

**UPAYA PENINGKATAN KUALITAS KEMASAN *TUBE* MEREK *X*
MENGUNAKAN METODE *SIX SIGMA* DAN *FAILURE MODE*
AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) (STUDI KASUS : PT XYZ)**

TUGAS AKHIR



LEVANA OXAMUDRA

NIM : 412110013

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI DAN DESAIN
UNIVERSITAS MA CHUNG
MALANG
2025**

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**UPAYA PENINGKATAN KUALITAS KEMASAN *TUBE* MEREK *X*
MENGUNAKAN METODE *SIX SIGMA* DAN *FAILURE MODE*
AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) (STUDI KASUS : PT XYZ)**

Oleh:
LEVANA OXAMUDRA
412110013

dari:
**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI dan DESAIN
UNIVERSITAS MA CHUNG**

Telah dinyatakan lulus dalam melaksanakan Tugas Akhir sebagai syarat kelulusan
dan berhak mendapatkan gelar Sarjana Teknik S.T

Dosen Pembimbing I,


Sunday A.T. Noya ST., MprocMgnt.
NIP. 20100003

Dosen Pembimbing II,


Dr. Yurida Ekawati, S.T., M.Com.
NIP. 20080017

Dekan Fakultas Teknologi dan Desain,



Prof. Dr. Eng. Romy Budhi Widodo
NIP. 20070035

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan “Upaya Peningkatan Kualitas Kemasan Tube Merek X Menggunakan Metode *Six Sigma* dan *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) (Studi Kasus : PT XYZ)” adalah benar benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 22 Juli 2025



Levana Oxamudra
NIM. 412110013

UNIVERSITAS
MA CHUNG

**UPAYA PENINGKATAN KUALITAS KEMASAN *TUBE* MEREK X
MENGUNAKAN METODE *SIX SIGMA* DAN *FAILURE MODE
AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA) (STUDI KASUS : PT XYZ)**

**Levana Oxamudra, Sunday Alexander T. Noya, Yurida Ekawati
Universitas Ma Chung**

ABSTRAK

Kualitas merupakan faktor penting yang memengaruhi keputusan konsumen dalam membeli suatu produk. Produk kemasan *tube* yang dihasilkan PT XYZ mengalami masalah kualitas, seperti *sealing* tidak rapat, wadah penyok, *batch* rusak, dan *cap* rusak. Rata-rata tingkat cacat melebihi batas toleransi perusahaan sebesar 0,8%, yang berdampak pada meningkatnya klaim pelanggan dan menurunnya kepercayaan konsumen.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *six sigma* dengan metode DMAIC yang dikombinasikan dengan analisis FMEA. Tahap *define* digunakan untuk mengidentifikasi jenis cacat utama, tahap *measure* untuk menghitung DPO, DPMO, dan *level sigma* awal. Tahap *analyze* dilakukan melalui RCA dan FMEA untuk mengetahui penyebab utama berdasarkan nilai RPN. Perbaikan difokuskan pada tahap *improve*, seperti penerapan solusi perbaikan dan evaluasi hasil perbaikan. Tahap *control* dilakukan *monitoring* dengan dokumen guna menjaga konsistensi proses.

Hasil implementasi menunjukkan penurunan cacat sebesar 96,65% dari 57.103 pcs menjadi 1.912 pcs dan peningkatan *level sigma* dari 3,27 menjadi 4,30. Penurunan DPMO secara signifikan juga mencerminkan tindakan perbaikan yang dilakukan memberi dampak dan meningkatnya stabilitas proses. Dengan demikian, metode *six sigma* terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas kemasan dan mengurangi *defect* pada lini produksi *lotion* PT XYZ.

Kata Kunci : *Six Sigma*, FMEA, Kemasan *Tube* , *Level Sigma*

**EFFORTS TO IMPROVE THE QUALITY OF X BRAND TUBE
PACKAGING USING THE SIX SIGMA METHOD AND
FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)
(CASE STUDY: PT XYZ)**

**Levana Oxamudra, Sunday Alexander T. Noya, Yurida Ekawati
Universitas Ma Chung**

ABSTRACT

Quality is an important factor that influences consumer decisions when purchasing a product. The tube packaging products produced by PT XYZ have quality issues, such as poor sealing, dented containers, damaged batches, and damaged caps. The average defect rate exceeds the company's tolerance limit of 0.8%, which has led to an increase in customer claims and a decline in consumer confidence.

This study employs a Six Sigma approach using the DMAIC method combined with FMEA analysis. The Define stage identifies primary defect types, the Measure stage calculates DPO, DPMO, and initial sigma level. The Analyze stage uses RCA and FMEA to determine root causes based on RPN values. Improvements are focused on the Improve stage, including implementing corrective solutions and evaluating improvement outcomes. The control phase involved monitoring with documentation to maintain process consistency.

The implementation results showed a 96.65% reduction in defects from 57,103 units to 1,912 units and an increase in the sigma level from 3.27 to 4.30. The significant reduction in DPMO also reflects that the implemented improvement actions had an impact and improved process stability. Thus, the Six Sigma method has proven effective in improving packaging quality and reducing defects on the lotion production line at PT XYZ.

Keywords : *Six Sigma, FMEA, Tube packaging, Sigma Level*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi yang berjudul **“Upaya Peningkatan Kualitas Kemasan Tube Merek X Menggunakan Metode Six Sigma dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) (Studi Kasus : PT XYZ)”** dapat terselesaikan dengan baik. Laporan ini tidak akan terwujud tanpa dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi berharga. Oleh karena itu, izinkanlah saya untuk mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah terlibat dalam proses penelitian ini. Pihak pihak tersebut antara lain:

1. Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat yang diberikan sehingga proses skripsi dapat berjalan dengan lancar.
2. Bapak Sunday Alexander T. Noya, ST., MProcMgnt. dan Ibu Dr. Yurida Ekawati, ST., M.Com. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, arahan dan masukkan dalam penyusunan laporan ini.
3. Bapak Roby Forada selaku *supervisor packaging* dan pembimbing lapangan di PT XYZ yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan ilmu yang bermanfaat.
4. Segenap keluarga besar staf dan karyawan PT XYZ yang ikut serta membantu, mendukung dan memberikan informasi bermanfaat bagi penulis.
5. Universitas Ma Chung yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk merasakan dunia kerja sebelum lulus.
6. Orang tua yang selalu mendukung dalam segala hal memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
7. Keluarga yang selalu mendukung dan menghibur penulis selama masa proses penyusunan laporan.
8. Teman-teman seperjuangan angkatan 2021 yang selalu mendukung dan senantiasa memberikan saran setiap langkah yang penulis ambil.
9. Dan seluruh pihak diluar sana penulis mengucapkan banyak terima kasih telah berkontribusi dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan skripsi.

Peneliti menyadari bahwa laporan ini jauh dari kata sempurna. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi yang berarti bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang industri. Kritik, saran, dan masukan yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang.

Malang, 22 Juli 2025



Levana Oxamudra



UNIVERSITAS
MA CHUNG

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
Bab I Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Perumusan Masalah	6
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan	7
Bab II Tinjauan Pustaka.....	8
2.1 Kualitas	8
2.2 Pengendalian Kualitas.....	8
2.3 Produk Rusak dan Produk Cacat.....	10
2.4 <i>Six Sigma</i>	10
2.5 Pendekatan DMAIC.....	14
2.5.1 Tahap <i>Define</i>	15
2.5.2 Tahap <i>Measure</i>	16
2.5.3 Tahap <i>Analyze</i>	16
2.5.4 Tahap <i>Improve</i>	26
2.5.5 Tahap <i>Control</i>	26
2.6 Penelitian Terdahulu	27

Bab III Metodologi Penelitian.....	30
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	30
3.2 Diagram Alir Penelitian	30
3.3 Tahap Pendahuluan.....	32
3.3.1 Observasi Lapangan.....	32
3.3.2 Studi Literatur.....	32
3.3.3 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	33
3.3.4 Penentuan Tujuan Penelitian.....	33
3.4 Tahap Pengumpulan Data.....	34
3.4.1 Data Primer.....	34
3.4.2 Data Sekunder.....	34
3.5 Tahap Pengolahan Data	35
3.5.1 <i>Define</i>	35
3.5.2 <i>Measure</i>	36
3.5.3 <i>Analyze</i>	36
3.5.4 <i>Improve</i>	36
3.5.3 <i>Control</i>	37
3.6 Analisis dan Pembahasan.....	37
3.7 Kesimpulan dan Saran	38
Bab IV Pengolahan Data dan Analisis Hasil.....	39
4.1 Proses Produksi Produk X.....	39
4.2 Pengumpulan Data	48
4.3 Pengolahan Data	49
4.3.1 Tahap <i>Define</i>	49
4.3.2 Tahap <i>Measure</i>	54
4.3.3 Tahap <i>Analyze</i>	57
4.3.4 Tahap <i>Improve</i>	65
4.3.5 Tahap <i>Control</i>	81
4.4 Analisis Hasil.....	82
Bab V.....	86

Kesimpulan dan Saran.....	86
5.1 Kesimpulan	86
5.2 Saran	87
Daftar Pustaka.....	89
LAMPIRAN A.....	92
LAMPIRAN B.....	93
LAMPIRAN C.....	94



UNIVERSITAS
MA CHUNG

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Demand Cosmetic Production Tahun 2024	2
Gambar 1.2 Persentase Produk <i>Reject</i> per Bulan vs Batas Toleransi Tahun 2024	4
Gambar 2.1 DMAIC Cycle (Sumber : Deepak, 2021).....	14
Gambar 2.2 Root Cause Analysis (Sumber : Flaig, 2013).....	18
Gambar 3.1 Flowchart Metodologi Penelitian.....	31
Gambar 4.1 Ilustrasi Mesin IWK (Sumber : Bhagwati Pharma, 2023).....	39
Gambar 4.2 Ilustrasi Buffer Tube (Sumber : iwk.de, 2025)	40
Gambar 4.3 Ilustrasi Tube Insertion (Sumber : iwk.de, 2025).....	41
Gambar 4.4 Ilustrasi Print Registration (Sumber : Piyush Yadav, 2025)	42
Gambar 4.5 Ilustrasi Dosing and Filling Station (Sumber : iwk.de, 2025).....	43
Gambar 4.6 Ilustrasi Hot Air Station (Sumber : iwk.de, 2025)	44
Gambar 4.7 Ilustrasi Pressing and Embossing Station (Sumber : iwk.de, 2025)	44
Gambar 4.8 Ilustrasi Trimming Station (Sumber : iwk.de, 2025)	45
Gambar 4.9 Ilustrasi Proses Ejection (Sumber : iwk.de, 2025)	46
Gambar 4.10 Conveyor Finished Good	47
Gambar 4.11 Produk Tube Sealing Tidak Rapat	50
Gambar 4.12 Produk Cap Rusak.....	51
Gambar 4.13 Produk Batch Rusak.....	52
Gambar 4.14 Produk Wadah Penyok	53
Gambar 4.15 Fishbone Diagram Sealing Tidak Rapat.....	58
Gambar 4.16 Fishbone Diagram Wadah Penyok	59
Gambar 4.17 <i>Fishbone Diagram Batch</i> Rusak	61
Gambar 4.18 Fishbone Diagram Cap Rusak.....	63
Gambar 4.19 Komponen Mesin IWK Yang Perlu Diganti	74
Gambar 4.20 Komponen Mesin IWK Yang Telah Diganti	74
Gambar 4.21 Komponen Mesin IWK Yang Perlu Dipesan.....	75
Gambar 4.22 Pengecekan Viskositas Bulk dengan Viscometer	76
Gambar 4.23 Pengaturan Parameter Mesin IWK.....	77
Gambar 4.24 Leakage Tester	78

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Reject pada Produk Merek X Kemasan Tube 180 Ml Tahun 2024	3
Tabel 2.1 Tingkat Kualitas Sigma	12
Tabel 2.2 Data Jenis Cacat Produk	16
Tabel 2.3 Contoh Tabel FMEA	20
Tabel 2.4 Nilai Severity	23
Tabel 2.5 Nilai Occurrence	24
Tabel 2.6 Nilai Detection	25
Tabel 2.7 Kategori Nilai RPN.....	25
Tabel 4.1 Data Kecacatan Produk Periode April-Juli 2024.....	48
Tabel 4.2 Persentase Produk <i>Defect</i> Bulan April –Juli 2024.....	54
Tabel 4.3 Nilai DPMO dan Sigma Produk Bulan April – Juli 2024.....	56
Tabel 4.4 Analisis FMEA	66
Tabel 4.5 Analisis FMEA (Lanjutan).....	67
Tabel 4.6 Analisis FMEA (Lanjutan).....	68
Tabel 4.7 Rekomendasi Perbaikan FMEA.....	69
Tabel 4.8 Rekomendasi Perbaikan FMEA (Lanjutan).....	70
Tabel 4.9 Rekomendasi Perbaikan FMEA (Lanjutan).....	71
Tabel 4.10 Rekomendasi Perbaikan FMEA (Lanjutan).....	72
Tabel 4.11 Data Cacat Produk Periode Januari - Maret 2025.....	79
Tabel 4.12 Persentase Produk Cacat Periode Januari - Maret 2025	79
Tabel 4.13 Nilai DPMO dan Level Sigma Periode Januari - Maret 2025	80
Tabel 4.14 Tabel Defect Sebelum dan Sesudah Perbaikan.....	83
Tabel 4.15 Level Sigma Sebelum dan Sesudah Perbaikan	84

Bab I

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

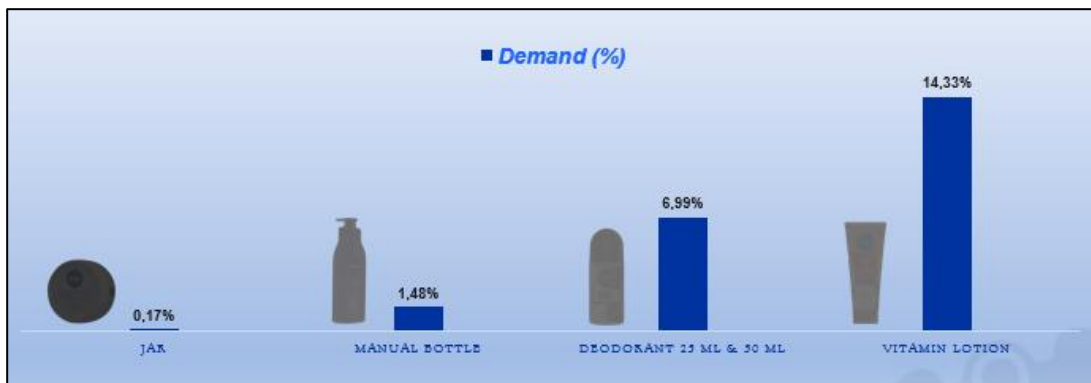
Industri merupakan kelompok perusahaan yang menghasilkan dan menjual barang atau jasa sejenis. Secara umum, industri dikelompokkan menjadi dua jenis, industri jasa dan industri manufaktur. Industri jasa berfokus pada penyediaan layanan yang tidak menghasilkan produk fisik, seperti perbankan, pendidikan, dan transportasi. Industri manufaktur merupakan aktivitas yang berfokus pada pengolahan bahan mentah, bahan baku, hingga barang setengah jadi atau produk jadi menjadi barang dengan kualitas tinggi dan nilai guna yang optimal. Kegiatan ini juga mencakup proses perancangan dan rekayasa dalam bidang industri untuk mendukung peningkatan mutu hasil produksi (Hutabarat, 2022). Dalam pelaksanaannya, kegiatan manufaktur melibatkan tahapan proses produksi yang terstruktur mulai dari perencanaan, pengolahan, hingga pengendalian kualitas. Setiap tahapan bertujuan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan sesuai standar kualitas dan mampu bersaing di pasar.

Persaingan dalam industri manufaktur terus meningkat seiring dengan berkembangnya hubungan ekonomi antar negara. Indonesia sebagai salah satu sektor industri manufaktur berperan sebagai salah satu penggerak utama roda perekonomian nasional. Peran ini terlihat dari semakin banyaknya perusahaan manufaktur yang bersaing dalam menciptakan nilai tambah melalui produk-produk inovatif dan bernilai jual tinggi. Salah satu kunci keberhasilan agar perusahaan dapat mempertahankan eksistensinya dan tetap kompetitif ditengah persaingan adalah dengan menjaga kualitas produk yang dihasilkannya. Kualitas merupakan faktor penting yang memengaruhi keputusan konsumen dalam membeli suatu produk. Semakin tinggi tingkat kualitas produk, semakin besar pula daya tariknya bagi konsumen serta meningkat kepercayaan mereka terhadap merek perusahaan.

Dalam proses produksi, perusahaan sering kali dihadapkan pada permasalahan kualitas yaitu produk yang tidak memenuhi standar spesifikasi. Produk seperti ini disebut sebagai produk cacat karena tidak sesuai baik dari segi fungsi, bentuk, maupun

penampilannya. Keberadaan produk cacat tidak hanya mengganggu efisiensi proses produksi, tetapi juga dapat menurunkan kepuasan pelanggan serta merusak citra perusahaan. Jika kualitas produk tidak sesuai dengan harapan konsumen, perusahaan berisiko mengalami kerugian. Semakin banyak produk cacat yang dihasilkan, biaya kualitas yang dikeluarkan perusahaan juga akan meningkat. Hal ini karena dibutuhkan biaya tambahan untuk tindakan inspeksi, *rework*, dan tindakan korektif lainnya guna menangani produk yang tidak sesuai standar (Yusuf dan Supriyadi, 2020).

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di industri manufaktur, khususnya dalam produksi produk perawatan kulit dan perekat. PT XYZ memiliki dua *production*, yaitu *cosmetic production* dan *plaster production*. Pada *cosmetic production*, PT XYZ memproduksi berbagai jenis produk perawatan kulit seperti *lotion*, *creme*, *micellair water*, *facial wash*, *deodorant*, serta produk lainnya yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan berbagai jenis kulit. Sebagai bagian dari industri *Fast Moving Consumer Goods* (FMCG), PT XYZ dituntut untuk mampu memenuhi permintaan pasar yang tinggi dan bergerak cepat. Hal ini menuntut perusahaan untuk selalu menjaga kualitas setiap produk yang dihasilkan secara konsisten dan teliti.



Gambar 1.1 Demand Cosmetic Production Tahun 2024

Gambar 1.1 menunjukkan data permintaan produk pada departemen *cosmetic production*, terlihat bahwa permintaan tertinggi berasal dari produk merek x kemasan *tube*. Tingginya permintaan ini menjadikan kualitas produk tersebut sangat krusial. Dalam proses produksinya, masih ditemukan permasalahan terkait mutu produk,

khususnya pada produk kosmetik merek *x* dalam kemasan *tube*. Beberapa produk yang telah beredar di pasar ditemukan dalam kondisi tidak sesuai standar, yang ditandai dengan munculnya keluhan dari konsumen dan distributor. Meskipun pengecekan kualitas sudah dilakukan selama produksi, prosedur yang ada dirasa masih belum optimal. Permasalahan ini menunjukkan adanya celah dalam sistem pengendalian kualitas yang perlu dianalisis lebih dalam untuk mencegah produk cacat keluar dari jalur produksi. Produk cacat yang dimaksud ialah cacat yang terdapat pada produk hasil *sealing* tidak rapat, wadah penyok, *batch* rusak dan *cap* rusak.

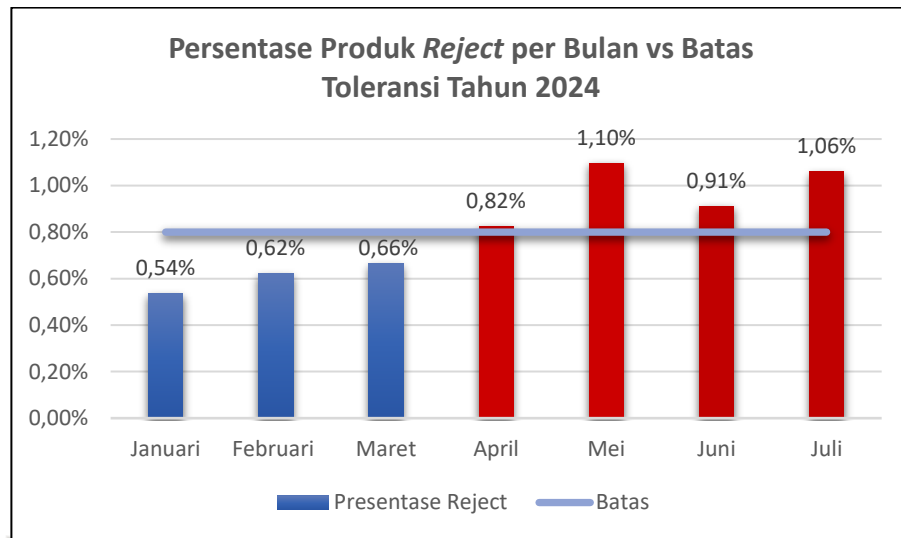
PT XYZ menetapkan batas toleransi terhadap produk rusak (*reject*) yang diperbolehkan selama proses produksi, yaitu maksimal sebesar 0,8% dari total *output*. Batas ini berfungsi sebagai indikator pengendalian mutu dan menjadi acuan bagi tim produksi serta *quality control* dalam menjaga kestabilan proses. Ketika jumlah produk yang tidak memenuhi standar melebihi ambang tersebut, maka kondisi tersebut dianggap sebagai sinyal adanya penyimpangan proses yang perlu ditindaklanjuti melalui analisis dan perbaikan yang lebih mendalam. Tabel 1.1 merupakan data *reject* bulan Januari – Juli 2024 produk kemasan *tube* 180 ml.

Tabel 1.1 Data *Reject* pada Produk Merek *X* Kemasan Tube 180 Ml Tahun 2024

Bulan	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Produk <i>Reject</i> (Pcs)	Presentase <i>Reject</i> (%)
Januari	1.198.512	6.422	0,55%
Februari	1.048.320	6.500	0,62%
Maret	1.895.040	12.576	0,66%
April	2.096.640	17.284	0,82%
Mei	1.290.240	14.136	1,10%
Juni	1.411.200	12.861	0,91%
Juli	1.209.600	12.822	1,06%
Total	10.149.552	82.601	0,82%

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa jumlah barang *reject* pada produk kemasan *tube* 180 ml bervariasi setiap bulannya selama periode Januari hingga Juli. Dari tujuh bulan pengamatan, terdapat empat bulan yang menunjukkan persentase *reject* melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan perusahaan, yaitu sebesar 0,8%. Kondisi ini menunjukkan bahwa selama periode tersebut, proses produksi belum

sepenuhnya stabil dan konsisten dalam menjaga kualitas produk. Tingginya persentase *reject* pada bulan-bulan tertentu mengindikasikan adanya potensi permasalahan dalam proses produksi atau kurang efektifnya sistem pengendalian kualitas yang diterapkan.



Gambar 1.2 Persentase Produk *Reject* per Bulan vs Batas Toleransi Tahun 2024

Reject yang dimaksud pada gambar 1.2 adalah produk *lotion* kemasan 180 ml yang memiliki *defect* serius dan tidak dapat diperbaiki, sehingga produk tidak dapat didistribusikan kepada *customer* dan harus dibuang. Tingginya jumlah produk *defect* pada produk *lotion* kemasan 180 ml, tentu saja dapat merugikan perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengurangi cacat produk secara sistematis. Salah satu pendekatan dalam meningkatkan kualitas dan mengurangi cacat produk adalah metode *six sigma*. *Six Sigma* berfokus pada pengendalian proses untuk mengurangi variasi dan cacat melalui pendekatan yang terstruktur dan berbasis data (Rifaldi dan Sudarwati, 2024). *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi potensi apa saja yang menyebabkan *defect* pada produk dengan melihat tingkat *severity*, *occurrence* dan *detection* untuk dapat mengurangi serta menemukan jalan alternatif bagi perusahaan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dilakukan identifikasi masalah yang terjadi pada PT XYZ. Berikut adalah identifikasi masalah pada penelitian ini :

1. Persentase rata-rata produk *reject* pada produk kemasan *tube* selama periode Januari hingga Juli 2024 tercatat sebesar 0,82%, sedikit melebihi batas toleransi maksimum yang ditetapkan perusahaan sebesar 0,8%. Kondisi ini mengindikasikan masih adanya permasalahan kualitas yang perlu mendapat perhatian dalam proses produksi.
2. Ditemukan berbagai jenis cacat pada produk *lotion* kemasan 180 ml, seperti *sealing* yang tidak rapat, wadah penyok, *batch* rusak serta *cap* yang rusak. Cacat produk ini menimbulkan kerugian karena harus langsung dibuang yang menyebabkan pemborosan waktu, biaya, bahan baku, dan tenaga kerja.
3. Faktor utama penyebab munculnya cacat pada produk tersebut belum dapat diidentifikasi secara pasti, karena kemungkinan besar dipengaruhi oleh kombinasi berbagai variabel dalam proses produksi.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis menetapkan beberapa batasan masalah agar pembahasan lebih terfokus. Adapun batasan masalah dalam penelitian pada PT XYZ adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya berfokus pada *defect* yang terdapat pada produk merek x kemasan *tube* jenis “*lotion* ” kemasan 180 ml.
2. Penyelesaian masalah dilakukan dengan menerapkan metode *six sigma*. Di dalam penerapannya, ada 5 langkah yaitu DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improvement, Control*).
3. Penelitian ini difokuskan hanya pada analisis cacat atau *defect* pada kemasan.
4. Waktu penelitian dimulai bulan Agustus 2024 – Maret 2025.

1.4 Perumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah dari penelitian ini :

1. Apa saja jenis cacat (*defect*) utama yang paling sering ditemukan pada produk *lotion* kemasan 180 ml?
2. Bagaimana cara mengidentifikasi potensi kegagalan dalam proses produksi *lotion* kemasan 180 ml?
3. Apa saja usulan perbaikan yang dapat diterapkan oleh PT XYZ untuk mengurangi jumlah produk cacat (*defect*) produk *lotion* kemasan 180 ml?
4. Bagaimana cara mengevaluasi efektivitas usulan perbaikan terhadap kualitas produk?

1.5 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan penelitian yaitu :

1. Mengidentifikasi jenis cacat (*defect*) utama pada produk *lotion* kemasan 180 ml melalui analisis menggunakan metode *Six Sigma*.
2. Menganalisis potensi kegagalan yang dapat terjadi dalam proses produksi *lotion* kemasan 180 ml dengan menggunakan metode FMEA.
3. Menyusun usulan perbaikan yang bertujuan untuk mengurangi produk cacat dan meningkatkan kualitas produk *lotion* kemasan 180 ml.
4. Menganalisis hasil *improvement* terhadap kualitas produk melalui usulan perbaikan yang dilakukan.

1.6 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat dari penelitian ini :

1. Mengetahui tingkat permasalahan kualitas pada produk kosmetik kemasan *tube* di PT XYZ.
2. Memberikan alternatif solusi dan perbaikan proses produksi untuk mengurangi jumlah produk cacat (*defect*).
3. Meningkatkan kualitas produk yang lebih baik sehingga dapat mengurangi potensi kerugian perusahaan di masa mendatang.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bab I : Pendahuluan

Pada bab ini menjabarkan tentang latar belakang dari permasalahan yang ada, identifikasi masalah, batasan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan yang memberikan gambaran umum tentang cara pelaksanaan dan pembahasan yang dilakukan dipenelitian ini.

Bab II : Tinjauan Pustaka

Pada bab ini mencantumkan sumber-sumber teori maupun penelitian terdahulu yang memiliki hubungan terkait dengan penelitian ini, dengan tujuan sebagai pembanding, pendukung teori maupun pengambilan keputusan.

Bab III : Metodologi Penelitian

Pada bab ini memberikan gambaran berupa metode yang akan digunakan pada penelitian, proses pengambilan data, tempat dan waktu pelaksanaan juga alur penelitian yang menggambarkan hal-hal yang akan dilakukan selama penelitian menggunakan *flowchart*.

Bab IV : Pengolahan Data dan Analisis Hasil

Pada bab ini menjelaskan mengenai pengolahan data, menganalisis hasil yang didapat, dan mengajukan usulan perbaikan yang dapat diterapkan di perusahaan.

Bab V : Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan, ringkasan pembahasan dari hasil pengolahan data, menjawab tujuan. Pada bab ini juga akan diberikan saran-saran bagi perusahaan maupun penelitian selanjutnya.

Bab II

Tinjauan Pustaka

2.1 Kualitas

Kualitas merupakan faktor utama yang memengaruhi keputusan konsumen dalam memilih produk. Produk yang memiliki kualitas tinggi mampu menarik perhatian sekaligus membangun kepercayaan terhadap merek perusahaan. Perusahaan yang secara konsisten menjaga kualitas akan memiliki keunggulan dalam persaingan pasar. Strategi ini berdampak langsung terhadap peningkatan penjualan dan loyalitas pelanggan. Oleh karena itu, kualitas tidak hanya memenuhi standar teknis, tetapi juga menjadi dasar penting dalam menjaga kepuasan pelanggan dan keberlanjutan bisnis.

Kualitas produk dapat diartikan sebagai sejauh mana suatu produk mampu menjalankan fungsi-fungsinya secara optimal. Hal ini mencakup aspek penting seperti, ketahanan produk terhadap kerusakan, keandalan dalam penggunaan, akurasi hasil yang diberikan, serta kemudahan dalam pengoperasian dan perbaikan. Selain itu, kualitas produk juga mencakup berbagai atribut tambahan yang meningkatkan nilai keseluruhan produk bagi konsumen (Zakaria dan Suwitho, 2017).

Kualitas terbagi menjadi dua bagian yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan. Kualitas rancangan adalah kualitas produk atau jasa yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan melalui berbagai standar dan spesifikasi, sehingga produk tersebut dapat memberikan nilai dan kepuasan yang sesuai dengan harapan pelanggan. Sedangkan, kualitas kecocokan mengacu pada sejauh mana produk akhir sesuai dengan spesifikasi rancangan tersebut. Faktor-faktor seperti produksi, pelatihan tenaga kerja, penerapan sistem jaminan kualitas, dan motivasi karyawan turut mempengaruhi kualitas kecocokan agar hasil produk memenuhi standar yang telah ditetapkan (Prihantoro, 2018).

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian dan pengawasan merupakan upaya yang dilakukan untuk memastikan bahwa proses produksi dan operasional berjalan sesuai dengan rencana,

serta memungkinkan dilakukan perbaikan apabila ditemukan penyimpangan, sehingga tujuan yang telah ditetapkan tetap dapat dicapai (Assauri, 2008). Pengendalian kualitas adalah kegiatan yang dilakukan untuk memastikan bahwa produk atau layanan memiliki kualitas yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, melalui pengukuran dan pengecekan terhadap karakteristiknya. Fungsi utama pengendalian kualitas adalah mengenali masalah atau perubahan dalam proses produksi sejak awal, sehingga tindakan korektif dapat segera diterapkan sebelum terjadi produksi massal produk yang cacat. Oleh karena itu, pengendalian kualitas berperan untuk menjaga agar mutu produk tetap stabil dengan meminimalkan variabilitas dalam proses produksi.

Menurut Elmas (2017), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi efektivitas pengendalian kualitas dalam suatu perusahaan. Faktor pertama berkaitan dengan kemampuan proses, dimana proses yang ada mampu memenuhi target atau standar yang telah ditentukan. Jika target kualitas ditetapkan melebihi batas kemampuan aktual dari proses produksi, maka upaya pengendalian kualitas akan menjadi sia-sia dan sulit tercapai.

Faktor kedua berkaitan dengan penentuan spesifikasi produk, yaitu perlunya perusahaan untuk memastikan terlebih dahulu standar kualitas yang diharapkan sesuai dengan keinginan konsumen sebelum proses pengendalian kualitas dijalankan. Hal ini penting agar pengendalian kualitas tidak dilakukan secara asal, tetapi berdasarkan spesifikasi yang jelas dan realistis. Penerimaan batas toleransi juga menjadi faktor penting, yaitu sejauh mana perusahaan menetapkan toleransi terhadap produk yang berada sedikit dibawah standar. Tingkat toleransi ini akan menentukan seberapa ketat pengendalian dilakukan, karena semakin sempit toleransi yang diterima, semakin tinggi pula upaya pengawasan yang dibutuhkan.

Faktor terakhir adalah biaya anggaran kualitas yang disediakan untuk kegiatan pengendalian kualitas. Ketika perusahaan memiliki anggaran yang cukup, maka pelaksanaan metode serta penggunaan alat kontrol kualitas dapat dilakukan dengan lebih maksimal. Artinya, semakin besar dana yang dialokasikan, semakin besar pula peluang perusahaan untuk menghasilkan produk dengan mutu yang tinggi.

2.3 Produk Rusak dan Produk Cacat

Produk rusak dalam proses produksi adalah barang yang tidak memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan akibat kesalahan atau cacat selama tahapan pembuatan. Kondisi ini menyebabkan produk tersebut tidak layak untuk dijual atau digunakan dan memerlukan perbaikan atau pemusnahan. Kerusakan produk terjadi karena dua penyebab utama. Pertama, kerusakan yang wajar dan sulit dihindari, yang biasanya sudah diperhitungkan dalam proses produksi oleh perusahaan. Kedua, kerusakan akibat kesalahan dalam proses seperti pengawasan yang kurang, perencanaan yang salah, atau kelalaian pekerja. Produk rusak ini membutuhkan biaya dan waktu lebih besar karena tidak bisa dijual lagi, berbeda dengan produk cacat yang masih memiliki nilai jual (Anbiya, 2021).

Produk cacat adalah produk yang tidak memenuhi standar spesifikasi yang telah ditetapkan, sehingga nilai dan mutunya kurang baik atau tidak sempurna dan tidak sesuai dengan harapan kualitas (Janah, 2017). Produk seperti ini biasanya memerlukan perbaikan atau pengolahan ulang agar dapat digunakan atau dijual. Proses tersebut seringkali memakan waktu dan biaya tambahan, sehingga menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Produk cacat dapat diperbaiki sehingga nilainya dapat dipulihkan, sehingga kerugian yang dialami perusahaan biasanya lebih ringan dibandingkan dengan produk rusak.

2.4 Six Sigma

Konsep *six sigma* merupakan metode yang dikembangkan oleh Bill Smith di perusahaan Motorola pada dekade 1980-an di Amerika Serikat, sebagai upaya menjawab penurunan daya saing produk mereka terhadap produk-produk dari Jepang. Motorola menerapkan pendekatan dengan menggabungkan metode statistik dan konsep manajemen mutu sebagai langkah untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. Perkembangan *six sigma* semakin pesat setelah dikembangkan lebih lanjut oleh Mikel Harry dengan dukungan Richard Schroeder, sehingga lahirlah metode pengukuran kualitas yang dikenal sebagai *Six Sigma Motorola*. Metode ini berakar pada pendekatan *Total Quality Management (TQM)* dan *Statistical Process Control*

(SPC). Walaupun prinsip dasar *six sigma* sudah dikenal sejak tahun 1940-an, keberhasilan Motorola menurunkan tingkat cacat menjadi 3,4 dalam satu juta peluang (DPMO) dalam kurun waktu sepuluh tahun mendorong banyak perusahaan lain mulai mengimplementasikan metode ini ke dalam sistem manajemen kualitas mereka (Eckes, 2001).

Six Sigma adalah sebuah metode yang terstruktur untuk perbaikan sistem dengan fokus pada meminimalkan penyimpangan, memodifikasi proses, serta mengurangi cacat pada produk atau jasa melalui pendekatan berbasis data dan analisis statistik. Tujuan utama *six sigma* adalah membantu individu dan proses dalam mencapai standar tinggi untuk menghasilkan produk dan layanan yang mendekati bebas cacat. Meskipun tidak menggunakan konsep *zero defect* secara mutlak, *six sigma* menyadari bahwa potensi cacat tetap ada bahkan dalam proses yang berjalan baik. Fokus utamanya adalah mengedepankan kepuasan pelanggan dengan menggunakan data dan fakta untuk menghasilkan solusi yang lebih efektif, khususnya dalam meningkatkan kepuasan pelanggan, mengurangi waktu siklus, dan menurunkan jumlah cacat.

Pelanggan pada dasarnya akan merasa puas apabila mereka menerima produk atau layanan yang sesuai dengan nilai dan ekspektasi mereka. Dalam konteks pengendalian kualitas, pencapaian tingkat kinerja proses yang tinggi sangat penting untuk memenuhi harapan tersebut. Salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengukur dan meningkatkan kualitas proses adalah metode *six sigma*, yang dirancang untuk mengurangi variasi dan cacat dalam proses produksi maupun layanan. *Six sigma* menetapkan standar yang sangat tinggi dalam hal kualitas, di mana targetnya adalah hanya 3,4 cacat per sejuta kesempatan (*Defects Per Million Opportunities* atau *DPMO*). Angka ini mencerminkan tingkat keberhasilan sebesar 99,9997%, yang berarti hampir seluruh *output* memenuhi spesifikasi pelanggan. Informasi ini diperkuat oleh data dalam Tabel 2.1 yang menunjukkan hubungan antara level *sigma*, jumlah cacat (DPMO), dan tingkat *yield* (hasil bebas cacat).

Tabel 2.1 Tingkat Kualitas *Sigma* (Sumber : Gasperz, 2007)

<i>Level Sigma</i>	DPMO	<i>Yield</i>	<i>Cost of Quality</i>	<i>Competitive Level</i>
1	690.000	30,90%	<10%	<i>World Class</i>
2	308.000	69,20%	10-15%	
3	66.800	93,30%	15-20%	<i>Industri Average</i>
4	6.210	99,94%	20-30%	
5	320	99,98%	30-40%	<i>Non Competitive</i>
6	3,4	99,99997%	>40%	

Dari tabel tersebut terlihat jelas bahwa semakin tinggi *level sigma* yang dicapai oleh suatu proses, maka semakin rendah tingkat cacat yang terjadi, dan semakin tinggi pula *yield*-nya. Sebagai contoh, proses dengan tingkat *sigma* 1 hanya mampu menghasilkan 30,90% produk yang sesuai harapan, sedangkan pada tingkat *sigma* 6, hampir seluruh produk (99,9997%) memenuhi spesifikasi pelanggan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan *level sigma* sangat signifikan dalam mendorong kualitas dan efisiensi operasional.

Dengan demikian, *six sigma* tidak hanya berfungsi sebagai alat pengendalian kualitas, tetapi juga sebagai strategi bisnis yang memungkinkan peningkatan kinerja secara dramatis, terutama di lini operasional bawah. *Six sigma* membantu perusahaan memfokuskan proses bisnis pada pelanggan, sekaligus menunjukkan kemampuan proses dalam menghasilkan produk yang konsisten dan minim cacat. Maka, semakin tinggi *level sigma* yang dicapai suatu perusahaan, semakin besar pula peluangnya untuk meningkatkan daya saing dan kepuasan pelanggan di pasar (Gasperz, 2007).

Pencapaian *level sigma* yang lebih tinggi mencerminkan jumlah cacat *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) yang lebih rendah dan tingkat *yield* yang semakin tinggi dalam suatu proses produksi. Untuk mengukur tingkat cacat secara akurat dan merepresentasikan kinerja proses secara kuantitatif, diperlukan suatu indikator yang tepat. Salah satu metrik yang umum digunakan dalam pendekatan *six sigma* adalah *Defects Per Opportunity* (DPO). DPO merupakan ukuran yang menunjukkan rasio antara jumlah cacat atau kegagalan yang terjadi dengan total peluang terjadinya cacat pada setiap unit produk. Peluang dalam konteks ini merujuk pada jumlah titik, komponen, atau elemen dalam produk yang memiliki potensi mengalami kegagalan.

Dengan memahami nilai DPO, perusahaan dapat mengevaluasi frekuensi terjadinya *defect* dalam proses produksi serta menilai tingkat efisiensi proses secara keseluruhan. Adapun rumus (2.1) digunakan untuk menghitung DPO.

$$DPO = \frac{\text{Jumlah cacat}}{\text{Total jumlah produksi} \times \text{defect opportunity}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan menggunakan DPO, perusahaan dapat memahami efisiensi prosesnya secara lebih spesifik, karena metrik ini mempertimbangkan kompleksitas setiap unit yang diproduksi. Semakin kecil nilai DPO, maka semakin baik kinerja kualitas dari suatu proses produksi. Namun, untuk kebutuhan perbandingan performa antar proses atau antar industri dalam skala yang lebih besar, digunakan metrik *Defects Per Million Opportunities* (DPMO). DPMO adalah indikator yang menyatakan jumlah kegagalan atau cacat dalam satu juta peluang terjadinya *defect*. Konsep ini memungkinkan perusahaan untuk melakukan evaluasi dan benchmarking terhadap standar kualitas secara lebih universal. Rumus (2.2) menunjukkan perhitungan angka DPMO.

$$DPMO = \left(\frac{D}{U \times O} \right) \times 1.000.000 \dots \dots \dots (2.2)$$

Di mana D adalah jumlah *defect* yang ditemukan, U adalah jumlah unit produk yang diproduksi, dan O adalah jumlah peluang terjadinya *defect* per unit. Nilai DPMO yang rendah menunjukkan bahwa proses produksi berada pada tingkat kapabilitas yang tinggi, sedangkan nilai yang tinggi menjadi indikator bahwa proses tersebut masih memerlukan perbaikan kualitas secara signifikan.

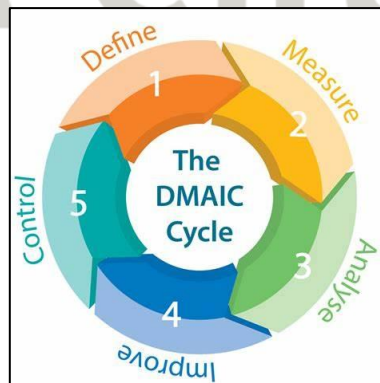
Setelah nilai DPMO diketahui, nilai tersebut kemudian diubah menjadi nilai *sigma*. Pengubahan nilai DPMO menjadi *sigma* dapat dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel*, yaitu pada rumus (2.3).

$$\text{Level sigma} = \text{NORMSINV} \left(1 - \frac{DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5 \dots \dots \dots (2.3)$$

2.5 Pendekatan DMAIC

Pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) merupakan inti dari metodologi *six sigma* yang pertama kali dikembangkan oleh Motorola pada tahun 1980-an sebagai *respons* terhadap menurunnya daya saing produk mereka. Metode ini dirancang untuk memperbaiki proses bisnis secara berkelanjutan melalui pengurangan variasi dan peningkatan kualitas berbasis data. Eckes (2001) menjelaskan bahwa keberhasilan penerapan *six sigma* tidak hanya bergantung pada pendekatan teknis, tetapi juga memerlukan perubahan budaya organisasi. Seiring waktu, pendekatan ini berkembang dengan mengintegrasikan prinsip *lean manufacturing*, menghasilkan metode *lean six sigma* yang menekankan efisiensi proses sekaligus menjaga kualitas, sehingga menjadikan DMAIC sebagai fondasi utama dalam upaya perbaikan proses yang lebih menyeluruh dan efektif.

Ada beberapa teknik yang dapat digunakan untuk membantu pemenuhan dan juga membantu proses pembuatan dengan menggunakan pendekatan *six sigma*, khususnya pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*). Pendekatan ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan dan menstabilkan metode manufaktur selain taktik perusahaan di dalam perusahaan, dan pendekatan ini merupakan siklus pengembangan. DMAIC adalah cara untuk menggunakan sistem data yang tepat untuk menghilangkan cacat, kerusakan, atau pemborosan serta mengelola masalah yang ada di bidang manufaktur, layanan, kontrol, dan aktivitas perusahaan lainnya dengan sangat baik.



Gambar 2.1 DMAIC Cycle (Sumber : Deepak, 2021)

Munro dkk., (2015) menjelaskan bahwa DMAIC merupakan kerangka kerja sistematis yang paling umum digunakan oleh praktisi *six sigma*. Langkah-langkah dalam *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control* (DMAIC), membantu tim dalam memahami permasalahan proses, mengidentifikasi akar penyebab, serta merancang dan menerapkan solusi yang berkelanjutan. Setiap perusahaan dituntut untuk mampu menjaga kualitas produknya agar tetap sesuai dengan harapan pelanggan. Guna mencapai hal tersebut, diperlukan suatu pendekatan yang terstruktur dalam menganalisis, mengembangkan, dan mengendalikan proses produksi maupun layanan. DMAIC hadir sebagai salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi potensi kesalahan secara signifikan. Melalui penerapannya, perusahaan tidak hanya mampu menyelesaikan masalah yang ada, tetapi juga dapat menciptakan nilai tambah bagi pelanggan. Pada sub bab selanjutnya akan dijelaskan lima tahapan utama dalam pendekatan DMAIC yang menjadi inti dari metode *six sigma*.

2.5.1 Tahap *Define*

Tahap *define* merupakan tahap pertama dalam siklus *six sigma*. Tahapan ini berfungsi untuk mengidentifikasi permasalahan utama, menentukan tujuan perbaikan proses, serta mengenali kebutuhan pelanggan baik secara internal maupun eksternal. Pada tahap ini, proyek perbaikan mulai dirumuskan dengan menetapkan ruang lingkup dan arah tujuan yang jelas agar selaras dengan kebutuhan bisnis dan pelanggan. Dengan mengidentifikasi sejak awal, perusahaan dapat lebih terarah dalam menentukan fokus perbaikan yang benar-benar berdampak terhadap kualitas proses dan *output*. Dalam konteks pengendalian kualitas, mengidentifikasi spesifikasi atau standar kritis yang harus dijaga konsistensinya selama proses produksi agar hasil akhir tidak mengalami cacat atau kegagalan fungsi. Untuk mendukung proses ini, analisis terhadap jenis cacat produk yang sering muncul selama produksi menjadi penting. Data tersebut membantu mengungkap aspek-aspek krusial yang memerlukan pengendalian lebih ketat. Pada tabel 2.2 menunjukkan jenis cacat produk.

Tabel 2.2 Data Jenis Cacat Produk

No.	Jenis Cacat	Jumlah Cacat	Persentase (%)	Persentase Kumulatif (%)

2.5.2 Tahap *Measure*

Tahap kedua dalam metode DMAIC adalah *measure*, yang berfokus pada pengukuran kinerja proses saat ini untuk memahami sejauh mana permasalahan kualitas terjadi. Pada tahap ini, data dikumpulkan secara sistematis untuk mengukur tingkat cacat serta mengidentifikasi titik-titik kritis dalam proses produksi. Untuk mendukung analisis, dilakukan perhitungan *Defects per Opportunity* (DPO), *Defects per Million Opportunities* (DPMO), dan *level sigma* guna mengetahui tingkat kapabilitas proses secara lebih terukur. Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat memperoleh gambaran objektif terhadap kondisi proses saat ini sebagai dasar untuk perbaikan di tahap berikutnya.

2.5.3 Tahap *Analyze*

Tahap *Analyze* merupakan proses analisis yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan memahami akar penyebab dari permasalahan yang terjadi dalam proses produksi. Pada tahap ini, data yang telah dikumpulkan dianalisis untuk mengetahui hubungan antara faktor-faktor penyebab dan masalah yang muncul. Analisis dilakukan secara sistematis untuk menemukan penyebab utama yang paling berpengaruh, sehingga dapat ditentukan fokus perbaikan. Dalam penelitian ini, digunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA) untuk menelusuri akar penyebab utama secara logis dan bertahap, serta *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menilai tingkat risiko dari setiap penyebab yang telah diidentifikasi.

2.5.3.1 *Root Cause Analysis*

Root Cause Analysis (RCA) merupakan metode analisis yang sistematis dan terstruktur untuk mengidentifikasi akar penyebab dari suatu permasalahan atau kegagalan dalam proses, sistem, atau peralatan. Metode ini tidak hanya berfokus pada

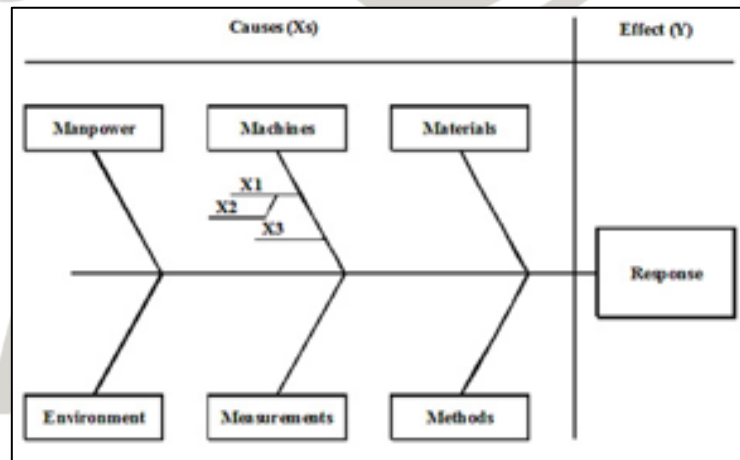
gejala yang tampak, tetapi menelusuri hingga ke sumber utama masalah dengan tujuan mencegah terulangnya kejadian serupa di masa depan. Penerapan RCA bertujuan untuk meningkatkan keandalan sistem, memperbaiki proses secara berkelanjutan, serta meningkatkan ketersediaan dan stabilitas operasional. Dengan menemukan akar penyebab secara tepat, tindakan korektif yang diambil menjadi lebih efektif dan berdampak langsung terhadap peningkatan mutu, efisiensi kerja, keselamatan pekerja, dan perlindungan lingkungan kerja (Fajrin dan Sulistiyowati, 2018).

Terdapat berbagai metode evaluasi yang digunakan secara terstruktur untuk mengidentifikasi akar penyebab dari suatu permasalahan. Menurut Jing (2008), terdapat lima metode populer yang sering diterapkan, yaitu: *is/is not comparative analysis*, sebuah pendekatan komparatif yang efektif untuk masalah sederhana dan memberikan gambaran detail terkait kondisi yang terjadi. *5 Why Method*, metode sederhana namun mendalam untuk menelusuri akar masalah dengan mengajukan pertanyaan “mengapa” secara berulang. *Fishbone diagram* adalah alat analisis visual yang efektif untuk mengelompokkan dan menginvestigasi berbagai faktor penyebab secara sistematis. *Cause and effect matrix*, yang menyajikan hubungan antara penyebab dan akibat dalam bentuk tabel disertai pembobotan untuk mengetahui pengaruh tiap faktor, serta *root cause tree*, metode yang cocok untuk menganalisis masalah yang kompleks melalui pemetaan hierarkis sebab dan akibat. Kelima metode ini dapat dipilih sesuai tingkat kompleksitas dan kebutuhan analisis dari suatu permasalahan.

Vanden dkk., (2008) menyatakan bahwa metode *Root Cause Analysis* (RCA) merupakan pendekatan sistematis yang bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab dari suatu permasalahan, khususnya kejadian yang bersifat kritis dan berdampak terhadap performa proses produksi. Langkah awal dalam penerapan metode ini adalah melakukan identifikasi serta klarifikasi terhadap suatu kejadian yang tidak diharapkan. Pada tahap ini, fokus diarahkan pada peristiwa yang menimbulkan konsekuensi signifikan terhadap efisiensi atau kualitas proses, sehingga menuntut adanya tindakan korektif yang bersifat strategis. Setelah kejadian didefinisikan secara rinci, langkah berikutnya adalah melakukan pengumpulan data yang komprehensif,

baik dalam bentuk data kuantitatif maupun kualitatif, termasuk informasi faktual, kronologi kejadian, serta faktor-faktor yang berpotensi menjadi pemicu masalah.

Data yang telah terkumpul kemudian disusun secara sistematis dalam *event and causal factor table*, yaitu suatu alat bantu visual yang memungkinkan tim analisis untuk memetakan keterkaitan antar kejadian, kondisi, serta faktor penyebab potensial. Penyusunan tabel ini bertujuan untuk mempermudah proses analisis kausal dan menghindari kesimpulan yang prematur. Tahap selanjutnya adalah melakukan identifikasi terhadap mode-mode kegagalan hingga mencapai level paling mendasar, melalui pendekatan analisis bertingkat. Dalam konteks ini, digunakan teknik "*five why analysis*", yaitu metode yang mengharuskan analisis untuk menelusuri akar penyebab dengan terus mempertanyakan alasan di balik setiap penyebab hingga ditemukan faktor utama yang menjadi pemicu awal dari permasalahan yang terjadi. Pendekatan ini memungkinkan analisis yang lebih mendalam dan objektif, serta mencegah terjadinya perbaikan yang bersifat superfisial.



Gambar 2.2 Root Cause Analysis (Sumber : Flaig, 2013)

Setelah akar penyebab teridentifikasi dengan validasi yang memadai, maka dirancanglah rencana perbaikan yang tidak hanya bersifat solutif dalam jangka pendek, tetapi juga bersifat preventif untuk menghindari terulangnya masalah serupa di masa depan. Perencanaan ini mencakup penyusunan langkah-langkah teknis, penyesuaian prosedur operasional, serta pelibatan sumber daya yang relevan. Tahap akhir dalam

metode RCA adalah mengevaluasi efektivitas dari tindakan perbaikan yang telah diterapkan. Evaluasi ini dilakukan melalui pengukuran terhadap hasil implementasi, untuk memastikan bahwa solusi yang diambil benar-benar mampu mengeliminasi akar penyebab dan memberikan dampak positif yang berkelanjutan terhadap sistem produksi. Dengan demikian, metode RCA tidak hanya berfungsi sebagai alat penyelesaian masalah, tetapi juga sebagai pendekatan strategis dalam peningkatan mutu dan manajemen risiko operasional.

2.5.3.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengukur potensi kegagalan dalam suatu proses atau sistem. Melalui pendekatan ini, setiap kemungkinan kegagalan dapat dipelajari lebih awal sehingga memungkinkan dilakukan tindakan mitigasi untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan. Dengan penerapan FMEA secara efektif, risiko kegagalan dapat diminimalkan, serta peluang terjadinya gangguan serius atau kegagalan total pada proses dapat ditekan secara signifikan (Kifta dan Munzir, 2018).

Suatu mode kegagalan mencakup segala bentuk kecacatan atau ketidaksesuaian yang dapat terjadi pada produk atau proses, baik dalam tahap desain maupun produksi. Hal ini meliputi kondisi di luar batas spesifikasi yang ditetapkan, kesalahan dalam perakitan, cacat material, hingga perubahan yang tidak diinginkan yang menyebabkan terganggunya fungsi produk. Untuk mengantisipasi dan mengendalikan potensi kegagalan tersebut, metode FMEA diterapkan melalui beberapa langkah, yaitu: mengidentifikasi proses atau produk/jasa, mencatat potensi masalah beserta efek dan penyebabnya, menilai setiap masalah berdasarkan tingkat keparahan (*severity*), kemungkinan kejadian (*occurrence*), dan kemampuan deteksi (*detection*), kemudian menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan mengalikan ketiga nilai tersebut, serta menentukan solusi prioritas yang harus segera dilakukan guna mencegah kegagalan yang lebih serius (Backtiar dkk, 2021).

Menurut Stamatis (2003), tujuan utama dari penerapan FMEA adalah untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi kegagalan yang mungkin terjadi dalam suatu proses, produk, atau sistem, serta menganalisis dampak dari kegagalan tersebut terhadap kinerja secara keseluruhan. FMEA dirancang untuk membantu tim dalam mengantisipasi kemungkinan kesalahan sebelum terjadi, sehingga tindakan pencegahan dan perbaikan dapat direncanakan secara sistematis. Menurut Tang (2021), pelaksanaan FMEA diawali dengan pengumpulan berbagai data penting sebagai *input*, di antaranya spesifikasi produk, prosedur operasi standar (SOP), deskripsi pekerjaan, analisis tugas, serta kajian terhadap pesaing. Informasi tersebut menjadi dasar dalam mengidentifikasi potensi kegagalan yang mungkin terjadi selama proses atau dalam hasil akhir produk. Dari analisis ini, FMEA menghasilkan output berupa identifikasi jenis kegagalan potensial beserta penyebabnya, indikator risiko, nilai *Risk Priority Number* (RPN), serta usulan tindakan preventif yang bertujuan untuk mengurangi tingkat risiko dan mencegah terulangnya kegagalan serupa. Hasil ini dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan perbaikan, sebagaimana dirangkum dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Contoh Tabel FMEA (Sumber : Tang, 2021)

<i>Process function</i>	<i>Potential Failure mode</i>	<i>Potential failure effect</i>	<i>Possible Severity</i>	<i>Possible cause of failure</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Current control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommendation action</i>

Tabel FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) adalah alat penting dalam manajemen mutu yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan memprioritaskan potensi kegagalan dalam suatu proses atau sistem, serta menyusun langkah-langkah perbaikan yang tepat. Kolom pertama dalam tabel ini adalah "*Process Function*", yang berfungsi untuk mencatat fungsi utama dari proses, komponen, atau item yang sedang dianalisis. Informasi dalam kolom ini mencakup identifikasi bagian sistem yang relevan, termasuk kode komponen (jika tersedia), nama proses, serta

deskripsi tentang tujuan atau peran fungsi tersebut dalam keseluruhan sistem. Identifikasi ini menjadi dasar utama dalam proses analisis risiko.

Kolom berikutnya, yaitu "*Failure Mode*", mencantumkan semua bentuk kegagalan yang secara kredibel dapat terjadi pada proses atau fungsi tersebut. Kegagalan ini bisa berupa kerusakan fisik, cacat fungsi, kesalahan operasi, atau deviasi dari spesifikasi yang ditetapkan. Informasi kegagalan ini umumnya diperoleh dari data historis, hasil pengujian, pengalaman masa lalu, atau rekomendasi teknis dari produsen. Jika suatu fungsi memiliki lebih dari satu mode kegagalan, semuanya harus dicatat dan dianalisis secara individual. Setelah mode kegagalan ditentukan, kolom "*Failure Effect*" akan menjelaskan dampak langsung dan akhir dari kegagalan tersebut. Dampak ini dapat dilihat dari dua sisi: efek langsung terhadap fungsi berikutnya (*immediate effect*) dan efek menyeluruh terhadap sistem (*system effect*), seperti gangguan pada operasional, kualitas produk, keselamatan kerja, atau ketidakpuasan pelanggan.

Pada kolom "*Severity*" menunjukkan tingkat keparahan dari dampak kegagalan tersebut. Nilai *severity* diberikan dalam skala numerik (biasanya 1–10), di mana angka yang lebih tinggi menandakan konsekuensi yang lebih parah. Penilaian ini penting untuk memprioritaskan kegagalan berdasarkan tingkat risikonya terhadap keselamatan, performa sistem, atau kepuasan pelanggan. Kolom "*Possible Cause of Failure*" berfungsi untuk mencantumkan semua faktor penyebab yang mungkin memicu terjadinya mode kegagalan yang telah diidentifikasi. Penyebab ini bisa berasal dari kegagalan fisik, aus, beban berlebih, suhu ekstrem, getaran, kesalahan manusia, hingga faktor lingkungan. Semua kondisi atau kombinasi kondisi yang dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya kegagalan harus didokumentasikan untuk analisis selanjutnya.

Berikutnya adalah kolom "*Occurrence*", yang menggambarkan seberapa besar kemungkinan atau frekuensi terjadinya penyebab kegagalan tersebut. Nilai ini juga dinyatakan dalam skala numerik dan sebaiknya didasarkan pada data historis atau estimasi berdasarkan keahlian teknis. Kemudian, kolom "*Current Control*" menjelaskan mekanisme pengendalian atau langkah-langkah pencegahan yang saat ini

telah diterapkan untuk mendeteksi atau mencegah kegagalan. Ini dapat mencakup pemeriksaan manual, inspeksi otomatis, sensor, pengujian berlapis, atau prosedur kerja standar. Penilaian terhadap kontrol ini penting untuk meninjau seberapa efektif tindakan pencegahan saat ini bekerja.

Kolom "*Detection*" memberikan nilai numerik atas kemampuan sistem saat ini dalam mendeteksi kegagalan sebelum berdampak secara serius. Semakin tinggi nilainya, semakin sulit mendeteksi kegagalan tersebut. Dengan demikian, skor detection digunakan untuk menilai efektivitas sistem dalam mengenali dan mengendalikan potensi masalah. Ketiga skor (*Severity*, *Occurrence*, *Detection*) kemudian digunakan untuk menghitung RPN (*Risk Priority Number*), yang merupakan nilai kuantitatif dari risiko yang digunakan untuk menentukan prioritas tindakan.

Kolom terakhir "*Recommendation Action*" berisi tindakan atau rekomendasi korektif yang harus dilakukan untuk mengurangi tingkat keparahan, kemungkinan terjadinya, atau meningkatkan deteksi dari kegagalan. Tindakan ini dapat berupa modifikasi desain, pelatihan operator, peningkatan sistem inspeksi, penguatan kontrol kualitas, atau perubahan proses produksi. Tujuannya adalah untuk menurunkan nilai RPN dan secara keseluruhan memperbaiki keandalan serta keselamatan sistem.

Risk Priority Number (RPN) adalah suatu metrik kuantitatif dalam metode FMEA yang digunakan untuk menilai dan memprioritaskan potensi kegagalan berdasarkan tingkat keparahan (*severity*), kemungkinan terjadinya (*occurrence*), dan kemampuan mendeteksi sebelum terjadi (*detection*). Nilai RPN diperoleh dari hasil perkalian ketiga skor tersebut dan digunakan sebelum usulan perbaikan diterapkan untuk mengidentifikasi mode kegagalan yang paling kritis. RPN memiliki rentang nilai dari 1 (paling rendah) hingga 1000 (paling tinggi), di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat risiko yang lebih serius dan membutuhkan penanganan segera. RPN secara luas digunakan dalam industri sebagai alat bantu dalam menentukan fokus perbaikan pada bagian atau proses yang memiliki dampak paling besar terhadap kualitas dan keandalan produk. Rumus (2.8) digunakan untuk menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN).

$$RPN = \text{Severity (S)} \times \text{Occurrence (O)} \times \text{Detection (D)} \dots \dots \dots (2.8)$$

Nilai RPN ini memberikan panduan bagi perusahaan dalam mengidentifikasi area yang memerlukan tindakan perbaikan segera, sehingga proses pemeliharaan maupun peningkatan kualitas dapat dilakukan secara lebih terarah dan efektif.

Komponen pertama, *severity*, menunjukkan tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan apabila suatu kesalahan terjadi. Nilainya berada pada skala 1 hingga 10, di mana skor 10 menunjukkan dampak yang sangat serius terhadap keseluruhan sistem atau proses. Semakin tinggi nilai *severity*, semakin kritis konsekuensi yang ditimbulkan dari kegagalan tersebut. Penilaian tingkat keparahan ini biasanya didasarkan pada potensi bahaya terhadap keselamatan, kualitas produk, atau performa sistem. Tingkatan untuk skala *severity* dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai *Severity* (Sumber : Gaspersz, 2007)

<i>Effect</i>	<i>Severity of Effect</i>	<i>Rating</i>
Tidak Ada	Tidak ada pengaruh yang ditimbulkan dari bentuk kegagalan	1
Sangat Minor	Gangguan sangat kecil pada proses, tidak memengaruhi fungsi produk.	2
Minor	Gangguan sangat kecil pada proses, tidak memengaruhi fungsi produk.	3
Sangat Rendah	Produk harus dipilah dan diperbaiki sebagian, namun masih berfungsi dan <i>defect</i> umumnya tidak terlihat pelanggan.	4
Rendah	Produk tetap berfungsi tapi ada penurunan performa atau gangguan ringan di proses produksi.	5
Sedang	Produk tidak dapat berfungsi optimal dan perlu perbaikan signifikan sebelum digunakan.	6
Tinggi	Produk harus dibongkar ulang dan performanya terganggu serius meskipun masih bisa digunakan	7
Sangat Tinggi	Produk gagal total, tidak dapat diperbaiki, dan menyebabkan kehilangan fungsi utama.	8
Serius	Kegagalan membahayakan operator atau produk tapi masih didahului peringatan	9
Ekstrem	Kegagalan membahayakan dan terjadi tanpa peringatan, serta melanggar standar keselamatan	10

Selanjutnya, *occurrence* mengacu pada frekuensi atau kemungkinan terjadinya kegagalan akibat suatu penyebab tertentu. Nilai ini juga berada pada skala 1 sampai 10, dengan angka 10 menunjukkan kemungkinan kejadian yang sangat tinggi. Penilaian dilakukan berdasarkan data historis atau perkiraan frekuensi kumulatif dari kegagalan yang serupa. Identifikasi penyebab potensial kegagalan menjadi dasar dalam menentukan nilai ini, sehingga perusahaan dapat memahami risiko berdasarkan kecenderungan yang pernah terjadi. Nilai *Occurrence* secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Nilai *Occurrence* (Sumber : Gaspersz, 2007)

<i>Probability of Failure</i>		<i>Rating</i>
<i>Extreme</i>	91-100 per 100 pcs	10
<i>Very High</i>	81-90 per 100 pcs	9
<i>High</i>	71-80 per 100 pcs	8
<i>High</i>	61-70 per 100 pcs	7
<i>Moderate</i>	51-60 per 100 pcs	6
<i>Moderate</i>	41-50 per 100 pcs	5
<i>Moderate</i>	31-40 per 100 pcs	4
<i>Low</i>	21-30 per 100 pcs	3
<i>Low</i>	11-20 per 100 pcs	2
<i>Remote</i>	0-10 per 100 pcs	1

Komponen ketiga, *detection*, merepresentasikan kemampuan sistem kontrol saat ini dalam mendeteksi kegagalan sebelum sampai ke pelanggan atau menyebabkan kerusakan lebih lanjut. Semakin rendah nilai *detection* (skor mendekati 1), maka semakin baik kemampuan sistem dalam mengidentifikasi kegagalan lebih awal. Sebaliknya, nilai 10 menunjukkan bahwa kegagalan sulit dideteksi dan berisiko luput dari pengawasan. Nilai *Detection* secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Skala peringkat RPN diperoleh dengan mengalikan skor *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*. Setelah nilai RPN ditentukan, maka skala peringkat RPN dapat diukur. Semakin tinggi nilai RPN, semakin besar masalahnya dan perlu segera diperbaiki. Jadi RPN membantu dalam penentuan prioritas masalah dan manajemen masalah. Skala berlaku untuk penentuan nilai RPN dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.6 Nilai *Detection* (Sumber : Gaspersz, 2007)

<i>Detection</i>	<i>Likehood of Detection</i>	<i>Rating</i>
Hampir Tidak mungkin	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi	10
Sangat Jarang	Alat pengontrol saat ini sangat sulit mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan	9
Jarang	Alat pengontrol saat ini sulit mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	8
Sangat rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk bentuk dan penyebab kegagalan sangat rendah	7
Rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan rendah	6
Sedang	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang	5
Agak tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang sampai tinggi	4
Tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan tinggi	3
Sangat tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat tinggi	2
Hampir pasti	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan hampir pasti	1

Tabel 2.7 Kategori Nilai RPN

RPN	Kategori Kekritisitas
≥ 200	Tinggi
100-199	Sedang
1-99	Rendah

Risk Priority Number (RPN) dikelompokkan ke dalam tiga tingkatan kekritisitas yang berfungsi untuk menentukan prioritas dalam penanganan risiko. Pertama, nilai RPN sebesar 200 atau lebih dikategorikan sebagai tinggi dan memerlukan tindakan segera dengan perencanaan dan alokasi sumber daya yang tepat. Kedua, nilai RPN di rentang 100 hingga 199 diklasifikasikan sebagai sedang, membutuhkan tindak lanjut cepat meski belum kritis. Terakhir, jika nilai RPN berada pada kisaran 1 hingga 99, maka risiko tersebut masuk kategori rendah dan masih dapat ditangani menggunakan prosedur standar yang sudah ada tanpa perlu tindakan luar biasa. Klasifikasi ini menjadikan RPN sebagai alat strategis dalam manajemen risiko dan pengambilan

keputusan, serta dapat mendukung efektivitas program *continuous improvement* di berbagai sektor manufaktur maupun jasa.

2.5.4 Tahap *Improve*

Tahap *improve* merupakan langkah keempat dalam siklus DMAIC yang fokus pada penerapan solusi perbaikan berdasarkan hasil identifikasi akar penyebab dan prioritas risiko yang telah dianalisis pada tahap sebelumnya. Tujuan utama dari tahap ini adalah mengurangi jumlah cacat produk dengan menurunkan nilai *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) serta meningkatkan *level sigma* sebagai indikator kinerja proses. Usulan perbaikan disusun secara sistematis untuk memastikan solusi dapat diterapkan secara efektif, dilakukan evaluasi berkala, serta tindak lanjut perbaikan secara berkelanjutan sehingga mencapai hasil optimal.

2.5.5 Tahap *Control*

Tahap *control* merupakan fase terakhir dalam siklus DMAIC yang memiliki peran penting untuk memastikan bahwa hasil perbaikan yang telah diterapkan pada tahap *improve* dapat dipertahankan secara konsisten. Pada tahap ini, tim secara aktif memantau dan mengamati kinerja proses untuk mengetahui apakah peningkatan yang diharapkan benar-benar tercapai dan bertahan dalam jangka panjang. Meskipun proses telah mencapai standar tinggi seperti, kontrol yang berkelanjutan tetap diperlukan agar keberhasilan tidak hanya bersifat sementara.

Langkah utama dalam fase *control* meliputi pemantauan hasil perbaikan agar tetap stabil dan mengurangi risiko kesalahan atau kerusakan. Selain itu, hasil perbaikan harus terus diukur dan dianalisis, misalnya melalui perhitungan ulang level sigma untuk melihat apakah perbaikan yang dilakukan sebelumnya berhasil atau tidak. Selanjutnya, tim perlu menyusun rencana kendali dan standar operasional prosedur (SOP) dan formulir *checklist* yang mengatur proses kontrol dan penggunaan alat. Informasi mengenai SOP dan rencana kontrol juga harus disosialisasikan kepada seluruh pihak yang bertanggung jawab untuk menjamin kelangsungan proses yang telah diperbaiki.

2.6 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian ini, peneliti menggunakan jurnal dari penelitian terdahulu sebagai dasar teori. Hal ini bertujuan sebagai perbandingan dan acuan yang dapat mendukung serta memperkuat landasan penelitian. Penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai referensi oleh peneliti yang dijelaskan pada paragraf selanjutnya.

Hartono dkk., (2024) melakukan penelitian yang berjudul “Analisa DMAIC dan FMEA Produk *Packaging Tube* Di PT Arisu”, penelitian ini berfokus terhadap peningkatan kualitas produk *packaging tube* merek Garnier Men TOC Scrub 100 ml EB. Penelitian ini menggunakan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) sebagai kerangka kerja *Six Sigma*, serta metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi akar penyebab dan memprioritaskan risiko cacat berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa jenis cacat yang dominan meliputi register error, potongan tidak rata, *varnish* tidak merata, noda tinta, *gearmark*, goresan, dan kegagalan penyambungan (*welding fail*). Berdasarkan analisis diagram Pareto, ditemukan bahwa 80% masalah kualitas berasal dari tiga jenis cacat utama, yaitu register error (25%), potongan tidak rata (22%), dan *welding fail* (18%). Setelah implementasi langkah perbaikan, tingkat kecacatan berhasil diturunkan dari 12% menjadi 5% dalam periode *monitoring* selama satu bulan. Namun meskipun menggunakan metode DMAIC, pada tahap *Improve* tidak dijelaskan secara spesifik metode atau teknik perbaikan yang digunakan, sehingga dapat menjadi catatan dan saran untuk penelitian selanjutnya agar lebih sistematis.

Muhtadin (2022) dalam penelitiannya yang berjudul “Perbaikan Kualitas dan Evaluasi Proses Pengemasan Benih Padi Menggunakan Metode *Six sigma* dan *Fishbone Analysis Diagram* (Studi Kasus : PT Agri Makmur Pertiwi)”. berfokus pada analisis tingkat kecacatan dalam proses pengemasan produk melalui perhitungan DPMO dan *level Six Sigma*. Penelitian ini juga mengidentifikasi faktor-faktor penyebab cacat menggunakan diagram fishbone serta mengembangkan proses pengemasan yang sesuai guna meningkatkan kualitas produk secara menyeluruh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah produk cacat selama dua tahun terakhir cukup

besar, yaitu sebanyak 51.474 unit atau 6,2% dari total produksi, dengan jenis cacat dominan berupa *printing label* dan *QR code*, *hologram*, serta *sealing*. Peneliti juga menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) dan berhasil merumuskan 17 target spesifikasi untuk meningkatkan kualitas pengemasan. Namun, penelitian ini tidak menyertakan analisis FMEA, sehingga belum mampu memprioritaskan jenis cacat berdasarkan tingkat keparahan, frekuensi kejadian, dan kemudahan deteksi secara sistematis. Padahal, FMEA penting untuk mengidentifikasi potensi kegagalan paling kritis dan menetapkan prioritas perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), sehingga hasil analisis menjadi lebih terarah dan efektif dalam meningkatkan kualitas produk.

Anbiya (2021) dalam penelitiannya yang berjudul "Peningkatan Kualitas Kemasan di PT Agri Makmur Pertiwi dengan Metode Six Sigma" berfokus pada upaya peningkatan kualitas kemasan benih melalui pendekatan *Six sigma* dengan tahapan DMAIC. Berdasarkan hasil analisis, rata-rata proporsi kecacatan pada mesin pengemasan otomatis 250 gram mencapai 5,47%, dengan nilai DPMO sebesar 21.138, yang menunjukkan bahwa dari satu juta kemasan masih terdapat sekitar 21.138 unit yang cacat atau rusak. Analisis lebih lanjut mengungkap empat penyebab utama cacat kemasan, yaitu pergeseran kemasan secara vertikal dan horizontal, ketiadaan instruksi kerja yang membahas pencegahan pergeseran, serta kondisi sensor pusat yang kotor akibat debu. Namun, penelitian ini memiliki beberapa kekurangan. Tahap Control dalam siklus DMAIC tidak dijalankan, sehingga efektivitas jangka panjang dari solusi yang diusulkan belum dapat dipastikan. Selain itu, tidak ada pembuktian empiris yang menunjukkan penurunan tingkat cacat setelah perbaikan dilakukan. Evaluasi ulang terhadap nilai DPMO atau RPN pasca-*improvement* juga tidak disampaikan.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa metode *Six sigma* dengan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) banyak digunakan dalam industri manufaktur, khususnya untuk menganalisis dan meningkatkan kualitas proses pengemasan serta mengidentifikasi penyebab cacat produk. Kajian empiris tersebut menunjukkan bahwa penerapan DMAIC efektif dalam menurunkan tingkat kecacatan melalui langkah-

langkah sistematis. Sementara itu, penelitian ini tidak hanya berfokus pada pengukuran dan analisis kualitas, tetapi juga mengintegrasikan metode *Six sigma* DMAIC dengan analisis FMEA untuk memprioritaskan risiko kegagalan dan merancang perbaikan yang lebih terarah serta berdampak signifikan terhadap peningkatan kualitas produk.



UNIVERSITAS
MA CHUNG

Bab III

Metodologi Penelitian

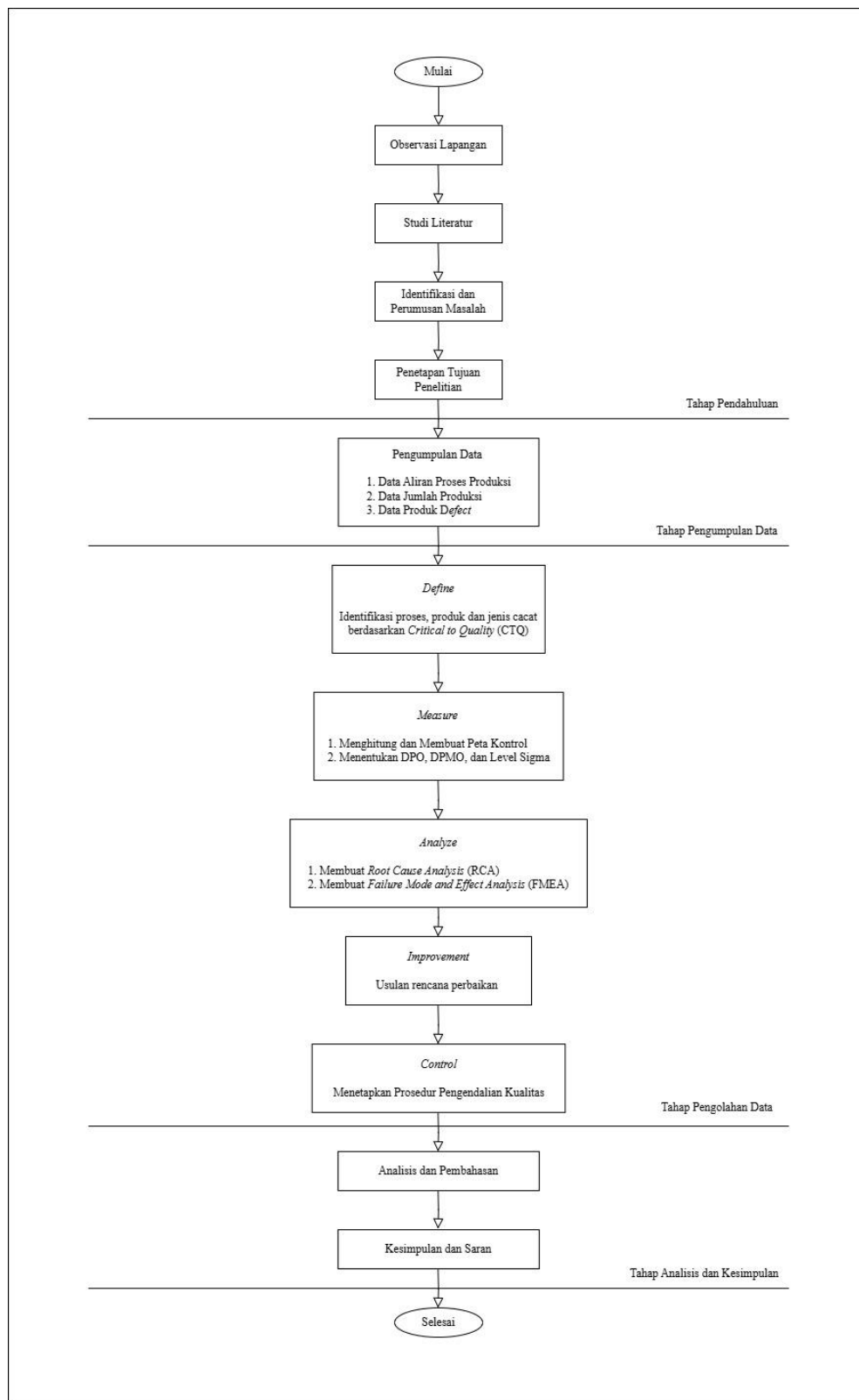
Pada bab ini membahas secara sistematis mengenai pendekatan dan tahapan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian. Metodologi penelitian mencakup urutan langkah-langkah yang dilakukan, jenis dan sumber data yang digunakan, serta penyusunan diagram alir penelitian sebagai panduan alur proses analisis yang dilakukan.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT XYZ. Fokus penelitian berada pada lini produksi kosmetik khususnya pada proses produksi produk *lotion*, karena area ini memiliki tingkat kecacatan produk yang cukup tinggi dan menjadi perhatian dalam peningkatan kualitas. Pengumpulan data dilakukan selama bulan Agustus 2024 hingga Maret 2025. Rentang waktu ini mencakup proses observasi lapangan, pengambilan sampel produk cacat, wawancara dengan operator, serta dokumentasi aktivitas produksi untuk mendukung analisis menggunakan metode *six sigma* dan FMEA.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian disusun berdasarkan tahapan-tahapan sistematis yang dilakukan dalam penelitian ini, mulai dari identifikasi permasalahan hingga penyusunan solusi. Penyusunan diagram ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai alur proses penelitian serta langkah-langkah yang ditempuh dalam menganalisis dan menyelesaikan permasalahan kualitas. Pada gambar 3.1 berikut menyajikan diagram alir penelitian yang digunakan dalam studi ini.



Gambar 3.1 Flowchart Metodologi Penelitian

3.3 Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan merupakan langkah awal dalam pengumpulan informasi yang digunakan untuk mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan kualitas di PT XYZ. Informasi yang dikumpulkan bersumber dari observasi awal, wawancara, serta referensi dari literatur atau dokumen perusahaan yang kredibel, sehingga dapat dijadikan dasar dalam menentukan fokus penelitian dan tujuan yang ingin dicapai. Pada sub bab selanjutnya akan dijelaskan kegiatan yang dilakukan pada tahap pendahuluan.

3.3.1 Observasi Lapangan

Sebagai tahap awal, dilakukan pengamatan langsung di area produksi untuk memperoleh gambaran nyata mengenai aktivitas yang berlangsung. Kegiatan observasi dilakukan secara langsung di area kerja PT XYZ bagian produksi produk *lotion* kemasan 180 ml. Pengamatan dilakukan secara menyeluruh terhadap alur proses, dimulai dari tahap pengisian produk ke dalam kemasan hingga tahap pengepakan akhir. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan, ditemukan adanya kegagalan dalam proses produksi produk *lotion* ukuran 180 ml, yang ditandai dengan tingginya tingkat cacat pada aspek fisik kemasannya. Selain melakukan pengamatan visual terhadap proses yang berlangsung, peneliti juga melakukan pengumpulan informasi melalui wawancara langsung dengan personel terkait, antara lain operator lini produksi, pengawas area (*line leader*), dan *staff quality control*.

3.3.2 Studi Literatur

Tahap studi literatur bertujuan untuk memperoleh landasan teori dan referensi ilmiah yang mendukung analisis terhadap permasalahan cacat pada kemasan produk *lotion* ukuran 180 ml di lini produksi. Literatur yang digunakan meliputi jurnal ilmiah, buku akademik, serta hasil penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik peningkatan kualitas kemasan, penerapan *six sigma*, dan metode FMEA. Secara umum, studi literatur ini difokuskan pada pendalaman konsep *six sigma*, mulai dari prinsip dasar, tahapan metodologi DMAIC, hingga alat bantu (*tools*) yang digunakan dalam proses perbaikannya. Selain itu, metode pendukung seperti *Root Cause Analysis* (RCA)

dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) juga dikaji sebagai bagian dari pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengatasi akar penyebab cacat produk.

3.3.3 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk menelusuri secara menyeluruh sumber permasalahan kualitas yang terjadi pada proses produksi produk *lotion* dengan kemasan 180 ml. Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab utama dan akar permasalahan kualitas yang terjadi. Berdasarkan hasil observasi langsung dan wawancara dengan pihak terkait, ditemukan bahwa produk mengalami berbagai bentuk kecacatan, terutama pada bagian fisik kemasan. Kondisi ini menyebabkan meningkatnya jumlah produk cacat, yang berpotensi menimbulkan kerugian finansial bagi perusahaan serta menurunkan tingkat kepercayaan konsumen terhadap mutu produk yang dihasilkan.

Setelah masalah diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah merumuskan fokus utama perbaikan yang akan dilakukan. Perumusan masalah bertujuan untuk memperjelas batasan dan arah dari kegiatan penelitian. Dalam hal ini, isu utama yang menjadi perhatian adalah tingginya tingkat cacat pada kemasan produk *lotion* 180 ml. Oleh karena itu, ditetapkan bahwa pendekatan perbaikan kualitas akan dilakukan menggunakan metode *six sigma* guna mengurangi tingkat kecacatan dan meningkatkan performa proses pada bagian pengemasan.

3.3.4 Penentuan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini berfungsi untuk menetapkan sasaran utama yang ingin dicapai selama proses penelitian. Salah satu fokus utamanya adalah memahami langkah-langkah yang efektif untuk mengatasi permasalahan kualitas pada produk *lotion* kemasan 180 ml. Dalam penelitian ini, fokus diarahkan pada identifikasi jenis dan penyebab utama cacat pada produk *lotion* kemasan 180 ml. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap potensi kegagalan dalam proses produksi menggunakan metode FMEA untuk memahami risiko yang mungkin terjadi. Berdasarkan hasil tersebut,

peneliti merancang solusi perbaikan yang bertujuan meningkatkan mutu produk. Pada tahap akhir, hasil penelitian akan diserahkan kepada perusahaan dan diimplementasikan sebagai langkah pencegahan guna mengurangi frekuensi cacat pada lini produksi *lotion* kemasan 180 ml.

3.4 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan langkah penting dalam penelitian yang berfungsi sebagai dasar dalam melakukan analisis terhadap permasalahan yang diteliti. Data dikumpulkan untuk memperoleh gambaran nyata terkait kondisi proses produksi dan kualitas produk *lotion* kemasan 180 ml. Pengumpulan data dilakukan secara sistematis melalui berbagai sumber yang relevan agar hasil analisis yang diperoleh dapat menggambarkan kondisi aktual dan mendukung proses perbaikan. Dalam penelitian ini, data yang digunakan terbagi menjadi dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

3.4.1 Data Primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung oleh peneliti melalui wawancara dan pengamatan terhadap aktivitas di area produksi. Data ini mencakup hasil observasi lapangan serta wawancara dengan operator dan staf produksi PT XYZ. Informasi yang diperoleh meliputi alur proses produksi *lotion* kemasan 180 ml, identifikasi akar penyebab terjadinya kegagalan kemasan yang kemudian dijadikan dasar dalam penyusunan *Root Cause Analysis* (RCA), serta data penunjang untuk analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Dalam hal ini, data tingkat keparahan (*severity*), kemungkinan kejadian (*occurrence*), dan kemampuan deteksi (*detection*) dikumpulkan melalui wawancara langsung dengan pihak yang terlibat dalam proses produksi.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan informasi yang diperoleh tanpa melalui pengamatan langsung terhadap proses pengemasan, melainkan dikumpulkan dari sumber-sumber

dokumentasi yang telah tersedia. Dalam penelitian ini, data sekunder diperoleh melalui arsip dan catatan administratif dari bagian produksi PT XYZ. Informasi yang dikumpulkan mencakup data spesifikasi mesin yang digunakan, jenis dan karakteristik kemasan, jumlah produksi, serta jumlah produk cacat yang tercatat selama periode tertentu. Data ini berfungsi sebagai pelengkap untuk mendukung analisis dan membandingkan hasil observasi langsung di lapangan.

3.5 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data bertujuan untuk menganalisis data yang telah dikumpulkan guna menemukan akar permasalahan dan merancang solusi perbaikan kualitas. Dalam penelitian ini, pengolahan data dilakukan dengan pendekatan metode *six sigma* menggunakan siklus DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Metode ini diterapkan pada data primer dan sekunder yang telah diperoleh dari perusahaan. Setiap tahapan dalam siklus DMAIC menjadi panduan sistematis dalam mengevaluasi kondisi saat ini, mengidentifikasi penyebab cacat, serta menyusun dan mengimplementasikan usulan perbaikan. Adapun penjabaran masing-masing tahapan akan dijelaskan pada bagian berikutnya.

3.5.1 Define

Tahap *define* merupakan langkah awal dalam metode DMAIC yang bertujuan untuk mengidentifikasi secara jelas permasalahan kualitas yang terjadi. Dalam penelitian ini, peneliti memfokuskan identifikasi pada berbagai jenis cacat (*defect*) yang muncul dalam proses pengemasan produk *lotion* kemasan 180 ml. Setelah proses identifikasi jenis cacat selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah merangkum data tersebut ke dalam bentuk tabel guna mendukung analisis pada tahap *measure*. Penyajian data cacat ini dapat dilihat pada tabel (2.2) sebagai acuan dalam tahap pengukuran selanjutnya.

3.5.2 *Measure*

Tahap kedua dalam siklus DMAIC adalah *measure*, yang bertujuan untuk mengukur kinerja aktual proses serta tingkat kualitas kemasan produk. Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan dan pengolahan data cacat untuk menyusun peta kendali atribut, yang digunakan sebagai alat untuk memonitor kestabilan proses produksi. Perhitungan yang digunakan dalam tahap ini mengacu pada rumus-rumus yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu pada rumus (2.4), (2.5), (2.6), dan (2.7). Selanjutnya, dilakukan perhitungan *Defect per Opportunity* (DPO) dan *Defect per Million Opportunities* (DPMO) guna mengetahui frekuensi terjadinya produk cacat dalam proses produksi. Perhitungan ini mengacu pada rumus yang telah dijelaskan sebelumnya dalam rumus (2.1) dan (2.2). Selain itu, untuk mengukur kemampuan proses dalam menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi, dihitung pula nilai *level sigma* dengan menggunakan rumus (2.3).

3.5.3 *Analyze*

Tahap *analyze* merupakan langkah analisis terhadap penyebab utama cacat produk dengan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) yang divisualisasikan melalui *fishbone diagram* untuk mengelompokkan faktor penyebab berdasarkan aspek manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan. Setelah itu, analisis dilanjutkan dengan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk mengukur tingkat risiko kegagalan melalui tiga parameter: *severity*, *occurrence*, dan *detection*, yang selanjutnya dihitung dengan melihat tabel (2.4), (2.5), (2.6) dan menghasilkan *Risk Priority Number* (RPN) dengan rumus (2.8). Nilai RPN ini digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan, dan hasilnya disajikan dalam bentuk tabel untuk mendukung tahap *improve* berikutnya.

3.5.4 *Improve*

Tahap *improve* merupakan langkah keempat dalam siklus DMAIC yang difokuskan pada penerapan solusi atau usulan perbaikan berdasarkan hasil analisis FMEA pada tahap sebelumnya. Tujuan utama dari tahap ini adalah mengurangi jumlah

cacat (*defect*) pada produk dengan menurunkan nilai DPMO dan meningkatkan level sigma proses produksi. Dilakukan perhitungan kembali terkait nilai DPO, DPMO, dan *level sigma* untuk melihat apakah ada perubahan setelah dilakukan implementasi. Usulan perbaikan ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas proses dan kualitas kemasan produk lotion 180 ml secara menyeluruh.

3.5.3 *Control*

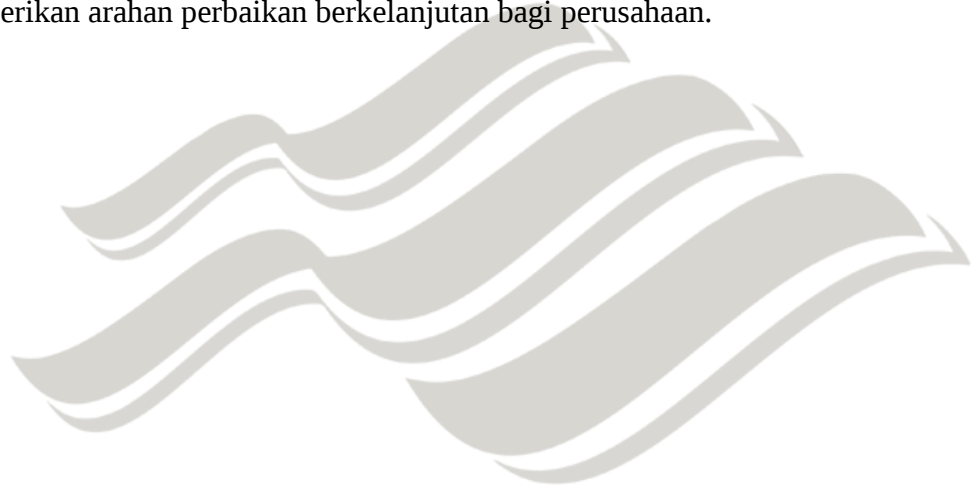
Setelah penerapan perbaikan dilakukan, langkah selanjutnya adalah menerapkan mekanisme pengendalian untuk memastikan bahwa perbaikan pada proses produksi *lotion* kemasan 180 ml berjalan dengan konsisten dan masalah serupa tidak terulang. Tahap *control* merupakan fase akhir dalam siklus DMAIC *Six Sigma* yang fokus pada pemantauan dan evaluasi hasil perbaikan kualitas. Pada tahap ini, dilakukan perhitungan ulang *level sigma* untuk melihat apakah perbaikan yang dilakukan sebelumnya berhasil atau tidak, serta digunakan alat pengendalian seperti SOP (*Standard Operating Procedure*) dan formulir *checklist* untuk mengecek kepatuhan pelaksanaan perbaikan serta menjaga kestabilan proses produksi. Dokumentasi hasil pengendalian tersebut kemudian diserahkan kepada perusahaan sebagai acuan untuk menjaga mutu dan sebagai dasar tindakan perbaikan berkelanjutan di masa mendatang.

3.6 Analisis dan Pembahasan

Tahap ini memfokuskan pada analisis dan pembahasan hasil pengolahan data dari siklus DMAIC yang telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas produk *lotion* kemasan 180 ml. Hasil pengolahan data ini digunakan untuk menemukan solusi dalam memperbaiki proses pengemasan. Analisis dilakukan mulai dari tahap *define* sampai *control* untuk menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian. Selain itu, dilakukan perbandingan kualitas produk sebelum dan sesudah penerapan perbaikan sebagai evaluasi efektivitas pengendalian kualitas yang diterapkan.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir penelitian ini adalah menyusun kesimpulan dan saran. Kesimpulan diambil dari hasil seluruh proses perbaikan kualitas kemasan yang telah dilakukan, sebagai jawaban atas tujuan penelitian yang telah ditetapkan sejak awal. Saran diberikan berdasarkan analisis terutama dari tahap *improve*, seperti *fishbone diagram*, untuk menjadi rekomendasi bagi perusahaan dan penelitian berikutnya. Dengan demikian, bagian ini menjadi penutup yang menjawab permasalahan sekaligus memberikan arahan perbaikan berkelanjutan bagi perusahaan.



UNIVERSITAS
MA CHUNG

Bab IV

Pengolahan Data dan Analisis Hasil

4.1 Proses Produksi Produk X

Proses produksi di departemen *cosmetic* terdiri atas beberapa tahapan utama yang saling berkaitan dan berlangsung secara berkesinambungan. Produksi produk X diawali dengan penggunaan mesin IWK, yaitu mesin otomatis yang berfungsi untuk melakukan proses pengisian (*filling*) produk ke dalam kemasan *tube* dan penyegelan (*sealing*) bagian ujung *tube*. Mesin ini dirancang untuk memastikan volume produk yang diisi sesuai standar, menjaga kebersihan selama proses berlangsung, dan menjamin kualitas penutupan kemasan agar tidak terjadi kebocoran atau kerusakan selama distribusi.



Gambar 4.1 Ilustrasi Mesin IWK (Sumber : Bhagwati Pharma, 2023)

Selain itu, mesin IWK juga dilengkapi dengan sistem pencetakan kode produksi yang berfungsi sebagai identitas *batch* untuk keperluan pelacakan dan kontrol mutu. Seluruh proses dalam mesin IWK berjalan secara terintegrasi dan otomatis, sehingga mendukung efisiensi waktu dan konsistensi kualitas produk. Tahapan ini menjadi langkah awal yang penting dalam keseluruhan proses produksi produk X sebelum masuk ke tahap pemeriksaan mutu dan pengemasan akhir.

1. *Tube Feeding Station*

Tahapan awal dalam proses produksi produk *X* pada mesin IWK dimulai dari bagian yang disebut *buffer tube* atau TZF (*Tube Zuführer*), yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara *tube* sebelum *tube* tersebut memasuki proses produksi utama. *Buffer* ini merupakan komponen awal dalam alur mekanisme mesin yang berperan penting dalam menjaga ketersediaan *tube* secara kontinu selama proses berjalan. *Tube* yang telah disiapkan dan dimasukkan ke dalam TZF akan disusun dalam posisi tertentu sesuai dengan arah orientasi yang dibutuhkan untuk memudahkan proses transfer ke bagian mesin berikutnya. Dengan adanya *buffer* ini, proses produksi dapat berjalan lebih stabil dan efisien, karena mengurangi risiko keterlambatan atau kekosongan pasokan *tube* pada saat mesin beroperasi. Sistem penyimpanan ini juga memungkinkan operator untuk menambahkan *tube* secara periodik tanpa harus menghentikan proses produksi secara keseluruhan, sehingga mendukung prinsip kerja mesin otomatis yang berkelanjutan dan minim intervensi.



Gambar 4.2 Ilustrasi *Buffer Tube* (Sumber : iwk.de, 2025)

Setelah berada di dalam *buffer tube* (TZF), *tube* secara otomatis diarahkan ke bagian mesin utama dan diturunkan menuju komponen yang disebut prisma. Prisma berfungsi sebagai penghubung antara TZF dan *holder*, dengan mekanisme

yang memungkinkan perpindahan *tube* dari posisi penyimpanan menuju posisi pemrosesan. Proses ini dilakukan secara otomatis dan presisi agar *tube* dapat dipindahkan satu per satu ke *holder* tanpa hambatan. *Holder* kemudian berperan membawa *tube* ke tahapan-tahapan produksi selanjutnya secara berurutan.

2. *Tube Insertion*

Proses berikutnya adalah *tube insertion* ke dalam *holder* menggunakan komponen yang disebut *presscone*. *Presscone* berfungsi untuk menekan *tube* hingga masuk secara sempurna ke dalam *holder*, memastikan bahwa posisinya sudah tepat dan stabil sebelum dibawa ke tahapan proses berikutnya. Penekanan ini dilakukan secara otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi agar *tube* tidak bergeser atau miring, sehingga proses orientasi, pengisian, dan penyegelan dapat berjalan dengan optimal.



Gambar 4.3 Ilustrasi *Tube Insertion* (Sumber : iwk.de, 2025)

Tahapan selanjutnya dalam proses produksi adalah penarikan *tube* ke arah atas dengan metode vakum, atau dikenal juga dengan istilah *dedusting*. Proses ini dilakukan untuk memastikan *tube* terangkat dengan stabil dan bersih dari partikel-partikel debu atau kotoran kecil yang mungkin menempel selama proses

penanganan sebelumnya, terutama saat *tube* berada di dalam *buffer*. Penerapan sistem vakum ini tidak hanya berfungsi untuk mengangkat *tube* ke posisi yang lebih tinggi, tetapi juga untuk menjaga kebersihan *tube* sebagai langkah awal dari prinsip higienitas dalam proses produksi kosmetik.

3. *Print Registration*

Setelah proses *dedusting*, *tube* akan diposisikan untuk menjalani tahapan orientasi. Pada tahap ini, sistem sensor yang disebut *eyemark* sensor berfungsi untuk membaca tanda atau markah tertentu yang terdapat pada bagian luar *tube*. Sensor ini bekerja dengan mengenali tanda visual (biasanya berupa garis atau titik berwarna) yang dicetak pada kemasan *tube* untuk menentukan orientasi yang benar. Fungsi utama dari proses orientasi ini adalah untuk memastikan bahwa posisi *tube* sesuai dengan desain cetakan dan arah *nozzle* pengisi, sehingga logo, informasi produk, dan segel akhir berada pada posisi yang tepat dan seragam. Ketepatan orientasi sangat penting untuk menjaga estetika produk, keterbacaan informasi, dan kesesuaian dengan standar mutu yang telah ditetapkan oleh perusahaan.



Gambar 4.4 Ilustrasi *Print Registration* (Sumber : Piyush Yadav, 2025)

4. *Dosing and Filling Station*

Setelah proses orientasi selesai dan posisi *tube* sudah terdeteksi secara tepat oleh sensor *eyemark*, tahap berikutnya adalah pengisian produk ke dalam *tube*. Proses pengisian ini dilakukan melalui komponen yang disebut *nozzle*, yaitu alat yang berfungsi untuk menyalurkan produk dari tangki utama ke dalam *tube* dengan volume yang telah ditentukan. Pengisian dilakukan secara otomatis dan dikendalikan dengan presisi tinggi guna memastikan bahwa setiap *tube* berisi produk dalam jumlah yang sesuai standar tanpa ada kelebihan maupun kekurangan, serta untuk meminimalkan risiko tumpahan atau kontaminasi.



Gambar 4.5 Ilustrasi *Dosing and Filling Station* (Sumber : iwk.de, 2025)

5. *Hot Air Station*

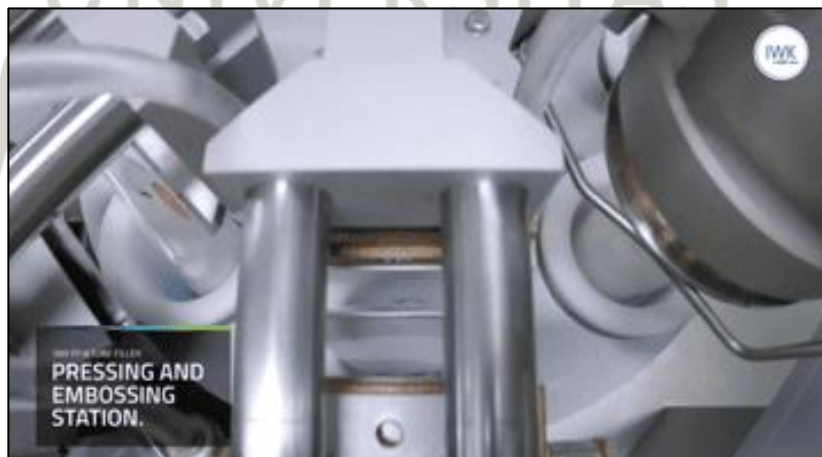
Setelah *tube* terisi penuh, proses selanjutnya adalah pemanasan bagian ujung *tube* menggunakan komponen pemanas atau *heater*. Fungsi pemanasan ini adalah untuk melembutkan material *tube* (biasanya berbahan plastik atau laminasi) agar dapat dengan mudah disegel pada tahap berikutnya. Pemanasan dilakukan dalam waktu dan suhu tertentu yang telah disesuaikan dengan jenis bahan kemasan, sehingga tidak merusak *tube* namun cukup untuk mempersiapkannya sebelum dipress.



Gambar 4.6 Ilustrasi *Hot Air Station* (Sumber : iwk.de, 2025)

6. *Pressing and Embossing Station*

Tahap berikutnya adalah proses penyegelan, di mana ujung *tube* yang telah dipanaskan kemudian ditekan menggunakan sistem *press sealing*. Pada tahap ini, dilakukan juga proses pencetakan kode produksi berupa nomor *batch* dan nomor kedaluwarsa (*expiry date*) secara otomatis. Informasi ini dicetak di area yang telah ditentukan pada *tube* sebagai bagian dari sistem pelacakan produk (*traceability*) dan pemenuhan regulasi label produk. Proses penyegelan dan pencetakan dilakukan secara bersamaan agar efisien dan konsisten.

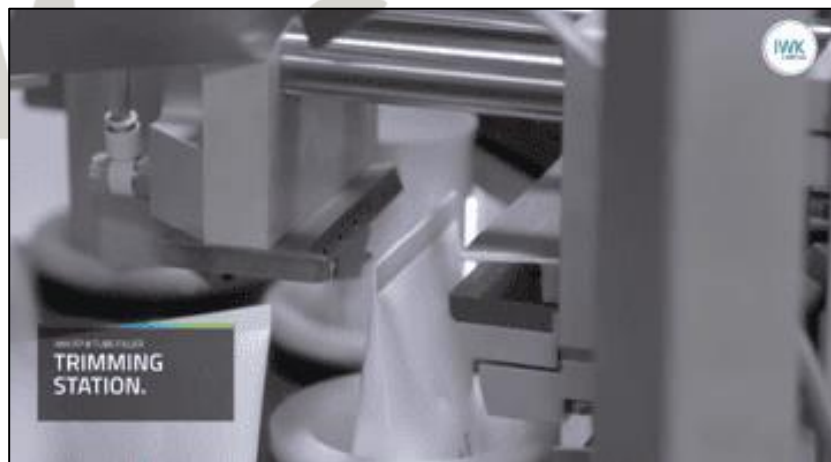


Gambar 4.7 Ilustrasi *Pressing and Embossing Station* (Sumber : iwk.de, 2025)

Setelah proses penyegelan dan pencetakan selesai, *tube* langsung diarahkan ke tahapan pendinginan menggunakan sistem *chiller*. Pendinginan ini bertujuan untuk menstabilkan bentuk segel yang baru saja *dipress* agar tidak berubah bentuk akibat suhu panas sebelumnya, serta untuk mempercepat waktu penanganan ke proses selanjutnya. Tahapan ini juga penting untuk menjaga mutu kemasan dan mencegah deformasi pada bagian ujung *tube*.

7. *Trimming Station*

Setelah proses penyegelan dan pencetakan kode selesai, *tube* akan masuk ke tahapan pemotongan ujung menggunakan *cutter* yang terintegrasi dalam mesin IWK. Pemotongan ini dilakukan pada bagian ujung *tube* yang telah *dipress* sebelumnya, dengan tujuan untuk merapikan hasil segel agar terlihat lebih presisi dan simetris. Proses ini juga berfungsi untuk memastikan bahwa bentuk akhir *tube* sesuai dengan standar produk jadi (*finished goods*), baik dari segi estetika maupun fungsionalitas. Pemotongan dilakukan secara otomatis oleh sistem mesin menggunakan bilah pemotong yang tajam dan dikalibrasi, sehingga hasil potong konsisten pada setiap *tube*. Tahapan ini menjadi penting dalam menjaga kualitas visual produk, terutama untuk produk kosmetik yang sangat memperhatikan tampilan kemasan sebagai bagian dari nilai jual.



Gambar 4.8 Ilustrasi *Trimming Station* (Sumber : iwkd.de, 2025)

8. *Ejection*

Setelah proses *trimming* selesai untuk merapikan ujung *tube*, mesin IWK akan melanjutkan ke tahap *ejection*, yaitu proses penyortiran akhir untuk membedakan antara produk yang memenuhi standar kualitas dan produk yang mengalami cacat. Proses ini bersifat otomatis dan menggunakan sistem sensor yang telah terintegrasi di dalam mesin. Sensor akan mendeteksi berbagai parameter visual seperti bentuk segel, posisi *tube*, kejelasan kode produksi, serta hasil *trimming*. Berdasarkan hasil deteksi tersebut, sistem akan memutuskan apakah *tube* layak untuk dilanjutkan ke tahap berikutnya atau harus dipisahkan sebagai produk cacat. *Tube* yang lolos kriteria kualitas akan diarahkan ke jalur produk baik (*good bin*), sedangkan *tube* yang terdeteksi cacat secara otomatis dikeluarkan ke jalur produk *reject* (*reject bin*). Proses ini berlangsung cepat dan sinkron dengan kecepatan kerja mesin, sehingga tidak mengganggu alur produksi secara keseluruhan. Tahapan *ejection* ini sangat penting dalam memastikan mutu akhir produk tetap terjaga dan hanya produk dengan kualitas sesuai standar yang akan dilanjutkan ke proses pengepakan.



Gambar 4.9 Ilustrasi Proses *Ejection* (Sumber : iwk.de, 2025)

Produk yang lolos pada tahap *ejection*, atau disebut sebagai *finished good* (FG), akan langsung disalurkan ke bagian pengemasan melalui *conveyor*. *Conveyor* berfungsi sebagai media *transfer* otomatis yang menghubungkan mesin produksi dengan area pengepakan, sehingga alur distribusi produk berjalan efisien tanpa intervensi manual. Produk yang masuk ke tahap ini merupakan *tube* yang telah memenuhi seluruh kriteria kualitas dan siap untuk dikemas sebelum didistribusikan.



Gambar 4.10 Conveyor Finished Good

UNIVERSITAS
MA CHUNG

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh seluruh informasi yang diperlukan dalam proses pengolahan dan analisis data. Data yang dikumpulkan meliputi hasil produksi serta jumlah produk cacat (*defect*) yang terjadi selama proses produksi produk X. Data tersebut diperoleh dari bagian *quality control* (QC) PT XYZ, khususnya yang menangani pengawasan mutu pada lini produksi produk X. Adapun data yang digunakan merupakan data harian yang mencatat jumlah dan jenis cacat kemasan *tube* selama periode April hingga Juli 2024. Data ini menjadi dasar dalam mengidentifikasi permasalahan kualitas yang terjadi dan digunakan sebagai acuan dalam proses analisis menggunakan metode *six sigma*. Pada tabel 4.1 menunjukkan data kecacatan produk periode April-Juli 2024

Tabel 4.1 Data Kecacatan Produk Periode April-Juli 2024

Bulan	Minggu	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Produk Cacat (Pcs)				Total Produk Cacat
			Sealing Tidak Rapat	Cap Rusak	Batch Rusak	Wadah Penyok	
April 2024	Minggu Ke-1	524.536	3.000	201	463	622	17.284
	Minggu Ke-2	523.992	3.067	217	449	688	
	Minggu Ke-3	524.726	3.084	224	432	631	
	Minggu Ke-4	523.386	2.933	216	409	648	
Mei 2024	Minggu Ke-1	322.561	2.487	169	329	495	14.136
	Minggu Ke-2	323.139	2.505	154	334	565	
	Minggu Ke-3	322.306	2.523	167	348	552	
	Minggu Ke-4	322.234	2.425	181	364	538	
Juni 2024	Minggu Ke-1	353.917	2.226	165	326	516	12.861
	Minggu Ke-2	352.165	2.239	151	309	526	
	Minggu Ke-3	352.075	2.215	141	325	465	
	Minggu Ke-4	353.043	2.241	173	337	506	
Juli 2024	Minggu Ke-1	301.906	2.197	157	330	501	12.822
	Minggu Ke-2	302.412	2.145	154	349	525	
	Minggu Ke-3	303.148	2.248	153	312	497	
	Minggu Ke-4	302.134	2.281	174	310	489	
Total		6.007.680	39.816	2.797	5.726	8.764	57.103

4.3 Pengolahan Data

Tahap ini merupakan kelanjutan dari proses pengumpulan data yang telah dilakukan sebelumnya. Data yang telah diperoleh kemudian diolah dan dianalisis secara sistematis untuk mendapatkan informasi yang relevan dan mendalam terkait permasalahan yang terjadi. Dalam pengolahan data ini digunakan pendekatan *Six Sigma* dengan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*).

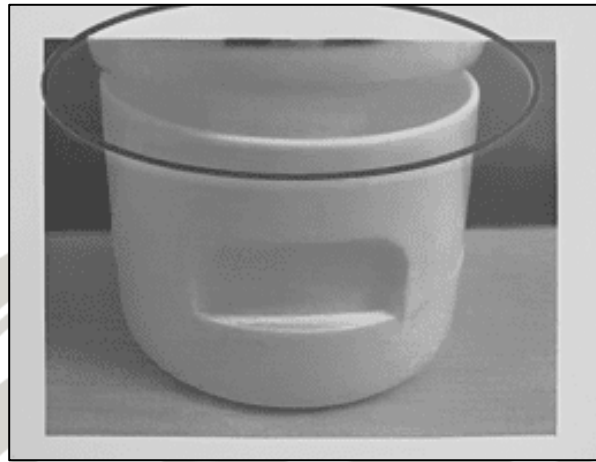
4.3.1 Tahap *Define*

Tahap *Define* diawali dengan mengidentifikasi permasalahan kualitas yang terjadi pada produk kemasan *tube*. Penentuan karakteristik kualitas dilakukan berdasarkan hasil observasi terhadap jenis-jenis cacat yang muncul selama proses produksi, serta melalui wawancara dengan pihak produksi dan *quality control* yang memiliki pengetahuan langsung terkait standar mutu dan proses kerja. Dalam mendukung proses ini, perusahaan telah menetapkan pengelompokan kategori *defect* berdasarkan standar kualitas internal, yang terbagi menjadi tiga kategori, yaitu *minor*, *major*, dan *critical*. Pengelompokan ini digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi tingkat keparahan cacat dan menentukan prioritas penanganan. Adapun karakteristik kualitas yang harus diperhatikan dalam kemasan *tube* antara lain :

1. *Sealing* tidak rapat

Sealing tidak rapat merupakan salah satu aspek kritis dalam penilaian kualitas kemasan *tube*, karena berdampak langsung terhadap ketahanan dan keamanan produk. Cacat ini menyebabkan terjadinya kebocoran pada kemasan, sehingga produk menjadi tidak layak pakai dan tidak dapat diperbaiki atau di-*rework*. Selain itu, jika *sealing* tidak rapat, udara dari luar dapat masuk ke dalam kemasan dan menyebabkan produk terkontaminasi, yang pada akhirnya menurunkan mutu dan keamanan produk.

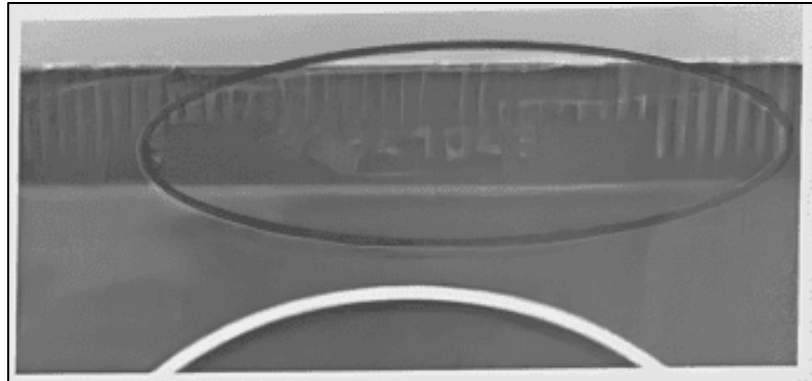
deformasi pada *cap* itu sendiri, atau ketidaksesuaian dimensi antara *cap* dan leher *tube*. Karena berdampak langsung terhadap kualitas produk dan berpotensi menimbulkan keluhan konsumen, perusahaan mengkategorikan cacat ini sebagai *major defect*.



Gambar 4.12 Produk *Cap* Rusak

3. *Batch* rusak

Batch rusak merupakan cacat pada kemasan *tube* di mana informasi penting seperti nomor *batch* dan tanggal kedaluwarsa (*expired date*) tidak tercetak dengan jelas atau bahkan tidak terbaca sama sekali. Informasi ini sangat vital karena berfungsi sebagai identitas produk untuk keperluan pelacakan produksi, kontrol kualitas, serta jaminan keamanan konsumen. Pada proses produksi *lotion* merek *x*, pencetakan kode *batch* dan tanggal kedaluwarsa dilakukan secara otomatis di bagian akhir proses *sealing*, tepatnya pada tahapan *embossing station* yang merupakan rangkaian dari proses *hot air*, *pressing*, dan *embossing*. Cacat *batch* dapat terjadi apabila posisi *tube* tidak tepat saat proses *embossing*, tekanan tidak cukup, atau permukaan *tube* tidak rata akibat proses sebelumnya. Selain itu, kondisi cetakan yang aus atau kesalahan pengaturan mesin juga dapat menyebabkan hasil kode yang tidak terbaca. Karena informasi *batch* dan tanggal kedaluwarsa sangat penting untuk kelegalan dan keamanan produk, maka perusahaan mengkategorikan cacat ini sebagai *critical defect*.



Gambar 4.13 Produk *Batch* Rusak

4. Wadah penyok

Wadah penyok merupakan salah satu parameter penting yang harus diperhatikan dalam proses produksi *tube*, khususnya pada tahap pengemasan *finished good*. Kemasan yang baik akan menghasilkan dimensi *tube* yang presisi, sehingga mempermudah proses pengemasan akhir dan menjaga kualitas tampilan produk. Sebaliknya, jika kemasan *tube* mengalami penyok, maka bentuk dan dimensinya menjadi tidak sesuai, yang dapat merusak tampilan serta menurunkan persepsi kualitas produk. Cacat ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, mulai dari kesalahan saat operator memindahkan kemasan *tube* dari palet ke *buffer tube*, hingga gangguan yang terjadi selama proses berjalan di mesin IWK. Perusahaan mengkategorikan cacat ini sebagai *critical defect* karena dapat berdampak langsung pada citra merek, menurunkan kepuasan konsumen, serta berisiko tinggi ditolak di pasar akibat penampilan kemasan yang tidak layak jual.



Gambar 4.14 Produk Wadah Penyok

Setelah diketahui jenis-jenis cacat yang terjadi pada produk, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi frekuensi kemunculan tiap jenis cacat berdasarkan data produksi aktual. Data ini diperlukan untuk mengetahui seberapa sering masing masing jenis cacat muncul selama periode tertentu. Oleh karena itu, dilakukan pengumpulan data kecacatan produk dari bulan April hingga Juli 2024 sebagai dasar analisis. Data tersebut mencakup jumlah produksi mingguan serta jumlah produk yang mengalami kerusakan berdasarkan kategori cacat yang telah didefinisikan sebelumnya. Rangkuman dari hasil pengumpulan data tersebut disajikan pada Tabel 4.1.

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa selama periode April hingga Juli 2024, total produksi mencapai 6.007.680 pcs dengan jumlah total produk cacat sebanyak 57.103 pcs. Setiap bulan terdiri dari empat minggu produksi, di mana data jumlah produksi dan jumlah produk yang mengalami kerusakan diklasifikasikan berdasarkan jenis cacat, yaitu *sealing* tidak rapat, *cap* rusak, *batch* rusak, dan wadah penyok. Dari keempat jenis cacat tersebut, terlihat bahwa cacat *sealing* tidak rapat secara konsisten menjadi jenis kerusakan terbanyak setiap minggunya.

Cacat lainnya seperti wadah penyok juga cukup sering muncul, meskipun jumlahnya tidak sebanyak cacat *sealing*. Beberapa minggu menunjukkan jumlah cacat wadah penyok yang cukup tinggi, seperti pada minggu ke-1 dan ke-2 April 2024

dengan jumlah masing-masing 622 pcs dan 648 pcs. Sementara itu, jenis cacat *cap* rusak dan *batch* rusak terlihat memiliki jumlah yang relatif lebih kecil dan tersebar merata setiap minggu. Secara keseluruhan, data pada tabel menunjukkan bahwa kerusakan produk terjadi hampir di setiap minggu selama empat bulan berturut-turut, dengan variasi jumlah cacat yang fluktuatif, namun jenis kerusakan tetap didominasi oleh *sealing* tidak rapat.

4.3.2 Tahap Measure

Tahap ini meliputi pengukuran kemampuan proses pengemasan *tube* dalam menghasilkan produknya. Pengukuran dilakukan dengan cara mengidentifikasi jumlah produk cacat yang terjadi selama proses produksi, sebagai indikator awal dalam menilai kinerja proses. Informasi jumlah cacat ini digunakan untuk menghitung nilai DPO (*Defect per Opportunity*), DPMO (*Defects per Million Opportunities*), dan *level sigma* sebagai ukuran kualitas proses. Dengan mengetahui berapa banyak produk yang tidak memenuhi standar dari total produksi, perusahaan dapat mengevaluasi seberapa besar potensi kerugian dan peluang perbaikannya. Data produksi dan jumlah cacat dari bulan April hingga Juli 2024 dirangkum dalam Tabel 4.2 sebagai dasar perhitungan lebih lanjut.

Tabel 4.2 Persentase Produk *Defect* Bulan April –Juli 2024

Bulan	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Cacat (Pcs)	Persentase
April 2024	2.096.640	17.284	0,82%
Mei 2024	1.290.240	14.136	1,10%
Juni 2024	1.411.200	12.861	0,91%
Juli 2024	1.209.600	12.822	1,06%
Total	6.007.680	57.103	3,89%

Pada Tabel 4.2 didapatkan informasi mengenai jumlah total produksi sebesar 6.007.680 pcs dengan total jumlah cacat sebanyak 57.103 pcs selama periode April hingga Juli 2024. Setiap bulan menunjukkan nilai persentase cacat yang bervariasi, dengan angka tertinggi terjadi pada bulan Mei dan terendah pada bulan April. Informasi ini menjadi dasar penting dalam tahap pengukuran karena mencerminkan konsistensi kualitas proses dari waktu ke waktu. Selanjutnya, data ini akan digunakan untuk

menghitung nilai DPO sebagai ukuran probabilitas cacat dalam setiap peluang yang mungkin terjadi. Hasil dari perhitungan DPO ini akan dikembangkan lebih lanjut menjadi nilai DPMO dan *level sigma* untuk mengetahui sejauh mana kemampuan proses dalam memenuhi standar kualitas pada kemasan *tube*.

1. DPO (*Defect per Opportunities*)

$$DPO = \frac{\text{Jumlah cacat}}{\text{Total jumlah produksi} \times \text{defect opportunity}}$$

$$DPO \text{ April 2024} = \frac{17.284}{2.096.640 \times 4} = 0,032974664$$

$$DPO \text{ Mei 2024} = \frac{14.136}{1.290.240 \times 4} = 0,043824405$$

$$DPO \text{ Juni 2024} = \frac{12.861}{1.411.200 \times 4} = 0,036454082$$

$$DPO \text{ Juli 2024} = \frac{12.822}{1.209.600 \times 4} = 0,042400794$$

2. DPMO (*Defect per Million Opportunities*)

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

$$DPMO \text{ April 2024} = 0,032974664 \times 1.000.000 = 32974,66422$$

$$DPMO \text{ Mei 2024} = 0,043824405 \times 1.000.000 = 43824,40476$$

$$DPMO \text{ Juni 2024} = 0,036454082 \times 1.000.000 = 36454,08163$$

$$DPMO \text{ Juli 2024} = 0,042400794 \times 1.000.000 = 42400,79365$$

3. Level Sigma

$$\text{Level sigma} = \text{NORMSINV} \left(1 - \frac{DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$\text{Level sigma April 2024} = \text{NORMSINV} \left(1 - \frac{32974,66422}{1.000.000} \right) + 1,5 = 3,33876$$

$$\text{Level sigma Mei 2024} = \text{NORMSINV} \left(1 - \frac{43824,40476}{1.000.000} \right) + 1,5 = 3,20793$$

$$\text{Level sigma Juni 2024} = \text{NORMSINV} \left(1 - \frac{36454,08163}{1.000.000} \right) + 1,5 = 3,29340$$

$$\text{Level sigma Juli 2024} = \text{NORMSINV} \left(1 - \frac{42400,79365}{1.000.000} \right) + 1,5 = 3,22348$$

Tabel 4.3 Nilai DPMO dan *Sigma* Produk Bulan April – Juli 2024

Bulan	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Cacat (Pcs)	DPO	DPMO	Level <i>Sigma</i>
April 2024	2.096.640	17.284	0,032974664	32974,66422	3,34
Mei 2024	1.290.240	14.136	0,043824405	43824,40476	3,21
Juni 2024	1.411.200	12.861	0,036454082	36454,08163	3,29
Juli 2024	1.209.600	12.822	0,042400794	42400,79365	3,22
Rata-rata	6.007.680	57.103	0,038913486	38913,48607	3,27

Berdasarkan Tabel 4.3, dapat dilihat bahwa nilai DPO (*Defect per Opportunity*), DPMO (*Defects per Million Opportunities*), dan *level sigma* produk selama periode April hingga Juli 2024 mengalami fluktuasi dari bulan ke bulan. Nilai DPO berkisar antara 0,0329 hingga 0,0438, dengan nilai tertinggi terjadi pada bulan Mei 2024, yaitu sebesar 0,0438, yang juga diikuti oleh nilai DPMO tertinggi sebesar 43.824,40. Hal ini menunjukkan bahwa pada bulan Mei tingkat peluang terjadinya cacat per satu juta kesempatan adalah yang tertinggi dibandingkan bulan lainnya. Sebaliknya, nilai DPO dan DPMO terendah terjadi pada bulan April, yang mencerminkan performa proses paling baik selama periode pengamatan.

Dari sisi *level sigma*, nilai tertinggi tercatat pada bulan April sebesar 3,34, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan Mei dengan *level sigma* 3,21. Secara keseluruhan, rata-rata *level sigma* proses pengemasan *tube* selama empat bulan berada pada angka 3,27. Jika dibandingkan dengan standar umum *level sigma* industri manufaktur, nilai tersebut masih berada pada rentang *level sigma* 3, tergolong dalam kategori “*industry average*” dengan biaya kualitas (*cost of quality*) yang cukup tinggi, yaitu antara 20–30% dari total biaya produksi. Dalam perspektif *six sigma*, *level sigma*

tertinggi adalah level 6, yang hanya menghasilkan 3,4 cacat per sejuta peluang dan termasuk dalam kategori “*world class quality*”, dengan biaya kualitas yang sangat rendah (<10%). Oleh karena itu, nilai rata-rata *level sigma* sebesar 3,27 yang diperoleh dari proses produksi selama periode pengamatan menunjukkan bahwa kinerja kualitas masih belum optimal dan belum mencapai standar kelas dunia. Meskipun tidak tergolong buruk, hasil ini mengindikasikan bahwa perusahaan masih memiliki peluang besar untuk meningkatkan efisiensi dan menurunkan tingkat cacat.

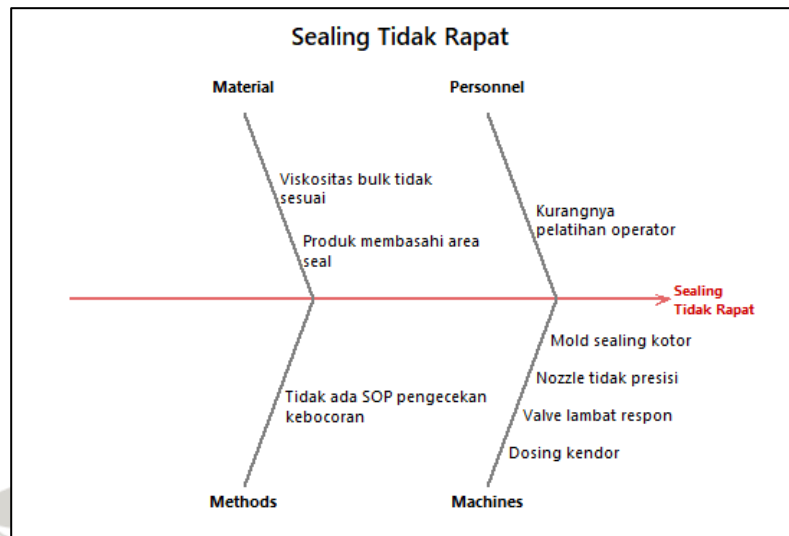
4.3.3 Tahap Analyze

Tahap ini merupakan bagian penting dalam metodologi *six sigma* yang bertujuan untuk menganalisis dan mengidentifikasi akar penyebab dari permasalahan yang terjadi dalam proses produksi kemasan *tube*. Analisis dilakukan dengan pendekatan *root cause analysis* melalui alat bantu *fishbone diagram* untuk mengidentifikasi akar penyebab dari berbagai jenis cacat yang terjadi. Dalam proses ini, dilakukan analisis faktor-faktor penyebab yang berasal dari aspek manusia, metode, mesin, material, dan lingkungan. Data penyebab dikumpulkan melalui hasil *brainstorming* serta wawancara dengan operator, *supervisor*, dan *staff* produksi lainnya.

4.3.3.1 Root Cause Analysis (RCA)

Berdasarkan analisis yang telah dijelaskan sebelumnya, diketahui bahwa cacat dominan adalah *sealing* tidak rapat, disusul oleh wadah penyok, *batch* rusak, dan *cap* rusak. Oleh karena itu, analisis difokuskan pada seluruh jenis cacat tersebut untuk mencari penyebab paling sering muncul. Metode *Root Cause Analysis* (RCA) digunakan untuk mengidentifikasi penyebab utama dari masing-masing cacat, dengan bantuan *fishbone diagram* yang memetakan faktor-faktor yang memungkinkan terjadinya masing-masing cacat tersebut.

1. Sealing Tidak Rapat



Gambar 4.15 Fishbone Diagram Sealing Tidak Rapat

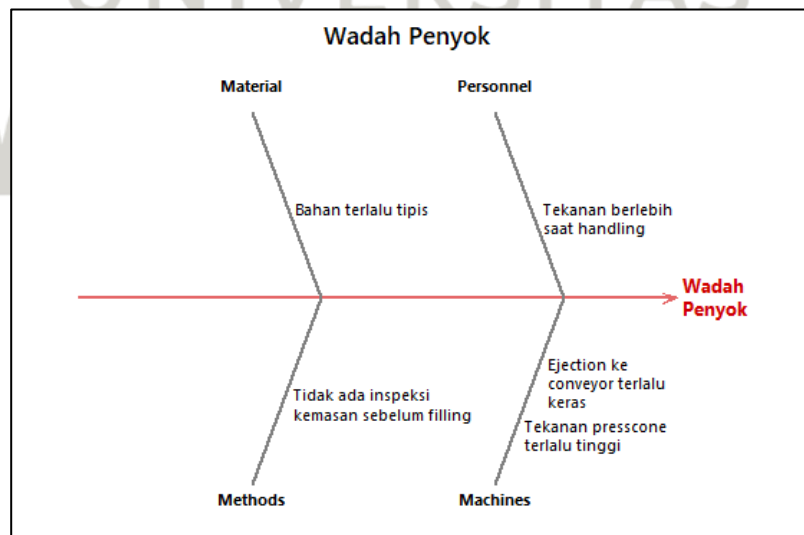
Sealing tidak rapat pada kemasan *tube* dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang dikelompokkan kedalam aspek *man*, *machine*, *material*, dan *method*. Faktor dari manusia (*man*), masalah ini muncul akibat kurangnya pelatihan pada operator. Operator yang tidak mendapatkan pelatihan secara menyeluruh cenderung belum memahami pengoperasian mesin IWK secara optimal, khususnya pada *line tube* yang memiliki proses cukup kompleks dan presisi tinggi. Selain itu, perbedaan tingkat pengalaman antar operator menyebabkan inkonsistensi dalam penanganan proses *sealing*, sehingga permasalahan ini baru bisa diidentifikasi dan diselesaikan setelah dilakukan evaluasi menyeluruh.

Faktor dari material, kualitas *bulk* (produk yang akan diisi) sangat mempengaruhi hasil *sealing*. Salah satu faktornya adalah viskositas *bulk* yang tidak sesuai, di mana operator harus memastikan bahwa nilai viskositas dan *maturity* tetap berada dalam rentang standar (1300 – 3000 mPas). Jika *bulk* terlalu encer, maka saat *filling* dapat terjadi tumpahan atau luberan, sehingga bagian *shoulder tube* menjadi basah dan mengganggu proses bahkan bisa menyebabkan kebocoran.

Faktor mesin (*machine*) menjadi salah satu penyebab paling signifikan. *Rod end shaft* pada *dosing piston* unit yang longgar dapat mengganggu pergerakan piston saat proses pengisian, yang berujung pada penumpukan *bulk* di *rotary valve*. Ketika *rotary valve* mengalami *delay* atau pergerakan tidak *sinkron*, maka akan muncul *tailing* (sisa *bulk*) pada *shut-off nozzle*. Pemilihan *nozzle* yang kurang tepat serta kondisi katup *nozzle* yang tidak presisi juga berkontribusi terhadap masalah ini. Selain itu, durasi pergerakan *lifter* pada proses *hot air sealing* sangat krusial, waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan bagian ujung *tube* menjadi berkerut atau bocor.

Faktor terakhir adalah faktor metode (*method*), tidak adanya SOP atau *work instruction* yang jelas terkait pengecekan kebocoran menyebabkan proses kontrol kualitas menjadi kurang efektif. Saat ini, operator hanya melakukan pengecekan manual dengan cara menekan kemasan secara cepat sebelum dimasukkan ke dalam kemasan sekunder (kardus), untuk melihat apakah ada udara keluar. Metode ini tidak cukup akurat, karena tidak menggunakan alat bantu seperti *leakage tester* yang seharusnya menjadi bagian dari prosedur standar inspeksi akhir.

2. Wadah Penyok



Gambar 4.16 Fishbone Diagram Wadah Penyok

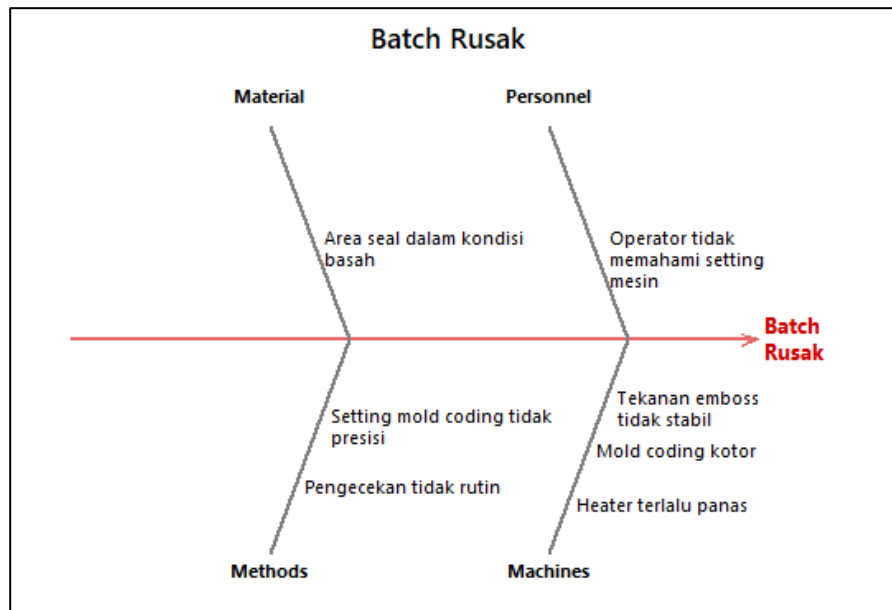
Wadah penyok pada kemasan *tube* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu *man*, *material*, *machine*, dan *method*. Faktor manusia (*man*), kerusakan wadah dapat terjadi saat proses *handling* oleh operator, khususnya ketika memindahkan kemasan *tube* dari palet ke *buffer tube*. Kemasan *tube* umumnya disusun secara vertikal di palet, kemudian diambil dan diletakkan secara horizontal ke *buffer*. Dalam proses ini, operator sering kali perlu menekan *tube* agar posisinya rata. Jika tekanan yang diberikan terlalu besar, dapat menyebabkan bagian atas *tube*, terutama *shoulder tube* menjadi penyok.

Faktor material juga menjadi penyebab ketidaksesuaian spesifikasi bahan kemasan. Jika material *tube* terlalu tipis atau kurang *rigid*, maka kemasan menjadi lebih rentan mengalami deformasi atau penyok saat ditekan atau terbentur. Namun, hal ini umumnya berasal dari pihak vendor sebagai penyedia bahan kemasan. Ketidaksesuaian ini bisa terjadi karena kurangnya *quality control* dari vendor. Oleh karena itu, kontrol kualitas material masuk (*incoming inspection*) perlu diperkuat untuk memastikan bahwa setiap *batch tube* yang diterima sesuai dengan spesifikasi kekuatan dan ketebalan yang dibutuhkan.

Faktor mesin (*machine*) juga memainkan peran penting, khususnya pada proses *presscone*. *Presscone* berfungsi untuk menekan *tube* masuk ke dalam *holder* dengan tepat sebelum dibawa ke proses selanjutnya. Jika tekanan *presscone* terlalu tinggi, maka akan menyebabkan *shoulder tube* tertekan dan mengalami penyok. Selain itu, pada proses *ejection*, di mana *tube* dipindahkan ke *good bin* atau *reject bin*, jarak antara mesin dan *conveyor* pengemasan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan *tube* jatuh dengan benturan keras, sehingga meningkatkan risiko penyok saat mendarat.

Faktor metode (*method*), tidak adanya SOP atau *work instruction* terkait inspeksi visual kemasan sebelum proses *filling* menjadi kelemahan signifikan. Saat ini, *tube* yang telah dipesan oleh admin dan dikirim dari gudang langsung digunakan di lini produksi tanpa dilakukan pemeriksaan kondisi fisik terlebih dahulu. Hal ini memungkinkan *tube* yang sudah dalam kondisi cacat (penyok) tetap masuk ke proses produksi, karena tidak ada tahap seleksi awal di *buffer tube*.

3. Batch Rusak



Gambar 4.17 Fishbone Diagram Batch Rusak

Batch rusak pada kemasan *tube* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu *man*, *material*, *machine*, dan *method*. Faktor manusia (*man*), masalah ini umumnya disebabkan oleh kurangnya pemahaman operator terhadap parameter *setting* mesin, khususnya pada proses *hot air sealing* dan *embossing (batch coding)*. Operator yang tidak memahami dengan baik pengaturan suhu dan tekanan pada proses ini berisiko menyetel parameter yang terlalu panas atau terlalu rendah. Jika suhu terlalu tinggi, permukaan *tube* bisa meleleh atau berubah bentuk, sehingga hasil *emboss batch code* tidak tercetak jelas atau bahkan tidak terbaca. Sebaliknya, jika suhu terlalu rendah, cetakan tidak merekat sempurna ke permukaan *tube*.

Faktor material, salah satu penyebab *batch* rusak adalah kondisi area *seal* yang basah atau lembab. Hal ini biasanya terjadi ketika *bulk* yang masih panas langsung *difilling* ke dalam *tube*, sehingga menyebabkan embun atau uap air terbentuk di permukaan *shoulder tube*. Kondisi permukaan yang basah ini akan mengganggu proses *sealing* dan menyebabkan hasil *emboss batch code* menjadi tidak rata,

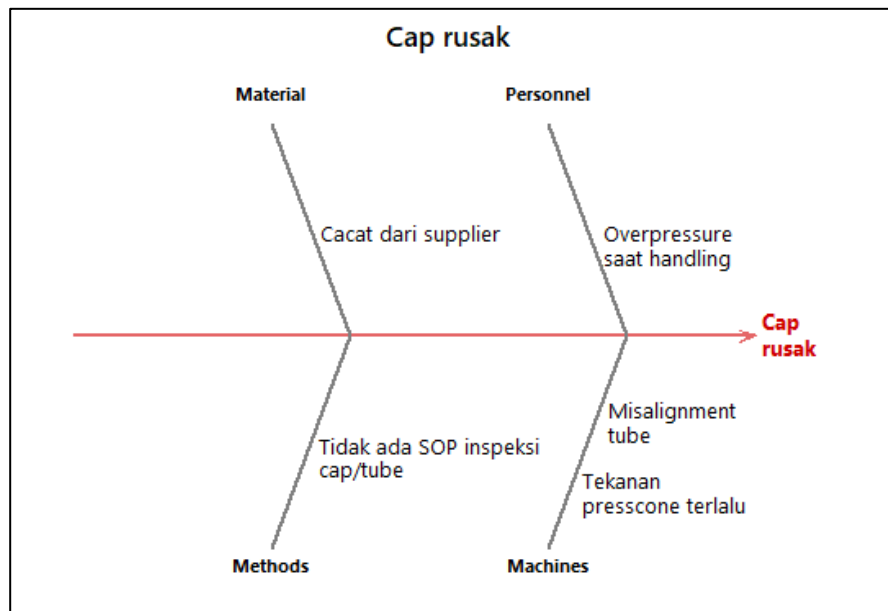
samar, atau tidak tercetak sama sekali. Untuk menghindari ini, perlu ada waktu tunggu agar *bulk* cukup stabil sebelum *difilling*.

Faktor mesin (*machine*) juga sangat berpengaruh. Salah satunya adalah tekanan *emboss* yang tidak stabil, yang dapat disebabkan oleh keausan pada mekanisme tekanan atau ketidakseimbangan pada *mold emboss*. Selain itu, *heater* yang terlalu panas dapat menyebabkan permukaan *tube* meleleh, sehingga hasil *emboss* menjadi tidak terbaca atau rusak. Rentang suhu yang disarankan untuk *hot air heater* adalah sekitar 370–390°C, sementara suhu *lifter* untuk *hot air* sebaiknya dijaga pada 410–425°C. Selain itu, *mold coding* yang kotor atau aus juga menyebabkan hasil cetakan *batch* menjadi tidak jelas. Kotoran pada *mold* akan mencegah tekanan merata saat *embossing*, sehingga sebagian karakter *batch code* bisa hilang atau terpotong.

Faktor metode (*method*), masalah sering terjadi akibat *setting mold coding* yang tidak presisi, baik dari segi posisi maupun kedalaman cetakan. Ketidaktepatan ini menyebabkan *batch code* tercetak di posisi yang salah atau dengan tekanan yang tidak merata. Selain itu, kurangnya pengecekan secara rutin terhadap hasil *batch code* juga menjadi penyebab utama. Tanpa inspeksi berkala, *batch* rusak bisa terus diproduksi dan lolos hingga tahap akhir tanpa disadari.

4. Cap Rusak

Cap rusak pada kemasan *tube* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu *man*, *material*, *machine*, dan *method*. Faktor manusia (*man*), salah satu penyebab utama adalah *overpressure* saat *handling*, terutama ketika operator memindahkan *tube* dari palet ke *buffer tube*. Tekanan berlebih saat menekan atau menata *tube* dengan tangan dapat menyebabkan tutup *flip top* tergeser, tertekan, atau bahkan pecah, terutama jika posisi *tube* tidak tepat. Hal ini mirip dengan penyebab cacat pada wadah penyok, di mana kesalahan manual saat penanganan fisik dapat langsung merusak bagian sensitif dari kemasan.



Gambar 4.18 Fishbone Diagram Cap Rusak

Faktor material, *cap* yang rusak sering kali berasal dari cacat bawaan dari *vendor/supplier*, misalnya bentuk *cap* tidak sempurna, engsel *flip top* longgar, atau material plastik yang rapuh. Selain itu, dimensi *cap* yang tidak sesuai toleransi dengan *neck tube* juga dapat menyebabkan *cap* tidak menutup rapat atau malah patah saat ditekan.

Faktor mesin (*machine*) juga memegang peran penting. Tekanan *presscone* yang terlalu tinggi saat memasukkan *tube* ke *holder* dapat menyebabkan *cap* tergores, penyok, atau bahkan pecah, terutama pada bagian engsel *flip top*. Selain itu, *misalignment* pada *tube* menyebabkan *tube* diposisikan secara tidak tepat saat pemasangan, yang dapat berujung pada *cap* miring, tidak rapat, atau rusak setelah proses pemasangan otomatis.

Faktor metode (*method*), masalah sering muncul karena tidak adanya SOP atau *work instruction* yang mengatur proses inspeksi tutup (*cap*) dan kemasan *tube* secara menyeluruh sebelum proses *filling* atau *packaging*. Akibatnya, *cap* dengan kondisi rusak atau tidak terpasang dengan baik bisa terlewat dan masuk ke lini produksi, meningkatkan risiko cacat mencapai konsumen. Proses inspeksi yang ada hanya bersifat visual dan tidak dilakukan secara sistematis atau terstandarisasi.

4.3.3.2 Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Hasil dari *Root Cause Analysis* (RCA) yang telah dibuat sebelumnya menjadi dasar dalam penyusunan analisis FMEA, khususnya dalam mengidentifikasi akar penyebab dari setiap potensi kegagalan yang terjadi pada proses produksi. Tujuan utama dari analisis FMEA adalah untuk menemukan saran perbaikan yang bersifat preventif maupun korektif guna mengurangi jumlah kegagalan dan mencegah terulangnya kegagalan pada proses produksi kemasan tube. Analisis ini dilakukan secara sistematis dengan menilai tingkat keparahan, kemungkinan terjadi, dan kemampuan mendeteksi kegagalan.

Tabel FMEA yang digunakan dalam analisis ini berisi beberapa elemen penting, yaitu: *Process Function* (fungsi proses), *Failure Mode* (bentuk kegagalan), *Failure Effect* (dampak kegagalan), *Severity* (S) (tingkat keparahan), *Possible Cause of Failure* (penyebab potensial kegagalan), *Occurrence* (O) (kemungkinan terjadi), *Current Control* (pengendalian saat ini), *Detection* (D) (kemampuan deteksi), *Risk Priority Number* (RPN) sebagai hasil perkalian $S \times O \times D$, serta *Action Priority Level* (APL) yang menunjukkan tingkat prioritas perbaikan dari setiap mode kegagalan yang diidentifikasi. Hasil lengkap analisis FMEA dapat dilihat pada Tabel 4.4 hingga 4.6.

Analisis FMEA dilakukan pada berbagai jenis *defect* yang sering muncul dalam proses produksi, yaitu sealing tidak rapat, wadah penyok, *batch* rusak, dan *cap* rusak. Keempat jenis cacat ini dijadikan sebagai *failure mode* untuk dianalisis tingkat risikonya. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar penyebab kegagalan memiliki nilai $RPN \geq 200$, yang berarti berada dalam kategori risiko tinggi. Beberapa penyebab dengan nilai RPN tertinggi antara lain: *valve* lambat respon dan *dosing* kendor (RPN 448, APL *high*), serta *nozzle* tidak presisi (RPN 384, APL *high*). Nilai RPN yang tinggi ini menandakan bahwa kegagalan tersebut memiliki kombinasi tingkat keparahan tinggi, frekuensi kejadian yang sering, dan peluang deteksi yang rendah, sehingga berpotensi besar memengaruhi kualitas produk secara signifikan. Oleh karena itu, potensi kegagalan ini harus menjadi fokus utama dalam penentuan prioritas perbaikan.

Dari analisis *Action Priority Level* (APL) terlihat bahwa sebagian besar penyebab kegagalan juga masuk dalam kategori APL merah (*high*), yang berarti dibutuhkan tindakan perbaikan segera. Sementara penyebab kegagalan dengan kategori APL kuning (*medium*) dan hijau (*low*) memiliki tingkat risiko yang lebih rendah, sehingga tidak menjadi prioritas utama dalam implementasi perbaikan, namun tetap dapat dikendalikan melalui penyusunan SOP, instruksi kerja, dan penguatan pengawasan.

4.3.4 Tahap Improve

Pada tahap ini, penentuan tindakan perbaikan difokuskan pada penyebab kegagalan dengan nilai RPN tinggi berdasarkan hasil FMEA, kemudian dilakukan implementasi tindakan perbaikan secara langsung di lapangan. Setelah tindakan perbaikan diterapkan, dilakukan evaluasi dengan menghitung ulang nilai DPO, DPMO, dan *level sigma* guna mengukur efektivitas perbaikan yang telah dilakukan dalam menurunkan tingkat cacat dan meningkatkan kapabilitas proses produksi. Tahap *improve* ini mencakup serangkaian langkah yang telah disesuaikan dengan hasil analisis sebelumnya guna mendukung peningkatan kualitas proses produksi.

4.3.4.1 Rekomendasi Perbaikan

Rekomendasi perbaikan disusun berdasarkan hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang ditampilkan pada Tabel 4.4 hingga 4.6, dengan mempertimbangkan seluruh jenis kegagalan yang teridentifikasi dalam proses produksi, yaitu *sealing* tidak rapat, wadah penyok, *batch* rusak, dan *cap* rusak. Meskipun fokus utama diarahkan pada penyebab kegagalan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tinggi dan kategori *Action Priority Level* (APL) merah (*high*), rekomendasi perbaikan juga diberikan untuk kategori risiko sedang (*medium*) maupun rendah (*low*) sebagai bagian dari upaya preventif jangka panjang. Selanjutnya dianalisis kembali untuk menentukan tindakan korektif yang paling sesuai dan aplikatif di lapangan. Rekomendasi perbaikan dapat dilihat pada tabel 4.7 hingga 4.10.

Tabel 4.4 Analisis FMEA

<i>Process Function</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Possible Cause of Failure</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>APL</i>
Filling	Sealing tidak rapat	Produk gagal	8	Material (bulk) Viskositas <i>bulk</i> tidak sesuai	5	Pemeriksaan viskositas <i>bulk</i> setelah mixing (1300-3000 mPas)	5	200	High
				Material (bulk) Produk membasahi area <i>seal</i>	5	Melakukan <i>setting</i> parameter mesin <i>seal</i>	5	200	High
				Man Kurangnya pelatihan operator	5	Pelatihan berkala dan evaluasi performa operator oleh <i>supervisor</i>	4	160	Med
				Machine <i>Mold sealing</i> kotor	6	Pembersihan <i>mold sealing</i> setiap pergantian <i>batch</i> dan pengecekan visual sebelum start-up	6	288	High
				Machine <i>Nozzle</i> tidak presisi	8	Kalibrasi dan penyetelan <i>nozzle</i> dilakukan rutin oleh teknisi <i>maintenance</i>	6	384	High
				Machine <i>Valve</i> lambat respon	8	<i>Preventive maintenance</i> setiap minggu	7	448	High
				Machine <i>Dosing</i> kendor	8	Kalibrasi dan penyetelan <i>dosing</i> dilakukan rutin oleh teknisi <i>maintenance</i>	7	448	High
				Method Tidak ada SOP pengecekan kebocoran	7	Pengecekan kebocoran <i>in proses control</i>	6	336	High
Tube Feeding	Wadah penyok	Produk Not Good (NG)	5	Material (tube) Bahan <i>tube</i> terlalu tipis	5	Pengambilan sampel oleh tim QC	4	100	Low
				Man <i>Overpressure</i> saat handling	6	SOP penanganan <i>tube</i> dengan pengawasan dari operator <i>leader</i> serta penggunaan alat bantu <i>handling</i>	6	180	Med

Tabel 4.5 Analisis FMEA (Lanjutan)

<i>Process Function</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Possible Cause of Failure</i>	<i>Occurance</i>	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>APL</i>
Pressing and Embossing	Batch rusak	Produk gagal	7	<i>Machine</i> Ejection ke conveyor terlalu keras	7	Penyetelan tekanan <i>ejection piston</i>	6	210	High
				<i>Machine</i> Tekanan <i>presscone</i> terlalu tinggi	5	Validasi tekanan <i>presscone</i> pada setiap <i>batch</i> dan pencatatan parameter mesin	5	125	Low
				<i>Method</i> Tidak ada inspeksi kemasan sebelum <i>filling</i>	6	Pengambilan sampel kemasan sebelum masuk ke mesin <i>filling</i> (QC Line Check)	5	150	Med
				<i>Material (tube)</i> Area <i>seal</i> dalam keadaan basah	7	Pemeriksaan visual area <i>seal</i> sebelum proses <i>coding</i>	7	343	High
				<i>Man</i> Operator tidak memahami <i>setting</i> mesin	6	Pelatihan <i>setting emboss</i> dan SOP <i>coding emboss</i> diberikan serta evaluasi kinerja operator secara berkala	5	210	High
				<i>Machine</i> Tekanan <i>emboss</i> tidak stabil	7	<i>Monitoring</i> tekanan dan suhu <i>coding</i> secara digital dan pencatatan parameter oleh <i>leader</i> tiap <i>batch</i>	4	196	High
				<i>Machine</i> <i>Mold coding</i> kotor	6	Pembersihan <i>mold coding</i> tiap <i>batch</i> dan saat <i>start-up</i>	6	252	High
				<i>Machine</i> <i>Heater</i> terlalu panas	5	Pengecekan suhu <i>heater</i> dengan dan kalibrasi rutin mesin	4	140	Med
				<i>Method</i> <i>Setting mold coding</i> tidak presisi	7	Validasi hasil <i>emboss</i> oleh operator setelah <i>start-up</i> dan pergantian <i>batch</i>	6	294	High

Tabel 4.6 Analisis FMEA (Lanjutan)

<i>Process Function</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Possible Cause of Failure</i>	<i>Occurance</i>	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>APL</i>
<i>Tube Feeding</i>	<i>Cap rusak</i>	<i>Produk not good (NG)</i>	5	<i>Method</i> Pengecekan tidak rutin	5	Pengecekan oleh operator <i>packing</i>	5	175	<i>Med</i>
				<i>Material (tube)</i> Cacat dari <i>supplier</i>	7	Pemeriksaan <i>incoming material</i> oleh QC	5	175	<i>Med</i>
				<i>Man</i> <i>Overpressure</i> saat <i>handling</i>	6	SOP penanganan <i>tube</i> dengan pengawasan dari operator <i>leader</i> serta penggunaan alat bantu <i>handling</i>	6	180	<i>Med</i>
				<i>Machine</i> <i>Misalignment tube</i>	7	Pengecekan oleh operator <i>leader</i>	5	175	<i>Med</i>
				<i>Machine</i> Tekanan <i>presscone</i> terlalu tinggi	5	Validasi tekanan <i>presscone</i> pada setiap <i>batch</i> dan pencatatan parameter mesin	5	125	<i>Med</i>
				<i>Method</i> Tidak ada SOP inspeksi <i>cap</i>	6	Pengambilan sampel kemasan sebelum masuk ke mesin <i>filling</i> (QC <i>Line Check</i>)	5	150	<i>Med</i>

Keterangan Action Priority Level (APL) :

- : *High*
- : *Medium*
- : *Low*

Tabel 4.7 Rekomendasi Perbaikan FMEA

Resiko Aktual				Tindakan		
<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	<i>Possible Cause of Failure</i>	<i>Current control</i>	<i>RPN</i>	<i>APL</i>	<i>Recommendation Action</i>
Sealing tidak rapat	Produk gagal	Material (bulk) Viskositas <i>bulk</i> tidak sesuai	Pemeriksaan viskositas <i>bulk</i> setelah mixing	200	High	Pengecekan berkala viskositas dan menjaga temperature parameter <i>bulk</i> sebelum <i>tappig</i> ke IBC
		Material (bulk) Produk membasahi area <i>seal</i>	Melakukan <i>setting</i> parameter mesin <i>seal</i>	200	High	Melakukan optimasi parameter <i>sealing</i> serta inspeksi dan pembersihan rutin area <i>seal</i> untuk mencegah kontaminasi <i>bulk</i> pada permukaan <i>seal</i> .
		Man Kurangnya pelatihan operator	Pelatihan berkala dan evaluasi performa operator oleh <i>supervisor</i>	160	Med	Meningkatkan efektivitas pelatihan dengan metode praktik langsung, simulasi cacat, dan evaluasi hasil kerja secara berkala.
		Machine <i>Mold sealing</i> kotor	Pembersihan <i>mold sealing</i> setiap pergantian <i>batch</i> dan pengecekan visual sebelum start-up	288	High	Menambahkan pembersihan mendalam dengan larutan khusus dan inspeksi detail menggunakan alat bantu visual (<i>senter/loupe</i>).
		Machine <i>Nozzle</i> tidak presisi	Kalibrasi dan penyetelan <i>nozzle</i> dilakukan rutin oleh teknisi <i>maintenance</i>	384	High	Mengganti <i>nozzle</i> dengan tipe presisi lebih tinggi dan menambahkan inspeksi <i>alignment</i> secara harian sebelum <i>start-up</i>
		Machine Valve lambat respon	<i>Preventive maintenance</i> setiap minggu	448	High	Melakukan <i>overhaul valve</i> secara periodik dan penggantian komponen aus setelah batas siklus tertentu.
		Machine <i>Dosing</i> kendor	Kalibrasi dan penyetelan <i>dosing</i> dilakukan rutin oleh teknisi <i>maintenance</i>	448	High	Mengganti unit <i>dosing</i> dan memastikan pemasangan sesuai standar torsi.

Tabel 4.8 Rekomendasi Perbaikan FMEA (Lanjutan)

Resiko Aktual				Tindakan		
<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	<i>Possible Cause of Failure</i>	<i>Current control</i>	<i>RPN</i>	<i>APL</i>	<i>Recommendation Action</i>
Wadah penyok	Produk not good (NG)	Method Tidak ada SOP pengecekan kebocoran	Pengecekan kebocoran in proses control	336	High	Menambahkan alat <i>Tube Leakage Tester</i> dan mengimplementasikan SOP <i>leak test</i> sebelum produk masuk ke pengemasan
		Material (tube) Bahan tube terlalu tipis	Pengambilan sampel oleh tim QC	100	Low	Evaluasi spesifikasi tube dengan supplier, melakukan uji <i>incoming material</i>
		Man <i>Overpressure</i> saat handling	SOP penanganan tube dengan pengawasan dari operator leader serta penggunaan alat bantu handling	180	Med	Memberikan pelatihan ulang terkait teknik <i>handling</i> yang benar dan evaluasi berkala
		Machine <i>Ejection</i> ke conveyor terlalu keras	Penyetelan tekanan <i>ejection piston</i>	210	High	Mengganti <i>piston ejection</i> dengan tipe kecepatan rendah atau menambahkan peredam tekanan
		Machine Tekanan <i>presscone</i> terlalu tinggi	Validasi tekanan <i>presscone</i> pada setiap batch dan pencatatan parameter mesin	125	Low	Validasi tekanan <i>presscone</i> di awal batch sesuai parameter
		Method Tidak ada inspeksi kemasan sebelum filling	Pengambilan sampel kemasan sebelum masuk ke mesin <i>filling</i> (QC Line Check)	150	Med	Operator leader melakukan inspeksi visual sebelum handling kemasan ke <i>buffer tube</i>
Batch rusak	Produk gagal	Material (tube) Area seal dalam keadaan basah	Pemeriksaan visual area seal sebelum proses coding	343	High	Melakukan optimasi parameter <i>sealing</i> serta inspeksi dan pembersihan rutin area seal untuk mencegah kontaminasi bulk pada permukaan seal

Tabel 4.9 Rekomendasi Perbaikan FMEA (Lanjutan)

Resiko Aktual				Tindakan		
Failure Mode	Failure Effect	Possible Cause of Failure	Current control	RPN	APL	Recommendation Action
		Man Operator tidak memahami <i>setting</i> mesin	Pelatihan <i>setting emboss</i> dan SOP <i>coding emboss</i> diberikan serta evaluasi kinerja operator secara berkala	210	High	Melakukan pelatihan langsung di mesin produksi serta uji kompetensi operator secara berkala.
		Machine Tekanan <i>emboss</i> tidak stabil	<i>Monitoring</i> tekanan dan suhu <i>coding</i> secara digital dan pencatatan parameter oleh <i>leader</i> tiap <i>batch</i>	196	High	Periodik <i>maintenance</i>
		Machine <i>Mold coding</i> kotor	Pembersihan <i>mold coding</i> tiap <i>batch</i> dan saat <i>start-up</i>	252	High	Menambahkan pembersihan mendalam dengan larutan khusus dan inspeksi detail menggunakan alat bantu visual (<i>senter/loupe</i>)
		Machine <i>Heater</i> terlalu panas	Pengecekan suhu <i>heater</i> dengan dan kalibrasi rutin mesin	140	Med	Cleaning & <i>periodic maintenance</i> pada <i>heater</i> , memasang alarm suhu
		Method <i>Setting mold coding</i> tidak presisi	Validasi hasil <i>emboss</i> oleh operator setelah <i>start-up</i> dan pergantian <i>batch</i>	294	High	Menambahkan panduan visual (<i>guide jig</i>) pada <i>mold</i> dan <i>checklist</i> presisi sebelum <i>start-up</i>
		Method Pengecekan tidak rutin	Pengecekan oleh operator <i>packing</i>	175	Med	Menjadwalkan inspeksi berkala dengan <i>checklist</i> harian yang wajib diisi oleh operator <i>packing</i>
	Cap rusak	Produk not good (NG)	Material (tube) Cacat dari <i>supplier</i>	Pemeriksaan <i>incoming material</i> oleh QC	175	Med

Tabel 4.10 Rekomendasi Perbaikan FMEA (Lanjutan)

Resiko Aktual					Tindakan	
Failure Mode	Failure Effect	Possible Cause of Failure	Current control	RPN	APL	Recommendation Action
		Man Overpressure saat handling	SOP penanganan tube dengan pengawasan dari operator leader serta penggunaan alat bantu handling	180	Med	Memberikan pelatihan ulang terkait teknik handling yang benar dan evaluasi berkala
		Machine Misalignment cap feeder	Pengecekan oleh operator leader	175	Med	Menambahkan sensor deteksi posisi cap
		Machine Tekanan presscone terlalu tinggi	Validasi tekanan presscone pada setiap batch dan pencatatan parameter mesin	125	Med	Validasi tekanan presscone di awal batch sesuai parameter
		Method Tidak ada SOP inspeksi cap	Pengambilan sampel kemasan sebelum masuk ke mesin filling (QC Line Check)	150	Med	Menyusun dan menerapkan SOP inspeksi cap serta pelatihan pelaksanaannya kepada operator filling

Keterangan Action Priority Level (APL) :

 : High
 : Medium
 : Low

UNIVERSITAS
MA CHUNG

4.3.4.2 Tindakan Perbaikan (Implementasi)

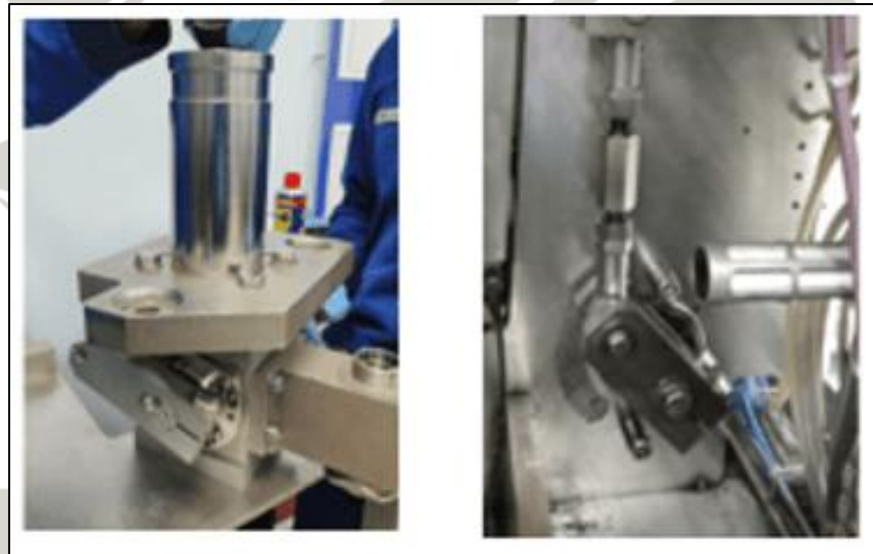
Setelah rekomendasi perbaikan ditentukan, tahap selanjutnya adalah melakukan implementasi langsung di area produksi. Implementasi difokuskan pada penyebab-penyebab kegagalan yang memiliki *Action Priority Level* (APL) kode merah (*high*), karena kategori ini menunjukkan kombinasi nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* yang paling tinggi, sehingga menandakan risiko yang paling kritis dan membutuhkan penanganan segera. Melalui usulan yang diberikan, berikut ini merupakan tindakan perbaikan yang dilakukan oleh perusahaan :

1. Penggantian komponen (*part*) mesin IWK

Tindakan perbaikan yang dilakukan meliputi penggantian dan perbaikan beberapa komponen penting pada unit *piston dosing* mesin *filling* IWK. Tindakan ini mencakup perbaikan pada *rod end shaft* yang semula aus dan tidak berfungsi optimal, sehingga dapat kembali mendukung gerakan *piston* secara fungsional. Selain itu, bagian mekanisme penggerak *piston* juga diperbaiki untuk memastikan perpindahan tenaga dari motor ke *piston* berjalan stabil selama proses pengisian produk. Perusahaan juga melakukan penggantian *connection plate mechanism* antara motor dan *piston dosing* guna mengurangi ketidakakuratan gerakan dan potensi cacat volume. Langkah ini dilengkapi dengan *overhaul* mesin, pemilihan *nozzle* yang sesuai, serta peningkatan frekuensi *preventive maintenance* bersama tim *Continuous Improvement and Lean Team* (CILT). Untuk mengantisipasi kerusakan di kemudian hari, perusahaan juga telah menyiapkan komponen cadangan sebagai *backup part* guna meminimalkan risiko *downtime*.



Gambar 4.19 Komponen Mesin IWK Yang Perlu Diganti

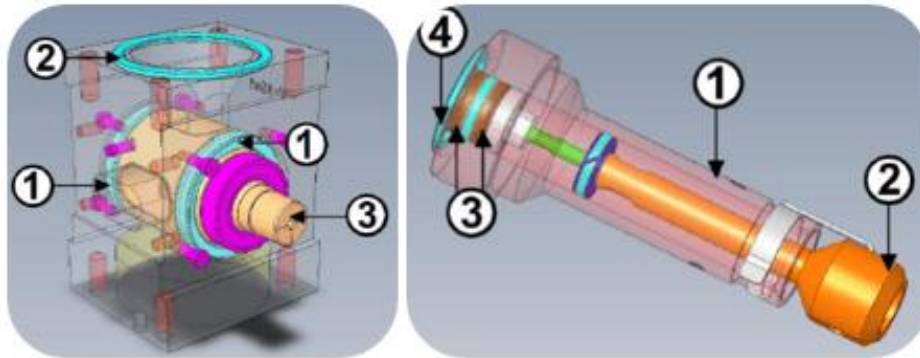


Gambar 4.20 Komponen Mesin IWK Yang Telah Diganti

2. Suku Cadang Kritis yang Perlu Dipesan

Pada tahap implementasi perbaikan, dilakukan juga identifikasi terhadap komponen-komponen mesin yang mengalami keausan dan berisiko tinggi menyebabkan gangguan proses *filling*. Komponen-komponen tersebut dikategorikan sebagai *critical part* yang perlu segera dipesan dan diganti. Beberapa suku cadang utama yang perlu dipesan meliputi: *lip seal*, *O-ring*, dan *rotary valve core* pada *sistem rotary valve*, serta *dosing piston*, *piston seal*, dan *O-*

ring pada unit *piston*. Mekanisme kerja *dosing piston* yaitu menarik (*pull*) produk dari *hopper* ke *rotary valve*, lalu mendorongnya ke *nozzle*. Sementara itu, *rotary valve* berfungsi sebagai katup yang membuka dan menutup aliran dari *hopper* ke *nozzle*. Selain itu, terdapat suku cadang tambahan lain yang juga dibutuhkan seperti *ball bearing*, *ball joint*, *pneumatic actuator*, dan *shut-off nozzle*.



Gambar 4.21 Komponen Mesin IWK Yang Perlu Dipesan (Sumber : PT XYZ)

3. Pemeriksaan Viskositas Sebelum Proses *Tapping* ke IBC

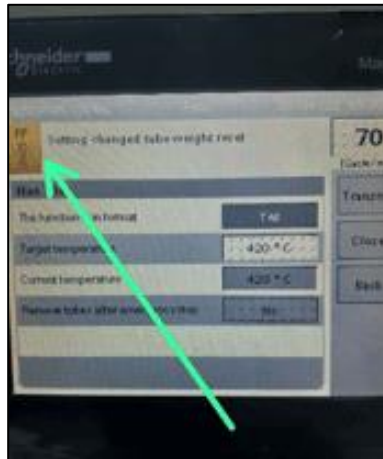
Sebelum *bulk material* dialirkan ke IBC (*Intermediate Bulk Container*), dilakukan pemeriksaan viskositas untuk memastikan bahwa produk berada dalam rentang standar yang telah ditentukan, yaitu antara 1300–3000 mPas. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa nilai viskositas *bulk* masih berada dalam batas yang sesuai standar. Produk yang diperiksa berada pada tahapan maturity T2, yang menunjukkan bahwa *bulk* telah melewati proses pelarutan dan pencampuran dengan baik serta siap untuk diproses ke tahap berikutnya. Pemeriksaan ini penting dilakukan untuk menjamin kestabilan aliran produk selama pengisian serta memastikan kualitas sesuai dengan spesifikasi formula.



Gambar 4.22 Pengecekan Viskositas Bulk dengan Viscometer

4. Pengaturan parameter mesin IWK

Pengaturan parameter pada mesin IWK (FL.06) dilakukan untuk memastikan proses *filling* berjalan stabil dan sesuai standar kualitas produk. Suhu pemanasan mesin diatur dalam kisaran 370°C hingga 390°C, dengan waktu pemanasan (*heating time*) berkisar antara 410 hingga 425 ms untuk memastikan suhu material mencapai kondisi optimal sebelum proses pengisian. Pada tahapan *filling*, terdapat beberapa parameter waktu yang disesuaikan, seperti durasi *ejection* produk dengan rentang 130° hingga 170°, dan nilai aktual diatur pada 160°. Pengaturan offset pembukaan *shut-off valve* juga disesuaikan, dengan rentang 0° hingga 20°, dan pada kondisi tertentu dilakukan pengaturan pada -20° untuk menyesuaikan sinkronisasi buka-tutup *valve* dengan gerakan *piston*. Selain itu, durasi penurunan (*lowering*) juga diatur antara 130° hingga 160°, dengan *set point* pada 140°, guna menjamin posisi *nozzle* dan aliran produk tetap presisi selama proses pengisian berlangsung. Seluruh parameter ini disesuaikan secara periodik untuk menjaga konsistensi *output* dan meminimalkan *defect* kemasan *sealing* tidak rapat dan *cap* rusak akibat ketidaksesuaian pengaturan.



Gambar 4.23 Pengaturan Parameter Mesin IWK

5. Pemasangan alat dan pengaturan parameter *Leakage Tester*

Sebagai bagian dari upaya peningkatan kualitas dan pengendalian *defect* produk, perusahaan telah melakukan pemasangan alat baru berupa *Vacuum Desiccator* dan sistem *Tube Leakage Tester* dengan *roller* tekanan. Alat *Vacuum Desiccator* digunakan untuk mendeteksi potensi kebocoran pada produk melalui metode vakum, dengan pengaturan tekanan sebesar 3 bar. Alat ini memungkinkan inspeksi visual terhadap kemasan dalam kondisi tekanan rendah, guna memastikan tidak ada gelembung udara yang muncul sebagai indikasi kebocoran. Selain itu, perusahaan juga menambahkan sistem *roller leakage tester* sebagai alat bantu inspeksi fisik terhadap hasil *sealing tube*. Parameter alat ini diatur dengan tekanan *roll* sebesar 0,4 bar, tinggi *roller* antara 31–34 mm, dan kecepatan *roller* sebesar 85%. Tekanan optimal untuk pengujian berada di kisaran 0,3–0,4 bar, dengan target utama adalah memastikan permukaan *tube* tertekan secara merata oleh *roller*. Visualisasi kontak langsung antara *tube* dan *roller* digunakan sebagai indikator untuk mendeteksi kebocoran akibat *sealing* yang tidak sempurna. Pemberian alat ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas kontrol kualitas dan mengurangi risiko cacat kebocoran pada produk sebelum dikemas.



Gambar 4.24 *Leakage Tester*

Perusahaan tidak mengimplementasikan perbaikan pada kategori APL kuning (*Medium*) maupun hijau (*Low*), karena dianggap memiliki tingkat risiko yang lebih rendah serta masih dapat dikendalikan oleh sistem pengawasan dan kontrol yang ada. Meskipun tidak menjadi prioritas utama dalam tahap implementasi, penyebab kegagalan dengan kategori risiko sedang hingga rendah tersebut tetap diperhatikan dalam tahap kontrol. Pengendalian dilakukan melalui pembuatan SOP (*Standard Operating Procedure*) atau WI (*Work Instruction*) yang bertujuan untuk menjaga konsistensi pelaksanaan proses, meningkatkan kesadaran operator terhadap potensi kegagalan, serta memastikan bahwa aktivitas pengawasan berjalan sesuai standar yang ditetapkan. Dengan demikian, seluruh kategori risiko, baik tinggi maupun rendah, tetap berada dalam kendali sistem mutu yang terstruktur.

4.3.4.3 Hasil *Improvement*

Melalui analisis usulan perbaikan yang dibuat oleh peneliti, selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap kualitas produksi dan jumlah *defect* selama bulan Januari-Maret 2025. Data dan jenis *defect* pada produk X setelah adanya *improvement* dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Data Cacat Produk Periode Januari - Maret 2025

Bulan	Minggu	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Produk Cacat (Pcs)				Total Defect
			Sealing Tidak Rapat	Cap Rusak	Batch Rusak	Wadah Penyok	
Jan 2025	Minggu Ke-1	322.560	-	43	41	92	702
	Minggu Ke-2	524.160	-	34	42	100	
	Minggu Ke-3	323.064	-	28	41	106	
	Minggu Ke-4	121.056	-	40	33	102	
Feb 2025	Minggu Ke-1	120.960	-	38	39	64	563
	Minggu Ke-2	282.480	-	34	35	72	
	Minggu Ke-3	287.424	-	25	30	86	
	Minggu Ke-4	282.288	-	42	32	66	
Mar 2025	Minggu Ke-1	320.232	-	37	39	140	647
	Minggu Ke-2	235.944	-	33	35	148	
	Minggu Ke-3	247.704	-	40	60	115	
Total		3.067.872	-	394	427	1.091	1.912

Tabel 4.12 menunjukkan data *defect* per minggu pada produk X setelah adanya *improvement* pada proses produksi.

Tabel 4.12 Persentase Produk Cacat Periode Januari - Maret 2025

Bulan	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Cacat (Pcs)	Persentase
Januari 2025	1.290.840	702	0,05%
Februari 2025	973.152	563	0,06%
Maret 2025	803.880	647	0,08%
Total	3.067.872	1.912	0,19%

Perhitungan nilai DPO, DPMO, dan *Level Sigma* terhadap kualitas dari produk X setelah adanya *improvement* sebagai berikut :

1. DPO (*Defect per Opportunities*)

$$DPO = \frac{\text{Jumlah cacat}}{\text{Total jumlah produksi} \times \text{defect opportunity}}$$

$$\begin{aligned} \text{DPO Januari 2025} &= \frac{702}{1.290.840 \times 4} = 0,002175328 \\ \text{DPO Februari 2025} &= \frac{563}{973.152 \times 4} = 0,00231413 \\ \text{DPO Maret 2025} &= \frac{647}{803.880 \times 4} = 0,003219386 \end{aligned}$$

2. DPMO (*Defect per Milion Opportunities*)

$$\text{DPMO} = \text{DPO} \times 1.000.000$$

$$\begin{aligned} \text{DPMO Januari 2025} &= 0,002175328 \times 1.000.000 = 2175,327694 \\ \text{DPMO Februari 2025} &= 0,00231413 \times 1.000.000 = 2314,129756 \\ \text{DPMO Maret 2025} &= 0,003219386 \times 1.000.000 = 3219,385978 \end{aligned}$$

3. Level Sigma

$$\text{Level sigma} = \text{NORMSINV} \left(1 - \frac{\text{DPMO}}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$\text{Level sigma Januari 2025} = \text{NORMSINV} \left(1 - \frac{2175,327694}{1.000.000} \right) + 1,5 = 4,35$$

$$\text{Level sigma Februari 2025} = \text{NORMSINV} \left(1 - \frac{2314,129756}{1.000.000} \right) + 1,5 = 4,33$$

$$\text{Level sigma Maret 2025} = \text{NORMSINV} \left(1 - \frac{3219,385978}{1.000.000} \right) + 1,5 = 4,22$$

Tabel 4.13 Nilai DPMO dan *Level Sigma* Periode Januari - Maret 2025

Bulan	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah Cacat (Pcs)	DPO	DPMO	Level Sigma
Jan-25	1.290.840	702	0,00217533	2175,328	4,35
Feb-25	973.152	563	0,00231413	2314,13	4,33
Mar-25	803.880	647	0,00321939	3219,386	4,22
Rata-rata	3.067.872	1.912	0,00256961	2569,614	4,30

Berdasarkan hasil pengolahan data pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.13, dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan kualitas produksi setelah dilakukan perbaikan proses. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata DPMO (*Defect per Million Opportunities*) yang turun signifikan, dari sebelumnya sebesar 38.913,48607 pada periode April–Juli 2024 menjadi 2.569,614 pada periode Januari–Maret 2025. Penurunan DPMO ini mencerminkan adanya pengurangan jumlah produk cacat per sejuta peluang cacat secara drastis.

Seiring dengan penurunan DPMO, terjadi pula peningkatan *Level Sigma*, yaitu ukuran kinerja proses produksi. Rata-rata *Level Sigma* mengalami peningkatan dari 3,27 pada periode April–Juli 2024 menjadi 4,30 pada Januari–Maret 2025. Kenaikan nilai sigma menunjukkan bahwa proses produksi semakin stabil dan mendekati tingkat bebas cacat (*world-class quality* biasanya berada di atas *level sigma* 4). Secara bulanan, pada April hingga Juli 2024, *level sigma* berkisar antara 3,21 hingga 3,34, sedangkan pada Januari hingga Maret 2025 nilai *sigma* konsisten lebih tinggi, yaitu antara 4,22 hingga 4,35. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan proses produksi yang dilakukan baik dari sisi manusia (*man*), mesin (*machine*), metode (*method*), maupun material telah berhasil meningkatkan efektivitas kontrol kualitas.

4.3.5 Tahap Control

Tahap *control* merupakan langkah akhir dalam siklus DMAIC yang bertujuan untuk memastikan perbaikan yang telah dilakukan dapat dipertahankan dan memberikan dampak jangka panjang terhadap kualitas produksi. Pengendalian dilakukan melalui penerapan standar kerja seperti *Standard Operating Procedure* (SOP) dan *Work Instruction* (WI) agar proses produksi berjalan konsisten sesuai prosedur. Selain itu, operator diwajibkan mengisi *check sheet* dan laporan produksi harian untuk memantau kualitas dan produktivitas setiap hari. Data ini digunakan oleh divisi *Quality Control* untuk mengevaluasi mutu produk serta membantu divisi produksi dalam menindaklanjuti gangguan teknis di lapangan secara cepat dan tepat.

Sebagai pendukung pengendalian, penulis juga menerapkan *One Point Lesson* (OPL) agar operator memahami langkah kerja penting, terutama saat *start-up* mesin

atau saat melakukan pengecekan kualitas. OPL ini telah dibuat untuk proses *setting* mesin IWK dan penggunaan *leakage tester*, sehingga operator dapat bekerja sesuai standar dan meminimalkan risiko kesalahan. Selain itu, dibuat juga *check sheet In Process Control* (IPC) khusus untuk proses inspeksi kebocoran menggunakan *leakage tester* guna memastikan proses pengujian terdokumentasi dengan baik. Seluruh dokumen pendukung, seperti *Checksheets IPC Packing* (Lampiran A), OPL *setting* mesin IWK (Lampiran B), dan OPL *Leakage Tester* (Lampiran C), disusun sebagai bentuk dokumentasi kontrol yang sistematis dan dapat dijadikan acuan berkelanjutan di area produksi.

4.4 Analisis Hasil

Analisis hasil dilakukan untuk menunjukkan efektivitas implementasi pengendalian kualitas terhadap produk X. Data yang digunakan mencakup jumlah produksi dan jumlah cacat (*defect*) sebelum serta sesudah perbaikan. Data sebelum perbaikan diambil selama empat bulan, yaitu periode April hingga Juli 2024. Pada periode tersebut, persentase produk cacat melebihi batas toleransi perusahaan sebesar 0,8% dari total *output*, sehingga menjadi perhatian. Sementara itu, data sesudah perbaikan diambil dari periode Januari hingga Maret 2025, selama tiga bulan setelah dilakukan implementasi tindakan perbaikan pada proses produksi. Perbedaan jangka waktu pengumpulan data, yaitu empat bulan sebelum perbaikan dan tiga bulan setelahnya, menyebabkan jumlah produksi yang dihasilkan juga berbeda signifikan, dengan jumlah produksi lebih besar pada periode sebelum perbaikan. Perbedaan ini turut dipengaruhi oleh kondisi di tahun 2024, di mana produk cacat terutama kemasan yang rusak sempat tersebar luas, sehingga memicu keluhan dan *klaim* dalam jumlah besar. Dampak dari kejadian tersebut menyebabkan penurunan jumlah permintaan dan produksi di tahun berikutnya. Meskipun demikian, analisis menunjukkan bahwa jumlah *defect* setelah perbaikan mengalami penurunan drastis, yang mengindikasikan keberhasilan program perbaikan dan peningkatan kualitas produk secara menyeluruh.

Tabel 4.14 Tabel *Defect* Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Jenis <i>Defect</i>	Sebelum Perbaikan			Sesudah Perbaikan			Persentase Penurunan (%)
	Total Produksi	Total <i>Defect</i>	<i>Reject</i> (%)	Total Produksi	Total <i>Defect</i>	<i>Reject</i> (%)	
<i>Sealing</i>							
Tidak Rapat		39.816			0		100%
Wadah Penyok	6.007.680	8.764	0,97%	3.067.872	1.091	0,06 %	87,55%
<i>Batch</i> Rusak		5.726			427		92,54%
<i>Cap</i> Rusak		2.797			394		85,91%
Total	6.007.680	57.103	0,97%	3.067.872	1.912	0,06 %	96,65%

Berdasarkan Tabel 4.14, terlihat adanya penurunan yang sangat signifikan terhadap jumlah produk cacat setelah dilakukannya perbaikan pada proses produksi. Sebelum perbaikan, total *defect* tercatat sebanyak 57.103 unit dari total produksi sebesar 6.007.680 unit, dengan persentase *reject* mencapai 0,97%, yang berarti telah melebihi batas toleransi perusahaan yaitu 0,8%. Setelah implementasi perbaikan, jumlah *defect* menurun drastis menjadi hanya 1.912 unit dari total produksi 3.067.872 unit, dengan persentase *reject* sebesar 0,06%. Hal ini menunjukkan penurunan total *defect* sebesar 96,65%, sebuah capaian yang sangat signifikan dalam peningkatan kualitas produk.

Jika dilihat per jenis cacat, penurunan paling drastis terjadi pada jenis *defect sealing* tidak rapat yang sebelumnya menyumbang 39.816 unit *defect*, dan berhasil ditekan hingga 0 unit setelah perbaikan, atau mengalami penurunan sebesar 100%. Jenis cacat wadah penyok menurun sebesar 87,55%, dari 8.764 unit menjadi 1.091 unit. Sementara *batch* rusak dan *cap* rusak masing-masing menurun sebesar 92,54% dan 85,91%. Penurunan pada seluruh jenis cacat menunjukkan bahwa perbaikan yang dilakukan telah berhasil secara menyeluruh, bukan hanya pada satu titik permasalahan. Capaian ini membuktikan bahwa pengendalian kualitas melalui pendekatan DMAIC dan rekomendasi dari analisis FMEA telah diterapkan secara efektif dan mampu mengembalikan kualitas produk ke bawah batas toleransi perusahaan.

Dari hasil implementasi yang dilakukan oleh peneliti dan tim *cosmetic production*, dapat disimpulkan bahwa tindakan perbaikan yang diterapkan berhasil mengurangi serta mencegah potensi kegagalan dalam proses produksi. Beberapa tindakan utama yang dilakukan antara lain penggantian komponen mesin yang sudah aus, sebagai bagian dari perbaikan menyeluruh dan signifikan yang memang telah direncanakan oleh perusahaan, pemesanan suku cadang baru untuk memastikan kelancaran operasional, pemeriksaan viskositas *bulk* untuk menjaga kualitas material, serta pengaturan ulang parameter mesin agar lebih presisi. Selain itu, pemasangan alat *leakage tester* juga dilakukan untuk meningkatkan kontrol terhadap potensi kebocoran produk. Seluruh tindakan tersebut ditunjang dengan pembuatan sistem kontrol berupa dokumentasi seperti *checksheet ipc packing*, *one point lesson (OPL) setting* mesin IWK, dan OPL penggunaan *leakage tester*. Hasilnya, tingkat *defect* yang sebelumnya tinggi dapat ditekan secara signifikan setelah implementasi dijalankan.

Tabel 4. 15 *Level Sigma* Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Sebelum Perbaikan			Sesudah Perbaikan		
DPO	DPMO	Level Sigma	DPO	DPMO	Level Sigma
0,038913486	38913,48607	3,27	0,00256961	2569,614	4,30

Tabel 4.15 menunjukkan bahwa implementasi perbaikan yang dilakukan oleh peneliti bersama tim produksi berhasil meningkatkan *level sigma* perusahaan dari 3,27 menjadi 4,30, atau naik sebesar 1,03 poin *sigma*. Peningkatan ini mencerminkan penurunan jumlah produk cacat secara signifikan setelah dilakukannya tindakan perbaikan. Berdasarkan klasifikasi *competitive level* pada standar industri, *level sigma* 3,27 berada dalam kategori “*Industry Average*”, dengan nilai DPMO sekitar 38.913,49 dan *cost of quality* antara 20–30%. Dalam konteks industri manufaktur di Indonesia, kategori ini menggambarkan perusahaan dengan tingkat kualitas menengah, di mana proses produksi sudah cukup terkendali namun belum mencapai standar kelas dunia. Setelah perbaikan diterapkan, *level sigma* meningkat menjadi 4,30, yang berarti proses produksi menjadi lebih stabil dan mendekati kondisi minim cacat. Nilai DPMO turun secara drastis menjadi sekitar 2.569,61, dengan *cost of quality* juga menurun ke kisaran

15–20%. Kenaikan *level sigma* sebesar 1,03 poin ini menandakan bahwa strategi pengendalian kualitas yang diterapkan berhasil menurunkan tingkat *defect* secara signifikan dan membawa perusahaan lebih dekat menuju kategori *world-class quality*, yang umumnya dicapai pada *level sigma* $\geq 4,5$. Ini merupakan indikasi bahwa perusahaan memiliki potensi kuat untuk bersaing di pasar global dengan kualitas produk yang lebih unggul.

Melalui pendekatan *six sigma* dengan metode DMAIC, peneliti mampu mengidentifikasi dan menangani permasalahan kualitas secara terstruktur. Tahapan *define* hingga *control* digunakan untuk menguraikan permasalahan pada proses produksi, mengukur tingkat performa melalui perhitungan DPMO dan *level sigma*, serta menganalisis akar penyebab permasalahan secara mendalam. Proses analisis diperkuat dengan bantuan RCA melalui visualisasi *fishbone diagram* untuk menggali faktor-faktor penyebab utama dari setiap jenis cacat produk, dan FMEA sebagai alat bantu untuk mengevaluasi tingkat risiko dari masing-masing potensi kegagalan dalam proses produksi.

Dalam FMEA, peneliti menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan mempertimbangkan tiga parameter utama, yaitu tingkat keparahan (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*), dan kemampuan deteksi (*detection*). Nilai RPN ini berfungsi sebagai dasar penentuan prioritas perbaikan, di mana nilai tertinggi menjadi fokus utama untuk ditindaklanjuti terlebih dahulu. Dari analisis ini, peneliti menyusun rekomendasi perbaikan yang kemudian diimplementasikan dalam bentuk penggantian komponen mesin, pengaturan ulang parameter proses, hingga penyusunan dokumen kontrol seperti SOP, OPL, dan *checksheet*. Hasil implementasi menunjukkan adanya peningkatan performa proses secara signifikan, yang tercermin dari turunnya jumlah produk cacat dan meningkatnya *level sigma*. Dengan demikian, metode DMAIC tidak hanya efektif dalam menyelesaikan permasalahan yang ada, tetapi juga menjadi fondasi bagi perusahaan dalam melakukan perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) untuk menjaga konsistensi mutu dan meningkatkan daya saing produksi di masa mendatang.

Bab V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Produk *lotion* dalam kemasan *tube* merek X yang diproduksi oleh PT XYZ ditemukan tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan perusahaan. Melalui pendekatan *six sigma*, peneliti berhasil mengidentifikasi jenis cacat (*defect*) utama yang terjadi pada produk *lotion* kemasan *tube* 180 ml merek X. Berdasarkan hasil pengamatan di area produksi serta analisis FMEA yang dilakukan, ditemukan empat jenis cacat yang paling sering muncul, yaitu *sealing* tidak rapat, wadah penyok, *batch* tidak terbaca (*batch* rusak), dan *cap* rusak. Dari keempat jenis cacat tersebut, *sealing* tidak rapat merupakan jenis defect yang paling dominan, ditunjukkan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dan klasifikasi *Action Priority Level* (APL) pada kategori *high*. Hal ini menunjukkan bahwa potensi kegagalan dari *sealing* tidak rapat memiliki tingkat keparahan tinggi, sering terjadi, serta sulit terdeteksi, sehingga menjadi prioritas utama dalam penentuan perbaikan.

Analisis potensi kegagalan dalam proses produksi lotion kemasan 180 ml dilakukan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Melalui pendekatan ini, berbagai penyebab cacat dianalisis berdasarkan tiga indikator utama, yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Hasil pengolahan data menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan. Beberapa penyebab cacat, seperti *dosing* kendor, *valve* lambat respon, dan area *seal* yang basah, memiliki nilai RPN tinggi dan dikategorikan sebagai risiko kegagalan yang harus segera ditindaklanjuti.

Penerapan usulan perbaikan yang dilakukan oleh peneliti bersama tim *cosmetic production* berhasil mengurangi dan mencegah potensi kegagalan dalam proses produksi. Perbaikan difokuskan pada penggantian komponen mesin yang aus, khususnya pada unit *piston dosing* mesin *filling* IWK, seperti *rod end shaft*, mekanisme penggerak *piston*, dan *connection plate mechanism* yang berperan penting dalam kestabilan proses pengisian. Selain itu, dilakukan pemesanan suku cadang baru,

pengaturan ulang parameter mesin agar lebih presisi, serta pemeriksaan viskositas bulk untuk memastikan konsistensi material. Pemasangan alat *leakage tester* juga dilakukan guna meningkatkan akurasi pengecekan kebocoran. Tindakan perbaikan ini dilengkapi dengan sistem kontrol berupa dokumen pendukung seperti *checksheet IPC packing* dan *One Point Lesson* (OPL) untuk pengoperasian mesin dan alat kontrol. Hasil dari implementasi ini menunjukkan penurunan jumlah *defect* secara signifikan, dari 57.103 unit (0,97%) menjadi 1.912 unit (0,06%), yang berarti terjadi penurunan sebesar 96,65%. Capaian ini membuktikan bahwa usulan perbaikan yang diterapkan efektif dalam meningkatkan kualitas produk dan mengendalikan cacat produksi.

Hasil implementasi perbaikan juga terbukti mampu meningkatkan tingkat *sigma* perusahaan secara signifikan, dari 3,27 menjadi 4,30 atau naik sebesar 1,03 poin. Peningkatan ini mencerminkan penurunan jumlah produk cacat secara drastis dan menunjukkan bahwa proses produksi berjalan lebih stabil serta terkendali. Berdasarkan standar industri, level 3,27 termasuk dalam kategori *industry average*, sedangkan pencapaian level 4,30 sudah mendekati standar *world-class quality* yang umumnya berada di atas 4,5 sigma. Hal ini menandakan bahwa strategi pengendalian kualitas yang diterapkan efektif dalam menekan tingkat *defect* dan membawa perusahaan menuju tingkat kualitas yang lebih kompetitif di pasar global.

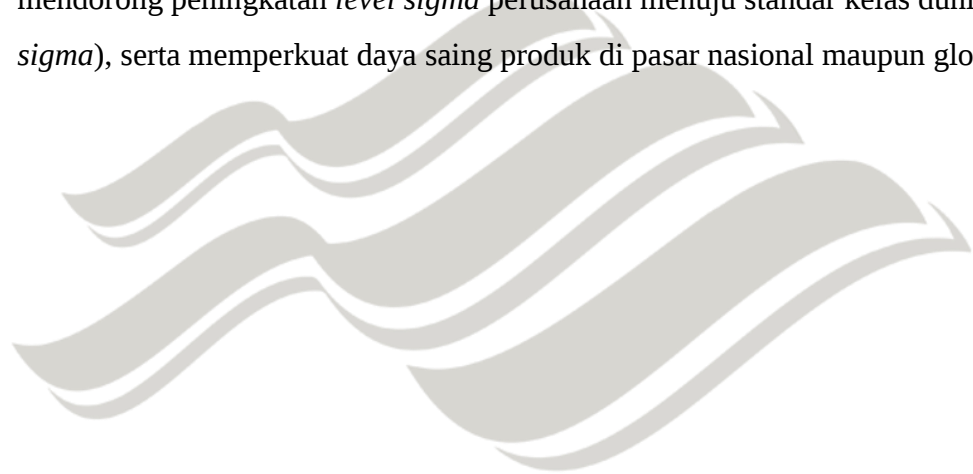
5.2 Saran

Produk *defect* pada proses produksi *lotion* kemasan *tube* merek X dipengaruhi oleh faktor mesin, material, metode, dan manusia. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan berkelanjutan dan pengendalian proses yang konsisten agar kualitas produk tetap terjaga dan angka *defect* dapat terus ditekan. Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan analisis biaya sebagai pembandingan, baik sebelum maupun sesudah implementasi perbaikan. Hal ini penting agar manfaat dari penerapan proyek *six sigma* tidak hanya dilihat dari sisi teknis, tetapi juga dari sisi efisiensi biaya dan keuntungan yang diperoleh.

Karena penelitian ini belum mencakup analisis biaya secara rinci akibat keterbatasan akses data, maka studi selanjutnya dapat lebih komprehensif dengan menyertakan evaluasi finansial dari hasil perbaikan yang dilakukan.

2. Proyek *six sigma* juga dapat diterapkan pada lini produksi lainnya sebagai bagian dari strategi peningkatan kualitas menyeluruh di perusahaan. Jika dilakukan secara konsisten dan berkelanjutan, pendekatan ini berpotensi mendorong peningkatan *level sigma* perusahaan menuju standar kelas dunia (6 *sigma*), serta memperkuat daya saing produk di pasar nasional maupun global.



UNIVERSITAS
MA CHUNG

Daftar Pustaka

- Anbiya, H. H., 2021, Peningkatan Kualitas Kemasan Di PT. Agri Makmur Pertiwi dengan Metode Six Sigma, *Doctoral dissertation*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Assauri, S 2008, *Manajemen Operasi Dan Produksi*, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
- Azizi, A., 2015, Evaluation Improvement Of Production Productivity Performance Using Statistical Process Control, Overall Equipment Efficiency, And Autonomous Maintenance. *Procedia manufacturing*, 2, 186-190.
- Bachtiar, M., Dahda, S. S., & Ismiyah, E., 2021, Analisis Pengendalian Kuaitas Produk Pap Hanger Menggunakan Metode Six Sigma Dan Fmea Di Pt. Ravana Jaya Manyar Gresik. *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, 1(4), 609-618.
- Bhagwati, P., 2023. *Automatic Single Head Tube Filling Sealing Machine Model No. SBTFS-50A GMP Model*, [online] Available at : <<https://www.bhagwatipharma.co.in/automatic-single-head-tube-filling-sealing-machine-model-no-sbtfs-50a-gmp-model/>> [Accessed 1 July 2025]
- Deepak, K. 2021. TQMI. *Importance Data Collection Six Sigma Dmaic Approach*, [online] Available at : <<https://www.tqmi.com/blogs/importance-data-collection-six-sigma-dmaic-approach/>> [Accessed 5 May 2025]
- Eckes, G. 2001. *Making Six Sigma Last: Managing The Balance Between Cultural And Technical Change*. John Wiley & Sons. Third Avenue. New York.
- Elmas, M. S. H. 2017. Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) Untuk Meminimumkan Produk Gagal Pada Toko Roti Barokah Bakery. *WIGA-Jurnal Penelitian Ilmu Ekonomi*, 7(1), 15-22.
- Fadla, F. 2022. Strategi Pengurangan Defect Berbasis Six Sigma Pada Make To Order Customize Multi Product (Produk Kemasan Pada Cv. Berkah Kemasan). *Skripsi*, S.T., Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Fajrin, M. T., & Sulistiyowati, W. 2018. Pengurangan Defect Pada Produk Sepatu Dengan Mengintegrasikan Statistical Process Control (SPC) Dan Root Cause Analysis (RCA) Studi Kasus PT. XYZ. *Spektrum Industri*, 16(1), 1-110.

- Flaig, J. 2013. Quality Digest. *The Risk in Root Cause Analysis*, [online] Available at : <<https://www.qualitydigest.com/inside/six-sigma-article/risks-root-cause-analysis-040413.html>> [Accessed 7 May 2025]
- Gaspersz, V. 2007. *Lean Six Sigma*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Indonesia
- Hartono, R., Aditya, W., Hadi, R. Y., Armandi, E., Pramasdek, R. H., Ramadhan, S., ... & Hariastuti, N. L. P. 2024. Analisa Dmaic dan Fmea Produk Packaging Tube Di Pt. Arisu. *Journal of Engineering Research*, 4(3), 33-40.
- Hutabarat, J. 2022. *Pengantar Teknik Industri*. Media Nusa Creative (MNC Publishing). Malang. Indonesia
- Iwk.de, 2025. *Semi-Automatic Tube Infeed System TZF (up to 220 tubes/min.)*, [online] Available at : <<https://iwk.de/en/products-solutions/machinery/semi-automatic-tube-infeed-system-tzf-up-to-220-tubes-min/>> [Accessed 1 July 2025]
- Janah, M. 2017. Analisis Produk Cacat Dan Produk Rusak. *Tugas Akhir Program Sarjana*, Institut Agama Islam Negeri Surakarta, 13-26.
- Jing, G. G. 2008, May. Digging For The Root Cause. *In ASQ Six Sigma Forum Magazine* (Vol. 7, No. 3, pp. 19-24). American Society for Quality.
- Kifta, D. A., & Munzir, T. 2018. Analisis Defect Rate Pengelasan Dan Penanggulangannya Dengan Metode Six Sigma Dan Fmea Di Pt. Profab Indonesia. *Jurnal Dimensi*, 7(1), 162-174.
- Muhtadin, U. 2022. Perbaikan Kualitas Dan Evaluasi Proses Pengemasan Benih Padi Menggunakan Metode Six Sigma Dan Fishbone Analysis Diagram Studi Kasus: Pt. Agri Makmur Pertiwi. *Skripsi*, S.T., Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Munro, R. A., Ramu, G., & Zrymiak, D. J. 2015. *The Certified Six Sigma Green Belt Handbook*. Quality Press. Milwaukee. United States of America.
- Piyush, Y., 2025. Foodinfotech. *Paxiom To Start Offering Iwk Fp Series Tube Filling Machinery For Creams Gels And Liquids*, [online] Available at : <<https://www.foodinfotech.com/paxiom-to-start-offering-iwk-fp-series-tube-filling-machinery-for-creams-gels-and-liquids/>> [Accessed 1 July 2025]
- Prihantoro, S. A. T. 2018. Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) “Pada PT Karunia Alam Segar” [PhD Thesis]. Universitas Muhammadiyah Gresik

- Rifaldi, M., & Sudarwati, W. 2024. 'Penerapan Metode Six Sigma dan FMEA Sebagai Usaha untuk Mengurangi Cacat pada Produk Bracket'. in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2024*, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, (2024) April 30.
- Stamatis, D. H. 2003. *Failure Mode And Effect Analysis: FMEA From Theory To Execution*. Quality Press. Milwaukee. United States of America.
- Tang, H. 2021. *Quality Planning And Assurance: Principles, Approaches, And Methods For Product And Service Development*. John Wiley & Sons. Hoboken. United States of America.
- Vanden, H., L. N., Lorenzo, D. K., Jackson, L. O., Hanson, W. E., Rooney, J. J., & Walker, D. A. 2008. *Root Cause Analysis Handbook: A Guide To Efficient And Effective Incident Investigation*. Rothstein Publishing. Brookfield. Connecticut United States of America.
- Xin, L., 2025. Researchgate. *Schematic Diagram Of P Control Chart*, [online] Available at : <https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-P-Control-Chart_fig1_357179047> [Accessed 7 May 2025]
- Yusuf, M., & Supriyadi, E. 2020. Minimasi Penurunan Defect Pada Produk Meble Berbasis Prolypropylene Untuk Meningkatkan Kualitas Study Kasus: PT. Polymindo Permata. *Ekobisman: Jurnal Ekonomi Bisnis Manajemen*, 4(3), 244-255.
- Zakaria, D. G., & Suwitho, S. 2017. Pengaruh Kualitas Pelayanan, Kualitas Produk Dan Harga Terhadap Kepuasan Pelanggan. *Jurnal Ilmu dan Riset Manajemen (JIRM)* , 6 (4).

LAMPIRAN A
CHECKSHEET IPC PACKING

No :	IN PROCESS CONTROL LINE TUBE PACKING	LOGO PERUSAHAAN
Rev :		
Eff.Date :		
Author :		Page (s) : 1 of 1

Date :	Batch Produk :
Nama Produk :	Tanggal Expired Produk :
Nart Produk : <i>Cosmetic Production</i>	Tanggal Packing Produk :

Jumlah Sampel / Frekuensi Pengambilan :		15 pcs sampel / per 1 jam								KET
Jam ke :		1	2	3	4	5	6	7	8	
Parameter Periksa	Standard									
1. Kondisi Tube dan Cap 1. _ 6. _ 11. _ 2. _ 7. _ 12. _ 3. _ 8. _ 13. _ 4. _ 9. _ 14. _ 5. _ 10. _ 15. _	1. Tube dan Cap a. Tube sesuai dengan produk b. Sealing tube menutup rapat c. Cap menutup rapat d. Tidak ada celah antara cap dengan tube	1	1	1	1	1	1	1	1	OK : _____ NOT OK : _____ Jumlah yang Diperiksa : _____
		2	2	2	2	2	2	2	2	
		3	3	3	3	3	3	3	3	
		4	4	4	4	4	4	4	4	
		5	5	5	5	5	5	5	5	
		6	6	6	6	6	6	6	6	
		7	7	7	7	7	7	7	7	
2. Cek Kebocoran Tube a. ambil 5 produk b. tempatkan produk dalam vaccum c. vakum sebesar 0,75 bar d. jalankan timer 3 menit e. buka tutup dan cek visual	2. Kondisi Keseluruhan a. bersih tidak nampak kebocoran b. tube bagian depan dan belakang sesuai standar c. batch number dan exp date tercantum	8	8	8	8	8	8	8	8	
		9	9	9	9	9	9	9	9	
		10	10	10	10	10	10	10	10	
		11	11	11	11	11	11	11	11	
		12	12	12	12	12	12	12	12	
		13	13	13	13	13	13	13	13	
		14	14	14	14	14	14	14	14	
		15	15	15	15	15	15	15	15	
Created By :		HOD :						CI :		

LAMPIRAN B
ONE POINT LESSON SETTING MESIN IWK

No :	One Point Lesson	LOGO PERUSAHAAN
Rev :		
Eff.Date :		
Author :		Page (s) : 1 of 1
Date : No. : Departement : OPL Topic : <i>Setting step for IWK (FL.06) Machine</i>		
 1. Hot Air Temperature setting : 385°C  2. Lifter Hot Air Heating time : 420ms		
 3. Filling Timing duration product ejection range : 130° – 170° ; 160°  4. Filling Timing Shifting open shut off offset range : 0° – 20° ; -20°		
 5. Tube Dimension Duration lowering range : 130-160* ; 140*  6. Operation Setting		
Created By :		Acknowledge : HOD : CI :

LAMPIRAN C
ONE POINT LESSON LEAKAGE TESTER

No :	One Point Lesson	LOGO PERUSAHAAN
Rev :		
Eff.Date :		
Author :		Page (s) : 1 of 1
Date :		
No. :		
Departement :		
OPL Topic : <i>Setting step for Leakage Tester</i>		
		
1. Roller height setting: 31-34 mm		
		
2. Roller speed: 85%		
		
3. Pressure setting 0.3-0.4 Bar		
		
4. The optimum target area contacted with the roller		
  		
5. Visualization when the contact (pressed) with the roller of the Tube Leakage Tester.		
Created By :	Acknowledge :	
	HOD :	CI :