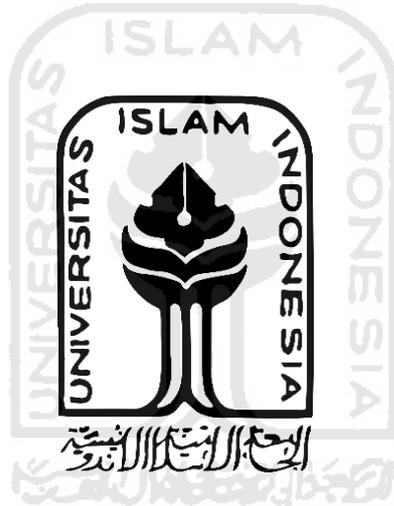


**ANALISIS PENYEBAB *POTENTIAL DEFECT* DENGAN *LEAN SIX SIGMA*  
DAN *MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS* SEBAGAI UPAYA  
MENGURANGI PRODUK *DEFECT* PADA PROSES *SPRAY* WARNA**

**(STUDI KASUS : PT. YAMAHA INDONESIA)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1  
Pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Nama : Rifki Izzati

No. Mahasiswa : 16522041

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2020**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah saya akui bahwa karya ini adalah karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang setiap salah satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika ditemukan dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang saya terima untuk ditarik oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 17 Agustus 2020



Rifki Izzati

## SURAT KETERANGAN PELAKSANAAN TUGAS AKHIR

FAKULTAS  
TEKNOLOGI INDUSTRIGedung KH. Mas Mansur  
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia  
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584  
T. (0274) 898444 ext. 4110, 4100  
F. (0274) 895007  
E. ft@uii.ac.id  
W. ft.uii.ac.id**SURAT KETERANGAN PENELITIAN**

Nomor : 32/Ka.lab SIMANTI/20/ Lab.SIMANTI/XII/2020

*Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh*

Dengan hormat,

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa:

Nama : Rifki Izzati  
Nim : 16522041  
Jurusan : Teknik Industri  
Dosen Pembimbing : Abdullah 'Azzam, S.T, M.T.

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut diatas telah melaksanakan penelitian tugas akhir dengan judul " **Implementasi Lean Six Sigma, Multi Attribute Failure Mode Analysis, Dan Fuzzy Analytical Hierarchy Process Untuk Mengidentifikasi Penyebab Potensial Defect Pada Proses Spray Warna (Studi Kasus : PT. YAMAHA INDONESIA).**" mulai pelaksanaan penelitian 29 Februari 2020 sampai 19 Agustus 2020.

Demikian surat keterangan penelitian ini kami buat. Atas perhatiannya dan kerja samanya kami mengucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh*

Yogyakarta, 19 Agustus 2020

Kepala Laboratorium  
Sistem Manufaktur

Abdullah 'Azzam, S.T, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**ANALISIS PENYEBAB *POTENTIAL DEFECT* DENGAN *LEAN SIX SIGMA*  
DAN *MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS* SEBAGAI UPAYA  
MENGURANGI PRODUK *DEFECT* PADA PROSES *SPRAY* WARNA**

**(STUDI KASUS : PT. YAMAHA INDONESIA)**

**TUGAS AKHIR**



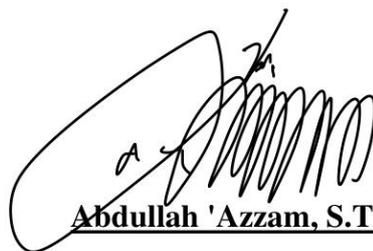
**Disusun Oleh :**

**Nama : Rifki Izzati**

**No.Mahasiswa : 16522041**

**Yogyakarta, 17 Agustus 2020**

**Dosen Pembimbing**



**Abdullah 'Azzam, S.T., M.T.**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**ANALISIS PENYEBAB *POTENTIAL DEFECT* DENGAN *LEAN SIX SIGMA*  
DAN *MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS* SEBAGAI UPAYA  
MENGURANGI PRODUK *DEFECT* PADA PROSES *SPRAY* WARNA**

**(STUDI KASUS : PT. YAMAHA INDONESIA)**

**TUGAS AKHIR**

Disusun Oleh :

Nama : Rifki Izzati  
NIM : 16522041  
Fak/Jurusan : FTI/ Teknik Industri

Rifki Izzati, 17 Agustus 2020

**Tim Penguji**

**Abdullah 'Azzam, S. T., M. T.**

Ketua

**Sri Indrawati S.T., M.Eng.**

Anggota I

**Zanurip, S.T.**

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Universitas Islam Indonesia



**Imawan, S.T., M.M.**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Bismillaah walhamdulillaah. MashaAllah*

*Terima kasih kepada kedua pengayuh sepedaku, ibuk dan bapak yang pada setiap kayuhanmu teriring doa, usaha, serta pengorbanan untuk mengantarkanku pada tujuan.*

*Terima kasih untuk tak pernah letih memberikan nasehat, dukungan, motivasi, serta doa terbaik disepertiga malammu untuk ribuan tujuan yang harus dicapai, untuk jutaan mimpi yang akan dikejar serta miliaran kisah yang akan terukir. Semoga disetiap kayuhanmu tercatat pahala berlipat ganda yang akan membawamu ke surga Allah.*

*Teriring doa seorang anak kepada kedua pengayuh sepedanya*



## HALAMAN MOTTO

وَأَنْ لَّيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَى

Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya.

( QS. An Najm 39 )

Kita adalah pilihan kita, bangunlah dirimu dengan kisah yang hebat.

( Rifki Izzati )



## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir di PT.YAMAHA INDONESIA dengan judul penelitian “**ANALISIS PENYEBAB *POTENTIAL DEFECT* DENGAN *LEAN SIX SIGMA* DAN *MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS* SEBAGAI UPAYA MENGURANGI PRODUK *DEFECT* PADA PROSES *SPRAY WARNA* STUDI KASUS : PT. YAMAHA INDONESIA**”. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan dan dorongan dari semua pihak, maka penulisan Tugas Akhir ini tidak akan lancar.

Dengan segala kerendahan hati ijinlah penulis untuk menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah berjasa memberikan motivasi dalam rangka menyelesaikan Tugas Akhir ini. Untuk ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M. T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S. T., M. Sc., Ph. D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Abdullah ‘Azzam, S.T., M.T. selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah memberi bimbingan kepada saya.
5. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia yang telah membuka wawasan dalam bidang akademik dan non-akademik.
6. Bapak Samsudin DS selaku direktur PT Yamaha Indonesia yang telah memberikan izin dan bimbingan selama melakukan magang dan penelitian Tugas Akhir.
7. Bapak Andi dan Mas Adi selaku pembimbing lapangan yang selalu memberikan nasehat dan motivasi selama kegiatan magang di PT Yamaha Indonesia.

8. Seluruh staff dan operator PT Yamaha Indonesia yang telah membantu dan kooperatif selama masa pengambilan data *project* dan penelitian Tugas Akhir.
9. Ibu dan Bapak untuk segala kasih sayang, perhatian, motivasi dan doa yang selalu diberikan sehingga tugas akhir ini dapat terlaksana dengan lancar.
10. Sahabat HaHa, Muhammad Fadhil Farras dan Shelly Elvina Salsabila atas kebersamaannya dalam perjuangan.
11. Sahabat INTINE. Damas Reza, Dennis Kusuma, Hanif Faiz, Prof. Naufal Alvarez, Maulana Putra, Vallian Fernando. Yang telah membantu dan mensupport dalam berjuang dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir. Semoga bisa guyub sampai tua.
12. Sahabat Degolan, fadel, Ahmed, Amrul, Ayas, David, Miko, Arik, Idos, Juniardo, Iqbal, Tadho, Wika yang telah menjadi teman dari awal kuliah, hahaha tekan lulus.
13. Teman dan Kakak Tingkat angkatan 2013,2014, 2015 terutama Mas Rizqi Ramadhani yang telah membuka wawasan untuk saya.
14. Seluruh keluarga besar Teknik Industri angkatan 2016 yang telah menjadi keluarga selama 4 tahun ini. Kita telah berjuang, semoga kita semua mendapat kemudahan dan kesuksesan di jalannya masing-masing.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terkait, yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga kebaikan yang diberikan oleh semua pihak kepada penulis menjadi amal sholeh yang senantiasa mendapat balasan dan kebaikan yang berlipat ganda dari Allah Subhana wa Ta'ala. Amin.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mohon kritik, saran dan masukan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan dimasa yang akan datang. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat digunakan sebagai mana mestinya serta berguna bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca yang berminat pada umumnya.

Yogyakarta, 17 Agustus 2020



Rifki Izzati

## ABSTRAK

*PT.Yamaha Indonesia merupakan industri manufaktur pembuatan piano. Ada dua jenis piano yang diproduksi yaitu Upright Piano dan Grand Piano. Pada penelitian ini analisis dilakukan pada jenis Upright Piano dikarenakan jumlah produk defect yang dihasilkan dalam proses Spray pada bagian Spray Carhaul factory 2 lebih besar dari jumlah produk defect Grand Piano yaitu sebanyak 52.645 produk defect. Setelah dilakukan analisis data lebih lanjut didapatkan hasil bahwa dari seluruh produk cacat piano Upright, varian piano warna (Polished Ebony (PE)& Polished Mahogany (PM)) memiliki presentase paling besar terhadap jumlah yang diproduksi untuk jenis piano UP yaitu sebanyak 21.22%. Maka dari itu untuk menganalisis penyebab defect tersebut digunakan metode Lean Six Sigma sebagai upaya meminimalisir jumlah produk defect. Tahap penelitian ini menggunakan tahap DMAIC, yaitu Define, Measure, Analyze, Improve, Control. Pada tahap define dilakukan penentuan Critical to Quality (CTQ) berupa enam belas jenis defect yang terjadi, selanjutnya pada tahap Measure dilakukan perhitungan untuk mengetahui Defect per Million Opportunities (DPMO) dan nilai sigma, setelah dilakukan perhitungan didapatkan hasil bahwa nilai DPMO sebesar 13.261 dan nilai sigma sebesar 3,88. Pada tahap Analyze dilakukan analisis menggunakan pareto chart untuk menentukan jenis defect yang paling dominan yaitu defect muke permukaan. setelah ditemukan defect paling dominan, dilakukan analisis menggunakan cause effect diagram untuk mengetahui penyebab terjadinya muke permukaan dan didapat hasil berupa delapan faktor penyebab. Untuk menentukan prioritas perbaikan dari penyebab tersebut dilakukan dengan metode Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA) yang diintegrasikan dengan Fuzzy-Analytical Hierarchy Proses dan didapatkan hasil berupa ranking dari Global Priority, faktor dengan ranking tertinggi merupakan faktor yang menjadi prioritas dalam perbaikan yaitu skill operator yang kurang, faktor tersebut mendapat nilai 0,17. Pada tahap Improve diusulkan solusi untuk mengatasi skill operator spray yang kurang yaitu dengan pengaturan karyawan kontrak, akselerasi pola belajar operator baru, dan Monitoring.*

*Kata Kunci : Defect, Lean Six Sigma, DMAIC, Sigma Level, MAFMA, Fuzzy-AHP*

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....                      | i    |
| SURAT KETERANGAN PELAKSANAAN TUGAS AKHIR .....                   | ii   |
| LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING .....                         | iii  |
| LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....                             | iv   |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....  | v    |
| HALAMAN MOTTO.....   | vi   |
| KATA PENGANTAR .....   | vii  |
| ABSTRAK.....   | ix   |
| DAFTAR ISI.....  | x    |
| DAFTAR TABEL.....  | xiii |
| DAFTAR GAMBAR.....   | xv   |
| BAB I PENDAHULUAN.....   | 1    |
| 1.1 Latar belakang.....  | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah.....   | 5    |
| 1.3 Batasan Masalah.....   | 6    |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                                      | 6    |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                                     | 6    |
| 1.6 Sistematika Penulisan Laporan .....                          | 7    |
| BAB II KAJIAN LITERATUR.....                                     | 8    |
| 2.1 Kajian Deduktif.....   | 8    |
| 2.2.1 Konsep <i>Lean Manufacturing</i> .....                     | 8    |
| 2.2.2 Konsep <i>Six-Sigma</i> .....                              | 11   |
| 2.2.3 Konsep <i>Lean Six-Sigma</i> .....                         | 13   |
| 2.2.4 <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i> .....       | 13   |
| 2.2.5 <i>Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA)</i> ..... | 16   |
| 2.2.6 <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i> .....            | 18   |
| 2.2.7 <i>Fuzzy- Analytical Hierarchy Process (F-AHP)</i> .....   | 21   |
| 2.2 Kajian Induktif .....  | 22   |
| BAB III METODE PENELITIAN .....                                  | 32   |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 3.1  | Objek Penelitian .....                                   | 32        |
| 3.2  | Metode Pengumpulan Data .....                            | 32        |
| 3.2.1  | Sumber Data .....  | 32        |
| 3.2.2  | Pengumpulan Data.....                                    | 33        |
| 3.3  | Diagram Alur Penelitian .....                            | 35        |
| <b>BAB VI PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....</b> |  | <b>40</b> |
| 4.1  | Pengumpulan Data .....                                   | 40        |
| 4.1.1  | Profil Perusahaan.....                                   | 40        |
| 4.1.2  | Produk yang Dihasilkan .....                             | 41        |
| 4.1.3  | Proses Produksi .....                                    | 43        |
| 4.1.4  | Data Jumlah Produksi.....                                | 43        |
| 4.1.5  | Data Jumlah Cacat .....                                  | 44        |
| 4.1.6  | Data Jenis Cacat .....                                   | 46        |
| 4.2  | Pengolahan Data.....                                     | 48        |
| 4.2.1  | <i>Define</i> .....                                      | 48        |
| 4.2.2  | <i>Measure</i> .....                                     | 48        |
| 4.2.2.1  | Perhitungan Nilai DPMO dan Nilai Sigma.....              | 48        |
| 4.2.3  | <i>Analyze</i> .....                                     | 51        |
| 4.2.3.1  | Diagram Pareto .....                                     | 51        |
| 4.2.3.2  | <i>Cause Effect Diagram</i> .....                        | 53        |
| 4.2.3.3  | Perhitungan MAFMA.....                                   | 55        |
| <b>BAB V PEMBAHASAN.....</b>                       |  | <b>68</b> |
| 5.2  | Pengolahan Data.....                                     | 68        |
| 5.2.1  | <i>Define</i> .....                                      | 68        |
| 5.2.2  | <i>Measure</i> .....                                     | 68        |
| 5.2.2.1  | Perhitungan Nilai DPMO.....                              | 68        |
| 5.2.2.2  | Nilai Sigma .....  | 69        |
| 5.2.3  | <i>Analyze</i> .....                                     | 70        |
| 5.2.3.1  | Analisis Diagram Pareto .....                            | 70        |
| 5.2.3.2  | <i>Cause and Effect Diagram</i> .....                    | 71        |
| 5.2.3.3  | Susunan Hierarki MAFMA .....                             | 72        |
| 5.2.3.4  | Analisis Hasil <i>Failure Mode Effect Analysis</i> ..... | 72        |
| 5.2.3.5  | Perhitungan Bobot Kriteria dengan <i>Fuzzy-AHP</i> ..... | 74        |

|  |    |
|--|----|
| 5.2.3.6 Mencari <i>Local Priority Expected Cost</i> .....                  | 74 |
| 5.2.3.7 Peringkat Penyebab <i>Defect Muke</i> Permukaan dengan MAFMA ..... | 75 |
| 5.2.3.8 Perbandingan FMEA dan MAFMA .....                                  | 76 |
| 5.2.4 <i>Improve</i> .....   | 77 |
| 5.3 Kelemahan Dalam Penelitian .....                                       | 78 |
| BAB VI PENUTUP .....   | 80 |
| 6.1 Kesimpulan .....   | 80 |
| 6.2 Saran.....   | 81 |
| DAFTAR PUSTAKA .....   | 82 |
| LAMPIRAN.....  | 86 |



## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.2 Motorola's Six-Sigma Process .....                               | 12 |
| Tabel 2.3 Rating dan Kriteria <i>Severity</i> .....                        | 14 |
| Tabel 2.4 Rating dan Kriteria <i>Occurrence</i> .....                      | 15 |
| Tabel 2.5 Rating dan Kriteria <i>Detection</i> .....                       | 16 |
| Tabel 2.6. Intensitas Kepentingan.....                                     | 20 |
| Tabel 2.7. Nilai <i>Random Index</i> .....                                 | 21 |
| Tabel 2.8. Konversi Skala AHP menjadi <i>Triangular Fuzzy Number</i> ..... | 22 |
| Tabel 2.1 Kajian Induktif.....   | 28 |
| Tabel 4.1. Data Produksi UP Warna Periode 196.....                         | 44 |
| Tabel 4.2. Data <i>Defect Output Spray</i> Periode 196.....                | 45 |
| Tabel 4.3. Jumlah <i>Defect</i> Periode 196 .....                          | 45 |
| Tabel 4.4. DPMO Periode 196.....   | 49 |
| Tabel 4.5. level Sigma pada Periode 196.....                               | 50 |
| Tabel 4.6. Analisis <i>Cummulative</i> cacat .....                         | 51 |
| Tabel 4.7 Penyebab Terjadinya <i>Defect</i> Muke Permukaan.....            | 53 |
| Tabel 4.8. Hasil Kuesioner FMEA .....                                      | 56 |
| Tabel 4.9. Hasil Perhitungan FMEA .....                                    | 57 |
| Tabel 4.10. Hasil Perbandingan Berpasangan Kriteria .....                  | 58 |
| Tabel 4.11. Konversi <i>Triangular Fuzzy Number</i> .....                  | 58 |
| Tabel 4.12 Bobot Empat Kriteria.....                                       | 59 |
| Tabel 4.13. Kode <i>Potential Failure</i> .....                            | 59 |
| Tabel 4.14 Hasil Kuesioner Perbandingan Berpasangan.....                   | 59 |
| Tabel 4.15 Konversi <i>Triangular Fuzzy Number</i> .....                   | 61 |
| Tabel 4.16 <i>Local Priority Expected Cost</i> .....                       | 62 |
| Tabel 4.17. <i>Local Priority Severity</i> .....                           | 62 |
| Tabel 4.18 <i>Local Priority Occurrence</i> .....                          | 63 |
| Tabel 4.19 <i>Local Priority Detection</i> .....                           | 63 |
| Tabel 4.20 <i>Local Priority</i> .....                                     | 64 |
| Tabel 4.21 <i>Global Priority Severity</i> .....                           | 64 |
| Tabel 4.22 <i>Global Priority Occurence</i> .....                          | 65 |

|   |    |
|---|----|
| Tabel 4.23 <i>Global Priority Detection</i> .....     | 65 |
| Tabel 4.24 <i>Global Priority Expected cost</i> ..... | 66 |
| Tabel 4.25 <i>Global Priority</i> .....               | 66 |
| Tabel 4.26 <i>Total Priority</i> .....                | 67 |
| Tabel 4.27 <i>Priority</i> .....                      | 67 |
| Tebel 5.1 Perbandingan FMEA dan MAFMA .....           | 76 |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1.1. Grafik Persentase Produk <i>Defect</i> dengan Total Produksi .....        | 3  |
| Gambar 1.2. Grafik Persentase <i>defect</i> dengan total produksi kabinet UP .....    | 3  |
| Gambar 2.1. Metode <i>Lean Production</i> .....                                       | 10 |
| Gambar 2.2. Distribusi Normal Six-sigma Motorola .....                                | 12 |
| Sumber : (Gasperz, 2002) .....  | 12 |
| Gambar 2.3. Hierarki MAFMA .....  | 17 |
| Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian .....  | 35 |
| Gambar 4.1. Upright Piano .....   | 41 |
| Sumber : id.yamaha.com .....  | 41 |
| Gambar 4.2. Grand Piano .....   | 42 |
| Sumber : Sumber : id.yamaha.com .....   | 42 |
| Gambar 4.3. Proses Produksi Kabinet UP Warna di <i>Spray CarHaul Factory 2.</i> ..... | 43 |
| Gambar 4.4. Grafik DPMO Periode 196 .....   | 49 |
| Gambar 4.5. Grafik level Sigma pada Periode 196 .....                                 | 50 |
| Gambar 4.6. Diagram Pareto .....  | 52 |
| Gambar 4.7. Muke Permukaan.....   | 52 |
| Gambar 4.8. <i>Cause Effect Diagram</i> Muke Permukaan .....                          | 53 |
| Gambar 4.9. Hierarki Muke Permukaan .....   | 55 |
| Gambar 5.1 Grafik Perbandingan DPMO dan Level Sigma .....                             | 70 |
| Gambar 5.2 Grafik Perbandingan FMEA dan MAFMA .....                                   | 76 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Kualitas dan produktivitas merupakan 2 hal yang sering menjadi pembahasan dalam proses produksi, menurut Prawirosentono (2007) kualitas produk merupakan keadaan fisik, fungsi, dan sifat suatu produk yang dapat memenuhi selera serta kebutuhan konsumen dengan memuaskan sesuai nilai uang yang telah dikeluarkan sedangkan menurut Goetsch dan Davis pada 1995 kualitas merupakan suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses, dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan, dari 2 pengertian kualitas yang dijelaskan oleh Prawirosentono dan Goetsch dapat disimpulkan bahwa kualitas produk merupakan keadaan fisik, fungsi dan sifat suatu produk, pelayanan, orang proses, serta lingkungan untuk memenuhi selera serta kebutuhan sehingga memberikan kepuasan terhadap konsumen sesuai atau melebihi dengan nilai yang dibayarkan. Sedangkan Produktivitas mengandung dua konsep utama yaitu efisiensi dan efektivitas. Efisiensi yaitu mengukur tingkat sumber daya, baik manusia, keuangan, , maupun alam yang dibutuhkan untuk memenuhi tingkat pelayanan yang dikehendaki. Efektivitas yaitu mengukur hasil dan mutu pelayanan

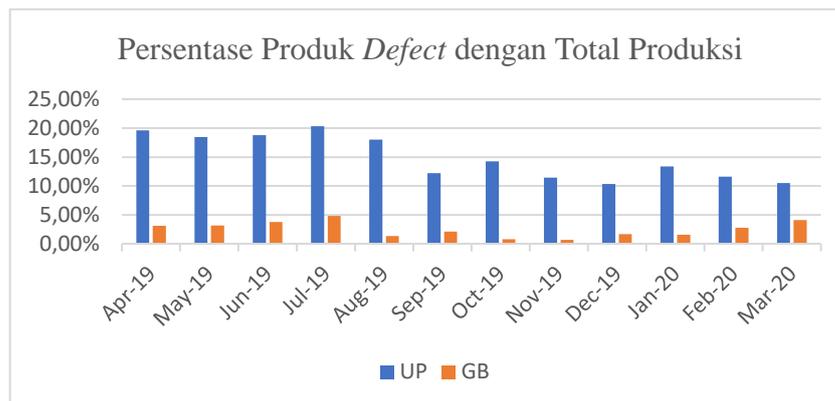
Peningkatan kualitas dan produktivitas harus dilakukan dengan bersamaan tanpa mengorbankan salah satunya, manajemen perusahaan harus mampu melakukan hal tersebut karena dengan menekankan peningkatan produktivitas akan mengorbankan kualitas yang pada akhirnya akan menurunkan *output* produksi sedangkan dengan melakukan peningkatan kualitas saja akan menyebabkan biaya operasional yang yang tinggi. Dengan melakukan keduanya secara bersamaan dapat meningkatkan keuntungan

dari biaya produksi yang lebih rendah dan mengurangi biaya *rework* sehingga dapat meningkatkan *profit* serta kepuasan pelanggan.

Untuk meningkatkan kualitas produk dapat dilakukan dengan cara menjaga kestabilan proses, sehingga dapat meminimasi produk cacat dalam produksi, produk cacat merupakan produk yang tidak memenuhi standar spesifikasi yang ditetapkan, untuk dapat memenuhi standar spesifikasi perusahaan harus melakukan perbaikan Kembali yang pada akhirnya akan memunculkan biaya *rework*. dengan meningkatkan efektivitas pada produksi akan semakin meningkatkan efisiensi

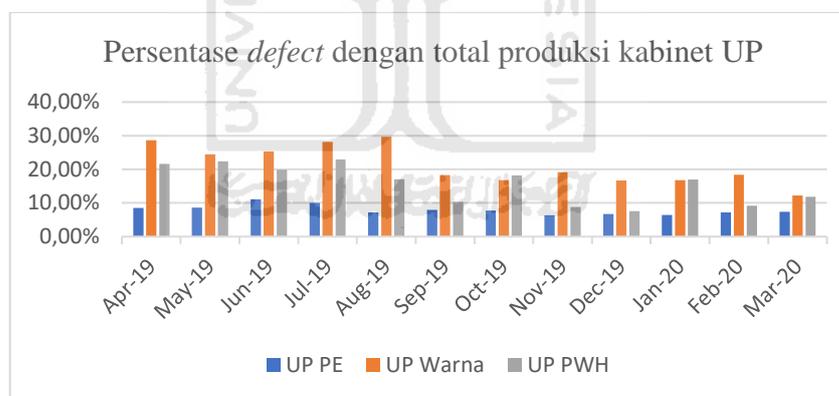
PT Yamaha Indonesia merupakan salah satu perusahaan yang menghasilkan produk alat musik piano. Piano yang dihasilkan terbagi menjadi 2 jenis piano yaitu *upright piano* dan *grand piano* dengan berbagai varian model dan warna. *Upright piano* merupakan piano yang memiliki *sound board* dengan posisi tegak/vertical sedangkan *Grand piano* merupakan piano yang memiliki *sound board* dengan posisi horizontal. Untuk dapat bertahan di tengah persaingan pasar, PT Yamaha Indonesia sangat memperhatikan kualitas produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, kualitas menjadi aspek yang sangat penting dalam perusahaan. Selain itu, dengan tingginya jumlah *defect* perusahaan juga mengalami kerugian dalam hal biaya dan waktu produksi, dengan mengurangi jumlah *defect* perusahaan otomatis akan meningkatkan produktivitas produksi.

Terdapat 3 departemen produksi di PT.Yamaha Indonesia yaitu Departemen *wood working*, *painting*, dan *assembly*, pada departemen *painting* terbagi dari beberapa bagian, 1) bagian sanding dasar, merupakan bagian yang melakukan pengamplasan pada bagian sisi setelah dilapisi *baker* agar cat tidak meresap kedalam kayu 2) bagian *spray* merupakan bagian untuk pengecatan Kabinet sesuai warna 3) bagian *sanding-buffing* merupakan bagian untuk pengamplasan akhir dan pengilapan Kabinet. Bagian *spray* merupakan bagian yang sangat krusial karena memiliki peranan penting dalam penjaminan mutu produk yang akan mempengaruhi kualitas produksi pada tahap selanjutnya,



Gambar 1.1. Grafik Persentase Produk *Defect* dengan Total Produksi

Dilihat dari gambar 1.1 yang merupakan grafik Persentase Produk *Defect* dengan Total Produksi pada periode 196 ( April 2019 – Maret 2020) hasil *output spray* dapat disimpulkan bahwa rata persentase *defect* pada Kabinet *upright piano* lebih besar daripada Kabinet *grand piano* yaitu sebesar 14,19% pada Kabinet *upright piano* dan 2,49% pada Kabinet *grand piano*, sehingga perbaikan pada proses Kabinet *upright piano* perlu menjadi perhatian dalam mengurangi jumlah produk *defect*. Pada Kabinet *upright piano* terdapat 3 tipe warna yaitu *polish ebony*, *polish white*, *polish warna*.



Gambar 1.2. Grafik Persentase *defect* dengan total produksi kabinet UP

Pada gambar 1.2 terdapat grafik persentase *defect* dengan total produksi pada Kabinet UP dapat disimpulkan bahwa Kabinet UP warna rata-rata memiliki persentase *defect* paling besar dibanding *polish Ebony (PE)* dan *polish White (PWH)* yaitu sebesar 21,22% pada UP warna sedangkan UP PE sebesar 7,94% dan 15,57% pada UP PWH. Makadari itu Kabinet PE Warna perlu dilakukan focus dalam analisis dan perbaikan proses pada bagian *Spray* dikarenakan menjadi penyumbang produk *defect* terbesar dari produksi Kabinet UP.

Masih banyaknya jumlah produk *defect* yang dihasilkan dari proses produksi Kabinet UP warna menandakan masih perlunya upaya untuk peningkatan standar kualitas dengan melakukan pengendalian kualitas yang tepat, mempunyai tahapan dan tujuan yang jelas, menemukan solusi serta melakukan inovasi dalam menyelesaikan masalah. Pengendalian kualitas membantu perusahaan meningkatkan nilai kualitas produk sehingga dapat tercapai *zero defect*, sehingga dapat menekan terjadinya pemborosan dari segi material maupun tenaga kerja yang akhirnya dapat meningkatkan produktifitas.

Dalam menyelesaikan masalah *defect* produk tersebut dilakukan dengan metode *lean six-sigma* yang diharapkan dapat membantu perusahaan dalam mengurangi tingkat produk cacat yang terjadi dalam proses produksi, menurut Gaspersz dan Gavin pada tahun 2008 *lean manufacturing* merupakan upaya terus menerus untuk menghilangkan *waste* atau aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dan meningkatkan nilai tambah dari produk yang dihasilkan. Sedangkan *six sigma* menurut Herry dan Schroeder pada tahun 2006 adalah metode yang sistematis dimana menggunakan pengumpulan data dan analisis statistik untuk menemukan sumber-sumber variasi dan cara menghilangkannya. Sehingga menurut Gaspersz pada tahun 2011 kombinasi antara *lean* dan *six sigma* dapat menjadi suatu pendekatan yang digunakan mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah dan menghilangkan pemborosan untuk mencapai keunggulan sebuah produk dengan menghilangkan kecacatan pada proses produksi.

Salah satu metode yang digunakan dalam analisis penyebab terjadinya *defect* produk yaitu *Multi Attribute Failure Mode Analysis* (MAFMA), Metode tersebut merupakan pengembangan dari metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang menambahkan aspek ekonomi. Menurut Kristyanto, et al (2015) Pengembangan tersebut untuk mengatasi kelemahan yang terdapat pada FMEA. Dalam mencari penyebab kegagalan yang paling signifikan untuk dikontrol, FMEA mempertimbangkan dari 3 kriteria saja yaitu *severity*, *occurence*, dan *detectability*. Namun ada satu faktor utama yang tidak kalah penting untuk dimasukkan yaitu pertimbangan ekonomi, Menurut Vaughan (1997) ketiadaan pertimbangan aspek ekonomi menjadi salah satu kelemahan FMEA. Aspek ekonomi tersebut perlu ditambahkan karena berkaitan dengan *efisiensi* penggunaan sumber daya yang khususya dalam melaksanakan *rework* kepada produk

*defect*. semakin banyak produk *defect* maka semakin banyak biaya yang keluar untuk perbaikan. MAFMA merupakan metode yang menggabungkan antara metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), Metode MAFMA mempertimbangkan bobot kriteria untuk menganalisis penyebab kegagalan sehingga peringkat penyebab kegagalan tersebut dapat dianalisis dan dievaluasi berdasarkan pertimbangan bobot kriteria tersebut (Braglia, 2000). Untuk menghitung bobot kriteria pada metode MAFMA digunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Fuzzy Logic* sebagai metode dalam penentuan bobot untuk keempat atribut yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detectability* dan *expected cost* untuk mengetahui penyebab kegagalan potensial. AHP digunakan karena merupakan suatu metode yang praktis yang dikembangkan untuk kasus-kasus yang mempunyai berbagai tingkat (hirarki) analisis. Metode ini adalah suatu cara praktis untuk mengatasi bermacam hubungan fungsional pada suatu jaringan yang kompleks. Metode ini menggunakan perbandingan secara berpasangan, menghitung faktor pembobot, dan menganalisisnya sehingga menghasilkan prioritas relatif di antara alternatif yang ada. namun metode AHP terdapat kekurangan yaitu penilaian cenderung subjektif maka dari itu, Penggunaan *fuzzy logic* digunakan untuk mengurangi subjektivitas dalam pemberian pembobotan pada kriteria dan *expected cost*.

Dengan penelitian ini diharapkan dapat mengetahui nilai level *sigma* terhadap produk cacat yang dihasilkan pada proses produksi dan dilanjutkan dengan analisis untuk mengetahui faktor yang menyebabkan terjadinya produk cacat serta menemukan solusi untuk mengurangi resiko dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diangkat berdasarkan latar belakang dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa nilai level *sigma* pada bagian *Spray Carhaul* terhadap produk cacat yang dihasilkan pada produksi *Upright Piano* (UP) warna ?
2. Faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya *defect* pada kabinet *Upright Piano* (UP) warna?
3. Berapa nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dan bagaimana solusi yang dapat diberikan untuk mengurangi kabinet *defect* tersebut?

### 1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan pada skripsi ini tidak melebar, terdapat beberapa batasan-batasan yang diberikan, antara lain sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Departemen Sanding balikan *factory 2*.
2. Jenis kabinet yang digunakan adalah Kabinet *upright piano* warna ( *Polish Ebony* dan *Polish American Wallnuts*).
3. Jenis cacat yang digunakan adalah jenis cacat yang sering terjadi.
4. Data cacat yang digunakan yaitu pada periode 196 ( April 2019 – Maret 2020).
5. Penggunaan DMAIC hanya sampai pada usulan rencana perbaikan.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui nilai level sigma pada bagian *Spray Carhaul* terhadap produk cacat yang dihasilkan.
2. Untuk mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya produk cacat pada bagian *Spray Carhaul*.
3. Untuk memberikan usulan dan rekomendasi kepada bagian *Spray Carhaul* dalam rangka mengurangi produk cacat.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat penelitian ini.

1. Memberikan kepada perusahaan pertimbangan bagi perusahaan dalam proses pengambilan keputusan dalam upaya mengurangi jumlah cacat dengan mengetahui faktor penyebab potensial yang menyebabkan cacat produk untuk meningkatkan kualitas produk sehingga perusahaan dapat bersaing dengan competitor.
2. Menunjang kemampuan perusahaan untuk mengolah dan memanfaatkan data sebagai landasan/dasar alasan dalam setiap diskusi penyelesaian masalah atau pengambilan keputusan terkait perkembangan bisnis perusahaan.
3. Memberikan tambahan wawasan dan informasi sebagai bahan rujukan penelitian selanjutnya di masa yang akan datang.

## 1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Berikut merupakan struktur penyusunan sistematika penulisan tugas akhir ini.

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Membuat kajian singkat tentang latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penelitian

### **BAB 2 KAJIAN LITERATUR**

Berisi tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian. Disamping itu juga untuk memuat uraian tentang hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh peneliti lain yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Mengandung uraian tentang kerangka dan bagan alir penelitian, teknik yang dilakukan, model yang dipakai, pembangunan dan pengembangan model, bahan atau materi, alat, tata cara penelitian dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai.

### **BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada sub bab ini berisi tentang data yang diperoleh selama penelitian dan bagaimana menganalisa data tersebut. Hasil pengolahan data ditampilkan baik dalam bentuk tabel maupun grafik. Yang dimaksud dengan pengolahan data juga termasuk analisis yang dilakukan terhadap hasil yang diperoleh. Pada sub bab ini merupakan acuan untuk pembahasan hasil yang akan ditulis pada sub bab V yaitu pembahasan hasil.

### **BAB 5 PEMBAHASAN**

Melakukan pembahasan hasil yang diperoleh dalam penelitian, dan kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian sehingga dapat menghasilkan sebuah rekomendasi.

### **BAB 6 KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**

Berisi tentang kesimpulan terhadap analisis yang dibuat dan rekomendasi atau saran-saran atas hasil yang dicapai dan permasalahan yang ditemukan, sehingga perlu dilakukan rekomendasi untuk dikaji pada penelitian lanjutan.

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## BAB II

### KAJIAN LITERATUR

Kajian literatur menjelaskan mengenai landasan teori yang digunakan dalam melakukan penelitian. Kajian deduktif dalam penelitian ini mencakup konsep *lean manufacturing*, *six-Sigma*, *Lean Six-Sigma*, *Defect product*, *FMEA*, *MAFMA*, konsep *fuzzy AHP*. Selain itu juga akan dilakukan kajian induktif mengenai penelitian penelitian sebelumnya yang sudah pernah dilakukan dan serupa dengan penelitian ini.

#### 2.1 Kajian Deduktif

Pada kajian Deduktif dibahas mengenai teori-teori yang mendukung dalam penelitian ini. Teori-teori tersebut diambil dari literatur berupa buku-buku karangan para pakar. Berikut merupakan kajian-kajian yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini.

##### 2.2.1 Konsep *Lean Manufacturing*

Menurut Gaspersz (2008) *lean* merupakan suatu upaya terus menerus ( *continuous improvement effort*) untuk menghilangkan pemborosan (*waste*), meningkatkan nilai tambah (*value added*) pada produk atau jasa dan pada akhirnya memberikan nilai tambah kepada pelanggan. Adapun *Lean Manufacturing* menurut Monden (2011) dapat didefinisikan sebagai pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan melalui perbaikan yang dilakukan secara berkesinambungan dengan aliran produk berdasarkan kehendak konsumen dalam mengejar kesempurnaan.

Menurut Gaspersz (2008) terdapat lima prinsip dasar *lean* yaitu :

1. Mengidentifikasi nilai produk (barang dan/jasa) berdasarkan prespektif pelanggan, dimana pelanggan menginginkan produk (barang/jasa) berkualitas superior, dengan harga yang kompetitif pada pelayanan yang tepat waktu.
2. Mengidentifikasi *value stream process mapping* (pemetaan proses pada *value stream*) untuk setiap produk (barang/jasa).
3. Menghilangkan pemborosan yang tidak bernilai tambah dari semua aktivitas sepanjang *value stream*.
4. Mengorganisasikan agar material, informasi, dan produk itu mengalir secara lancar dan efisien sepanjang proses *value stream* menggunakan sistem tarik (*pull system*).
5. Mencari terus menerus berbagai teknik dan alat-alat peningkatan untuk mencapai keunggulan dan peningkatan terus menerus.

Menurut Gaspersz (2008) Pemborosan (*waste*) merupakan segala aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses mengubah input menjadi output sepanjang *value stream*. Menurut Khalil & AbuShaaban ada tujuh jenis *waste* yang tidak menambah nilai yaitu :

1. *Overproduction* yaitu melakukan produksi melebihi dari permintaan kostumer atau memproduksi lebih cepat sebelum dibutuhkan.
2. *Inventory* yaitu memiliki simpanan *raw materials*, *work in process* serta produk yang sudah jadi secara berlebih. Nilai *inventory* yang tinggi akan menyebabkan biaya simpan yang tinggi serta meningkatkan kemungkinan barang rusak dalam penyimpanan.
3. *Transportation* merupakan perpindahan material yang tidak menambah nilai terhadap produk, sebagai contoh perpindahan material antar stasiun kerja. Perpindahan antar proses dapat menambah waktu produksi serta menyebabkan ruang kerja dan operator menjadi tidak efisien.
4. *Waiting* merupakan proses menunggu antar proses yang menyebabkan *idle time* pada stasiun kerja yang menyebabkan *bottlenecks* pada proses produksi.
5. *Motion* yaitu Gerakan fisik oleh pekerja yang tidak termasuk dalam Gerakan sebenarnya dalam proses seperti mencari alat dan melakukan Gerakan yang tidak ergonomis.

- 6. *Overprocessing* yaitu Dapat berupa produksi barang – barang yang belum dipesan atau produk yang diproduksi lebih banyak daripada yang dipesan atau dijual.
- 7. *Defect* Dapat berupa ketidaksempurnaan produk, kurangnya tenaga kerja pada saat proses berjalan, adanya proses pengerjaan ulang (*rework*) dan klaim dari pelanggan.

Sistem produksi yang menerapkan *lean Manufacturing* dalam mengurangi *waste* pada proses produksi yang dapat meningkatkan produktivitas dari system produksi. Konsep *lean manufacturing* akan menciptakan suatu system produksi yang cepat dan menghasilkan kualitas produk yang baik dan sesuai dengan keinginan konsumen, yaitu dengan menggunakan konsep *lean six-sigma*. Berdasarkan penelitian oleh Matt & Rauch (2013), terdapat 43 metode atau alat dari *lean production* yang dapat diimplementasikan pada suatu industri dengan skala industry yang berbeda. 43 metode dalam *lean production* tersebut terangkum dalam gambar 2.1.

| Type                            | Lean Production methods             | micro | small | medium | large |
|---------------------------------|-------------------------------------|-------|-------|--------|-------|
| Machinery and equipment         | Low Cost Automation                 | ●     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | OEE Overall Equipment Effectiveness | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Preventive Maintenance              | ●     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Setup Time Reduction (SMED)         | ●     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Total Productive Maintenance        | ○     | ●     | ●      | ●     |
| Material flow and layout        | Cellular Manufacturing              | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | First in first out (FIFO)           | ●     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | One-piece-flow                      | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Simulation software (e.g. MatFlow)  | ○     | ○     | ●      | ●     |
|                                 | Optimization of the supply chain    | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Value Stream Mapping                | ○     | ●     | ●      | ●     |
| Organization and staff          | Work station design                 | ●     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | 5S                                  | ●     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Autonomous work groups              | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Benchmarking                        | ●     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Ideas Management                    | ●     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Job rotation                        | ●     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Lean Office (Administration)        | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Kaizen (CIP-Meetings)               | ●     | ●     | ●      | ●     |
| Production planning and control | Standardisation                     | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Just in Sequence                    | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Just in Time                        | ●     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Kanban                              | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Line Balancing and Muda reduction   | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Milkrun                             | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | PPS Simulation software             | ○     | ○     | ●      | ●     |
|                                 | Economic (optimal) lot size         | ○     | ●     | ●      | ●     |
| Quality                         | Visual Management                   | ●     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | FMEA                                | ○     | ○     | ●      | ●     |
|                                 | Poka Yoke                           | ●     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Quality Circles                     | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Quality Function Deployment         | ○     | ○     | ●      | ●     |
|                                 | Six-Sigma                           | ○     | ○     | ●      | ●     |
|                                 | Statistical Process Control (SPC)   | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Supplier Development                | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Total Quality Management            | ○     | ●     | ●      | ●     |
|                                 | Zero Defect (Jidoka)                | ○     | ●     | ●      | ●     |

○      ◐      ◑      ●      ●  
 unsuitable    less suitable    suitable    well suitable    very suitable

Gambar 2.1. Metode *Lean Production*

Sumber : (Matt & Rauch, 2013)

Dari 43 *tools* yang digunakan dari *lean production methods* yang terangkum pada gambar 2.1. *six-sigma* dan FMEA merupakan *tools* yang baik digunakan untuk industri dalam skala besar, maka dari itu PT.YAMAHA INDONESIA sebagai industry yang memiliki skala produksi yang besar cocok untuk menerapkan *tools* tersebut sebagai upaya meminimasi jumlah *defect* produk sehingga meningkatkan kualitas produk dan produktivitas.

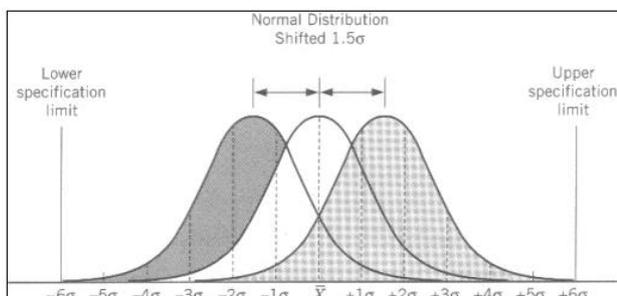
### 2.2.2 Konsep *Six-Sigma*

Menurut Gasperz (2002) *Six Sigma* merupakan system yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan, dan memaksimalkan sukses bisnis. *Six sigma* dikendalikan oleh pemahaman yang kuat terhadap kebutuhan pelanggan, pemakaian yang disiplin terhadap fakta, data, data, dan analisis statistic serta memperhatikan secara cermat untuk mengelola, memperbaiki, dan menanamkan Kembali proses bisnis.

Menurut Gasperz (2002) Pelanggan akan puas apabila menerima nilai yang diharapkan. Produk (barang/jasa) Untuk mencapai tingkat kualitas *six sigma* maka perusahaan haru mencapai 3,4 kegagaan untuk setiap satu juta kesempatan. Dengan demikian *Six Sigma* dapat dijadikan ukuran target kinerja sistem industri, tentang bagaimana baiknya suatu proses transaksi produk antara pemasok (industri) dan pelanggan (pasar). Semakin tinggi target sigma yang dicapai, maka kinerja sistem industri akan semakin baik. sehingga semakin tinggi *sigma* maka semakin lebih baik. *Six Sigma* juga dapat dianggap sebagai strategi terobosan yang memungkinkan perusahaan melakukan peningkatan luar biasa (dramatik) di tingkat bawah. *Six Sigma* juga dapat dipandang sebagai pengendalian proses industri berfokus pada pelanggan, melalui memperhatikan kemampuan proses (*process capability*).

Menurut Gasperz (2002) *Six sigma* awalnya diimplementasikan oleh Motorola sejak tahun 1986, Motorola menerapkan *six sigma* kurang lebih selama 10 tahun dan telah mampu mencapai tingkat kualitas 3,4 DPMO *defect per million opportunities* sehingga *six sigma* dapat menajadi Teknik pengendalian dan peningkatan kualitas dramatic dalam bidang manajemen kualitas. Pendekatan *Motorola's Six sigma process control* mengizinkan adanya pergeseran nilai rata-rata (*Mean*) setiap CTQ individual dari proses

industri bergeser sebesar 1,5 *sigma* dari nilai spesifikasi target kualitas yang diinginkan oleh pelanggan, sehingga akan menghasilkan 3,4 DPMO. Konsep *six sigma* motorola dengan distribusi normal bergeser 1,5-sigma, ditunjukkan gambar 2.2.



Gambar 2.2. Distribusi Normal Six-sigma Motorola

Sumber : (Gasperz, 2002)

Table 2.2 menjelaskan presentase serta jumlah kegagalan untuk 1juta produk yang diproduksi.

Tabel 2.2 Motorola's Six-Sigma Process

| <i>Motorola's Six-Sigma Process (Normal Distribution Shifted 1.5-sigma)</i> |  |  |
|---|--|--|
| <b>Batas Spesifikasi (LSL – USL)</b>  | Persentase yang memenuhi spesifikasi (LSL – USL) | DPMO (kegagalan/cacat per sejuta kesempatan) |
| <b>1 sigma</b>  | 30,8538%   | 691.462                                      |
| <b>2 sigma</b>  | 69,1462%   | 308.538                                      |
| <b>3 sigma</b>  | 93,3193%   | 66.807                                       |
| <b>4 sigma</b>  | 99,3790%   | 6.210  |
| <b>5 sigma</b>  | 99,9767%   | 233  |
| <b>6 sigma</b>  | 99,99966%  | 3,4  |

Tahapan implementasi pengendalian kualitas *six sigma* menggunakan metode DMAIC. DMAIC adalah sebuah siklus perbaikan yang berbasis kepada data digunakan untuk meningkatkan, mengoptimalkan dan menstabilkan proses bisnis suatu perusahaan. Menurut Gasperz (2002), tahap-tahap implementasi peningkatan kualitas dengan *six*

*sigma* terdiri dari lima Langkah yang menggunakan tahapan *Define-Measure-Analysis-Improve-Control*.

### 2.2.3 Konsep *Lean Six-Sigma*

Menurut Gasperz (2008) *Lean Six sigma* merupakan suatu kombinasi antara *lean* dan *six sigma* yang dapat didefinisikan sebagai suatu filosofi bisnis, pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*) atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah melalui peningkatan terus-menerus radikal untuk mencapai tingkat enam sigma, dengan cara mengalirkan produk dan informasi menggunakan sistem tarik (*Pull*) dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan berupa hanya memproduksi 3,4 produk cacat untuk setiap satu juta kesempatan atau produksi. Integrasi antara *lean* dan *six sigma* akan meningkatkan kinerja bisnis serta industri melalui peningkatan kecepatan dan akurasi. Pendekatan *lean* bertujuan menyingkapkan *Non Value Added* dan *Value Added* serta membuat *Value Added* mengalir secara lancar sepanjang *value stream processes*, sedangkan *six sigma* akan mereduksi variasi *Value Added* tersebut.

### 2.2.4 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Menurut *Automotive Industry Action Group* (AIAG) FMEA adalah metode analisis untuk memastikan masalah potensial teridentifikasi dan dikenali sepanjang pengembangan proses dan produk. Menurut Omdahl dan *American Society for Quality Control* (ASQC), FMEA adalah sebuah Teknik untuk mendefinisikan, mengenali serta mungurangi kegagalan yang terjadi atau potensial terjadi pada sebuah system, desain, proses, dan service sebelum mencapai ke konsumen. Dari dua definisi FMEA yang telah dipaparkan dapat disimpulkan bahwa FMEA merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi serta menganalisis suatu kegagalan untuk mencari penyebab dan menghindari kegagalan tersebut.

FMEA dikenalkan pada tahun 1949 pada bidang militer. Setelah itu FMEA dikembangkan oleh boeing pada 1956 dan diadaptasi oleh industry otomotif sebagai *tool*

untuk meningkatkan kualitas dari produk yang diproduksi. Sebab FMEA adalah *tool* yang *powerfull*, sistematis serta efisien untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi kegagalan yang terjadi. (Ilyas Mzougui, 2019)

Menurut Chrysler (1995) terdapat beberapa tujuan dalam penerapan FMEA yaitu:

1. Mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat pengaruh efek dari mode kegagalan tersebut.
2. Mengidentifikasi karakteristik kritis dan signifikan,
3. Mengurutkan pesanan desain potensial dan defisiensi proses.
4. Membantu teknisi untuk focus dalam mengurangi perhatian terhadap produk dan proses dalam membantu mencegah terjadinya masalah.

Dalam penerapan metode FMEA didapat nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang merupakan hasil dari perkalian antara *Severity*, *Ocurance*, dan *Detection* yang diberikan berupa penilaian yang berbentuk skala. dimana semakin besar nilai maka semakin dominan dan dijadikan prioritas penyelesaian. Pengukuran dalam ambang batas RPN tidak disarankan dipraktekkan untuk menentukan kebutuhan akan tindakan. Nilai RPN diasumsikan sebagai ukuran resiko relative dan perbaikan yang berkelanjutan. Berikut merupakan definisi secara lebih rinci oleh Gasperz (2002).

#### 1. *Severity*

*Severity* atau tingkat keparahan untuk mengetahui seberapa besar dampak yang terjadi akibat suatu kegagalan yang terjadi. Pada tabel 2.3 merupakan definisi untuk setiap level dalam penilaian *severity*.

Tabel 2.3 Rating dan Kriteria *Severity*

| Rating | Kriteria  |
|--------|---|
| 1      | <i>Negligible severity</i> (Pengaruh buruk yang dapat diabaikan) kita tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Konsumen mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan ini |
| 2,3    | <i>Mild severity</i> (Pengaruh buruk yang ringan). Akibat yang ditimbulkan akan bersifat ringan, konsumen tidak akan  |

---

|              |   |
|--------------|---|
|              | merasakan perubahan kinerja. Perbaikan dapat dikerjakan pada saat pemeliharaan reguler.   |
| <b>4,5,6</b> | <i>Moderate severity</i> (pengaruh buruk yang moderate). Konsumen akan merasakan penurunan kualitas, namun masih dalam batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan tidak mahal dan dapat selesai dalam waktu singkat. |
| <b>7,8</b>   | <i>High severity</i> (Pengaruh buruk yang tinggi). Konsumen akan merasakan penurunan kualitas yang berada diluar batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan sangat mahal   |
| <b>9,10</b>  | <i>Potential severity</i> (Pengaruh buruk yang sangat tinggi). akibat yang ditimbulkan sangat berpengaruh terhadap kualitas lain, konsumen tidak akan menerimanya   |

---

## 2. *Occurrence*

Pada tahap *Occurrence*, dilakukan pengukuran tingkat kejadian dari terjadinya suatu kegagalan. Tingkat kejadian diukur berdasarkan seberapa sering kejadian tersebut terjadi. Pada table 2.4 merupakan definisi untuk setiap level dalam penilaian *occurrence*.

Tabel 2.4 Rating dan Kriteria *Occurrence*

| <b>Ranking</b> | <b>Kriteria</b>                                    | <b>kejadian</b> |
|----------------|--|-----------------|
| <b>1</b>       | Tidak mungkin penyebab ini mengakibatkan Kegagalan | 1/1000000       |
| <b>2</b>       | Kegagalan akan jarang terjadi                      | 1/200000        |
| <b>3</b>       |  | 1/40000         |
| <b>4</b>       | Kegagalan agak mungkin terjadi                     | 1/10000         |
| <b>5</b>       |  | 1/4000          |
| <b>6</b>       |  | 1/80            |
| <b>7</b>       | Kegagalan sangat mungkin terjadi                   | 1/40            |
| <b>8</b>       |  | 1/20            |
| <b>9</b>       | Hampir dapat dipastikan bahwa                      | 1/8             |
| <b>10</b>      | kegagalan akan mungkin terjadi                     | 1/2             |

---

### 3. *Detection*

*Detection* merupakan sebuah penilaian terhadap kemungkinan pendeteksian penyebab potensial dari suatu kejadian yang gagal. Penilaian ini dilakukan berdasarkan kontrol awal yang telah dilakukan untuk menghindari terjadinya kegagalan. Kontrol deteksi awal yang baik akan mencapai nilai peringkat yang lebih rendah. Pada table 2.5 merupakan definisi untuk setiap level dalam penilaian *detection*.

Tabel 2.5 Rating dan Kriteria *Detection*

| Rating | Kriteria  |
|--------|---|
| 1      | Metode Pencegahan atau deteksi sangat efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab akan muncul lagi.                  |
| 2,3    | Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi adalah sangat rendah.  |
| 4,5,6  | Kemungkinan penyebab bersifat <i>moderate</i> . Metode deteksi masih memungkinkan kadang-kadang penyebab itu terjadi. |
| 7,8    | Kemungkinan bahwa penyebab itu masih tinggi. Metode deteksi kurang efektif, karena penyebab masih berulang lagi.      |
| 9,10   | Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi sangat tinggi  |

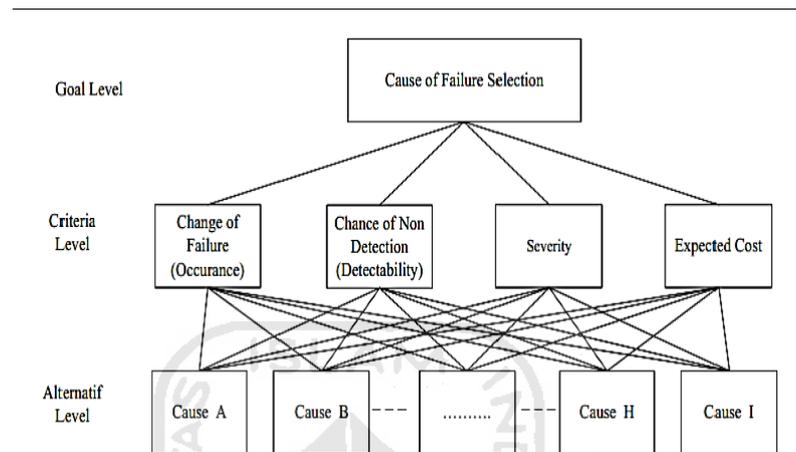
#### 2.2.5 *Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA)*

*Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA)* adalah sebuah metode yang dikembangkan oleh Marcello Braglia dan dipublikasikan pada tahun 2000, MAFMA merupakan metode yang menggabungkan antara *failure mode and effect analysis (FMEA)* dengan aspek ekonomi. Metode tersebut dikembangkan untuk mengatasi kelemahan dari FMEA, terdapat masalah pada pengimplementasinya. Selain itu, manajer merasa bahwa FMEA mempunyai beberapa kelemahan. terutama faktor ekonomi tidak dipertimbangkan dalam metode FMEA.

pendekatan *multi attribute* dapat digunakan sebagai menganalisis untuk merumuskan prioritas kegagalan yang lebih efektif dan efisien. Dalam pengolahan MAFMA dimulai dari mencari *local priority* yaitu *severity*, *change of failure (Occurrence)*, dan *chance of non detection ( Detectability )*. Dalam metode MAFMA terdapat empat kriteria kerja yaitu :

1. Kemungkinan kegagalan (*change of failure*)
2. Kemungkinan tidak terdeteksi (*chance of non detection*)
3. Keparahan kegagalan (*failure seevrity*)
4. Perkiraan biaya (*expected cost*)

Jika empat kriteria tersebut disusun dalam bentuk hierarki dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Hierarki MAFMA

Sumber : (Ulfah M, 2019)

Untuk penilaian diberikan melalui kelas yang ada pada table penilaian pada metode FMEA, yang mana pada metode tersebut terdapat besaran nilai dari 1-10, besaran nilai tersebut diberikan oleh karyawan yang telah berpengalaman pada bagian tersebut. *expected cost* merupakan kriteria yang ditambahkan pada metode MAFMA, menurut Braglia perkiraan biaya merupakan aspek ekonomi yang dihitung dengan cara perbandingan berpasangan “kualitatif”. Hal ini disebabkan karena ketidakmampuan untuk melakukan penilaian dengan tepat oleh pihak terkait, misalnya staf pemeliharaan. Hasil dari uji perbandingan berpasangan untuk alternative 31 pada *Expected cost* akan mendapat prioritas lokal alternatif pada kriteria *Expected cost*.

Metode MAFMA merupakan metode yang menggabungkan antara metode FMEA dan metode AHP, metode AHP digunakan untuk memperbaiki kelemahan dari metode FMEA dengan mempertimbangkan bobot kriteria penyebab kegagalan sehingga peringkat penyebab kegagalan dapat dianalisis dan dievaluasi berdasarkan pertimbangan bobot kriteria tersebut.

Metode MAFMA memiliki Langkah sebagai berikut:

1. Membuat tabel *failure mode effect analysis (FMEA)* dengan memasukkan semua penyebab produk *defect*.
2. Menghitung bobot kriteria dengan menggunakan *Analytical Hierarchy Process (AHP)*.
3. Melakukan uji perbandingan berpasangan sebagai alternative pada *expected cost* untuk mendapatkan *local priority expected cost*.
4. Menghitung *local priority* untuk *severity, occurrence, dan detection*. Berikut persamaannya,
 
$$\text{Local priority Severity} = \text{Nilai Severity} / \text{Total Severity}$$

$$\text{Local priority Occurrence} = \text{Nilai Occurrence} / \text{Total Occurrence}$$

$$\text{Local priority Detection} = \text{Nilai Detection} / \text{Total Detection}$$
5. Menghitung *global priority* menggunakan persamaan:
  - A.  $\text{Global Priority Severity} = \text{Local Priority Severity} \times \text{Bobot Severity}$
  - B.  $\text{Global Priority Occurrence} = \text{Local Priority Occurrence} \times \text{Bobot Occurrence}$
  - C.  $\text{Global Priority Detection} = \text{Local Priority Detection} \times \text{Bobot Detection}$
  - D.  $\text{Global Priority Expected cost} = \text{Local Priority Expected cost} \times \text{Bobot Expected cost}$
6. Menghitung *total priority* untuk setiap penyebab produk *defect*.

Setelah didapatkan nilai *total priority* maka dilakukan pengurutan dari nilai yang terbesar hingga terkecil, nilai yang terbesar tersebut adalah penyebab potensial yang menyebabkan produk *defect* yang terjadi pada bagian *spray* terutama untuk Kabinet *upright piano* warna.

#### 2.2.6 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* merupakan teori pengambilan keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada awal tahun 1970, beliau merupakan seorang ahli matematika di *University of Pittsburgh* Amerika Serikat. AHP merupakan metode yang digunakan untuk pengambilan keputusan dengan kriteria yang sangat beragam dalam bentuk hierarki dimana dilakukan pengambilan keputusan berdasarkan alternatif penyelesaian yang diprioritaskan melalui beberapa pertimbangan yang

dikembangkan oleh Saaty. Setiap permasalahan akan dimasukkan ke dalam kelompok-kelompok, yang dibuat berdasarkan hierarki, dimana setiap permasalahan tersebut akan digambarkan dalam bentuk numerik sebagai persepsi dalam melakukan perbandingan, dimana hal ini dapat menentukan alternatif mana yang memiliki nilai prioritas yang lebih tinggi. AHP sering digunakan sebagai metode pemecahan masalah dibanding dengan metode yang lain karena alasan-alasan sebagai berikut:

1. Struktur yang berhirarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada sub kriteria yang paling dalam.
2. Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan.
3. Memperhitungkan daya tahan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan.

Metode memiliki sifat atau karakter yaitu pembobotan kriteria dilakukan dengan cara membandingkan sepasang kriteri (*pairwise*). Hal tersebut untuk mendapatkan hubungan antara dua kriteria yang diperbandingkan. Kemudian Setiap permasalahan akan dimasukkan ke dalam kelompok-kelompok, yang dibuat berdasarkan hierarki; dimana setiap permasalahan tersebut akan digambarkan dalam bentuk numerik sebagai persepsi dalam melakukan perbandingan, dimana hal ini dapat menentukan alternatif mana yang memiliki nilai prioritas yang lebih tinggi. Kendala pada metode ini yaitu terdapat ketidakjelasan dalam pengambilan keputusan yang tidak secara tepat diwakili dalam nilai-nilai pada metode AHP sebagai pengambil. Sehingga menggunakan *Fuzzy* yang memberikan informasi yang terdefinisi dengan jelas. Teori *Fuzzy* mengolah data yang memiliki kabur menjadi informasi yang dapat diolah secara efisien menjadi data yang berguna. Sehingga metode AHP menggunakan *fuzzy* memungkinkan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dari beberapa kriteria pengambilan keputusan proses (Beşikçi, 2016)

Langkah-langkah dari proses AHP adalah sebagai berikut :

1. Menentukan kriteria keputusan dalam bentuk hierarki dan tujuan, struktur hierarki terdiri dari tujuan (hierarki paling atas), kriteria atau subkriteria (hierarki menengah), dan alternatif (hierarki paling rendah).

2. Memberikan bobot pada setiap kriteria, subkriteria, dan alternative menggunakan kuesioner perbandingan berpasangan. Pada tabel 2.6 merupakan tingkat kepentingan untuk mengisi kuesioner perbandingan berpasangan.

Tabel 2.6. Intensitas Kepentingan

| Intensitas kepentingan | Definisi                                     | Penjelasan   |
|------------------------|--|--|
| 1                      | Sama penting                                 | Dua kriteria berkontribusi sama terhadap tujuan  |
| 3                      | Sedikit lebih penting                        | Pengalaman dan penilaian sedikit mendukung satu kriteria diatas kriteria yang lain                 |
| 5                      | Lebih penting                                | Pengalaman dan penilaian sangat mendukung kriteria diatas kriteria yang lain                       |
| 7                      | Sangat penting                               | Satu kriteria sangat kuat atas yang lain; dominasinya ditunjukkan dalam praktek                    |
| 9                      | Mutlak penting                               | Bukti yang mendukung satu kriteria diatas yang lain adalah urutan penegasan tertinggi yang mungkin |
| 2,4,6,8                | Untuk pertimbangan antara nilai-nilai diatas |  |

Sumber : (Saaty, 1980)

Persepsi *expert* atau pembuat keputusan sebagai input dalam metode AHP memungkinkan ketidak konsistenan. Hal ini karena keterbatasan manusia dalam menyatakan pendapat atau persepsinya ketika harus membandingkan tingkat kepentingan dari beberapa kriteria. Batas ketidakkonsistenan atau *inconsistency* yang ditetapkan oleh Thomas L. Saaty ditentukan dengan menggunakan persamaan Rasio Konsistensi atau *Consistency Ratio (CR)*. *Consistency Ratio* merupakan perbandingan antara *Consistency Index (CI)* dengan *Random Index (RI)* dari suatu eksperimen dengan rumus.

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

*CR* = *Consistency Ratio*

*CI* = *Consistency Index*

*RI* = *Random Index*

Untuk menentukan *Consistency Index* (CI) digunakan rumus

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \dots \dots \dots (4.2)$$

Dengan :

$CI$  = *Consistency Index*

$\lambda_{maks}$  = nilai *eigen* maksimum dari matriks

$n$  = Koresponden matriks

Dimana  $\lambda_{maks}$  merupakan nilai *eigen* maksimum dari matriks.

Untuk menentukan *Random Index* (RI) yang merupakan nilai acaka rata-rata dari koresponden matriks  $n \times n$ , Tabel 2.7 merupakan nilai RI yang bersumber dari Braglia.

Tabel 2.7. Nilai *Random Index*

| <b>n</b>  | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>RI</b> | 0        | 0        | 0,52     | 0,89     | 1,11     | 1,25     | 1,35     |

### 2.2.7 *Fuzzy- Analytical Hierarchy Process* (F-AHP)

Menurut Rahardjo (2002) *Fuzzy- Analytical Hierarchy Process* (F-AHP) merupakan metode yang menggabungkan antara metode AHP dengan pendekatan konsep *fuzzy*. F-AHP dapat menutupi kelemahan yang terdapat pada AHP biasa, yaitu permasalahan terhadap kriteria yang memiliki sifat subjektif lebih banyak. Menurut Fernando Parulian Saputra (2018), Pada metode *fuzzy* AHP nilai dari setiap kriteria diwakilkan oleh variabel (a,b,c) atau *lower, medium, upper* (l,m,u) atau disebut dengan *triangular fuzzy number*, Variabel *lower* atau l adalah nilai terendah, m adalah *medium* atau nilai tengah, dan u adalah *upper* atau nilai teratas. Skala AHP yang berbentuk nilai '*crisp*' atau tegas dianggap kurang mampu untuk menangani ketidakpastian. Oleh karena itu maka digunakanlah pendekatan *triangular fuzzy number*. Adapun tahapan dalam *Fuzzy- Analytical Hierarchy Process* (F-AHP) adalah konversi bilangan *fuzzy* menjadi

*triangular fuzzy number, fuzzy pairwise comparison, menghitung geometric mean, melakukan normalisasi, dan defuzifikasi. Untuk mengkonversi skala AHP menjadi triangular fuzzy number maka skala yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.8. :*

Tabel 2.8. Konversi Skala AHP menjadi *Triangular Fuzzy Number*

| NO | Skala Linguistik untuk Kepentingan Relatif | Skala Saaty | Skala Triangular Fuzzy | Invers Skala Fuzzy |
|----|--|-------------|------------------------|--------------------|
| 1  | Sama Penting                               | 1           | (1,1,1)                | (1,1,1)            |
| 2  | Menengah                                   | 2           | (1,2,3)                | (1/3,1/2,1)        |
| 3  | Sedikit Lebih Penting                      | 3           | (2,3,4)                | (1/4,1/3,1/2)      |
| 4  | Menengah                                   | 4           | (3,4,5)                | (1/5,1/4,1/3)      |
| 5  | Sangat Lebih Penting                       | 5           | (4,5,6)                | (1/6,1/5,1/4)      |
| 6  | Menengah                                   | 6           | (5,6,7)                | (1/7, 1/6, 1/5)    |
| 7  | Sangat Kuat lebih Penting                  | 7           | (6,7,8)                | (1/8, 1/7, 1/6)    |
| 8  | Menengah                                   | 8           | (7,8,9)                | (1/9, 1/8, 1/7)    |
| 9  | <i>Extremely</i> lebih penting             | 9           | (8,9,9)                | (1/9, 1/9, 1/8)    |

Sumber : (Noor, et al., 2018)

## 2.2 Kajian Induktif

Kajian induktif membahas penelitian terdahulu dengan topik pembahasan yang berkaitan untuk dijadikan acuan dalam pengembangan metode dalam mendukung penelitian yang dilakukan.

Penelitian oleh Patil pada 2015 yang berjudul *Application of Six Sigma Method to Reduce Defects in Green Sand Casting Process: A Case Study* merupakan penelitian yang membahas aplikasi *Six-sigma* untuk mengurangi *defect product* pada proses *sand casting part transmission case*. Pada penelitian ini metode DMAIC ( *Define–Measure–Analyse–Improve–Control* ) dan metode Taguchi digunakan untuk meminimasi *defect* produksi. Pada penelitian ini digunakan pula beberapa *tools* yaitu peta proses dan *fishbone diagram*. Digunakan pula *Design of experiment* dan ANOVA untuk mencari korelasi antara *defect* yang terjadi dengan *mould hardness, green strength, dan pouring rate* selain

itu berguna untuk mencari nilai optimum untuk mengurangi *defect* yang terjadi. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa pendekatan *six sigma* DMAIC dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah, meningkatkan kehandalan proses, serta dapat mengontrol *defect* yang terjadi yang dibuktikan dengan penurunan jumlah *defect* dari 9,58% menjadi 5,6%.

Priya pada tahun 2019 meneliti tentang implementasi *lean six sigma* pada perakitan otomotif untuk mengurangi *non-value added processes* pada proses perakitan melalui analisis *defect* dengan judul *Defect analysis and lean six sigma implementation experience in an automotive assembly line*. Pada divisi perakitan terdapat tiga *non-value added processes* dan 12 *crucials defect*. Untuk mencari solusi untuk permasalahan tersebut digunakan strategi *lean six-sigma* yaitu Teknik DMIC dan *tool* RCA (*Root Cause Analysis*). Digunakan pula *fishbone* diagram mencari penyebab terjadi *defect* dan *why Why Analysis*. Dan hasil penelitian ini membuktikan bahwa menyelesaikan masalah terhadap tiga *non value added activities* dan 12 *crucial defect* dengan menggunakan strategi dan *tool* tersebut berhasil mengurangi waktu kerja tidak produktif sebanyak 19 menit dan mengurangi rasio *defect* sebanyak 37,2%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Dewan Maisha Zaman dan Nusrat Hossain Zerine pada tahun 2017 dengan judul *Applying DMAIC Methodology to Reduce Defects of Sewing Section in RMG: A Case Study* yang membahas tentang upaya mengidentifikasi dan mengurangi *defect* produksi pada bagian penjahitan di perusahaan PCI.LTD Bangladesh. Untuk tujuan tersebut digunakan DMAIC sebagai metodologi dengan *tool* berupa SIPOC diagram pada tahap *define*, menghitung DPMO (*defect per million order*) pada tahap *measure*, selanjutnya digunakan *tool* *cause and effect diagram* pada tahap *Analyze* selanjutnya didapat penyebab terjadinya *defect* dan di implementasikan pada bagian penjahitan serta dilakukan fase control terhadap perbaikan. Hasil dari penelitian ini yaitu persentase *defect* yang dihasilkan turun dari 11,67% menjadi 9,67%. Pengurangan tersebut membuat nilai sigma meningkat dari 2,69 menjadi 2,8.

Penelitian dengan judul PENDEKATAN LEAN SIX SIGMA, FMEA-AHP UNTUK MENGIDENTIFIKASI PENYEBAB CACAT PADA PRODUK SANDAL yang dipublikasikan pada 2016 oleh Moh. Muhyidin Agus Wibowo, Pratikto, dan Widya

Wijayanti membahas tentang implementasi *Lean Six-sigma*, *FMEA*, *AHP* untuk mengetahui penyebab produk cacat. Penelitian ini dilaksanakan di perusahaan yang berfokus dalam pembuatan sandal. Masalah pada perusahaan tersebut adalah belum menemukan metode untuk mengurangi *waste* dan *defect* yang terjadi. Pada penelitian ini digunakan *FMEA* untuk mendapatkan faktor mana yang mendapat prioritas penanganan serta *AHP* untuk memperoleh nilai bobot untuk *FMEA* setelah dilakukan penelitian diperoleh empat macam jenis cacat, berdasarkan urutan prioritas perbaikan kecacatan produk sandal, diantaranya meliputi jenis cacat pengeleman, cacat keriput (kisut), cacat jahitan, dan cacat pecah-pecah. Dari hasil penelitian prioritas tindakan perbaikan untuk meminimalkan cacat pengeleman berdasarkan urutan Bobot Prioritas *FMEA-AHP* skor tertinggi adalah kurangnya ketrampilan pekerja (*Cause A*) dengan bobot 0,2701. Pencerahan kurang (*Cause D*) dengan bobot 0,2027. Material yang kurang bagus (*Cause B*) dengan bobot 0,1733. Adanya kotoran / debu yang menempel di permukaan mal (*Cause C*) dengan bobot 0,1182. Permukaan alat pengeleman yang tidak rata (*Cause F*) dengan bobot 0,1090. Suhu temperatur dingin (*Cause E*) dengan bobot 0,0673. Prosedur kerja belum dijalankan dengan optimal (*Cause G*) dengan bobot 0,0594.

Penelitian dari Neamat Gamal Saleh Ahmed, Hanaa Soliman Abohashima, dan Mohamed Fahmy Aly pada tahun 2018 yang berjudul *Defect Reduction Using Six Sigma Methodology in Home Appliance Company: A Case Study*. Metode six sigma DMAIC (*Define, Measure, Analysis, Improve, and Control*) untuk mendefinisikan dan mengidentifikasi penyebab terjadinya *defect* produk serta menemukan solusi untuk mengurangi *defect* tersebut. Analisis menggunakan metode six-sigma dan analisis statistik (*Design of Experiment* dan analisis regresi) menemukan bahwa temperatur pelelehan aluminium sangat berimbas pada terjadinya *defect* produk. Setelah temperatur tersebut dioptimalisasi *defect* pada part aluminium berkurang dari 10,49% menjadi 6,1% dan otomatis meningkatkan level six-sigma dari 2,8 menjadi 3,06. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa six-sigma dapat mengurangi *defect* produk dan mengurangi biaya produksi sehingga kepuasan customer meningkat.

Agus Mansur, Mu'alim, dan Sunaryo (2016) melakukan penelitian untuk mengurangi *defect* produk dan *waste* menggunakan pendekatan *lean six-sigma* dan

FMEA. yang menjadi objek penelitian yaitu produksi *bush*, pada proses tersebut terdapat empat proses yaitu proses injeksi pada mesin cetak. *Finishing and cutting, quality control* dan proses pengemasan. Untuk tipe *defect* yang dihasilkan yaitu *bubble, speckle, short shoot, sunken, sink mark, over-cut, flashing and discolor*. Jumlah produk *defect* yang dihasilkan oleh PT.YPTI yaitu masih dilevel 4,6 sigma dengan 5213 produk *defect*. Sedangkan untuk produk *bush* sendiri hanya memenuhi level sigma 3,4. Dengan FMEA dapat diketahui bahwa produk *defect* dominan yaitu *bubble* yang mempunyai skor RPN 729. Sedangkan *flashing and the molten material* mendapat skor RPN 384, *defect over cutting* 324, dan *defect sink mark* dengan skor RPN 270.

Sri Indrawati dan Muhammad Ridwansyah (2015) melakukan penelitian mengenai *continuous improvement* dengan *lean six-sigma* di industri pengolahan biji besi untuk mengurangi waste. Industri tersebut hanya dapat memenuhi 12% dari target produksi. pada tahap *define* dilakukan analisis *value added* dan *non value added activity*, pada tahap *measure* dilakukan *waste measurement* dan mendapatkan persentase *waste* serta menghitung *defect per million opportunities*, pada tahap *analyze* dilakukan menggunakan *failure modes and effect analysis* untuk mencari *Risk priority number* paling besar. setelah itu dicari solusi untuk pada tahap *improve*. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan aktivitas produksi yaitu 33,67% *non value added activity* (NVA) dan 14,20% *non necessary value added activity* (NNVA). Untuk *waste* yang mempengaruhi paling besar adalah *inappropriate processing* dan *defect* serta kapabilitas proses pada level 2,96 sigma. *improvement* proses yang diusulkan untuk mengatasi masalah yaitu perancangan ulang saluran debu, pembuatan standar untuk prosedur penimbangan, pemasangan BC 05, pemasangan vibrometer dan instalasi tanaman.

Alpian Kurniawan, Putro Ferro Ferdinan, dan Kulsum melakukan penelitian mengenai identifikasi penyebab cacat produk *Tinplate* dari mesin *ETL* menggunakan metode *Multi Attribute failure mode Analysis* (MAFMA) di perusahaan PT.XYZ. PT. XYZ. Tbk merupakan perusahaan yang memproduksi *tinplate* berkualitas tinggi dengan standar internasional. PT. XYZ. Tbk memproduksi dalam bentuk *coil* atau gulungan, *sheet* atau lembaran, dan *scroll cut* atau berbentuk pola berdasarkan keinginan konsumen kapasitas produksi PT. XYZ. Tbk adalah sebesar 160.000 ton/tahun dari total kebutuhan *tinplate* nasional yang mencapai 250.000 ton per tahun, Pada PT XYZ. Tbk proses

produksi perusahaan ini terdiri dari beberapa tahapan proses yang pada setiap prosesnya menghasilkan produk yang berbeda dimana proses produksi adalah ETL (*Electrolytic tinning line*), SHL (*Shearing Line*), dan SCL (*Scroll Cut Line*) Pada satu tahun terakhir proses produksinya PT. XYZ. Tbk telah terjadi kecacatan pada produk yang dihasilkan dari produk jenis *Coil* pada mesin ETL, dari ketiga jenis kecacatan produk yang paling dominan adalah pada produk jenis *Coil*, analisis perhitungan yang digunakan adalah dengan metode MAFMA dengan pendekatan *Fuzzy AHP* dari penilaian, penyebab yang paling dominan terjadi kecacatan tertinggi adalah *Solution stain, Dull surface, Ripple* namun yang mempunyai pengaruh penyebab kecacatan terbesar adalah *Solution stain* dengan nilai sebesar 1,576. Pada perhitungan nilai MAFMA, adapun analisa perbaikan dengan *Fishbone Diagram* mendapatkan usulan perbaikan untuk mengurangi kecacatan produk adalah melakukan pengawasan secara rutin nilai ENSA (*Ethoxylated Naphhtol Sulfonic Acid*) pada stiap proses produksi agar nilai ENSA (*Ethoxylated Naphhtol Sulfonic Acid*) sesuai dengan nilai standarisasi perusahaan.

Mario Sariski Dwi Ellianto dan Yusuf Eko Nurcahyo melakukan penelitian mengenai Implementasi Multi Attribute Failure Mode Analysis pada Proses Produksi Galon Air Minum di PT. XYZ. PT. XYZ adalah industri manufaktur yang bergerak di bidang produksi kemasan dari bahan bijih plastik. Permasalahan yang saat ini dihadapi dalam proses produksi adalah tingginya tingkat *waste* produk pada khususnya *waste defect*. Oleh karena itu dibutuhkan identifikasi prioritas resiko dan tindakan perbaikan segera yang harus dilakukan oleh perusahaan. Penggunaan metode *Multi Attribute Failure Mode Analysis* (MAFMA) diharapkan mampu untuk mengatasi permasalahan *waste defect* produk dengan cara mendapatkan prioritas resiko tertinggi yang akan dijadikan acuan untuk rekomendasi tindakan perbaikan. Dengan penggunaan metode MAFMA maka diketahui bahwa bobot tertinggi pada defect galon air minum berasal dari penyebab cacat desain ujung Alat Peniup udara (*Blow Pin*) dengan desain kurang sempurna, diperoleh bobot nilai sebesar 0,234. Dari hasil penyebab cacat tertinggi kemudian diberikan rekomendasi tindakan perbaikan sehingga penyebab cacat produk dapat diperbaiki dengan segera.

Darmansyah Yudi dan Hery Hamdi Azwir melakukan penelitian yang dipublikasikan pada tahun 2017 yang berjudul *Reducing Defects Number of Ampoule by Considering*

*Expected Failure Cost At Quality Control Department of PT. X.* PT. X memproduksi kemasan farmasi yang dibuat dengan tabung gelas sebagai bahan baku produk; penelitian ini mengambil ampul sebagai sampel. Selama proses produksi pada tahap pemeriksaan mutu, operator menemukan banyak produk cacat ampul seperti retak 32%, partikel kaca 30%, deformasi 14%, goresan 11%, gelembung udara 10%, dan pencetakan 3%. *Multi Attribute Failure Mode Analysis* (MAFMA) adalah salah satunya digunakan untuk menghilangkan atau mengurangi penyebab kegagalan untuk mencegah kegagalan berulang. Atribut ini menjadi level kriteria dalam struktur hierarki dan penyebab potensial sebagai level alternatif. PT. X studi kasus menunjukkan pada kegagalan retak bahwa berat keparahan, kejadian, deteksi, dan biaya yang diharapkan masing-masing adalah 0,3498, 0,0659, 0,1322, 0,4521. Berat potensial penyebab kegagalan yang merupakan suhu ruang penyimpanan tidak sesuai (Penyebab A) adalah 0,2813. Setelah pelaksanaan cacat menyebabkan pencegahan, persentase pengurangan cacat adalah 45% atau sekitar 43 unit. Rata-rata pengurangan cacat adalah 37% atau 36 unit.

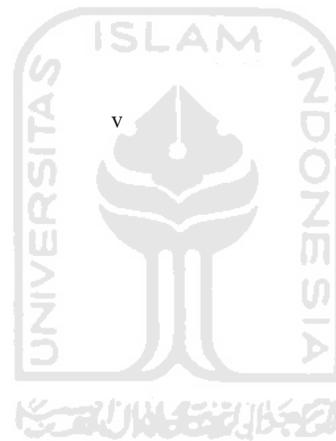
M Ulfah, D L Trenggonowati, R Ekawati dan S Ramadhania melakukan penelitian dengan judul *The proposed improvements to minimize potential failures using lean six sigma and multi attribute failure mode analysis approaches* yang dipublikasikan pada tahun 2019. Penelitian dilakukan di industri baja terbesar di Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan *critical to quality*, analisis nilai sigma, mencari faktor penyebab terjadinya kegagalan dalam produksi serta mengurangi *waste defect* pada hasil produksi. *defect* dominan yang terjadi yaitu *serrated edge, wavy edge, poor cleanliness, pick up, edge crack, ripple edge, dan bad weld*. nilai sigma yang diperoleh pada produksi *cold rolled coil* sebesar 4,131. Faktor utama yang menyebabkan *defect* produksi *cold roller coil* adalah *supply* material yang diimpor dari luar. Untuk menyelesaikan penyebab *defect* tersebut dengan melakukan uji coba produk untuk menguji dan mengetahui spesifikasi *slab* berkenaan dengan kandungan kimia *constituent of steel*.

Tabel 2.1 Kajian Induktif

| No | Judul   | Author  | Tahun | Six-sigma | DMAIC | Defect | DOE | Taguchi Analysis | Lean Manufacturing | lean six sigma | RC A | Case study | Sigma Level | FMEA-AHP | Process Improvement | FM EA | MAF MA | Fishbone | Kualitas | A HP | Quality Checking | F-A HP |
|----|---|---|-------|-----------|-------|--------|-----|------------------|--------------------|----------------|------|------------|-------------|----------|---------------------|-------|--------|----------|----------|------|------------------|--------|
| 1  | Application of Six Sigma Method to Reduce Defects in Green Sand Casting Process: A Case Study | Suraj Dhondira M Patil, M M Ganganallimath, Roopa B Math, Yamanappa Karigar | 2015  | v         | v     | v      | v   | v                |                    |                |      |            |             |          |                     |       |        |          |          |      |                  |        |
| 2  | Defect analysis and lean six sigma implementation experience in an automotive assembly line   | S. Krishna Priya, V. Jayakumar, S. Suresh Kumar                             | 2019  |           |       | v      |     |                  | v                  |                |      | v          | v           | v        |                     |       |        |          |          |      |                  |        |
| 3  | Applying DMAIC Methodology to Reduce Defects of Sewing Section in RMG: A Case Study           | Dewan Maisha Zaman, Nusrat Hossain Zerin                                    | 2017  | v         | v     | v      |     |                  |                    |                |      |            |             |          |                     |       |        |          |          |      |                  |        |
| 4  | PENDEKATAN LEAN SIX SIGMA, FMEA-AHP UNTUK MENGIDENTIFI KASI PENYEBAB CACAT PADA PRODUK SANDAL | Moh. Muhyidin Agus Wibowo, Pratikto, dan Widya Wijayanti                    | 2016  |           |       | v      |     |                  |                    | v              |      |            |             | v        |                     |       |        |          |          |      |                  |        |
| 5  | Defect Reduction Using Six Sigma Methodology in Home Appliance Company: A Case Study          | Neamat Gamal Saleh A, Hanaa Soliman Abobashima, M.                          | 2018  | v         | v     |        |     |                  |                    |                |      |            |             |          | v                   |       |        |          |          |      |                  |        |

| No | Judul  | Author   | Tahun | Six-sigma | DMAIC | Defect | DOE | Taguchi Analysis | Lean Manufacturing | lean six sigma | RC A | Case study | Sigma Level | FMEA-AHP | Process Improvement | FM EA | MAF MA | Fishbone | Kualitas | A HP | Quality Checking | F-A HP |
|----|--|--|-------|-----------|-------|--------|-----|------------------|--------------------|----------------|------|------------|-------------|----------|---------------------|-------|--------|----------|----------|------|------------------|--------|
|    |  | Fahmy Aly                                      |       |           |       |        |     |                  |                    |                |      |            |             |          |                     |       |        |          |          |      |                  |        |
| 6  | <i>Plastic Injection Quality Controlling Using the Lean Six Sigma and FMEA Method</i>  | Agus Mansur, Mu'alim, dan Sunaryo              | 2016  |           |       | v      |     |                  |                    | v              |      | v          |             |          |                     | v     |        |          |          |      |                  |        |
| 7  | <i>Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application</i>   | Sri Indrawati, Muhammad Ridwansyah             | 2015  |           |       |        |     |                  |                    | v              |      |            |             | v        | v                   |       |        |          |          |      |                  |        |
| 8  | IDENTIFIKASI PENYEBAB CACAT PRODUK TINPLATE DARI MESIN ETL MENGGUNAKAN METODE MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS (MAFMA) IMPLEMENTASI MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS | Alpian Kurniawan, Putro Ferdinan, Kulsum       | 2017  |           |       |        |     |                  |                    |                |      |            |             |          |                     |       | v      | v        |          |      |                  |        |
| 9  | IMPLEMENTASI MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS PADA PROSES PRODUKSI GALON AIR MINUM DI PT. XYZ   | Mario Sariski Dwi Ellianto, Yusuf Eko Nurcahyo | 2019  |           |       | v      |     |                  |                    |                |      |            |             |          |                     |       | v      |          | v        |      |                  |        |

| No | Judul  | Author                            | Tahun | Six-sigma | DMAIC | Defect | DOE | Taguchi Analysis | Lean Manufacturing | lean six sigma | RC A | Cas e study | Sigma Level | FMEA-AHP | Process Improvement | FM EA | MAF MA | Fishbone | Kualitas | A HP | Quality Checking | F-A HP |
|----|--|-----------------------------------|-------|-----------|-------|--------|-----|------------------|--------------------|----------------|------|-------------|-------------|----------|---------------------|-------|--------|----------|----------|------|------------------|--------|
| 10 | <i>Reducing Defects Number of Ampoule by Considering Expected Failure Cost At Quality Control</i><br>Department of PT. X.<br><i>The proposed improvements to minimize potential failures using lean six sigma and multi attribute failure mode analysis approaches</i> | Darmansyah Yudi, Hery Hamdi Azwir | 2017  |           |       | v      |     |                  |                    |                |      |             |             |          |                     | v     | v      |          |          | v    | v                |        |
| 11 | IMPLEMENTASI LEAN SIX SIGMA, MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS, DAN FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS UNTUK MENGIDENTIFI KASI PENYEBAB POTENSIAL DEFECT PADA PROSES SPRAY WARNA (STUDI KASUS : PT. YAMAHA INDONESIA)  | M Ulfah, D                        | 2019  |           |       | v      |     |                  |                    | v              |      |             |             |          |                     | v     | v      |          |          |      |                  | v      |
| 12 | IMPLEMENTASI LEAN SIX SIGMA, MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS, DAN FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS UNTUK MENGIDENTIFI KASI PENYEBAB POTENSIAL DEFECT PADA PROSES SPRAY WARNA (STUDI KASUS : PT. YAMAHA INDONESIA)  | Rifki Izzati                      | 2020  |           | v     | v      |     |                  |                    | v              |      | v           |             |          |                     |       | v      |          |          |      |                  | v      |



Berdasarkan 11 penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka peneliti melakukan penelitian di PT. YAMAHA INDOENESIA mengenai Implementasi *Lean Six-Sigma* untuk mengurangi produk *defect* pada kabinet *Upright Piano* Warna (*Polish Ebony* dan *Polish American Wallnuts*) khususnya pada proses *Spray* di bagian *Spray carhaul factory 2*. Untuk menganalisis jenis *defect* yang dominan digunakan diagram pareto, Setelah didapat jenis paling dominan, jenis *defect* tersebut dijabarkan faktor yang menyebabkan terjadinya *defect* tersebut. Untuk menemukan penyebab dominan yang menyebabkan produk *defect* dilakukan analisis menggunakan metode *multi attribute failure mode analysis* (MAFMA) yaitu metode pengembangan dari metode FMEA dengan menambahkan atribut ekonomi kedalam pertimbangan penilaian. Dalam perhitungan bobot MAFMA digunakan pula *Analytical Hierarki Process* (AHP), untuk menutupi kekurangan dari AHP dalam hal subjektivitas penilaian maka dilakukan pengintegrasian dengan *Fuzzy*.



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian merupakan suatu hal yang akan menjadi objek untuk dilakukan penelitian dengan menggunakan data atau beberapa data yang mendukung untuk tujuan tertentu dan kemudian diperoleh suatu kesimpulan berdasarkan rumusan permasalahan. Pada penelitian ini, objek yang akan dilakukan penelitian adalah departemen *painting* Bagian *Spray CarHaul* Warna PT.YAMAHA INDONESIA yang ber alamat di Jl.Rawamangun 1/5, Kawasan Industri Pulogadung, Jakarta, Indonesia.

#### 3.2 Metode Pengumpulan Data

##### 3.2.1 Sumber Data

Terdapat 2 jenis data yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

##### a. Data Primer

Data primer, yaitu data yang diperoleh dengan cara mengambil langsung dari sumbernya. Data ini dapat dilakukan dengan cara melakukan observasi langsung maupun melalui narasumber tertentu. Dalam penelitian ini, data primer yang akan digunakan yaitu alur proses produksi, nilai kriteria *occurrence*, *severity*, *detection*, dan *expected cost* dari masing-masing mode kegagalan, nilai RPN, dan kuesioner pembobotan kriteria *occurrence*, *severity*, *detection*, dan *expected cost* melalui wawancara, observasi, dan kuesioner.

## b. Data Sekunder

Data sekunder, yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung melalui buku, catatan, maupun arsip yang telah dipublikasikan maupun tidak dipublikasikan secara umum. Data sekunder digunakan pada penelitian ini adalah data tentang profil perusahaan, hasil produksi *defect* pada bagian *spray carhaul* warna dan digunakan sebagai penunjang tinjauan Pustaka.

### 3.2.2 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data-data penelitian dikumpulkan dengan menggunakan metode-metode berikut ini:

#### 1. Observasi

Observasi dilakukan dengan cara melihat langsung proses produksi yang berada di bagian *spray carhaul* departemen *painting* pada PT.YAMAHA INDONESIA untuk dapat mendapat gambaran langsung permasalahan pada proses yang akan diteliti.

#### 2. Wawancara

Melakukan wawancara dengan cara tanya jawab secara langsung dengan pihak-pihak yang terkait, untuk mendapatkan data yang berkaitan dengan permasalahan dan perbaikan yang diperlukan untuk mengurangi atau mencegah kabinet yang rusak pada jenis *Upright Piano* warna. Rancangan metode wawancara dalam proses identifikasi penyebab terjadinya produk cacat Pada bagian *spray carhaul* departemen *painting* pada PT.YAMAHA INDONESIA sehingga telah berpengalaman dalam menjalankan pekerjaan sehingga mengetahui serta merasakan potensi risiko beserta penyebab dan dampaknya.

#### 3. Studi Pustaka

Pada penelitian ini, dilakukan studi pustaka yang berasal dari buku, jurnal, maupun artikel yang akan digunakan sebagai dasar pedoman dilakukannya penelitian, seperti cara pengumpulan data, pengolahan data, analisis, dan pemberian usulan pada hasil penelitian.

#### 4. Kuesioner

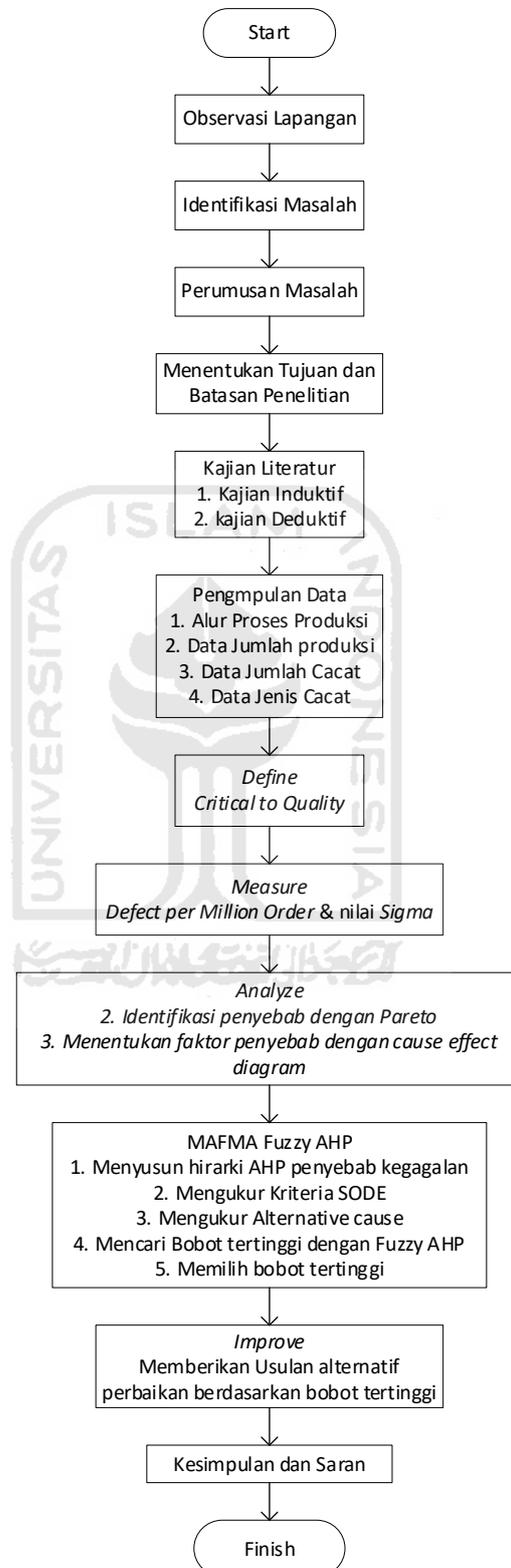
Dalam pengumpulan data, metode kuesioner dilakukan dengan cara memberikan kuesioner perbandingan berpasangan AHP untuk melakukan pembobotan empat kriteria Dan nilai dari kriteria *severity*, *occurrence*, *detection*, dan *expected cost* pada

kuesioner MAFMA. Kuesioner tersebut diberikan kepada karyawan yang bertanggungjawab dan berpengalaman pada bagian *spray carhaul* departemen *painting* pada PT.YAMAHA INDONESIA yaitu bapak Andi sebagai kepala bagian.



### 3.3 Diagram Alur Penelitian

Gambar 3.1 merupakan diagram alir dari penelitian yang dilaksanakan



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

### 1. Observasi lapangan

Peneliti melakukan observasi di lapangan yaitu dengan melihat kondisi di PT YAMAHA INDONESIA secara keseluruhan dan khususnya di bagian *Spray car haul factory 2* departemen *Painting*.

### 2. Identifikasi Masalah

Aktivitas *continuous improvement* yang diterapkan oleh PT.YAMAHA INDONESIA menyebabkan perusahaan menginginkan produktivitas harus tercapai. Banyak aspek yang berpengaruh untuk mencapai tujuan tersebut salah satunya banyak produk cacat. Produk cacat tersebut dapat mengakibatkan tidak tercapainya target produksi dan membuat biaya produksi semakin besar. Pada penelitian ini identifikasi masalah difokuskan pada bagian *Spray carhaul factory 2* untuk mengetahui produk cacat dan penyebab terjadinya produk cacat. Karena pada daerah tersebut banyak terdapat produk cacat yang dihasilkan sehingga banyak barang yang harus diperbaiki ulang oleh karyawan.

### 3. Perumusan Masalah

Perumusan masalah ditentukan untuk mencapai tujuan penelitian yang dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai sigma dari produksi. Selanjutnya produk cacat tersebut dianalisis faktor-faktor yang menyebabkan produk cacat pada Kabinet *Upright Piano* warna sehingga dapat memberikan usulan perbaikan untuk mengurangi terjadinya produk cacat.

### 4. Menentukan Tujuan dan Batasan Penelitian

Pada tahap ini ditentukan tujuan dilakukannya penelitian yang berasal dari permasalahan yang telah dirumuskan dan menentukan sebatas mana penelitian dilakukan.

### 5. Kajian Literatur

Dalam rangka mencapai tujuan dari penelitian, dilakukan kajian terhadap penelitian-penelitian dan teori tentang topik terkait. Kajian digunakan sebagai pedoman pemecahan masalah dalam penelitian, sehingga tujuan penelitian dapat tercapai dengan maksimal. Dalam penelitian ini terdapat kajian deduktif dan induktif. Kajian deduktif adalah kajian yang berisi tentang dasar-dasar teori yang ada dalam buku teks untuk mendukung teori-teori yang akan digunakan dalam penelitian. Sedangkan kajian induktif adalah kajian yang menjelaskan hasil penelitian -penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Kajian ini dapat diperoleh dari

artikel yang dimuat di dalam jurnal-jurnal. Dengan adanya kajian induktif ini, peneliti dapat memposisikan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu.

## 6. Pengumpulan Data

Pada tahap ini pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan mengumpulkan data-data umum perusahaan sebagai berikut:

- a. Alur Proses Produksi
- b. Data Jumlah Produksi
- c. Data Jumlah Cacat
- d. Data Jenis Cacat

## 7. Pengolahan Data

Metode yang digunakan mengacu pada prinsip-prinsip yang terdapat dalam Metode *Six Sigma*. Metode ini digunakan untuk mengantisipasi terjadinya kesalahan atau *defect* dengan menggunakan langkah-langkah terukur dan terstruktur. Berdasar pada data yang ada, maka *continuous improvement* dapat dilakukan berdasar metodologi *Six Sigma* yang meliputi DMAIC (Pande & Larry, 2002). Pada penelitian ini penyelesaian *waste* dominan yang teridentifikasi akan diselesaikan dengan menggunakan konsep DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*), namun dengan tanpa menggunakan tahap *control*.

### 1. *Define*

*Define* merupakan langkah operasional yang pertama dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Tahap *Define* dilakukan untuk mendefinisikan rencana-rencana tindakan yang harus dilakukan untuk melaksanakan peningkatan dari setiap tahap proses bisnis kunci (Gaspers, 2005). Pada tahap ini ditentukan *critical to quality* yaitu kunci karakteristik yang dapat diukur dari sebuah produk atau proses yang harus mencapai standard atau batas/limit dari spesifikasi agar dapat memuaskan keinginan dan kebutuhan dari pelanggan.

### 2. *Measure*

*Measure* merupakan langkah operasional yang kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap pengukuran dilakukan pengambilan sampel pada perusahaan selama bulan April 2019 sampai Maret 2020. Pada tahap ini dilakukan pengukuran pada masing-masing *waste Defect*. Pada *waste Defect* akan dilakukan

pengukuran nilai DPMO dan nilai Sigma. Pengukuran nilai DPMO dilakukan untuk menunjukkan jumlah produk cacat dalam satu juta kemungkinan sedangkan untuk nilai sigma dapat diketahui dari hasil DPMO yang telah dihitung sebelumnya.

### 3. *Analyze*

*Analyze* merupakan langkah operasional yang ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. pada tahap *Analyze* dilakukan identifikasi penyebab masalah kualitas menggunakan:

#### a. Diagram Pareto

Setelah melakukan measure dengan diagram *P-Chart*, maka akan diketahui apakah ada produk yang berada di luar batas kontrol atau tidak. Jika ternyata diketahui ada produk rusak yang berada di luar batas kontrol, maka produk tersebut akan dianalisis dengan menggunakan Diagram Pareto untuk diurutkan berdasarkan tingkat proporsi kerusakan terbesar sampai dengan terkecil. Diagram Pareto ini akan membantu untuk memfokuskan pada masalah kerusakan produk yang lebih sering terjadi, yang mengisyaratkan masalah-masalah mana yang bila ditangani akan memberikan manfaat yang besar.

#### b. *Cause Effect Diagram*

Diagram sebab akibat digunakan sebagai pedoman teknis dari fungsi-fungsi operasional proses produksi untuk memaksimalkan nilai-nilai kesuksesan tingkat kualitas produk sebuah perusahaan pada waktu bersamaan dengan memperkecil risiko-risiko kegagalan. Dengan *Cause Effect Diagram* didapatkan penyebab faktor-faktor penyebab kegagalan produksi.

### 4. *MAFMA Fuzzy AHP*

Pada Proses analisis menggunakan MAFMA fuzzy AHP dilakukan dengan Langkah-langkah:

- a. Menyusun hierarki AHP penyebab kegagalan
- b. Mengukur kriteria SODE
- c. Mengukur Alternative cause
- d. Mencari nilai bobot tertinggi menggunakan fuzzy AHP
- e. Memilih bobot tertinggi sebagai penyebab dominan

5. *Improve*

Merupakan tahap peningkatan kualitas *Six Sigma* dengan melakukan pengukuran (lihat dari peluang, kerusakan, proses kapabilitas saat ini), rekomendasi ulasan perbaikan, menganalisa kemudian tindakan perbaikan dilakukan.

6. Kesimpulan dan Saran

Bagian ini adalah yang terakhir dalam penelitian. Kesimpulan akan menyimpulkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dimana kesimpulan akan menjawab rumusan masalah yang ada pada penelitian ini. Sedangkan saran diberikan kepada pihak perusahaan serta kepada peneliti selanjutnya yang terkait dengan penelitian ini.



## BAB VI

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 Pengumpulan Data

##### 4.1.1 Profil Perusahaan

Pada tahun 1887 berdiri sebuah perusahaan bernama *Yamaha Organ Works* di daerah Hamamatsu Jepang yang didirikan oleh Torakusu Yamaha. *Yamaha Organ Works* merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang pembuatan alat-alat musik. Kemudian perusahaan tersebut berubah nama menjadi *Yamaha Corporation Japan* dan sampai saat ini memiliki pabrik yang berada di berbagai negara yang salah satunya di Indonesia.

Cabang perusahaan di Indonesia bernama PT.YAMAHA INDONESIA yang berdiri secara resmi pada tanggal 27 Juni 1974 yang berlokasi di Kawasan industri pulogadung Jakarta. Pada awalnya Yamaha Indonesia memproduksi berbagai alat music seperti piano, *electone*, *pianica*, dan lain sebagainya. Namun mulai bulan Oktober 1998 PT.YI mulai memfokuskan produksi alat music piano. Piano yang dihasilkan terdiri dari berbagai jenis dan desain.

Aspek utama dalam menghasilkan produk piano dengan kualitas dan penampilan yang terbaik adalah dengan mempersiapkan tenaga kerja yang memiliki keterampilan tinggi terhadap teknologi dan material-material dasar pilihan. Demi meningkatkan kemampuan setiap tenaga kerja, baik pekerja lama maupun baru, semuanya melalui proses evaluasi dan pelatihan yang konsisten. PT YI memperoleh penghargaan ISO 9001 dan ISO 14001 yang membuktikan perhatian PT YI yang besar terhadap kualitas sistem produksi terbaik yang sejalan dengan keamanan dan kelestarian lingkungan.

PT.YAMAHA memiliki visi yaitu menciptakan berbagai produk dan pelayanan yang mampu memuaskan berbagai macam kebutuhan dan keinginan dari berbagai pelanggan Yamaha di seluruh dunia, berupa produk dan layanan Yamaha di bidang akustik, rancangan, teknologi, karya cipta, dan pelayanan yang selalu mengutamakan pelanggan. Sedangkan untuk mencapai visi tersebut PT.YAMAHA INDONESIA memiliki misi yaitu:

1. Mempromosikan dan mendukung popularisasi pendidikan musik,
2. Operasi dan manajemen yang berorientasi pada pelanggan,
3. Kesempurnaan dalam produk dan pelayanan,
4. Usaha yang berkesinambungan untuk mengembangkan dan menciptakan pasar,
5. Peningkatan dalam bidang penelitian dan pengembangan secara berkala serta globalisasi dari bisnis Yamaha,
6. Secara terus menerus mengembangkan pertumbuhan bisnis yang positif melalui diversifikasi produk.

#### 4.1.2 Produk yang Dihasilkan

PT.YAMAHA INDONESIA menghasilkan piano 2 jenis piano yaitu *UP Right* dan *Grand Piano* dengan berbagai variasi model, selain itu PT.YI juga memproduksi beberapa Kabinet dan part piano yang nantinya akan kirim untuk perakitan piano di negara lain.



Gambar 4.1. Upright Piano

Sumber : id.yamaha.com

Pada gambar 4.1 merupakan jenis piano *UP Right*. Piano jenis tersebut merupakan piano yang memiliki *sound board* yang tegak/vertical. Untuk jenis *Up Right* piano terdapat empat tipe yaitu tipe 109,113,116, dan 121 cm pembeda dari setiap tipe adalah

tinggi dari piano. Untuk jenis *UP Right* memiliki beberapa varian warna yaitu *Polished Ebony (PE)*, *Polished Mahogany (PM)*, *Polished Walnut (PW)*, dan *Polished White (PWH)*. *Upright* Piano juga memiliki jenis *silent*. Piano jenis *silent* ini adalah *Upright* Piano yang mampu menyimpan alunan irama musik dan mengulangi alunan tersebut tanpa harus disentuh oleh manusia. Sehingga kebanyakan piano jenis *silent* ini harganya lebih mahal dibandingkan dengan *Upright* Piano pada umumnya dikarenakan memiliki *value added* yang lebih banyak.



Gambar 4.2. Grand Piano

Sumber : Sumber : id.yamaha.com

Pada gambar 4.2 merupakan jenis piano *Grand*. Piano jenis tersebut merupakan piano yang memiliki *sound board* yang baring/horisontal. Untuk jenis *Grand* piano terdapat dua tipe yaitu tipe 151(GB) dan 161(GN), pembeda dari setiap tipe adalah panjang dari piano. Untuk jenis *Grand piano* memiliki beberapa varian warna yaitu *Polished Ebony (PE)*, *Polished Mahogany (PM)*, *Polished Walnut (PW)*, dan *Polished White (PWH)*. *Grand* Piano juga memiliki jenis *silent*. Piano jenis *silent* ini adalah *Grand* Piano yang mampu menyimpan alunan irama musik dan mengulangi alunan tersebut tanpa harus disentuh oleh manusia. Sehingga kebanyakan piano jenis *silent* ini harganya lebih mahal dibandingkan dengan *Grand* Piano pada umumnya dikarenakan memiliki *value added* yang lebih banyak.

#### 4.1.3 Proses Produksi

Gambar 4.3 merupakan proses produksi Kabinet UP Warna (PM dan PW) yang dilakukan di bagian *Spray CarHaul Factory 2*.



Gambar 4.3. Proses Produksi Kabinet UP Warna di *Spray CarHaul Factory 2*.

##### 1. *Cleaning*

Kabinet UP PM/PW yang akan di proses di *Spray CarHaul Factory 2* harus dibersihkan terlebih dahulu sebelum di *spray*, agar debu-debu yang menempel di kabinet UP PM/PW dari *wood working* hilang.

##### 2. *Wipping*

Proses pelapisan kabinet UP PM/PW yang masuk ke *Spray CarHaul Factory 2* dengan cat tertentu agar menutup pori-pori kayu kabinet UP PM/PW sebelum di *spray*, sehingga hasil dari *spray* akan terlihat merata dan lebih bagus.

##### 3. *Colouring*

Adalah proses pewarnaan kabinet dengan cat dasar.

##### 4. *Spray polysheet undercoat*

Proses *spray* dengan jenis-jenis cat *undercoat*.

##### 5. *Spray polysheet topcoat*

Proses *spray* dengan jenis-jenis cat *topcoat*.

#### 4.1.4 Data Jumlah Produksi

Secara umum terdapat empat varian pada jenis *Upright piano* yang di produksi oleh PT.YAMAHA INDONESIA yaitu *polished ebony (PE)*, *polished mahogany (PM)*/*polished walnut (PW)* dan *polished white (PWH)*. Namun pada penelitian hanya dibatasi pada produk yang memiliki persentase *reject* terbesar pada periode 196 ( April 2019 – Maret 2020 ) daripada dua jenis lainnya yaitu Kabinet *UPRight piano* varian UP Warna (*polished mahogany* dan *polished walnut*). Data jumlah produksi merupakan data sekunder yang diambil dari data historis produksi di PT.YAMAHA INDONESIA pada periode 196 yaitu bulan April 2019 sampai Maret 2020. Data produksi yang digunakan

merupakan data produksi untuk bagian *spray carhaul warna factory 2* yang mana pada proses tersebut barang yang diproses sebanyak 24 macam yang terdiri dari Side Arm, Side Board, Side Sleeve, Side Base, LegTop Board, Top Board Front, Top Board Rear, Top Frame ( C ), Top Frame ( R/L ), Top Frame Side( R/L ), Fall Back U1J, Fall Back b1 & b2, Fall Center, Fall Board, Fall Front, Hinge Strip, Key Slip, Key Bed, Key Block, Bottom Frame, Pedal Rail, Music Desk, Top Frame Sill. Dari 24 macam tersebut dikumpulkan menjadi data produksi bulanan. Pada tabel 4.1 merupakan data jumlah produksi UP Warna pada periode 196 ( April 2019 – Maret 2020 ).

Tabel 4.1. Data Produksi UP Warna Periode 196

| Bulan  | Jumlah Produksi (Pcs) |
|--------|-----------------------|
| Apr-19 | 876                   |
| May-19 | 968                   |
| Jun-19 | 876                   |
| Jul-19 | 1906                  |
| Aug-19 | 2321                  |
| Sep-19 | 1812                  |
| Oct-19 | 2153                  |
| Nov-19 | 1942                  |
| Dec-19 | 1604                  |
| Jan-20 | 1428                  |
| Feb-20 | 1195                  |
| Mar-20 | 1918                  |

Dilihat dari jumlah produksi bulanan paling banyak terdapat pada bulan Agustus 2019 sebanyak 2.321, peringkat selanjutnya pada bulan oktober 2019 sebanyak 2153, bulan november 2019 sebanyak 1942, bulan maret 2020 sebanyak 1918, bulan juli sebanyak 1906, bulan september 2019 sebanyak 1812, bulan desember 2019 sebesar 1640, bulan januari 2020 sebanyak 1428, bulan februari 2020 sebanyak 1195, bulan mei 2019 sebanyak 968 dan sebanyak 876 buah pada bulan juni 2019 dan april 2019.

#### 4.4.5 Data Jumlah Cacat

Dalam sebuah proses produksi tentu tidak terlepas dari produk *defect*. Dalam hal ini perusahaan memiliki dokumen yang berisikan dokumentasi data jenis-jenis *defect*. Pada sub bab ini berisi tentang temuan-temuan *defect* yang ditemukan oleh *In Check*

Departemen *Painting*. Data *defect* piano UP Warna ( *polished mahogany* dan *polished walnut* ) di ambil dari bulan April 2019 sampai Maret 2020. Data jumlah Produk *Defect* merupakan data sekunder yang diambil dari data historis produksi di PT.YAMAHA INDONESIA pada periode 196 yaitu bulan April 2019 sampai Maret 2020. Data produk *Defect* yang digunakan merupakan data *defect* produksi untuk bagian *spray carhaul warna factory 2* yang mana pada proses tersebut 24 barang yang diproduksi menghasilkan 16 jenis *defect* yaitu Muke permukaan , Muke Edge, Dekok, Gelt, Kotor, Pinhole, Pecah, Obake, Muke Mentory, MI, Sambungan, NG LOGO, NG Putih, Mentory Bolong, CAT TIPIS, dan CLOUDLY. Berikut ini merupakan data *defect* yang terjadi di bulan April 2019 - Maret 2020 seperti tertera pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data *Defect Output Spray* Periode 196

| BULAN          | Apr-19 | May-19 | Jun-19 | Jul-19 | Aug-19 | Sep-19 | Oct-19 | Nov-19 | Dec-19 | Jan-20 | Feb-20 | Mar-20 | Total |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Muke Permukaan | 64     | 38     | 51     | 110    | 171    | 68     | 88     | 77     | 55     | 50     | 59     | 39     | 870   |
| Muke Edge      | 58     | 34     | 39     | 132    | 135    | 64     | 54     | 73     | 65     | 67     | 49     | 48     | 818   |
| Dekok          | 11     | 10     | 12     | 25     | 30     | 6      | 17     | 20     | 8      | 15     | 4      | 14     | 172   |
| Gelt           | 8      | 5      | 5      | 12     | 9      | 11     | 7      | 13     | 2      | 4      | 3      | 6      | 85    |
| Kotor          | 61     | 48     | 36     | 92     | 155    | 76     | 71     | 88     | 63     | 41     | 36     | 47     | 814   |
| Pinhole        | 9      | 2      | 3      | 8      | 14     | 1      | 10     | 10     | 5      | 2      | 3      | 2      | 69    |
| Pecah          | 14     | 21     | 26     | 24     | 26     | 9      | 10     | 14     | 4      | 10     | 7      | 12     | 177   |
| Obake          | 6      | 22     | 7      | 18     | 20     | 10     | 9      | 13     | 5      | 4      | 3      | 7      | 124   |
| Muke Mentory   | 17     | 36     | 28     | 76     | 96     | 75     | 69     | 55     | 40     | 31     | 39     | 43     | 605   |
| MI             | 0      | 1      | 7      | 3      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 13    |
| Sambungan      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 1     |
| NG LOGO        | 1      | 6      | 0      | 6      | 3      | 5      | 5      | 2      | 2      | 1      | 1      | 1      | 33    |
| NG Putih       | 0      | 0      | 1      | 0      | 4      | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 1      | 8     |
| Mentory Bolong | 0      | 2      | 3      | 10     | 6      | 0      | 5      | 3      | 10     | 11     | 15     | 13     | 78    |
| CAT TIPIS      | 2      | 12     | 4      | 20     | 18     | 7      | 17     | 3      | 7      | 3      | 1      | 1      | 95    |
| CLOUDLY        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     |

Pada Tabel 4.3 merupakan gabungan jumlah *defect* yang dihasilkan oleh bagian *Spray carhaul* selama periode 196

Tabel 4.3. Jumlah *Defect* Periode 196

| Muke Permukaan | Muke Edge | Dekok   | Gelt   | Kotor   | Pinhole | Pecah   | Obake   | Muke Mentory | MI     | Sambungan | NG LOGO | NG Putih | Mentory Bolong | CAT TIPIS | CLOUDLY |
|----------------|-----------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|--------------|--------|-----------|---------|----------|----------------|-----------|---------|
| 870 pcs        | 818 pcs   | 172 pcs | 85 pcs | 814 pcs | 69 pcs  | 177 pcs | 124 pcs | 605 pcs      | 13 pcs | 1 pcs     | 33 pcs  | 8 pcs    | 78 pcs         | 95 pcs    | 0 pcs   |

Urutan jenis *defect* yang memiliki jumlah terbanyak yaitu Muke permukaan sebanyak 870 pcs, Muke Edge sebanyak 818 pcs, kotor sebanyak 814 pcs, muke *mentory* sebanyak 605 pcs, Pecah sebanyak 177 pcs, Dekok sebanyak 172 pcs, Obake sebanyak 124 pcs, CAT TIPIS sebanyak 95 pcs, Gelt sebanyak 85 pcs, Mentory Bolong sebanyak 78 pcs, Pinhole sebanyak 69 pcs, NG LOGO sebanyak 33 pcs, MI sebanyak 13 pcs, NG Putih sebanyak 8 pcs, Sambungan sebanyak 1 pcs.

#### 4.4.6 Data Jenis Cacat

Berikut ini adalah penjabaran untuk setiap jenis *Defect* yang terjadi pada bagian *spray carhaul factory 2*

##### a. Muka Permukaan

Muke permukaan adalah jenis cacat produk dimana hilangnya lapisan *top coat* sehingga kelihatan lapisan *under coat surfacer* (warna lebih putih dari warna *top coat*). Cacat ini bisa juga berupa hilangnya lapisan *top coat* sehingga terlihat baker (warna kecoklatan). Muke permukaan adalah cacat yang terjadi pada bagian permukaan atas maupun bawah sebuah kabinet piano.

##### b. Muke Edge

Muke *Edge* adalah jenis cacat produk dimana hilangnya lapisan *top coat* sehingga kelihatan lapisan *under coat surfacer* (warna lebih putih dari warna *top coat*). Cacat ini bisa juga berupa hilangnya lapisan *top coat* sehingga terlihat baker (warna kecoklatan). Muke *Edge* adalah cacat yang terjadi pada bagian samping padasebuah kabinet piano.

##### c. Dekok

Dekok adalah jenis cacat dimana pada permukaan bahan/kabinet yang tidak rata, yang membentuk cekungan.

##### d. Gelt

*Gelt* adalah adanya bagian cat yang tidak mengering dengan sempurna pada permukaan kabinet yang terlihat setelah *finish buffing*.

##### e. Kotor

Kotor adalah jenis cacat yang terjadi karena adanya sesuatu benda yang muncul di permukaan kabinet setelah proses *sanding* atau *buffing*.

f. Pinhole

*Pinhole* adalah jenis cacat produk dengan adanya lubang kecil yang terdapat pada permukaan cat pada kabinet yang terlihat setelah proses *sanding* atau *buffing*.

g. Pecah

Pecah adalah dimana kondisi lapisan cat *poly* ataupun bahan yang pecah (tidak menyatu) akibat faktor *external* dan internal, baik pada bagian permukaan maupun *mentory*.

h. Obake

Obake adalah munculnya lapisan cat seperti pulau pada kabinet, yang terlihat setelah proses *sanding buffing*.

i. Muka Mentory

Muka Mentory adalah jenis cacat produk dimana hilangnya lapisan *top coat* sehingga kelihatan lapisan *under coat surfacer* (warna lebih putih dari warna *top coat*). Cacat ini bisa juga berupa hilangnya lapisan *top coat* sehingga terlihat *baker* (warna kecoklatan). Muka *Mentory* adalah cacat yang terjadi pada bagian sudut antara permukaan dan *edge* pada sebuah kabinet piano.

j. Mata Ikan (MI)

Mata Ikan adalah terjadinya bayangan lingkaran bulat tipis (seperti mata ikan) pada kabinet yang terlihat setelah proses *sanding buffing*.

k. NG Logo

NG Logo adalah jenis cacat yang disebabkan karena kerusakan pada logo yang kurang rata saat proses penempelan logo.

l. Mentory Bolong

*Mentory Bolong* adalah jenis cacat dimana terdapat lubang kecil yang terletak pada *mentory* kabinet.

m. Cat Tipis

Cat Tipis adalah jenis cacat dimana lapisan cat yang kurang tebal atau tidak sesuai dengan *standard* yang telah ditetapkan setelah melalui proses *sanding buffing*.

n. Cloudy

*Cloudy* adalah jenis cacat dimana terdapat kabut putih tipis pada permukaan kabinet yang di *spray polyster*, yang muncul seiring berjalannya waktu.

## 4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah menggunakan metode *Six Sigma* (DMAIC). DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve* dan *Control*) merupakan sebuah tahapan proses yang sangat sistematis dan mengacu pada fakta di lapangan yang terjadi untuk melakukan perbaikan secara terus-menerus.

### 4.2.1 *Define*

Pada tahap *define* peneliti mendefinisikan *critical to quality (CTQ)*. *Critical to Quality (CTQ)* merupakan kriteria produk yang telah ditetapkan standarnya sebagai patokan kualitas produk yang diproduksi oleh perusahaan agar dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Sebelum suatu produk dikategorikan sebagai produk cacat, maka kriteria-kriteria tentang kegagalan atau kecacatan itu harus didefinisikan terlebih dahulu. Terdapat 16 CTQ yang didefinisikan pada penelitian yaitu Muke Permukaan, Muke Edge, Dekok, Gelt, Kotor, Pinhole, Pecah, Obake, Muke Mentory, MI, Sambungan, NG LOGO, NG Putih, Mentory Bolong, CAT TIPIS, dan CLOUDLY

### 4.2.2 *Measure*

Pada tahap *Measure* dilakukan perhitungan Nilai *Defect per Million Opportunities (DPMO)* dan Nilai Sigma pada produksi kabinet *Upright Piano* Warna (*polished mahogany* dan *polished walnut*) yang di produksi pada bagian *Spray carhaul factory 2*.

#### 4.2.2.1 Perhitungan Nilai DPMO dan Nilai Sigma

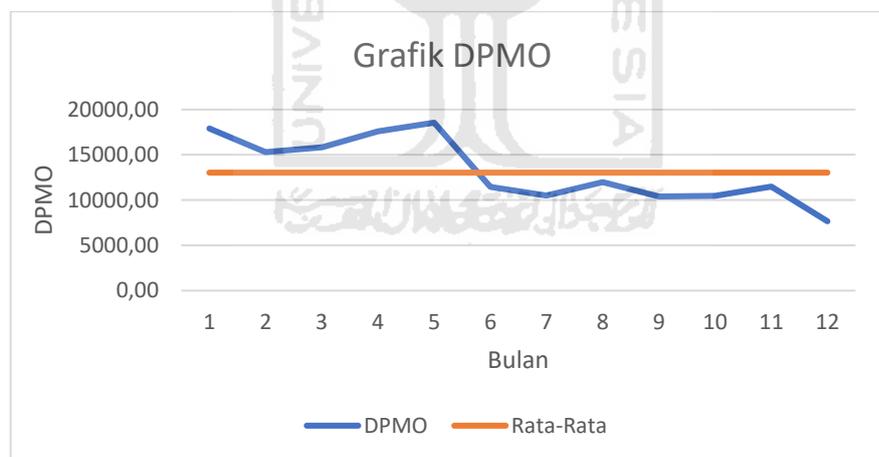
DPMO (*Defect per Million Opportunities*) merupakan ukuran kegagalan dalam program peningkatan kualitas *Six-Sigma* yang menunjukkan kegagalan per sejuta kesempatan. Perhitungan DPMO dilakukan dengan menggunakan rumus

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah Produk Defect}}{\text{Jumlah Produk yang diperiksa} \times \text{CTQ potensial}} \times 10^6 \dots\dots\dots(4.1)$$

Rekapitulasi perhitungan untuk nilai DPMO pada periode 196 ( April 2019-Maret 2020) dapat dilihat pada tabel 4.4 dan Grafik untuk nilai DPMO pada Gambar 4.4.

Tabel 4.4. DPMO Periode 196

| Bulan                 | Produksi | Defect  | CTQ | DPMO     |
|-----------------------|----------|---------|-----|----------|
| <b>April 2019</b>     | 876 Pcs  | 251 Pcs | 16  | 17908,11 |
| <b>Mei 2019</b>       | 968 Pcs  | 237 Pcs | 16  | 15302,17 |
| <b>Juni 2019</b>      | 876 Pcs  | 222 Pcs | 16  | 15839,04 |
| <b>Juli 2019</b>      | 1906 Pcs | 536 Pcs | 16  | 17576,08 |
| <b>Agustus 2019</b>   | 2321 Pcs | 689 Pcs | 16  | 18553,43 |
| <b>September 2019</b> | 1812 Pcs | 332 Pcs | 16  | 11451,43 |
| <b>Oktober 2019</b>   | 2153 Pcs | 362 Pcs | 16  | 10508,59 |
| <b>November 2019</b>  | 1942 Pcs | 372 Pcs | 16  | 11972,19 |
| <b>Desember 2019</b>  | 1604 Pcs | 267 Pcs | 16  | 10403,68 |
| <b>Januari 2020</b>   | 1428 Pcs | 239 Pcs | 16  | 10460,43 |
| <b>Februari 2020</b>  | 1195 Pcs | 220 Pcs | 16  | 11506,28 |
| <b>Maret 2020</b>     | 1918 Pcs | 235 Pcs | 16  | 7657,72  |
| <b>Rata-Rata</b>      |          |         |     | 13261,60 |



Gambar 4.4. Grafik DPMO Periode 196

Setelah perhitungan DPMO (*Defect per Million Opportunities*), dilakukan konversi dari nilai DPMO menjadi tingkat pencapaian sigma, untuk mencari nilai sigma dilakukan dengan rumus interpolasi seperti berikut,

$$X = X2 - \frac{(Y1-Y)}{(Y1-Y2)} (X2 - X1) \dots \dots \dots (4.2)$$

Dengan :

X = Sigma

Y = DPMO

X1 = Sigma Bawah

X2 = Sigma Atas

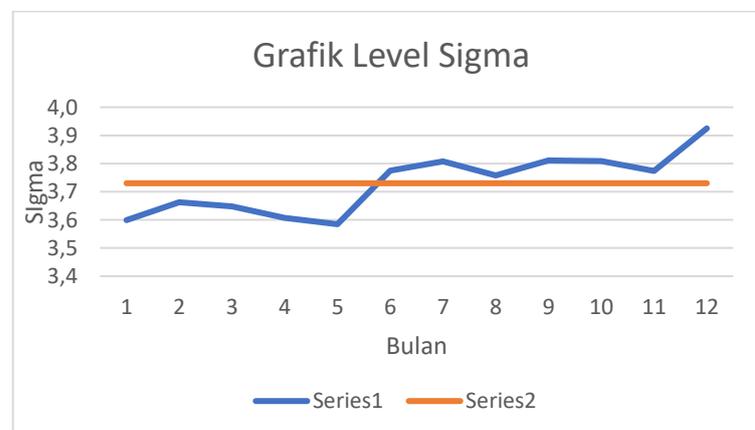
Y1 = DPMO Bawah

Y2 = DPMO Atas

Rekapitulasi perhitungan untuk level Sigma pada periode 196 ( April 2019-Maret 2020) dapat dilihat pada tabel 4.5 dan Grafik pada gambar 4.5.

Tabel 4.5. level Sigma pada Periode 196

| Bulan            | Nilai Sigma  |
|------------------|--------------|
| April 2019       | 3,807        |
| Mei 2019         | 3,850        |
| Juni 2019        | 3,841        |
| Juli 2019        | 3,812        |
| Agustus 2019     | 3,796        |
| September 2019   | 3,914        |
| Oktober 2019     | 3,929        |
| November 2019    | 3,905        |
| Desember 2019    | 3,931        |
| Januari 2020     | 3,930        |
| Februari 2020    | 3,913        |
| Maret 2020       | 3,976        |
| <b>Rata=Rata</b> | <b>3,884</b> |



Gambar 4.5. Grafik level Sigma pada Periode 196

Dari perhitungan DPMO diatas mendapatkan hasil bahwa rata-rata nilai DPMO untuk periode 196 (April 2019-Maret 2020) sebesar 13261,6, sedangkan dari perhitungan level sigma diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata level sigma untuk satu periode yaitu level 3,884 sigma.

#### 4.2.3 Analyze

Pada tahap *Analyze* dilakukan analisis menggunakan pareto, *cause effect diagram* dan MAFMA *Fuzzy-AHP* pada produksi kabinet *Upright Piano* Warna (*polished mahogany* dan *polished walnut*) yang di produksi pada bagian *Spray carhaul factory 2*.

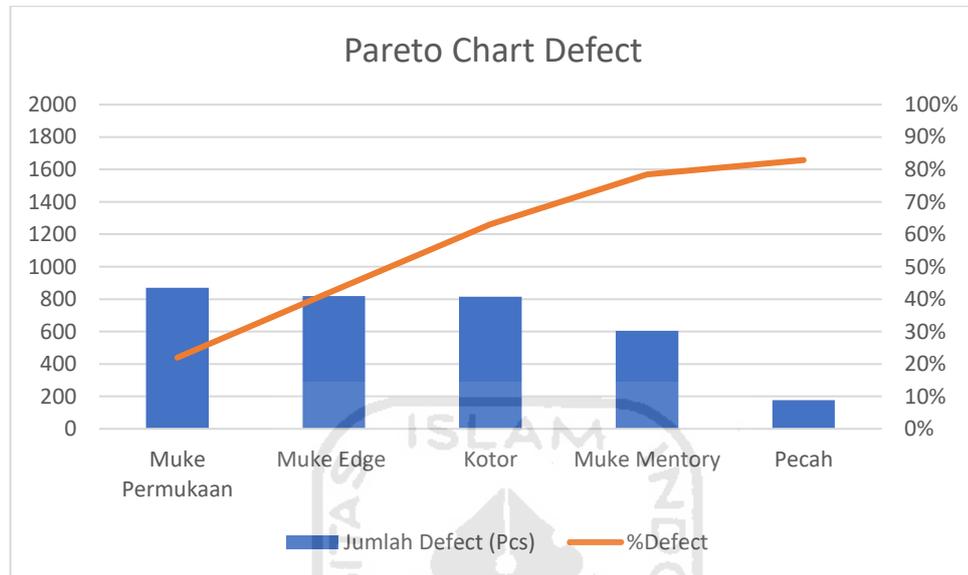
##### 4.2.3.1 Diagram Pareto

Pada tahap *Analyze* dilakukan pembuatan daigram pareto. Diagram pareto tersebut dibuat untuk mengetahui dan melihat jenis-jenis *defect* yang memberikan kontribusi paling besar terhadap jumlah produk *defect* yang terjadi di suatu perusahaan. Para analisis diagram pareto ini digunakan data *defect* pada periode 196 ( April 2019 – Maret 2020 ) kabinet *Upright Piano* warna ( *polished mahogany* dan *polished walnut* ) yang terjadi di bagian *Spray carhoul factory 2*. Dari data yang diperoleh terdapat 16 jenis *defect* yang terjadi. Berikut merupakan tabel ( Tabel 4.6. ) dan grafik (Gambar 4.6 ) analisis diagram pareto penyebab *defect* pada kabinet *UPRight* Warna.

Tabel 4.6. Analisis *Cummulatife* cacat

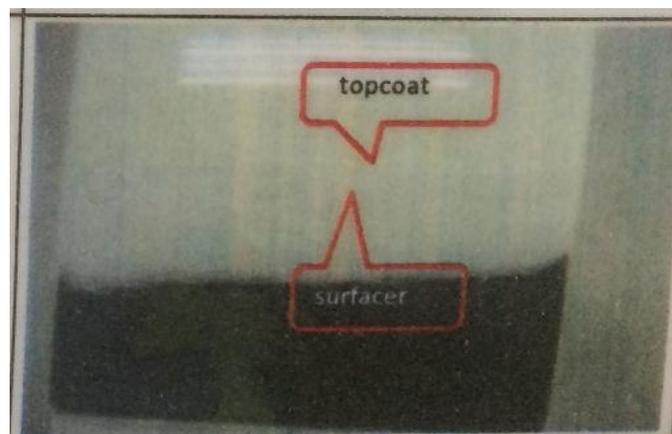
| Jenis Cacat           | Jumlah Cacat | <i>Cummulatif</i> Cacat | <i>Cummulatif</i> Persentase Cacat |
|-----------------------|--------------|-------------------------|------------------------------------|
| <b>Muke Permukaan</b> | 870 Pcs      | 870 Pcs                 | 22%                                |
| <b>Muke Edge</b>      | 818 Pcs      | 1688 Pcs                | 43%                                |
| <b>Kotor</b>          | 814 Pcs      | 2502 Pcs                | 63%                                |
| <b>Muke Mentory</b>   | 605 Pcs      | 3107 Pcs                | 78%                                |
| <b>Pecah</b>          | 177 Pcs      | 3284 Pcs                | 83%                                |
| <b>Dekok</b>          | 172 Pcs      | 3456 Pcs                | 87%                                |
| <b>Obake</b>          | 124 Pcs      | 3580 Pcs                | 90%                                |
| <b>CAT TIPIS</b>      | 95 Pcs       | 3675 Pcs                | 93%                                |
| <b>Gelt</b>           | 85 Pcs       | 3760 Pcs                | 95%                                |
| <b>Mentory Bolong</b> | 78 Pcs       | 3838 Pcs                | 97%                                |
| <b>Pinhole</b>        | 69 Pcs       | 3907 Pcs                | 99%                                |
| <b>NG LOGO</b>        | 33 Pcs       | 3940 Pcs                | 99%                                |

|                  |        |             |      |
|------------------|--------|-------------|------|
| <b>MI</b>        | 13 Pcs | 3953 Pcs    | 100% |
| <b>NG Putih</b>  | 8 Pcs  | 3961 Pcs    | 100% |
| <b>Sambungan</b> | 1 Pcs  | 3962,00 Pcs | 100% |
| <b>CLOUDLY</b>   | 0 Pcs  | 3962,00 Pcs | 100% |



Gambar 4.6. Diagram Pareto

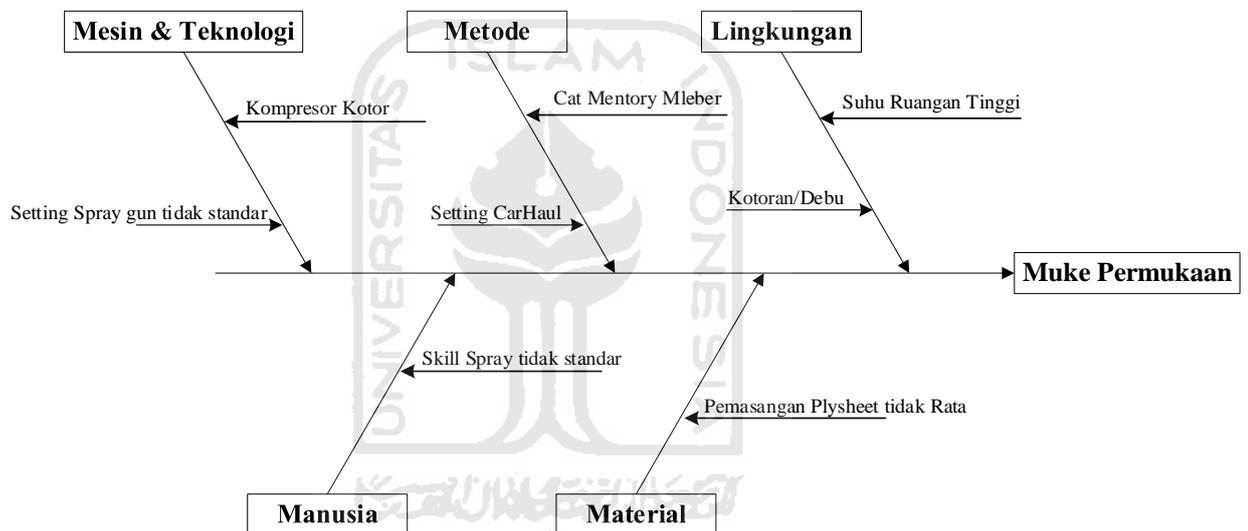
Dari diagram pareto pada Gambar 4.6. dapat dilihat bahwa jenis *defect* yang menghasilkan produk *defect* terbanyak pada kabinet *Upright Piano* Warna yang terjadi di bagian *Spray carhaul factory 2* yaitu jenis Muke Permukaan yang memiliki persentase sebesar 21,96% dari total produk *defect* yang diproduksi. pada gambar 4.7 merupakan gambar dari muke permukaan.



Gambar 4.7. Muke Permukaan

#### 4.2.3.2 Cause Effect Diagram

Berdasarkan analisis Diagram Pareto dari sub bab 4.2.3.1 diperoleh hasil jenis *defect* yang menghasilkan produk *defect* terbanyak pada kabinet *Upright Piano* Warna yang terjadi di bagian *Spray carhaul factory 2* yaitu jenis Muke Permukaan. Untuk menjabarkan penyebab *defect* muke permukaan dilakukan analisis menggunakan *Cause Effect Diagram* berdasarkan 5 faktor yaitu Lingkungan, Metode, Mesin & teknologi, Manusia, serta Material. Pada gambar 4.7 merupakan analisis penyebab-penyebab terjadinya *defect* muke permukaan. Data tersebut didapat dari wawancara dengan *foreman* pada bagian *spray carhaul factory 2* sebagai *Expert* yang bernama Andi yang telah bekerja di PT. YAMAHA INDONESIA selama 20 Tahun 5 Bulan.



Gambar 4.8 Cause Effect Diagram Muke Permukaan

Pada tabel 4.7 dijelaskan secara rinci untuk setiap penyebab terjadinya *defect* Muke Permukaan.

Tabel 4.7 Penyebab Terjadinya *Defect* Muke Permukaan

| Lingkungan          |   |
|---------------------|---|
| Suhu Ruangan Tinggi | Cuaca yang berubah secara tiba-tiba dapat mempengaruhi suhu ruangan dalam bagian tersebut |

(*spray*). Tahap *Spray* untuk kabinet akan terganggu, karena membutuhkan suhu yang cukup stabil.

Kotoran/Debu kotoran dan Debu masih menempel pada kabinet, kotoran/debu tersebut berasal dari debu sisa sanding yang luput dalam tahap *cleaning*, kotoran di rak yang tidak dibersihkan, dan debu dari AC. Kotoran/Debu tersebut mengakibatkan *pinhole* sehingga pada proses sanding terjadi usaha perbaikan yang menyebabkan cacat permukaan.

---

#### Metode

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Cat Mentory Meleber           | Pada proses pewarnaan Mentory cat meleber ke bagian permukaan.   |
| Setting CarHaul Tidak Standar | Pemahaman yang kurang tentang standard setting kabinet oleh operator dapat menyebabkan hasil <i>spray</i> kurang maksimal. Biasanya hal ini terjadi karena operator ingin segera menyelesaikan pekerjaannya. |

---

#### Mesin dan Teknologi

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Kompresor Kotor                 | kompresor terkontaminasi kotoran, air, atau minyak yang menyebabkan cacat <i>Hajiki</i> . Pada proses sanding cacat tersebut diperbaiki yang seringkali menyebabkan muke permukaan. |
| Setting Spray Gun Tidak Standar | Settingan <i>Spray gun</i> meliputi setting keluar angin dan besaran bukaan <i>noozle</i> . yang menyebabkan ketebalan cat hasil <i>spray</i> tidak standar                         |

---

#### Manusia

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Skill Spray yang kurang | Skill dari operator yang masih kurang, pemahaman terhadap proses, serta teknik <i>spray</i> yang masih kurang benar dari operator. |
|-------------------------|--|

---

#### Material

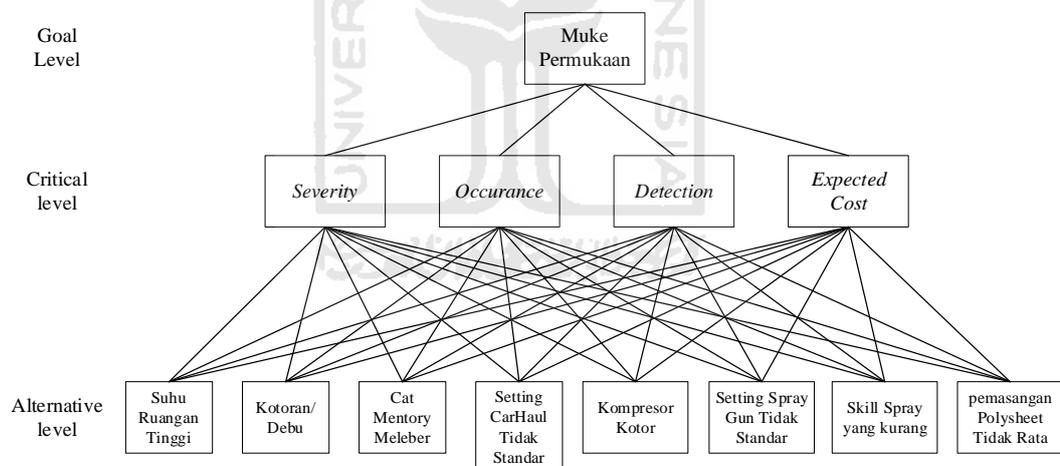
|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| pemasangan<br>Polysheet Tidak<br>Rata | kabinet yang memiliki sisi R ( Radius ) hasil dari pemasangan <i>polysheet</i> tidak rata, sehingga saat proses sanding terjadi ketebalan cat yang berbeda sehingga terjadi muke permukaan |
|---------------------------------------|--|

---

#### 4.2.3.3 Perhitungan MAFMA

##### Langkah 1. Menyusun Hierarki AHP

AHP merupakan metode yang digunakan untuk pengambilan keputusan dengan kriteria yang sangat beragam dalam bentuk hierarki dimana dilakukan pengambilan keputusan berdasarkan alternatif penyelesaian yang diprioritaskan melalui beberapa pertimbangan. Pada Gambar 4.8 merupakan hierarki dari permasalahan muke permukaan dengan memasukkan empat kriteria ( *Severity*, *Occurance*, *Detection*, dan *Expected cost* ) sebagai *criteria level* dan delapan penyebab muke permukaan sebagai alternatif level.



Gambar 4.8. Hierarki Muke Permukaan

##### Langkah 2. Membuat perhitungan FMEA.

FMEA merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi serta menganalisis suatu kegagalan untuk mencari penyebab dan menghindari kegagalan tersebut. Dalam penerapan metode FMEA didapat nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang merupakan hasil dari perkalian antara *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* yang diberikan

berupa penilaian yang berbentuk skala. dimana semakin besar nilai maka semakin dominan dan dijadikan prioritas penyelesaian. Pada Tabel 4.8 merupakan hasil kuesioner yang diisi oleh *foreman* pada bagian *spray carhaul factory 2* sebagai *Expert* yang bernama Andi yang telah bekerja di PT. YAMAHA INDONESIA selama 20 Tahun 5 Bulan untuk mencari penyebab kegagalan dengan menghitung nilai RPN.

Tabel 4.8. Hasil Kuesioner FMEA

| <i>Mode Kegagalan (Defect)</i> | <i>Potential Failure</i>                     | <i>Severity</i> | <i>Occurence</i> | <i>Detectability</i> |
|--------------------------------|--|-----------------|------------------|----------------------|
| <b>Muke Permukaan</b>          | Suhu Ruangan Tinggi                          | 5               | 3                | 3                    |
|                                | Kotoran/Debu pada ruang <i>spray</i>         | 4               | 4                | 5                    |
|                                | Cat Mentory Meleber ke permukaan             | 6               | 7                | 4                    |
|                                | Setting CarHaul Tidak Standar                | 3               | 5                | 3                    |
|                                | Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak | 6               | 3                | 3                    |
|                                | Setting Spray Gun Tidak Standar              | 3               | 4                | 3                    |
|                                | Skill Spray yang kurang                      | 5               | 6                | 5                    |
|                                | Pemasangan Polysheet Tidak Rata              | 7               | 5                | 4                    |

Untuk menentukan penyebab terjadinya *defect* paling dominan dilakukan perhitungan nilai RPN dengan rumus dibawah ini.

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection$$

Tabel 4.9. Hasil Perhitungan FMEA

| <i>Mode Kegagalan (Defect)</i> | <i>Potential Failure</i>                     | <i>Severity</i> | <i>Occurence</i> | <i>Detectability</i> | <i>RPN</i> |
|--------------------------------|--|-----------------|------------------|----------------------|------------|
| <b>Muke Permukaan</b>          | Suhu Ruangan Tinggi                          | 5               | 3                | 3                    | 45         |
|                                | Kotoran/Debu pada ruang <i>spray</i>         | 4               | 4                | 5                    | 80         |
|                                | Cat Mentory Meleber ke permukaan             | 6               | 7                | 4                    | 168        |
|                                | Setting CarHaul Tidak Standar                | 3               | 5                | 3                    | 45         |
|                                | Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak | 6               | 3                | 3                    | 54         |
|                                | Setting Spray Gun Tidak Standar              | 3               | 4                | 3                    | 36         |
|                                | Skill Spray yang kurang                      | 5               | 6                | 5                    | 150        |
|                                | Pemasangan Polysheet Tidak Rata              | 7               | 5                | 4                    | 140        |

Setelah dilakukan perhitungan RPN didapatkan hasil yaitu nilai RPN untuk setiap *potential failure* yang tersaji pada Tabel 4.9 . Untuk faktor penyebab dari suhu ruangan tinggi mendapat nilai RPN 45. Kotoran dan debu pada ruang *spray* mendapat nilai RPN 80. Cat Mentory meleber ke permukaan mendapat nilai RPN 168, setting *carhaul* yang tidak sesuai standar mendapat nilai RPN 45, kompresor yang kotor dengan air, debu serta minyak mendapat nilai RPN 54, setting *Spray Gun* yang tidak standar mendapat nilai RPN 36, *skill spray* yang kurang mendapat nilai RPN 150 serta pemasangan *polysheet* tidak rata dari bagian *wark working* mendapat nilai RPN 140. Dari delapan penyebab tersebut didapat nilai RPN terbesar yaitu Cat Mentory meleber ke permukaan.

Langkah 3. Menghitung bobot kriteria dengan *Fuzzy-Analytical Hierarchy Process*

Perhitungan *Analytical Hierarchy Process (AHP)* dilakukan untuk menentukan prioritas serta mengetahui konsistensi dari hasil uji perbandingan berpasangan, dalam perhitungan ini dilakukan untuk mencari bobot untuk empat kriteria yaitu *Severity*, *Occurrence*, *Detectability*, dan *Expected Cost*. Penentuan nilai perbandingan berpasangan dilakukan dengan melakukan wawancara kepada *expert*. Pada table 4.10 merupakan hasil dari untuk perbandingan berpasangan yang didapat dari *foreman* pada bagian *spray carhaul factory 2* sebagai *Expert* yang bernama Andi yang telah bekerja di PT. YAMAHA INDONESIA selama 20 Tahun 5 Bulan untuk mengukur bobot kriteria untuk masalah *defect* muke permukaan.

Tabel 4.10. Hasil Perbandingan Berpasangan Kriteria

|                      | <b>Severity</b> | <b>Occurrence</b> | <b>Detectability</b> | <b>Expected cost</b> |
|----------------------|-----------------|-------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Severity</b>      | 1               | 3                 | 0,33                 | 1                    |
| <b>Occurrence</b>    | 0,33            | 1                 | 0,33                 | 0,33                 |
| <b>Detectability</b> | 3               | 3                 | 1                    | 3                    |
| <b>Expected cost</b> | 1               | 3                 | 0,33                 | 1                    |

Untuk menutupi kekurangan yang terdapat pada AHP yaitu permasalahan terhadap kriteria yang memiliki sifat subjektif lebih banyak, maka dilakukan perhitungan menggunakan *fuzzy logic*. Tahap pertama pada perhitungan *fuzzy* dilakukan konversi nilai tabel perbandingan berpasangan menjadi variabel (a,b,c) atau *lower, medium, upper* (l,m,u) atau disebut dengan *triangular fuzzy number*. Tabel 4.11 merupakan *triangular fuzzy number* dari perbandingan berpasangan empat kriteria pada tabel 4.10.

Tabel 4.11. Konversi *Triangular Fuzzy Number*

|                      | <b>Severity</b> |          |          | <b>Occurrence</b> |          |          | <b>Detectability</b> |          |          | <b>Expected cost</b> |          |          |
|----------------------|-----------------|----------|----------|-------------------|----------|----------|----------------------|----------|----------|----------------------|----------|----------|
|                      | <b>L</b>        | <b>M</b> | <b>U</b> | <b>L</b>          | <b>M</b> | <b>U</b> | <b>L</b>             | <b>M</b> | <b>U</b> | <b>L</b>             | <b>M</b> | <b>U</b> |
| <b>Severity</b>      | 1               | 1        | 1        | 2                 | 3        | 4        | 0,25                 | 0,33     | 0,5      | 1                    | 1        | 1        |
| <b>Occurrence</b>    | 0,25            | 0,33     | 0,5      | 1                 | 1        | 1        | 0,25                 | 0,33     | 0,5      | 0,25                 | 0,33     | 0,5      |
| <b>Detectability</b> | 2               | 3        | 4        | 2                 | 3        | 4        | 1                    | 1        | 1        | 2                    | 3        | 4        |
| <b>Expected cost</b> | 1               | 1        | 1        | 2                 | 3        | 4        | 0,25                 | 0,33     | 0,5      | 1                    | 1        | 1        |

Setelah dikonversi menjadi *triangular fuzzy number* dilakukan perhitungan *fuzzy* menggunakan bahasa pemrograman *Python* yang dibuat dalam *tools* Google Colab. Setelah diolah maka didapatkan hasil berupa bobot untuk empat kriteria pada Tabel 4.11.

Tabel 4.12 Bobot Empat Kriteria

| <b>Kriteria</b>      | <b>Bobot</b> |
|----------------------|--------------|
| <b>Severity</b>      | 0,21         |
| <b>Occurrence</b>    | 0,10         |
| <b>Detectability</b> | 0,48         |
| <b>Expected cost</b> | 0,21         |

Langkah 4. Melakukan Uji Perbandingan Berpasangan Sebagai Alternatif pada *expected cost* untuk mendapatkan *local priority expected cost*

Uji perbandingan berpasangan untuk mendapatkan *local priority expected cost* dilakukan dengan tiga langkah. Langkah pertama yaitu melakukan wawancara kepada *expert* untuk mendapatkan nilai kepentingan dari hubungan setiap *potential failure*. wawancara dilakukan kepada *foreman* di bagian *spray carhaul factory 2* sebagai *Expert* yang bernama Andi yang telah bekerja di PT. YAMAHA INDONESIA selama 20 Tahun 5. Tabel 4.14 merupakan hasil dari wawancara perbandingan berpasangan antar *potential failure* pada Tabel 4.13.

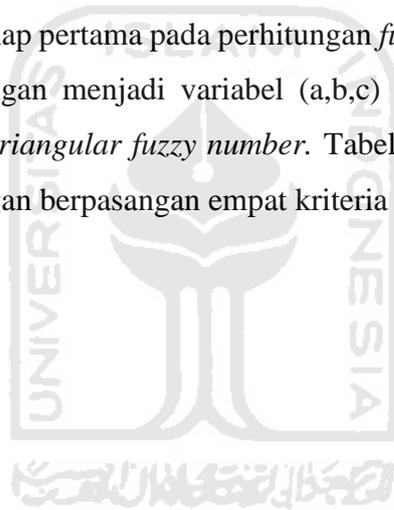
Tabel 4.13. Kode *Potential Failure*

| <b>Kode</b> | <b>Potential Failure</b>                     |
|-------------|--|
| <b>F1</b>   | Suhu Ruangan Tinggi                          |
| <b>F2</b>   | Kotoran/Debu pada ruang spray                |
| <b>F3</b>   | Cat Mentory Meleber ke permukaan             |
| <b>F4</b>   | Setting CarHaul Tidak Standar                |
| <b>F5</b>   | Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak |
| <b>F6</b>   | Setting Spray Gun Tidak Standar              |
| <b>F7</b>   | Skill Spray yang kurang                      |
| <b>F8</b>   | pemasangan Polysheet Tidak Rata              |

Tabel 4.14 Hasil Kuesioner Perbandingan Berpasangan

|           | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>F3</b> | <b>F4</b> | <b>F5</b> | <b>F6</b> | <b>F7</b> | <b>F8</b> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>F1</b> | 1         | 1,00      | 0,33      | 1,00      | 0,33      | 3,00      | 0,33      | 0,33      |
| <b>F2</b> | 1,00      | 1         | 0,33      | 0,50      | 0,20      | 1,00      | 0,25      | 0,33      |
| <b>F3</b> | 3,00      | 3,00      | 1         | 2,00      | 1,00      | 3,00      | 1,00      | 1,00      |
| <b>F4</b> | 1,00      | 2,00      | 0,50      | 1         | 2,00      | 3,00      | 0,33      | 0,33      |
| <b>F5</b> | 3,00      | 5,00      | 1,00      | 0,50      | 1         | 3,00      | 0,33      | 0,50      |
| <b>F6</b> | 0,33      | 1,00      | 0,33      | 0,33      | 0,33      | 1         | 0,33      | 0,33      |
| <b>F7</b> | 3,00      | 4,00      | 1,00      | 3,00      | 3,00      | 3,00      | 1         | 2,00      |
| <b>F8</b> | 3,00      | 3,00      | 1,00      | 3,00      | 2,00      | 3,00      | 0,50      | 1         |

Setelah didapat nilai perbandingan berpasangan maka dilakukan perhitungan menggunakan *fuzzy logic*. Tahap pertama pada perhitungan *fuzzy* dilakukan konversi nilai tabel perbandingan berpasangan menjadi variabel (a,b,c) atau *lower, medium, upper* (l,m,u) atau disebut dengan *triangular fuzzy number*. Tabel 4.15 merupakan *triangular fuzzy number* dari perbandingan berpasangan empat kriteria pada tabel 4.14.



Tabel 4.15 Konversi *Triangular Fuzzy Number*

|           | F1   |      |      | F2   |      |      | F3   |      |      | F4   |      |      | F5   |      |      | F6   |      |      | F7   |      |      | F8   |      |      |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | L    | M    | U    | L    | M    | U    | L    | M    | U    | L    | M    | U    | L    | M    | U    | L    | M    | U    | L    | M    | U    | L    | M    | U    |
| <b>F1</b> | 1    | 1    | 1    | 1    | 1,00 | 1,00 | 0,25 | 0,33 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,25 | 0,33 | 0,50 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 0,25 | 0,33 | 0,50 | 0,25 | 0,33 | 0,5  |
| <b>F2</b> | 1    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1    | 1    | 0,25 | 0,33 | 0,50 | 0,33 | 0,50 | 1,00 | 0,17 | 0,20 | 0,25 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,20 | 0,25 | 0,33 | 0,25 | 0,33 | 0,5  |
| <b>F3</b> | 2    | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 1,00 | 1    | 1    | 1    | 2,00 | 3,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| <b>F4</b> | 1    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 0,33 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1    | 1    | 1    | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 0,25 | 0,33 | 0,50 | 0,25 | 0,33 | 0,5  |
| <b>F5</b> | 2    | 3,00 | 4,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,33 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1    | 1    | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 0,25 | 0,33 | 0,50 | 0,33 | 0,50 | 1    |
| <b>F6</b> | 0,25 | 0,33 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,25 | 0,33 | 0,50 | 0,25 | 0,33 | 0,50 | 0,25 | 0,33 | 0,50 | 1,00 | 1    | 1    | 0,25 | 0,33 | 0,50 | 0,25 | 0,33 | 0,5  |
| <b>F7</b> | 2    | 3,00 | 4,00 | 3,00 | 4,00 | 5,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 1,00 | 1    | 1    | 1    | 2,00 | 3    |
| <b>F8</b> | 2    | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 0,33 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1    | 1,00 |

Setelah dikonversi menjadi *triangular fuzzy number* dilakukan perhitungan *fuzzy* menggunakan bahasa pemrograman *Python* yang dibuat dalam *tools* Google Colab. Setelah diolah maka didapatkan hasil *local priority expected cost* pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 *Local Priority Expected Cost*

| <b>Kode</b> | <b>Potential failure</b>                     | <b>Local Priority Expected cost</b> |
|-------------|--|-------------------------------------|
| <b>F1</b>   | Suhu Ruangan Tinggi                          | 0,07                                |
| <b>F2</b>   | Kotoran/Debu pada ruang spray                | 0,05                                |
| <b>F3</b>   | Cat Mentory Meleber ke permukaan             | 0,17                                |
| <b>F4</b>   | Setting CarHaul Tidak Standar                | 0,10                                |
| <b>F5</b>   | Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak | 0,13                                |
| <b>F6</b>   | Setting Spray Gun Tidak Standar              | 0,05                                |
| <b>F7</b>   | Skill Spray yang kurang                      | 0,24                                |
| <b>F8</b>   | pemasangan Polysheet Tidak Rata              | 0,19                                |

Langkah 5. *local priority* untuk *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Berikut persamaannya,

*Local Priority* didapat dari pembagian antara nilai RPN tiap kejadian risiko dengan jumlah RPN seluruh kejadian risiko. Dibawah ini adalah rumus untuk menghitung *local priority* untuk *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Hasil dari perhitungan *local priority* dapat dilihat pada Tabel 4.17 untuk *Local priority Severity*, Tabel 4.18 untuk *Local priority Occurrence*, dan Tabel 4.19 untuk *Local priority Detection*.

*Local priority Severity* = Nilai *Severity*/ Total *Severity*

*Local priority Occurrence* = Nilai *Occurrence*/ Total *Occurrence*

*Local priority Detection* = Nilai *Detection*/ Total *Detection*

Tabel 4.17. *Local Priority Severity*

| <i>Potential Failure</i>                | <i>Severity</i> | <i>Local priority Severity</i> |
|---|-----------------|--------------------------------|
| <b>Suhu Ruangan Tinggi</b>              | 5               | 0,13                           |
| <b>Kotoran/Debu pada ruang spray</b>    | 4               | 0,10                           |
| <b>Cat Mentory Meleber ke permukaan</b> | 6               | 0,15                           |

|   |    |      |
|---|----|------|
| <b>Setting CarHaul Tidak Standar</b>                | 3  | 0,08 |
| <b>Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak</b> | 6  | 0,15 |
| <b>Setting Spray Gun Tidak Standar</b>              | 3  | 0,08 |
| <b>Skill Spray yang kurang</b>                      | 5  | 0,13 |
| <b>Pemasangan Polysheet Tidak Rata</b>              | 7  | 0,18 |
| <b>Total severity</b>                               | 39 |      |

Tabel 4.18 *Local Priority Occurrence*

| <i>Potential Failure</i>                            | <i>Occurance</i> | <i>Local priority occurrence</i> |
|---|------------------|----------------------------------|
| <b>Suhu Ruangan Tinggi</b>                          | 3,00             | 0,08                             |
| <b>Kotoran/Debu pada ruang spray</b>                | 4,00             | 0,11                             |
| <b>Cat Mentory Meleber ke permukaan</b>             | 7,00             | 0,19                             |
| <b>Setting CarHaul Tidak Standar</b>                | 5,00             | 0,14                             |
| <b>Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak</b> | 3,00             | 0,08                             |
| <b>Setting Spray Gun Tidak Standar</b>              | 4,00             | 0,11                             |
| <b>Skill Spray yang kurang</b>                      | 6,00             | 0,16                             |
| <b>Pemasangan Polysheet Tidak Rata</b>              | 5,00             | 0,14                             |
| <b>Total Occurance</b>                              | 37,00            |                                  |

Tabel 4.19 *Local Priority Detection*

| <b>Potential Failure</b>                            | <b>Detectability</b> | <b>Local priority Detectability</b> |
|---|----------------------|-------------------------------------|
| <b>Suhu Ruangan Tinggi</b>                          | 3,00                 | 0,10                                |
| <b>Kotoran/Debu pada ruang spray</b>                | 5,00                 | 0,17                                |
| <b>Cat Mentory Meleber ke permukaan</b>             | 4,00                 | 0,13                                |
| <b>Setting CarHaul Tidak Standar</b>                | 3,00                 | 0,10                                |
| <b>Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak</b> | 3,00                 | 0,10                                |
| <b>Setting Spray Gun Tidak Standar</b>              | 3,00                 | 0,10                                |
| <b>Skill Spray yang kurang</b>                      | 5,00                 | 0,17                                |
| <b>Pemasangan Polysheet Tidak Rata</b>              | 4,00                 | 0,13                                |
| <b>Total Detectability</b>                          | 30,00                |                                     |

Setelah perhitungan *local priority* untuk *severity*, *occurance*, dan *detection* hasil dari perhitungan dirangkum pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 *Local Priority*

| <i>Potential Failure</i>                            | <i>Local priority Severity</i> | <i>Local priority occurrence</i> | <i>Local priority Detectability</i> |
|---|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Suhu Ruangan Tinggi</b>                          | 0,13                           | 0,08                             | 0,10                                |
| <b>Kotoran/Debu pada ruang spray</b>                | 0,10                           | 0,11                             | 0,17                                |
| <b>Cat Mentory Meleber ke permukaan</b>             | 0,15                           | 0,19                             | 0,13                                |
| <b>Setting CarHaul Tidak Standar</b>                | 0,08                           | 0,14                             | 0,10                                |
| <b>Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak</b> | 0,15                           | 0,08                             | 0,10                                |
| <b>Setting Spray Gun Tidak Standar</b>              | 0,08                           | 0,11                             | 0,10                                |
| <b>Skill Spray yang kurang</b>                      | 0,13                           | 0,16                             | 0,17                                |
| <b>Pemasangan Polysheet Tidak Rata</b>              | 0,18                           | 0,14                             | 0,13                                |

Langkah 6. Menghitung *global priority* menggunakan persamaan:

Perhitungan *Global priority severity* menggunakan rumus dibawah ini. Tabel 4.21 merupakan hasil perhitungan dari *global priority severity*.

$$Global Priority Severity = Local Priority Severity \times Bobot Severity$$

Tabel 4.21 *Global Priority Severity*

| <b>Kode</b> | <i>Potential failure</i>                     | <i>Local priority Severity</i> | <b>Bobot Saverity</b> | <i>Global Priority Severity</i> |
|-------------|--|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| <b>F1</b>   | Suhu Ruangan Tinggi                          | 0,13                           | 0,21                  | 0,03                            |
| <b>F2</b>   | Kotoran/Debu pada ruang spray                | 0,10                           | 0,21                  | 0,02                            |
| <b>F3</b>   | Cat Mentory Meleber ke permukaan             | 0,15                           | 0,21                  | 0,03                            |
| <b>F4</b>   | Setting CarHaul Tidak Standar                | 0,08                           | 0,21                  | 0,02                            |
| <b>F5</b>   | Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak | 0,15                           | 0,21                  | 0,03                            |

|           |                                 |      |      |      |
|-----------|---------------------------------|------|------|------|
| <b>F6</b> | Setting Spray Gun Tidak Standar | 0,08 | 0,21 | 0,02 |
| <b>F7</b> | Skill Spray yang kurang         | 0,13 | 0,21 | 0,03 |
| <b>F8</b> | pemasangan Polysheet Tidak Rata | 0,18 | 0,21 | 0,04 |

Perhitungan *Global priority occurrence* menggunakan rumus dibawah ini. Tabel 4.22 merupakan hasil perhitungan dari *global priority occurrence*.

$$\text{Global Priority Occurrence} = \text{Local Priority Occurrence} \times \text{Bobot Occurrence}$$

Tabel 4.22 *Global Priority Occurrence*

| <b>Kode</b> | <b>Potential failure</b>                     | <b>Local priority Occurance</b> | <b>Bobot Occurance</b> | <b>Global Priority Occurance</b> |
|-------------|--|---------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| <b>F1</b>   | Suhu Ruangan Tinggi                          | 0,08                            | 0,10                   | 0,01                             |
| <b>F2</b>   | Kotoran/Debu pada ruang spray                | 0,11                            | 0,10                   | 0,01                             |
| <b>F3</b>   | Cat Mentory Meleber ke permukaan             | 0,19                            | 0,10                   | 0,02                             |
| <b>F4</b>   | Setting CarHaul Tidak Standar                | 0,14                            | 0,10                   | 0,01                             |
| <b>F5</b>   | Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak | 0,08                            | 0,10                   | 0,01                             |
| <b>F6</b>   | Setting Spray Gun Tidak Standar              | 0,11                            | 0,10                   | 0,01                             |
| <b>F7</b>   | Skill Spray yang kurang                      | 0,16                            | 0,10                   | 0,02                             |
| <b>F8</b>   | pemasangan Polysheet Tidak Rata              | 0,14                            | 0,10                   | 0,01                             |

Perhitungan *Global priority Detection* menggunakan rumus dibawah ini. Tabel 4.23 merupakan hasil perhitungan dari *global priority Detection*.

$$\text{Global Priority Detection} = \text{Local Priority Detection} \times \text{Bobot Detection}$$

Tabel 4.23 *Global Priority Detection*

| <b>Kode</b> | <b>Potential failure</b>                     | <b>Local priority Detectability</b> | <b>Bobot Detectability</b> | <b>Global Priority Detectability</b> |
|-------------|--|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| <b>F1</b>   | Suhu Ruangan Tinggi                          | 0,10                                | 0,48                       | 0,05                                 |
| <b>F2</b>   | Kotoran/Debu pada ruang spray                | 0,17                                | 0,48                       | 0,08                                 |
| <b>F3</b>   | Cat Mentory Meleber ke permukaan             | 0,13                                | 0,48                       | 0,06                                 |
| <b>F4</b>   | Setting CarHaul Tidak Standar                | 0,10                                | 0,48                       | 0,05                                 |
| <b>F5</b>   | Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak | 0,10                                | 0,48                       | 0,05                                 |
| <b>F6</b>   | Setting Spray Gun Tidak Standar              | 0,10                                | 0,48                       | 0,05                                 |
| <b>F7</b>   | Skill Spray yang kurang                      | 0,17                                | 0,48                       | 0,08                                 |
| <b>F8</b>   | pemasangan Polysheet Tidak Rata              | 0,13                                | 0,48                       | 0,06                                 |

Perhitungan *Global priority Expected cost* menggunakan rumus dibawah ini. Tabel 4.24 merupakan hasil perhitungan dari *global priority Expected cost*.

$$\text{Global Priority Expected cost} = \text{Local Priority Expected cost} \times \text{Bobot Expected cost}$$

Tabel 4.24 *Global Priority Expected cost*

| Kode | Potential failure                            | Local Priority Expected cost | Bobot Expected Cost | Global Priority Expected Cost |
|------|--|------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| F1   | Suhu Ruangan Tinggi                          | 0,07                         | 0,21                | 0,02                          |
| F2   | Kotoran/Debu pada ruang spray                | 0,05                         | 0,21                | 0,01                          |
| F3   | Cat Mentory Meleber ke permukaan             | 0,17                         | 0,21                | 0,04                          |
| F4   | Setting CarHaul Tidak Standar                | 0,10                         | 0,21                | 0,02                          |
| F5   | Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak | 0,13                         | 0,21                | 0,03                          |
| F6   | Setting Spray Gun Tidak Standar              | 0,05                         | 0,21                | 0,01                          |
| F7   | Skill Spray yang kurang                      | 0,24                         | 0,21                | 0,05                          |
| F8   | pemasangan Polysheet Tidak Rata              | 0,19                         | 0,21                | 0,04                          |

Setelah perhitungan *Global priority* untuk *severity, occurrence, detection, expected cost* hasil dari perhitungan dirangkum pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 *Global Priority*

| Kode | Potential failure                            | Global Priority Severity | Global Priority Occurrence | Global Priority Detectability | Global Priority Expected cost |
|------|--|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| F1   | Suhu Ruangan Tinggi                          | 0,03                     | 0,01                       | 0,05                          | 0,02                          |
| F2   | Kotoran/Debu pada ruang spray                | 0,02                     | 0,01                       | 0,08                          | 0,01                          |
| F3   | Cat Mentory Meleber ke permukaan             | 0,03                     | 0,02                       | 0,06                          | 0,04                          |
| F4   | Setting CarHaul Tidak Standar                | 0,02                     | 0,01                       | 0,05                          | 0,02                          |
| F5   | Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak | 0,03                     | 0,01                       | 0,05                          | 0,03                          |
| F6   | Setting Spray Gun Tidak Standar              | 0,02                     | 0,01                       | 0,05                          | 0,01                          |
| F7   | Skill Spray yang kurang                      | 0,03                     | 0,02                       | 0,08                          | 0,05                          |
| F8   | pemasangan Polysheet Tidak Rata              | 0,04                     | 0,01                       | 0,06                          | 0,04                          |

Langkah 7. Menghitung *total priority* untuk setiap penyebab produk *defect*.

Setelah perhitungan *Global priority* untuk *severity*, *occurance*, *detection*, dan *expected cost* dilakukan perhitungan *Total priority* dengan rumus dibawa ini. Tabel 4.26 merupakan hasil dari perhitungan *total priority*.

$$\Sigma \text{ Total priority} =$$

$$GP \text{ Severity} \times GP \text{ Occurrence} \times GP \text{ Detectability} \times GP \text{ Expected cost}$$

Tabel 4.26 *Total Priority*

| Kode | Potential failure                                       | Global Priority Severity | Global Priority Occurrence | Global Priority Detectability | Global Priority Expected cost | Total priority |
|------|---|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|
| F1   | Suhu Ruangan Tinggi                                     | 0,03                     | 0,01                       | 0,05                          | 0,02                          | 0,10           |
| F2   | Kotoran/Debu pada ruang spray                           | 0,02                     | 0,01                       | 0,08                          | 0,01                          | 0,12           |
| F3   | Cat Mentory Meleber ke permukaan                        | 0,03                     | 0,02                       | 0,06                          | 0,04                          | 0,15           |
| F4   | Setting CarHaul Tidak Standar                           | 0,02                     | 0,01                       | 0,05                          | 0,02                          | 0,10           |
| F5   | Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak            | 0,03                     | 0,01                       | 0,05                          | 0,03                          | 0,12           |
| F6   | Setting Spray Gun Tidak Standar                         | 0,02                     | 0,01                       | 0,05                          | 0,01                          | 0,09           |
| F7   | Skill Spray yang kurang pemasangan Polysheet Tidak Rata | 0,03                     | 0,02                       | 0,08                          | 0,05                          | 0,17           |
| F8   |   | 0,04                     | 0,01                       | 0,06                          | 0,04                          | 0,15           |

Setelah didapatkan nilai *Total priority* maka dilakukan pengurutan dari nilai yang terbesar hingga terkecil, nilai yang terbesar tersebut adalah penyebab potensial yang menyebabkan produk *defect* yang terjadi pada bagian *spray* terutama untuk Kabinet *upright piano* warna. Tabel 4.27 merupakan hasil dari *Total priority* dan urutan prioritasnya.

Tabel 4.27 *Priority*

| Kode | Potential failure                                       | Total priority | Priority |
|------|---|----------------|----------|
| F1   | Suhu Ruangan Tinggi                                     | 0,10           | 7        |
| F2   | Kotoran/Debu pada ruang spray                           | 0,12           | 4        |
| F3   | Cat Mentory Meleber ke permukaan                        | 0,15           | 3        |
| F4   | Setting CarHaul Tidak Standar                           | 0,10           | 6        |
| F5   | Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak            | 0,12           | 5        |
| F6   | Setting Spray Gun Tidak Standar                         | 0,09           | 8        |
| F7   | Skill Spray yang kurang pemasangan Polysheet Tidak Rata | 0,17           | 1        |
| F8   |   | 0,15           | 2        |

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.2 Pengolahan Data

##### 5.2.1 *Define*

*Define* merupakan merupakan langkah awal dalam tahapan *six sigma*. Pada tahap ini dilakukan pendefinisian dari *critical to quality* terhadap kabinet *Upright Piano*. Dari hasil dokumentasi perusahaan terdapat 16 *Critical to quality* kabinet *Upright piano* yaitu jenis *defect* yang dihasilkan pada proses di *Spray carhaul warna factory 2*. 16 *critical to quality* yaitu Muke permukaan, Muke Edge, Dekok, Gelt, Kotor, Pinhole, Pecah, Obake, Muke Mentory, MI, Sambungan, NG LOGO, NG Putih, Mentory Bolong, CAT TIPIS, dan CLOUDLY

##### 5.2.2 *Measure*

*Measure* merupakan langkah kedua dalam tahapan *six-sigma*. Pada tahap *measure* dilakukan perhitungan nilai DPMO dan pentuan nilai sigma

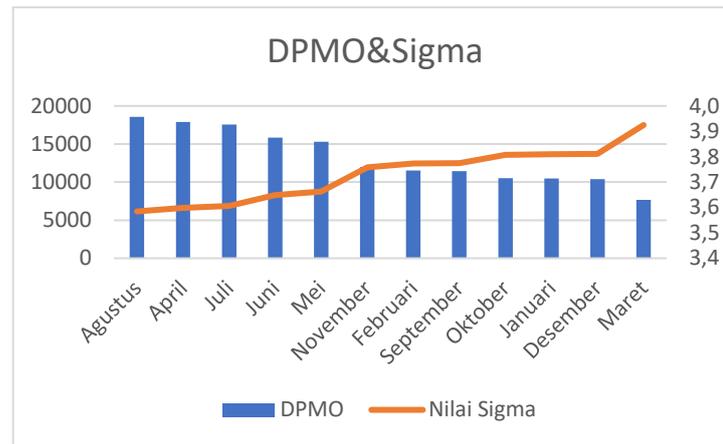
###### 5.2.2.1 Perhitungan Nilai DPMO

Dari hasil pehitungan DPMO pada periode 196 ( April 2019 – Maret 2020 ) nampak bahwa rata-rata DPMO masih cukup tinggi yaitu sebesar 13.261 yang dapat diinterpretasikan bahwa dari satu juta kesempatan yang ada akan menghasilkan 13.261 kemungkinan dari sejumlah kabinet yang diproduksi akan menimbulkan sejumlah *defect*

baik dari proses atau bahan baku. DPMO tertinggi terjadi pada bulan Agustus sebesar 18.553,43 dikarenakan memiliki jumlah produksi yang paling banyak di periode 196 sebesar 2.321 pcs serta pada bulan agustus juga terjadi *defect* terbanyak yaitu sebesar 689 kejadian. Urutan DPMO selanjutnya terjadi pada bulan April sebesar 17.908, Juli sebesar 17.576, Juni sebesar 15.839, Mei sebesar 15.302, Novemeber sebesar 11.972, Februari sebesar 11.506, september sebesar 11.450, oktober sebesar 10.508, januari sebesar 10.460, dan 7.657 pada bulan Maret. Besaran nilai DPMO tersebut dipengaruhi oleh jumlah produksi dan jumlah produk *defect* yang dihasilkan, semakin besar rasio produk *defect* yang dihasilkan dengan jumlah produksi maka semakin besar pula nilai DPMO.

#### 5.2.2.2 Nilai Sigma

Setelah dilakukan perhitungan untuk mencari nilai DPMO, selanjutnya nilai tersebut dikonversi menjadi nilai sigma. penentuan nilai sigma tersebut dilakukan dengan melakukan perhitungan interpolasi untuk mencari nilai sigma diantara dua nilai sigma secara akurat. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai rata-rata sigma untuk produksi pada bagian *spray carhaul warna factory 2* selama satu periode 196 ( April 2019 – Maret 2020) sebesar 3,884. Nilai sigma terendah didapat pada bulan Agustus sebesar 3,79. Urutan selanjutnya yaitu bulan April sebesar 3,807, Juli sebesar 3,812, Juni sebesar 3,841, Mei sebesar 3,850, Novemeber sebesar 3,905, Februari sebesar 3,913, september sebesar 3,914, oktober sebesar 3,929, januari sebesar 3,930, dan 3,97 pada bulan Maret. Dari perhitungan DPMO dan nilai sigma diatas diperoleh hubungan bahwa semakin tinggi nilai DPMO maka semakin rendah nilai *sigma*, begitu juga sebaliknya. Apabila nilai *sigma* semakin tinggi menunjukkan bahwa proses pada perusahaan semakin membaik karena mampu menghasilkan produk yang tidak cacat semakin tinggi.



Gambar 5.1 Grafik Perbandingan DPMO dan Level Sigma

Dari data perbandingan antara nilai DPMO dan Level Sigma pada Gambar 5.1 dapat dilihat bahwa semakin besar Nilai DPMO mengakibatkan level sigma menurun dikarenakan semakin banyak *defect* yang terjadi maka kinerja perusahaan akan semakin buruk yang ditandai dengan level sigma yang menurun, sedangkan jika semakin kecil nilai DPMO yang menandakan jumlah *defect* produksi menurun maka semakin baik kinerja perusahaan yang ditandai dengan level sigma yang semakin tinggi.

### 5.2.3 Analyze

Tahap *Analyze* merupakan langkah ketiga dalam tahapan *six sigma*. pada tahap ini dapat dilihat pembahasan analisis menggunakan diagram pareto untuk mencari *defect* dominan, *cause effect diagram* untuk menjabarkan faktor-faktor penyebab terjadinya *defect*. Pada tahap ini dilakukan analisis untuk mendapatkan faktor penyebab *defect* yang dominan, penyebab *defect* tersebut akan menjadi fokus dalam perbaikan proses pada bagian *spray carhaul* warna *factory 2*.

#### 5.2.3.1 Analisis Diagram Pareto

Diagram pareto dibuat untuk melihat dan mengetahui jenis-jenis kecacatan yang memberikan kontribusi paling besar terhadap kecacatan yang terjadi dalam suatu perusahaan atau bagian. Berdasarkan aturan 80-20, hasil diagram pareto menunjukkan bahwa jenis *defect* yang harus dianalisis lebih lanjut penyebab terjadinya permasalahan pada *Upright Piano* Warna adalah muke permukaan dengan persentase sebesar 21,96%

yang memiliki jumlah kejadian sebanyak 870 kejadian. Persentase selanjutnya adalah *defect* muke edge sebanyak 20,65%, kotor sebanyak 20,55%, muke mentory sebanyak 15,27%, pecah sebanyak 4,47%, dekok sebanyak 4,34%, obake sebesar 3,13%, cat tipis sebanyak 2,40%, gelt sebanyak 2,15%, mentory bolong sebanyak 1,97%, pinhole sebesar 1,74%, NG Logo sebesar 0,83%, MI sebesar 0,33%, NG putih sebanyak 0,2%, Sambungan sebesar 0,03%.

#### 5.2.3.2 Cause and Effect Diagram

Analisis *Cause and Effect Diagram* digunakan untuk mencari tahu penyebab terjadinya *defect* muke permukaan pada bagian *spray carhaul warna factory 2*.

##### a. Lingkungan

Faktor lingkungan yang menyebabkan *defect* muke permukaan adalah Kotoran/Debu yang berasal dari debu sisa sanding yang luput dalam tahap *cleaning*, kotoran di rak yang tidak dibersihkan, dan debu dari AC. Kotoran/Debu tersebut mengakibatkan pinhole sehingga pada proses sanding terjadi usaha perbaikan yang menyebabkan cacat permukaan. Penyebab selanjutnya adalah Suhu ruangan yang tinggi, faktor tersebut berasal dari perubahan cuaca yang terjadi tiba-tiba.

##### b. Metode

Faktor metode yang menyebabkan *defect* muke permukaan adalah terjadinya cat *mentory* yang meleber ke sisi permukaan diakibatkan dari kekentalan cat yang tinggi dan proses pewarnaan mentory yang tidak tepat, Penyebab kedua adalah *setting* jumlah part pada *carhaul* yang menyebabkan hasil *spray* kurang maksimal pada ketebalan cat, hal tersebut terjadi karena operator ingin segera menyelesaikan pekerjaannya.

##### c. Mesin

Faktor mesin yang menyebabkan *defect* muke permukaan adalah kompresor yang terkontaminasi kotoran, air, atau minyak yang dapat menyebabkan Hajiki. Penyebab kedua yaitu *Setting spray gun* tidak standar, *setting spray gun* yang harus diperhatikan adalah *setting* Angin yang disesuaikan dengan tingkat kekentalan cat.

##### d. Manusia

Faktor manusia yang menyebabkan *defect* muke permukaan adalah *Skill* operator dalam melakukan proses *sary*. *Skill* tersebut dipengaruhi dari gaya setiap operator.

Faktor yang harus diperhatikan oleh operator yaitu jarak antara *spray gun* dan benda kerja, kecepatan ayunan *spray gun* untuk meratakan cat yang disemprotkan, dan sudut ayunan dari *spray gun*.

e. Material

Faktor material yang menyebabkan *defect* muke permukaan adalah pemasangan *polysheet* yang tidak rata-rata, hal tersebut biasa ditemui pada kabinet yang memiliki sisi R (radius) yang menyebabkan ketebalan cat yang berbeda, sehingga saat proses *sanding* terjadi muke permukaan.

### 5.2.3.3 Susunan Hierarki MAFMA

Dalam perhitungan MAFMA untuk menemukan penyebab paling dominan yang menyebabkan muke permukaan (*Goal level*) digunakan empat kriteria berupa *Severity*, *Ocurance*, *Detection*, dan *Expected cost* sebagai *critical level* yang merupakan empat kriteria yang digunakan pada metode MAFMA, pada *alternative level* dimasukkan delapan penyebab terjadinya *defect* yang telah didefinisikan yaitu suhu ruangan tinggi, kotoran/debu pada ruang *spray*, cat *mentory* meleber ke permukaan, setting kabinet di *carhaul* tidak standar, kompresor kotor, *setting spray* tidak standar, *skill* operator yang kurang, serta pemasangan *polysheet* yang tidak rata.

### 5.2.3.4 Analisis Hasil *Failure Mode Effect Analysis*

Pada FMEA ini dilakukan analisis dengan pemberian bobot berdasarkan tingkat *severity*, *occurence* dan *detection* untuk memperoleh nilai RPN. Pembobotan ini berasal dari analisis *cause and effect diagram* maka pada FMEA ini disimpulkan dengan beberapa *process function* yang diindikasi sebagai proses penyebab sejumlah kecacatan muke permukaan pada kabinet *Upright Piano* (UP) Warna.

Pada perhitungan FMEA, didapat nilai *Severity* yang berasal dari kuesioner yang diisi oleh *expert*. Dari delapan penyebab terjadinya *defect* muke permukaan nilai *severity* tertinggi didapatkan dari faktor pemasangan *polysheet* yang tidak rata yang memiliki nilai 7 yang berarti memiliki tingkat pengaruh yang tinggi terhadap terjadinya *defect* muke permukaan. Nilai berikutnya oleh cat *mentory* meleber ke permukaan dan

kompresor kotor dengan air, debu, atau minyak sebesar 6 yang berarti faktor tersebut memiliki pengaruh yang *moderate*, faktor suhu ruangan tinggi dan *skill* operator yang kurang memiliki nilai *severity* 5 yang berarti memiliki pengaruh yang *moderate*, faktor kotoran dan debu pada ruangan *spray* memiliki nilai 4 yang berarti memiliki pengaruh yang *moderate*. Faktor *setting carhaul* yang tidak standar dan *setting spray gun* yang tidak standar memiliki pengaruh yang ringan dengan mendapatkan nilai 3.

Pada penilaian *Occurance* yang berasal dari kuesioner yang diisi oleh *expert*. Dari delapan penyebab terjadinya *defect* muke permukaan nilai *occurance* tertinggi didapatkan dari faktor cat *mentory* meleber ke permukaan yang memiliki nilai 7 yang berarti faktor tersebut sangat mungkin menyebabkan kegagalan. Urutan berikutnya adalah faktor *Skill Spray* yang kurang mendapat nilai 6 yang berarti faktor tersebut agak mungkin terjadi, *Setting CarHaul* Tidak Standar dan Pemasangan *Polysheet* Tidak Rata mendapat nilai 5 yang berarti faktor tersebut agak mungkin terjadi, Kotoran/Debu pada ruang *spray* dan *Setting Spray Gun* Tidak Standar mendapat nilai 4 yang berarti faktor tersebut agak mungkin terjadi, faktor Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak dan Suhu Ruangan Tinggi memiliki nilai *occurrence* 3 yang berarti faktor tersebut jarang terjadi.

Pada penilaian *detectability* yang berasal dari kuesioner FMEA yang diisi oleh *expert*. Dari delapan penyebab terjadinya *defect* muke permukaan nilai *detectability* tertinggi didapatkan dari faktor Kotoran/Debu pada ruang *spray* dan *Skill Spray* yang kurang mendapat nilai 5 yang berarti metode deteksi masih memungkinkan kadang-kadang penyebab itu terjadi, faktor Cat *Mentory* meleber ke permukaan dan Pemasangan *Polysheet* Tidak Rata mendapat nilai 4 yang berarti metode deteksi masih memungkinkan kadang-kadang penyebab itu terjadi, dan faktor yang memiliki nilai 3 yang berarti adalah faktor Suhu Ruangan Tinggi, *Setting CarHaul* Tidak Standar, Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak dan *Setting Spray Gun* Tidak Standar.

Setelah didapatkan nilai dari ketiga kriteria *severity*, *occurence* dan *detection* dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan mengalikan ketiga kriteria tersebut. setelah nilai RPN diketahui maka nilai tersebut diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil, nilai yang lebih besar menandakan bahwa penyebab tersebut memiliki prioritas resiko yang lebih besar. Peringkat pertama diduduki

oleh faktor Cat Mentory Meleber ke permukaan yang memiliki nilai RPN sebesar 168. Nilai resiko pada kejadian ini paling besar dipengaruhi oleh atribut *occurrence* yang paling besar. Hal ini memiliki arti bahwa semakin sering faktor itu terjadi maka semakin besar pula dampak resiko dibanding dengan tingkat keparahan maupun tingkat deteksi faktor tersebut akan timbul. Urutan RPN selanjutnya adalah faktor *Skill Spray* yang kurang sebesar 150, faktor Pemasangan *Polysheet* Tidak Rata sebesar 140, faktor Kotoran/Debu pada ruang *spray* sebesar 80, faktor Kompresor kotor dengan air, debu, atau minyak sebesar 54, faktor Suhu Ruangan Tinggi dan *Setting CarHaul* Tidak Standar sebesar 45, serta faktor *Setting Spray Gun* Tidak Standar sebesar 36.

#### 5.2.3.5 Perhitungan Bobot Kriteria dengan *Fuzzy-Analytical Hierarchy Process*

Dalam pembobotan keempat kriteria yang akan digunakan dalam menganalisis penyebab *defect*, dilakukan penilaian oleh *expert* yang menduduki jabatan sebagai *foreman* pada bagian sanding balikan *factory 2* yang membawahi bagian *sparay carhaul* warna *factory 2*. Berdasarkan keempat hasil pembobotan semua kriteria yang akan digunakan, dilakukan perhitungan menggunakan *fuzzy* untuk menyelesaikan masalah subjektivitas pada AHP menggunakan bahasa pemrograman python dalam *tool* Google Colab. Dan hasilnya didapat bobot kriteria *Severity* sebesar 0,21 atau 21%. Kemudian hasil bobot kriteria *Occurrence* sebesar 0,1 atau 10%. Hasil bobot kriteria *Detection* adalah sebesar 0,48 atau 48%. Hasil bobot kriteria *Expected Cost* adalah sebesar 0,21 atau 21%. Jika diurutkan, kriteria yang paling diprioritaskan oleh *foreman* sanding balikan *factory 2* dalam mengatasi penyebab *defect* yaitu *Detection*, *Severity*, *Expected Cost*, dan *occurrence*. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kriteria *detection* memberikan pengaruh yang paling besar dalam menentukan nilai risiko. Pakar memandang bahwa pendeteksian terjadinya penyebab *defect* lebih penting untuk diprioritaskan dibanding tiga kriteria lainnya.

#### 5.2.3.6 Mencari *Local Priority Expected Cost*

Nilai *local priority expected cost* digunakan untuk menentukan kerugian finansial yang ditimbulkan oleh penyebab masalah tersebut terhadap terjadinya *defect* muke permukaan, setelah dianalisis penyebab yang menunjukkan kerugian terbesar yaitu *skill spray*

operator bagian *spray carhaul* warna kurang baik yaitu sebesar 24%. Hal tersebut diakibatkan karena kejadian sering terulang yang ditandai dengan nilai *occurrence* sebesar 5, dan nilai *detectability* yang besar karena sulit dalam pemantauan penyebab kegagalan sehingga nilai biaya yang keluar tinggi karena muke permukaan perlu dilakukan *repaint*. Peringkat selanjutnya yang memiliki kerugian biaya yang besar yaitu pemasangan *Polysheet* Tidak Rata sebesar 0,19, Cat *Mentory* Meleber ke permukaan sebesar 0,17, Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak sebesar 0,13, *Setting CarHaul* Tidak Standar sebesar 0,1, Suhu ruangan tinggi sebesar 0,07, dan faktor Kotoran/Debu pada ruang *spray* dan *Setting Spray Gun* Tidak Standar sama-sama memiliki nilai sebesar 0,05.

#### 5.2.3.7 Peringkat Penyebab *Defect* Muke Permukaan dengan MAFMA

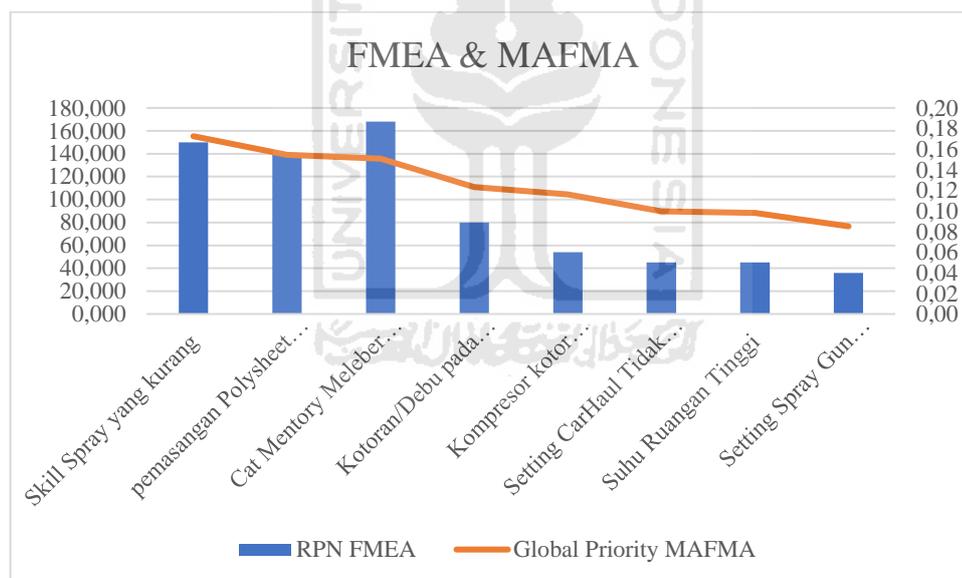
Peringkat MAFMA didapat dari nilai *Total Priority*, Peringkat pertama penyebab terjadinya *defect* adalah skill operator saat melakukan proses *spray* kurang baik, hal tersebut menandakan bahwa skill operator yang buruk sangat berpengaruh dalam terjadinya *defect* muke permukaan. Hal tersebut menyebabkan resiko kerugian biaya paling besar dibanding faktor penyebab lain. Hal tersebut ditandai dengan nilai *global priority expected cost* paling tinggi yaitu sebesar 0,05 karena penyebab tersebut sering terjadi dan menyebabkan kerusakan yang parah sehingga menyebabkan kerugian yang besar. Pada faktor penyebab tersebut juga mendapat nilai *global priority detectability* dan *global priority occurrence* yang paling besar yaitu 0,08 pada *detectability* dan 0,02 pada *occurrence* yang berarti bahwa faktor *skill spray* operator yang kurang sulit untuk di deteksi dan penyebab tersebut sering terjadi. Maka dari itu *skill* operator kurang saat melakukan *spray* adalah penyebab masalah *defect* muke permukaan yang harus menjadi prioritas dalam perbaikan.

Peringkat selanjutnya untuk faktor penyebab *defect* muke permukaan adalah pemasangan *Polysheet* Tidak Rata sebesar 0,15. Faktor Cat *Mentory* Meleber ke permukaan sebesar 0,15. Faktor Kotoran/Debu pada ruang *spray* sebesar 0,12, faktor Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak sebesar 0,12, faktor *Setting CarHaul* Tidak Standar sebesar 0,1, faktor Suhu Ruangan Tinggi sebesar 0,1 dan yang terakhir faktor *Setting Spray Gun* Tidak Standar sebesar 0,09. *Setting spray gun* merupakan penyebab produk *defect* yang menjadi prioritas terakhir dalam perbaikan.

## 5.2.3.8 Perbandingan FMEA dan MAFMA

Tebel 5.1 Perbandingan FMEA dan MAFMA

| Potential failure                            | RPN FMEA | Peringkat FMEA | Global Priority MAFMA | Peringkat MAFMA |
|--|----------|----------------|-----------------------|-----------------|
| Skill Spray yang kurang                      | 150      | 2              | 0,17                  | 1               |
| pemasangan Polysheet Tidak Rata              | 140      | 3              | 0,15                  | 2               |
| Cat Mentory Meleber ke permukaan             | 168      | 1              | 0,15                  | 3               |
| Kotoran/Debu pada ruang spray                | 80       | 4              | 0,12                  | 4               |
| Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak | 54       | 5              | 0,12                  | 5               |
| Setting CarHaul Tidak Standar                | 45       | 6              | 0,10                  | 6               |
| Suhu Ruangan Tinggi                          | 45       | 7              | 0,10                  | 7               |
| Setting Spray Gun Tidak Standar              | 36       | 8              | 0,09                  | 8               |



Gambar 5.2 Grafik Perbandingan FMEA dan MAFMA

Dari perbandingan peringkat *Risk Priority Number FMEA* dan *Global Priority MAFMA* pada tabel 5.1 dapat dibandingkan bahwa, tiga peringkat pertama pada metode MAFMA dan FMEA berbeda. Pada metode FMEA peringkat pertama diperoleh oleh faktor penyebab cat *mentory* meleber ke permukaan, pada peringkat kedua diperoleh oleh *Skill operator spray* yang kurang, dan yang ketiga yaitu faktor pemasangan *Polysheet* Tidak Rata. Sedangkan untuk metode MAFMA peringkat pertama diperoleh oleh faktor penyebab *skill operator spray* yang kurang, untuk peringkat kedua diperoleh oleh pemasangan *polysheet* yang

tidak rata, dan yang ketiga diperoleh oleh cat *mentory* meleber ke permukaan. selain ketiga faktor penyebab tersebut peringkat dari metode FMEA dan MAFMA sama.

Perbedaan tersebut diakibatkan oleh perbedaan penilaian yang mana pada metode FMEA terdapat tiga kriteria yaitu *saverity*, *occurrence*, dan *detection* sedangkan pada metode MAFMA terdapat penambahan kriteria yaitu *expected cost*, hal tersebut terlihat bahwa dari pengaruh nilai kriteria *expected cost* pada ketiga faktor yang semakin tinggi maka akan mempengaruhi peringkat dari faktor tersebut, Hal ini menunjukkan bahwa setelah memperhitungkan faktor biaya, terdapat perubahan *global priority* terbesar pada tiap faktor, yang mengurutkan kejadian risiko yang mengeluarkan biaya kerugian paling besar. Perbedaan tersebut juga dipengaruhi oleh pembobotan dari keempat kriteria yang mana pembobotan tersebut belum masuk pada metode FMEA sedangkan pada metode MAFMA bobot kriteria mempengaruhi pada hasil *global priority*, dan dapat dilihat dari pembobotan tersebut kriteria menempati peringkat kedua dari keempat kriteria yang menandakan kriteria *expected cost* memiliki pengaruh yang cukup besar.

#### 5.2.4 Improve

Setelah mengetahui penyebab-penyebab dari terjadinya *waste* pada proses produksi *spray carhaul* warna, langkah selanjutnya adalah mencari solusi yang potensial untuk mengurangi *defect* muke permukaan. Beberapa saran perbaikan diusulkan berdasarkan hasil analisis akar permasalahan *defect* yang telah dideskripsikan pada tahap *analyze*. Berikut merupakan rekomendasi perbaikan proses produksi *spray carhaul* warna departemen *Painting* PT YAMAHA INDONESIA untuk mengurangi *waste defect* jenis muke permukaan.

##### 1. Pergantian Karyawan Kontrak

Untuk meningkatkan *skill* dalam melakukan proses *spray* diperlukan jam terbang yang tinggi, dikarenakan proses *spray* memerlukan ketrampilan khusus. Maka dari itu perlu dilakukan penyusaian kontrak kerja agar operator mempunyai ketrampilan yang matang. Waktu kontrak yang pendek menyebabkan rotasi operator yang cepat pada bagian *spray carhaul factory 2* sehingga dapat menimbulkan operator yang sudah mulai mahir keluar karena kontrak kerja habis. Solusi yang bisa diberikan adalah

menempatkan karyawan tetap pada posisi yang perlu ketrampilan yang tinggi untuk memastikan operator paham dengan segala karakteristik yang terjadi saat proses *spray*.

## 2. Akselerasi pola belajar operator

Dikarenakan masa kontrak yang pendek perlu adanya peningkatan akselerasi dalam belajar agar operator semakin siap untuk melakukan proses *spray*. Akselerasi belajar perlu berkolaborasi dengan operator yang lebih berpengalaman agar proses *transfer of knowledge* berjalan secara lancar dan berkelanjutan. Dengan begitu operator baru dapat mengetahui dengan cepat karakteristik dalam proses *spray*. Dengan mengetahui karakteristik proses maka operator paham dengan teknik dalam *spray* dan resiko yang dapat terjadi dalam proses serta cara menanganinya karena dalam masa pelatihan hanya diajarkan kemampuan dasar.

## 3. *Monitoring*

*Monitoring* diperlukan untuk memastikan proses dilakukan dengan standar yang baik. Hal tersebut ditemukan dari nilai *detectability* yang rendah sedangkan kriteria *detectability* memiliki bobot paling penting yang berperan dalam terjadinya *defect* muke permukaan. *Moniting* dapat dilakukan dengan melakukan pengawasan terhadap karyawan secara langsung maupun dengan melakukan *monitoring* hasil sehingga dapat diketahui kekurangan dari setiap operator untuk meningkatkan kemampuan dan ketrampilan operator dalam proses

## 5.3 Kelemahan Dalam Penelitian

Dalam penelitian yang dilakukan masih terdapat kelemahan yaitu.

1. Penelitian ini yaitu hanya sampai pada tahap pembuatan rancangan perbaikan dan belum sampai tahap *control* sehingga belum melakukan perhitungan nilai produktivitas setelah dilakukan perbaikan dan juga belum ada perhitungan *cost* yang dibutuhkan untuk perbaikan.
2. Untuk penilaian kriteria penilaian pada *expected cost* masih bersifat subjektif sehingga hasil yang didapatkan kurang akurat dan tidak seperti keadaan aslinya. Dan kedepannya penelitian ini dapat dipadukan dengan data *cost* yang keluar untuk mengatasi *defect* tersebut agar penilaian lebih tepat dan mengurangi resiko kesalahan.

3. Dalam penilaian kriteria dalam MAFMA melalui kuesioner lebih baik jika penilaian dilakukan oleh banyak *expert* untuk mendapatkan berbagai perspektif yang pada penelitian ini hanya diisi oleh satu *expert*.



## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilaksanakan, kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut.

1. Pada proses produksi kabinet *Upright Piano* warna ( *Polish Ebony* dan *Polish American Wallnuts*) yang dilakukan di bagian *spray carhaul (paint booth 4)* terdapat produk *defect* sebanyak 3.962 kabinet dari total produksi sebanyak 18.999 kabinet selama periode 196 yaitu pada bulan April 2019 sampai Maret 2020. Tingkat sigma untuk produksi pada bagian *spray carhaul factory 2* adalah 3,7. Tingkat sigma tersebut didapatkan dari perhitungan angka *Defect per million opportunities* yaitu sebesar 13.261 kemungkinan produk *defect* tercipta dari per satu juta produk yang diproduksi. Menurut *gaspersz* Berdasarkan pencapaian tingkat sigma tersebut maka bagian *spray carhaul warna* dikategorikan masih di tingkatan rata-rata sigma industri di indonesia.
2. Untuk menemukan Faktor yang menyebabkan produk *defect* untuk jenis muke permukaan dianalisis dengan *cause effect diagram*. Didapatkan hasil bahwa pada sisi lingkungan faktor yang menyebabkab *defect* yaitu suhu ruangan tinggi yang diakibatkan karena perubahan cuaca yang terjadi secara tiba-tiba dan faktor kotoran/debu yang menempel pada rak dan debu dari AC. Pada sisi Metode faktor penyebabnya adalah cat *mentory* yang meleber ke bagian permukaan dan *setting carhaul* yang tidak standar yang mengakibatkan cat tidak tersemprot dengan rata. Pada sisi Mesin dan Teknologi faktor penyebabnya adalah kompresor yang kotor dengan kotoran, air, dan debu serta *setting spray gun* yang tidak standar sehingga menyebabkan ketebalan hasil cat tidak sesuai. Pada sisi manusia terdapat faktor

penyebab yaitu *skill* operator untuk melakukan proses *spray* kurang yang diakibatkan kurangnya pengalaman serta pemahaman terhadap proses. Pada sisi material faktor yang menyebabkan *defect* yaitu pemasangan *polysheet* yang tidak rata oleh departemen *woodworking*.

3. Nilai *risk priority number* yang paling besar untuk penyebab terjadinya *defect* muke permukaan yaitu kurangnya *skill* operator saat proses *spray*. Faktor tersebut mendapatkan nilai tertinggi yaitu sebesar 17% dari total persentase penyebab *defect*. Hal tersebut menandakan bahwa masalah *skill* operator menjadi prioritas dalam melakukan langkah perbaikan yaitu dengan melaksanakan penyesuaian pergantian karyawan kontrak agar operator yang ditempatkan pada proses *spray* adalah operator yang berpengalaman serta paham akan karakteristik proses, solusi selanjutnya adalah dengan mempercepat pola belajar operator baru dikarenakan rotasi pafa bagian ini cepat sehingga perlu adanya percepatan agar operator baru paham dan terbiasa dengan proses yang dilakukan oleh operator yang lebih berpengalaman. Dan yang terakhir melakukan *monitoring* secara berkala pada operator saat melakukan proses serta *monitoring* hasil produksi agar operator mendapatkan usulan perbaikan untuk kinerjanya.

## 6.2 Saran

Berikut merupakan saran yang dapat diberikan kepada perusahaan:

1. Menerapkan program *kaizen* untuk fokus dalam pengurangan produk *defect* yang terjadi pada setiap bagian sehingga *defect* dapat dianalisis secara menyeluruh untuk menemukan penyebab pada setiap *defect*..
2. Mempertimbangkan penempatan operator tetap dan kontrak untuk memastikan proses yang membutuhkan keterampilan tinggi dan berpengalaman untuk memastikan operator mengetahui karakteristik proses yang dikerjakan dengan baik. Dikarenakan rotasi operator yang terlalu cepat menyebabkan masa belajar menjadi kurang.
3. Melakukan pemantauan secara berkala terhadap proses kerja operator dan kabinet yang dihasilkan sehingga terus terjadi evaluasi kinerja untuk meningkatkan kemampuan dari operator.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N. G. S., Abohashima, H. S. & Aly, M. F., 2018. *Defect Reduction Using Six Sigma Methodology in Home Appliance Company: A Case Study*. Washington DC USA, IEOM Society International, pp. 1349-1358.
- AIAG, 2008. *FMEA-4 Potential failure Mode and Effects Analysis Reference Manual, Fourth Edition..* s.l.:s.n.
- Beşikçi, E. B. K. T. A. O. & T. O., 2016. An Application of Fuzzy-AHP to Ship Operational Energy Efficiency Measures. *Ocean Engineering 121*, pp. 92-402.
- Braglia, M., 2000. MAFMA: Multi Attribute Failure Mode Analysis. *University of Pisa*.
- Chrysler, 1995. *Potential Failure and Effects Analysis (FMEA) Reference Manual 2 edition*. s.l.: Ford Motor Company.
- Dewan Maisha, Z. & Nusrat Hossain, Z., 2017. Applying DMAIC Methodology to Reduce Defects of Sewing Section in RMG: A Case Study. *American Journal of Industrial and Business Management*, pp. 1320-1329.
- Ellianto, M. S. D. & Nurcahyo, Y. E., 2019. IMPLEMENTASI MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS PADA PROSES PRODUKSI GALON AIR MINUM DI PT. XYZ. *Engineering and Sains Journal*, pp. 31-36.
- Fernando Parulian Saputra, N. H. M. T., 2018. Penerapan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (F-AHP) untuk Menentukan Besar Pinjaman pada Koperasi. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. 1761-1767.
- Gaspers, V., 2005. *Sistem Manajemen Kinerja Terintegrasi Balanced Scorecard Dengan Six Sigma untuk Organisasi Bisnis dan Pemerintah*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, V., 2002. *Total Quality Management*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, V., 2008. *Lean Six Sigma*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

- Gasperz, V., 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegritas dengan ISO, 9001:2000, MBNQA dan HACCP*. Jakarta: PT. Gramedia Pusaka Utama.
- Goetsch, D. & Davis, S., 1995. *Implementing Total Quality*. New Jersey: Prentice.
- Harry, M. & Schroeder, R., 2006. *Six SIGMA: The Breakthrough Management Strategy*. s.l.:s.n.
- Hetharia, D., 2009. PENERAPAN FUZZY ANALYTIC HIERARCHYPROCESS DALAM METODE MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS UNTUK MENGIDENTIFIKASI PENYEBAB KEGAGALAN POTENSIAL PADA PROSES PRODUKSI. *J@TI UNDIP*.
- Ilyas Mzougui, Z. E. F., 2019. Proposition of a modified FMEA to improve reliability of product. *rocedia CIRP 84*, p. 1003–1009.
- Indrawati, S. & Ridwansyah, M., 2015. *Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application*. Yogyakarta, Elsevier B.V, p. 528 – 534.
- Jani Rahardjo, I. N. S., 2002. APLIKASI FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS DALAM SELEKSI KARYAWAN. *JURNAL TEKNIK INDUSTRI VOL. 4*, pp. 82 - 92.
- Khalil, A. E.-N. & AbuShaaban, M. S., 2013. Seven wastes elimination targeted by lean manufacturing case study “gaza strip manufacturing firms”. *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, pp. 68-80.
- Krishna, P., Jayakumar & Suresh, K., 2020. Defect analysis and lean six sigma implementation experience in an automotive assembly line. *Materials Today: Proceedings 22*, p. 948–958.
- Kristyanto, R., Sugiono, S. P. & Yuniarti, R. S., n.d. ANALISIS RISIKO OPERASIONAL PADA PROSES PRODUKSI GULA DENGAN MENGGUNAKAN METODE MULTI-ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS (MAFMA) (STUDI KASUS : PG. KEBON AGUNG MALANG). *JURNAL REKAYASA DAN MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI VOL. 3 NO. 3 TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS BRAWIJAYA*, Volume 3, pp. 592-601.

- Kurniawan, A., Ferdinan, P. F. & Kulsum, 2017. IDENTIFIKASI PENYEBAB CACAT PRODUK TINPLATE DARI MESIN ETL MENGGUNAKAN METODE MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS (MAFMA). *Jurnal Teknik Industri Vol. 5*, pp. 27-32.
- Mansur, A., Mu'alim & Sunaryo, 2016. *Plastic Injection Quality Controlling Using the Lean Six Sigma and FMEA Method*. Yogyakarta, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 105.
- Matt, D. & Rauch, E., 2013. Implementation of Lean Production in small sized Enterprises. *Procedia CIRP 12* , p. 420 – 425.
- M, B., 2000. MAFMA: Multi-attribute Failure Mode Analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management Vol. 17 No. 9*, pp. 1017-1033.
- Monden, Y., 2011. *Totoya Production System: an Integrated Approach to Just In Time*. Bocaraton: CRC Press.
- Noor, A. Z. M. et al., 2018. Computation of Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) Using MATLAB Programming In Sustainable Supply Chain. *International Journal of Engineering & Technology*, pp. 82-86.
- Omdahl, T. P., 1988. *Reliability, Availability, and Maintainability (RAM) Dictionary*. USA: ASQC quality press.
- Pande, P. & Larry, H., 2002. *What is Six Sigma*. United States of America: McGraw-Hill.
- Patil, S. D., G., Math, R. B. & Karigar, Y., 2015. Application of Six Sigma Method to Reduce Defects in Green Sand Casting Process: A Case Study. *International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Electrical Engineering (IJRMEE)*, p. 037 – 042.
- Prawirosentono, S., 2007. *Filosofi Baru Tentang Manajemen Mutu Terpadu Abad 21 Kiat Membangun Bisnis Kompetitif*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Saaty, T., 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill.

- Ulfah M, T. D. L. E. R. R. S., 2019. The proposed improvements to minimize potential failures using lean six sigma and multi attribute failure mode analysis approaches. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 673.
- Ulfah, M., Trenggonowati, D., Ekawati, R. & Ramadhania, S., 2019. *The proposed improvements to minimize potential failures using lean six sigma and multi attribute failure mode analysis approaches*. Banten, IOP Publishing.
- Vaughan, J. E., 1997. *Risk Management*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc..
- Wibowo, M. M. A., Pratikto & Wijayanti, W., 2016. PENDEKATAN LEAN SIX SIGMA, FMEA-AHP UNTUK MENGIDENTIFIKASI PENYEBAB CACAT PADA PRODUK SANDAL. *JEMIS* vol 2.
- Yudi, D. & Azwir, H. H., 2017. Reducing Defects Number of Ampoule by Considering Expected Failure Cost At Quality Control Department of PT. X. *Journal of Industrial Engineering, Scientific Journal on Research and Application of Industrial System*, pp. 65-74.



## LAMPIRAN

## KUESIONER AHP

Nama : Andi  
 Jenis Kelamin : Laki-laki  
 Jabatan : Foreman (supervisor)  
 Lama Bekerja : 20 tahun 5 bulan

Kuesioner ini akan digunakan untuk menghitung empat kriteria yang digunakan dalam penelitian ini, yang terdiri atas :

- Kriteria *Severity* : Tingkat Keparahan dari Kegagalan yang ditimbulkan
- Kriteria *Occurrence* : Frekuensi kemungkinan terjadinya penyebab kegagalan
- Kriteria *Detectability* : Pengontrolan deteksi terjadinya kegagalan
- Kriteria *Expected Cost* : Perkiraan biaya yang ditimbulkan oleh kegagalan

Skala penilaian kriteria yang digunakan adalah sebagai berikut :

- 1 : Kedua kriteria sangat penting  
 3 : Kriteria A sedikit lebih penting dibanding kriteria B  
 5 : Kriteria A lebih penting dibanding kriteria B  
 7 : Kriteria A jelas lebih mutlak penting dibanding kriteria B  
 9 : Kriteria A mutlak penting dibanding kriteria B  
 2,4,6,8 : Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan

Petunjuk pengisian :

Beri tanda *Checklist* ( V ) pada nilai perbandingan kriteria yang menurut anda tepat!

| Kriteria A           | Skala |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | Kriteria B           |
|----------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|----------------------|
|                      | 9     | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |  |                      |
| <i>Severity</i>      |       |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | <i>Occurrence</i>    |
|                      |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |  | <i>Detectability</i> |
|                      |       |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |  | <i>Expected Cost</i> |
| <i>Occurrence</i>    |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |  | <i>Detectability</i> |
|                      |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |  | <i>Expected Cost</i> |
| <i>Detectability</i> |       |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | <i>Expected Cost</i> |

## KUESIONER FMEA

Nama : Andi  
 Jenis Kelamin : Laki-laki  
 Jabatan : Foreman (supervisor)  
 Lama Bekerja : 20 tahun 5 bulan

Kuesioner ini akan digunakan untuk menghitung tiga kriteria yang digunakan dalam penelitian ini untuk mencari nilai *Risk Priority Number*, yang terdiri atas :

- Kriteria *Severity* : Tingkat Keparahan dari Kegagalan yang ditimbulkan
- Kriteria *Occurrence* : Frekuensi kemungkinan terjadinya penyebab kegagalan
- Kriteria *Detectability* : Pengontrolan deteksi terjadinya kegagalan

Berikut daftar untuk mengisi kuesioner FMEA

1. Dari mode kegagalan yang terjadi, seberapa parah akibat yang ditimbulkan (*severity*) terhadap kabinet *Upright Piano* Warna?
2. Dari mode kegagalan yang terjadi, seberapa sering (*occurrence*) hal tersebut dapat menyebabkan muke permukaan pada kabinet *Upright Piano* Warna?
3. Dari mode kegagalan yang terjadi, seberapa jauh (*detection*) penyebab kegagalan dapat menyebabkan muke permukaan pada kabinet *Upright Piano* Warna?

Skala penilaian untuk mengisi kriteria yang digunakan adalah sebagai berikut :

*Severity*

| Rating | Kriteria  |
|--------|---|
| 1      | <i>Negligible severity</i> (Pengaruh buruk yang dapat diabaikan) kita tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Konsumen mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan ini           |
| 2,3    | <i>Mild severity</i> (Pengaruh buruk yang ringan). Akibat yang ditimbulkan akan bersifat ringan, konsumen tidak akan merasakan perubahan kinerja. Perbaikan dapat dikerjakan pada saat pemeliharaan reguler.        |
| 4,5,6  | <i>Moderate severity</i> (pengaruh buruk yang moderate). Konsumen akan merasakan penurunan kualitas, namun masih dalam batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan tidak mahal dan dapat selesai dalam waktu singkat. |
| 7,8    | <i>High severity</i> (Pengaruh buruk yang tinggi). Konsumen akan merasakan penurunan kualitas yang berada diluar batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan sangat mahal   |
| 9,10   | <i>Potential severity</i> (Pengaruh buruk yang sangat tinggi). akibat yang ditimbulkan sangat berpengaruh terhadap kualitas lain, konsumen tidak akan menerimanya   |

*Occurence*

| Ranking | Kriteria   | kejadian  |
|---------|--|-----------|
| 1       | Tidak mungkin penyebab ini mengakibatkan Kegagalan           | 1/1000000 |
| 2       | Kegagalan akan jarang terjadi                                | 1/200000  |
| 3       |  | 1/40000   |
| 4       | Kegagalan agak mungkin terjadi                               | 1/10000   |
| 5       |  | 1/4000    |
| 6       |  | 1/80      |
| 7       | Kegagalan sangat mungkin terjadi                             | 1/40      |
| 8       |  | 1/20      |
| 9       | Hampir dapat dipastikan bahwa kegagalan akan mungkin terjadi | 1/8       |
| 10      |  | 1/2       |

*Detectability*

| Rating | Kriteria  |
|--------|---|
| 1      | Metode Pencegahan atau deteksi sangat efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab akan muncul lagi.                  |
| 2,3    | Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi adalah sangat rendah.  |
| 4,5,6  | Kemungkinan penyebab bersifat <i>moderate</i> . Metode deteksi masih memungkinkan kadang-kadang penyebab itu terjadi. |
| 7,8    | Kemungkinan bahwa penyebab itu masih tinggi. Metode deteksi kurang efektif, karena penyebab masih berulang lagi.      |
| 9,10   | Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi sangat tinggi  |

Beri penilaian pada pertanyaan yang tersaji pada nilai *severity*, *occurrence*, dan *detectability* untuk setiap mode kegagalan dibawah.

| <i>Mode Kegagalan (Defect)</i> | <i>Potential Failure</i>                     | <i>Severity</i> | <i>Occurence</i> | <i>Detectability</i> |
|--------------------------------|--|-----------------|------------------|----------------------|
| Muke Permukaan                 | Suhu Ruangan Tinggi                          | 5               | 3                | 3                    |
|                                | Kotoran/Debu pada ruang <i>spray</i>         | 4               | 4                | 5                    |
|                                | Cat Mentory Meleber ke permukaan             | 6               | 7                | 4                    |
|                                | Setting CarHaul Tidak Standar                | 3               | 5                | 3                    |
|                                | Kompresor kotor dengan air,debu, atau minyak | 6               | 3                | 3                    |
|                                | Setting Spray Gun Tidak Standar              | 3               | 4                | 3                    |
|                                | Gaya Spray Tidak standar                     |                 |                  |                      |
|                                | Skill Spray yang kurang                      | 5               | 6                | 5                    |
|                                | Pemasangan Polysheet Tidak Rata              | 7               | 5                | 4                    |

**KUESIONER AHP ALTERNATIF  
BERDASARKAN KRITERIA *EXPECTED COST***

Nama : Andi  
 Jenis Kelamin : Laki-laki  
 Jabatan : Foreman (supervisor)  
 Lama Bekerja : 20 tahun 5 bulan

Kuesioner ini akan digunakan untuk menghitung bobot sembilan mode kegagalan berdasarkan pada kriteria *expected cost*, yaitu kriteria yang mempertimbangkan biaya kerugian yang dihasilkan atas terjadinya kejadian resiko :

Skala penilaian kriteria yang digunakan adalah sebagai berikut :

- 1 : Kedua Mode kegagalan sangat penting  
 3 : Mode kegagalan A sedikit lebih penting Mode kegagalan B  
 5 : Mode kegagalan A lebih penting dibanding Mode kegagalan B  
 7 : Mode kegagalan A jelas lebih mutlak penting dibanding Mode kegagalan B  
 9 : Mode kegagalan A mutlak penting dibanding Mode kegagalan B  
 2,4,6,8 : Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan

Petunjuk pengisian :

Beri tanda *Checklist* ( V ) pada nilai perbandingan kriteria yang menurut anda tepat!

| MODE<br>KEGAGALA<br>N A | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | MODE<br>KEGAGALA<br>N B                               |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Suhu Ruangan<br>Tinggi  |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   | Kotoran/Debu<br>pada ruang<br><i>spray</i>            |
|                         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   | Cat Mentory<br>Meleber ke<br>permukaan                |
|                         |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   | Setting<br>CarHaul<br>Tidak Standar                   |
|                         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   | Kompresor<br>kotor dengan<br>air,debu, atau<br>minyak |

| MODE<br>KEGAGALA<br>N A                    | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | MODE<br>KEGAGALA<br>N B                               |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Setting Spray<br>Gun Tidak<br>Standar                 |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   | Gaya Spray<br>Tidak standar                           |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   | Skill Spray<br>yang kurang                            |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   | pemasangan<br>Polysheet<br>Tidak Rata                 |
| Kotoran/Debu<br>pada ruang<br><i>spray</i> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   | Cat Mentory<br>Meleber ke<br>permukaan                |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   | Setting<br>CarHaul<br>Tidak Standar                   |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   | Kompresor<br>kotor dengan<br>air,debu, atau<br>minyak |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   | Setting Spray<br>Gun Tidak<br>Standar                 |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   | Skill Spray<br>yang kurang                            |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   | pemasangan<br>Polysheet<br>Tidak Rata                 |
| Cat Mentory<br>Meleber ke<br>permukaan     |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Setting<br>CarHaul<br>Tidak Standar                   |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   | Kompresor<br>kotor dengan<br>air,debu, atau<br>minyak |
|  |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Setting Spray<br>Gun Tidak<br>Standar                 |
|  |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Gaya Spray<br>Tidak standar                           |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   | Skill Spray<br>yang kurang                            |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   | pemasangan<br>Polysheet<br>Tidak Rata                 |

| MODE<br>KEGAGALA<br>N A                               | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | MODE<br>KEGAGALA<br>N B                               |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Setting<br>CarHaul<br>Tidak Standar                   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Kompresor<br>kotor dengan<br>air,debu, atau<br>minyak |
|   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Setting Spray<br>Gun Tidak<br>Standar                 |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   | Skill Spray<br>yang kurang                            |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   | pemasangan<br>Polysheet<br>Tidak Rata                 |
| Kompresor<br>kotor dengan<br>air,debu, atau<br>minyak |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Setting Spray<br>Gun Tidak<br>Standar                 |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   | Skill Spray<br>yang kurang                            |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   | pemasangan<br>Polysheet<br>Tidak Rata                 |
| Setting Spray<br>Gun Tidak<br>Standar                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   | Skill Spray<br>yang kurang                            |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   | pemasangan<br>Polysheet<br>Tidak Rata                 |
| Skill Spray<br>yang kurang                            |   |   |   |   |   |   |   | v |   |   |   |   |   |   |   |   |   | pemasangan<br>Polysheet<br>Tidak Rata                 |

## Lampiran Phyton Code

```

import numpy

triangular_membership_function = {1:[1,1,1] , 2:[1,2,3] , 3
:[2,3,4] , 4:[3,4,5] , 5:[4,5,6] , 6: [5,6,7] , 7:[6,7,8],8
:[7,8,9],9:[9,9,9]}
#test_data = [[1,5,4,7],[0.2,1,0.5,3],[0.25,2,1,3],[0.142,0
.33,0.33,1]]

def fuzzy_AHP(AHP_matrix):
    #print('triangular:', triangular_membership_function)
    test_data = AHP_matrix
    n = len(test_data)
    fuzzified_test_data = numpy.zeros((n,n,3))

    for x in range(n):
        for y in range(n):
            if(test_data[x][y] >= 1):
                fuzzified_test_data[x][y] = triangular_membership_f
unction[test_data[x][y]]
            else:
                index = round(1/test_data[x][y])
                #print('index:', index)
                temp = triangular_membership_function[index]
                for i in range(3):
                    fuzzified_test_data[x][y][i] = 1.0/temp[2-i]
            #print('fuzzy test:', fuzzified_test_data)

    fuzzy_geometric_mean = [[1 for x in range(3)] for y in ra
nge(n) ]
    #print('fuzzy geomean:', fuzzy_geometric_mean)

```

```

for i in range(n):
    for j in range(3):
        for k in range(n):
            fuzzy_geometric_mean[i][j] *= fuzzified_test_data[i][k][j]
            fuzzy_geometric_mean[i][j] = fuzzy_geometric_mean[i][j]**(1/float(n))
        #print('fuzzy geomean 2:', fuzzy_geometric_mean)

sum_fuzzy_gm = [0 for x in range(3)]
inv_sum_fuzzy_gm = [0 for x in range(3)]

for i in range(3):
    for j in range(n):
        sum_fuzzy_gm[i] += fuzzy_geometric_mean[j][i]

for i in range(3):
    inv_sum_fuzzy_gm[i] = (1.0/sum_fuzzy_gm[2-i])
#print('sum fuzzy:', sum_fuzzy_gm)

fuzzy_weights = [[1 for x in range(3)] for y in range(n)]

for i in range(n):
    for j in range(3):
        fuzzy_weights[i][j] = fuzzy_geometric_mean[i][j]*inv_sum_fuzzy_gm[j]
#print('fuzzy weights:', fuzzy_weights)

weights = [0 for i in range(n)]
normalized_weights = [0 for i in range(n)]
sum_weights = 0

for i in range(n):

```

```

    for j in range(3):
        weights[i] += fuzzy_weights[i][j]
    weights[i] /= 3
    sum_weights += weights[i]
    #print('weight:', weights)
    #print('sum weight:', sum_weights)

for i in range(n):
    normalized_weights[i] = (1.0*weights[i])/(1.0*sum_weights)
    #print('normalized:', normalized_weights)

return normalized_weights

#from fuzzy_AHP import fuzzy_AHP

AHP_features_matrix_1 = [[1,3,0.33,1],[0.33,1,0.33,0.33],[3,3,1,3],[1,3,0.33,1]]
AHP_features_matrix_2 = [[1,1,0.33,1,0.33,3,0.33,0.33],[1,1,0.33,0.5,0.2,1,0.25,0.33],[3,3,1,2,1,3,1,1],[1,2,0.5,1,2,3,0.33,0.33],[3,5,1,0.5,1,3,0.33,0.5],[0.33,1,0.33,0.33,0.33,1,0.33,0.33],[3,4,1,3,3,3,1,2],[3,3,1,3,2,3,0.5,1]]

def main():
    weights1 = fuzzy_AHP(AHP_features_matrix_1)
    print('weights 1:', weights1)
    weights2 = fuzzy_AHP(AHP_features_matrix_2)
    print('weights 2:', weights2)

if __name__=="__main__":
    main()

```

weights1:[0.2114091021982018,0.09804403417258618,0.47913776  
143101033, 0.2114091021982018]

weights2:[0.07161076400120349,0.05236571344538423,0.1695828  
429849887,0.10470394909993165,0.13122188264489495,  
0.048864349106859675,0.23514108826007657,0.1865094  
104566607]

