



TESIS

**MANAJEMEN RISIKO *DEFECT* PADA PRODUK
DU BASE FRAME**

**AGYL ADRIYADHI S
09211750014011**

**Dosen Pembimbing:
Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., MRegsc., Ph.D.**

**Departemen Manajemen Teknologi
Fakultas Bisnis Dan Manajemen Teknologi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**



TESIS

**MANAJEMEN RISIKO *DEFECT* PADA PRODUK
DU BASE FRAME**

**AGYL ADRIYADHI S
09211750014011**

**Dosen Pembimbing:
Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., MRegsc., Ph.D.**

**Departemen Manajemen Teknologi
Fakultas Bisnis Dan Manajemen Teknologi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Manajemen Teknologi (M.MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Agyl Adriyadhi S., ST

NRP: 09211750014011

Tanggal Ujian: 6 Juli 2019

Periode Wisuda: Maret 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing:

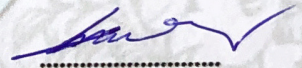
1. Prof. Ir. Moses L Singgih, M.Sc., MRegSc., Ph.D
NIP: 195908171987031002



.....

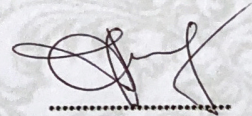
Penguji:

1. Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP
NIP: 196912311994121076



.....

2. Dr. Ir. Mokh. Suef, M.Sc.(Eng)
NIP: 196506301990031002



.....

Kepala Departemen Manajemen Teknologi

Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi



Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP

NIP: 196912311994121076

MANAJEMEN RISIKO *DEFECT* PADA PRODUK *DU BASE FRAME*

Nama mahasiswa : Agyl Adriyadi

NRP : 09211750014011

Pembimbing : Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., MRegSc., Ph. D

ABSTRAK

Selama proses produksi produk *DU base frame* telah ditemukan kejadian cacat yang cukup banyak. Cacat yang terjadi selama proses produksi tentu saja mempengaruhi biaya, waktu dan kualitas dari hasil produksi produk pada PT. X, sehingga diperlukan suatu penanganan guna mengatasi risiko cacat yang terjadi sehingga produk terbebas dari risiko cacat yang tidak diinginkan dan meningkatkan kualitas produk.

Metode yang dapat mengatasi persoalan diatas adalah dengan memprediksi risiko cacat produk dengan merancang kerangka proses manajemen risiko. Proses perancangan manajemen risiko berupa tahapan mengidentifikasi risiko cacat yang telah terjadi atau risiko cacat yang berpotensi terjadi lalu melakukan analisa risiko cacat, kemudian mengevaluasi risiko cacat tersebut dan perlakuan risiko serta melakukan pemantauan dan tinjauan. Ada pun alat dan metode yang digunakan dalam penelitian manajemen risiko ini ialah *fishbone* dan FMEA. *Fishbone* digunakan sebagai alat sebagai metode untuk melakukan *cause identification* sedangkan FMEA digunakan dalam *risk analysis* untuk menentukan *risk priority number* (RPN). Dari RPN ini cacat yang memiliki nilai tertinggi akan di lakukan *risk evaluation* dan *risk treatment* untuk mencegah terjadi cacat yang sama. Dengan adanya penelitian ini di harapkan hasil kualitas, biaya dan waktu produksi pada produk *DU Base Frame* bisa tetap konsisten serta menimbulkan *awareness* para personil yang terlibat pada proses manufaktur produk.

Dari hasil penelitian dan evaluasi ditemukan lima risiko dengan kategori tiga *critical risk* dan dua *high risk*. Risiko - risiko ini telah dilakukan mitigasi risiko dan hasilnya cacat yang terjadi berkurang bahkan tereliminasi. Pentingnya prosedur yang detail dan *awareness* tiap personil yang terlibat menjadi salah satu kunci untuk menghindari terjadinya risiko di proses produksi suatu produk.

Kata kunci: manajemen, risiko, cacat, produk, *fishbone*, FMEA

RISK DEFECT MANAGEMENT ON DU BASE FRAME PRODUCT

Name : Agyl Adriyadi S.
NRP : 09211750014011
Advisor : Pro. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., MRegSc., Ph. D

ABSTRACT

During the production process DU base frame product has been found quite a defect occurrence. Defects occurring during the production process of course affect the cost, time and quality of the product production of PT. X, so it is required a handling to overcome the risk of defects that occur so that the product is free from the risk of defects that do not and improve product quality.

The method that can overcome the problem above is to predict the risk of product defect by designing a risk management process framework. The risk management planning process is a stage identifying the risk of defects that have occurred or the risk of malformed defects occurred and then conducting a risk-defect analysis, then evaluating the risks of such defects and risk treatment and Monitoring and review. There are also tools and methods used in this risk management study are fishbone and FMEA. Fishbone is used as a tool as a method to cause identification while FMEA is used in risk analysis to determine risk priority number (RPN). From RPN defects that have the highest value will be taken risk evaluation and risk treatment to prevent the same defect. With this research in hopes of the results of quality, cost and production time in DU Base Frame products can remain consistent and give rise to the awareness of the personnel involved in the product manufacturing process.

From the results of research and evaluation found five risks with three critical risk categories and two high risk. These risks have been mitigating risk and the result of defects that occur decreases even eliminated. The importance of the detailed procedures and the awareness of each personnel involved becomes one of the keys to avoid risk in the production process of a product.

Keywords: management, risk, defect, product, fishbone, FMEA

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tesis ini yang berjudul, " Manajemen Risiko *Defect* Pada Produk *DU Base Frame*". Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk dapat melewati masa studi dan memperoleh gelar magister pada program studi magister (S2) Jurusan Manajemen Industri, Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh November.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan tesis ini tidak lepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., MRegsc., Ph.D. selaku dosen Pembimbing Tesis.
2. Tim proyek produk *DU Base Frame* yang telah memberikan izin untuk data dan saran dalam proses penyusunan Tesis ini.
3. Teman - teman manajemen industri MMT angkatan 2017 dan semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuannya selama ini.

Penyusun memohon maaf apabila dalam penulisan karya ilmiah ini masih terdapat kesalahan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis guna menyempurnakan Tesis ini. Akhir kata Penulis berharap semoga hasil laporan ini dapat membantu dan bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan
Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan),
tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)
Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

- QS: Al-Insyirah: 6 – 8

“Kesempurnaan tidak datang dengan sendirinya. Kesempurnaan harus diupayakan. Kesempurnaan harus dinilai. Proses dan hasil pekerjaan harus diawasi”

- B.J Habibie

“Belajar dari hari kemarin, hidup untuk hari ini, berusaha untuk hari esok. Hal terpenting adalah tidak berhenti bertanya, karena belajarliah untuk hidup bukan hidup untuk belajar”

- Albert Einstein

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah rabbil'alamini, sebuah karya kecilku ini kupersembahkan teruntuk kedua orang tuaku tersayang. Terima kasih atas doa yang tak henti-hentinya kalian panjatkan untukku sepanjang hari, kasih sayang tulus yang telah kalian berikan yang tak akan pernah putus, kalian adalah motivator terhebat dalam hidupku.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Permasalahan	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kualitas Produk	5
2.2 Manajemen Risiko.....	6
2.3 <i>Cause & Effect Diagram</i>	7
2.4 <i>Failure Mode Effect Analysis (FMEA)</i>	9
2.5 <i>Risk Mitigation</i>	15
2.6 Penelitian Terdahulu.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	25
3.2 Tahapan Identifikasi dan Perumusan Masalah	26
3.3 Observasi Lapangan	26
3.4 Pengumpulan Data.....	26
3.5 Analisis Data.....	26

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Identifikasi Risiko	28
4.2 <i>Risk Assesment</i>	32
4.3 <i>Risk Mitigation</i>	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Risk management process</i> (Stamatis, 2014).....	7
Gambar 2.2 <i>Cause & Effect Diagram (Fish Bone)</i> . (Ishikawa, 1976).....	8
Gambar 3.1 <i>Flowchart Penelitian</i>	25
Gambar 4.1 Diagram <i>Fishbone CTQ Dimensi, Pengelasan, dan Permesinan</i>	30
Gambar 4.2 Diagram <i>Fishbone CTQ Sandblasting, Painting dan Packing</i>	31

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Indikator <i>severity</i> dalam perspektif proses	12
Tabel 2.2 Indikator <i>occurence</i> dalam perspektif produk.....	13
Tabel 2.3 Indikator <i>detection</i> dalam perspektif produk.....	14
Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu.....	17
Tabel 4.1 CTQ dari hasil FGD dengan customer	28
Tabel 4.2 Kategori Severity Penelitian.....	33
Tabel 4.3 Kategori <i>Occurance</i> Penelitian	35
Tabel 4.4 Kategori <i>Detection</i> Penelitian	36
Tabel 4.5 Kategori nilai RPN penelitian	37
Tabel 4.6 Proses Metode FMEA	38
Tabel 4.7 Prioritas risiko berdasarkan nilai RPN dari proses FMEA.....	52
Tabel 4. 8 Usulan perbaikan untuk risiko yang termasuk dalam kategori <i>critical risk</i> dan <i>high risk</i>	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses produksi adalah kegiatan yang dilakukan untuk memproses beberapa bahan mentah atau suatu barang menjadi produk yang memiliki nilai tambah yang lebih besar. Dalam proses manufaktur kita mengenal adanya *operational waste* yang dipopulerkan oleh *Toyota Production System*.

“All we are doing is looking at the time line from the moment the customer gives us an order to the point when we collect the cash. And we are reducing that time line by removing the non-value-added wastes.” (Ohno,1988).

Operational waste yang akan dijadikan topik peneliti berfokus pada *defect* (Cacat). *Defect* (cacat) adalah salah satu faktor dalam proses manufaktur yang dapat mempengaruhi hasil produk. Cacat dapat terjadi pada setiap langkah proses manufaktur, baik dari *input* ke *process* hingga *output*. Konsep penelitian ini dipilih karena selama proses manufaktur produk penulis banyak dihadapi dengan temuan-temuan *defect* yang mempengaruhi hasil produk yang berhubungan lekat dengan “kualitas” dimana faktor ini merupakan salah satu tolak ukur untuk kepuasan konsumen. Untuk produk seri (produk yang di produksi secara terus menerus dan biasanya memiliki identitas nomor yang berurutan) aspek konsisten kualitas menjadi fokus utama bagi pemesan atau pemilik produk. Maka dengan adanya masalah tersebut perlunya melakukan manajemen resiko guna meminimalisir cacat pada hasil produk dan untuk meningkatkan *awareness* baik di tingkat manajemen maupun pelaksana produksi dalam melakukan kegiatan manufaktur produk.

Pada penelitian ini, topik yang dibahas berfokus pada manajemen resiko cacat pada produk guna mendukung dan tercapainya aspek spesifikasi produk yang diinginkan, konsistensi kualitas dan *grade* produk seri yang memenuhi persyaratan pasar internasional. CTQ (*Critical to Quality*) dan kepuasan konsumen menjadi faktor dasar penelitian, *Fishbone* diagram sebagai alat untuk menentukan penyebab dan efek kegagalan kualitas produk dan FMEA (*Failure Mode & Effect Analysis*) sebagai metode untuk mengidentifikasi dan menganalisis kesempatan

potensial prioritas dalam mengambil langkah mitigasi risiko untuk mengatasi risiko cacat dan menjaga kualitas produk seri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan, maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi risiko cacat pada tiap proses manufaktur yang dapat berpengaruh terhadap kualitas produk.
2. Menganalisis kemungkinan risiko cacat yang terjadi selama proses manufaktur.
3. Merencanakan mitigasi risiko pada risiko cacat dengan nilai tertinggi yang terjadi dan dapat diterapkan pada rantai produksi agar mengurangi besarnya risiko yang akan terjadi akibat kegagalan kualitas hasil produk.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi risiko cacat yang terjadi selama proses manufaktur produk dan dapat mengakibatkan kegagalan kualitas.
2. Mengklasifikasikan risiko berdasarkan proses produksi yang dilakukan dan melakukan *assessment* pada tiap risiko yang terdeteksi.
3. Merencanakan mitigasi pada risiko dengan nilai *assessment* tertinggi.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu PT. X dalam manajemen risiko cacat pada produk *DU Base Frame* yang sedang diproduksi agar dapat mencapai spesifikasi CTQ yang diinginkan pemesan dan terciptanya konsistensi kualitas yang baik pada produk.

1.5 Batasan Permasalahan

1. Penelitian manajemen risiko dilakukan berfokus pada proses manufaktur produk *DU Base Frame* di PT. X dilakukan pada Divisi Industri Komponen & Permesinan – Pabrik Industri Berat.
2. Tahapan manajemen risiko berfokus pada cacat selama proses produksi dan berkaitan dengan hasil kualitas dimana penelitian ini dilakukan melalui proses identifikasi, analisis, evaluasi dan merancang mitigasi risiko yang di sederhanakan dari proses sebenarnya sesuai prinsip keilmuan yang ada pada standar sesederhana mungkin dan logis.
3. Selama penelitian berlangsung data yang ditampilkan pada tesis ini disusun bersama pihak *costumer* untuk menjamin tidak adanya informasi rahasia yang tersebar dan dibuat berdasarkan asumsi yang logis.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pengertian yang dibahas didalam penelitian ini, penulis membuat uraian penjelasan secara garis besar di setiap bab dalam karya tulis ini, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Membahas mengenai latar belakang pemilihan topik manajemen resiko kualitas pada produk, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang landasan-landasan teori yang berkaitan dengan topik penyusunan penelitian ini. Di dalamnya melingkupi teori-teori yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko kualitas dan pendekatan teoritis yang akan digunakan selama penelitian berlangsung.

BAB III METODE PENELITIAN

Membahas tentang metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan di dalam penelitian ini. Dan juga berisi langkah-langkah yang dilakukan penulis.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini mengenai pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan dalam penelitian. Pengumpulan data dilakukan berdasarkan peninjauan dan pengamatan langsung ke lapangan dimana penulis berperan langsung dalam proses manufaktur produk.

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Di dalamnya berisi tentang analisis data dan pembahasan dari data pada bab sebelumnya.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Menjelaskan hasil penelitian yang dapat diutarakan kepada publik dan juga saran yang telah disetujui oleh pihak-pihak terlibat dalam penulisan karya ilmiah ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kualitas Produk

Dalam buku *Fundamental of modern manufacturing*, mendefinisikan kualitas sebagai “tingkat keunggulan yang dimiliki sesuatu, 'atau' fitur yang membuat sesuatu elemen dan atribut karakteristiknya” (Groover, 2010). Sedangkan menurut American Society for Quality (ASQ) mendefinisikan kualitas sebagai “Totalitas fitur dan karakteristik suatu produk atau layanan yang mendukung kemampuannya untuk memenuhi kebutuhan yang diinginkan”. Dalam produk yang diproduksi, kualitas memiliki dua aspek:

1. Fitur produk (*Product Features*).
2. Bebas dari kekurangan (*Freedom from Deficiencies*).

“Fitur produk” adalah karakteristik produk yang dihasilkan dari desain. Mereka fungsional dan estetis fitur dari item yang dimaksudkan untuk menarik dan menyediakan kepuasan kepada pelanggan. Jumlah fitur suatu produk biasanya mendefinisikan “*Grade*”, yang berkaitan dengan tingkat dalam pasar di mana produk itu ditujukan. Sedangkan “Bebas dari kekurangan” berarti bahwa produk melakukan apa yang seharusnya dilakukan (di dalam keterbatasan fitur desainnya), yaitu tidak ada cacat dan tidak melebihi kondisi toleransi, dan tidak ada bagian yang hilang. Pada dasarnya sistem kualitas modern dapat dicirikan oleh empat karakteristik sebagai berikut:

- a. Sistem kualitas modern berorientasi pada pelanggan
- b. Sistem kualitas modern dicirikan oleh adanya partisipasi aktif yang dipimpin oleh manajemen puncak dalam proses peningkatan kualitas secara terus-menerus
- c. Sistem kualitas modern dicirikan oleh adanya pemahaman dari setiap orang terhadap tanggung jawab spesifik terhadap kualitas
- d. Sistem kualitas modern dicirikan oleh adanya aktifitas yang berorientasi kepada tindakan pencegahan kerusakan, bukan berfokus pada upaya untuk mendeteksi kerusakan saja.

Sistem kualitas modern dicirikan oleh adanya suatu filosofi yang menganggap bahwa kualitas merupakan “jalan hidup” (*way of life*) (Gasperz, 2005)

2.2 Manajemen Risiko

Dalam menjalankan proses manufaktur, perusahaan selalu menghadapi berbagai ragam risiko. Kemampuan manajemen untuk mengelola berbagai ragam risiko ini menjadi suatu kewajiban demi terwujudnya hasil yang baik. Maka di perlukannya metode dan rencana untuk menghadapi risiko yang muncul pada setiap proses manufaktur.

2.2.1 Pengertian Manajemen

Manajemen adalah seni menyelesaikan pekerjaan melalui orang lain. manajemen juga dapat didefinisikan sebagai sebuah proses perencanaan, pengorganisasian, pengkoordinasian, dan pengontrolan sumber daya untuk mencapai sasaran secara efektif dan efisien. Efektif berarti bahwa tujuan dapat dicapai sesuai dengan perencanaan, sementara efisien berarti bahwa tugas yang ada dilaksanakan secara benar, terorganisir, dan sesuai dengan jadwal (Griffin, 2012).

2.2.2 Risiko

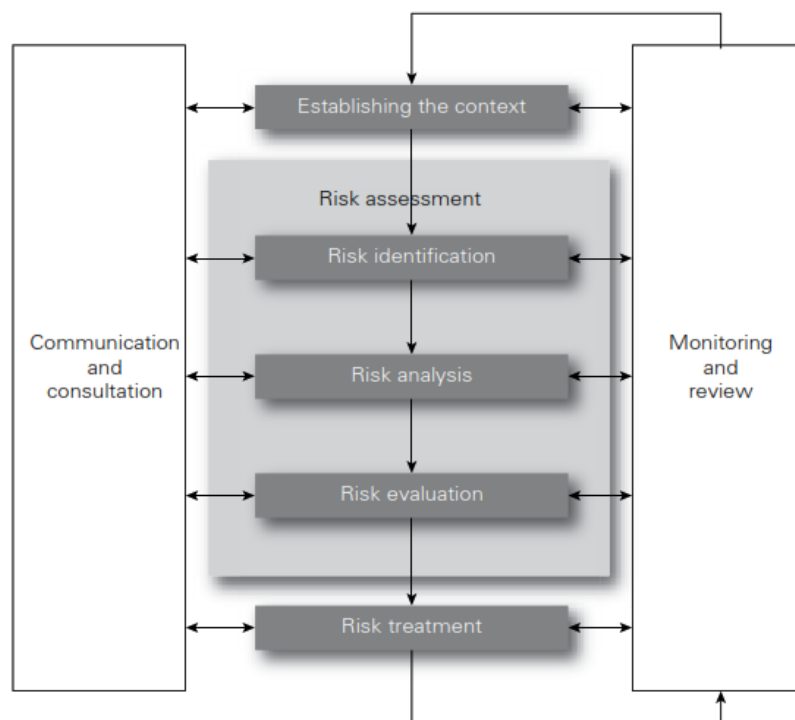
Risiko berkaitan dengan ketidakpastian. Hal ini terjadi disebabkan oleh kurang atau tidak tersedianya informasi dan data yang tidak cukup untuk memprediksi apa yang akan terjadi. Sesuatu yang tidak pasti (*uncertain*) dapat memiliki dua kemungkinan akibat yaitu menguntungkan atau merugikan. Ketidakpastian yang menimbulkan menguntungkan disebut dengan istilah peluang (*opportunity*), sedangkan ketidakpastian yang menimbulkan akibat yang merugikan disebut dengan istilah risiko (*risk*) (Hopkin, 2018).

Risiko ada dimana saja, di setiap kegiatan yang kita lakukan. Dalam kehidupan, risiko adalah suatu konsekuensi yang harus kita kendalikan, baik secara langsung maupun tidak langsung di dalam organisasi. Risiko dapat

diartikan sebagai suatu keadaan potensial yang berada pada pilihan aksi atau aktifitas (D. H. Stamatis, 2014).

2.2.3 Manajemen Risiko

Manajemen Risiko adalah metode yang digunakan pihak manajemen guna mengatasi berbagai masalah yang disebabkan oleh adanya risiko. Pelaksanaan fungsi manajemen dalam mengatasi risiko, terutama risiko yang dihadapi oleh organisasi, instansi, perusahaan, keluarga, dan masyarakat. Jadi kegiatan merencanakan, mengorganisir, menyusun, mengatur, dan mengawasi (termasuk mengevaluasi) adalah program penanggulangan risiko (D. H. Stamatis, 2014).

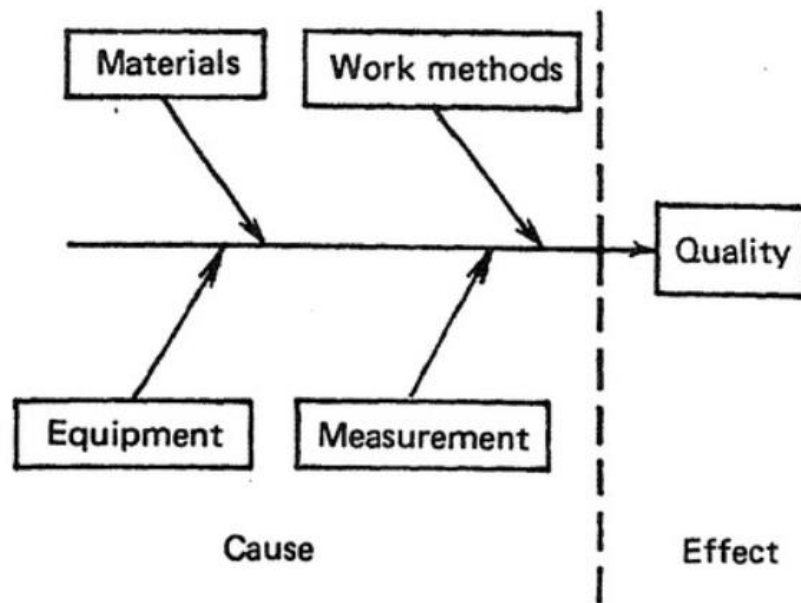


Gambar 2.1 Risk management process (D. H. Stamatis, 2014).

2.3 Cause & Effect Diagram

Diagram ini dikenal juga dengan diagram tulang ikan karena menyerupai bentuk seperti ikan. Selain itu dikenal juga dengan diagram Ishikawa karena yang mencetuskan pertama kali adalah Prof. Ishikawa yang berasal dari negara Jepang. Diagram ini digunakan untuk menganalisa dan menemukan faktor-faktor yang berpengaruh secara spesifik dalam menentukan karakteristik kualitas hasil kerja,

mencari penyebab-penyebab yang sesungguhnya dari suatu masalah. Ada 4 faktor penyebab utama yang spesifik yang harus diamati yaitu: metode kerja, mesin / alat yang digunakan, bahan baku, dan pengukuran kerja.



Gambar 2.2 Cause & Effect Diagram (Fish Bone). (Ishikawa, 1976)

Kenapa hanya dikelompokkan pada 4 poin, karena berdasarkan Dr. Kaoru Ishikawa dalam bukunya *Guide to quality control* menyampaikan hampir separuh kasus yang terjadi di rantai produksi disebabkan oleh bahan baku, mesin atau peralatan, dan metode kerja. Yang kemudian keempat penyebab tersebut mengakibatkan penurunan kualitas produk. Diagram *cause and effect* mempunyai beberapa keuntungan yaitu:

1. Menganalisa kondisi lapangan atau aktual untuk tujuan peningkatan kualitas produk & servis, mengurangi biaya & penggunaan sumber yang efisien.
2. Mengurangi situasi atau kondisi yang menyebabkan complain dari konsumen dan ketidaksesuaian pada produk.
3. Melakukan standarisasi operasional terhadap proses yang telah ada maupun akan datang. Melatih dan memonitoring personel dalam melakukan aktivitas perbaikan sesuai dengan hasil penyelesaian keputusan masalah.

2.4 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah sebuah metode analisa ketidaksesuaian dan kesalahan yang muncul dari proses perancangan suatu pekerjaan rancangan. *Failure mode and effects analysis* berupa tahapan yang berisi poin-poin penting dalam proses pembuatan rancangan yang dapat berpotensi terjadinya ketidaksesuaian dan kesalahan. Kedua hal ini dapat terjadi dalam proses produksi pada produk yang akan dibuat. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan moda kegagalan, penyebab kegagalan, dan akibat dari kegagalan tersebut. Identifikasi yang baik dan tepat akan meningkatkan keandalan dan keamanan produk secara keseluruhan.

Terdapat 4 tipe prosedur dokumentasi *Failure and Mode Effect Analysis* menurut (D. H. Stamatis, 2014):

- *Methodologies FMEA*

Methodologies FMEA digunakan untuk menganalisis sistem dan subsistem pada konsep dan desain awal. *Methodologies FMEA* merupakan tipe FMEA yang terfokus pada potensi moda kegagalan antara fungsi dari sistem yang disebabkan kekurangan sistem dan bertujuan untuk memaksimalkan kualitas, reliabilitas, biaya dan *maintainability* dari suatu sistem. *Output* yang dihasilkan dari *methodologies FMEA* adalah sebagai berikut:

1. Daftar potensi mode kegagalan yang disusun berdasarkan tingkat RPN.
2. Daftar potensi dari fungsi sistem yang dapat mendeteksi mode kegagalan potensial.
3. Daftar potensi dari tindakan desain untuk mengeliminasi mode kegagalan, masalah keselamatan, dan mengurangi tingkat *occurrence*.

Manfaat dari *methodologies FMEA* adalah sebagai berikut:

1. Membantu memilih alternatif desain sistem yang optimal.
2. Membantu menentukan prediksi (peramalan).
3. Membantu dalam mendefinisikan dasar untuk prosedur diagnosa tingkatan sistem yang ada.

4. Meningkatkan kemungkinan bahwa masalah-masalah yang potensial akan dipertimbangkan untuk ditindaklanjuti.
5. Mengidentifikasi kegagalan sistem yang potensial dan interaksinya dengan sistem dan subsistem lain

- *Design FMEA*

Design FMEA digunakan untuk menganalisis produk sebelum dirilis di manufaktur. *Design FMEA* merupakan tipe FMEA yang terfokus pada moda kegagalan yang disebabkan oleh kekurangan desain dan bertujuan untuk memaksimalkan kualitas, realibilitas, biaya dan *maintainability* dari suatu desain. Output yang dihasilkan dari *design FMEA* adalah sebagai berikut:

1. Daftar potensi moda kegagalan yang disusun berdasarkan tingkat RPN.
2. Daftar potensi dari karakteristik kritis maupun signifikan.
3. Daftar potensi dari tindakan desain yang dapat dilakukan untuk mengeliminasi moda kegagalan, masalah keselamatan dan mengurangi tingkat *occurrence*.
4. Daftar potensi dari parameter untuk metode pengujian, inspeksi, maupun deteksi yang sesuai.
5. Daftar potensi dari tindakan yang seharusnya dilakukan untuk karakteristik kritis dan signifikan.

Manfaat dari *design FMEA* adalah sebagai berikut:

1. Membuat prioritas untuk tindakan peningkatan desain yang ada.
2. Mendokumentasikan alasan yang digunakan untuk perubahan yang dilakukan.
3. Menyediakan informasi untuk membantu verifikasi produk desain dan pengujian.
4. Membantu mengidentifikasi karakteristik yang kritis atau signifikan.
5. Membantu dalam pengevaluasian kebutuhan dan alternatif desain yang akan dibuat.
6. Membantu mengidentifikasi dan menghilangkan masalah keamanan yang berpotensi muncul.
7. Mengidentifikasi kegagalan sistem yang potensial dan interaksinya dengan sistem dan subsistem lainnya.

- Proses FMEA

Proses FMEA digunakan untuk menganalisis proses-proses manufaktur dan perakitan. Proses FMEA merupakan tipe FMEA yang terfokus pada moda kegagalan yang disebabkan kekurangan proses atau perakitan yang ada. Output yang dihasilkan dari proses FMEA adalah sebagai berikut:

1. Daftar potensi dari moda kegagalan berdasarkan peringkat RPN.
2. Daftar potensi dari karakteristik kritis dan/atau signifikan.
3. Daftar potensi dari rekomendasi tindakan untuk merujuk pada karakteristik kritis dan signifikan.

Manfaat dari proses FMEA adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi perbedaan proses dan menawarkan rekomendasi tindakan perbaikan.
2. Mengidentifikasi karakteristik kritis dan/atau signifikan dan membantu dalam mengembangkan perencanaan pengendalian.
3. Membuat prioritas dari tindakan perbaikan.
4. Membantu dalam analisis manufaktur atau proses perakitan.

- *Service* FMEA

Service FMEA digunakan untuk menganalisis pelayanan sebelum mencapai konsumen. *Service* FMEA berfokus pada moda kegagalan yang disebabkan oleh sistem atau proses. Output yang dihasilkan dari *service* FMEA adalah sebagai berikut:

1. Daftar potensi dari kesalahan berdasarkan peringkat RPN.
2. Daftar potensi dari karakteristik tugas kritis atau signifikan atau proses.
3. Daftar potensi dari proses atau tugas yang *bottleneck*.
4. Daftar potensi untuk mengeliminasi kesalahan
5. Daftar potensi dari sistem pengawasan / fungsi proses.

Manfaat dari *service* FMEA adalah sebagai berikut:

1. Membantu dalam menganalisis aliran kerja.
2. Membantu dalam menganalisis sistem atau proses.
3. Mengidentifikasi perbedaan tugas.
4. Menyusun prioritas untuk tindakan perbaikan

Dalam penggunaan metode FMEA, perlu dipahami elemen-elemen penyusun dari FMEA, diantaranya yaitu *Severity*, *Occurrence*, *Detection*, dan *Risk Priority Number* (RPN). *Severity* adalah indikator yang menggambarkan seberapa signifikan akibat dari sebuah *failure* jika terjadi. *Severity* ditentukan tanpa mempertimbangkan indikator lainnya seperti *occurrence* dan *detection* sehingga hanya mempertimbangkan deskripsi dari *failure* dan deskripsi akibat dari *failure* jika terjadi (Carlson, 2014).

2.4.1 Severity

Severity adalah tahap pertama untuk menganalisis risiko yaitu menilai besaran dampak/intensitas kejadian mempengaruhi hasil proses. Dampak tersebut diranking mulai skala 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk. Proses sistem peringkat yang dijelaskan pada Tabel 2.1 dari *Automotive Industry Action Group* (AIAG) di bawah ini:

Tabel 2.1 Indikator *severity* dalam perspektif proses

Effect	Rank	Criteria
None	1	Improbable/not noticeable by the user.
Very Slight	2	Insignificant/negligible effect.
Slight	3	User will probably notice the effect but the effect is only slight.
Minor	4	User will experience minor negative impact on the product.
Moderate	5	Reduced performance with gradual performance degradation. User dissatisfied (Product).
Severe	6	Product operable and safe but performance degraded. User dissatisfied.
High Severity	7	Product performance severely affected. User very dissatisfied.
Very High Severity	8	Product inoperable but safe. User very dissatisfied.
Extreme Severity	9	Failure resulting in hazardous effects highly probable. Safety and regulatory concerns.
Maximum Severity	10	Failure resulting in hazardous effects almost certain.

Sumber: *Guidelines for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*, (Dyadem Press., 2003)

Pada Tabel 2.1 telah dijelaskan kriteria dari *severity* dengan perspektif proses dengan masing-masing nilai *ranking*-nya, perlu diketahui bahwa indikator yang

tertera pada tabel tersebut hanya merupakan salah satu contoh dari kriteria *severity* sehingga memang masih sangat banyak kriteria lainnya yang memungkinkan untuk memiliki kriteria yang berbeda. Dalam indikator *severity* juga mempunyai perspektif produk, agar *output* dari bisnis yang dijalankan oleh organisasi dapat dilakukan analisis risikonya. Indikator berikutnya adalah *occurrence* yaitu indikator yang menggambarkan probabilitas dari terjadinya sebuah *failure* yang bisa didapatkan dari menganalisis data-data terdahulu, atau jika tidak terdapat data-data sebelumnya maka dapat dilakukan analisis *expert* (Carlson, 2014).

2.4.2 Occurrence

Occurrence adalah bahwa adanya kemungkinan penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan kegagalan selama masa penggunaan jasa atau produk. Dengan memperkirakan kemungkinan *occurrence* pada skala 1 sampai 10. Pada Tabel 2.2 berdasarkan standar AIAG mendeskripsikan proses sistem peringkat. Karena peringkat kegagalan jatuh antara dua angka skala. Standar menilai dengan cara interpolasi dan pembulatan nilai *occurrence*.

Tabel 2. 2 Indikator *occurrence* dalam perspektif produk

Occurrence	Rank	Criteria
Extremely Unlikely	1	Failure highly unlikely.
Remote Likelihood	2	Rare number of failures likely.
Very Low Likelihood	3	Very few failures likely.
Low Likelihood	4	Few failures likely.
Moderately Low Likelihood	5	Occasional failures likely.
Medium Likelihood	6	Medium number of failures likely.
Moderately High Likelihood	7	Moderately high number of failures likely.
High Likelihood	8	High number of failures likely.
Very High Likelihood	9	Very high number of failures likely.
Extremely Likely	10	Failure almost certain.

Sumber: *Guidelines for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*, (Dyadem Press., 2003)

Pada Tabel 2.2 telah dijelaskan kriteria dari *occurrence* dengan perspektif proses dengan masing-masing nilai *ranking*-nya, perlu diketahui bahwa indikator yang tertera pada tabel tersebut hanya merupakan kriteria *occurrence* yang telah di

setujui kedua belah pihak. Tidak berbeda dengan indikator *severity*, pada indikator *occurrence* juga memiliki perspektif produk. Indikator berikutnya adalah *detection* yaitu indikator yang menggambarkan probabilitas dari kemungkinan dapat terdeteksinya *failure* sebelum *failure* tersebut disadari, atau indikator yang digunakan untuk menilai efektifitas dari sistem kontrol eksisting (Carlson, 2014).

2.4.3 Detection

Nilai *detection* dihubungkan dengan pengendalian saat kemungkinan ditemukannya *defect* yang terjadi. *Detection* adalah penilaian terhadap kemampuan mengendalikan / mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Proses penilaian ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Indikator *detection* dalam perspektif produk

Detection	Rank	Criteria
Extremely Likely	1	Controls will almost certainly detect the existence of the defect. Supply chain detects.
Very High Likelihood	2	Controls have a very high probability of detecting the existence of failure. User will detect prior to purchasing.
High Likelihood	3	User will be able to detect when package is open.
Moderately High Likelihood	4	Defect is detectable prior to using the product.
Medium Likelihood	5	Has medium effectiveness for detection.
Moderately Low Likelihood	6	Defect is detectable during use. User will be able to correct it.
Low Likelihood	7	Defect is detectable after use. User will be able to correct the defect/situation.
Very Low Likelihood	8	Defect is detectable after use. User will be able to correct the defect/situation with certain limitations.
Remote Likelihood	9	Defect is detectable after use. User won't be able to correct it.
Extremely Unlikely	10	Controls will almost certainly not detect the existence of a defect. Undetectable until failure occurs.

(Sumber: *Guidelines for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*, (Dyadem Press., 2003)

Pada Tabel 2.3 telah dijelaskan mengenai kriteria dari indikator *detection* dengan perspektif proses, sama dengan indikator-indikator sebelumnya, kriteria indikator *detection* juga memungkinkan untuk memiliki perbedaan dari satu sumber dengan sumber lainnya, menyesuaikan konteks dari bisnis objek yang diamati.

Elemen selanjutnya adalah *Risk Priority Number* yaitu langkah yang digunakan untuk memprioritaskan failure yang sudah memiliki nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Secara umum, nilai *Risk Priority Number* dengan nilai yang paling tinggi dapat dipahami sebagai risiko *failure* yang harus mendapat prioritas dan mendapatkan tindakan secara cepat (Carlson, 2014). Berikut ini rumus yang digunakan dalam mengukur *Risk Priority Number*.

$$\text{RPN} = \text{Severity} \times \text{Occurance} \times \text{Detection} \quad (2.1)$$

Selain rumus yang dijelaskan sebelumnya banyak sekali perusahaan yang juga memakai metode alternative untuk memprioritaskan *failure*, salah satu diantaranya adalah dengan hanya menggunakan *severity* dan *occurrence* sebagai input dalam melakukan *criticality analysis*, yang selanjutnya disebut sebagai metode *Failure Mode, Effects, and Critically Analysis* (FMECA). Dalam metode ini karena tidak menggunakan indikator *detection* maka perlu dilakukan analisis tambahan untuk menggantikan ketidakmampuan terhadap deteksi modus kegagalan dan penyebabnya (Carlson, 2014). Beberapa keuntungan dalam penggunaan metode FMEA adalah metode ini membantu *designer* dalam mengidentifikasi dan mengeliminasi atau melakukan kontrol terhadap moda failure yang berbahaya, sekaligus meminimasi *damage* yang dirasakan oleh *user* dan sistem. Metode ini juga meningkatkan akurasi dari estimasi probabilitas failure yang akan terjadi, terutama jika probabilitas data diolah dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Critical Analysis* (FMECA). Metode ini juga meningkatkan keandalan produk. Metode ini juga mempersingkat waktu *design* karena mengidentifikasi dan mengoreksi masalah ketepatan waktu.

2.5 Risk Mitigation

Risk mitigation adalah proses lanjutan dari keseluruhan proses manajemen risiko yang melibatkan proses *prioritizing*, *evaluating*, dan *implementing* rekomendasi hasil dari *risk assesment process*. *Risk Mitigation* merupakan metodologi sistematis yang digunakan oleh *senior management* untuk mengurangi dampak terjadinya sebuah risiko. Dalam mitigasi risiko banyak cara yang bisa digunakan (PMBOK, 1985) yaitu sebagai berikut:

1. *Risk Acceptance*, yaitu menerima risiko yang potensial dan terus mengoperasikan sistem yang ada atau mengimplementasikan metode kontrol agar memperkecil tingkat risiko kearah level rendah yang bisa diterima.
2. *Risk Avoidance*, yaitu menghindari risiko dengan mengeliminasi penyebab risiko atau konsekuensi yang bisa terjadi.
3. *Risk Reduction*, yaitu mencari alternatif tindakan untuk mengurangi probabilitas terjadinya risiko. Umumnya membutuhkan biaya dan waktu.
4. *Risk Transfer*, yaitu melakukan transfer risiko dengan menggunakan opsi lain untuk mengimbangi kerugian seperti penggunaan pihak ketiga atau asuransi.

2.6 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah referensi dari penelitian terdahulu yang berhubungan dengan evaluasi dan tindakan pencegahan cacat kualitas pada produk serta penggunaan metode *failure mode effect analysis* dalam proses mitigasi risiko gangguan yang terjadi pada proses suatu sistem. Dapat dilihat pada tabel 2.4 terdapat beberapa penelitian kasus yang menggunakan *fishbone* dan FMEA sebagai *tools* untuk mengidentifikasi risiko baik secara input, proses maupun output. Penelitian yang dilakukan penulis akan menghasilkan rekomendasi SOP pengendalian proses manufaktur, membangun rasa *awareness* setiap personil yang terlibat dan meminimalisir *defect* pada produk dengan menimbang prioritas mitigasi dan aspek *critical to quality* agar kegiatan produksi berjalan lebih efektif dan hasil kualitas produk dapat terjaga dan konsisten.

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

No	Referensi	Judul Penelitian	Metode	Deskripsi Penelitian
1	Surasa (2007)	Analisis penyebab losses energi listrik akibat gangguan jaringan distribusi menggunakan metode <i>fault tree analysis</i> dan <i>failure mode and effect analysis</i> di PT. PLN (persero) unit pelayanan jaringan sumberlawang	FTA, FMEA	Menganalisa penyebab losses energi listrik akibat gangguan (Modus kerusakan jaringan distribusi listrik ada duabelas yaitu kerusakan tiang listrik, kabel listrik, penangkal petir, konektor, jumper, <i>relay</i> , isolator, transformator, saklar PMT dan PMS, pelebur, MCB, serta alat pembatas dan pengukur) dengan metode FTA dan FMEA serta rekomendasi mitigasinya. Prioritas perbaikan yang harus dilakukan oleh pihak PLN berdasarkan pertimbangan efek kerusakan, frekuensi kerusakan, dan metode pengendalian kerusakan sebagai berikut: kerusakan yang disebabkan oleh transformator.

2	Fatoni F (2019)	Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>)	FMEA	Mencari prioritas tertinggi pemeliharaan dari perbandingan antara perubahan nilai FMEA dengan biaya pemeliharaan terkait agar pemeliharaan lebih efektif.
3	Suryani et al. (2018)	Penerapan metode diagram sebab akibat (<i>Fishbone</i>) DAN FMEA dalam menganalisa resiko kecelakaan kerja di PT. Peramina Talisman Jambi Merang	<i>Fishbone</i> , FMEA	Menganalisa penyebab terjadinya kecelakaan kerja <i>fishbone</i> untuk menemukan penyebab-penyebab <i>failure</i> . Kemudian FMEA digunakan untuk melakukan mitigasi kesalahan dan pembuatan peta risiko guna mengetahui <i>failure mode</i> mana yang paling <i>urgent</i> untuk diselesaikan.
4	Purwanggono & Margarete (2017)	<i>Risk assessment of underpass infrastructure project based on ISO 31000 and ISO 21500 using fishbone diagram and RFMEA</i>	<i>Fishbone diagram</i> dan RFMEA	Menganalisa kendala yang terjadi pada pembangunan jalan tol. Akar penyebab masalah dicari menggunakan <i>fishbone diagram</i> . Kemudian RFMEA digunakan untuk menentukan risiko kritis yang harus

		<i>(project risk failure mode and effects analysis) method</i>		segera diatasi. Hasil dari mitigasi ini ialah rekomendasi pembuatan Standar Operasi dan Prosedur guna meminimalkan terjadinya kesalahan dan gangguan-gangguan yang mungkin terjadi pada saat pembangunan.
5	Kumar, Krishna, Raju, & Kumar (2018)	<i>Failure Criticality Analysis Using Fishikawa Diagram (A Case Study of Dumpers At Ocp, Ramagundam)</i>	<i>Fishbone Diagram, C-I-N analysis</i>	Menganalisa gangguan yang terjadi pada proses pertambangan. Gangguan yang terjadi biasa pada kualitas rakitan yang buruk dan pemeliharaan yang tidak tepat. Menggunakan <i>fishbone diagram</i> untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan. Kemudian menemukan kekritisian <i>failure mode</i> menggunakan analisa C-I-N. Ditemukan dari <i>fishbone diagram</i> bahwa kesalahan terbesar ada pada mesin sehingga perlu dilakukan fokus perbaikan pada mesin.

6	Panicker, Patil, & Kulkarni (2016)	<i>Implementation of FMECA and Fishbone Techniques in Reliability Centred Maintenance Planning</i>	<i>Fishbone Diagram, FMECA, RCM</i>	Menggunakan FMECA dan <i>fishbone diagram</i> untuk membantu tim pemeliharaan di pabrik kaca lampu Toshiba dan mengurangi kemungkinan kegagalan yang dapat menyebabkan cacat, dan mengoptimalkan upaya pemeliharaan dengan menyarankan tindakan pencegahan yang efektif. FMEA juga membantu meningkatkan keandalan dan menemukan kegagalan sebelum terjadi dan melakukan tindakan pencegahan
7	P. H. Tsarouhas & D. Arampatzaki (2011)	<i>Application of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) of a Ceramic Tiles Manufacturing Plant</i>	<i>Fishbone Diagram, FMEA</i>	Diagram Ishikawa atau <i>fishbone diagram</i> digunakan untuk menemukan penyebab utama kemungkinan kegagalan dalam produksi ubin keramik. Perhitungan RPN menggunakan FMEA dilakukan dan menemukan bahwa mesin oven dan pres memiliki RPN tertinggi. Kemudian kembali dilakukan analisa <i>fishbone diagram</i> untuk

				kedua mesin tersebut untuk mencari akar masalahnya.
8	S. Parsana & T. Patel (2014)	<i>A Case Study: A Process FMEA Tool to Enhance Quality and Efficiency of Manufacturing Industry</i>	FMEA	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dan menyelesaikan masalah kualitas dari proses pembuatan kepala silinder dengan metode FMEA. Analisis FMEA dapat dengan mudah membantu dalam meningkatkan efisiensi proses manufaktur dan kualitas produk sehingga mengurangi jumlah produk yang rusak dan menghemat biaya dan waktu pengerjaan ulang. Untuk setiap proses spesifik, pencegahan yang disarankan dalam tabel dapat sangat

				mengurangi kerugian bagi industri manufaktur dalam hal uang dan waktu.
--	--	--	--	--

9	S. M. Muzakkir (2010)	<i>Failure Mode and Effect Analysis of Journal Bearing</i>	FMEA	<p>Proses FMEA diterapkan untuk mengidentifikasi berbagai kemungkinan kegagalan mode bantalan jurnal dan efek yang terkait dari kegagalan ini pada kinerja bantalan. Tingkat keparahan, kemunculan dan deteksi mode kegagalan ditentukan berdasarkan skala peringkat 1 hingga 10 untuk mengukur risiko relatif kegagalan dan pengaruhnya terhadap kinerja bantalan. Tingkat keparahan, kemunculan dan deteksi dari mode kegagalan ini digunakan dalam mengkuantifikasi <i>Risk Priority Number</i> (RPN). Modus kegagalan yang paling penting diidentifikasi adalah: aus (<i>Abrasive</i> dan adhesif), deformasi plastis dan lekukan dari <i>bearing</i>, keausan tidak seragam menyebabkan variasi geometri yang menurunkan kinerja dan geometri <i>bearing</i> yang tidak tepat karena ketidakakuratan</p>
---	-----------------------	--	------	---

				<p>pembuatan. Strategi solusi yang mungkin untuk mencegah kegagalan ini adalah penggunaan aditif pelumas anti aus yang sesuai, dengan menyediakan pengaturan <i>grooving</i> dll.</p>
--	--	--	--	---

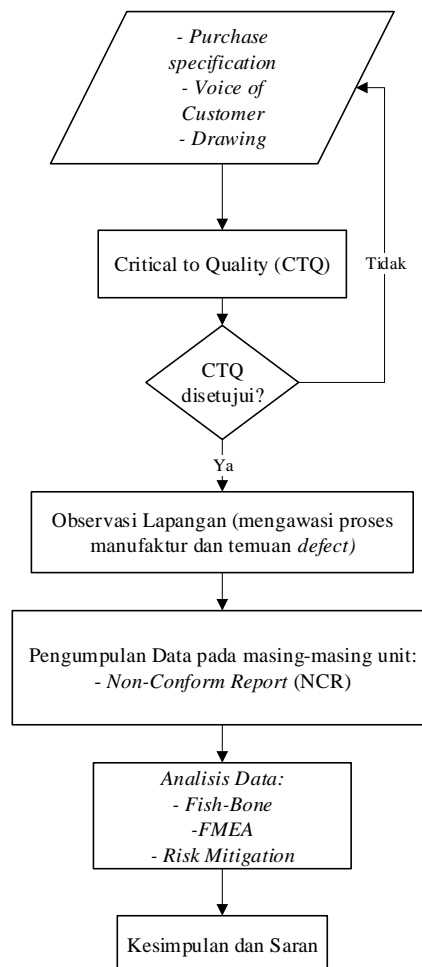
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini penulis akan menjelaskan bagaimana kegiatan penelitian ini dilakukan dari awal hingga akhir. Metodologi penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu tahap identifikasi dan dasar perumusan masalah, kemudian observasi lapangan, tahapan pengumpulan data secara aktual, menganalisis data, dan hasil analisis akan menjadi dasar menarik kesimpulan dan saran.

3.1 *Flowchart* Penelitian

Berikut adalah langkah-langkah penulis dalam melakukan penelitian dalam bentuk *flowchart*.



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

3.2 Tahapan Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap identifikasi dan perumusan masalah dilakukan berdasarkan CTQ, dimana CTQ ini berisi rangkuman dari *purchase specification*, *voice of customer* dan *drawing*. Perumusan masalah dan penetapan tujuan penelitian juga di dukung dari studi literatur dan studi lapangan. Berikut ini penjelasan proses yang dilakukan pada tahap identifikasi dan perumusan masalah.

3.2.1 CTQ Sebagai Dasar Identifikasi

CTQ menjadi pedoman bagi penulis untuk melakukan identifikasi dan evaluasi *defect* dan masalah yang dapat mempengaruhi kualitas hasil produk yang terjadi selama proses manufaktur. Sehingga akan diketahui bagaimana menentukan perbaikan atau pencegahan risiko dengan berkoordinasi dengan pihak-pihak yang terlibat.

3.2.2 Perumusan masalah dan penetapan tujuan penelitian

Pada tahap ini akan dilakukan perumusan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini. Perumusan masalah menggunakan dasar identifikasi yang telah dilakukan sebelumnya. Selanjutnya ditetapkan tujuan dari penelitian agar penelitian memiliki tujuan dan arah yang jelas.

3.3 Observasi Lapangan

Pada tahapan ini penulis sebagai *quality engineer* melakukan observasi di lapangan secara langsung dan melakukan koordinasi dengan pihak-pihak terkait dalam mencari informasi apabila terjadi *defect* dan masalah selama proses manufaktur berlangsung.

3.4 Pengumpulan Data

Dari hasil observasi penulis mendapatkan data dari beberapa laporan dokumen NCR, laporan *repair defect* langsung di lapangan, laporan personil *quality control* menemukan *defect* yang nantinya akan di klasifikasi saat tahapan analisis data.

3.5 Analisis Data

Pada tahap pengolahan data akan dilakukan proses *risk assessment* menggunakan *fishbone* dan FMEA, *Risk Mitigation*, dan prioritas mitigasi pada *defect* yang sering terjadi dan risiko yang nantinya akan mempengaruhi kualitas hasil produk. Berikut penjelasan proses yang akan dilakukan pada tahap pengolahan data.

3.5.1 Risk Assessment

Pada tahap ini akan dilakukan penilaian terhadap aktivitas produksi yang ditemukan *defect*. Dilakukan penilaian *severity*, *occurance* dan *detection*. *Severity* merupakan tingkat kepuasan pembeli dan hasil produk. Nilai *severity* diperoleh dari dampak kerugian per kejadian *defect* yang ditemukan dengan memberikan peringkat nilai dengan skala satu sampai sepuluh yaitu satu ‘tidak ada pengaruh’ dan sepuluh ‘sangat berbahaya dan berhubungan dengan kegagalan fungsi’ dengan penentuan skala FGD dengan *customer*. *Occurence* merupakan tingkat kejadian gangguan itu terjadi. Penilaian *occurance* dapat dinilai dari data seberapa sering *defect* itu terjadi. Laporan NCR menyediakan data yang valid tentang berapa kali atau seberapa sering gangguan terjadi, maka data tersebut akan dijadikan data *occurrence* dalam penelitian. *Detection* merupakan perhitungan untuk melihat efektifitas metode deteksi dalam mendeteksi temuan *defect* dan proses deteksi kejadian di klasifikasikan dari ‘*Independent Check*’ sampai ‘*Nobody Check It*’ dengan penentuan skala FGD dengan *customer*.

3.5.2 Risk Mitigation

Pada tahap ini akan dilakukan mitigasi risiko *defect* yang telah diidentifikasi. *Failure mode* yang telah terpetakan berdasarkan *risk mapping* akan dicari mitigasinya dengan *brainstorming* dengan ahli di bidang tersebut.

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Risiko

Dalam bab ini akan dilakukan indentifikasi risiko *defect* yang terjadi selama pelaksanaan proses produksi produk *DU Base Frame* di PT. X dengan menggunakan metode *fishbone* dimana CTQ produk menjadi tolak ukur pengambilan data. CTQ disusun dan telah disetujui oleh pihak *customer* melalui FGD selama proses produksi produk.

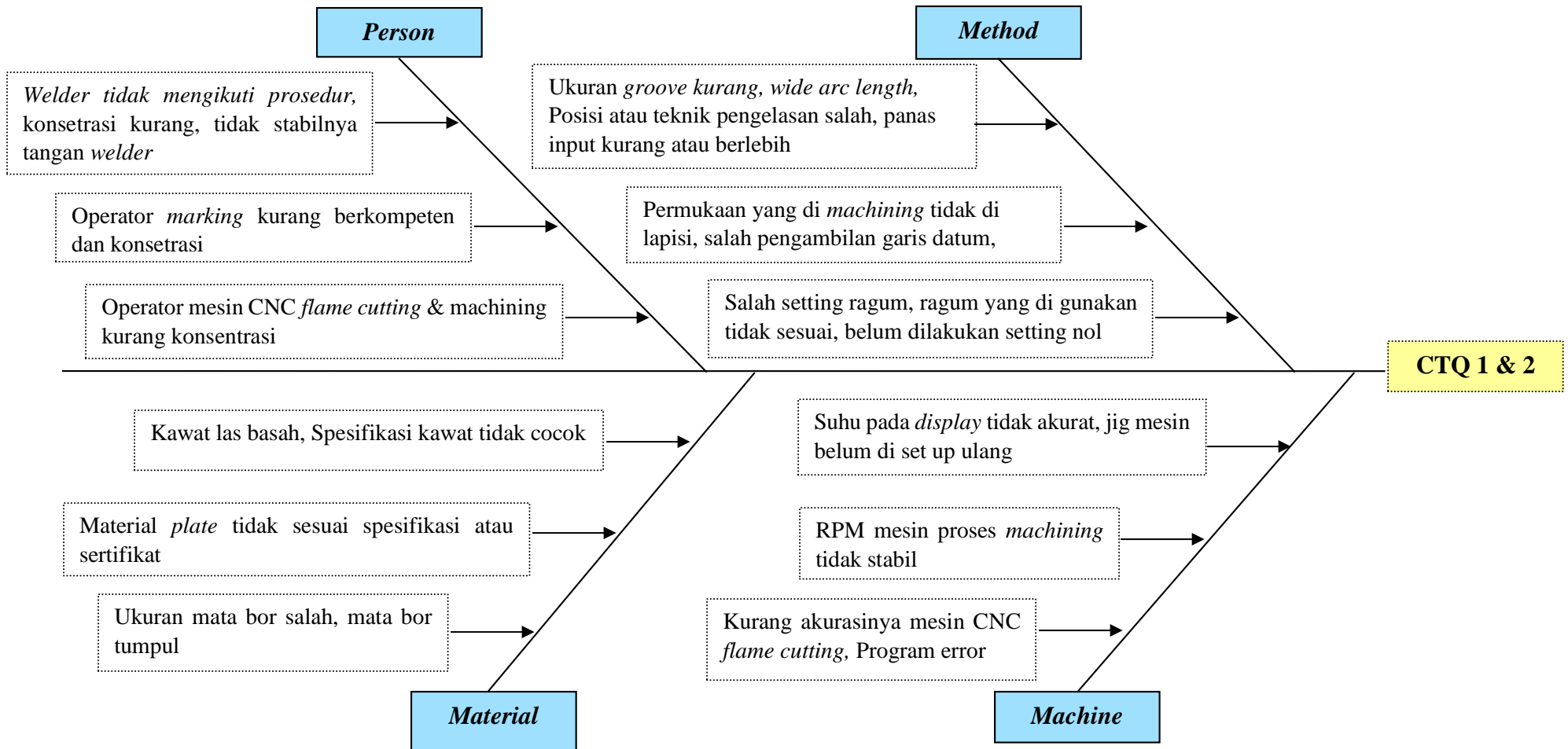
Tabel 4.1 CTQ dari hasil FGD dengan *customer*

No.	Kebutuhan	Atribut Kualitas	Spesifikasi
1.	Fungsi Produk sesuai dengan tujuan	Dimensi	* ± 1 mm Per 1 Meter keatas termasuk 3 meter * ± 4 mm untuk 3 meter keatas *Deviasi diagonal <i>base frame</i> kurang dari 2 mm
2.	Kesesuaian dengan spesifikasi	Kualitas pengelasan & akurasi proses permesinan	*NDT kategori A1 (Full UT & MT) pada pengelasan <i>beam to beam</i> dan <i>bollards</i> *Toleransi jarak antara posisi lubang + 1 mm *Flatness pada <i>pedestals</i> setelah proses permesinan + 0.1 mm *Roughness pada <i>pedestals</i> setelah proses permesinan + 3,2 μ m

3.	Kesesuaian dengan spesifikasi proses <i>blasting</i>	Kondisi area sebelum <i>blasting</i>	*Tes <i>surface cleanliness</i> *Temperatur besi 3° dari <i>dew point</i> * <i>Humidity</i> kurang dari 85%
4.	Kesesuaian dengan spesifikasi proses <i>painting</i>	Ketebalan cat pelapis	Primer: 80µm Mid coat: 165µm Top coat: 75µm
5.	Kesesuaian dengan hasil produk	Proses Pengendalian	Pengecekan hasil akhir produk sebelum <i>packing</i>

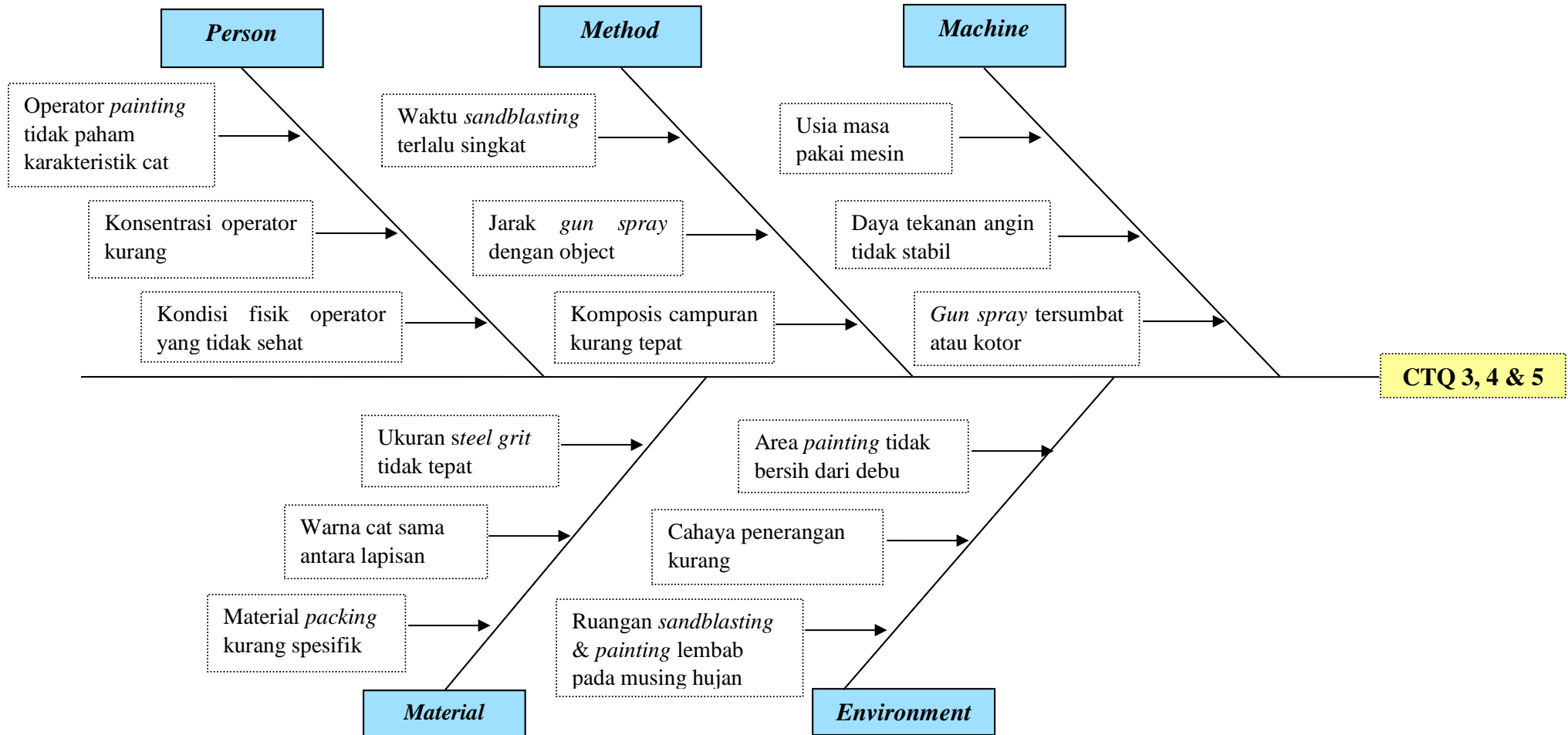
Dari ke 5 CTQ tersebut itu dibuat diagram *fishbone* untuk memetakan penyebab *defect* selama proses produksi produk berlangsung yang mempengaruhi CTQ. Data pada diagram dikumpulkan sesuai dengan masing-masing kegiatan di rantai produksi yang berhubungan dengan masing-masing CTQ. Pada CTQ no 1,2 dan 3 terdapat 4 kategori penyebab kegagalan tercapainya CTQ. Sedangkan untuk CTQ 4 & 5 terdapat 5 kategori penyebab.

4.1.1 Diagram *fishbone* untuk CTQ Dimensi, pengelasan dan permesinan (Tabel 4.1 No. 1 dan 2)



Gambar 4.1 Diagram *Fishbone* untuk CTQ Dimensi, Pengelasan, dan Permesinan

4.1.2 Diagram *fishbone* untuk CTQ *sandblasting*, *painting* dan *packing* (Tabel 4.1 No. 3, 4 dan 5)



Gambar 4.2 Diagram *Fishbone* untuk CTQ *Sandblasting*, *Painting* dan *Packing*

Diagram *fishbone* pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 pada penelitian ini sedikit berbeda dengan *fishbone* Dr. Ishikawa. Pada *fishbone* Gambar 4.1 faktor yang di gunakan adalah *person*, *material*, *method* dan *machine*. Faktor ini dipilih kerana lebih spesifik dan sesuai dengan aktual yang ada dilapangan ketika proses produksi berlangsung. Lalu pada *fishbone* Gambar 4.2 faktor yang digunakan masih sama tetapi terdapat tambahan *environment* dimana faktor ini mempunyai pengaruh yang patut ditambahkan kerana pada proses *painting*, *sandblasting* dan *packing* perlakuan produksi akan disesuaikan dengan cuaca dan lingkungan yang terjadi. Penyebab cacat yang klasifikasi pada diagram *fishbone* nantinya akan digunakan untuk menambah informasi pada moda kegagalan, dimana kategori moda kegagalan mungkin bisa saja sama tetapi penyebab moda kegagalan bervariasi. Informasi detail penyebab cacat dapat membantu tim dalam menentukan penilaian pada tiap moda kegagalan dengan memprediksi efek cacat yang terjadi akibat faktor penyebab cacat. Penyebab cacat kemungkinan memiliki efek berkesinambungan satu sama lain sehingga menyebabkan efek kegagalan kualitas pada produk akhir. Dengan bantuan *fishbone* diharapkan dapat membantu tim dalam memberikan solusi dan ide-ide untuk usulan perbaikan.

4.2 *Risk Assesment*

Data pada diagram *fishbone* dianalisa dengan metode yang terdiri dari 3 dimensi, yaitu *severity*, *occurance* dan *detection*. Metode ini nantinya akan memberikan pembobotan berupa nilai pada setiap penyebab risiko yang telah di tentukan dalam FGD bersama tim yang terlibat. Hasil pembobotan (RPN) nantinya akan di klasifikasikan berdasarkan data *criticality* yang telah di tentukan dan dipilih 3 RPN terbesar untuk di mitigasi lebih lanjut oleh perusahaan

4.2.1 *Severity*

Pada penelitian ini dimensi *severity* dibagi menjadi 10 kategori yang ditampilkan dalam Table 4.2.

Tabel 4.2 Kategori *Severity* Penelitian

Kategori <i>Severity</i>		
Efek	Nilai	Kategori
<i>None</i>	1	Tidak ada pengaruh terhadap produk
<i>Very Minor</i>	2	Pembeli tidak akan terganggu dengan kegagalan yang terjadi dan tidak akan merasakan perubahan dari kinerja produk. Kadang-kadang ada peringatan untuk kesalahan nonvital
<i>Minor</i>	3	Pembeli sedikit terganggu dan kegagalan sedikit berpengaruh terhadap kinerja produk. Sebagian besar ada peringatan untuk kesalahan nonvital
<i>Very Low</i>	4	Pembeli sedikit terganggu dan kegagalan sedikit berpengaruh terhadap kinerja produk. Kegagalan yang terjadi tidak memerlukan rework dan selalu ada peringatan untuk kesalahan nonvital

Kategori <i>Severity</i>		
Efek	Nilai	Kategori
<i>Low</i>	5	Pembeli akan merasa tidak puas dan kegagalan sedikit berpengaruh terhadap kinerja produk. Kegagalan pada bagian nonvital produk akan mengalami <i>rework</i>
<i>Moderate</i>	6	Pembeli merasa tidak nyaman dan kegagalan yang terjadi dapat menurunkan kinerja produk, tetapi masih bisa dioperasikan dan aman. Bagian nonvital produk tidak dapat dipakai.
<i>High</i>	7	Pembeli tidak puas dan kegagalan mempengaruhi proses. Rework dilakukan pada bagian yang cacat. Kinerja produk memburuk tetapi masih berfungsi dan aman.
<i>Very High</i>	8	Pembeli sangat tidak puas dan kegagalan yang terjadi sangat mempengaruhi proses. Peralatan rusak dan produk tidak dapat beroperasi.

Kategori <i>Severity</i>		
Efek	Nilai	Kategori
<i>Hazardous with Warning</i>	9	Kemungkinan besar berbahaya. Produk dapat dihentikan. Kegagalan dapat mempengaruhi keamanan operasional produk atau tidak sesuai dengan peraturan. Kegagalan akan terjadi dengan didahului peringatan.
<i>Hazardous without Warning</i>	10	Sangat berbahaya dan keamanan sangat berhubungan dengan kegagalan yang terjadi. Bertentangan dengan hukum

4.2.2 Occurrence

Occurrence adalah kemungkinan seberapa sering terjadinya salah satu penyebab moda kegagalan yang akan terjadi. Dalam langkah ini, perlu untuk melihat penyebab kegagalan dan berapa kali hal tersebut terjadi. pada penelitian ini di kategorikan menjadi 5 kategori yang ditampilkan pada Table 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Kategori *Occurrence* Penelitian

Kategori <i>Occurrence</i>	
Nilai	Kategori
1	<i>Failure Unlikely</i>
2,3,4	<i>Few Failure</i>
5,6	<i>Occasional Failures</i>
7,8	<i>Repeated Failures</i>
9,10	<i>Inevitable Failure</i>

4.2.3 Detection

Pada dimensi *detection*, risiko bisa dideteksi ketika dilakukan pengecekan oleh personil yang terlibat dalam proses produksi produk, adapun kategori *detection* ditampilkan pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 Kategori *Detection* Penelitian

Kategori <i>Detection</i>	
Nilai	Kategori
1	<i>Very high probability of detection</i>
2	<i>High probability of detection</i>
3	<i>Controls will almost certainly detect</i>
4	<i>Manufacture controls are moderately effective</i>
5	<i>Manufacture controls have an even chance of working</i>
6	<i>Manufacture controls may miss the problem</i>
7	<i>Manufacture controls are likely to miss the problem</i>
8	<i>Manufacture control have a poor chance of detection</i>
9	<i>Unproven, unreliable Manufacture /poor chance for detection</i>
10	<i>No design technique available / controls will not detect</i>

4.2.4 Risk Priority Number

Setelah menentukan nilai pada setiap dimensi selanjutnya setiap risiko dilakukan perhitungan *risk priority number* (RPN), nilai RPN didapatkan dari *severity x occurance x detection* ($RPN = S \times O \times D$) untuk mengetahui risiko mana yang sering terjadi serta dampak yang ditimbulkan. Penilaian ini didapatkan dari hasil FGD bersama personil yang terlibat dan telah disetujui oleh seluruh *manager* pada setiap bidang. Hasil penilaian kemudian dikelompokan menurut kategori pada Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Kategori nilai RPN penelitian

Nilai	Rating	Keterangan
226 - 300	<i>Critical Risk</i>	<i>Critical Level ~ Do not permit activity to commence.</i>
151 - 225	<i>High Risk</i>	<i>Risk Must be mitigated and risk level need to reduce to moderate or minor risk.</i>
76 - 150	<i>Moderate Risk</i>	<i>Investigate and monitoring controls to minimize risk.</i>
1 - 75	<i>Minor Risk</i>	<i>Acceptable risk. Review when process changes, or when circumstances change.</i>

4.3 Risk Mitigation

Pada tahap *risk mitigation* penelitian ini hasil dari metode FMEA (*Failure Mode & Effect Analysis*), dengan dilakukan mitigasi ini diharapkan dapat mengurangi, meminimalisir bahkan mengeliminasi dampak risiko serta penyebab terjadinya risiko yang mengakibatkan *defect*. Proses mitigasi risiko menggunakan kriteria untuk peringkat terjadinya keparahan dan pendeteksian yang dipilih sesuai dengan menganalisis catatan kegagalan masa lalu dari setiap proses produksi. Pertama, persyaratan dasar proses manufaktur dipelajari dan kemudian moda kegagalan potensial dari proses tertentu ditemukan. Setelah itu cacat moda kegagalan dicatat dengan nilai keparahan mereka. Nilai terjadinya untuk potensi penyebab dan pencegahan mereka juga dihitung. Nilai deteksi ditetapkan ke mode kegagalan dan akhirnya nilai RPN dihitung. Hasil perhitungan RPN ditampilkan pada Table 4.6. Data yang ada dalam bahasa inggris guna mempermudah *customer* yang merupakan WNA dalam memahami proses diskusi, untuk menjaga kesalahan penerjemahan maka data yang di input dalam penelitian ini menggunakan bahasa inggris sesuai pada dokumen aslinya.

Tabel 4.6 Proses Metode FMEA

<i>FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS</i>										
<i>Product: DU Base Frame</i>				<i>Lead Team Contact Person: Agyl Adriyadhi S.</i>				<i>Doc. No: X/FMEA/QC</i>		
<i>Customer: *****</i>				<i>Email Lead Team: agyl.adriyadhi@*****.com</i>				<i>Rev.No: ***</i>		
<i>Customer Drawing: *****</i>				<i>Core Team: ****</i>				<i>Revision Date: 15/11/2018</i>		
<i>No.</i>	<i>Process</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect(s) of Failure</i>	<i>Sev .</i>	<i>Cause</i>	<i>Occ.</i>	<i>Control Preventive</i>	<i>Control Detection</i>	<i>Det.</i>	<i>RPN</i>
1	Marking	Mark in incorrect position	PT X can't assemble frame	5	Incorrect information (e.g: drawing) supplied	2	Traveller sheet with drawing reference	Documentation Check on traveler	4	40
2	Manual Cutting	Not cutting to the line	PT X can't assemble frame	5	Lack of concentration Operator	8	Fabrication cutting procedures	QC Inspection	2	80
3	Manual Cutting	Not cutting to the line	PT X can't assemble frame	5	Machine is not set up properly before use	6	Fabrication cutting procedures	QC Inspection	4	60
4	Automatic Cutting	Incorrect shape produced	PT X can't assemble frame	5	Incorrect program loaded	6	Fabrication procedures, Traveller sheet of the Base frame	QC Inspection	2	60
5	Automatic Cutting	Incorrect shape produced	PT X can't assemble frame	5	Incorrect sheet loaded (e.g: size)	6	Fabrication procedures, Traveller sheet of the Base frame	QC Inspection	2	60

<i>FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS</i>										
<i>Product: DU Base Frame</i>				<i>Lead Team Contact Person: Agyl Adriyadhi S.</i>				<i>Doc. No: X/FMEA/QC</i>		
<i>Customer: *****</i>				<i>Email Lead Team: agyl.adriyadhi@*****.com</i>				<i>Rev.No: ***</i>		
<i>Customer Drawing: *****</i>				<i>Core Team: ****</i>				<i>Revision Date: 15/11/2018</i>		
<i>No.</i>	<i>Process</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect(s) of Failure</i>	<i>Sev .</i>	<i>Cause</i>	<i>Occ.</i>	<i>Control Preventive</i>	<i>Control Detection</i>	<i>Det.</i>	<i>RPN</i>
6	Automatic Cutting	Incorrect shape produced	PT X can't assemble frame	5	Incorrect set up	6	Fabrication procedures, Traveller sheet of the Base frame	QC Inspection	2	60
7	Fit Up	Assy not match with drawing	PT X incorrect assembly	5	Incorrect jig is used	8	Traveller sheet with jig reference	QC Inspection	2	80
8	Fit Up	Assy not match with drawing	PT X incorrect assembly	5	Jig is set up incorrectly	8	Traveller sheet with jig reference	QC Inspection	2	80
9	Fit Up	Assy not match with drawing	PT X incorrect assembly	5	Jig is not used	6	Traveller sheet with jig reference	QC Inspection	2	60
10	Fit Up	Assy not match with drawing	PT X incorrect assembly	5	Unknown movement during Fit up before tack weld	4	Inspection after tack weld	QC Inspection	4	80
11	Welding	Spatter	Assembly Rework	4	Wide Arc length	5	WPS & the fabrication procedures	Visual Welding Inspection by welder	4	80

<i>FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS</i>										
<i>Product: DU Base Frame</i>				<i>Lead Team Contact Person: Agyl Adriyadi S.</i>				<i>Doc. No: X/FMEA/QC</i>		
<i>Customer: *****</i>				<i>Email Lead Team: agyl.adriyadi@*****.com</i>				<i>Rev.No: ***</i>		
<i>Customer Drawing: *****</i>				<i>Core Team: ****</i>				<i>Revision Date: 15/11/2018</i>		
<i>No.</i>	<i>Process</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect(s) of Failure</i>	<i>Sev .</i>	<i>Cause</i>	<i>Occ.</i>	<i>Control Preventive</i>	<i>Control Detection</i>	<i>Det.</i>	<i>RPN</i>
12	Welding	Untidy Weld	Assembly Rework	4	Unstable welder's hand during welding	4	Regularly break for the welder	Visual Welding Inspection by welder	4	64
13	Welding	Over penetration	Assembly Rework	4	Over high heat input	4	WPS & the fabrication procedures	Visual Welding Inspection by welder	4	64
14	Welding	Distortion	Assembly Rework	4	Over high heat input	6	WPS & the fabrication procedures	Visual Welding Inspection by welder	4	96
15	Welding	Holey object	Material wasted	6	Over high heat input	4	WPS & the fabrication procedures	Visual Welding Inspection by welder	4	96
16	Welding	Porosity	Fail on the NDT	5	Welding speed are too fast	5	Traveller with approved WPS references	Magnetic Test	2	50
17	Welding	Porosity	Fail on the NDT	5	Poor weld preparation / cleaning	5	WPS & the fabrication procedures	Magnetic Test	2	50
18	Welding	Crack	Fail on the NDT	5	lack of concentration Welder	5	Traveller with approved WPS references	Magnetic Test	2	50

<i>FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS</i>										
<i>Product: DU Base Frame</i>				<i>Lead Team Contact Person: Agyl Adriyadhi S.</i>				<i>Doc. No: X/FMEA/QC</i>		
<i>Customer: *****</i>				<i>Email Lead Team: agyl.adriyadhi@*****.com</i>				<i>Rev.No: ***</i>		
<i>Customer Drawing: *****</i>				<i>Core Team: ****</i>				<i>Revision Date: 15/11/2018</i>		
<i>No.</i>	<i>Process</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect(s) of Failure</i>	<i>Sev .</i>	<i>Cause</i>	<i>Occ.</i>	<i>Control Preventive</i>	<i>Control Detection</i>	<i>Det.</i>	<i>RPN</i>
19	Welding	Lack of Penetration	Fail on the NDT	5	Lack of heat input	5	WPS & the fabrication procedures	Magnetic Test	2	50
21	Welding	Lack of Fusion	Fail on the NDT	5	Object covered by dirt	4	WPS & the fabrication procedures	Magnetic Test	2	40
22	Welding	Lack of Fusion	Fail on the NDT	5	Incorrect Welding technique	4	WPS & the fabrication procedures	Magnetic Test	2	40
23	Welding	Slag Inclusion	Fail on the NDT	5	Object covered by dirt	4	WPS & the fabrication procedures	Magnetic Test	2	40
24	Welding	Porosity	Fail on the NDT	5	Over Arc Length	4	WPS & the fabrication procedures	Magnetic Test	2	40
25	Welding	Crack	Fail on the NDT	5	Welding doesn't follow the WPS	3	Traveller with approved WPS references	Penetrant Test	2	30
26	Welding	Crack	Fail on the NDT	5	Electrode doesn't match with given specification	3	Traveller with approved WPS references	Penetrant Test	2	30

<i>FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS</i>										
<i>Product: DU Base Frame</i>				<i>Lead Team Contact Person: Agyl Adriyadhi S.</i>				<i>Doc. No: X/FMEA/QC</i>		
<i>Customer: *****</i>				<i>Email Lead Team: agyl.adriyadhi@*****.com</i>				<i>Rev.No: ***</i>		
<i>Customer Drawing: *****</i>				<i>Core Team: ****</i>				<i>Revision Date: 15/11/2018</i>		
<i>No.</i>	<i>Process</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect(s) of Failure</i>	<i>Sev .</i>	<i>Cause</i>	<i>Occ.</i>	<i>Control Preventive</i>	<i>Control Detection</i>	<i>Det.</i>	<i>RPN</i>
27	Welding	Lack of Penetration	Fail on the NDT	5	Incorrect groove dimension	3	Traveller with approved WPS references	Magnetic Test	2	30
28	Welding	Lack of Fusion	Fail on the NDT	5	Lack of heat input	3	WPS & the fabrication procedures	Magnetic Test	2	30
29	Welding	Porosity	Fail on the NDT	5	Wet Electrode	2	General Welding Material Control Procedure	Magnetic Test	2	20
30	Welding	Porosity	Fail on the NDT	5	Welding doesn't follow the WPS	3	Traveller with approved WPS references	Magnetic Test	2	30
31	Drilling	Incorrect diameter/ out of tolerance	Customer has failure during erection on site	7	Incorrect drill head	4	Traveller sheet with drill head reference	Dimensional check by operator	4	112
32	Drilling	Hole drilled on the wrong place	Customer has failure during erection on site	7	Incorrect position during set up	4	Traveller sheet with detail drawing	QC Inspection	4	112

<i>FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS</i>										
<i>Product: DU Base Frame</i>				<i>Lead Team Contact Person: Agyl Adriyadhi S.</i>				<i>Doc. No: X/FMEA/QC</i>		
<i>Customer: *****</i>				<i>Email Lead Team: agyl.adriyadhi@*****.com</i>				<i>Rev.No: ***</i>		
<i>Customer Drawing: *****</i>				<i>Core Team: ****</i>				<i>Revision Date: 15/11/2018</i>		
<i>No.</i>	<i>Process</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect(s) of Failure</i>	<i>Sev .</i>	<i>Cause</i>	<i>Occ.</i>	<i>Control Preventive</i>	<i>Control Detection</i>	<i>Det.</i>	<i>RPN</i>
33	Drilling	Obliqueness on hole position	Customer has failure during erection on site	7	Incorrect position during placement	4	Traveller sheet with detail drawing	QC Inspection	4	112
34	Milling	Corrosion on the machined surface	Low product quality	9	Machined surface not being dressed with tactile properly	4	Machining Procedure	Visual Check by Operator	8	288
35	Milling	Rough surfaces	Machining rework	3	Spindle work too fast	4	Machining Procedure	Operator Inspection	4	48
36	Milling	Rough surfaces	Machining rework	3	Built up edge	6	Machining Procedure	Operator Inspection	4	72
37	Milling	Dimension doesn't meet the specification (Flatness)	Customer has failure during erection on site	8	Machine failure	4	Machining Procedure	Customer Material measurement	2	64
38	Milling	Dimension doesn't meet the	Customer has failure during erection on site	8	Incorrect set up	3	Machining Procedure	Customer Material measurement	2	48

<i>FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS</i>										
<i>Product: DU Base Frame</i>				<i>Lead Team Contact Person: Agyl Adriyadhi S.</i>				<i>Doc. No: X/FMEA/QC</i>		
<i>Customer: *****</i>				<i>Email Lead Team: agyl.adriyadhi@*****.com</i>				<i>Rev.No: ***</i>		
<i>Customer Drawing: *****</i>				<i>Core Team: ****</i>				<i>Revision Date: 15/11/2018</i>		
<i>No.</i>	<i>Process</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect(s) of Failure</i>	<i>Sev .</i>	<i>Cause</i>	<i>Occ.</i>	<i>Control Preventive</i>	<i>Control Detection</i>	<i>Det.</i>	<i>RPN</i>
		<i>specification (Flatness)</i>								
39	Milling	<i>Dimension doesn't meet the specification (Height)</i>	<i>Customer has failure during erection on site</i>	7	<i>Incorrect set up</i>	3	<i>Machining Procedure</i>	<i>Customer Material measurement</i>	2	42
40	Blasting	<i>Lack of Roughness (too smooth)</i>	<i>Paint Process Failure</i>	9	<i>Blasting process to long</i>	4	<i>Traveller sheet, Painting procedure</i>	<i>Anchor Profile Test</i>	8	288
41	Blasting	<i>Lack of Roughness (too smooth)</i>	<i>Paint Process Failure</i>	7	<i>Incorrect Blasting material size</i>	4	<i>Traveller sheet, Painting procedure</i>	<i>Anchor Profile Test</i>	8	224
42	Blasting	<i>surface material salt contains > 50 µs (outside) contains > 55 µs (inside)</i>	<i>Paint Process Failure</i>	7	<i>Contaminated by operator's sweat (not using glove)</i>	5	<i>Painting procedure</i>	<i>Salt contamination test</i>	4	140

<i>FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS</i>										
<i>Product: DU Base Frame</i>				<i>Lead Team Contact Person: Agyl Adriyadhi S.</i>				<i>Doc. No: X/FMEA/QC</i>		
<i>Customer: *****</i>				<i>Email Lead Team: agyl.adriyadhi@*****.com</i>				<i>Rev.No: ***</i>		
<i>Customer Drawing: *****</i>				<i>Core Team: ****</i>				<i>Revision Date: 15/11/2018</i>		
<i>No.</i>	<i>Process</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect(s) of Failure</i>	<i>Sev .</i>	<i>Cause</i>	<i>Occ.</i>	<i>Control Preventive</i>	<i>Control Detection</i>	<i>Det.</i>	<i>RPN</i>
43	Blasting	Too much dust attached (level 3 and more)	Paint Process Failure	7	Unproper cleaning process	5	Painting procedure	Pulled tape Test (compare with pictorial dust level)	4	140
44	Blasting	Rusty Material, Mill scale material	Paint Process Failure	7	Short blasting process (time process)	4	Traveller sheet, Painting procedure	Surface Cleaness Test	4	112
45	Blasting	Temperature & humidity more or less than the number showed in data sheet (Ambient	Paint Process Failure	7	Raining season	3	Painting Procedure, Traveller sheet	Ambient Condition Measurement	4	84

<i>FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS</i>										
<i>Product: DU Base Frame</i>				<i>Lead Team Contact Person: Agyl Adriyadhi S.</i>				<i>Doc. No: X/FMEA/QC</i>		
<i>Customer: *****</i>				<i>Email Lead Team: agyl.adriyadhi@*****.com</i>				<i>Rev.No: ***</i>		
<i>Customer Drawing: *****</i>				<i>Core Team: ****</i>				<i>Revision Date: 15/11/2018</i>		
<i>No.</i>	<i>Process</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect(s) of Failure</i>	<i>Sev .</i>	<i>Cause</i>	<i>Occ.</i>	<i>Control Preventive</i>	<i>Control Detection</i>	<i>Det.</i>	<i>RPN</i>
		<i>condition check)</i>								
<i>46</i>	<i>Blasting</i>	<i>Rusty Material, Mill scale material</i>	<i>Paint Process Failure</i>	<i>7</i>	<i>Machine failure</i>	<i>3</i>	<i>Painting Procedure, Traveller sheet</i>	<i>Surface Cleaness Test</i>	<i>4</i>	<i>84</i>
<i>47</i>	<i>Painting</i>	<i>Sagging (Paint running or hanging like curtains on vertical surfaces)</i>	<i>Reduce coating life</i>	<i>8</i>	<i>1. Over using thinner, 2. The distance between operator and object too close</i>	<i>8</i>	<i>Painting Procedure, Traveller sheet</i>	<i>Supervisor Check</i>	<i>4</i>	<i>256</i>

<i>FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS</i>										
<i>Product: DU Base Frame</i>				<i>Lead Team Contact Person: Agyl Adriyadhi S.</i>				<i>Doc. No: X/FMEA/QC</i>		
<i>Customer: *****</i>				<i>Email Lead Team: agyl.adriyadhi@*****.com</i>				<i>Rev.No: ***</i>		
<i>Customer Drawing: *****</i>				<i>Core Team: ****</i>				<i>Revision Date: 15/11/2018</i>		
<i>No.</i>	<i>Process</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect(s) of Failure</i>	<i>Sev .</i>	<i>Cause</i>	<i>Occ.</i>	<i>Control Preventive</i>	<i>Control Detection</i>	<i>Det.</i>	<i>RPN</i>
					<i>3. Too high wet film thickness</i>					
<i>48</i>	<i>Painting</i>	<i>Inclusion in the paint</i>	<i>Rough surfaces</i>	<i>5</i>	<i>Paint area are not free from dirt and dust</i>	<i>5</i>	<i>Painting Procedure, Traveller sheet</i>	<i>Operator Check</i>	<i>8</i>	<i>200</i>
<i>49</i>	<i>Painting</i>	<i>Machining surface are painted</i>	<i>Customer has failure during erection on site</i>	<i>8</i>	<i>Poor / no masking applied</i>	<i>3</i>	<i>Painting Procedure, Traveller sheet</i>	<i>Operator Inspection</i>	<i>4</i>	<i>96</i>
<i>50</i>	<i>Painting</i>	<i>Coating thickness (not as specified)</i>	<i>Reduce coating life</i>	<i>7</i>	<i>Inconsistent paint application</i>	<i>5</i>	<i>Painting Procedure, Traveller sheet</i>	<i>QC Inspection</i>	<i>4</i>	<i>140</i>
<i>51</i>	<i>Painting</i>	<i>Coating color (not as specified)</i>	<i>Reduce coating life</i>	<i>7</i>	<i>Using the same paint color for primer-mid coat-top coat during application</i>	<i>5</i>	<i>Painting Procedure, Traveller sheet</i>	<i>QC Inspection</i>	<i>4</i>	<i>140</i>

<i>FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS</i>										
<i>Product: DU Base Frame</i>				<i>Lead Team Contact Person: Agyl Adriyadhi S.</i>				<i>Doc. No: X/FMEA/QC</i>		
<i>Customer: *****</i>				<i>Email Lead Team: agyl.adriyadhi@*****.com</i>				<i>Rev.No: ***</i>		
<i>Customer Drawing: *****</i>				<i>Core Team: ****</i>				<i>Revision Date: 15/11/2018</i>		
<i>No.</i>	<i>Process</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect(s) of Failure</i>	<i>Sev .</i>	<i>Cause</i>	<i>Occ.</i>	<i>Control Preventive</i>	<i>Control Detection</i>	<i>Det.</i>	<i>RPN</i>
52	Painting	Thin coating thickness in the edges area	Reduce coating life	7	Sharp edges material	5	Painting Procedure, Traveller sheet	QC Inspection	4	140

<i>FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS</i>										
<i>Product: DU Base Frame</i>				<i>Lead Team Contact Person: Agyl Adriyadhi S.</i>				<i>Doc. No: X/FMEA/QC</i>		
<i>Customer: *****</i>				<i>Email Lead Team: agyl.adriyadhi@*****.com</i>				<i>Rev.No: ***</i>		
<i>Customer Drawing: *****</i>				<i>Core Team: ****</i>				<i>Revision Date: 15/11/2018</i>		
<i>No.</i>	<i>Process</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect(s) of Failure</i>	<i>Sev .</i>	<i>Cause</i>	<i>Occ.</i>	<i>Control Preventive</i>	<i>Control Detection</i>	<i>Det.</i>	<i>RPN</i>
53	Painting	Orange Peel (paint surfaces appeared like orange peel)	Reduce coating life	7	1. Poor flow/levelling properties of the paint 2. Poor atomization of the paint 3. too fast evaporation of the thinner 4. Airless/ spray gun too close to surfaces	4	Painting Procedure, Traveller sheet &	QC Inspection	4	112

<i>FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS</i>										
<i>Product: DU Base Frame</i>				<i>Lead Team Contact Person: Agyl Adriyadhi S.</i>				<i>Doc. No: X/FMEA/QC</i>		
<i>Customer: *****</i>				<i>Email Lead Team: agyl.adriyadhi@*****.com</i>				<i>Rev.No: ***</i>		
<i>Customer Drawing: *****</i>				<i>Core Team: ****</i>				<i>Revision Date: 15/11/2018</i>		
<i>No.</i>	<i>Process</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect(s) of Failure</i>	<i>Sev .</i>	<i>Cause</i>	<i>Occ.</i>	<i>Control Preventive</i>	<i>Control Detection</i>	<i>Det.</i>	<i>RPN</i>
54	Painting	Pin Holing (Tiny holes through one or more coats, or even down to the substrate, appeared like perforated by needle)	Reduce coating life	7	1. Dry spraying 2. Entrapped solvents or air 3. Porosity of previous coat 4. Incorrect application technique or viscosity of the paint	4	Painting Procedure, Traveller sheet	QC Inspection	4	112
55	Painting	Dry Spray (porous, sandpaper like surface of the paint)	Reduce coating life	7	1. Spray gun too far away from the object. 2. Poor atomization of the paint 3. Too fast evaporation of the solvents	3	Painting Procedure, Traveller sheet	QC Inspection	4	84

<i>FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS</i>										
<i>Product: DU Base Frame</i>				<i>Lead Team Contact Person: Agyl Adriyadhi S.</i>				<i>Doc. No: X/FMEA/QC</i>		
<i>Customer: *****</i>				<i>Email Lead Team: agyl.adriyadhi@*****.com</i>				<i>Rev.No: ***</i>		
<i>Customer Drawing: *****</i>				<i>Core Team: ****</i>				<i>Revision Date: 15/11/2018</i>		
<i>No.</i>	<i>Process</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect(s) of Failure</i>	<i>Sev .</i>	<i>Cause</i>	<i>Occ.</i>	<i>Control Preventive</i>	<i>Control Detection</i>	<i>Det.</i>	<i>RPN</i>
56	Painting	Wrinkling (Small wrinkles through or partly through the paint)	Reduce coating life	7	Skin drying of the paint film, which is usually applied too thick	3	Painting Procedure, Traveller sheet	QC Inspection	4	84
57	Painting	Fish Eyes (Spots of point on the surface with no wetting of the surfaces around the spot)	Reduce coating life	7	1. Paint applied on oil, or others contaminant 2. Painted on incompatible paint	2	Painting Procedure, Traveller sheet	QC Inspection	4	56

4.4 Pembahasan

Dari hasil analisis didapatkan 57 risiko dengan urutan prioritas risiko sebagai berikut:

Tabel 4.7 Prioritas risiko berdasarkan nilai RPN dari proses FMEA

Ranking	Moda Kegagalan	RPN	Kategori Risiko
1	<i>Corrosion on the machined surface</i>	288	<i>Critical Risk</i>
2	<i>Lack of roughness (Too smooth - Blasting process to long)</i>	288	<i>Critical Risk</i>
3	<i>Sagging (Paint running or hanging like curtains on vertical surfaces)</i>	256	<i>Critical Risk</i>
4	<i>Lack of roughness (Too smooth – incorrect blasting material size)</i>	224	<i>High Risk</i>
5	<i>Inclusion in the paint</i>	200	<i>High Risk</i>
6	<i>Surface material salt</i>	140	<i>Moderate Risk</i>
7	<i>Too much dust attached</i>	140	<i>Moderate Risk</i>
8	<i>Coating thickness (not as specified)</i>	140	<i>Moderate Risk</i>
9	<i>Coating color (not as specified)</i>	140	<i>Moderate Risk</i>
10	<i>Thin coating thickness in the edges area</i>	140	<i>Moderate Risk</i>
11	<i>Incorrect diameter</i>	112	<i>Moderate Risk</i>
12	<i>Hole drilled on the wrong place</i>	112	<i>Moderate Risk</i>
13	<i>Obliqueness on hole position</i>	112	<i>Moderate Risk</i>
14	<i>Rusty Material, Mill scale material</i>	112	<i>Moderate Risk</i>
15	<i>Paint surfaces appeared like orange peel</i>	112	<i>Moderate Risk</i>
16	<i>Pin Holing</i>	112	<i>Moderate Risk</i>
17	<i>Distortion</i>	96	<i>Moderate Risk</i>
18	<i>Holey object</i>	96	<i>Moderate Risk</i>
19	<i>Machining surface are painted</i>	96	<i>Moderate Risk</i>
20	<i>Temperature & humidity more or less than the number</i>	84	<i>Moderate Risk</i>
21	<i>Rusty Material, Mill scale material (Machine failure)</i>	84	<i>Moderate Risk</i>
22	<i>Dry Spray (porous, sandpaper like surface of the paint)</i>	84	<i>Moderate Risk</i>
23	<i>Wrinkling (Small wrinkles through or partly through the paint)</i>	84	<i>Moderate Risk</i>

24	<i>Not cutting to the line (Lack of concentration Operator)</i>	80	<i>Moderate Risk</i>
25	<i>Assy not match with drawing (Incorrect jig is used)</i>	80	<i>Moderate Risk</i>
26	<i>Assy not match with drawing (Jig is set up incorrectly)</i>	80	<i>Moderate Risk</i>
27	<i>Assy not match with drawing (Unknown movement during Fit up before tack weld)</i>	80	<i>Moderate Risk</i>
28	<i>Spatter</i>	80	<i>Moderate Risk</i>
29	<i>Rough surface (Machining rework)</i>	72	<i>Minor Risk</i>
30	<i>Untidy Weld</i>	64	<i>Minor Risk</i>
31	<i>Over penetration</i>	64	<i>Minor Risk</i>
32	<i>Dimension doesn't meet the specification (Flatness)</i>	64	<i>Minor Risk</i>
33	<i>Not cutting to the line (Machine is not set up properly before use)</i>	60	<i>Minor Risk</i>
34	<i>Incorrect shape produced (Incorrect program loaded)</i>	60	<i>Minor Risk</i>
35	<i>Incorrect shape produced (Incorrect sheet loaded)</i>	60	<i>Minor Risk</i>
36	<i>Incorrect shape produced (Incorrect set up)</i>	60	<i>Minor Risk</i>
37	<i>Assy not match with drawing (Jig is not used)</i>	60	<i>Minor Risk</i>
38	<i>Fish Eyes (Painting)</i>	56	<i>Minor Risk</i>
39	<i>Porosity (Welding speed are too fast)</i>	50	<i>Minor Risk</i>
40	<i>Porosity (Poor weld preparation / cleaning)</i>	50	<i>Minor Risk</i>
41	<i>Crack</i>	50	<i>Minor Risk</i>
42	<i>Lack of Penetration</i>	50	<i>Minor Risk</i>
43	<i>Rough surfaces (Spindle work too fast)</i>	48	<i>Minor Risk</i>
44	<i>Dimension doesn't meet the specification (Incorrect set up)</i>	48	<i>Minor Risk</i>
45	<i>Dimension doesn't meet the specification (Height)</i>	42	<i>Minor Risk</i>
46	<i>Mark in incorrect position</i>	40	<i>Minor Risk</i>
47	<i>Lack of Fusion (Object covered by dirt)</i>	40	<i>Minor Risk</i>
48	<i>Lack of Fusion (Incorrect Welding technique)</i>	40	<i>Minor Risk</i>
49	<i>Slag Inclusion</i>	40	<i>Minor Risk</i>

50	<i>Porosity (Over Arc Length)</i>	40	<i>Minor Risk</i>
51	<i>Crack (Welding doesn't follow the WPS)</i>	30	<i>Minor Risk</i>
52	<i>Crack (Electrode doesn't match with given specification)</i>	30	<i>Minor Risk</i>
53	<i>Lack of Penetration (Incorrect groove dimension)</i>	30	<i>Minor Risk</i>
54	<i>Lack of Fusion (Lack of heat input)</i>	30	<i>Minor Risk</i>
55	<i>Porosity (Lack of Gap Weld)</i>	30	<i>Minor Risk</i>
56	<i>Porosity (Wet Electrode)</i>	30	<i>Minor Risk</i>
57	<i>Porosity (Welding doesn't follow the WPS)</i>	30	<i>Minor Risk</i>

Dari hasil FMEA ditemukan terdapat 3 *critical risk* dan 2 *high risk* untuk selanjutnya dilakukan tindakan perbaikan dengan usulan yang terurai pada Table 4.8 untuk tiap moda kegagalan yang masuk dalam kategori *critical risk* dan *high risk* dengan tujuan mengurangi atau mengeliminasi risiko.

Tabel 4. 8 Usulan perbaikan untuk risiko yang termasuk dalam kategori *Critical risk* dan *high risk*.

No.	Proses	RPN	Usulan perbaikan
1	<i>Milling</i>	228 (<i>Critical Risk</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Proses <i>milling</i> dilakukan dalam kondisi MQL (Minimum Quantity Lubrication) dengan kecepatan 1500 Rpm, Feed Rate 1000 mm/min dengan depth of cut 1mm. 2. Bersihkan material geram menggunakan cairan MQL yang sama. 3. Keringkan permukaan yang telah di <i>machining</i> lalu semprot cairan <i>tectyl 506 Aerosol Spray</i>
2	<i>Blasting</i>	288 (<i>Critical Risk</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gunakan tipe <i>steel grit & Steel Shoot</i> 2. Tekanan udara 80 psi, dengan <i>blast area</i> 21,5 Cm/menit 3. Lakukan <i>anchor test</i> minimal 3 kali dengan spot area bervariasi

3	<i>Painting</i>	256 (<i>Critical Risk</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pencampuran cat dengan <i>thinner</i> harus sesuai TDS (<i>Technical Data Sheet</i>) jenis cat. 2. Jarak <i>spray</i> dan waktu aplikasi min 20 cm/s 3. Operator <i>painting</i> wajib mengikuti pelatihan dan uji lapangan
4	<i>Blasting</i>	224 (<i>High Risk</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cek material <i>sandblasting</i> sebelum memulai proses. 2. Gunakan tipe <i>steel grit & Steel Shoot</i> yang sesuai dengan prosedur.
5	<i>Painting</i>	200 (<i>High Risk</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ruang <i>painting</i> harus selalu tertutup. 2. Bersihkan permukaan benda kerja sebelum memulai pengecatan. 3. Bersihkan ruang <i>painting</i> sebelum dan sesudah digunakan,

Usulan secara detail perbaikan hanya diberikan pada risiko yang termasuk kategori *critical* dan *high risk* dimana cacat yang terjadi akibat ke risiko tersebut memiliki efek yang mempengaruhi fungsi dan usia produk. Untuk *moderate risk & minor risk* usulan perbaikan secara umum berupa peringatan pada setiap personil yang terlibat untuk memahami prosedur kerja sebelum memulai kegiatan produksi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan perhitungan data yang diperoleh, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Teridentifikasi sebanyak 57 risiko *defect* pada seluruh proses produksi dimulai dari proses *marking, manual & auto cutting, fit-up, welding, drilling & milling machining process, blasting* dan *painting* dan telah dilakukan proses rencana mitigasi risiko yang berfokus pada *traveler sheet & dokumen prosedur fabrikasi* pada setiap proses.
2. Dari hasil perhitungan terdapat 3 *critical risk* dan 2 *high risk* dengan dan telah diberikan usulan perbaikan guna mencegah atau mengeliminasi risiko tersebut terulang kembali.
3. Untuk *preventive action* perlu penjelasan detail pada dokumen prosedur dan *traveler sheet*. Membangun komunikasi yang baik antara bidang serta melaksanakan tugas sesuai SOP dengan penuh kesadaran dan tanggung jawab bisa menjadi evaluasi jangka panjang.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian dan perusahaan adalah:

1. Perlunya persiapan yang baik dan diskusi intensif semua bidang sebelum memulai suatu produksi produk agar proses bisa berjalan lebih efisien dan efektif.
2. Mengetahui dan memahami kondisi *man power*, alat dan mesin yang digunakan agar prosedur yang dibuat sesuai dengan kondisi aktual.
3. Melakukan perawatan berkala pada alat, mesin dan menjaga lingkungan kerja selalu kondisi dapat membantu meningkatkan konsentrasi tiap personil di *workshop*.
4. Mengadakan training *awareness* secara internal secara berkala dapat menumbuhkan rasa peduli terhadap SOP bidang masing-masing bagian.

5. Komunikasi aktif dan kerja sama tim yang baik dapat membantu mengurangi efek risiko yang disebabkan kesalahan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Carlson, C. S. (2014). *Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs SUMMARY & PURPOSE*. ReliaSoft Corporation.
- Dyadem Press. (2003). *Guidelines for failure mode and effects analysis for automotive, aerospace, and general manufacturing industries*. CRC Press
- Fatoni, A. (2017). Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 462–467.
- Groover, M. P. (2010). Fundamentals of Modern Manufacturing. *Metallurgy of Welding*, 4, 1025.WILEY
- Hopkin, P. (2018). *Fundamentals of Risk Management 5th Edition* (5th ed., Vol. 5th). KoganPage.
- Ishikawa, K. (1976). *Guide to Quality Control.pdf*. IMPRINT.
- Kumar, M. P., Krishna, M., Raju, N. V. S., & Kumar, M. V. S. (2018). Failure Criticality Analysis Using Fishikawa Diagram (a Case Study of Dumpers At Ocp , Ramagundam). *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, 378–384.
- P. H. Tsarouhas, & D. Arampatzaki. (2011). *Application of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) of a Ceramic Tiles Manufacturing Plant P*. 1–17.
- Panicker, S., Patil, V., Kulkarni, D., & Student, B. E. (2007). I nternational J urnal of I nnovative R esearch in S cience, E ngineering and T echnology An Overview of Blockchain Architecture and it's Applications. *Certified Organization*), 3297(11), 1111–1125.
- PMBOK. (1985). A Guide to the Project Management Body of Knowledge 3rd Edition. In *Project Management Institute, Inc*.
- Purwanggono, B., & Margarete, A. (2017). Risk assessment of underpass infrastructure project based on ISO 31000 and ISO 21500 using fishbone diagram and RFMEA (project risk failure mode and effects analysis) method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 277(1), 0–8.
- Ricky W. Griffin. (2012). *Management*. SOUTH-WESTERN Cengage Learning.
- S. Parsana, T., & T. Patel, M. A *Case Study: A Process FMEA Tool to Enhance Quality and Efficiency of Manufacturing Industry. , 4 Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science* 145–152 (2014).
- Stamatis, D. H. (2014). *Introduction to Risk and Failures*. In *Tools and Methodologies*. CRC Press
- Surasa, H. A. (2007). Analisis Penyebab Losses Energi Listrik Akibat Gangguan Jaringan Distribusi Menggunakan Metode Fault Tree Analysis Dan Failure Mode and Effect Analysis Di PT . PLN (Persero) Unit Pelayanan Jaringan

Sumberlawang. 1–72.

Suryani, F., Marzuki, J. K., Palembang, K., Resiko, A., Bone, F., & Author, C. (2018). Penerapan Metode Diagram Sebab Akibat (Fish Bone Diagram) Dan Fmea (Failure Mode and Effect) Dalam Menganalisa Resiko Kecelakaan Kerja Di Pt . Pertamina. 3(2).