

**USULAN PENERAPAN METODE *SIX SIGMA* DAN *THEORY OF INVENTIVE
PROBLEM SOLVING (TRIZ)* UNTUK UPAYA MENGURANGI PRODUK
DEFECT PADA PROSES PRODUKSI *CORE BOARD PAPER***

(STUDI KASUS : PT. PAPERTECH INDONESIA, SUBANG)

TUGAS AKHIR

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



Nama : Yuni Nur Anggraini

NIM : 17522218

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

2021

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya mengakui bahwa karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan kutipan setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika kemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 10 Agustus 2021



Yuni Nur Angraini

NIM. 17522218

الجامعة الإسلامية
الاستدراك الإلكتروني

SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN



PT. PAPERTECH INDONESIA

Blok Tarikolot Kp. Cipeundeuy RT/RW. 01/01. Kel. Cipeundeuy, Kec. Cipeundeuy, Subang - Jawa Barat 41272 INDONESIA
Phone : +62-260 - 710 - 645 Fax : +62-260 - 710 - 644 E-mail : pt@id.papertech.com
www.papertech.com

SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

Yang bertanda tangann di bawah ini :

Nama : Ir. Subagyo
Jabatan : *Production Manager*

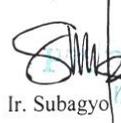
Dengan menerangkan bahwa :

Nama : Yuni Nur Anggraini
NIM : 17522218
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Industri
Instansi : Universitas Islam Indonesia
: Jl. Kaliurang Km.14,5. Krawitan, Umbulmartani, Ngemplak
: Kab. Sleman, Yogyakarta 55584

Benar telah melakukan penelitian di PT. Papertech Indonesia Subang pada bulan 20 April- 1 Juli 2021 untuk memperoleh data dalam rangka penyusunan skripsi dengan judul "USULAN PENERAPAN METODE *SIX SIGMA* DAN *THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING (TRIZ)* UNTUK UPAYA MENGURANGI PRODUK *DEFECT* PADA PROSES PRODUKSI *CORE BOARD PAPER*". Demikian surat keterangan ini dibuat dan diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Subang, 3 Agustus 2021

Mengetahui


Ir. Subagyo



LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**USULAN PENERAPAN METODE *SIX SIGMA* DAN *THEORY OF INVENTIVE
PROBLEM SOLVING (TRIZ)* UNTUK UPAYA MENGURANGI PRODUK
DEFECT PADA PROSES PRODUKSI *CORE BOARD PAPER***

(STUDI KASUS : PT. PAPERTECH INDONESIA, SUBANG)



Yogyakarta, 10 Agustus 2021

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Sri Indrawati, S.T., M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

USULAN PENERAPAN METODE *SIX SIGMA* DAN *THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING (TRIZ)* UNTUK UPAYA MENGURANGI PRODUK *DEFECT* PADA PROSES PRODUKSI *CORE BOARD PAPER*

(STUDI KASUS : PT. PAPERTECH INDONESIA, SUBANG)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Yuni Nur Anggraini
No. Mahasiswa : 17522218
Fakultas/Jurusan : FTI/Teknik Industri

Yuni Nur Anggraini, 10 Agustus 2021

Tim Penguji

Sri Indrawati, S.T., M.Eng

Ketua

Vembri Noor Helia, S.T., M.T.

Anggota I

Atyanti Dyah Prabaswari, S.T., M.Sc.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Universitas Islam Indonesia



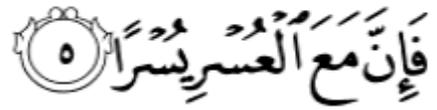
Dr. Teguh Immawan, S.T., M.M.

HALAMAN PERSEMBAHAN



*Terimakasih ku persembahkan kepada kedua penyokong ku,
Ibu Beniati dan Bapak Bejo Irwanto yang telah senantiasa melangitkan doa di ribuan
sujud dan berkorban untuk membantuku mencapai tujuan. Semoga Allah SWT
senantiasa melipat gandakan semua cucuran keringat dan kebaikanmu selama ini
dengan surga-Nya. Serta kuucapkan terimakasih kepada Ibu Sri Indrawati, S.T., M.Eng.
selaku dosen pembimbing tugas akhir ini, bapak Ir. Subagyo selaku perwakilan
perusahaan yang membantu saya, serta teman - teman yang memberi dukungan dan
ikut serta membagi ilmunya kepada saya, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan
sebagaimana mestinya. Serta terakhir, kaarya tulis ini saya persembahkan untuk
keluarga kecil masa depan saya nantinya.*

MOTTO



“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Al - Insyirah ayat 5)

“ Iman memiliki lebih dari tujuh puluh atau enam puluh cabang, dan malu adalah salah satunya “

- HR. Bukhari



KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohiim,

Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Asyhadu Alla Ilahailallah Wa Asyhadu Anna Muhammadarrasulullah Allahuma Shalli'ala Muhammad Wa'ala Alihi Washobihi Wasalam, Alhamdulillahirrobbil'alamiin, Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan nikmat-Nya serta tak lupa pula shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan para pengikutnya hingga akhir zaman, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dengan judul **“USULAN PENERAPAN METODE SIX SIGMA DAN THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING (TRIZ) UNTUK UPAYA MENGURANGI PRODUK DEFECT PADA PROSES PRODUKSI CORE BOARD PAPER”** dengan lancar dan baik.

Dengan dibuatnya Laporan Tugas Akhir ini, maka sudah terselesaikannya salah satu prasyarat untuk mendapatkan gelar sarjana Strata Satu di jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Dengan itu, penulis berharap dengan dibuatnya laporan ini, maka dapat menambah ilmu pengetahuan bagi pembaca maupun penyusun. Dalam pelaksanaannya, penulis telah banyak mendapat pengetahuan, ilmu, bimbingan, arahan maupun saran dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, izinkanlah penulis untuk menyampaikan terimakasih dengan rasa hormat kepada semua pihak yang sudah berjasa dalam penyelesaiannya. Penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
2. Bapak M. Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M. selaku Kepala Program Studi Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Sri Indrawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia yang telah membimbing dan meluangkan waktunya untuk membantu penyusunan laporan tugas akhir

5. Bapak Ir. Subagyo selaku perwakilan PT. Papertech Indonesia sekaligus *Production Manager* di Unit *Paper Machine-1 & WWTP* yang sudah bersedia menjadi salah satu narasumber dalam penyusunan laporan tugas akhir
6. Kedua orang tua tercinta yang telah memberi dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan laporan tugas akhir.
7. Kepada *partner*, sahabat dan teman-teman Teknik Industri UII angkatan 2017 dan semua pihak yang telah membantu pelaksanaan tugas akhir dan membantu dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat- Nya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam serangkaian penyusunan laporan tugas akhir ini masih belum sempurna dan masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, segala macam kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan demi perbaikan laporan ini. Akhir kata semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat dipergunakan sebagaimana mestinya serta bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca yang berminat umumnya. *Aamiin Yaa Robbal 'Aalamiin.*

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 10 Agustus 2021

Yuni Nur Anggraini

ABSTRAK

PT. Papertech Indonesia merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan kertas karton dan memproduksi beberapa jenis produk kertas karton. Semakin banyaknya pesaing di era 4.0 ini, kualitaslah yang dijadikan kekuatan untuk membuahkan keberhasilan dan pertumbuhan perusahaan baik di pasar nasional maupun internasional. Di sektor manufaktur, product defect sangat berpengaruh dan dapat menyebabkan banyak kerugian, dari hal biaya samapi efisiensi waktu kerja. Maka dari itu penelitian ini adalah upaya untuk membantu perusahaan dalam mengurangi produk cacat. Untuk penanganannya, penelitian ini menggunakan metode Six-Sigma dengan tahap DMAIC (define-measure-analyze-improve-control) dengan bantuan fishbone diagram, pareto diagramm, FMEA, dan TRIZ. Dari data historis perusahaan dengan periode Januari 2020 sampai Desember 2020 didapatkan 10 jenis cacat dengan cacat grammature menjadi salah satu presentase cacat terbesar dengan nilai 41,10% dari keseluruhan total produk defect. Adapun nilai rata - rata keseluruhan nilai DPMO adalah 2744,36 dan nilai rata-rata sigma sebesar 4,27. Dari perhitungan FMEA didapatkan hasil nilai RPN tertinggi ada di pekerja kurang terlatih dan terampil dalam langkah perpindahan grammature dengan nilai skala 335. Adapun hasil usulan rekomendasi perbaikan adalah dengan melakukan penjadwalan ulang untuk melakukan pelatihan langkah-langkah perpindahan grammature, pembaruan SOP, dan pencetakan SOP yang akan diletakkan atau ditempel di tempat yang mudah terlihat dan terjangkau.

Keywords : Pengendalian Kualitas, defect, six sigma, DMAIC, TRIZ

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	II
SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN.....	III
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	IV
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	Error! Bookmark not defined.
MOTTO	VII
KATA PENGANTAR	VIII
ABSTRAK.....	X
DAFTAR ISI.....	XI
DAFTAR TABEL.....	XIV
DAFTAR GAMBAR.....	XV
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penelitian	6
BAB II.....	8
KAJIAN LITERATUR.....	8
2.1 Kajian Deduktif.....	8
2.1.5 Konsep Kualitas.....	8
2.1.2 <i>Six Sigma</i>	9
2.1.3 Konsep DMAIC (<i>Define - Measure - Analyze - Improve - Control</i>)	11
2.1.4 <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	16
2.1.5 Metode <i>Theory Of Inventive Problem Solving (TRIZ)</i>	21
2.2 Kajian Induktif	30
BAB III	37
METODE PENELITIAN	37
3.1 Objek Penelitian	37
3.2 Metode Pengumpulan Data.....	37
3.2.1 Jenis dan Sumber Data	37
3.2.3 Pengumpulan Data.....	38

3.3	Diagram Alur Penelitian	39
3.3.1	Observasi lapangan.....	41
3.3.2	Identifikasi Masalah	41
3.3.3	Perumusan Masalah.....	41
3.3.4	Menentukan Tujuan dan Batasan Penelitian	41
3.3.5	Studi Literatur.....	42
3.3.6	Studi Lapangan	42
3.3.7	Pengumpulan Data.....	42
3.3.8	Pengolahan Data.....	42
3.3.9	Pembahasan	44
3.3.10	Kesimpulan dan Saran	45
BAB IV	46
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		46
4.1	Pengumpulan Data	46
4.1.1	Profil Perusahaan.....	46
4.1.2	Produk yang Dihasilkan	48
4.1.3	Kepegawaian	49
4.1.4	Proses Produksi	49
4.1.5	Data Jumlah Produksi.....	55
4.1.6	Data Jumlah Produk Cacat	56
4.1.	Data Jenis Cacat	57
4.2.	Pengolahan Data.....	58
4.2.1	<i>Define</i>	58
4.2.2	<i>Measure</i>	60
4.2.3	<i>Analyze</i>	64
4.2.1	<i>Improve</i>	73
BAB V	76
PEMBAHASAN.....		76
5.1.	<i>Define</i>	76
5.2.	<i>Measure</i>	77
5.2.1	Perhitungan Nilai DPMO	77
5.2.2	Perhitungan Nilai Sigma	78
5.2.3	Perhitungan Peta Kontrol	79
5.2	<i>Analyze</i>	80
5.3.1	Analisis Diagram Pareto.....	80
5.3.2	Analisis Fishbone Diagram	81

5.3 Analisis FMEA.....	83
5.4 <i>Improve</i>	86
BAB VI.....	92
PENUTUP	92
6.1 Kesimpulan	92
6.2 Saran.....	93



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hubungan Antara Nilai Sigma dan DPMO	9
Tabel 2. 2 Motorola's Six-Sigma Process	10
Tabel 2. 3 Rating dan Kriteria <i>Severity</i>	17
Tabel 2. 4 Rating dan Kriteria <i>Occurance</i>	18
Tabel 2. 5 Rating dan Kriteria <i>Detection</i>	19
Tabel 2. 6 Penentuan Kategori Risiko	20
Tabel 2. 7 <i>TRIZ 39 Technical Parameter</i>	24
Tabel 2. 8 <i>TRIZ 39 System Parameters</i>	25
Tabel 2. 9 <i>40 Inventive Principles</i>	28
Tabel 2. 10 Kajian Induktif.....	34
Tabel 4. 1 Jam kerja karyawan	49
Tabel 4. 2 Konfigurasi <i>Forming Section</i>	53
Tabel 4. 3 Konfigurasi <i>Press Section</i>	54
Tabel 4. 4 Pengaturan <i>Steam Dryer Section</i>	54
Tabel 4. 5 Data Jumlah Produksi	56
Tabel 4. 6 Data Jumlah <i>defect</i> Produk	56
Tabel 4. 7 Data Jenis <i>defect</i> Produksi	57
Tabel 4. 8 Periode DPMO.....	60
Tabel 4. 9 Perhitungan Nilai Sigma.....	62
Tabel 4. 10 Perhitungan Peta Kendali	63
Tabel 4. 11 Analisis Kumulatif <i>defect</i>	65
Tabel 4. 12 Penyebab Terjadinya <i>defect Gramature</i>	66
Tabel 4. 13 Rating dan Kriteria <i>Severity</i>	69
Tabel 4. 14 Rating dan Kriteria <i>Occurance</i>	69
Tabel 4. 15 Rating dan Kriteria <i>Detehtability</i>	70
Tabel 4. 16 Hasil Kesioner FMEA	71
Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan dari FMEA	72
Tabel 4. 18 <i>Engineering Contradiction (1)</i>	74
Tabel 4. 19 <i>Engineering Contradiction (2)</i>	74
Tabel 4. 20 Tabel Kontradiksi	74
Tabel 5. 1 Tabel Tabel Kontradiksi	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data <i>defect</i> Periode Januari 2020 sampai Desember 2020	2
Gambar 2. 1 Lima Tahapan <i>six sigma</i>	11
Gambar 2. 2 Digram Pareto	15
Gambar 2. 3 <i>Fishbone Diagram</i>	16
Gambar 2. 4 Prosedur Penggunaan TRIZ.....	22
Gambar 2. 5 TRIZ Contradiction Matrix Sumber	28
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian	40
Gambar 4. 1 Logo Papertech Indonesia.....	46
Gambar 4. 2 Lokasi PT Papertech Indonesia.....	48
Gambar 4. 3 Alur proses produksi	50
Gambar 4. 4 Diagram SIPOC	59
Gambar 4. 5 Grafik DPMO.....	61
Gambar 4. 6 Grafik Nilai Sigma	62
Gambar 4. 7 Grafik Peta Kendali.....	64
Gambar 4. 8 Pareto Chart	65
Gambar 4. 9 Fishbone Diagram Grammatore.....	66
Gambar 5. 1 Perbandingan DPMO dan Nilai Sigma	79
Gambar 5. 2 Rangkaing <i>Severity</i>	83
Gambar 5. 3 Rangkaing <i>Occurence</i>	84
Gambar 5. 4 Rangkaing <i>Detectability</i>	85
Gambar 5. 5 Gambar Rangkaing RPN	86

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki peluang menjadi tiga besar pemain di sektor industri pulp dan kertas dunia, sekarang ini Indonesia tercatat menjadi pemain kesembilan dan keenam terbesar dalam memproduksi pulp dan kertas secara global. Pada tahun 2012 Indonesia mampu mengekspor pulp dan kertas sebesar 3,2 dan 4,2 juta ton (Kemenprin, 2016). Berdasarkan data dari Asosiasi Produsen Kertas/Karton Indonesia, di Indonesia tercatat bahwa ada 62 perusahaan yang terdaftar di bidang produsen kertas dan karton (Brief, 2017).

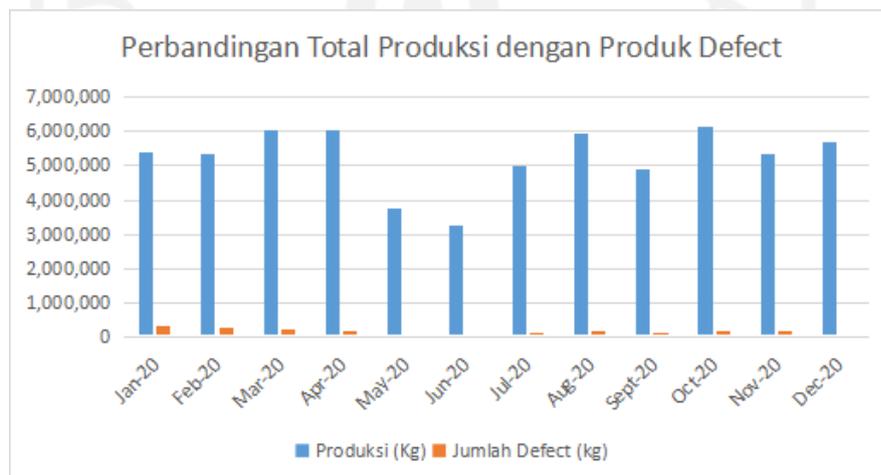
Salah satu permasalahan dari proses industri dalam pasar global yang semakin kompetitif adalah kebutuhan untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang tinggi dengan pemakaian energi dan sumber daya yang semakin kecil. Kemajuan teknologi di masa industri 4.0 ini menjadikan persaingan di bidang bisnis semakin kuat dan ketat, sehingga para produsen berlomba-lomba untuk menghasilkan produk dengan kualitas tinggi. Kualitas produk yaitu suatu kebutuhan konsumen yang harus dipenuhi agar konsumen merasa kepuasan sebanding dengan umlah uang yang dikeluarkan baik dari keadaan, fungsi, dan sifat dari produk (Prawirosentono, 2007).

Kualitas inilah yang berperan penting dan memiliki kekuatan untuk membuahkan keberhasilan dan pertumbuhan perusahaan baik di pasar nasional maupun internasional. Untuk menjadikan industri kertas di Indonesia tetap menjadi primadona, diperlukannya pengendalian kualitas. Penerapan pengendalian kualitas ini diharapkan adanya pencegahan munculnya produk cacat (*defect*), pengawasan produk agar terus sesuai dengan kriteria yang ditetapkan, dan pencegahan produk cacat saat diberikan ke konsumen (Prihastono & Amirudin, 2017). Dengan pengendalian kualitas yang efektif,

maka akan menghasilkan produktivitas yang tinggi, biaya pembuatan barang keseluruhan lebih rendah, serta faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan produksi akan dapat ditekan sekecil mungkin.

PT. Papertech Indonesia merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan kertas karton dan memproduksi beberapa jenis produk kertas karton. Produk utama yang dihasilkan terdiri dari beberapa jenis bentuk gulungan, diantaranya adalah Chip Board, Super Chipboard, Core A, Core B, dan CIN. Dalam upaya bersaing di tengah pasar yang sangat ketat, PT. Papertech Indonesia amat sangat memperhatikan kualitas produknya. Walaupun begitu, produk cacat tidak dapat dengan mudah dihilangkan dikarenakan butuh usaha untuk menanganinya. Tingginya produk cacat yang dihasilkan, perusahaan mampu mengalami kerugian, bisa dalam hal biaya, efisiensi, sampai waktu produksi yang mana hal ini sangat berpengaruh terhadap pemasukan perusahaan, maka dari itu penelitian ini adalah upaya untuk membantu perusahaan dalam mengurangi produk cacat.

Data historis yang digunakan adalah di periode Januari 2020 sampai Desember 2020, pada rentang periode yang telah ditentukan, PT Papertech Indonesia mampu memproduksi 62.854.902 kg dengan jumlah *defect* 1.754.161 kg. Berikut ini merupakan data produksi dan data cacat di periode Januari 2020 sampai Desember 2020:



Gambar 1. 1 Data *defect* Periode Januari 2020 sampai Desember 2020

Dilihat dari gambar 4.1 yang merupakan grafik persentase *defect* dengan Total Produksi pada periode Januari 2020 sampai Desember 2020. Hasil *defect* dapat disimpulkan bahwa rata-rata persentase *defect* sebanyak 146.180 kg dengan rata-rata produksi sebanyak 5.237.909 kg. Dengan total *defect* sebanyak itu, maka dapat menyebabkan kerugian yang sangat berdampak bagi perusahaan.

Untuk menekan jumlah dari produk yang cacat, perusahaan diharuskan untuk melakukan sebuah upaya pengurangan produk cacat untuk mendapatkan keuntungan lebih besar. Di penelitian ini, peneliti berfokus kepada peningkatan kualitas produk core board paper di PT. Papertech Indonesia Subang. Adapun salah satu metode yang dalam penyelesaiannya bertujuan untuk mengurangi produk cacat adalah metode Six Sigma, metode ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja serja kualitas dari produk, proses, sampai layanan dengan cara sistematis dan terstruktur (Costa et al., 2019). Untuk mendapatkan usulan perbaikan pada penelitian ini, maka peneliti menggabungkan metode Six Sigma dengan metode TRIZ atau *Theoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch*. Metode TRIZ merupakan salah satu metode pemecahan masalah yang tidak menggunakan intuisi melainkan dengan berdasarkan logika dan data, dimana hal ini akan dapat membantu dalam menemukan solusi yang kreatif dan mempercepat kemampuan penyelesaian masalah (Barry ET AL., 2006). Penggunaan metode-metode ini dirasa mampu membantu pemecahan masalah seperti hal nya pada penelitian yang dilakukan oleh S Indrawati, A ‘Azzam, E Adruanto, S Miranda, dan AD Prabaswari di tahun 2020 berjudul *Lean Concept Development in Fast Food Industry Using Integration of six sigma and TRIZ Method* yang mana mampu mengurangi pemborosan yang terjadi adalah dengan mengubah proses (parameter perubahan) dan menerapkan 5S di area kerja, yang mana mampu mengurangi waktu sebanyak 90%.

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat membantu PT Papertech Indonesia dalam upaya pengurangan akan cacatnya suatu produk dengan menggunakan metode Six-Sigma dengan tahapan DMAIC (*define, measure, analyze, improve, dan control*). Ditahapan *improve*, peneliti menggunakan metode TRIZ (*Teoria Rechenia Izobretatelskikh Zadatchi*) agar dapat menemukan rancangan yang cocok dan terbaik untuk mengurangi produk *defect*. Penggunaan metode TRIZ ini diharapkan mampu merancang *design* perbaikan dan menghasilkan solusi untuk mengurangi risiko terjadinya produk gagal atau cacat.

1.2 Rumusan Masalah

Pada pemaparan masalah di atas, rumusan masalah yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Apa faktor yang paling mempengaruhi terjadinya *defect* atau cacat produk *core board paper* di *Paper Machine-1* pada PT. Papertech Indonesia?
2. Berapa besar nilai DPMO dan nilai level sigma produk *core board paper* di *Paper Machine-1* pada PT. Papertech Indonesia?
3. Bagaimana usulan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi faktor-faktor penyebab kecacatan atau *defect* produk *core board paper* di *Paper Machine-1* pada PT. Papertech Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari perolehan rumusan masalah, adapun tujuan diadakannya penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui faktor yang paling mempengaruhi terjadinya *defect* atau cacat produk *core board paper* di *Paper Machine-1* pada PT. Papertech Indonesia.
2. Untuk mengetahui nilai level sigma dan besar nilai DPMO produk *core board paper* di *Paper Machine-1* pada PT. Papertech Indonesia.
3. Untuk mengetahui bagaimana usulan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi faktor-faktor penyebab kecacatan atau *defect* produk *core board paper* di *Paper Machine-1* pada PT. Papertech Indonesia.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian diperlukan batasan masalah agar penelitian lebih fokus dan tidak menyimpang. Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada *Paper Machine-1* (PM-1) PT. Papertech Indonesia, Subang.
2. Data yang diperoleh adalah data *defect* produk di *Paper Machine-1* (PM-1) yang diperoleh dari dokumen perusahaan pada bulan Januari 2020 sampai Desember 2020.
3. Tidak terdapat pembahasan aspek biaya yang digunakan.
4. Jenis cacat yang digunakan adalah jenis cacat yang dapat di daur ulang kembali menjadi bahan baku.
5. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *six sigma* dengan tahapan DMAIC (*define, measure, analyze, improve, dan control*).
6. Pada penelitian ini tahap *control* dilakukan oleh perusahaan, sedangkan tahap *improve* penulis hanya memberikan sebatas rekomendasi usulan untuk perbaikan yang dapat mengendalikan dan meningkatkan kualitas produk untuk mengurangi *defect*.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan penelitian yang akan diadakan ini, diharapkan akan memberikan manfaat bagi berbagai pihak yang bersangkutan, antara lain :

Bagi Perusahaan :

Membantu dan memberikan saran sebagai pertimbangan kepada perusahaan untuk mengambil keputusan untuk mereduksi tingkat kecacatan (*defect*).

Bagi Peneliti :

Dapat memberikan pengetahuan tambahan dan pemahaman cara penerapan teori-teori sistem produksi yang berkebang secara terus menerus, khususnya teori tentang penerapan dan perhitungan metode lean six-sigma dan TRIZ untuk mereduksi tingkat kecacatan (*defect*) dan memberikan usulan solusi dari masalah yang ada.

Bagi Peneliti Berikutnya :

Dapat dipergunakannya untuk referensi dan bahan pertimbangan bagi pihak lain dalam melaksanakan penelitian selanjutnya.

1.6 Sistematika Penelitian

Pada penulisan skripsi, dibagi menjadi beberapa bab untuk mempermudah pembahasan, berikut merupakan struktur penyusunan sistematika penulisan tugas akhir ini, yaitu adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang uraian dan penjelasan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori yang berkaitan dengan mengurangi tingkat kecacatan (*defect*) yang terjadi dengan menerapkan konsep lean six-sigma, juga terdiri dari bahasan mengenai definisi, sejarah perkembangan, konsep-konsep, dan lain-lain yang relevan dengan metode yang digunakan.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang pendekatan yang digunakan saat penelitian, ruang lingkup penelitian, jenis-jenis dan sumber data yang digunakan, prosedur pengumpulan data, serta teknik analisis yang dilakukan.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi tentang bagaimana proses pengumpulan data serta bagaimana pengolahan data agar dapat dijadikan informasi. Hasil yang pengumpulan dan pengolahan data akan direpresentasikan menggunakan tabel maupun grafik. Hasil dari bab ini akan dianalisis lebih mendalam di bab selanjutnya.

BAB V : PEMBAHASAN

Pada bab pembahasan ini berisi penjelasan lebih mendalam terkait hasil yang sudah diperoleh lalu dianalisis dan digambarkan secara lengkap. Hasil dari pembahasan diharapkan dapat menjadi dasar penentu suatu usulan.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas tentang kesimpulan yang berisi pokok-pokok temuan dari hasil penelitian serta saran-saran yang diharapkan dapat bermanfaat untuk pihak yang berkepentingan untuk meningkatkan kualitas.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB II

KAJIAN LITERATUR

Pada kajian literatur berikut akan menjelaskan terkait landasan teori yang akan digunakan untuk melakukan penelitian. Kajian deduktif terdapat *Konsep Kualitas, defect, Lean manufacturing. Six-Sigma, Lean Six-Sigma, FMEA, Theory Of Inventive Problem Solving (TRIZ)*. Untuk kajian induktif di penelitian ini adalah melakukan ulang penelitian pada penelitian serupa yang sudah pernah dilakukan sebelumnya.

2.1 Kajian Deduktif

2.1.5 Konsep Kualitas

Definisi kualitas menurut ISO 8402 yaitu sebuah kemampuan untuk memenuhi apa yang dibutuhkan secara tersirat maupun tersurat dari sebuah totalitas fitur dan karakteristik di sebuah produk atau layanan/jasa. Kualitas juga merupakan sebuah kesatuan karakteristik pada produk yang dibutuhkan atau diinginkan oleh konsumen secara real atau tersembunyi (Heizer & Render, 2006). Sebuah kualitas mampu menjadi sebuah faktor yang menjadi keputusan yang paling penting bagi konsumen untuk memilih produk atau layanan dari perusahaan yang bersaing. Dengan kemungkinan bahwa konsumen merupakan sebuah individu ataupun organisasi (Montgomery, 2009).

Dari berbagai pengertian kualitas di atas, dapat diketahui bahwa sebuah kualitas bisa menjadi sebuah jaminan untuk konsumen, sehingga dapat dikatakan bahwa

kualitas sangat berperan penting pada sebuah perusahaan. Walaupun penggunaan kualitas bisa digunakan dalam situasi yang berbeda dan dapat diartikan berbeda bagi satu orang dengan yang lainnya. Definisi akan terus berkembang secara terus menerus dan tidak akan pernah ada definisi tertinggi dari sebuah kata (Borrer, 2009).

Kualitas merupakan ketetapan spesifikasi atau design dari produk dan jasa dengan tingkat kesesuaian yang sudah dibuat (Harold L Girdline, 2000). Adapun ciri-ciri dari kualitas adalah sebagai berikut :

- a. Fisik, seperti panjang, berat, dll.
- b. Indera, berkaitan dengan panca indera, seperti : rasa, warna, dll.
- c. Waktu, bersangkutan dengan dapat dipercaya, dirawat, dll.

2.1.2 *Six Sigma*

Six sigma adalah sebuah rancangan metode yang digunakan untuk mencapai, mempertahankan, serta memaksimalkan sebuah kesuksesan suatu bisnis secara fleksibel dan komprehensif (Pande et al, 2002). *Six sigma* merupakan perbaikan berkelanjutan dengan mengikuti tahapan DMAIC (*define-measure-Analyse-improve-control*).

Pada awalnya, implementasi *six sigma* dilakukan oleh Motorola di tahun 1986, metode ini diterapkan selama kurang lebih 10 tahun dan dengan capaian tingkat kualitas sebesar 3,4 DPMO (*defect per Million Opportunities*). Dengan capaian itu *six sigma* mampu menjadi sebuah teknik pengendalian dan peningkatan kualitas di bidang manajemen kualitas. Pendekatan pengendalian proses *six sigma* Motorola memberikan izin adanya pergeseran nilai rata-rata (*mean*) di setiap CTQ (*Critical to Quality*) individual dari proses suatu industri bergeser sebanyak 1,5 sigma dari sebuah ketentuan target dari konsumen, sehingga dapat menghasilkan nilai 3,4 DPMO (*defect per Million Opportunities*) (Gasperz, 2002). Nilai 3,4 DPMO setara dengan tingkat sigma sebesar 6. Di bawah ini merupakan hasil nilai sigma berdasarkan DPMO:

Tabel 2. 1 Hubungan Antara Nilai Sigma dan DPMO

Sigma	Parts per Million
6	3.4 defect per Million
5	233 defect per Million
4	6.210 defect per Million
3	66.807 defect per Million
2	308.537 defect per Million
1	690.0 defect per Million

Tabel di bawah ini adalah tabel tingkat pencapaian sigma, dimana menjelaskan presentase dan jumlah kegagalan untuk 1 juta produk yang diproduksi.

Tabel 2. 2 Motorola's Six-Sigma Process

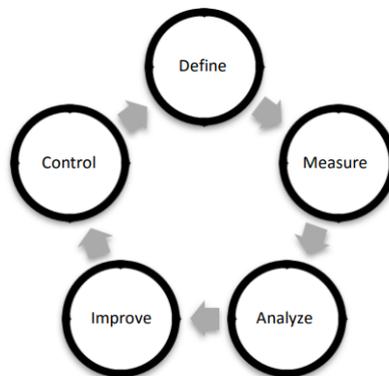
<i>Motorola's Six-Sigma Process</i>			
Batas Spesifikasi (LSL-USL)	Persentase tanpa kecacatan (LSL-USL)	DPMO (Kegagalan per sejuta kesempatan)	Keterangan
1 sigma	30,8538 %	691.462	Sangat tidak kompetitif
2 sigma	69,1462 %	308.538	Rata-rata industri di Indonesia
3 sigma	93,3193 %	66.807	
4 sigma	99,3790 %	6.210	Rata-rata industri di USA
5 sigma	99,9767 %	233	
6 sigma	99,99966 %	3,4	Industri kelas dunia

Sumber: (Wahyani et al. 2013)

Di tahapannya, metodologi Six-Sigma diselesaikan dengan metrik *six sigma*, pengukuran kinerja proses dilakukan dengan menggunakan DPMO dan sigma. Maka dari itu dalam tahap implementasi pengendalian kualitas *six sigma* dapat menggunakan metodologi DMAIC.

2.1.3 Konsep DMAIC (*Define - Measure - Analyze - Improve - Control*)

DMAIC adalah sebuah metodologi yang menggunakan data untuk meminimalisir cacat produk, rusak atau limbah produk yang terjadi pada proses produksi manufaktur, jasa, manajemen, dan bisnis lain (Heryadi & Sutopo, 2018). Pada prosesnya, DMAIC mampu mengetahui apa yang dibutuhkan oleh pelanggan menjadi sebuah istilah operasional yang harus dilakukan dan tindaklanjuti serta mendefinisikan tugas dan proses penting untuk memenuhi apa yang dibutuhkan sebenarnya oleh pelanggan (Defeo, 2017). Di bawah ini merupakan lima tahapan yang terstruktur dalam *six sigma* antara lain :



Gambar 2. 1 Lima Tahapan *six sigma*

Berikut ini adalah gambaran penyelesaian mengenai DMAIC dan *tools* yang akan dipergunakan dalam penelitian ini.

1. *Define*

Tahapan ini adalah tahap pertama dalam meningkatkan kualitas *six sigma*. Di sini dilakukan penentuan dan pengidentifikasian masalah untuk meningkatkan setiap tahap proses bisnis. Di tahap ini yang dilakukan pertama kali adalah membuat diagram SIPOC selanjutnya ditentukan *critical to quality* (CTQ) atau karakteristik mutu yang dapat diukur dari produk maupun proses yang berkaitan dengan yang dibutuhkan pelanggan.

a. Diagram SIPOC (*Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customer*)

Dalam penyelesaian *six sigma*, *tool* yang paling sering dipakai adalah diagram SIPOC. Tujuan digunakannya diagram SIPOC adalah untuk dapat memberikan gambaran proses produksi produk *paper core board* secara umum. Berikut ini merupakan hal-hal yang mencakup diagram SIPOC, antara lain:

a) *Suppliers*

Seorang atau organisasi penyedia sumber daya yang akan di input untuk digunakan pada tahapan proses.

b) *Inputs*

Penentuan jasa, material, dan informasi untuk diproses di tahap proses sehingga dapat menentukan *output* yang akan diberikan ke *supplier*.

c) *Process*

Aktivitas yang terjadi untuk mengelola dari input atau awalan hingga menghasilkan akhir atau.

d) *Outputs*

Berupa hasil produk atau jasa dari tahapan proses yang akan diberikan ke kostumer.

e) *Customers*

Orang atau organisasi pengguna hasil produk atau jasa.

b. Identifikasi *Critical to Quality* (CTQ)

CTQ adalah sebuah standar kualitas dan karakteristik-karakteristik pada produk yang perlu diperhatikan secara khusus karena berhubungan dengan yang dibutuhkan pelanggan agar pelanggan merasa puas.

2. Measure

Measure merupakan tahapan lanjutan setelah menyelesaikan tahapan *define*. Di fase ini dilakukan pengambilan sampel di perusahaan untuk dikumpulkan dan diolah sebelum dilakukannya perbaikan. Tujuan dari tahap ini yaitu untuk evaluasi dan paham kondisi proses yang saat ini sedang terjadi di perusahaan dengan cara menghitung nilai DPMO dan tingkat sigma.

a. Perhitungan *defect per Million Opportunities* dan Nilai Sigma

Defect per Million Opportunities (DPMO) akan dapat membantu menunjukkan jumlah produk yang cacat atau *defect* dalam satu juta kemungkinan. Adapun DPMO dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut :

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah produk cacat}}{\text{Jumlah produk yang diperiksa} \times \text{CTQ potensial}} \times 1000000$$

Tingkat sigma adalah ukuran kinerja perusahaan dalam mengurangi produk *defect* dengan memberi gambaran dari kemampuannya (Wahyuningtyas et al., 2016). Perhitungan tingkat sigma dilakukan setelah mendapatkan nilai DPMO. Berikut merupakan rumus yang dapat digunakan menggunakan *tool software Ms Exel* untuk mengkonversikan nilai DPMO ke nilai sigma, yaitu sebagai berikut :

$$\text{Nilai Sigma} = \text{NORMSINV} \left(1 - \frac{\text{DPMO}}{10^6} \right) + 1,5$$

b. Peta Kendali (*Control Chart*)

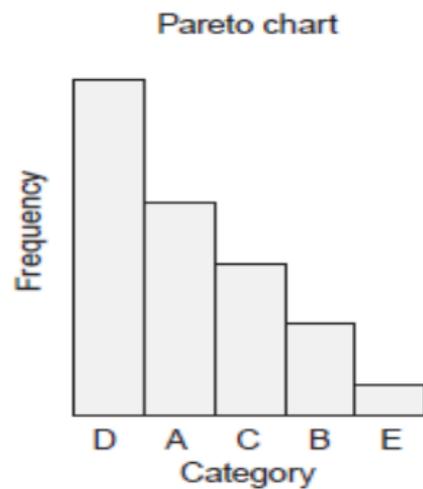
Peta kendali adalah sebuah grafik yang dapat menunjukkan batasan atas dan bawah sebuah proses yang akan dikendalikan (Heizer & Render, 2005). Peta kendali atau *control chart* merupakan salah satu *seven tools* dari pengendalian kualitas. Pertama kali dikenalkan oleh Dr. Walter Andrew Shewhart yang saat itu sedang bekerja di Bell Laboratories Amerika. Adapun tujuan dari peta kendali ini adalah untuk mengidentifikasi penyebab khusus yang dapat menyebabkan terjadinya variasi dan untuk mengurangi terjadinya variasi dalam suatu proses produksi.

3. Analyze

Analisis merupakan tahapan ketiga, di tahap ini dilakukan pengidentifikasian penyebab masalah. Pada tahap ini ditentukannya tingkat baik atau buruk dari proses yang ada di perusahaan (unr et al., 2015). Adapun *tools* yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

a. Diagram Pareto

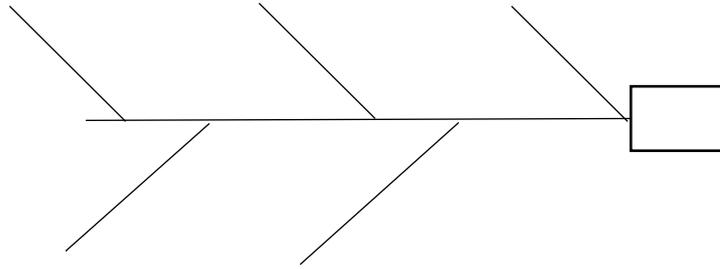
Diagram pareto merupakan salah satu *tool* yang dapat membantu memilih tindakan yang menjadi prioritas untuk diperbaiki. Diagram ini digambarkan dalam bentuk grafik batang yang mana hasil yang tertinggi terletak di sebelah kiri lalu diikuti dengan urutan lainnya sampai terkecil terletak di sebelah kanan (Harsoyo & Rahardjo, 2019). Di bawah ini adalah contoh gambar pareto diagram :



Gambar 2. 2 Digram Pareto
(sumber : Borrer, 2009)

b. Diagram Tulang Ikan / *Fishbone Diagram*

Fishbone diagram pertama kali digagas di tahun 1960-an oleh salah satu ilmuwan asal Jepang yang bernama Dr. Kaoru Ishikawa. *Tools* ini dapat menjadi alat bantu untuk menganalisa dan menemukan faktor-faktor yang secara signifikan berpengaruh dalam penentuan karakter kualitas output kerja dan mencari sebab sebenarnya dari permasalahan yang sedang terjadi. Disebut sebagai diagram tulang ikan karena diagram ini memiliki bentuk serupa dengan tulang ikan, duri-duri yang bercabang menggambarkan tulang ikan yang menjelaskan sebab (*cause*), sedangkan bagian kanan ujung menggambarkan kepala yang menunjukkan akibat (*effect*). Di bawah ini adalah contoh dari *fishbone diagram*.



Gambar 2. 3 *Fishbone Diagram*

(Sumber : Borrer, 2009)

4. Improve

Tahapan *improve* dilakukan setelah mengidentifikasi penyebab-penyebab masalah di kualitas. Setelah itu melakukan penyusunan rencana dan tindakan untuk dilakukannya peningkatan pada kualitas. Peningkatan kualitas dapat dilakukan dengan pengukuran peluang, proses, kapabilitas, kemungkinan, kerusakan, dll, selanjutnya memberikan rekomendasi untuk perbaikan yang akan dilakukan.

5. Control

Tahap ini adalah tahapan terakhir dalam rangka meningkatkan kualitas *Six Sigma-DMAIC*. Di tahapan ini dilakukannya pengawasan terhadap faktor yang dapat menjadi penyebab masalah agar proses dapat berjalan stabil. Juga tahap *control* ini dapat membantu untuk memastikan apakah para pekerja bekerja sesuai hasil *improve* dan tidak kembali untuk menggunakan cara lama dalam menyelesaikan proses pekerjaannya (Webber & Wallace, 2007).

2.1.4 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan sebuah metodologi kuat yang bisa sebagai alat bantu identifikasi, klasifikasi, dan analisa potensi risiko yang terjadi (Wessiani, N. A. & Sarwoko, S. O, 2015). Awal ditemukan pada tahun 1949 di bidang

militer. Tahun 1956 dikembangkan oleh boeing dan diambil oleh industri otomotif dan diadaptasi untuk menjadi sebuah alat untuk peningkatan kualitas produk yang akan diproduksi. Proses peningkatan kualitas pada FMEA ini adalah dengan cara mencegah produk gagal, kegagalan disini dapat didefinisikan berdasarkan dampak akhir yang berkaitan terhadap kesuksesan sebuah misi dari sebuah sistem.

Penjalanannya, FMEA membantu untuk mengidentifikasi serta menentukan prioritas perbaikan untuk jenis kegagalan potensial yang terjadi. Untuk menentukan prioritas, dilakukan pembobotan nilai yang berbentuk skala di masing-masing jenis *defect* berdasarkan *Severity* (tingkat kefatalan), *Occurance* (tingkat frekuensi), dan *Detection* (tingkat deteksi). Selanjutnya menentukan nilai RPN (*Risk Priority Number*) yang merupakan hasil perkalian antara *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*.

Berikut ini merupakan penentuan kategori yang berdasar nilai *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* (J Piatkowski, 2017) :

1. *Severity*

Tingkat kefatalan/keparahan atau *Severity* digunakan untuk mengetahui perkiraan besar dampak yang mengakibatkan suatu produk gagal atau *defect* terjadi yang dirasakan oleh pihak terkait. Tabel di bawah ini adalah definisi untuk penilaian *severity* di setiap level.

Tabel 2. 3 Rating dan Kriteria *Severity*

Rating	Kriteria
1	<i>The defect does not affect the quality</i> (Bentuk kegagalan tidak mempengaruhi kualitas). Tidak menimbulkan dampak yang begitu berarti atau dapat diabaikan.
2	
3	<i>Very low and low</i> (Kegagalan berpengaruh ringan). Menimbulkan dampak yang sangat kecil dan memerlukan biaya perbaikan yang rendah
4	

Rating	Kriteria
5	<i>Transitory</i> (Kegagalan yang menimbulkan sedikit kesulitan)
6	<i>Average</i> (Kegagalan menyebabkan kualitas produk sedikit terpengaruh)
7	<i>Significant</i> (Kegagalan berdampak signifikan). Perlu adanya sedikit perbaikan produk atau sistem
8	<i>High</i> (Kegagalan yang terjadi memiliki dampak yang tinggi). perbaikan yang dilakukan menggunakan biaya besar
9	<i>Very High</i> (Kegagalan yang terjadi mempengaruhi kelayakan dan kegunaan produk atau sistem)
10	<i>Product Rejection</i> (Kegagalan yang terjadi menyebabkan kerusakan total)

2. Occurance

Occurance atau tingkat frekuensi digunakan untuk mengukur probabilitas tingginya tingkat peluang kejadian dari terjadinya produk *defect*. Pengukuran dilakukan berdasarkan seringnya kejadian terjadi. Tabel di bawah ini adalah definisi untuk penilaian *occurance* di setiap level.

Tabel 2. 4 Rating dan Kriteria *Occurance*

Rating	Probabilitas Kegagalan	No. Dari Kegagalan
1	Tidak mungkin terjadinya kegagalan	<1 per 1.000.000
2		1 per 100.000
3	Kegagalan sangat jarang terjadi	1 per 50.000
4		1 per 10.000
5	Kegagalan hanya terjadi	1 per 5000

Rating	Probabilitas Kegagalan	No. Dari Kegagalan
6	sese kali	1 per 1000
7	Kegagalan terjadi secara berulang di area yang sama	1 per 600
8		1 per 400
9	Kegagalan selalu	1 per 100
10	berulang	1 per 10

3. *Detection*

Detection atau tingkat deteksi digunakan untuk menilai kemungkinan penyebab potensial dari suatu kejadian yang gagal. Tabel di bawah ini adalah definisi untuk penilaian *detection* di setiap level.

Tabel 2. 5 Rating dan Kriteria *Detection*

Rating	Kategori	Tingkat Mendeteksi
1	Sangat Tinggi	Sangat besar kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
2		
3	Tinggi	Besar kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
4		
5	Sedang	Sedang kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
6		
7	Rendah	Kecil, kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
8		

Rating	Kategori	Tingkat Mendeteksi
9	Sangat Rendah	Mustahil, kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
10		

Tabel 2. 6 Penentuan Kategori Risiko

Nilai <i>Risk Priority Number (RPN)</i>	Kategori	Perlakuan
192-1000	Tinggi	Lakukan perbaikan saat ini
65-191	Sedang	Upaya untuk melakukan perbaikan
0-64	Rendah	Risik dapat diabaikan

Untuk mengurani nilai RPN, maka harus memberikan perhatian khusus untuk setiap metode yang ada. RPN sendiri bertujuan untuk menentukan peringkat di berbagai parameter. RPN dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$RPN = S \times O \times D$$

Dengan,

S = *Severity*

O = *Occurance*

D = *Detection*

RPN = *Risk Priority Number*

2.1.5 Metode *Theory Of Inventive Problem Solving* (TRIZ)

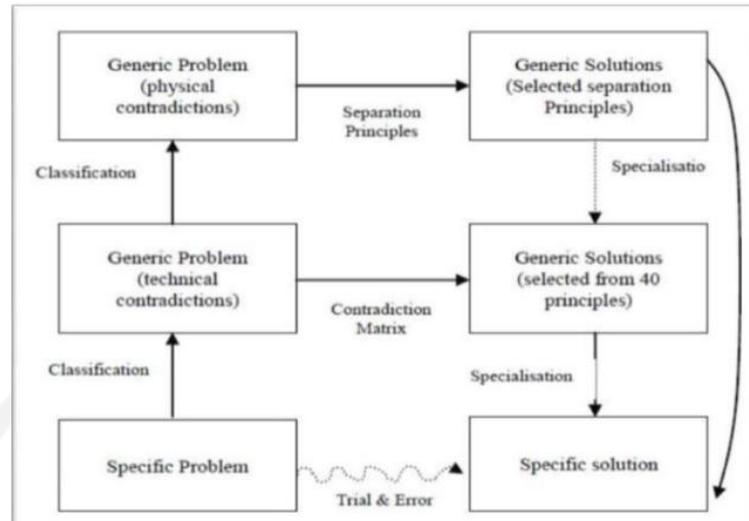
TRIZ yaitu *Theory Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch* merupakan singkatan dari bahasa Rusia yang dikenal *Theory of Inventive Problem Solving* (TIPS) dalam bahasa Inggris adalah metode yang digunakan untuk memecahkan masalah berdasarkan berbagai kondisi sebelumnya dalam menghilangkan kontradiksi. Triz digunakan untuk memecahkan masalah dengan menggunakan pendekatan terstruktur dan algoritmik (Choo, 2011). TRIZ merupakan salah satu metode yang dapat digunakan di berbagai ranah bidang untuk menciptakan solusi yang efektif dalam menyelesaikan masalah (Ekmekci & Kksal, 2015).

Ada tiga tahapan proses memecahkan masalah menggunakan metode TRIZ, yaitu (Suryawan,2014):

1. Mengidentifikasi masalah dengan mencari semua faktor yang mungkin menjadi masalah.
2. Mengelompokkan masalah dengan menentukan faktor pendukung dan faktor penentang menjadi 39 parameter teknis dengan menggunakan matriks kontradiktif untuk mencari solusi pola penyelesaian lanjutan.
3. Menemukan solusi atas masalah yang harus diselesaikan dengan menyelesaikan kontradiksi dengan menggunakan 40 prinsip kreatif.

2.1.5.1 Prosedur Penggunaan TRIZ

Berikut merupakan prosedur dalam menggunakan metode TRIZ dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. 4 Prosedur Penggunaan TRIZ

Sumber: (Strattn et al., 2000)

Secara umum, berikut langkah-langkah dari penggunaan metode TRIZ yaitu:

1. *Select a technical problem* / Memilih masalah teknis

Untuk pemilihan masalah, biasanya di suatu sistem terdapat lebih dari satu permasalahan. Dengan menggunakan metode TRIZ dapat membantu menyelesaikan dua kontradiksi masalah teknis yang terjadi. Adapun kontradiksi teknis merupakan konflik yang terjadi antara dua hal dari satu sistem. Misal ada seorang yang akan meningkatkan sebuah elemen di suatu sistem, maka efek yang dapat timbul yaitu dapat mengurangi kinerja bagi bagian yang lainnya.

2. *Formulate a physical contradiction* / Menerjemahkan masalah konsep

Merupakan proses penulisan ulang permasalahan teknis menjadi masalah konsep dengan identifikasi masalah-masalah apa yang mungkin terjadi dengan bantuan 39 *feature principles*.

3. *Formulate an ideal solution* / Mencari solusi yang ideal

Dilangkah ini harus memutuskan solusi untuk bagaimana cara meningkatkan faktor-faktor yang diinginkan dan menghilangkan faktor-faktor yang tidak diharapkan. Perbandingan dari hasil yang didapat dengan solusi yang ideal akan dapat menentukan benar tidaknya pengambilan keputusan dalam menentukan faktor utama kontradiksi.

4. *Making use of the capabilities of TRIZ / Mengkapabilitas TRIZ untuk solusi*

Dalam usaha mendapatkan solusi pada permasalahan, maka dapat menggunakan beberapa *tools* di metode TRIZ seperti matrik kontradiksi, 40 prinsip solusi, dll.

5. *Determine the “strenght” of the solution and choose the best one / Menentukan target dan solusi*

Dalam rangka memilih solusi dari solusi-sousi yang ada, maka peneliti memilih satu solusi terbaik yang mampu dan sesuai dengan permasalahan yang sedang dihadapi.

6. *Predict the development of the system considered within the problem / Memprediksi perkembangan dari solusi yang terpilih*

Di langkah ini dilakukan prediksi dengan melihat ptensi masalah yang ada di sistem masa depan dan memilih metde yang memungkinkan untuk penyelesaian masalahnya, dengan tujuan untuk memperbaiki sistem secara terus menerus.

7. *analyze the solution process in order to prevent similar problem / Menganalisa solusi*

Dilakukannya analisa dari solusi yang digunakan sebagai sebuah tindakan preventif dari masalah yang sejenis.

2.1.5.2 TRIZ 39 Parameter

Parameter sistem di metode TRIZ berisi 39 karakter standar yang bersifat teknik. Dengan bantuan teknik ini maka akan mempermudah untuk menemukan faktor-faktor yang dapat menimbulkan kontradiksi dan dapat menghasilkan *improving parameters* dan *worsening parameters*. Di bawah ini merupakan tabel 39 parameter TRIZ (Domb et al., 1998) :

Tabel 2. 7 TRIZ 39 Technical Parameter

No	Parameter Sistem
1	Berat objek bergerak (<i>Weight of moving object</i>)
2	Berat objek tak bergerak (<i>Weight of stationary object</i>)
3	Panjang objek bergerak (<i>Length or angle of moving object</i>)
4	Panjang objek tak bergerak (<i>Length or angle of stationary object</i>)
5	Luas objek bergerak (<i>Area of moving object</i>)
6	Luas objek tak bergerak (<i>Area of stationary object</i>)
7	Volume objek bergerak (<i>Volume of moving object</i>)
8	Volume objek tak bergerak (<i>Volume of stationary object</i>)
9	Kecepatan (<i>Speed</i>)
10	Daya (<i>Force a.k.a torque</i>)
11	Tekanan (<i>Stress/pressure</i>)
12	Bentuk (<i>Shape</i>)
13	Kestabilan (<i>Stability of the object's composition</i>)
14	Kekuatan (<i>Strength</i>)
15	Ketahanan objek bergerak (<i>Duration of action of moving object</i>)
16	Ketahanan objek tak bergerak (<i>Duration of action of stationary object</i>)
17	Suhu (<i>Temperature</i>)
18	Kecerahan (<i>Illumination intensity</i>)
19	Tenaga yang digunakan oleh objek bergerak (<i>Use of energy by moving object</i>)
20	Tenaga yang digunakan oleh objek tak bergerak (<i>Use of energy by stationary object</i>)
21	Tenaga (<i>Power</i>)

No	Paremeter Sistem
22	Pengurangan tenaga (<i>Loss of energy</i>)
23	Pengurangan bahan (<i>Loss of substance</i>)
24	Pengurangan informasi (<i>Loss of information</i>)
25	Pengurangan waktu (<i>Loss of time</i>)
26	Kuantitas bahan (<i>Quantity of substance</i>)
27	Keandalan (<i>Reliability/robustness</i>)
28	Ketepatan pengukuran (<i>measurement accuracy</i>)
29	Ketepatan manufaktur (<i>Manufacturing precision</i>)
30	Objek yang terkena dampak berbahaya (<i>Object effected harmful factors</i>)
31	Objek yang menghasilkan dampak berbahaya (<i>Object generated harmful factors</i>)
32	Mudah dalam manufaktur (<i>Ease of manufacture</i>)
33	Mudah dalam penggunaan (<i>Ease of operation</i>)
34	Kemampuan untuk dapat diperbaiki (<i>Repairability</i>)
35	Kemampuan untuk dapat beradaptasi (<i>Adaptability or versatility</i>)
36	Kekompleksan piranti (<i>Device complexity</i>)
37	Sulit untuk dideteksi dan diukur (<i>Difficulty of detecting and measuring</i>)
38	Tahap automasi (<i>Extent of automation</i>)
39	Produktivitas (<i>Productivity</i>)

Tabel 2. 8 TRIZ 39 System Parameters

No	Paremeter Sistem
1	<i>Degree of responsibility of employee</i>
2	<i>Degree of responsibility of supervisor</i>

No	Parameter Sistem
3	<i>Coverage/span of employee responsibility</i>
4	<i>Coverage/span of supervisor responsibility</i>
5	<i>Number of contacts/interfaces of employee</i>
6	<i>Number of contacts/interfaces of supervisor</i>
7	<i>Bandwidth of employee</i>
8	<i>Bandwidth of supervisor</i>
9	<i>Speed or response time</i>
10	<i>Force or extent of response action</i>
11	<i>Stress/pressure</i>
12	<i>Organizational hierarchy/level</i>
13	<i>Stability of organization</i>
14	<i>Strength or ability to handle stress/pressure</i>
15	<i>Time taken to complete task by employee</i>
16	<i>Time taken to complete task by supervisor</i>
17	<i>Type of interaction</i>
18	<i>Visibility</i>
19	<i>Amount of effort put in employee</i>
20	<i>Amount of effort put in supervisor</i>
21	<i>Result or amount of output produced</i>
22	<i>Loss/waste of energy</i>
23	<i>Loss of team members</i>
24	<i>Loss of information</i>

No	Parameter Sistem
25	<i>Loss of time</i>
26	<i>Number of team members</i>
27	<i>Reliability/robustness</i>
28	<i>Actual compared to plan</i>
29	<i>Precision/Consistency</i>
30	<i>Object effected harmful factors</i>
31	<i>Object generated harmful factors</i>
32	<i>Ease of manufacture</i>
33	<i>Ease of operation</i>
34	<i>Ease of repair</i>
35	<i>Adaptability or versatility</i>
36	<i>System complexity</i>
37	<i>Difficulty of detecting and measuring</i>
38	<i>Extent of automation</i>
39	<i>Productivity</i>

2.1.5.3 Matriks Kontradiksi TRIZ

TRIZ *contradiction matrix* atau disebut Matriks kontradiksi Altshuller yaitu sebuah tabel yang berisi 39 elemen horisontal (*improving parameters*), 39 elemen vertikal (*worsening parameters*), dan 40 *inventive principles*. Setelah selesai mengidentifikasi *improving parameters* dan *worsening parameters*, selanjutnya dilakukan pencarian kontradiksi design dari parameter kinerja untuk menghasilkan solusi potensial *inventive principles* (Altshuller,2002). Berikut ini merupakan sebuah contoh *contradiction matrix* di metode TRIZ sebagai berikut :

IMPROVED ATTRIBUTE / WORSENING ATTRIBUTE		1	2	3	4	5	22	30	39
		Weight of moving object	Weight of stationary object	Length or angle of moving object	Length or angle of stationary object	Area of moving object	Loss of energy	Object affected harmful factors	Productivity
1	Weight of moving object			15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34	6, 12, 34, 19	22, 21, 18, 27	35, 3, 24, 37
2	Weight of stationary object				10, 1, 29, 35		18, 19, 28, 15	2, 19, 22, 37	1, 26, 15, 35
3	Length or angle of moving object	8, 15, 29, 34				15, 17, 4	7, 2, 35, 39	1, 15, 17, 24	14, 4, 28, 29
4	Length or angle of stationary object		35, 28, 40, 29				6, 28	1, 18	30, 14, 7, 26
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4			14, 15, 18, 4		15, 17, 30, 26	22, 33, 28, 1	10, 26, 34, 2
33	Ease of operation	25, 2, 15, 13	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12		1, 17, 13, 16	2, 19, 13	2, 25, 28, 39	15, 1, 26
39	Productivity	35, 26, 24, 37	26, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	28, 10, 29, 35	22, 35, 13, 24	

Gambar 2. 5 TRIZ Contradiction Matrix Sumber (Rivin, n.d.)

2.1.5.4 40 Inventive Principles

Prinsip inventasi berisi 40 prinsip dapat digunakan untuk menghasilkan solusi-solusi yang dapat mengatasi kontradiksi yang kemungkinan terjadi sesama karakteristik. Adapun tujuan dari prinsip ini yaitu untuk merancang aktifnya pikiran kreatif sehingga dapat tepat dalam mendapatkan solusi (Labuda, 2015). Di bawah ini merupakan tabel 40 *Inventive Principles*.

Tabel 2. 9 40 *Inventive Principles*

No	40 <i>Inventive Principles</i>	No	40 <i>Inventive Principles</i>
1	<i>Segmentation</i>	21	<i>Skipping / Rushing Through</i>
2	<i>Taking out</i>	22	<i>“Blessing in disguise” or “Turn Lemons into Lemonade”</i>
3	<i>Local quality</i>	23	<i>Feedback</i>

No	40 Inventive Principles	No	40 Inventive Principles
4	<i>Asymmetry</i>	24	<i>Intermediary</i>
5	<i>Merging or Combining</i>	25	<i>Self service</i>
6	<i>Universality</i>	26	<i>Copying</i>
7	<i>“Nested Doll”</i>	27	<i>Cheap short-living objects</i>
8	<i>Anti weight</i>	28	<i>Mechanics substitution</i>
9	<i>Preliminary anti action</i>	29	<i>Pneumatic and Hidraulics(Intangability)</i>
10	<i>Preliminary action</i>	30	<i>Flexible shells and thin films</i>
11	<i>Beforehand cushioning</i>	31	<i>Porous materials</i>
12	<i>Equipotentiality</i>	32	<i>Colour changes</i>
13	<i>The other way round</i>	33	<i>Homogeneity</i>
14	<i>Spheroidality</i>	34	<i>Discarding and recovering</i>
15	<i>Dynamics</i>	35	<i>Parameter changes</i>
16	<i>Partial or excessive action</i>	36	<i>Phase transition</i>
17	<i>Another dimensions</i>	37	<i>Thermal expansion (Strategic expansions)</i>
18	<i>Mechanical vibration</i>	38	<i>Strong oxidants (Boosted interaction)</i>
19	<i>Periodic action</i>	39	<i>Inert Athmosphere</i>
20	<i>Continuity of useful action</i>	40	<i>Composite material</i>

2.2 Kajian Induktif

Pada kajian induktif ini, membahas tentang penelitian terdahulu yang pernah dilakukan dengan topik dan tema pembahasan yang berkorelasi, dimana penelitian sebelumnya dapat dijadikan bahan pembantu dalam mengembangkan metode dan menjadi pendukung di penelitian yang dilakukan ini.

Penelitian oleh S Indrawati, A 'Azzam, E Adruanto, S Miranda, dan AD Prabaswari di tahun 2020 berjudul *Lean Concept Development in Fast Food Industry Using Integration of six sigma and TRIZ Method* : Keberhasilan lean di bidang manufaktur mampu memicu para peneliti dan praktisi industri untuk mengadopsi konsep lean di dalam industri jasa. Pada penelitian ini mengambil study kasus di restoran cepat saji. Pada penelitian ini metode DMAIC (*define-measure-Analyse-improve-control*) dan metode TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*) digunakan untuk perbaikan sistem pelayanan pada restoran. Adapun beberapa tools pendukung yang digunakan pada penelitian ini adalah *Value Stream Mapping* (VSM) yang menggunakan *process activities mapping* (PAM) guna untuk mengidentifikasi aktivitas yang *value added* (VA), *nonvalue added* (NVA), dan *required nonvalue added* (NNVA). Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa jenis waste yang terjadi pada industri fast food ini adalah *service delay*. Pemborosan ini disebabkan oleh proses pemberian bumbu dengan waktu 527 detik, adapun strategi yang digunakan untuk perbaikan dalam rangka mengurangi pemborosan yang terjadi adalah dengan mengubah proses (parameter perubahan) dan menerapkan 5S di area kerja, yang mana mampu mengurangi waktu sebanyak 90%.

Penelitian selanjutnya berjudul *Minimizing damage of product using six sigma and triz methods* oleh Boangmanalu, Triposa Abigail, Anita Sembiring dan Jusra Tampubolon di tahun 2019. objek penelitian ini adalah perusahaan XYZ yang bergerak di bidang suku cadang farmasi. Perusahaan ini mengalami kendala di proses pengemasan/stripping. Untuk meminimalisir produk cacat penelitian ini menggunakan metode Six-Sigma dan TRIZ. Hasil dari penelitian ini adalah peningkatan nilai sigma dan penurunan nilai kemungkinan cacat yaitu sebesar 3,61 dan 16981 untuk sejuta proses menjadi 4,06 dan 1547 kemungkinan cacat untuk sejuta proses. Adapun perbaikan usulannya yaitu pelatihan dan sosialisasi, melakukan perawatan mesin

secara rutin dan memberikan peringatan untuk memantau kinerja masing-masing operator.

Selanjutnya penelitian oleh Monika Smętkowska dan Beata Mrugalska yang berjudul *Using six sigma DMAIC to improve the Quality of the Production Process: A Case Study* pada tahun 2018, penelitian ini menyajikan bagaimana menerapkan siklus DMAIC sebagai elemen perbaikan berkelanjutan dalam praktik. Untuk mencapainya, masalah kualitas dan peningkatan kualitas dibahas secara luas. Berdasarkan permasalahan yang ditemukan dalam organisasi, maka dilakukan analisis dengan penerapan DMAIC. Proposisi perbaikan pada mesin Kolbus BF 511 dengan menerapkan SMED, pelatihan untuk karyawan, standarisasi kerja dan Total Productive Maintenance dan setelah itu, perlu untuk memperkenalkan kontrol berkelanjutan pada efisiensi proses yang dilakukan pada mesin itu. Solusi yang diusulkan dapat membawa banyak keuntungan yang berbeda tidak hanya untuk perusahaan, tetapi juga untuk entitas lain yang terlibat dalam fungsinya.

Selanjutnya penelitian yang berjudul *Six-Sigma DMAIC methodology in the yogurt production process*, oleh Tawar Saeid Hakimi, Seyed Mojib Zahraee, dan Jafri Mohd Rohani di tahun 2016. Adapun tujuan diadakannya penelitian ini yaitu untuk berkonsentrasi pada peningkatan kualitas pada proses produksi plain yogurt di perusahaan A melalui penyesuaian faktor-faktor yang mempengaruhi keasaman yoghurt, yoghurt, dan menentukan tingkat optimal dari faktor-faktor ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu inkubasi dan persentase lemak merupakan faktor yang signifikan terhadap nilai pH yoghurt, dan pengaturan optimum untuk faktor-faktor ini ditentukan sebagai 12 jam untuk waktu inkubasi dan 1,5 persen untuk persentase lemak. Selanjutnya, penerapan proses perbaikan di lini produksi yogurt menghasilkan pencapaian nilai pH yogurt yang dapat diterima dalam kisaran 4,2 hingga 4,4 sesuai dengan preferensi pelanggan. Maka dari itu penerapan *six sigma* DMAIC dapat memberikan keuntungan bagi perusahaan dalam menangani suatu masalah secara sistematis.

Penelitian ini dilakukan oleh Gleeson & et pada tahun 2019 berjudul *Improving Manufacturing Productivity by Combining Cognitive Engineering and Lean-six sigma Methods*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah DMAIC dengan menggunakan alat bantu SIPOC di tahap *define*. Adapun hasil yang didapat pada

penelitian ini yaitu peningkatan produktivitas, terselesaikannya masalah *defect* produk dengan efektif karena dapat mengambil keputusan dengan lebih efektif dan efisien.

Penelitian selanjutnya pada tahun 2017 oleh Dewan Maisha Zaman dan Nusrat Hossain Zerine berjudul *Applying DMAIC Methodology to Reduce defects of Sewing Section in RMG: A Case Study*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi serta mengurangi *defect* produk di bagian penjahitan di perusahaan PCI (BD) LTD di Bangladesh. Dengan menggunakan metode *six sigma* dengan tahapan DMAIC (*define, measure, analyze, improve* dan *control*). Adapun hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah turunnya hasil persentase *defect* dari 11,67% menjadi 9,67% sehingga dapat meningkatkan nilai sigma dari 2,69 menjadi 2,8.

Di 2019 terdapat penelitian yang berjudul *Development of car wishbone using sheet metal tearing process via TRIZ method* oleh Nuri Sen dan Yakup Baykal . objek dari penelitian ini adalah baja berkualitas S355MC (ERD 4936) yang memiliki standar EN 10149-2 yang dilakukan secara virtual dan lingkungan nyata. Eksperimen virtual dilakukan pada model cetakan wishbone yang dirancang melalui program CAD Siemens NX 12 menggunakan program analisis Autoform R7. Eksperimen lingkungan nyata kemudian dilakukan, dan masalah robek selama proses pembentukan dihilangkan. Adapun penelitian ini bertujuan untuk membahas solusi pada masalah robek yang terjadi selama pembentukan wishbone logam lembaran mobil dengan menerapkan metode TRIZ. Dengan menggunakan pendekatan TRIZ, sampel wishbone logam lembaran mobil dapat dibentuk tanpa adanya cacat robek dan tanpa merubah material dan geometri aslinya.

Selanjutnya penelitian berjudul *Integration of TRIZ, morphological chart and ANP method for development of FRP composite portable fire extinguisher* di tahun 2020 oleh Asyraf dkk. Proyek ini menggunakan integrasi metode teori pemecahan masalah inventif (TRIZ), grafik morfologi dan proses jaringan analitik (ANP) diterapkan untuk mendesain konsep. Solusi inventif akhir dari TRIZ kemudian digabungkan dengan grafik morfologi bersama dengan teknik ANP untuk secara sistematis mengembangkan desain konseptual akhir alat pemadam api portabel. Penelitian ini berhasil menemukan design terbaik alat pemadam api portabel dengan kriteria dan peningkatan hasil yang diinginkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Zhong-xin Wu dkk di tahun 2020 berjudul *Analyzing TRIZ-based strategic priorities of customer expectations for renewable energy investments with interval type-2 fuzzy modeling*. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi strategi inovatif yang tepat untuk investasi energi surya untuk pengguna komersial dan non-komersial. Dengan itu, digunakanlah metode TRIZ berbasis 8 strategi inovatif kemudian dibobot dengan metode fuzzy DEMATEL (IT2 FDEMATEL) tipe-2 interval untuk menentukan strategi yang lebih penting. Hasil tindakan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu memberikan dukungan khusus terkait keamanan, kualitas, penggolongan karakteristik pelanggan, membuat cabang pusat distribusi, dan memberikan bantalan di muka. Tindakan ini perlu dilakukan untuk mengatasi masalah seperti sengatan listrik, penghancuran material, pencurian, dan risiko penghancuran data di komputer.

Penelitian yang berjudul *defect Reduction Using six sigma Methodology in Home Appliance Company: A Case Study* di tahun 2018 oleh Neamat Gamal Saleh Ahmed, Hanaa Soliman Abohashima, dan Mohamed Fahmy Aly. Penelitian ini membahas tentang penerapan metodologi *six sigma* DMAIC (*define, measure, Analysis, improve, and control*) dalam industri rumah di Mesir untuk mendefinisikan dan menentukan penyebab-penyebab terjadinya *defect* produk untuk menemukan solusi mengurangi produk *defect* tersebut. Penelitian ini di analisis menggunakan metode *six-sigma* (DMAIC) dengan *Design of Experiment* (DOE) dan analisis regresi. Hasil penelitian ini menemukan bahwa temperatur pelelehan aluminium sangat berpengaruh terhadap terjadinya *defect* produk. Setelah dilakukannya pengoptimalisasikan temperatur maka *defect* pada *part* aluminium berkurang dari 10,49% menjadi 6,1% dan level *six-sigma* meningkat dari 2,8 menjadi 3,06. Maka dari itu, didapatkan hasil bahwa *six-sigma* dapat mengurangi *defect* produk dan mengurangi biaya produksi sehingga dapat meningkatkan kepuasan pelanggan.

Tabel 2. 10 Kajian Induktif

No	Judul	Author	Tahun	Metode	
				Six-Sigma	TRIZ
1	<i>Lean Concept Development in Fast Food Industry Using Integration of six sigma and TRIZ Method</i>	S Indrawati, A 'Azzam, E Adruanto, S Miranda, dan AD Prabaswari	2020	v	v
2	<i>Minimizing damage of product using six sigma and triz methods</i>	Boangmanalu, Triposa Abigail, Anita Sembiring dan Jusra Tampubolon	2019	v	v
3	<i>Using six sigma DMAIC to improve the Quality of the Production Process: A Case Study</i>	Monika Smętkowska dan Beata Mrugalska	2018	v	
4	<i>Six-Sigma DMAIC methodology in the yogurt production process</i>	Tawar Saeid Hakimi, Seyed Mojib Zahraee, dan Jafri Mohd Rohani	2016	v	
5	<i>Improving</i>	Gleeson & et	2019	v	

					Metode	
No	Judul	Author	Tahun	Six-Sigma	TRIZ	
	<i>Manufacturing Productivity by Combining Cognitive Engineering and Lean-six sigma Methods.</i>					
6	<i>Applying DMAIC Methodology to Reduce defects of Sewing Section in RMG: A Case Study.</i>	Dewan Maisha Zaman dan Nusrat Hossain Zerin	2017	v		
7	<i>Development of car wishbone using sheet metal tearing process via TRIZ method</i>	Nuri Sen dan Yakup Baykal .	2019		v	
8	<i>Integration of TRIZ, morphological chart and ANP method for development of FRP composite portable fire extinguisher</i>	Asyraf dkk.	2020		v	
9	<i>Analyzing TRIZ-</i>	Zhong-xin Wu	2020		v	

					Metode	
No	Judul	Author	Tahun	Six-Sigma	TRIZ	
	<i>based strategic priorities of customer expectations for renewable energy investments with interval type-2 fuzzy modeling</i>	dkk				
10	<i>defect Reduction Using six sigma Methodology in Home Appliance Company: A Case Study</i>	Neamat Gamal Saleh Ahmed, Hanaa Soliman Abohashima, dan Mohamed Fahmy Aly.	2018	v		

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan oleh peneliti pada penelitian ini yaitu pengurangan *defect* produk pada *Paper Machine-1* (PM-1) yang memproduksi *core board paper* di PT. Papertech Indonesia, Subang. PT. Papertech Indonesia Subang beralamat di Blok Trikolot RT 01/01 Desa Cipeundeuy, Kecamatan Cipeundeuy, Subang, Jawa Barat.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Berikut merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan oleh peneliti dalam menyelesaikan penelitian, antara lain :

3.2.1 Jenis dan Sumber Data

Adapun jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu adalah sebagai berikut :

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang asalnya diperoleh dengan cara mengambil langsung dari sumber yang berkaitan. Data ini didapatkan melalui cara observasi ke tempat langsung ataupun dengan mewawancarai narasumber tertentu yang berkaitan. Pada penelitian ini, yang akan digunakan dalam data primer yaitu data alur proses produksi, proses bisnis perusahaan.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan secara tidak diambil langsung, dan digunakan untuk menunjang data primer yang relevan dengan keperluan penelitian. Biasanya dapat diperoleh melalui buku, jurnal, maupun arsip yang dipublikasikan secara umum atau yang tidak di publikasikan secara umum. Data sekunder pada penelitian ini yaitu adalah data terkait informasi perusahaan, literatur terkait Metode Six-Sigma, DMAIC, dan TRIZ, data hasil produksi pada periode Januari 2020 sampai Desember 2020, data hasil *defect* produksi pada periode Januari 2020 sampai Desember 2020, dan data jenis *defect*.

3.2.3 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data-data yang dikumpulkan peneliti menggunakan teknik-teknik sebagai berikut ini:

1. Observasi

Melakukannya observasi dengan cara melihat dan mengamati langsung proses produksi yang terjadi di PT. Papertech Indonesia, Subang di bagian *Paper Machine-1* (PM-1) untuk mendapat gambaran secara langsung apa-apa saja permasalahan yang dialami oleh proses yang akan diteliti dan untuk mengetahui kondisi perusahaan dengan cara didampingi secara langsung oleh pihak internal PT. Papertech Indonesia, Subang.

2. Wawancara

Melakukan wawancara dengan cara tanya jawab secara langsung dengan pihak-pihak yang terkait, dengan tujuan untuk mendapatkan data yang berkaitan dengan permasalahan yang sedang diteliti. Peneliti merancang wawancara dengan *Production Manager Paper Machine 1* dan jajarannya sehingga narasumber telah berpengalaman di bidangnya untuk merasakan potensi risiko dan penyebab serta dampak dari permasalahan.

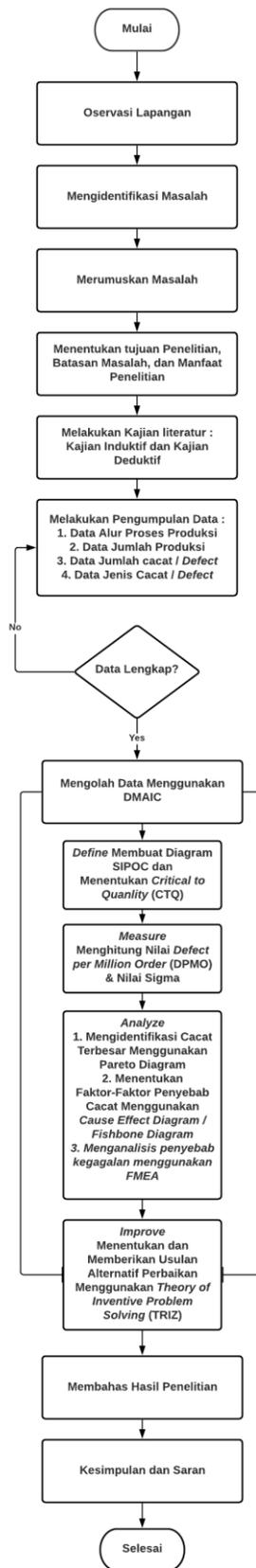
3. Studi Pustaka

Melakukan studi pustaka berasal dari buku, jurnal, maupun arsip yang dipublikasikan secara umum atau yang tidak di publikasikan secara umum. Hasil yang dikumpulkan digunakan sebagai dasar pedoman untuk melakukan penelitian.

3.3 Diagram Alur Penelitian

Alur penelitian di PT. Papertech Indonesia, Subang adalah seperti gambar di bawah :





Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

3.3.1 Observasi lapangan

Observasi lapangan dilakukan dengan cara melihat secara keseluruhan kondisi di lantai produksi *Paper Machine-1* (PM-1) PT Papertech Indonesia, Subang.

3.3.2 Identifikasi Masalah

Aktivitas mengidentifikasi masalah pada penelitian ini dilakukan sebagaimana untuk mendapatkan rincian permasalahan yang ada dan mengetahui permasalahan serta penyebab terjadinya produk cacat di bagian produksi *paper core* di *Paper Machine-1* (PM-1).

3.3.3 Perumusan Masalah

Setelah dilakukannya identifikasi masalah, selanjutnya adalah penentuan rumusan masalah, adapun dalam penelitian ini rumusan masalah ditentukan untuk mencapai tujuan penelitian yang dilakukan.

3.3.4 Menentukan Tujuan dan Batasan Penelitian

Di tahap ini penentuan tujuan penelitian dilakukan berdasarkan masalah-masalah yang telah dirumuskan di rumusan masalah sedangkan batasan penelitian dilakukan agar penelitian dapat terarah dan berada di ruang lingkup pembahasan yang ditentukan.

3.3.5 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan peneliti dengan cara mempelajari materi kajian teoritis dari berbagai penelitian serupa atau sumber-sumber berbeda seperti buku, jurnal, dll. Adapun kajian yang dipelajari dalam penelitian ini berkaitan dengan Metode *Six-Sigma*, DMAIC, Metode TRIZ, dan *tools* lainnya.

3.3.6 Studi Lapangan

Di tahapan studi lapangan, peneliti melakukan pengamatan secara langsung proses-proses yang ada di perusahaan khususnya di fokus penelitian ini yaitu pada proses produksi *paper core* di *Paper Machine-1* (PM-1).

3.3.7 Pengumpulan Data

Di tahap ini dilakukan pengumpulan data-data di perusahaan yang diperlukan untuk menyelesaikan penelitian, adapun data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut:

- a. Data alur proses produksi
- b. Data Jumlah Produksi
- c. Data Jumlah produk Cacat
- d. Data Jenis Cacat

3.3.8 Pengolahan Data

Setelah data dikumpulkan, kemudian data diolah dengan metode penyelesaian yang mengacu pada prinsip-prinsip di metode *Six-Sigma*. Langkah yang terukur dan terstruktur pada metode ini dapat mengantisipasi terjadinya produk cacat atau *defect*. *Continuous improvement* dapat dilakukan dengan metode *Six-Sigma* yang terdiri dari

DMAIC (*define-measure-analyze-improve-control*) berdasarkan data yang ada (Pande & Larry, 2002). Pada penelitian ini pengolahan data diselesaikan menggunakan konsep DMAIC, namun tidak menggunakan tahap *control*.

1. *Define*

Tahap operasional pertama dalam program meningkatkan kualitas Six-Sigma adalah tahap *define*. Di tahapan ini Six-Sigma digunakan untuk menentukan dan mendefinisikan masalah. Menyusun diagram SIPOC untuk identifikasi aspek utama pada proses sehingga dapat membantu penentuan *critical to quality* (CTQ) untuk mengukur sebuah produk atau proses untuk mencapai standard ataupun limit/batasan dari spesifikasi agar dapat menentukan kebutuhan serta kepuasan pelanggan.

2. *Measure*

Tahap operasional yang kedua dalam program meningkatkan kualitas Six-Sigma adalah tahap *measure*, tahap ini melakukan pengambilan sampel di perusahaan selama bulan Januari 2020 sampai Desember 2020. Adapun tujuan dari proses ini adalah untuk mengevaluasi dan memahami kondisi proses perusahaan dengan menghitung nilai DPMO. Pengukuran nilai DPMO ini dilakukan dengan tujuan untuk menunjukkan jumlah produk cacat dalam satu juta kemungkinan. Dalam tahap ini juga dilakukan perhitungan peta kendali sebagaimana tujuannya adalah untuk mengetahui batas atas dan batas bawah untuk mengendalikan proses.

3. *Analyze*

Tahap operasional yang kedua dalam program meningkatkan kualitas Six-Sigma adalah tahap *analyze*. Pada tahap ini dilakukannya identifikasi penyebab masalah kualitas menggunakan beberapa tools, antara lain :

a. Diagram Pareto

Diagram Pareto dilakukan untuk mengetahui jenis cacat dari yang paling besar hingga paling kecil, diagram paret juga dapat membantu dalam memfokuskan masalah cacat produk yang lebih sering terjadi sehingga

dapat memberi isyarat masalah-masalah mana yang dapat diprioritaskan untuk perbaikan.

b. *Cause Effect Diagram*

Diagram sebab akibat memiliki fungsi sebagai pedoman teknis untuk memaksimalkan nilai-nilai kesuksesan tingkat kualitas produk sebuah perusahaan dan memperkecil risiko-risiko terjadinya kegagalan. Dengan menggunakan *Cause Effect Diagram* dapat membantu mencari akar timbulnya permasalahan dan faktor penyebab kegagalan pada produksi di perusahaan.

c. FMEA

FMEA atau *Failure Mode Effect Analysis* digunakan untuk menganalisis dan menguraikan penyebab potensi produk gagal atau *defect* dengan presentase terbesar. Nilai skala pembobotan dilakukan berdasarkan tingkat keparahan, tingkat frekuensi, dan tingkat deteksi. Setelah ditentukan, akan dihitung nilai RPN (*Risk Priority Number*) dari perkalian ketiga tingkat yang telah ditentukan. Untuk menentukan nilai bobot peneliti membuat kuesioner dan melakukan wawancara bersama pihak perusahaan.

4. *improve*

Tahap operasional yang terakhir merupakan tahapan *improve*, pada tahap ini terdiri atas pemilihan dan pengembangan rekomendasi ulasan perbaikan solusi yang optimal dan cocok untuk perusahaan. Tools yang digunakan yaitu Metode TRIZ.

3.3.9 Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan pembahasan dari hasil pengolahan data yang didapatkan. Data yang telah didapatkan lalu dilah sehingga dapat menjadi informasi yang akan dirangkum sebagai pendukung dan pembantu untuk menentukan usulan keputusan. Pendekatan *Six-Sigma* digunakan untuk mengolah data pada penelitian ini.

3.3.10 Kesimpulan dan Saran

Tahapan ini merupakan tahapan terakhir yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu menentukan kesimpulan dan saran. Kesimpulan dilakukan dengan menyimpulkan hasil akhir dari penelitian yang dilakukan, dimana kesimpulan ini menjawab semua rumusan masalah yang ada pada penelitian. Sedangkan saran merupakan usulan yang akan diberikan kepada pihak perusahaan dan kepada pihak penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini.



BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Di bab ini akan berisi penjelasan terkait proses pengumpulan dan pengolahan data yang dibutuhkan dalam penyelesaian penelitian ini.

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Profil Perusahaan



Gambar 4. 1 Logo Papertech Indonesia

Sumber : Wikipedia

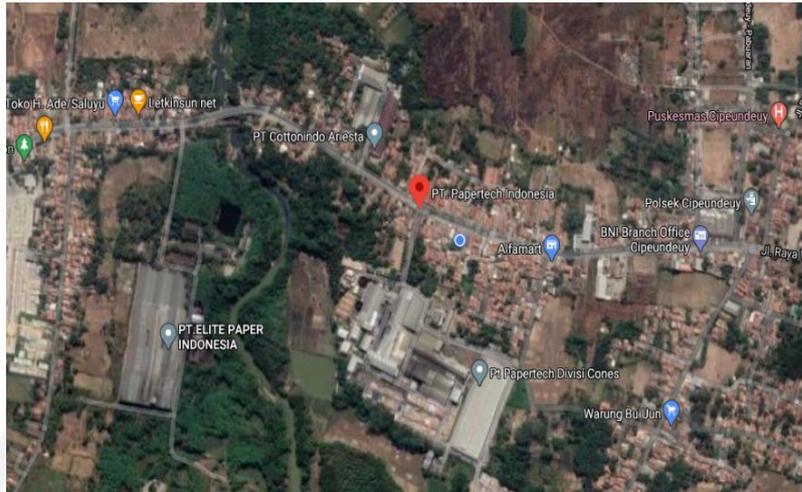
PT. Papertech adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang industri kertas karton atau *paper board industry (hard paper)*. PT. Papertech Indonesia merupakan perusahaan PMA (Penanaman Modal Asing) yang dimiliki oleh sebuah perusahaan grup atau *textpack* yang berkedudukan di Spanyol, Eropa. Di Asia Tenggara, tahun 1997 grup *textpack* hanya ada di Indonesia saja dengan nama PT. Papertech Indonesia yang beralamat di Blok Trikolot RT 01/01 Desa Cipeundeuy, Kecamatan Cipeundeuy, Subang, Jawa Barat. Saat itu hanya memiliki satu unit *Paper Machine* dengan kapasitas 60.000 ton/tahun dengan karyawan sekitar 120 orang saja beroperasi selama 24 jam dan terbagi dalam tiga shift. Pada tahun 2004, PT. Papertech Indonesia melakukan ekspansi atau perluasan perusahaan ke Magelang, Jawa Tengah dengan nama PT. Papertech Indonesia Magelang dengan kapasitas 20000 ton/tahun dan jumlah karyawan saat itu 60 orang beroperasi selama 24 jam dengan 3 shift.

Pada tahun 2008, PT. Papertech Indonesia Subang kembali melakukan perluasan usaha dengan melakukan penambahan unit mesin kertas, penambahan ini dilakukan di dalam perusahaan dengan menambahkan mesin kertas, dengan melakukan peningkatan kapasitas produksi menjadi 120000 ton/tahun dengan jumlah karyawan menjadi 185 orang dan beroperasi selama 24 jam dengan 3 shift. Pada tahun tersebut, jumlah *Paper Machine* PT. Papertech Indonesia Subang menjadi dua unit. Di tahun 2013, PT. Papertech Indonesia melakukan perluasan wilayah yang mana penambahan lokasi di Subang untuk penggabungan dengan PT. Conitex yang merupakan *sister company* dari PT. Papertech Indonesia yang semula berkedudukan di Cikarang akan pindah ke Subang bergabung ke dalam satu area PT. Papertech Indonesia, penggabungan ini dilakukan untuk lebih terkoordinasi grup *textpack* di Jawa Barat dengan kapasitas 1 juta *cone*/tahun dengan karyawan 220 orang. Hingga tahun ini, PT. Papertech Indonesia di Subang, Jawa Barat memiliki dua divisi, yaitu:

1. *Paper division* adalah divisi yang memproduksi dan mengembangkan perusahaan melalui produksi kertas karton untuk kebutuhan industri *cone*, *tube*, dan industri lainnya yang menggunakan kertas karton.
2. *Cone division* adalah divisi yang memproduksi dan mengembangkan perusahaan melalui produksi *cone* dan *tube* untuk kebutuhan industri benang dan kain.

PT. Papertech Indonesia adalah salah satu perusahaan milik asing yang didirikan berdasarkan Undang-undang Republik Indonesia pada tanggal 7 Februari 1996 no. C2-1660.HT.01.96.

PT. Papertech Indonesia berlokasi di Blok Tarikolot Kecamatan Cipindeuy, Cipindeuy, Kabupaten Subang, Jawa Barat 41272. Untuk lokasi perusahaan dapat dilihat pada gambar di bawah :



Gambar 4. 2 Lokasi PT Papertech Indonesia

PT. Papertech Indonesia memiliki misi yaitu **“Menjadi pemimpin pasar dalam industri coreboard”**. Dalam pengembangan berkelanjutan PT. Papertech Indonesia mengembangkan produk secara berkelanjutan melalui peningkatan kualitas. Dalam Kerja Sama PT. Papertech Indonesia menjalin hubungan baik dengan pelanggan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dan menyesuaikan produk kami terhadap teknologi terbaru. Dalam Usaha yang dilakukan PT. Papertech melakukan investasi terus menerus dalam teknologi terkini untuk tetap terdepan di pasar. Dalam ranah lingkungan PT. Papertech Indonesia selalu menjaga komitmen kami terhadap lingkungan, melalui investasi selama 10 tahun terakhir.

4.1.2 Produk yang Dihasilkan

PT Papertech Indonesia memproduksi beberapa jenis produk kertas karton. Terdapat beberapa macam jenis produk utama yang dihasilkan oleh Paper Mechine-1 dalam bentuk gulungan. Diantaranya adalah Chip Board, Super Chipboard, Core A, Core B, dan CIN.

Berikut merupakan jenis-jenis kertas karton yang dihasilkan :

1. Core A (Core A 51, Core A 30, Core A 42, Core A 31, Core A 31 D)
2. Core B (Core B dan Cor e B+)
3. Chip Board (Chip Board dan Super Chip Board)
4. Cone Board (CIN)

4.1.3 Kepegawaian

PT. Papertech Indonesia Subang memiliki waktu kerja yang berbeda antara waktu kerja karyawan shift dan karyawan regular. Jam kerja shift berlaku bagi karyawan yang terlibat langsung dalam kegiatan produksi dan pengamanan pabrik. Jam kerja shift diatur seperti pada tabel berikut :

Tabel 4. 1 Jam kerja karyawan

Shift	Shift	Jam kerja	Istirahat
I	Pagi	08.00 WIB -	12.00 WIB -
		16.00 WIB	13.00 WIB
II	Sore	16.00 WIB -	18.00 WIB -
		24.00 WIB	19.00 WIB
III	Malam	24.00 WIB -	03.00 WIB -
		08.00 WIB	04.00 WIB

Sedangkan jam kerja reguler berlaku untuk karyawan yang tidak terlibat langsung dalam kegiatan produksi dan pengamanan pabrik, serta untuk karyawan setingkat staf ke atas. Adapun jam kerja bagi karyawan regular adalah sebagai berikut :

1. Hari Senin - Jumat

Jam Kerja : pukul 08.00 WIB - 17.00 WIB

Jam Istirahat : pukul 12.00 WIB - 13.00 WIB

2. Hari sabtu

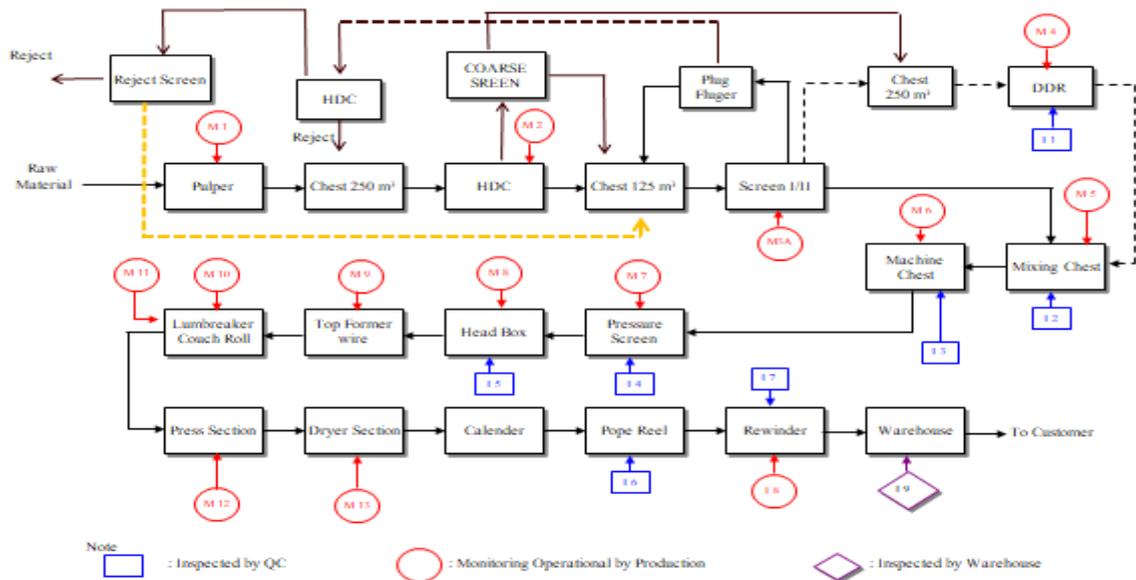
Jam Kerja : pukul 08.00 WIB - 14.00 WIB

Jam Istirahat : pukul 12.00 WIB - 13.00 WIB

3. Hari Minggu Libur

4.1.4 Proses Produksi

Proses produksi kertas di PT. Papertech Indonesia, Subang terdiri dari beberapa tahapan proses mulai dari *stock preparation unit*, *forming section* (pencetakan), *press section* (pengepressan), *dryer section* (pengeringan), *reeling* (penggulungan), dan *calendering* (penghalusan).



Gambar 4. 3 Alur proses produksi
 Sumber : PT. Papertech Indonesia

Gambar 4.3 di atas merupakan alur produksi PT. Papertech Indonesia. Alur produksi PT. Papertech Indonesia tersebut dari awal *Raw Material* atau bahan baku sampai Produk jadi dan disimpan di *warehouse* atau gudang. Proses ini terbagi menjadi 2 unit antara lain *Stock Preparatin Unit* dan *Paper Unit*. Proses produksinya dapat dijabarkan sebagai berikut :

4.1.4.1 Stock Preparation Unit

Stock Preparation bertugas untuk mengubah bahan baku (*waste paper*) menjadi bubur kertas. Pada tahap proses ini, awalnya bahan baku (*waste paper*) disalurkan menggunakan *roller conveyor* tipe *inclined* yang mempunyai lebar 1800 mm dan panjang 25 m dengan daya motor sebesar 11 kW, 380 V dengan rotasi *gear motor* per menit sebesar 1500 rpm (rotasi per menit). *Waste paper* yang telah melewati *roller conveyor* selanjutnya masuk ke *hydrapulper* yang digunakan untuk mengolah *waste paper* menjadi *pulp* dengan penambahan air. *Hydrapulper* yang digunakan mempunyai diameter *impeller* sebesar 1800 mm, volume tabung 25 m³ dengan daya motor 450 kW, 380 V dan rotasi sebesar 1500 rpm dengan menggunakan inverter dan *Consistency* yang ditetapkan adalah (15-16) %. Setelah melalui proses di *hydrapulper* buburan

kertas tersebut selanjutnya melewati serangkaian proses *Cleaning*, *screening*, *thickening*, dan *refining*.

Cleaning bertujuan untuk menghilangkan partikel yang berat jenisnya lebih besar dari air dan pulp/fiber seperti batu kecil, logam kecil dan sejenisnya, alat yang digunakan adalah HDC (*High density cleaner*). Terdapat dua HDC masing-masing terpasang setelah *Hydropulper* dan setelah proses *screening*, alat ini digunakan untuk proses pengolahan *reject pulp* dalam proses *screening* (Coarse dan MR-24). Alat ini berfungsi sebagai pembersih partikel yang lebih kecil ukurannya dibanding HDC di tahap pertama.

screening berfungsi untuk menghilangkan zat pengganggu padat dari suspensi yang berbeda dari serat dalam ukuran, bentuk, dan deformabilitas. Ini dapat berupa partikel *non-paper* padat seperti plastik atau serpihan kertas dan bundel serat. Alat yang digunakan dalam proses *screening* adalah : *PERA Screen*, *COARSE Screen*, *MR 24 Screen*, *Plug Pluger*, dan *Reject Screen*.

Setelah melalui proses *screening* selanjutnya adalah proses pengentalan (*thickening*). Proses *thickening* dilakukan melalui alat yang dinamakan *Bow Thickner* yang berfungsi untuk mengentalkan *pulp* dari *screening* sehingga *consistency* akan naik diatas kurang lebih (3.5 – 4) %. *Pulp* ini kemudian dikirim / ditampung dalam *mixing* dan *machine chest* dengan volume masing-masing 100 m³ untuk diproses lebih lanjut menjadi lembaran kertas yang akan masuk ke *Paper Machine*.

4.1.2.1 *Paper Unit*

A. *Head Box*

Head Box berfungsi untuk mendistribusikan serat yang seragam kearah mesin kertas/*wire* (*forming section*). Pendistribusian serat ini sangat mempengaruhi sifat kertas yang dihasilkan, terutama untuk formasi kertas. Untuk menghasilkan aliran kertas yang seragam, dilakukan pengontrolan terhadap perbandingan kecepatan aliran *stock* pada *headbox*, dengan kecepatan *wire*. Hal ini biasa disebut dengan *jet wire ratio*. Nilai dari *jet wire ratio* ini berkisar antara 0,8 sampai 1,2 dengan angka terbaik adalah yang mendekati satu.

Head Box dilengkapi dengan lubang persegi panjang kecil di bagian bawah depan (umumnya disebut *slice*) dan distributor (*octophuse*) di bagian belakang *head box* untuk mendistribusikan buburan kertas agar lebih merata.

Ada empat faktor penting yang mempengaruhi jatuhnya *stock* keatas *wire* agar didapatkannya "*jet/wire ratio*" yang tepat dan benar, antara lain :

1. *Slice opening* (bukaan *slice*) yaitu luasnya bukaan antara bibir atas (*Top Lips*) dan bibir bawah (*Bottom Lips*). Dalam operasinya yang bergerak adalah bibir atas dari *slice*.
2. *Valve individual adjuster* dari *Head box* melalui *slice* dengan arah memanjang searah mesin kertas (*machine direction*) diatas *wire* pada *forming section* untuk mengalami proses lebih lanjut.
3. *Tilting*, merupakan besarnya sudut elevasi yang dibentuk oleh mulut *headbox* dengan *forming board* pada *wire* (*Forming Section*).
4. *Horizontal Movement*, merupakan gerakan maju mundurnya *head box* dari *forming section*.

B. Forming Section

Forming Section merupakan unit yang sangat penting pada pengolahan industri kertas. *Forming section* merupakan proses pencetakan buburan kertas yang sebelumnya dibentuk pada *stock preparation unit* yang kemudian masuk pada *forming Section*. Pada *Forming Section* terjadi pembentukan lembaran kertas. Air dan suspensi serat/pulp disaring diatas saringan berputar secara kontinyu untuk membentuk jaringan serat basah yang diusahakan seseragam mungkin. Jaringan serat basah inilah yang akan menjadi sesuatu lembaran kertas.

Pada proses pencetakan ini, bubur kertas yang sudah dicampur dengan zat-zat kimia didorong masuk ke dalam *headbox* oleh *fan pump* dengan flow tertentu (m³/hour) sesuai dengan kebutuhan untuk mendapatkan *formation* dan *specification* yang telah direncanakan. Tujuan dari *forming* adalah agar terjadi orientasi yang bagus sehingga terbentuk lembaran kertas dengan sifat-sifat yang maksimal yang dilengkapi dengan alat beberapa *suction boxes*, *extractor Blower* dan *Vacuum pump*. Pada setiap suction box dipasang Extractor blower atau Vacum pump dengan konfigurasi sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Konfigurasi *Forming Section*

<i>Position</i>	<i>Standard</i>	<i>Equipment</i>
<i>Gravity Foil</i>	-	<i>Foil -foil</i>
<i>Low vacuum boxes</i>	Max 800 MWC	<i>Extractor blowe</i>
<i>Medium vacuum</i>	Max 1200 MWC	<i>Extractor blower</i>
<i>High Vacuum</i>	Max 40 Cm Hg	<i>Vacuum pump</i>

Bubur kertas yang dilewatkan di atas *wire* yang berbentuk seperti karpet. *Wire* berfungsi untuk membentuk jaringan serat dari buburan kertas. Pada *forming section* juga terjadi proses *dewatering* (penghilang air) hingga memungkinkan lembaran basah (*wet web*) dapat dipindahkan ke *press section*.

Serat-serat kertas yang sudah terbentuk sebagai *sheet paper* mengalami penurunan ketebalan dalam mesin *couchroll*. *Couchroll* merupakan *roll* vakum yang terdapat pada bagian ujung dari *bottom roll* dan *Lumbreaker roll*. Kedua *rolls* ini berfungsi sebagai meningkatkan kekeringan kertas dan meratakan permukaan kertas, sehingga mengurangi kemungkinan lembaran putus. Lembaran kertas selanjutnya bergerak ke *press section*.

C. Press section

Press section bertujuan untuk meningkatkan kekeringan kertas dengan cara lembaran kertas dilewatkan dalam dua *roll* yang berputar berlawanan dengan adanya penambahan tekanan pada sisi kanan dan kiri *roll* yang sama besarnya. Dalam setiap *press roll* dilengkapi dengan *Felt*. *Felt* ini berfungsi untuk menghisap air yang ada dalam sheet kertas, kemudian air yang terkandung dalam *felt* dihisap dengan *vaccum Pump*, dan berjalan secara terus menerus. *Press section* terdiri dari tiga tahapan yang dipasang secara seri. Berikut merupakan proses *pressing* yang terdiri dari 3 tahap:

1. First Pressing

Pada *pressing* tahap pertama terjadi pengurangan kadar air pada lembaran kertas hingga (42-45)%. Lembaran kertas yang masih basah kemudian dibawa dengan bantuan *felt* untuk diproses lebih lanjut agar kandungan air dalam lembaran kertas

berkurang. Diameter *press* adalah 600 (mm) untuk *top* dan *botton* lalu bekerja pada tekanan (30 – 40) kg/m² atau 70 (kg/cm) linier.

2. *Second Pressing*

Pada *pressing* tahap pertama terjadi pengurangan kadar air pada lembaran kertas hingga (45-47)%. Lembaran kertas yang masih basah kemudian dibawa dengan bantuan *felt* untuk diproses lebih lanjut agar kandungan air dalam lembaran kertas berkurang. Diameter *press* adalah 600 (mm) untuk *top* dan *botton*, lalu bekerja pada tekanan (30 – 40) kg/m² atau 80 (kg/cm) linier.

3. *Third Pressing*

Pada *pressing* tahap pertama terjadi pengurangan kadar air pada lembaran kertas hingga (49 - 53)%. Lembaran kertas yang masih basah kemudian dibawa dengan bantuan *felt* untuk diproses lebih lanjut agar kandungan air dalam lembaran kertas berkurang. Diameter *press* adalah 1500 (mm) untuk *top* dan *botton*, lalu bekerja pada tekanan (60 – 70) kg/m² atau 250 (kg/cm) linier.

Tabel 4. 3 Konfigurasi *Press Section*

<i>Position</i>	<i>Pressure (kg/cm²)</i>	<i>Pressure linie(Kg/cm)</i>	<i>Dryness (%)</i>
<i>Lumbreaker</i>	3	5	27 - 33
<i>Press I</i>	30 - 40	70	42 - 45
<i>Press II</i>	35 -40	80	45 - 47
<i>Press III</i>	60 -70	250	49 - 53

D. *Dryer Section*

Dryer adalah unit alat sebagai pengering lembaran kertas dengan menggunakan energi *steam*. *Steam* dihasilkan dari *boiler* dengan bahan bakar batu bara. Tekanan yang digunakan untuk keperluan *dryer* adalah (5 - 6) bar dan tekanan yang dihasilkan adalah (9 – 10) bar. Jumlah *dryer* yang terpasang adalah 48 *dryer* dibagi tiga grup pengaturan *steam*. Pengaturan *steam* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Pengaturan *Steam Dryer Section*

<i>Group</i>	<i>Nomer Dryer</i>	<i>Pressure (bar)</i>
--------------	--------------------	-----------------------

<i>Group</i>	<i>Nomer Dryer</i>	<i>Pressure (bar)</i>
I	1 - 7	4.0
II	8 - 21	4.5
III	22 - 48	5.0

Lembaran kertas masuk ke dalam *dryer section* dengan kadar air/*dryness* (49 – 53) % dan keluar dari *dryer* dengan kadar air (6 – 7) % sesuai dengan kebutuhan kostumer. Di dalam *dryer* terjadi proses kondensasi dari perpindahan panas antara *steam* dan lembaran kertas, kondensasi yang dihasilkan akan dikembalikan ke unit *boiler* sebagai umpan untuk mempertahankan efisiensi pemakaian bahan bakar.

E. Calender

Calender adalah suatu peralatan yang digunakan untuk beberapa fungsi, yaitu untuk memperbaiki kerataan ketebalan dan ketebalan kertas dan untuk memperbaiki kehalusan kertas. *Calender* adalah dua buah *roll* yang berputar berlawanan, dimana di sisi kanan dan kiri dipasang *hydraulic press* sebagai alat untuk memberikan gaya tekan diantara dua *roll* sebai penjepit lembaran kertas. Apabila diberi tekanan maka akan terjadi perubahan ketebalan dari lembaran kertas.

F. Pope Reel dan Winder

Popereel adalah suatu unit terakhir dalam bagian *Paper Machine*, alat ini digunakan untuk menggulung hasil lembaran kertas sesuai spesifikasi dari *customer*. Sedangkan *Winder* adalah alat yang digunakan untuk memotong kertas baik *roll* ataupun *coil* setelah lembaran kertas turun dari *Popereel*.

4.1.5 Data Jumlah Produksi

Data jumlah produksi adalah salah satu tipe data sekunder yang didapatkan dari data historis produksi di PT. Papertech Indonesia pada periode Januari 2020 sampai Desember 2020. Sistem produksi yang diterapkan di PT. Papertech ini adalah *Make to*

Order yang berfokus pada *Paper Machine-1* (PM-1). Berikut merupakan data jumlah produksi pada periode Juni 2020 sampai May 2021:

Tabel 4. 5 Data Jumlah Produksi

Periode	Produksi (Kg)
Jan-20	5.409.152
Feb-20	5.332.050
Mar-20	6.033.766
Apr-20	6.036.400
May-20	3.745.259
Jun-20	3.253.293
Jul-20	5.017.910
Aug-20	5.940.362
Sept-20	4.901.841
Oct-20	6.144.628
Nov-20	5.335.376
Dec-20	5.704.865

4.1.6 Data Jumlah Produk Cacat

Pada realitanya terdapat dua jenis cacat yang terjadi, yaitu cacat jenis *downgrade* dan *reject*. Pada penelitian ini berfokus pada jenis cacat *reject*, yaitu jenis cacat yang sudah tidak bisa digunakan dan yang akan berakhir menjadi bahan baku kembali. Berikut ini merupakan data *defect* yang terjadi di bulan Januari 2020 sampai bulan desember 2020.

Tabel 4. 6 Data Jumlah *defect* Produk

No	Bulan	Jumlah <i>defect</i> (kg)
1	Jan-20	289.768
2	Feb-20	235.205
3	Mar-20	207.653
4	Apr-20	146.231
5	May-20	74.259

No	Bulan	Jumlah defect (kg)
6	Jun-20	70.428
7	Jul-20	81.154
8	Aug-20	167.792
9	Sept-20	101.928
10	Oct-20	160.963
11	Nov-20	145.667
12	Dec-20	73.113

4.1. Data Jenis Cacat

Berikut merupakan penjelasan dari setiap jenis *defect* yang terjadi di produksi *paper core board* PT. Papertech Indonesia, Subang :

Tabel 4. 7 Data Jenis *defect* Produksi

<i>defect</i>	Penjelasan Jenis <i>defect</i>
Gramature	<i>Gramature</i> adalah jenis cacat yang terjadi karena berat tidak sesuai standard, satuannya g/m^2 (berat per satuan luas), diukur menggunakan timbangan.
Plybond	<i>Plybond</i> adalah jenis cacat yang terjadi karena ikatan antar seratnya tidak kuat, diukur menggunakan <i>plybond tester</i> .
Moisture	<i>Moisture</i> adalah jenis cacat yang terjadi akibat kadar air yang tidak sesuai, diukur menggunakan <i>moisture analyze</i> .
Cobb	<i>Cobb</i> adalah jenis cacat yang berkaitan dengan daya serap kertas, biasanya ada dua pengujian, yaitu uji secara langsung dan di oven terlebih dahulu. Diukur menggunakan <i>Cobb tester</i> .
Sambungan	Sambungan terjadi akibat terjadinya <i>sheet break</i> dan diameternya tidak rata satu sama lain.
Overlapping	<i>Overlapping</i> merupakan jenis cacat akibat tumpang tindih kertas satu sama lain, akibatnya kertas tidak dapat dipisahkan dari
Gembos	Gembos adalah jenis cacat dengan kondisi ketebalan tidak rata.
Cacat pahat	Cacat pahat adalah jenis cacat yang terjadi jika adanya kesalahan saat memahat.

<i>defect</i>	Penjelasan Jenis defect
Keriput	Keriput adalah jenis cacat produk dengan adanya bergelombang atau kusut. Biasanya terjadi pada proses <i>drier</i> dan <i>press</i> .
Cembung	Cembung adalah jenis cacat dimana adanya gelombang disalah satu sisi.

4.2. Pengolahan Data

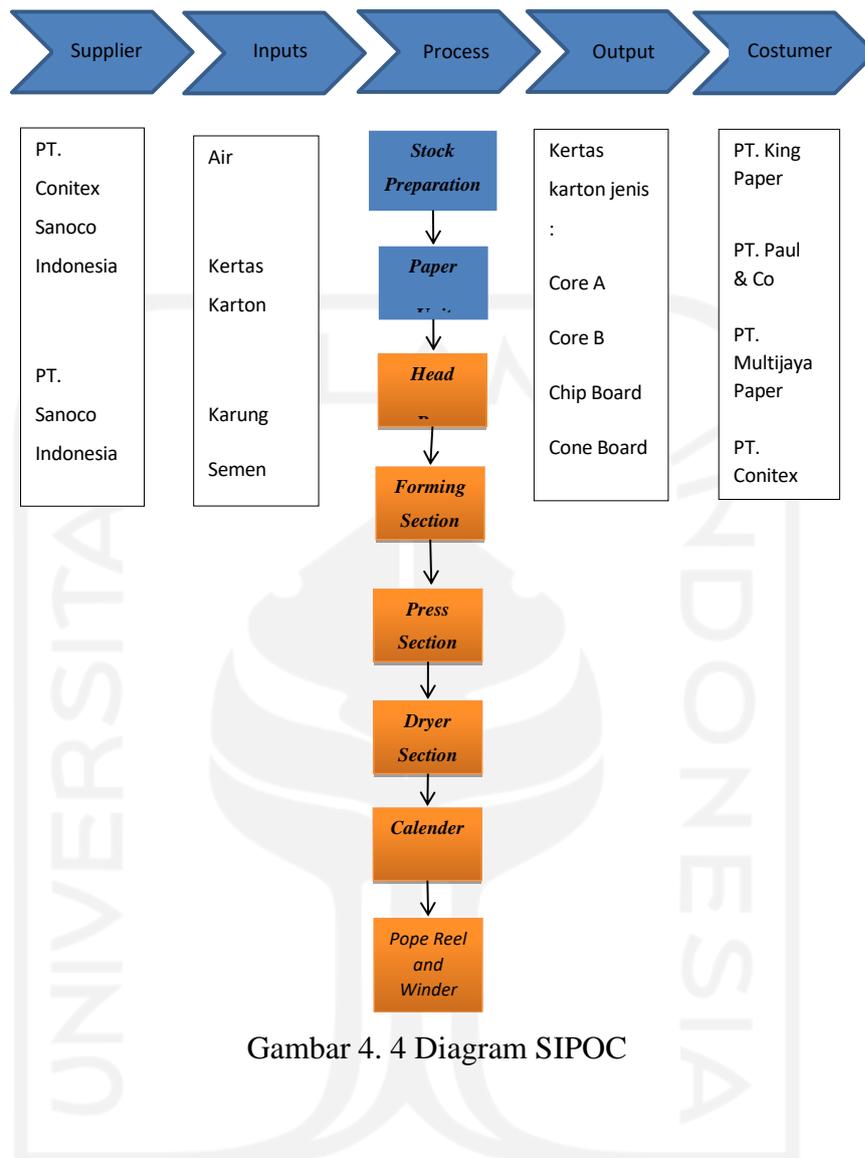
Adapun cara pengolahan data pada penelitian ini yaitu menggunakan metode *Six-Sigma* dengan tahapan DMAIC (*define, measure, analyze, improve, dan control*), tahapan ini dilakukan secara sistematis dan mengacu pada fakta-fakta yang terjadi di lapangan untuk dijadikan tahap *continuous improvement* di perusahaan.

4.2.1 Define

Tahapan *define* merupakan awalan dari pengidentifikasian masalah. Ditahap ini dilakukan pembuatan diagram SIPOC dan pendefinisian *critical to quality (CTQ)*.

4.2.1.1 Diagram SIPOC

Agar aliran proses produksi *core board paper* dapat tergambar dengan jelas, maka dibuatlah diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*). diagram ini memuat alur proses pembuatan dari pengadaan bahan baku sampai produk jadi yang akan diserahkan ke pelanggan. Di bawah ini merupakan SIPOC Diagram produksi *core board paper*:



Gambar 4. 4 Diagram SIPOC

4.2.1.1 Critical to Quality (CTQ)

Agar kebutuhan pelanggan terpenuhi, diperlukannya penetapan standard kriteria produk yang dijadikan patokan. Kriteria-kriteria kecacatan harus sudah terdefinisi terlebih dahulu sebelum mengategorikan produk kedalam kategori produk cacat. Ada 10 *critical to quality (CTQ)* yang telah terdefinisi pada penelitian ini, antara lain *Grammatue, Plybond, Moisture, Cobb, Sambungan, Overlapping, Gembos, Cacat Pahat, Keriput, dan Cembung.*

4.2.2 Measure

Tahapan *measure* dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai *defect per Million Opportunities* (DPMO), tingkat sigma, serta peta kendali di *Paper Machine-1* produksi *core board paper*.

4.2.2.1 Perhitungan Nilai DPMO

Defect per Million Opportunities (DPMO) merupakan suatu ukuran kegagalan di dalam *Six-Sigma* yang dapat menunjukkan kegagalan per sejuta kesempatan. Adapun rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai DPMO adalah sebagai berikut:

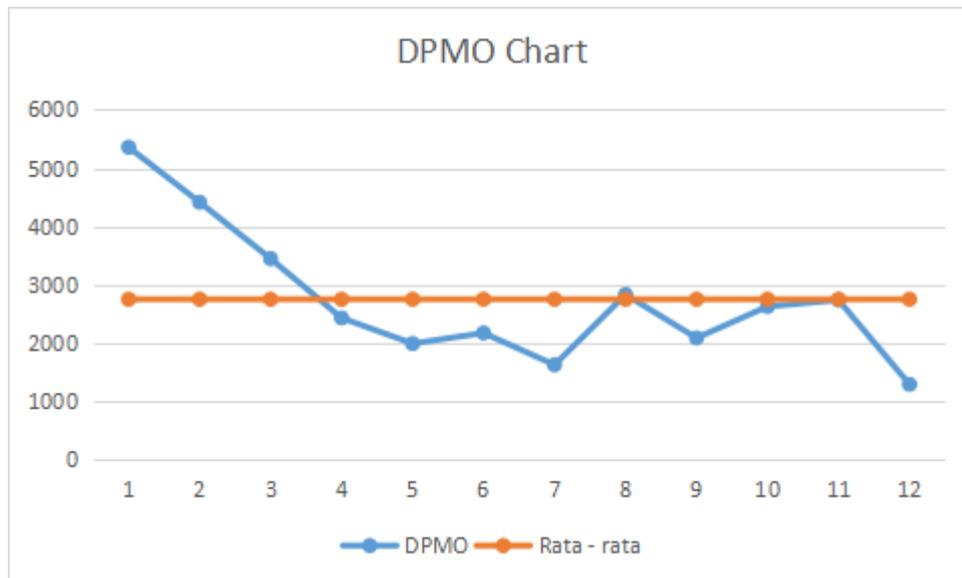
$$DPMO = \frac{\text{Jumlah produk cacat}}{\text{Jumlah produk yang diperiksa} \times \text{CTQ potensial}} \times 1000000$$

Di bawah ini merupakan tabel dan grafik rekapitulasi data di periode Januari 2020 sampai dengan Desember 2020, sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Periode DPMO

No	Bulan	Produksi (Kg)	Jumlah defect (kg)	CTQ	DPMO
1	Jan-20	5.409.152	289.768	10	5356,99496
2	Feb-20	5.332.050	235.205	10	4411,155184
3	Mar-20	6.033.766	207.653	10	3441,515631
4	Apr-20	6.036.400	146.231	10	2422,486913
5	May-20	3.745.259	74.259	10	1982,746721
6	Jun-20	3.253.293	70.428	10	2164,82192
7	Jul-20	5.017.910	81.154	10	1617,286878
8	Aug-20	5.940.362	167.792	10	2824,609005
9	Sept-20	4.901.841	101.928	10	2079,382012
10	Oct-20	6.144.628	160.963	10	2619,572739
11	Nov-20	5.335.376	145.667	10	2730,210579
12	Dec-20	5.704.865	73.113	10	1281,590362

No	Bulan	Produksi (Kg)	Jumlah <i>defect</i> (kg)	CTQ	DPMO
		Rata-rata			2744,364409



Gambar 4. 5 Grafik DPMO

Berdasarkan grafik dan tabel nilai DPMO di atas, dapat diketahui bahwa nilai tertinggi DPMO ada di periode Februari 2020 dengan nilai 4411,155184. Nilai terendah ada di bulan Juni 2020 dengan nilai 2164,82192, dan nilai rata - rata keseluruhan nilai DPMO adalah 2744,364409.

4.2.2.2 Perhitungan Nilai Sigma

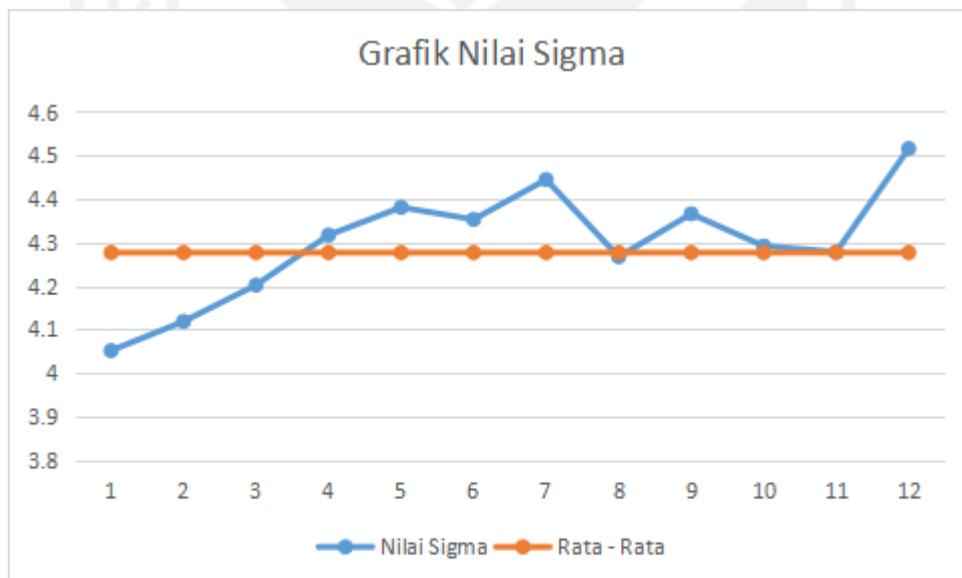
Setelah didapatkannya nilai DPMO, maka dilakukan konversi untuk mendapatkan nilai sigma, ada dua cara untuk mendapatkan nilai level sigma, dengan menggunakan bantuan rumus yang dibantu software Ms.Exel.

$$\text{Nilai Sigma} = \text{NORMSINV} \left(1 - \frac{\text{DPMO}}{10^6} \right) + 1,5$$

Di bawah ini merupakan rekapitulasi data nilai sigma di periode Januari 2020 sampai Desember 2020, sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Perhitungan Nilai Sigma

No	Bulan	DPMO	Nilai Sigma
1	Jan-20	5356,99496	4,051891431
2	Feb-20	4411,155184	4,118864033
3	Mar-20	3441,515631	4,202451079
4	Apr-20	2422,486913	4,317164271
5	May-20	1982,746721	4,38089371
6	Jun-20	2164,82192	4,353089406
7	Jul-20	1617,286878	4,444518723
8	Aug-20	2824,609005	4,267476142
9	Sept-20	2079,382012	4,365861306
10	Oct-20	2619,572739	4,291949978
11	Nov-20	2730,210579	4,278537491
12	Dec-20	1281,590362	4,515781287
	Rata - rata	2744,364409	4,276857197



Gambar 4. 6 Grafik Nilai Sigma

Nilai sigma tertinggi berada di periode Desember 2020 dengan nilai 4,515781287, nilai sigma terendah ada di periode Januari 2020 dengan nilai 4,051891431, dan rata-rata nilai sigma adalah 4,276857197.

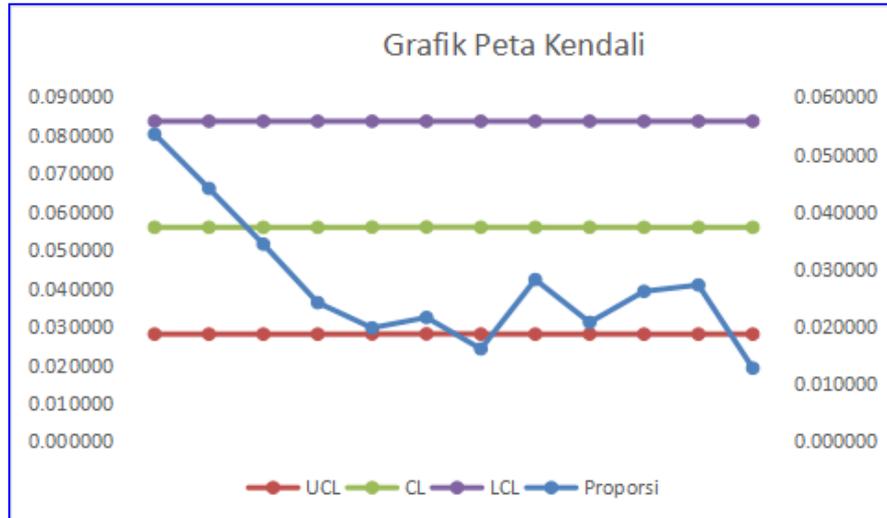
4.2.2.3 Perhitungan Peta Kendali

Peta kendali merupakan suatu alat yang dibuat dengan menggunakan metode statistika untuk menganalisis kemungkinan apakah terdapat penyimpangan dari suatu output yang sudah dihasilkan, dimana data yang digunakan akan diinterpretasikan menjadi sebuah peta kendali. Tabel di bawah ini merupakan hasil perhitungan batas kendali, antara lain:

Tabel 4. 10 Perhitungan Peta Kendali

Periode	Produksi (Kg)	Jumlah Defect (kg)	Proporsi	UCL	CL	LCL
Jan-20	5.409.152	289.768	0,053570	0,028121	0,0279	0,0276956
Feb-20	5.332.050	235.205	0,044112	0,028122	0,0279	0,0276941
Mar-20	6.033.766	207.653	0,034415	0,028109	0,0279	0,0277069
Apr-20	6.036.400	146.231	0,024225	0,028109	0,0279	0,0277070
May-20	3.745.259	74.259	0,019827	0,028163	0,0279	0,0276528
Jun-20	3.253.293	70.428	0,021648	0,028182	0,0279	0,0276341
Jul-20	5.017.910	81.154	0,016173	0,028129	0,0279	0,0276875
Aug-20	5.940.362	167.792	0,028246	0,028111	0,0279	0,0277054
Sept-20	4.901.841	101.928	0,020794	0,028131	0,0279	0,0276849
Oct-20	6.144.628	160.963	0,026196	0,028107	0,0279	0,0277088
Nov-20	5.335.376	145.667	0,027302	0,028122	0,0279	0,0276942
Dec-20	5.704.865	73.113	0,012816	0,028115	0,0279	0,0277012
Total	62.854.902	1.754.161				
Rata-rata	5.237.909	146.180				

Dari tabel 4.10 Perhitungan Peta Kendali di atas, dihasilkan sebuah grafik peta kendali di bawah ini, antara lain sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Grafik Peta Kendali

Pada gambar grafik di atas dapat diketahui bahwa proporsi cacat yang terjadi pada periode Januari sampai Desember 2020 termasuk ke dalam batas kendali. Namun hasil pada grafik menunjukkan bahwa terdapat dua titik yang berada pada *Lower Control Limit* (LCL) sedangkan 10 titik lainnya berada dalam batas kendali.

4.2.3 Analyze

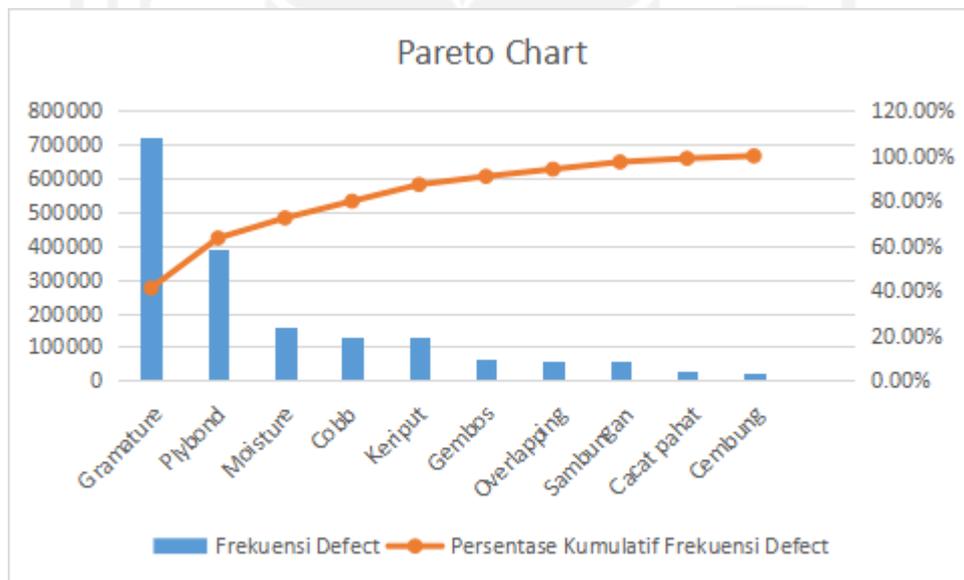
Di langkah ketiga pada penyelesaian peningkatan kualitas Six-Sigma ini adalah melakukan identifikasi sumber dan akar penyebab produk mengalami cacat. Dilakukan analisis menggunakan pareto diagram untuk mengetahui prioritas perbaikan di jenis cacat terbesar dan *fishbone diagram* untuk mendapatkan akar penyebab masalah yang terjadi pada produksi *core board paper* di bagian *Paper Machine-1*.

4.2.3.1 Diagram Pareto

Di analisis diagram pareto ini menggunakan data produk *defect* pada bulan Januari 2020 sampai bulan Desember 2020 dan 10 jenis *defect*. Di bawah ini merupakan tabel dan grafik diagram pareto:

Tabel 4. 11 Analisis Kumulatif *defect*

Jenis <i>defect</i>	Frekuensi <i>defect</i>	Persentase Frekuensi <i>defect</i>	Persentase Kumulatif Frekuensi <i>defect</i>
<i>Gramature</i>	721017	41,10%	41,10%
<i>Plybond</i>	391153	22,30%	63,40%
<i>Moisture</i>	157050	8,95%	72,35%
<i>Cobb</i>	131226	7,48%	79,84%
Keriput	129575	7,39%	87,22%
Gembos	64205	3,66%	90,88%
<i>Overlapping</i>	56482	3,22%	94,10%
Sambungan	56127	3,20%	97,30%
Cacat pahat	27941	1,59%	98,89%
Cembung	19385	1,11%	100,00%
Total	1754161	100,00%	

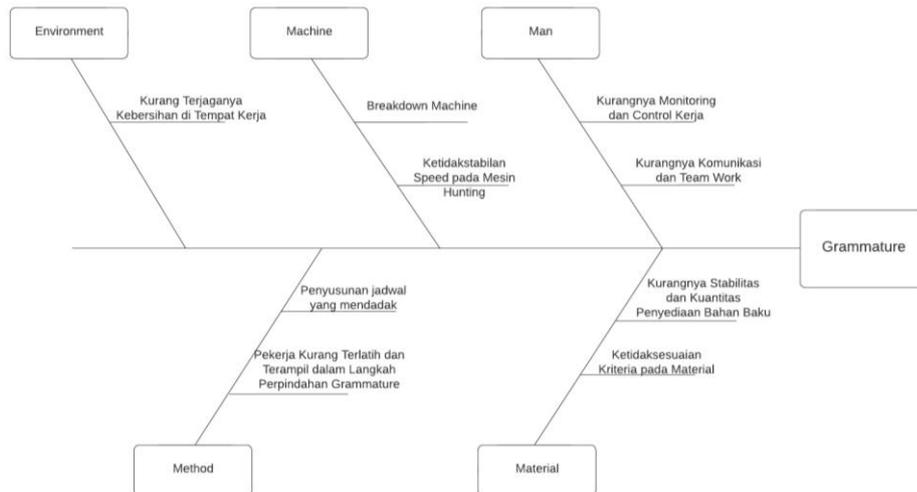


Gambar 4. 8 Pareto Chart

Dari diagram pareto di gambar dapat terlihat dari 10 jenis *defect*, jenis *defect* yang menghasilkan produk cacat terbanyak adalah Gramature dengan persentase 41,10% dari keseluruhan total produk *defect*.

4.2.3.2 Fishbone Diagram

Dari hasil analisis diagram pareto di atas, dapat diketahui bahwa jenis *defect* yang terbanyak menghasilkan *defect* pada produk adalah jenis *defect* Gramature, kemudian langkah selanjutnya penggunaan fishbone diagram adalah untuk menjabarkan dan menganalisis penyebab dari timbulnya jenis *defect* yang terjadi berdasarkan faktor Mesin, Manusia, Metode, Material, dan Lingkungan. Berikut ini hasil gambar penyebab terjadinya *defect* Gramature yang didapat dari hasil wawancara dengan *manager production* lantai produksi di bagian Paper Machine-1 yang sudah bekerja di PT. Papertech Indonesia selama 22 tahun 5 bulan:



Gambar 4. 9 Fishbone Diagram Gramature

Pada tabel di bawah ini akan dijelaskan secara rinci dari tiap penyebab terjadinya produk *defect* di proses produksi *core board paper* pada *Paper Machine-1*:

Tabel 4. 12 Penyebab Terjadinya *defect* Gramature

Man :	
Kurangnya Monitoring dan <i>control</i> Kerja	Pada proses produksi, mesin harus tetap di kontrol dan disesuaikan terhadap spesifikasi produk yang akan dihasilkan, namun kurangnya monitoring dan kontrol, maka akan terjadi kesalahan saat perhitungan mesin dan dapat

	mengakibatkan produk cacat grammature.
Kurangnya Komunikasi dan <i>Team Work</i>	Pada proses produksi, mesin terus berjalan. Kebisingan mesin dapat menyebabkan sulitnya komunikasi jarak jauh. Hal ini dapat menyebabkan kesalahpahaman, baik antara PIC dan anggota maupun antar sesama anggota.
Machine :	
<i>Breakdown Machine</i>	<i>Break down machine</i> merupakan suatu kendala pada waktu produksi dikarenakan adanya gangguan pada mesin sehingga mesin harus berhenti berproduksi.
Ketidakstabilan <i>Speed</i> pada Mesin <i>Hunting</i>	Pada proses produksi terdapat <i>speed machine hunting</i> yang harus di <i>setting</i> secara bersamaan sehingga kecepatan mesin harus konstan. Apabila terdapat ketidak sinkronan antar motor setiap mesin maka akan menyebabkan <i>produk cacat grammature</i> .
Environment :	
Kurang Terjaganya Kebersihan di Tempat Kerja	Mesin produksi dapat kotor, ada beberapa jenis kotoran yang biasanya terdapat di mesin dan menyebabkan <i>defect</i> , antaranya adalah kotoran slime, kototan di tapioka, dan kotoran di <i>headbox</i> .
Method :	
Penyusunan jadwal yang mendadak	Papetech Indonesia memproduksi kertas berdasarkan pesanan dari <i>customer</i> dengan spesifikasi yang berbeda beda satu dengan yang lainnya. Di satu waktu terdapat customer yang secara mendadak memesan produk dengan kriteria baru, di lain waktu juga ada customer yang meminta pengiriman dimana product belum diproduksi, hal Ini dapat merubah susunan produksi yang telah direncanakan dan sangat berpotensi meningkatkan <i>defect grammature</i> produk dan <i>efficiency</i> yang kurang baik dari segi <i>cost product</i> .

<p>Pekerja Kurang Terlatih dan Terampil dalam Langkah Perpindahan <i>Gramature</i></p>	<p>Dalam memproduksi kertas, <i>grammature</i> adalah spesifikasi utama yang paling diperhatikan, sedangkan item item yang lainnya akan dikontrol dengan menggunakan peralatan mesin yang ada, serta beberapa bahan kimia pembantu yang digunakan. Dalam data menunjukkan bahwa perubahan <i>grammature</i> perhari menunjukkan frekuensi yang cukup tinggi, jadi kendala yang terjadi apabila dasar pemahaman kurang dikuasai sehingga <i>setting</i> dan <i>action</i> memakan waktu cukup lama, hal ini akan menimbulkan produk <i>defect grammature</i> cukup tinggi.</p>
<p>Material :</p>	
<p>Kurangnya Stabilitas dan Kuantitas Penyediaan Bahan Baku</p>	<p>Ketersediaan bahan baku yang sesuai dengan <i>standard material</i> adalah suatu hal penting dan sangat diperlukan, apabila stabilitas ini tidak dapat dipenuhi dan dijaga akan mengakibatkan kualitas produk yang kurang konsisten.</p>
<p>Ketidaksesuaian Kriteria pada Material</p>	<p>Pada produksi <i>Paper Mil</i> terdapat beberapa material yang digunakan sesuai dengan spesifikasi. Apabila kualitas material lebih rendah dari pada spesifikasi maka kekuatan kualitas kertas akan berkurang sehingga menyebabkan cacat <i>grammature</i>.</p>

4.2.3.3 FMEA

Setelah teridentifikasi penyebab utama produk *defect* dengan menggunakan *fishbone diagram*, selanjutnya akan dianalisis untuk menghindari terjadinya kegagalan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode & Effect Analysis*). Tujuan akhir metode ini adalah untuk mendapatkan nilai RPN (*Risk Priority Number*) yang dihasilkan dari perkalian *Severity*, *Ocurance*, dan *Detection* yang dinilai dalam bentuk skala, semakin besar nilainya maka akan dijadikan prioritas perbaikan. Di bawah ini merupakan penentuan kategori yang berdasar nilai *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*:

Tabel 4. 13 Rating dan Kriteria *Severity*

Rating	Kriteria
1	<i>The defect does not affect the quality</i> (Bentuk kegagalan tidak mempengaruhi kualitas). Tidak menimbulkan dampak yang begitu berarti atau dapat diabaikan.
2	
3	<i>Very low and low</i> (Kegagalan berpengaruh ringan). Menimbulkan dampak yang sangat kecil dan memerlukan biaya perbaikan yang rendah
4	
5	<i>Transitory</i> (Kegagalan yang menimbulkan sedikit kesulitan)
6	<i>Average</i> (Kegagalan menyebabkan kualitas produk sedikit terpengaruh)
7	<i>Significant</i> (Kegagalan berdampak signifikan). Perlu adanya sedikit perbaikan produk atau sistem
8	<i>High</i> (Kegagalan yang terjadi memiliki dampak yang tinggi). perbaikan yang dilakukan menggunakan biaya besar
9	<i>Very High</i> (Kegagalan yang terjadi mempengaruhi kelayakan dan kegunaan produk atau sistem)
10	<i>Product Rejection</i> (Kegagalan yang terjadi menyebabkan kerusakan total)

Tabel 4. 14 Rating dan Kriteria *Occurance*

Rating	Probabilitas Kegagalan	No. Dari Kegagalan
1	Tidak mungkin terjadinya	<1 per 1.000.000
2	kegagalan	1 per 100.000
3	Kegagalan sangat jarang	1 per 50.000
4	terjadi	1 per 10.000

Rating	Probabilitas Kegagalan	No. Dari Kegagalan
5	Kegagalan hanya terjadi	1 per 5000
6	sesekali	1 per 1000
7	Kegagalan terjadi secara	1 per 600
8	berulang di area yang sama	1 per 400
9	Kegagalan selalu	1 per 100
10	berulang	1 per 10

Tabel 4. 15 Rating dan Kriteria *Detectability*

Rating	Kategori	Tingkat Mendeteksi
1	Sangat Tinggi	Sangat besar kemungkinan
2		untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
3	Tinggi	Besar kemungkinan untuk
4		mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
5	Sedang	Sedang kemungkinan untuk
6		mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
7	Rendah	Kecil, kemungkinan untuk
8		mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
9	Sangat Rendah	Mustahil, kemungkinan untuk
10		mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak

Berikut ini hasil kuesioner FMEA yang didapat dari hasil wawancara dengan *manager production* lantai produksi di bagian *Paper Machine-1* yang sudah bekerja di PT. Papertech Indonesia selama 22 tahun 5 bulan:

Tabel 4. 16 Hasil Kesioner FMEA

Mode Kegaalan (defect)	Potential Failure	Severity	Occurence	Detechtability
<i>Grammature</i>	Man :			
	Kurangnya Monitoring dan <i>control</i> Kerja	4	4	4
	Kurangnya Komunikasi dan <i>Team Work</i>	8	5	5
	Machine :			
	<i>Breakdown Machine</i>	10	3	1
	Ketidakstabilan <i>Speed</i> pada Mesin Hunting	9	7	4
	Environment :			
	Kurang Terjaganya Kebersihan di Tempat Kerja	5	7	2
	Method :			
	Penyusunan jadwal yang mendadak	6	4	2
	Pekerja Kurang Terlatih dan Terampil dalam Langkah Perpindahan <i>Grammature</i>	7	8	6
	Material :			
Kurangnya Stabilitas dan Kuantitas Penyediaan Bahan Baku	3	7	7	
Ketidaksesuaian Kriteria pada Material	3	3	2	

Adapun untuk menghitung penyebab terjadinya produk *defect* yang dominan adalah dengan menggunakan rumus RPN seperti sebagai berikut:

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detectability$$

Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan dari FMEA

Mode Kegaalan (defect)	Potential Failure	Severity	Occurrence	Detectability	RPN
<i>Grammature</i>	Man :				
	Kurangnya Monitoring dan <i>control</i> Kerja	4	4	4	64
	Kurangnya Komunikasi dan <i>Team Work</i>	8	5	5	200
	Machine :				
	<i>Breakdown</i> Machine	10	3	1	30
	Ketidakstabilan <i>Speed</i> pada Mesin	9	7	4	252
	Hunting				
	Environment :				
	Kurang Terjaganya Kebersihan di Tempat Kerja	5	7	2	70
	Method :				
Penyusunan jadwal yang mendadak	6	4	2	48	
Pekerja Kurang Terlatih dan Terampil dalam Langkah	7	8	6	336	

Mode Kegagalan (defect)	Potential Failure	Severity	Occurence	Detechtability	RPN
	Perpindahan <i>Grammature</i>				
	Material :				
	Kurangnya Stabilitas dan Kuantitas Penyediaan Bahan Baku	3	7	7	147
	Ketidaksesuaian Kriteria pada Material	3	3	2	18

Berdasarkan hasil perhitungan FMEA di atas, maka dapat diketahui bahwa nilai RPN tertinggi ada di pekerja kurang terlatih dan terampil dalam langkah perpindahan grammature dengan nilai skala 335 lalu disusul dengan Ketidakstabilan *Speed* pada Mesin Hunting dengan nilai skala 252, dan nilai RPN paling rendah ada di ketidaksesuaian kriteria pada material dengan nilai skala 18.

5.2.1 *Improve*

Di fase *improve* ini akan dilakukannya pengembangan dan pemilihan solusi yang cocok dan terbaik. *Tools* yang digunakan adalah metode TRIZ, dimana metode ini akan membantu mengambil keputusan. Dengan bantuan hasil RPN tertinggi yang menjadi faktor dominan yang harus diselesaikan dari metode FMEA di atas, kemudian akan dilakukan pengkategorian matrik kontradiksi yang berdasarkan 39 parameter TRIZ. Terdapat dua faktor yang saling mempengaruhi dari *engineering contradiction* ini, yaitu *improving parameter* dan *worseing parameter*. Dari hasil pertemuan kedua parameter, akan menjadi solusi terbaik untuk mengurangi jumlah *defect* dalam proses poduksi *core board paper*. Dari penyebab cacat dominan yang telah didapatkan sebelumnya, maka :

Tabel 4. 18 *Engineering Contradiction (1)*

Penyebab	Improving Parameter	Worsening Parameter
Pekerja Kurang Terlatih dan Terampil dalam Langkah Perpindahan <i>Grammature</i>	<i>Degree of responsibility of supervisor (2)</i>	<i>Productivity (39)</i>

Jika manajer dan kepala bagian bertanggung jawab untuk memberikan pelatihan sesering mungkin, maka pekerja akan lebih terlatih dan terampil dalam menjalankan perpindahan *grammature*, tetapi dengan memberikan pelatihan secara berkala maka akan mengganggu produktifitas kinerja supervisor dan perusahaan akan mengeluarkan biaya pelatihan lebih besar.

Tabel 4. 19 *Engineering Contradiction (2)*

Penyebab	Improving Parameter	Worsening Parameter
Ketidakstabilan <i>Speed</i> pada Mesin Hunting	Pengurangan tenaga (<i>Loss of energy</i>)	<i>Productivity (39)</i>

Jika tenaga pada mesin hunting dilakukan penurunan, maka akan menyebabkan kestabilan pada kecepatan mesin, tetapi dengan dilakukannya pengurangan tenaga pada mesin hunting maka perusahaan akan mengalami penurunan produktivitas dalam menghasilkan produk jadi yang mana akan menyebabkan kerugian bagi perusahaan.

Tabel 4. 20 Tabel Kontradiksi

Improving Parameters	Worsening Parameters	Matrix Contradiction
<i>Degree of responsibility of supervisor (2)</i>	<i>Productivity (39)</i>	1, 28, 15, 35
Pengurangan tenaga (<i>Loss of energy</i>)	<i>Productivity (39)</i>	28, 10 , 29, 35

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa terdapat dua *improving parameter* dan dua *worsening parameter*, pada *improving parameter* pertama yaitu *Degree of responsibility of supervisor (2)* dengan *worsening parameter* nya adalah *Productivity*

(39). Hasil pertemuan keduanya menghasilkan *inventive principle* 1, 28, 15, dan 35. dari hasil *inventive principle* dari *engineering contradiction* di atas, dipilih *inventive principle* 35 yaitu *parameters changes* (35).

Sedangkan pada *Improving parameter* yang kedua adalah pengurangan tenaga (*Loss of energy*) dan *Worsening parameter* nya adalah *Productivity* (39). Hasil pertemuan keduanya menghasilkan *inventive principle* 28, 10, 29, dan 35. dari hasil *inventive principle* dari *engineering contradiction* di atas, dipilih *inventive principle* yaitu *Preliminary Action* (10).



BAB V

PEMBAHASAN

5.1. *Define*

Tahap *define* merupakan langkah awal dalam penyelesaian di tahapan *six sigma*. Tahap ini dilakukannya pembuatan diagram SIPOC dan penentuan CTQ. Langkah pertama yang dilakukan adalah pembuatan diagram SIPOC, yang mana diagram ini digunakan untuk melihat proses produksi *core board paper* mulai dari awal yaitu dari tahap *supplier* memilih vendor untuk bahan baku yang terdiri dari kertas bekas, air, dan bahan penunjang lainnya yang akan diolah ke dalam beberapa proses sampai menjadi kertas karton yang siap dikirim kepada pelanggan PT. Papertech Indonesia Subang baik perusahaan lokal maupun internasional.

Pada tahapan pembuatan kertas karton dibagi menjadi dua proses, *Stock Preparation* dan *Paper Unit*. Pada tahap *Stock Preparation*, bahan baku atau *waste paper* diubah menjadi bubur kertas. Lalu masuk ke tahap *Paper Unit* yang terdiri dari beberapa proses, proses pertama yaitu *Head Box* yang berfungsi untuk mendistribusikan serat yang seragam ke arah mesin kertas/*wire* (*Forming Section*). Pada *Forming Section* ini terjadi proses pembentukan lembaran kertas. Air dan suspensi serat/pulp akan disaring di atas saringan berputar secara kontinu untuk membentuk jaringan serat basah, jaringan serat basah inilah yang akan diolah menjadi suatu lembaran kertas. Selanjutnya masuk ke tahap dua yaitu *Press Section*, tahap ini bertujuan untuk meningkatkan kekeringan kertas dengan cara melewatkan lembaran kertas dalam dua *roll* yang berputar berlawanan dengan tambahan tekanan pada sisi kanan dan kiri *roll* yang sama besarnya. Lalu masuk ke proses *Dryer* yang merupakan proses pengering lembaran kertas dengan menggunakan energi *steam*. Setelah dikeringkan maka selanjutnya masuk ke tahap *Calender* yang mana kertas akan diperbaiki kerataan dan ketebalannya agar menghasilkan kertas yang halus. Setelah halus, kertas akan dimasukkan ke proses *Popperell*, yaitu proses penggulungan hasil kertas sesuai spesifikasi

dari *customer*. Setelah digulung dan diturunkan maka kertas akan di potong di proses *Winder* berbentuk *roll* ataupun *coil*.

Setelah dilakukan identifikasi aspek-aspek penting yang terjadi menggunakan diagram SIPOC, maka selanjutnya adalah tahap penentuan CTQ (*Critical To-Quality*). Dimana tahap ini ditetapkan karakteristik kualitas kunci untuk dijadikan prioritas utama perbaikan karena ketidaksesuaian produk kertas karton. Sudah diketahui bahwa pada periode Januari sampai Desember 2020 hasil kertas karton yang di produksi adalah sebanyak 62.854.902 kg dengan jumlah cacat sebanyak 1.754.161 kg. Setelah dilakukannya wawancara dengan Manajer Produksi di *Paper Machine 1* dengan mengacu pada data-data perusahaan, maka didapatkan hasil 10 jenis cacat yang terjadi, antara lain *Grammatue*, *Plybond*, *Moisture*, *Cobb*, *Sambungan*, *Overlapping*, *Gembos*, *Cacat Pahat*, *Keriput*, dan *Cembung*.

5.2. Measure

Di tahap kedua setelah tahapan *define* adalah tahap *measure*, di tahap ini dilakukannya perhitungan nilai DPMO, nilai sigma, dan batas kendali. Data yang digunakan pada pengukuran adalah periode Januari 2020 sampai dengan Desember 2020 (12 bulan) dengan jumlah dan jenis cacat yang ada.

5.2.1 Perhitungan Nilai DPMO

Dari penggunaan data periode Januari 2020 sampai Desember 2020 diperoleh rata-rata DPMO sebesar 2.744 yang mana dapat diinterpretasikan dari satu juta kesempatan, maka akan ada 2.744 produk *defect* yang dihasilkan dari produksi *core board paper* dalam rentang periode yang telah ditentukan.

Nilai DPMO tertinggi terjadi pada bulan Januari dengan nilai DPMO sebesar 5.356,99496 dengan jumlah produksi sebesar 5.409.152 kg dengan jumlah produk *defect* sebesar 289.768 kg. Kemudian urutan nilai DPMO tertinggi ada di bulan Februari dengan nilai 4.411,15, Maret dengan nilai sebesar 3.441,51, Agustus dengan nilai 2.824,60, November dengan nilai 2.730,21, Oktober dengan nilai 2.619,57, April dengan nilai 2.422,48, Juni dengan nilai 2.164,82, September dengan nilai 2079,38,

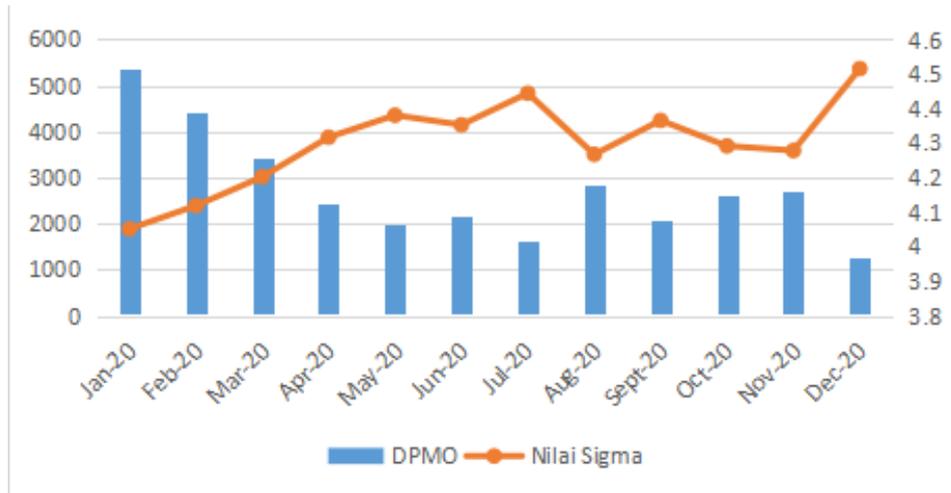
May dengan nilai 1.982,74, Juli dengan nilai 1.617,28, dan nilai urutan terkecil DPMO berada di bulan Desember dengan nilai 1.281,59.

Besaran nilai DPMO di atas dipengaruhi oleh jumlah total produksi dan jumlah total produk cacat yang dihasilkan di rentang waktu Januari sampai Desember 2020, semakin besar rasio untuk hasil produk cacat yang dihasilkan dari jumlah produksi maka akan semakin besar pula nilai DPMO yang dihasilkan, begitupun sebaliknya.

5.2.2 Perhitungan Nilai Sigma

Setelah selesai perhitungan dan mendapatkan nilai DPMO, maka nilai DPMO akan di konversikan menjadi nilai sigma. Perhitungan nilai sigma ini dilakukan dengan bantuan *tool* Ms. Office berbasis excel. Nilai rata-rata sigma yang didapatkan untuk periode Januari 2020 sampai Desember 2020 pada *Paper Machine-1* di lantai produksi *core board paper* adalah sebesar 4,27. Dengan diperolehnya nilai rata-rata 4,27 ini maka dapat dikategorikan bahwa PT. Papertech Indonesia Subang sudah berada di atas rata-rata industri yang ada di Indonesia. Jika terus melakukan perbaikan sehingga mengurangi produk *defect*, nilai rata-rata sigma pada PT. Papertech Indonesia akan terus meningkat.

Nilai sigma tertinggi terjadi di bulan Desember dengan nilai 4,51, hal ini dikarenakan nilai DPMO terendah ada pada bulan Desember. Urutan selanjutnya nilai sigma tertinggi berada di bulan Juli dengan nilai sebesar 4,44, May sebesar 4,38, September sebesar 4,36, Juni sebesar 4,35, April sebesar 4,31, Oktober sebesar 4,29, November sebesar 4,27, Agustus sebesar 4,26, Maret sebesar 4,20, Februari sebesar 4,11, dan nilai sigma terendah ada di bulan Januari yaitu dengan nilai sebesar 4,05.



Gambar 5. 1 Perbandingan DPMO dan Nilai Sigma

Dari gambar 5.1 di atas yang mana merupakan gambar grafik perbandingan dari nilai DPMO dan nilai sigma, dari hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa nilai DPMO dan nilai sigma memiliki hubungan, dapat dilihat jika semakin rendah Nilai DPMO nya, maka akan semakin tinggi nilai sigma yang dihasilkan, hal ini dikarenakan semakin sedikit jumlah produk *defect* yang dihasilkan. Begitu juga dengan sebaliknya, jika Nilai DPMO semakin tinggi, maka nilai sigma akan semakin rendah dikarenakan produk *defect* yang dihasilkan semakin meningkat. Jadi semakin tinggi nilai sigma yang dihasilkan maka semakin baik kinerja perusahaan dalam mengatasi terjadinya produk *defect*.

5.2.3 Perhitungan Peta Kontrol

Pada hasil peta kontrol yang sudah diperoleh, dapat dilihat bahwa adanya perubahan data dari satu waktu ke waktu yang lain dengan menyertakan batasan maksimum dan batasan minimum sebagai area pengendalian. Terdapat tiga batasan yang diperoleh, diantaranya ada *Upper Control Limit* (UCL) yang mana garis ini merupakan hasil nilai batas kontrol atas, *Center Line* (CL) atau disebut garis tengah, dan *Lower Control Limit* (LCL) yang merupakan hasil nilai kontrol bagian bawah.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari perhitungan peta kendali pada Januari sampai Desember 2020 dengan 12 periode didapatkan hasil CL dengan nilai 0,0279 dengan nilai LCL dan UCL berbeda di tiap periode, hal ini dikarenakan oleh bervariasinya jumlah produk yang diobservasi.

Dari 12 periode yang diteliti, terdapat dua garis yang melewati batas kontrol bawah atau UCL, yaitu pada periode ke-tujuh dan ke-duabelas. Dengan menyimpang atau keluarnya garis proporsi menunjukkan bahwa masih terdapat permasalahan pada proses produksi sehingga mengakibatkan produk cacat atau produk tidak sesuai dengan standar.

5.2 *Analyze*

Setelah menyelesaikan tahapan *define* dan *measure*, maka langkah ketiga adalah tahap *analyze*. Di tahapan ini dilakukan analisis dan identifikasi penyebab timbulnya masalah. Digunakan beberapa *tools* untuk menyelesaikannya, antara lain diagram pareto untuk mendapatkan *defect* dominan dan *fishbone diagram* untuk mendapatkan faktor-faktor yang menjadi akar penyebab permasalahan serta FMEA untuk menentukan tingkat prioritas terjadinya produk *defect*.

5.3.1 Analisis Diagram Pareto

Untuk mengetahui jenis cacat yang akan menjadi prioritas perbaikan maka digunakanlah bantuan diagram pareto. Analisis diagram pareto di penelitian ini menggunakan 12 periode yaitu dari bulan Januari sampai Desember 2020 dengan 10 jenis cacat.

Dari hasil yang sudah diperoleh, jenis *defect* yang menjadi dominan perbaikan dan yang harus dianalisis lebih lanjut adalah jenis *defect* Gramature dengan persentase frekuensi *defect* sebesar 41,10% dengan frekuensi *defect* 721.017. persentas selanjutnya ada pada jenis *defect* plybond dengan persentase 22,30%, Moisture sebesar 8,95%, Cobb sebesar 7,48%, Keriput sebesar 7,39%, Gembos sebesar 3,66%, Overlapping sebesar 3,22%, Sambunga sebesar 3,20%, Cacat Pahat sebesar 1,59%, dan yang terkecil jenis *defect* Cembung dengan persentase 1,11%.

Dengan hasil di atas, maka di dapatkan jumlah presentase kumulatif terbesar berada pada jenis *defect* grammature dengan presentase hampir mendekati setengah dari total jenis *defect* yaitu 41,10%. Oleh sebab itu jenis cacat grammature akan dijadikan fokus untuk dilakukannya perbaikan agar dapat meminimalisir *defect* produk secara menyeluruh.

5.3.2 Analisis Fishbone Diagram

Tujuan penggunaan *fishbone diagram* ini adalah untuk mencari faktor-faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya *defect* produk pada proses produksi *core board paper*. Dalam identifikasinya, faktor penyebab dihasilkan dari wawancara dengan pihak internal dari perusahaan yang ahli di bidangnya, yaitu manager produksi di lantai produksi Paper Machine-1 yang sudah bekerja di PT. Ppotech Indonesia Subang selama 22 tahun 5 bulan. Pada analisisnya *fishbone diagram* di bawah ini digunakan untuk menentukan penyebab terjadinya *defect grammature* di *Paper Machine-1* berdasarkan faktor Mesin, Manusia, Metode, Material, dan Lingkungan.

a. Mesin

Faktor mesin yang mempengaruhi produk *defect grammature* adalah *Breakdown Machine* dan Ketidakstabilan *Speed* pada Mesin Hunting. Faktor dari *breakdown* mesin dapat menyebabkan cacat *grammature* dan sekaligus menghambat proses produksi karena dengan berhentinya mesin saat sedang proses produksi yang mana dapat mengakibatkan berubahnya settingan formula dan akan menyebabkan *out specification*. Maka dari itu, mesin harus dijaga agar tidak terjadi *breakdown* dan harus di setting ulang formula *grammature* kertas yang akan diproduksi untuk mencegah terjadinya kegagalan. Untuk faktor Ketidakstabilan *Speed* pada Mesin Hunting dapat mengakibatkan terjadinya produk cacat *grammature* karena terjadinya ketidaksinkronan kecepatan motor mesin. Mesin hunting harus di setting dengan kecepatan konstan agar mencegah kecacatan produk

b. Manusia

Faktor manusia yang mempengaruhi terjadinya produk *defect grammature* adalah Kurangnya *Monitoring* dan *control* Kerja dan Kurangnya Komunikasi dan *Team Work*. Faktor kurangnya monitoring dan kontrol kerja dinyatakan dapat menyebabkan terjadinya produk cacat *grammature*, hal ini di karenakan dalam proses produksi, perjalanan mesin harus tetap dikontrol apakah settingan mesin sesuai spesifi berat *grammature* yang akan dihasilkan, jika tidak diperhatikan maka akan dapat menyebabkan terjadinya kesalahan perhitungan untuk pengukurannya.

Untuk faktor kurangnya komunikasi dan teamwork dapat menjadi masalah dikarenakan pada saat mesin memproduksi, mesin akan terus berjalan dan akan terus menghasilkan produk jadi. Namun kebisingan mesin dapat menyebabkan sulitnya komunikasi jarak jauh, yang mana hal ini dapat menyebabkan kesalahpahaman, baik antara PIC dan anggota maupun antar sesama anggota.

c. Metode

Faktor metode yang mempengaruhi terjadinya produk *defect grammature* adalah Penyusunan jadwal yang mendadak dan Pekerja Kurang Terlatih dan Terampil dalam Langkah Perpindahan Gramature. Faktor penyusunan jadwal mendadak dapat mengakibatkan produk menjadi cacat grammature karena walaupun sudah menyusun jadwal dari jauh hari, ada beberapa *customer* yang secara mendadak memesan produk dengan kriteria baru, di lain waktu juga ada customer yang meminta pengiriman dimana product belum diproduksi, hal ini dapat merubah susunan produksi yang telah direncanakan dan sangat berpotensi meningkatkan *defect grammature* produk dan *efficiency* yang kurang baik dari segi *cost product*.

Untuk faktor dari pekerja kurang terlatih dan terampil dalam langkah perpindahan grammature dapat sangat berpengaruh yang menyebabkan produk cacat grammature. Hal ini didasari bahwa dalam memproduksi kertas untuk menghasilkan kertas, faktor grammature adalah spesifikasi utama yang paling harus diperhatikan dan disesuaikan, sedangkan item item yang lainnya akan dikontrol dengan menggunakan peralatan mesin yang ada dan beberapa bahan kimia pembantu yang digunakan. Dalam data menunjukkan bahwa perubahan grammature perhari menunjukkan frekuensi yang cukup tinggi, jadi kendala yang terjadi apabila dasar pemahaman kurang dikuasai sehingga *setting* dan *action* memakan waktu cukup lama, hal ini akan menimbulkan produk *defect grammature* cukup tinggi.

d. Material

Faktor material yang mempengaruhi terjadinya produk *defect grammature* adalah Kurangnya Stabilitas dan Kuantitas Penyediaan Bahan Baku dan Ketidaksihesuaian Kriteria pada Material. Faktor kurangnya stabilitas dan kuantitas penyediaan bahan baku dikarenakan kurang stabilnya ketersediaan bahan baku, amka dari itu ketersediaan bahan baku yang sesuai dengan *standard material* adalah suatu hal penting

dan sangat diperlukan, jika tidak dijaga maka akan dapat mengakibatkan kualitas produk yang kurang konsisten.

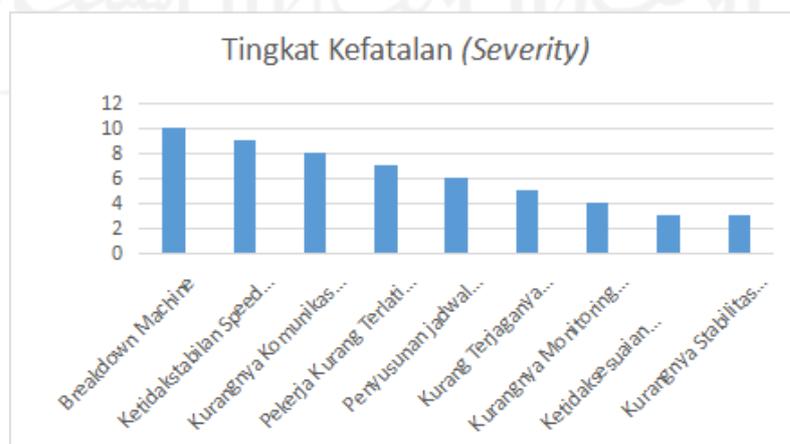
Untuk faktor ketidaksesuaian kriteria pada material dikarenakan beda pesanan kertas maka akan berbeda pula bahan baku yang dibutuhkan, diperlukan spesifikasi material yang cocok untuk menghasilkan produk yang diinginkan. Apabila kualitas material lebih rendah dari pada spesifikasi maka kekuatan kualitas kertas akan berkurang sehingga menyebabkan cacat grammature.

e. Lingkungan

Faktor material yang mempengaruhi terjadinya produk *defect grammature* adalah Kurang Terjaganya Kebersihan di Tempat Kerja, hal ini dikarenakan pada proses produksi, mesin produksi yang digunakan akan kotor, ada beberapa jenis kotoran yang biasanya terdapat di mesin dan menyebabkan *defect*, antaranya adalah kotoran slime, kototan di tapioka, dan kotoran di *headbox*.

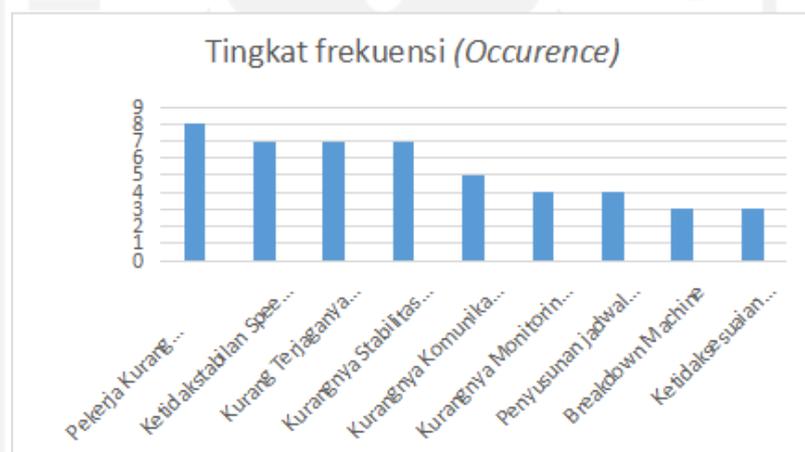
5.3 Analisis FMEA

Untuk penentuan prioritas penyebab terjadinya cacat, maka digunakanlah metode FMEA (*Failure Mode & Effect Analysis*). Dalam perhitungan nilai FMEA, didapatkan hasil pembobotan untuk nilai *Severity*, *Occurance*, dan *Detectability* yang diperoleh dari kuesioner yang diisi oleh expert. Adapun di bawah ini adalah urutan rangking nilai pembobotan tingkat kefatalan (*Severity*), tingkat frekuensi (*Occurance*), dan tingkat deteksi (*Detectability*) dari nilai tertinggi hingga terendah dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 5. 2 Rangking *Severity*

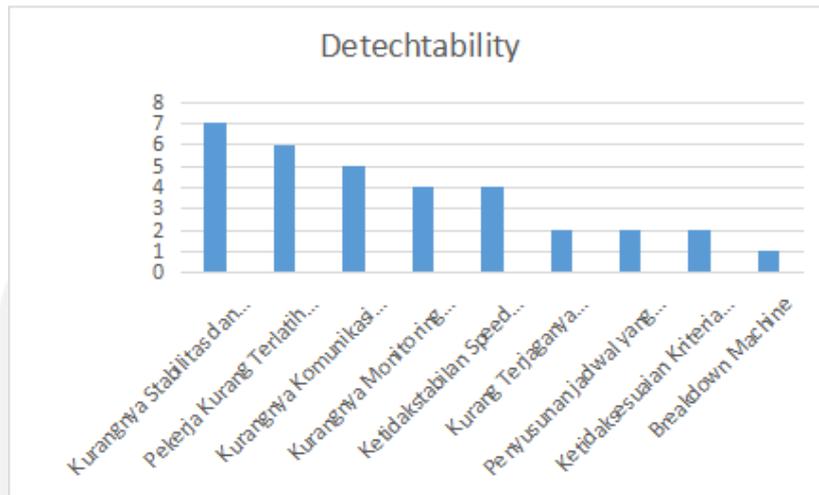
Berdasarkan Tingkat Kefatalan (*severity*) yang terdiri dari sembilan penyebab terjadinya produk cacat grammature, didapatkan hasil 10 untuk nilai tertinggi dengan faktor *breakdown machine* yang berarti faktor tersebut sangat berpengaruh menyebabkan kegagalan. Dalam rating kriteria nilai 10 ini berarti kegagalan terjadi dapat menyebabkan kerusakan total. Urutan berikutnya ada pada faktor ketidakstabilan speed pada mesin hunting dengan nilai 9, kurangnya komunikasi dan team work sebesar 8, pekerja kurang terlatih dan terampil dalam langkah perpindahan grammature sebesar 7, penyusunan jadwal mendadak sebesar 6, kurang terjaganya kebersihan di tempat kerja sebesar 5, kurangnya monitoring dan kontrol kerja sebesar 4, kurangnya stabilitas dan kuantitas sebesar 3, dan nilai terendah berada pada faktor penyediaan bahan baku dengan nilai 3.



Gambar 5. 3 Ranging Occurence

Dari hasil nilai tingkat frekuensi di atas, didapatkan bahwa nilai tertinggi ada di faktor pekerja kurang terlatih dan terampil dalam langkah perpindahan grammature dengan nilai bobot 8 yang mana pada rating kriteria angka 8 ini menunjukkan kegagalan berulang terjadi di area yang sama, urutan selanjutnya ada pada faktor ketidakstabilan speed pada mesin hunting dengan nilai 7, kurang terjaganya kebersihan ditempat kerja sebesar 7, kurangnya stabilitas dan kuantitas penyediaan bahan baku sebesar 7, kurangnya komunikasi dan team work sebesar 5, kurangnya monitoring dan kontrol kerja sebesar 4, penyusunan jadwal yang mendadak sebesar 4, *breakdown machine* sebesar 3, dan yang terakhir dengan urutan terkecil adalah faktor ketidaksesuaian kriteria pada material. Dari hasil tersebut di atas, maka faktor yang paling sering

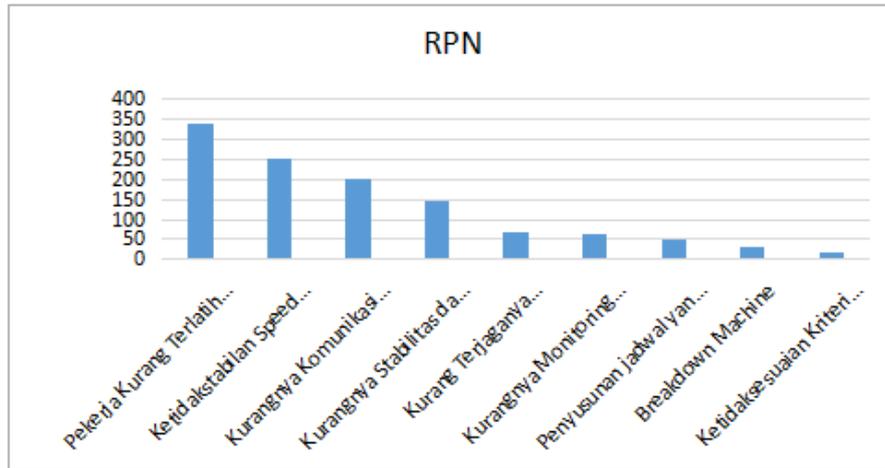
menyebabkan terjadinya produk cacat gramature adalah karena faktor pekerja kurang terlatih dan terampil dalam langkah perpindahan *gramature*.



Gambar 5. 4 Ranging *Detectability*

Dari hasil tingkat deteksi (*Detectability*) pada gambar di atas, dapat diketahui bahwa nilai tertinggi berada pada faktor kurangnya stabilitas dan kuantitas penyedia bahan baku dengan nilai bobot sebesar 7 yang mana dalam rating kriteria angka 7 berarti termasuk kategori rendah yang artinya kecil kemungkinan yang terjadi untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak, urutan selanjutnya ada faktor pekerja kurang terlatih dan terampil dalam langkah perpindahan *gramature* dengan nilai sebesar 6, kurangnya komunikasi dan team work sebesar 5, kurangnya monitoring dan kontrol kerja sebesar 4, ketidakstabilan speed pada mesing hunting sebesar 4, kurang terjaganya kebersihan di tempat kerja sebesar 2, penyusunan jadwal mendadak sebesar 2, ketidakesesuaian kriteria pada material sebesar 2, dan dengan urutan terendah ada faktor breakdown machine dengan nilai sebesar 1.

Dari hasil perhitungan bobot dari ketiga tingkatan, yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection* di jenis *defect* *gramature*, maka dihitunglah nilai RPN (*Risk Priority Number*) dengan cara mengalikan ketiga tingkatan tersebut, nilai akhir terbesar akan menunjukkan penyebab dominan yang harus segera diperbaiki untuk meminimalisir terjadinya produk *defect* *gramature*. Berikut merupakan ranging RPN dengan urutan tertinggi hingga terkecil adalah sebagai berikut:



Gambar 5. 5 Gambar Ranging RPN

Dari gambar di atas dapat dilihat nilai yang tertinggi ada di faktor pekerja kurang terlatih dan terampil dalam langkah perpindahan grammature dengan nilai RPN sebesar 336 yang mana nilai ini termasuk ke kategori tinggi yang berarti harus segera dilakukan perbaikan saat ini. Maka dari itu faktor inilah yang dominan berisiko menjadi penyebab yang membuat produk cacat *grammature*. Tingkat nilai terbesar yang mempengaruhi faktor ini menjadi penyebab adalah pada tingkat frekuensi, dimana dapat diartikan bahwa seringnya faktor ini terjadi maka semakin besar pula dampak risikonya dibandingkan dengan nilai tingkat kefatalan (*severity*) dan tingkat deteksi (*deterctability*). Urutan selanjutnya ada pada faktor ketiakstabilan *speed* mesin pada mesin *hunting* dengan nilai RPN 252 yang masih berada di kategori tinggi, kurangnya komunikasi dan *team work* sebesar 200 yang juga masih berada di kategori tinggi, kurangnya stabilitas dan kuantitas penyediaan bahan baku sebesar 147, kurang terjaganya kebersihan di tempat kerja sebesar 70, kurangnya *monitoring* dan kontrol kerja sebesar 64, penyusunan jadwal mendadak sebesar 48, *breakdown machine* sebesar 30, dan terakhir yaitu faktor ketidaksiesuaian kriteria pada material dengan nilai RPN sebesar 18.

5.4 *Improve*

Setelah dilakukannya pengidentifikasian faktor dominan penyebab cacat grammature pada proses produksi core board paper di PT. Papertech Indonesia dengan metode FMEA, selanjutnya adalah dilakukan pencarian usulan perbaikan dengan menggunakan

metode TRIZ. Integrasi antara metode TRIZ dan FMEA dapat membantu pemecahan masalah dengan efektif juga cepat. Hal yang pertama dilakukan adalah hasil RPN dari perhitungan FMEA tertinggi akan dilakukan pengkategorisasian ke dalam matriks kontradiksi 39 parameter TRIZ. Dalam perhitungannya, matriks kontradiksi dibagi menjadi dua faktor yang mempengaruhi, yaitu *improving parameters* dan *worsening parameters*, setelah mendapatkan hasil dari keduanya maka akan dijadikan solusi terbaik untuk masalah menggunakan 40 principles.

1. Pekerja Kurang Terlatih dan Terampil dalam Langkah Perpindahan Grammatore

Hasil dari *improving parameter* yang dipilih adalah *Degree of responsibility of supervisor* (2) dengan *worsening parameters* yang dipilih adalah *productivity* (40). Adapun model dari masalah *engineering contradiction* yang terjadi adalah: **“Jika manajer dan kepala bagian bertanggung jawab untuk memberikan pelatihan sesering mungkin, maka pekerja akan lebih terlatih dan terampil dalam menjalankan perpindahan grammature, tetapi dengan memberikan pelatihan secara berkala maka akan mengganggu produktifitas kinerja supervisor dan perusahaan akan mengeluarkan biaya pelatihan lebih besar”**. Faktor yang dapat membantu pekerja agar terlatih dan telampil dalam menyelesaikan perpindahan grammature adalah supervisor yang sudah bekerjasama dengan manajer maka ditetapkan *degree of responsibility of supervisor* (2) sebagai *improving parameters* sedangkan pemilihan *productivity* (40) sebagai *worsening parameters* karena perusahaan akan mengeluarkan biaya pelatihan lebih besar untuk pelatihan juga akan mengganggu produktifitas supervisor karena harus lebih sering melakukan pelatihan dan memperketat aturan khususnya untuk melakukan perpindahan grammature.

2. Ketidakstabilan *Speed* pada Mesin Hunting

Hasil dari *improving parameter* yang dipilih adalah *Degree of responsibility of supervisor* (2) dengan *worsening parameters* yang dipilih adalah *productivity* (40). Adapun model dari masalah *engineering contradiction* yang terjadi adalah: **“Jika tenaga pada mesin hunting dilakukan penurunan, maka akan menyebabkan kestabilan pada kecepatan mesin, tetapi dengan dilakukannya pengurangan**

tenaga pada mesin humting maka perusahaan akan mengalami penurunan produktivitas dalam menghasilkan produk jadi yang mana akan menyebabkan kerugian bagi perusahaan”. Faktor yang dapat membantu mengurangi ketidakstabilan dalam penjalanan mesin adalah salah satunya dengan mengurangi tenaga atau kecepatan dari mesin tersendiri maka ditetapkannya *Loss of energy* (22) sebagai *improving parameter* sedangkan pemilihan *productivity* (39) sebagai *worsening parameter* karena perusahaan akan mengalami penurunan produktifitas hasil produksi dan akan menyebabkan kerugian bagi perusahaan.

Dari hasil kedua kontradiksi yang terjadi, didapatkan beberapa hasil alternatif yang dapat menyelesaikan permasalahan berdasarkan 40 *Inventive Principles*, antara lain:

Tabel 5. 1 Tabel Tabel Kontradiksi

<i>Improving Parameters</i>	<i>Worsening Parameters</i>	<i>Matrix Contradiction</i>
<i>Degree of responsibility of supervisor</i> (2)	<i>Productivity</i> (39)	1, 28, 15, 35
Pengurangan tenaga (<i>Loss of energy</i>) (22)	<i>Productivity</i> (39)	28, 10, 29, 35

Tabel di atas menunjukkan hasil dari pada *engineering contradiction* untuk *improving parameters* yaitu *Degree of responsibility of supervisor* (2) dan Pengurangan tenaga (*Loss of energy*) dengan *worsening parameters* keduanya adalah *Productivity* (39). Hasil pertemuan keduanya dari *improving* dan *worsening parameters* menghasilkan *inventive principle* antara lain yaitu 1, 28, 15, 35 dan 28, 10, 29, 35 . Adapun hasil *inventive principle* pertama yang disarankan antara lain *segmentation* (1), *mechanical substitution* (28), *dynamics* (15), dan *parameters changes* (35). Sedangkan untuk hasil *inventive principle* kedua yang disarankan antara lain *mechanical substitution* (28), *Preliminary Action* (10), *Pneumatics and Hydraulics* (29), dan *parameters changes* (35). Dari hasil-hasil yang disarankan, peneliti memilih prinsip *parameters changes* (35) dan *Preliminary Action* (10) karena dirasa tepat dan layak untuk diterapkan untuk menghasilkan usulan perbaikan terbaik.

5.4.1 Usulan Perbaikan

1. Pekerja Kurang Terlatih dan Terampil dalam Langkah Perpindahan *Grammature*

Adapun ide usulan perbaikan yang diberikan untuk meminimalisir produk cacat *grammature* bagi perusahaan PT. Papertech Indonesia dengan merujuk hasil *triz* yang pertama yaitu *parameters changes* (35), adapun usulan dari pelatihan perpindahan *grammature* ini adalah mengadakan penjadwalan ulang untuk melakukan pelatihan langkah-langkah perpindahan *grammature* untuk karyawan dengan waktu yang telah ditentukan dan disepakati bersama dilatih minimal dua kali. Berikut ini merupakan form bukti untuk dilaksanakannya pelatihan perpindahan *grammature* :

Tabel 5.2 *Form* Pelatihan Perpindahan *Grammature*

Pelatihan	Waktu Pelatihan	Instruktur	Materi	Checklist
Pelatihan 1			SOP perpindahan <i>grammature</i> dan perhitungan <i>grammature</i>	
Pelatihan 2			Praktik kerja langsung	

Untuk mempertahankan keahlian dalam melakukan perpindahan *grammature*, maka dapat diterapkan pula pelatihan ulang terkait perpindahan *grammature* selama 6 bulan sekali setelah dilaksanakannya pelatihan dua kali pelatihan awal. Hal tersebut dirasa mampu untuk tetap menjaga keahlian karyawan untuk melakukan perpindahan *grammature*.

Kemudian untuk usulan kedua adalah dilakukannya pembaruan terhadap SOP atau instruksi kerja proses perpindahan *grammature*. Dilakukannya pembaruan ini adalah untuk memperjelas prosedur atau hal yang harus dilakukan dari awal persiapan perpindahan *grammature* hingga selesai. Berikut ini merupakan usulan instruksi kerja

proses perpindahan grammature yang dapat digunakan agar mengurangi terjadinya produk *defect*:

Tabel 5.3 SOP atau instruksi untuk proses perpindahan *grammature*

Tujuan	Acuan bagi pekerja untuk proses perpindahan grammature yang baik dan benar
Kebijakan	Di dalam proses perpindahan grammature oleh operator harus di bawah pengawasan manager produksi
Penanggung Jawab	Manager Produksi
Peralatan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mesin perpindahan grammature 2. Kalkulator 3. Worksheet perpindahan grammature
Instruksi	<p>Instruksi kerja untuk proses perpindahan grammature adalah sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Operator menggunakan APD seperti <i>safety shoes</i>, <i>ear plug</i>, dan masker. 2. Mengecek data grammature yang sedang dikerjakan. 3. Memastikan perpindahan grammature akan dilakukan, baik penambahan grammature atau pengurangan. 4. Setelah dipastikan, selanjutnya dihitung perpindahan grammature menggunakan rumus production. <p>Berikut rumus yang digunakan :</p> $P = \text{Speed (m/menit)} \times \text{GSM (gram/m}^2\text{)} \times \text{Lebar Mesin (m)} \times 60 \text{ (menit/jam)}$ <ol style="list-style-type: none"> 5. Menentukan Speed mesin yang akan digunakan 6. Mengatur perpindahan grammature di mesin 7. Mengecek dan memastikan perpindahan grammature yang dilakukan sudah benar. 8. Mengontrol pergerakan mesin secara berkala agar mesin tetap dalam tingkatan grammature yang diinginkan.

Setelah SOP atau instruksi kerja proses perpindahan grammature dilakukan, setelah itu adalah mencetak SOP atau instruksi kerja proses perpindahan grammature dan menempelkannya di tempat yang mudah terbaca. Hal ini dilakukan karena belum adanya SOP yang di cetak dan diletakkan di tempat yang terlihat, hanya ada kertas buram yang digunakan untuk perhitungan perpindahannya.

Diharapkan dengan dilakukannya pelatihan, pembaruan SOP, dan pencetakan SOP atau instruksi kerja mampu meminimalisir terjadinya produk cacat grammature dan dapat membantu perusahaan dalam meningkatkan keuntungan, lebih dari itu pekerja adalah aset sebuah perusahaan yang harus dijaga dan terus dilatih agar dapat membantu mencapai visi dan misi perusahaan.

2. Ketidakstabilan *Speed* pada Mesin Hunting

Adapun ide usulan perbaikan yang diberikan untuk meminimalisir produk cacat grammature bagi perusahaan PT. Papertech Indonesia merujuk dari hasil triz kedua yaitu *preliminary action* (10), adapun usulan dari ketidakstabilan *speed* pada mesin *hunting* adalah dengan menambahkan alarm penanda yang akan berbunyi jika mesin sudah hampir melewati batasan yang telah diatur dan disesuaikan dengan kebutuhan produksi kertas. Dibuatnya alarm ini antara lain untuk membuat peringatan kepada pekerja yang sedang berada pada shift agar melakukan penyettingan ulang agar mesin tidak melampaui batasan, juga dapat mengurangi frekuensi pekerja dalam perpindahan secara terus menerus.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari uraian hasil dan pembahasan, kesimpulan yang dapat ditarik pada penelitian ini antara lain:

1. Berdasarkan hasil pengidentifikasian dan analisis hingga penentuan faktor dominan yang menjadi prioritas dilakukannya perbaikan menggunakan diagram tulang ikan dan perhitungan FMEA, adapun faktor yang sangat mempengaruhi terjadinya produk *defect* atau cacat produk core board paper di *Paper Machine-1* PT. Papertech Indonesia yaitu kurang terlatih dan terampilnya pekerja dalam melakukan langkah-langkah perpindahan *gramature*.
2. Dari hasil perhitungan nilai DPMO dan nilai sigma ditahapan *measure*, maka didapatkan hasil rata-rata nilai DPMO pada periode Januari 2020 sampai Desember 2020 adalah sebesar 2.744,36 dan rata-rata nilai sigma adalah 4,27. Dapat diketahui bahwa PT. Papertech Indonesia Subang sudah berada di atas rata-rata industri yang ada di Indonesia. Jika terus melakukan perbaikan sehingga mengurangi produk *defect*, nilai rata-rata sigma pada PT. Papertech Indonesia akan terus meningkat.
3. Adapun usulan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi faktor dominan penyebab kecacatan atau *defect* produk *core board paper* di *Paper Machine-1* pada PT. Papertech Indonesia adalah dengan melakukan penjadwalan ulang untuk pekerja dalam untuk melakukan pelatihan langkah-langkah perpindahan *gramature* dengan waktu yang telah ditentukan dan disepakati, pembaruan SOP untuk langkah-langkah perpindahan *gramature* dengan membuat penjelasan-penjelasan secara rinci dengan bahasa yang mudah dipahami bagi pembaca dan pencetakan SOP yang akan diletakkan atau ditempel di tempat yang mudah terlihat dan terjangkau, dan dengan membuat alarm yang dapat

mendeteksi mesin *hunting* jika sudah hampir melampaui batas yang sudah disesuaikan sebelumnya.

6.2 Saran

Dari hasil usulan yang sudah didapatkan, di bawah ini merupakan beberapa saran yang dapat dijadikan masukan dalam upaya mengurangi produk *defect*, antara lain:

1. Dapat melakukan evaluasi ulang dan melakukan perbaikan secara berkala sehingga dapat mengurangi jumlah *defect* yang terjadi.
2. Perusahaan dapat meninjau ulang hasil usulan-usulan perbaikan yang diberikan agar dapat meminimasi jumlah terjadinya produk *defect*
3. Untuk penelitian selanjutnya, dapat melibatkan lebih banyak pekerja untuk mendapatkan lebih banyak penyebab timbulnya produk *defect* dari berbagai perspektif berbeda.



DAFTAR PUSTAKA

Altshuller, G. S. (2002). 40 Principles, TRIZ Keys to Technical Innovation. Worcester: Technical Innovation Center.

Borrer, C.M. (2009). The certified quality engineer handbook (3rd ed.). Wisconsin, Amerika: ASQ Quality Press.

Brief, M. (2017, September). HS48 Kertas Atau Karton. Retrieved from <http://itpc.or.jp/wp-content/uploads/2017/09/Market-Brief-ITPC-Osaka-2017-HS-48-Kertas-atau-Karton.pdf>

Choo, A.M., Weng, N.K. & Ghazali, F.H.M. . (2011). Pencetusan Idea Reka Bentuk Produk Mengguna TRIZ. Jurnal Teknologi Maklumat & Multimedia 11, 1-9.

Costa, J. P., Lopes, I. S., & Brito, J. P. (2019). *six sigma* application for quality improvement of the pin insertion process. Procedia Manufacturing, 38, 1592- 1599.

Defeo, J.A. (2017). Juran's quality handbook: The complete guide to performance excellence (7th ed.). Amerika: McGraw-Hill Education.

Domb, E., Miller, J., MacGran, E., & Slocum, M. (1998). The 39 features of Altshuller's contradiction matrix. Retrived from THE TRIZ JOURNAL, <http://www.trizjournal.com/39-features-altshullers-contradiction-matrix/>.

Ekmekci, I., & Koksai, M. (2015). Triz methodology and an application example for product development. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 195: 2689-2698.

Gasperz, V., 2002. Pedoman Implementasi Program *six sigma* Terintegritas dengan ISO, 9001:2000, MBNQA dan HACCP. Jakarta: PT. Gramedia Pusaka Utama.

Harpensa A, Harsono A dan Fitria L 2015 Reka Integra, Jurnal Online Teknik Industri Itenas 3.

Harsoyo, N. C., & Raharjo, J. (2019). Upaya pengurangan produk cacat dengan Metode DMAIC di PT. X. Jurnal Titra, 7, 43-50.

Heizer, J. dan Render, B. 2006. Manajemen Operasi, Edisi 7. Jakarta: Salemba Empat.

Heryadi, A. R., & Sutopo, W. (2018). Review pemanfaatan Metodologi DMAIC analysis di industri garmen. Seminar dan Konferensi Nasional IDEC.

Kemenprin. (2016, Nov 17). 2017, RI Produsen Kertas Nomor 6 Terbesar Dunia. Retrieved from <https://kemenperin.go.id/artikel/16596/2017,-RI-Produsen-Kertas-Nomor-6-Terbesar-Dunia>.

Labuda, I. (2015). Possibilities of applying TRIZ methodology elements (the 40 inventive principles) in the process of architectural design. *Procedia Engineering*, 131: 476-499.

Montgomery, D.C. (2009). *Introduction to statistical quality control* (6th ed.). New Jersey, Amerika: Wiley.

Munro, R. A., Ramu, G., & Zrymiak, D. J. (2015). *The certified six sigma green belt handbook* (2nd ed.). Wisconsin, Amerika: ASQ Quality Press.

Pande, Peter S. Robert P, Newman, Roland R, Cavanagh. (2002), *The six sigma Way: Bagaimana GE, Motorola dan Perusahaan Terkenal Lainnya Mengasah Kinerja Mereka*. Andi. Yogyakarta.

Piatkowski, J. & Kaminski, P. (2017). Risk Assessment of *defect* Occurrences in Engine Piston Castings by FMEA Method. *Foundry Engineering*. ISSN: 2299-2944, pp. 107-110

Prihastono, E. & Amirudin, H. (2017). Pengendalian kualitas sewing di PT. Bina Busana Internusa III Semarang. *Dinamika Teknik*, 10, 1-15.

Rivin, E. (n.d.). Appendix 2: System Conflict Matrix and Inventive Principles. Retrieved from <https://www.globalspec.com/reference/65458/203279/appendix-2system-conflict-matrixand-inventive-principle>.

Stratton, R., Man, D., & Otterson, P. (2000). The theory of inventive problem solving (TRIZ) and systematic innovation-a missing link in engineering education. *TRIZ Journal*.

Suryawan, Hendra (2014). Pembuatan alat praktikum Fisika Listrik untuk Kegiatan Praktikum Menggunakan QFD dan TRIZ. Yogyakarta.

Wahyani, W., Chobir, A., & Rahmanto, D. D. (2013). Penerapan Metode *six sigma* dengan konsep DMAIC sebagai alat pengendali kualitas. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), A-49-1 – A49-14.

Wahyuningtyas, A. T., Mustafid, M., & Prahutama, A. (2016). Implementasi Metode *six sigma* menggunakan grafik pengendali EWMA sebagai upaya meminimalisasi cacat produk kain grei. *Jurnal Gaussian*, 5, 61-70.

Wang FK, Yeh CT Dan TP Chu 2016 *Komputer & Teknik Industri* 98 522-530.

Webber, L. & Wallace, M. (2007). *Quality control for dummies*. Indiana, Ametika: Wiley.

Wessiani, N. A. & Sarwoko, S. O. (2015). Risk analysis of poultry feed production using fuzzy FMEA. *Industrial Engineering and Service Science*. pp. 270-281.

LAMPIRAN



الجمعية الإسلامية الأندلسية

