--	-------------	---------------	---	--------------------------	---	-------------------	---	---	-----	---	------------------------------	--	--	--	--	--	--

Tabel 4.6.8 FMEA (Desain) Cacat Keropos (Lanjutan)

Item	Modus kegagalan potensial	Effect kegagalan Potensial	S e v	C l a s s	Penyebab potensial/ Kegagalan mekanis	O c c u r	Desain kontrol pencegahan	Desain kontrol deteksi	D e t e c	R P N	Rekomendasi action	Pemenuhan target pencapaian	Hasil dari rekomendasi action				
													Action yang dilakukan	S e v	O c c	D e t	R P N
Logam cair kotor	Bak penampung menjadi kotor	Produk keropos	6		Penggunaan serbuk <i>slag</i> tidak menjamin kotoran terangkat sempurna.	5	Gunakan lembar <i>checksheet</i>	Inspeksi bak penampung	5	150	Pembuangan terak dengan pahat atau palu pneumatik	Tidak ada lagi bak penampung yang kotor					
	ladel menjadi kotor	Produk keropos	5		Penggunaan <i>cover all</i> tidak menjamin kotoran terangkat sempurna	6	Gunakan lembar <i>checksheet</i>	Inspeksi ladel penuangan	6	180	Membersihkan terak yang menempel pada ladel penuangan	Tidak ada lagi ladel yang kotor					

Pasir cetak	Komposisi pasir cetak tidak sesuai spesifikasi	Cetakan menjadi rapuh	6		Persentase bahan untuk pengikat <i>bentonic</i> kurang sehingga pasir tidak secara sempurna terikat.	6	Gunakan lembar <i>check sheet</i> pencampuran komposisi bahan.	Pengawasan persentase komposisi campuran bahan.	7	252	Persentase bahan untuk pengikat di tambahkan	Harus di dapat data campuran material yang tepat untuk masing-masing bentuk <i>part</i> .					
-------------	--	-----------------------	---	--	--	---	--	---	---	-----	--	---	--	--	--	--	--

Tabel 4.6.9 FMEA (Desain) Cacat Keropos (Lanjutan)

Item	Modus kegagalan potensial	Effect kegagalan Potensial	Severity	Class	Penyebab potensial/ Kegagalan mekanis	Occur	Desain kontrol pencegahan	Desain kontrol deteksi	Detect	RPN	Rekomendasi action	Pemenuhan target pencapaian	Hasil dari rekomendasi action				
													Action yang dilakukan	Severity	Occur	Detect	RPN
	Penggilingan mesin <i>sandmixer</i> tidak sempurna	Pasir kasar	5		<i>Sandmixer</i> tidak menghancurkan bongkahan pasir	7	Gunakan ayakan pasir sebelum pasir masuk ke dalam mesin <i>sandmixer</i>	Inspeksi pasir	8	280	Melakukan perbaikan mesin <i>sandmixer</i> sebulan sekali	Memastikan bahwa Mesin <i>sandmixer</i> dapat berfungsi secara optimal pada saat proses penggilingan pasir					
	Mekanisme pendesak tidak seragam	Cetakan pasir kurang padat	7		Pipa yang menyalurkan udara terjadi kebocoran	6	Gunakan <i>pressure gauge</i>	Pasang sirene jika tekanan udara kurang akan berbunyi	7	294	<i>Setting</i> dan kalibrasi <i>Pressure gauge</i>	Memeriksa dan memastikan <i>Pressure gauge</i> menunjukkan angka tekanan udara yang tepat pada mesin desak					

	Hasil cetakan kotor	Produk coran menjadi kotor	7			5	Gunakan lembar <i>checksheet</i>		7	245	<i>Purchasing</i> harus menolak jika pesanan material logam yang dibeli tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan	Material pasir yang digunakan harus konsisten dan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan pihak <i>foundry</i>					
--	---------------------	----------------------------	---	--	--	---	----------------------------------	--	---	-----	---	--	--	--	--	--	--

Tabel 4.6.10 FMEA (Desain) Cacat Keropos (Lanjutan)

Item	Modus kegagalan potensial	Effect kegagalan Potensial	S e v e r i t y	C l a s s i f i c a t i o n	Penyebab potensial/ Kegagalan mekanis	O c c u r e	Desain kontrol pencegahan	Desain kontrol deteksi	D e t e c t i o n	R P N	Rekomendasi action	Pemenuhan target pencapaian	Hasil dari rekomendasi action				
													Action yang dilakukan	S e v e r i t y	O c c u r e	D e t e c t i o n	R P N
Logam bekas/besi tua	Kandungan logam tidak diketahui	Cacat keropos	8		Spesifikasi material logam yang dipesan dari suplier tidak sesuai	8	Gunakan mesin spectro untuk mengetahui kandungan logam	Visual kontrol kandungan logam	8	512	<i>Purchasing</i> harus menyeleksi material logam/besi tua pada saat material datang dari <i>supplier</i>	Tidak di dapatkan lagi kandungan logam yang tidak diketahui					
	Komposisi logam tidak seragam	Cacat keropos	8		penambahan komposisi yang kurang tidak sesuai spesifikasi	7	Gunakan mesin <i>cuptester</i>	Meneteskan logam cair pada mesin <i>cuptester</i>	7	392	<i>Purchasing</i> harus menolak jika pesanan material logam yang dibeli tidak sesuai dengan	Material logam yang digunakan harus konsisten dan sesuai dengan spesifikasi yang					

										spesifikasi yang di tetapkan	telah ditetapkan pihak <i>foundry</i>					
Kecepatan penuangan	Stamina operator menurun	Cacat keropos	8	Kelelahan operator pada saat proses penuangan	4	Gunakan SOP			6	192	Pemulihan tenaga pada saat proses penuangan akan di lakukan	Memperhatikan dan memastikan tenaga operator telah kembali normal				

Tabel 4.6.11 FMEA (Desain) Cacat Keropos (Lanjutan)

Item	Modus kegagalan potensial	Effect kegagalan Potensial	S e v	C l a s s	Penyebab potensial/ Kegagalan mekanis	O c c u r	Desain kontrol pencegahan	Desain kontrol deteksi	D e t e c	R P N	Rekomendasi action	Pemenuhan target pencapaian	Hasil dari rekomendasi action				
													Action yang dilakukan	S e v	O c c	D e t	R P N
Kecepatan penuangan	Kualifikasi	Cacat keropos	4		Tidak memperhatikan kecepatan proses penuangan	5	Gunakan SOP, dan lembar <i>checksheet</i>	Melakukan training penuangan	7	140	Membedakan kecepatan penuangan untuk <i>part</i> kecil dan besar	Memperhatikan dan mendapatkan kecepatan penuangan yang seragam baik pada part besar ataupun kecil					

	Ketelitian	Cacat keropos	7	Tidak membedakan antara penuangan <i>part</i> yang besar dan <i>part</i> kecil	6	Gunakan SOP, dan lembar <i>checksheet</i>		6	252	Pemeriksaan logam cair pada cetakan jangan sampai kurang	Memastikan dan memeriksa tidak terdapat logam cair yang kurang pada cetakan					
--	------------	---------------	---	--	---	---	--	---	-----	--	---	--	--	--	--	--

### 5.6.6 Analisa dari masing-masing item yang terdapat pada tabel FMEA:

#### 1. Lapisan dinding

Lapisan dinding ini modus kegagalan yang sering muncul adalah terlalu tebal dan terlalu tipis lapisan dinding yang di hasilkan dari pelapisan yang di lakukan. Ketebalan pelapisan dinding yang di izinkan adalah 3-4 mm. Pelapisan dinding dilakukan untuk menstabilkan tempertaur lebur mesin kupola dan jika ketebalan terlalu tipis maka tempertaur akan terlalu cepat naik dan logam cair yang di hasilkan mempunyai viskositas rendah, dan jika ketebalan pelapisan terlalu tebal berakibat logam bekas tidak dapat mencair dengan sempurna maka untuk menjaga kestabilan temperatur maka ketebalan yang di izinkan adalah 3-4 mm.

#### 2. Pemanasan mesin kupola

Pemanasan mesin kupola ini modus kegagalan yang sering muncul adalah waktu pemanasan yang kurang, waktu yang di haruskan untuk pemanasan mesin kupola adalah selama 2 jam. Dan jika pemanasan kurang dari waktu yang di izinkan maka suhu pada dapur peleburan menjadi rendah dan dapat mengakibatkan bahan logam yang terdapat pada dapur peleburan tidak dapat melebur dengan sempurna dan cairan yang di hasilkan masih kental.

#### 3. Logam cair kotor

Logam cair kotor ini modus kegagalan yang sering muncul adalah bak penampung menjadi kotor, mengingat bahwa bahan logam yang di gunakan bekas maka dapat di patikan bahwa logam bekas tersebut sudah berkarat atau korosi maka pada saat proses peleburan kotoran pun ikut melebur dan mencair dan terdapat terak yang menempel pada bak penampung sisa pnceoran sebelumnya. Penggunaan serbuk slag, serbuk slag di gunakan untuk mengangkat kotoran logam cair yang terdapat pada bak penampung.

#### 4. Pasir cetak

Pasir cetak ini modus kegagalan yang sering muncul adalah pasir hitam yang di gunakan terdapat kotoran penggunaan pasir cetak ini di gunakan untuk membuat cetakan pada logam cair yang akan di tuang pada cetakan pasir, sehingga pada saat proses penuangan logam cair pada cetakan setelah mengalami pendinginan cukup

maka cetakan tersebut di lakukan proses pembongkaran untuk melihat hasil produk yang di hasilkan pada proses pengecoran, jika cetakan yang di gunakan kotor maka akan mengakibatkan produk yang di hasilkan akan menjadi kotor pula.

a. Penggilingan mesin sandmixer tidak sempurna

Penggilingan pada mesin sandmixer ini modus kegagalan yang sering muncul adalah pada saat proses penggilingan pasir yang di gunakan adalah pasir sisa hasil dari bongkar cetakan tidak dapat di hancurkan secara sempurna karena kipas penghancur tidak tajam dan tidak di lakukan pengasahan pada mata kipas penghancur pasir.

b. Mekanisme pendesakan tidak seragam

Mekanisme pendesakan pada mesin desak ini modus kegagalan yang sering muncul pada saat memadatkan pasir untuk membuat cetakan pendesakan pada mesin desak udara yang di alirkan tekanan udara yang dihasilkan oleh kompresor tersebut kurang sehingga menyebabkan kegagalan cetakan kurang padat yang pada ahirnya akan menyebabkan cetakan menjadi mudah rompal. Penyebab terjadinya tekanan udara yang kurang adalah katup-katup dalam kompresor diperiksa tidak terjadwal, Pressure gauge rusak, pipa yang menyalurkan udara terjadi kebocoran atau sambungan tidak rapat sehingga udara bocor, electrical yang bekerja terlambat. Keempat komponen tersebut yang bisa menyebabkan terjadinya tekanan udara yang kurang.

5. Logam bekas/ besi tua

a. Logam bekas atau besi tua ini modus kegagalan yang sering muncul karena penggunaan bahan logam bekas ini tidak di ketahui kandungan logam sehingga kita tidak mengetahui FC yang diinginkan untuk pembuatan part cylinder yang akan di produksi. Ketika bahan logam datang dari supplier logam bekas tersebut hanya di lihat secara karakteristiknya bahwa logam bekas tersebut dapat di gunakan untuk proses pengecoran logam yang di gunakan untuk membuat part cylindr.

b. Komposisi logam tidak seragam

Komposisi logam tidak seragam ini modus kegagalan yang sering muncul pada saat logam yang di lebur pada mesin kupola telah mencair pada temperatur 1100-1600 0C, logam cair tersebut di hasilkan kemudian di test pada mesin cuptester untuk melihat apakah komposisi bahan yang terdapat pada logam cair



sesuai dengan komposisi bahan yang diinginkan. Pada display mesin cuptester terlihat dan menunjukkan kandungan ferro mangan, dan ferro silicon, jika kandungan kedua bahan tersebut ada yang kurang maka di lakukan penambahan untuk mendapatkan kesesuaian kedua bahan tersebut yang kurang.

#### 6. Kecepatan penuangan

##### a. Stamina operator menurun

Kecepatan penuangan ini modus kegagalan yang sering muncul kerana pada saat logam cair di tuang kedalam cetakan yang terbuat dari pasir cetak kecepatannya berbeda antara penuangan yang pertama dan penuangan yang berikutnya sehingga menyebabkan logam cair yang di tuang kedalam cetakan memiliki waktu yang pendek untuk proses pembekuan itu semua di sebabkan karena stamina operator menurun.

##### b. Kualifikasi

Kualifikasi merupakan modus kegagalan yang sering muncul karena Pekerja yang bekerja sebagai operator harus lulusan STM dan sederajatnya, hal ini dimaksudkan agar para pekerja tersebut sudah dapat memahami secara umum proses kerja mesin dan mengerti pemahaman tentang pemakaian alat keselamatan seperti kaca mata peleburan, pelindung mata, gamas (Pelindung kaki), helm peleburan, sepatu kerja dan lain-lainnya . Dan di harapkan operator dapat mengetahui bagaimana logam cair yang di hasilkan dari mesin kupola yang memiliki kualitas logam cair yang baik.

##### b. Ketelitian

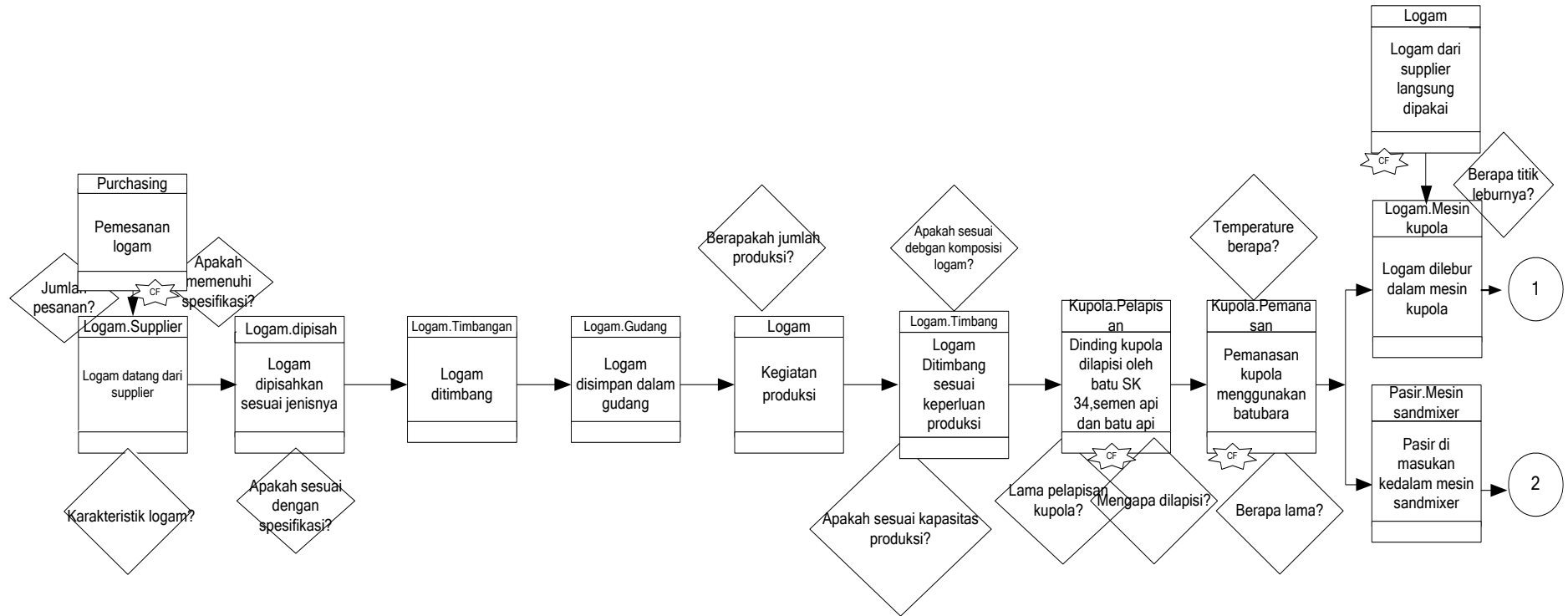
Ketelitian merupakan modus kegagalan yang sering muncul karena Seorang operator harus dapat mengerti bagaimana kualitas dari cetakan yang akan di buatnya. Hal-hal yang harus diperhatikan oleh seorang operator diantaranya saat *set up* pola, proses *blowing*, sampai pada proses pelepasan cetakan dari *cup* dan *drag*. Sehingga operator akan mengetahui mana cetakan yang baik dan yang *reject*. Unsur paduan juga sangat berpengaruh terhadap kualitas produk, sehingga operator harus teliti dalam pengecekannya

#### **5.6.7 Root Cause Analysis**

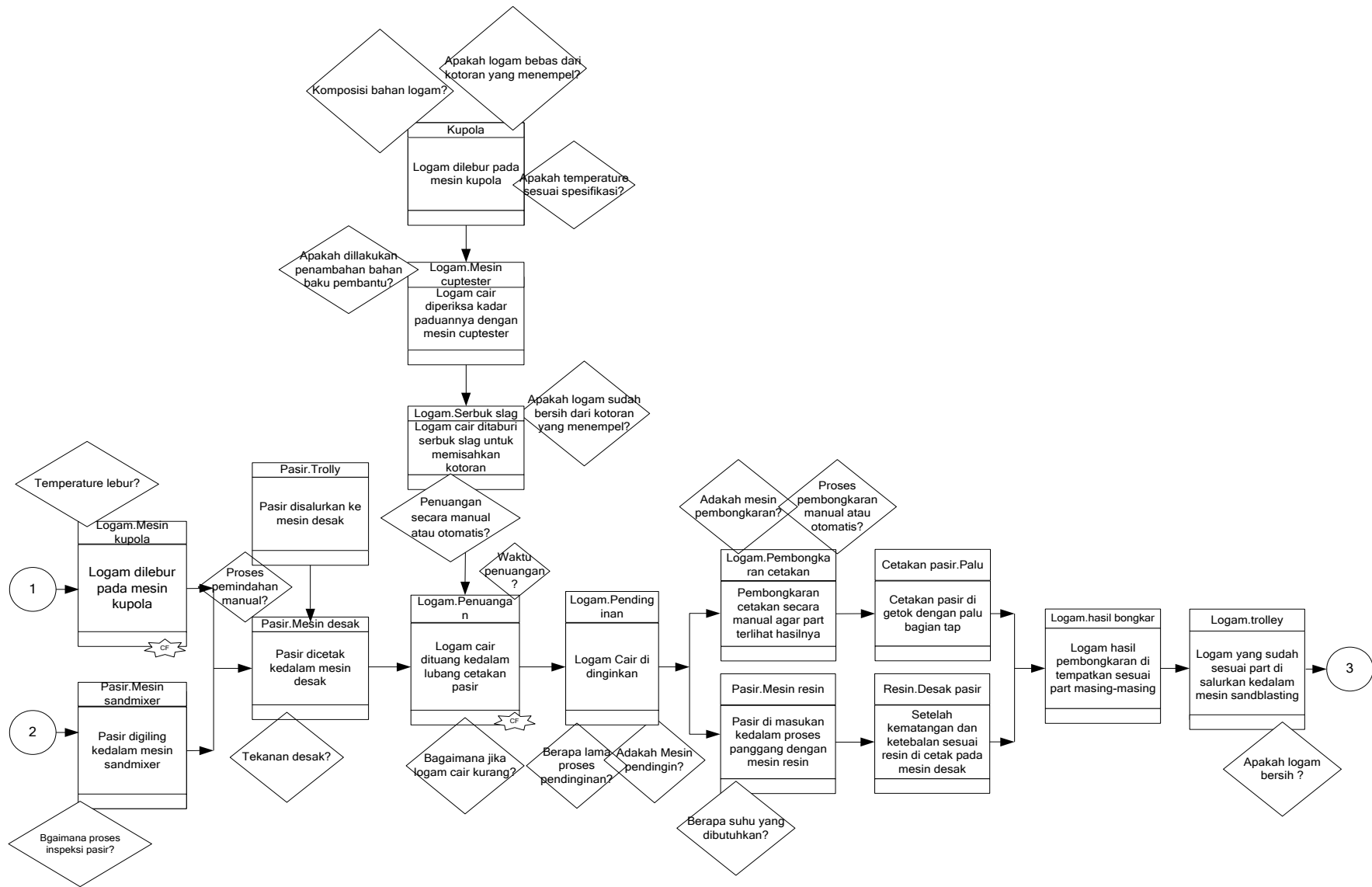
*Root cause analysis* adalah proses desain yang digunakan untuk menginvestigasi dan mengkategorikan akar penyebab dari sebuah peristiwa yang berhubungan dengan

keselamatan, lingkungan, kualitas, keandalan, dan dampak dari produksi. Secara sederhana *root cause analysis* digunakan untuk membantu mengidentifikasi bukan hanya apa dan bagaimana suatu peristiwa terjadinya kegagalan. Dengan pemahaman mengapa sebuah peristiwa dari suatu kegagalan adalah kunci untuk mengadakan pengembangan secara efektif. Secara umum, kesalahan tidak terjadi begitu saja tetapi dapat kita telusuri seperti mengetahui penyebabnya. Mengidentifikasi akar penyebab adalah salah satu kunci untuk menghindari terjadinya kejadian yang sama.

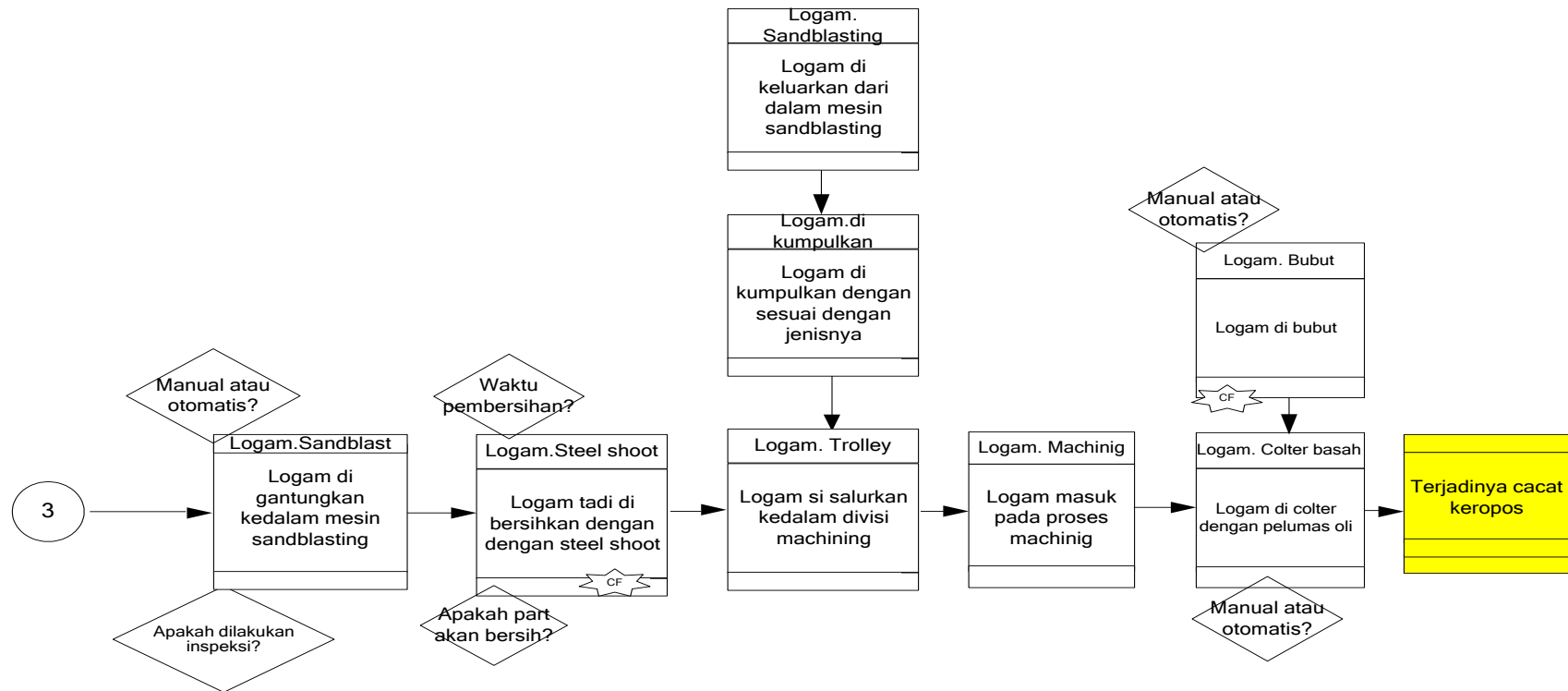
Setelah di dapatkan kegagalan potensial dari tabel FMEA di atas, maka selanjutnya di pilih sebuah kegagalan potensial yang mempunyai nilai RPN terbesar dari masing-masing tabel FMEA tersebut. Nilai RPN terbesar yang di dapat adalah sebesar 512 dari item bahan baku yang di gunakan besi bekas RPN terbesar mewakili bahwa kegagalan potensial tersebut harus di prioritas kan untuk dilakukan perbaikan tetapi bukan berarti bahwa kegagalan potensial yang memiliki nilai RPN kecil tidak harus diadakan perbaikan melainkan hanya prioritas saja.



Gambar 4.31 Root Cause Analysis Keropos



Gambar 4.32 Root Cause Analysis Keropos (Lanjutan)



Gambar 4.33 Root Cause Analysis Keropos (Lanjutan)

### 5.6.8 *Root cause Analysis (RCA)*

*Root cause analysis* berguna untuk mencari akar permasalahan yang muncul dari sebuah kegagalan, dari sebuah kegagalan yang telah diidentifikasi akan dicari akar penyebab dari terjadinya proses kegagalan tersebut. Dalam kasus ini *root cause* yang dilakukan berdasarkan pengolahan pada FMEA, dimana dalam FMEA telah diidentifikasi kegagalan potensial yang terjadi. Kegagalan potensial yang memiliki nilai RPN terbesar itulah yang kita jadikan prioritas untuk di ketahu akar permasalahannya.

Pada *Root cause Analysis* cacat keropos ada beberapa faktor penyebab yang memberikan dampak pada munculnya jenis cacat keropos :

#### 1. Bahan baku logam bekas/besi tua

Selama ini divisi *foundry* menggunakan logam bekas di campur dengan sisa pengecoran, produk reject dan sisa machining sebagai bahan baku peleburan. Dari berbagai bahan baku yang digunakan pihak pabrik akan kesulitan memperkirakan kandungan apa saja yang terdapat pada logam tersebut.

Seharusnya pihak *foundry* menggunakan bahan baku ingot sehingga dapat mengetahui dengan jelas kandungan apa saja yang terdapat pada ingot tersebut. Selama ini pihak pabrik mengalami kesulitan dalam memperkirakan kandungan apa saja yang terdapat pada logamnya. Bila logam yang terkontaminasi logam lain yang bersifat kotor maka pada saat proses peleburan kotoran tersebut akan sulit di bersihkan yang pada akhirnya akan memberikan imbas pada cacat keropos.

#### 2. Proses Peleburan

Proses peleburan adalah proses peleburan logam padat menjadi logam cair, pada proses peleburan ini pihak *foundry* menggunakan mesin kupola untuk melakukan proses ini. Kapasitas mesin kupola adalah 8 ton untuk sekali proses peleburan. Ada satu hal yang kurang terdapat pada mesin kupola yaitu tidak adanya tanur yang bersifat *holding*, selama ini logam cair yang ada pada mesin kupola langsung di tuang ke dalam bak penampung untuk di lakukan proses penuangan.

Apakah logam cair yang dituang dari mesin kupola tersebut sudah benar-benar bersih dari kotoran? Sudah pasti cairan tersebut belum sepenuhnya terbebas dari kotoran, sedangkan proses pembersihan yang dilakukan pada mesin kupola hanya sekali. Apabila pihak *foundry* menggunakan mesin kupola *holding* maka proses pembersihan tahap ke dua dilakukan pada tanur ini yang di harapkan akan membantu mengurangi jumlah kotoran yang terlarut dalam logam cair tersebut.

### 3. Percampuran pada mesin *Sandmixer*

Percampuran berbagai macam bahan seperti pasir silika, bentonic, graphite, green sand dilakukan pada mesin ini. Setelah penulis mengamati ternyata bahan pengikat berupa bentonic yang digunakan di campurkan secara sama rata untuk berbagai bentuk profil cetakan pasir, sedangkan bentuk profil cetakan pasir ada berbagai bentuk mulai dari yang kecil sampai yang besar dan mulai dari yang berprofil sulit sampai yang berprofil mudah. Di sinilah letak kesalahannya, seharusnya pihak pabrik memberikan jumlah kandungan bentonic yang berfungsi sebagai pengikat yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat kesulitan yang ada pada cetakan pasir. Secara sederhana saja cetakan yang berprofil sulit pasti membutuhkan daya ikat yang lebih banyak dari pada cetakan yang berprofil mudah

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan Diagram *Pareto* di ketahui *part* yang paling banyak muncul kecacatannya adalah *part cylinder* dengan persentase *reject* 0.22%
2. Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan Diagram *Pareto* pada *foundry* berdasarkan lokasi proses di ketahui kecacatan *part* yang terjadi pada saat proses *machining* dengan kecacatan sebesar 48% sehingga yang menjadi prioritas adalah kecacatan pada saat proses *machining*.
3. Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan Diagram *Pareto reject foundry* pada saat proses *machining* dengan karakteristik *reject* yang muncul adalah keropos, keras, bintik, goyang, dan tidak masuk *chuck*. Di peroleh kecacatan tertinggi adalah cacat keropos dengan kecacatan sebesar 46.7% sehingga yang menjadi prioritas adalah cacat keropos pada saat proses *machining*.
4. Berdasarkan *cause and effect diagram* didapat bahwa faktor 5M+1E yaitu *man, material, methode, measurement, machine* dan *enviroment* mempunyai kontribusi terhadap terjadinya jenis cacat keropos.
5. Berdasarkan hasil penentuan *critical to quality(CTQ)* yang di peroleh dari wawancara dengan manajer produksi, manajer quality assurance di dapat bahwa penyebab kecacatan keropos yang dominan adalah faktor material, faktor mesin, dan faktor manusia
6. Berdasarkan hasil analisis pohon kesalahan (*Fault tree analysis*) yang di peroleh bahwa penyebab kecacatan keropos yang dominan adalah faktor mesin(mesin kupola, mesin sandmixer, mesin desak pasir). Faktor material(Bahan baku yang di gunakan logam bekas, komposisi kandungan logam, persentase penambahan logam), dan faktor manusia (Stamina operator menurun, kualifikasi, dan ketelitian)
7. Berdasarkan hasil pengolahan dengan FMEA di dapat penyebab cacat yang mempunyai nilai RPN terbesar untuk FMEA cacat keropos adalah item bahan baku logam bekas di mana nilainya sebesar 512.



8. Berdasarkan identifikasi dengan *Root cause analysis* pada nilai RPN terbesar pada FMEA untuk cacat keropos :
  - a. Pengujian logam yang datang tidak sesuai dengan standar baku yang ada, di mana logam hanya di uji karakteristiknya saja. Seharusnya logam dilakukan pengujian seperti uji komposisi logam, dan uji kandungan logam.
  - b. Pencampuran komposisi bahan logam yang sulit untuk peleburan yang digunakan pada produk *cylinder*
  - c. Penggunaan logam bekas yang tidak dilakukan pengujian, seharusnya diketahui komposisi dan kandungan logam yang di pergunakan sehingga akan mengurangi cacat keropos yang sering muncul pada *part cylinder*
  - d. Komposisi logam bekas yang di pesan dari supplier tidak di ketahui, penambahan komposisi bahan yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Sehingga logam cair yang di hasilkan kualitasnya buruk.
  - e. Mesin kupola yang kurang terawat dengan baik sehingga banyak terdapat kotoran dan terak yang menempel pada bak penampung logam cair sisa pengecoran sebelumnya.

## 6.2 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan kepada pihak perusahaan dalam usahanya mengurangi terjadinya produk yang mengalami cacat :

1. Penggunaan bahan baku yang akan di gunakan di uji kadar kandungan yang terdapat pada bahan logam bekas dengan mesin *spectro* untuk mengetahui kandungan logam bekas yang akan di gunakan.
2. Perawatan mesin kupola, bak penampung, ladle penuangan harus di lakukan setiap proses pengecoran.
3. Pembuatan *Failure mode and effect analysis* (FMEA) akan lebih baik lagi apabila dilanjutkan dengan FMEA proses.
4. Penelitian terhadap cacat yang timbul selain keropos perlu dilakukan.
5. *Root cause analysis* (RCA) digunakan untuk semua penyebab kegagalan potensial yang timbul dari FMEA bukan sebatas pada nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang terbesar saja.

## DAFTAR PUSTAKA

Juran J.m *Quality Control Handbook*. Third edition. New York: Mc Graw,1995

Kume, Hitoshi. *Metoda Statistik untuk Peningkatan Mutu*. Jakarta: PT. Melton Putra. 1989

Lawrence H. Van Vlack Sriati Djaprie. Ilmu dan teknologi bahan (Ilmu logam dan bukan logam) edisi kelima penerbit Erlangga.

Montgomery, Douglas C. *Introduction to Statistical Quality Control*. Fourth Edition. USA: John Wiley & Sons, Inc. 2001

*Potential Failure Mode and Effect Analysis*. Third edition. USA: Daimler Chrysler Corporation, General Motor Corporation, Ford motor Company. 2001

Sekaran, Uma. *Research Methode For Business – A Skill Building Approach*,” 4<sup>th</sup> ed John Wiley & Sons, Inc.2005

Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa. *Teknik Pengecoran Logam*:. Cetakan Ketujuh. Jakarta: PT Pradnya Paramita. 1996

Suryono doro Jurnal Fault tree analysis PT Yamaha Jakarta 2004

Turner, Wayne C., Joe H. Mize, dan Kenneth E. Case. *Introduction to Industrial and Systems Engineering*. Second Edition. USA: Prentice-Hall International, Inc. 1987

[www.Freequality.com/Failuremodeandeffectanalysis](http://www.Freequality.com/Failuremodeandeffectanalysis)

[www.NASA/Lewisresearchcenter//faulttreeanalysis](http://www.NASA/Lewisresearchcenter//faulttreeanalysis)

[www.QualityProgress.com](http://www.QualityProgress.com)

[www.Startpagina.nl/fishbone](http://www.Startpagina.nl/fishbone)

[www.Scinedirect.com//article-faulttreea](http://www.Scinedirect.com//article-faulttreea)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Failure\\_mode\\_and\\_effects\\_analysis#Basic\\_Terms](http://en.wikipedia.org/wiki/Failure_mode_and_effects_analysis#Basic_Terms)