

TUGAS AKHIR
PENERAPAN *QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT* DALAM
UPAYA PERBAIKAN KUALITAS BOTOL PET 1000 ML
DI PT NATAMAS PLAST



Disusun Oleh :
VIA NUR RIZKI
2203023

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA
2025

TUGAS AKHIR

PENERAPAN *QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT* DALAM

UPAYA PERBAIKAN KUALITAS BOTOL PET 1000 ML

DI PT NATAMAS PLAST



Disusun Oleh :

VIA NUR RIZKI

2203023

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI

BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI

POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA

2025

HALAMAN PENGESAHAN

Disusun Oleh :

Via Nur Riski

NIM. 2203023

**“PENERAPAN *QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT* DALAM
UPAYA PERBAIKAN KUALITAS BOTOL PET 1000 ML
DI PT NATAMAS PLAST”**

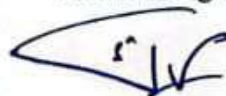
Program Studi Teknologi Pengolahan Karet Dan Plastik

Pembimbing I



Dr. Sigit Susanto, ST, MT.
NIP. 197806042008031001

Pembimbing II



Dr. Sonny Taufan
NIP. 198402262010121002

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir dinyatakan memahami
salah satu syarat yang diperlukan untuk mendapatkan Derajat Ahli Madya

Diploma III (D3) Politeknik ATK Yogyakarta

Tanggal: 28 Agustus 2025

TIM PENGUJI

KETUA

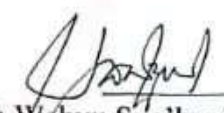


Ir. E. Ratna Utarianingrum, M. Si
NIP. 196410231994032001

Anggota



Dr. Sigit Susanto, ST, MT
NIP. 197806042008031001



Dr. Muh Wahyu Sya'bani, S.T.M. Eng
NIP. 198206062008041003

Yogyakarta, 28 Agustus 2025

Direktur Politeknik ATK Yogyakarta



Dr. Sonny Taufan
NIP. 198402262010121002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Penerapan *Quality Function Deploymet* Dalam Upaya Perbaikan Kualitas Botol 1000 ml di PT Natamas Plast” dengan baik. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam studi D3 Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik di Politeknik ATK Yogyakarta.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa Terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Sonny Taufan, S.H., M.H. selaku Direktur Utama Politeknik ATK Yogyakarta
2. Bapak Dr. Wisnu Pambudi, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik
3. Bapak Dr. Eng. RB. Seno Wulung, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik
4. Bapak Dr. Sigit Susanto, ST, MT., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir
5. Bapak dan Ibu dosen Politeknik ATK Yogyakarta atas ilmu dan bimbingannya.
6. Pihak PT Natamas Plast atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan selama proses magang.
7. Bapak Edy Setiawan, Bapak Wiyono, Bapak Hermawan, Bapak Ismoyo dan Ibu Nadia, atas bimbingan dan bantuan selama magang di PT Natamas Plast.

Penulis menyadari bahwasannya Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna. Akan tetapi, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 11 Juli 2025

Via Nur Rizki

PERSEMBAHAN

1. Ibu Evi Dwi Purwanti dan Bapak Ajie Dadiyo Santoso, sumber doa yang tak pernah putus dan kasih tanpa batas yang menjadi pondasi langkah hidup penulis.
2. Kakak Avi dan Adik Iqbal tempat semua keluh kesah berlabuh dan penenang hati yang selalu setia mendengar.
3. Arumi isvara, penawar lelah dan pengingat indahnya jeda dalam perjalanan ini.
4. Simbah Sri, Mbak Dewi, dan Mbak Eva, bagian berharga dalam hidup penulis yang dukungannya menjadi alasan untuk tetap melangkah.
5. Diri Sendiri, atas keberanian untuk terus bertahan dan tidak menyerah dalam menghadapi berbagai tantangan.
6. Sdri. Eka Nurul Agustin, sahabat sekaligus keluarga yang senantiasa memberikan saran, semangat, dan dukungan selama ini.
7. Sdri. Dina Sri Hastuti teman satu bimbingan yang selalu bersama dalam setiap sesi bimbingan, saling membantu, dan saling mengingatkan.
8. Sabrina, Anisa, Mupi, Intan, teman-teman dekat penulis atas kebersamaan dan dukungan selama masa perkuliahan.
9. Teman – teman kelas A, atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang telah mewarnai perjalanan studi penulis selama tiga tahun ini.

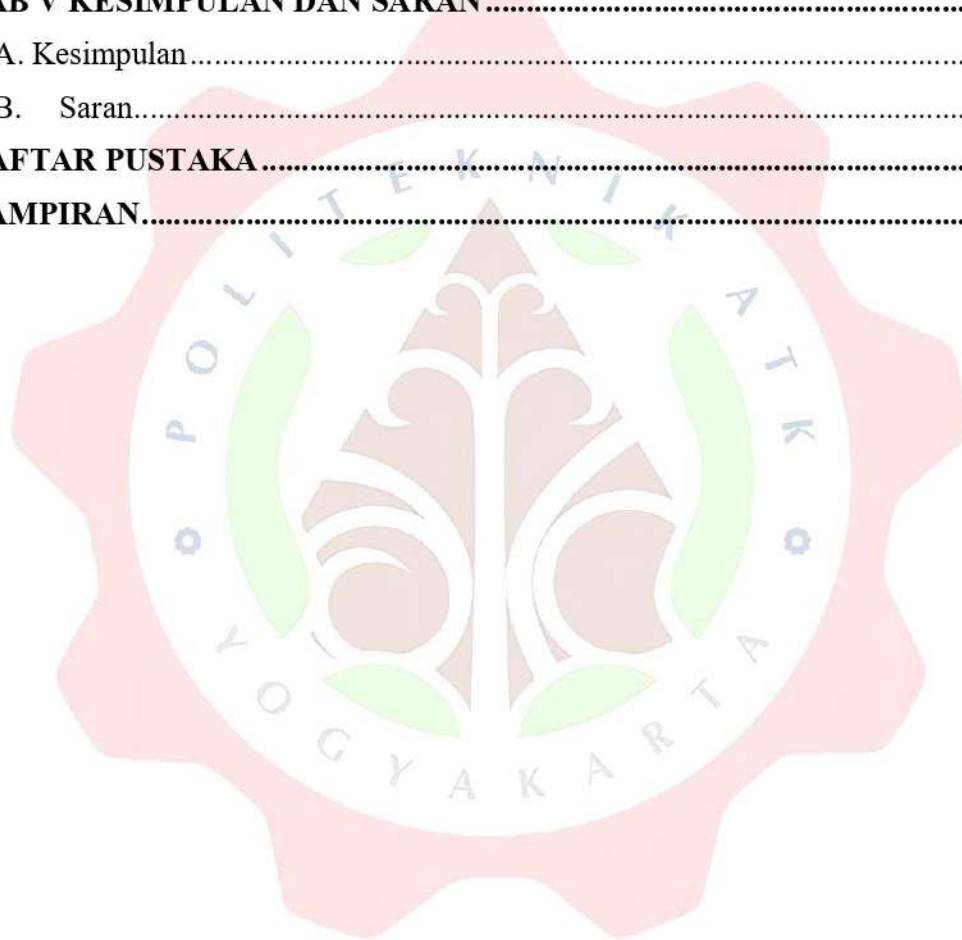
MOTTO

“Ketika kamu merasa ingin berhenti, pikirkan mengapa kamu memulainya, karena nyatanya bukan tentang siapa yang lebih cepat, tetapi tentang siapa yang sanggup bertahan hingga tamat”

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
INTISARI	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Batasan Masalah.....	4
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Plastik.....	6
B. Polyethylene Terephthalate.....	8
C. Proses Produksi Botol PET	11
D. Jenis Cacat Produk Botol PET	13
E. Kualitas	15
F. Quality Function Deployment (QFD)	16
G. <i>Voice Of Customer</i> (VOC).....	19
H. Kapabilitas Proses	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
A. Waktu dan Lokasi Penelitian	24
B. Jenis dan Metode Penelitian.....	24
C. Metode Analisis Data	26

D. Diagram Alir Penelitian	28
E. Rumus dan Alat Analisis.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
A. Faktor Utama Tiga Cacat Dominan Botol PET 1000 ml	34
B. Kapabilitas Proses Optimal atau Tidak.....	38
C. Prioritas Perbaikan kualitas Botol PET 1000 ml	40
D. Langkah Perbaikan Menggunakan FMEA.....	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	52
A. Kesimpulan.....	52
B. Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN.....	58



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Sifat PET beserta Nilainya.....	9
Tabel 2 Nilai Sigma beserta nilai DPMO	21
Tabel 3 Data Cacat Produksi Botol PET 1000 ml Januari 2025	35
Tabel 4 Nilai DPMO dan Level Sigma.....	39
Tabel 5 VOC dan CTQ	41
Tabel 6 FMEA	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kode Plastik	10
Gambar 2 Cacat Tebal Tipis	14
Gambar 3 <i>Bottom</i> Cacat	14
Gambar 4 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir.....	29
Gambar 5 Diagram Pareto Cacat.....	36
Gambar 6 Diagram <i>Fishbone</i>	37
Gambar 7 House Of Quality	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan.....	58
Lampiran 2 Hasil Wawancara.....	59
Lampiran 3 Dokumen CSA.....	64
Lampiran 4 Blanko Bimbingan Tugas Akhir.....	65
Lampiran 5 Surat Keterangan Diterima Magang <i>Dual System</i>	66
Lampiran 6 Sertifikat Magang	67
Lampiran 7 Surat Keterangan Selesai Magang	68
Lampiran 8 Penilaian Magang	68
Lampiran 9 Lembar Harian Magang.....	68



INTISARI

Industri manufaktur di Indonesia menunjukkan kemajuan yang cukup pesat, terutama pada sektor kemasan plastik seperti botol PET. PT Natamas Plast sebagai produsen botol PET 1000 ml menghadapi tantangan kualitas akibat tingginya cacat produk, seperti cacat tebal tipis, *bottom* cacat, dan *body* cacat. Penelitian ini berjudul “Penerapan *Quality Function Deployment* Dalam Upaya Perbaikan Kualitas Botol PET 1000 ml di PT Natamas Plast” dan bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab cacat serta menyusun strategi perbaikan kualitas secara sistematis. Metode yang digunakan meliputi pendekatan *Six Sigma* (melalui perhitungan DPMO dan tingkat sigma), diagram Pareto, analisis *fishbone*, *Quality Function Deployment*, serta *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Berdasarkan data produksi bulan Januari 2025 cacat yang paling dominan yaitu cacat tebal tipis (55%), *bottom* cacat (29%), dan *body* cacat (16%). Nilai DPMO sebesar 56.941,58 dengan level sigma 3.08 menunjukkan proses berada dalam batas standar industri. Analisis *fishbone* mengindikasikan bahwa faktor *mold*, lingkungan, dan manusia merupakan penyebab utama cacat. Karakteristik teknis prioritas perbaikan ditentukan melalui QFD dan diperkuat dengan FMEA untuk menyusun langkah perbaikan. Hasil integrasi metode tersebut menghasilkan strategi peningkatan kualitas yang terarah dan berorientasi pada kebutuhan pelanggan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengendalian kualitas botol PET secara berkelanjutan.

Kata kunci: Cacat Produk, Botol PET 1000 ml, QFD, *Six Sigma*, FMEA

ABSTRACT

The manufacturing industry in Indonesia has shown rapid progress, especially in the plastic packaging sector such as PET bottles. PT Natamas Plast, as a manufacturer of 1000 ml PET bottles, faces quality challenges due to high product defects, such as uneven thickness, bottom defects, and body defects. This study, titled 'The Application of Quality Function Deployment in Improving the Quality of 1000 ml PET Bottles at PT Natamas Plast,' aims to identify the causes of defects and develop a systematic quality improvement strategy. The methods used include the Six Sigma approach (through DPMO calculations and sigma level analysis), Pareto diagrams, fishbone analysis, Quality Function Deployment, and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Based on January 2025 production data, the most dominant defects were thickness defects (55%), bottom defects (29%), and body defects (16%). The DPMO value of 56,941.58 with a sigma level of 3.08 indicates that the process is within industry standard limits. The fishbone analysis indicates that mould, environment, and human factors are the primary causes of defects. Priority technical characteristics for improvement are determined through QFD and reinforced with FMEA to develop improvement steps. The integration of these methods results in a targeted quality improvement strategy oriented toward customer needs. This study is expected to serve as a reference for sustainable quality control of PET bottles.

Keywords: Product Defects, 1000 ml PET Bottles, QFD, Six Sigma, FMEA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan industri manufaktur di Indonesia mengalami kemajuan yang cukup pesat. Menurut data dari Bank Dunia, Indonesia menduduki peringkat ke-12 global dalam hal nilai tambah manufaktur (*Manufacture Value Added*) (World Bank, 2023). Pencapaian ini menunjukkan betapa pentingnya peran sektor manufaktur dalam mendorong pertumbuhan ekonomi negara serta mencerminkan kuatnya daya saing industri dalam negeri. Seiring persaingan yang semakin ketat, perusahaan dituntut untuk terus menjaga dan meningkatkan kualitas produknya.

Industri plastik di Indonesia terus mengalami pertumbuhan, terutama pada sektor pengemasan. Produk-produk plastik seperti botol, cup, dan kemasan lainnya kini banyak digunakan di berbagai bidang mulai dari makanan dan minuman, farmasi, hingga produk rumah tangga. Menurut (Astuti et al., 2023) sekitar 34,88% konsumsi plastik nasional digunakan untuk sektor kemasan, menjadikannya sektor yang dominan dalam penggunaan plastik di Indonesia.

Salah satu bahan plastik yang umum digunakan dalam industri pengemasan adalah PET (*Polyethylene Terephthalate*). PET banyak dipilih karena sifatnya yang kuat, ringan, transparan, dan tahan terhadap bahan

kimia. Material ini juga bisa di daur ulang, menjadikannya salah satu solusi dalam mendukung produksi berkelanjutan (Celik *et al.*, 2022)

PT Natamas Plast merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang produksi kemasan plastik, salah satu produknya yakni botol berbahan PET. Perusahaan ini menggunakan material dengan komposisi 50% *Recycled* PET (RPET) dalam proses produksi, sebagai bentuk dukungan terhadap pengurangan limbah plastik. Penggunaan RPET tentu memiliki tantangan tersendiri, terutama dalam menjaga konsistensi kualitas produk. PT Natamas Plast sudah menetapkan tujuan, fokus utama, dan standar kualitas yang berorientasi pada kualitas serta kepuasan pelanggan, namun masih terdapat tantangan untuk menjaga kualitas produk secara konsisten.

Upaya yang dilakukan perusahaan untuk bersaing dan memenuhi standar kualitas yang diharapkan, perusahaan perlu memastikan bahwa setiap produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Salah satu langkah adalah mengidentifikasi dan memprioritaskan penyebab cacat dominan, sehingga dapat menekan jumlah produk cacat dan meningkatkan efisiensi proses produksi (Wardhani *et al.*, 2024). Cacat dominan yang terjadi seperti tebal tipis, *bottom* cacat, dan *body* cacat dapat menghambat permintaan pasar.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk membantu perusahaan dalam mengukur dan mengendalikan kualitas. Beberapa di antaranya seperti *Statistical Process Control* (SPC), *Failure Mode and Effect Analysis*

(FMEA), dan pendekatan *Six Sigma*. SPC digunakan untuk mengontrol kestabilan proses secara statistik, FMEA untuk menganalisis potensi kegagalan, dan *Six Sigma* digunakan untuk mengukur serta meningkatkan kapabilitas proses produksi (Pyzdek & Keller, 2014).

Namun dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). Metode ini mampu menerjemahkan kebutuhan pelanggan (*Voice of Customer*) menjadi karakteristik teknis yang bisa dikendalikan selama proses produksi. Keunggulan QFD terletak pada pendekatan sistematis yang menjembatani harapan pelanggan dengan spesifikasi teknik internal perusahaan (Akao, 1990).

Penggunaan metode QFD akan didukung dengan perhitungan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dari metode *Six Sigma* untuk mengetahui seberapa besar kapabilitas proses saat ini. Selain itu, dilakukan juga analisis FMEA untuk mengidentifikasi potensi risiko dan menentukan perbaikan prioritas risiko tertinggi. Kombinasi ketiga metode ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang menyeluruh dalam upaya perbaikan kualitas produk.

B. Rumusan Permasalahan

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, terdapat beberapa persoalan penting terkait kualitas botol PET 1000 ml yang perlu diselesaikan. Oleh karena itu, penelitian ini merumuskan masalah yang akan menjadi fokus pembahasan lebih lanjut sebagai berikut.

1. Apa faktor utama penyebab tiga cacat dominan pada botol PET 1000 ml?
2. Sejauh mana kapabilitas proses produksi botol PET 1000 ml dapat dikategorikan optimal berdasarkan pendekatan *Six Sigma* melalui perhitungan DPU, DPO, DPMO, dan tingkat sigma?
3. Bagaimana menyusun prioritas perbaikan kualitas pada botol 1000 PET 1000 ml dengan metode QFD?
4. Bagaimana analisis FMEA dapat digunakan untuk mendukung hasil QFD dalam menentukan langkah perbaikan?

C. Tujuan Penulisan Tugas Akhir

1. Mengidentifikasi faktor utama penyebab cacat botol PET 1000 ml
2. Mengevaluasi kapabilitas proses produk botol PET 1000 ml untuk mengetahui optimalisasi proses
3. Menyusun prioritas perbaikan berdasarkan pendekatan QFD
4. Menggunakan analisis FMEA untuk mendukung penerapan QFD dalam menentukan perbaikan yang tepat

D. Batasan Masalah

Penelitian ini hanya difokuskan pada produk botol PET volume 1000 ml yang diproduksi oleh PT Natamas Plast. Data yang digunakan yaitu data produksi selama satu bulan pada bulan Januari 2025, dengan kategori cacat yang teridentifikasi dalam proses inspeksi akhir. Pendekatan statistik digunakan untuk menganalisis kapabilitas proses produk. Penelitian ini tidak mencakup simulasi maupun pengujian fisik lanjutan, melainkan

hanya berdasarkan data aktual produksi dan CSA (*Customer Specification Agreement*).

E. Manfaat Penyelesaian Tugas Akhir

1. Bagi Industri

- a. Memberikan rekomendasi untuk menurunkan tingkat cacat produk botol PET 1000 ml dan meningkatkan kualitas produksi.
- b. Menjadi acuan dalam menentukan keputusan teknis untuk perbaikan proses produksi.
- c. Mendukung penerapan metode terstruktur seperti QFD, *Six Sigma* (DPMO), dan FMEA untuk memperkuat pengendalian kualitas.

2. Bagi Politeknik ATK Yogyakarta

- a. Menambah literatur mengenai penerapan QFD, *Six Sigma*, dan FMEA di industri plastik.
- b. Mempererat hubungan kerja sama antara perguruan tinggi vokasi dan dunia industri

3. Bagi Mahasiswa

- a. Memberikan pengalaman penerapan metode
- b. Pengendalian kualitas secara sistematis di lingkungan industri.
- c. Menjadi bekal praktis untuk menghadapi dunia kerja di sektor industri plastik dan manufaktur

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Plastik

Istilah “plastik” berasal dari bahasa Yunani “*plastikos*” yakni sesuatu yang dapat dibentuk atau dicetak. Plastik merupakan bahan berbasis polimer sintetik yang terbentuk melalui proses polimerisasi senyawa kimia berbasis karbon, seperti etilena dan propilena (Batan, 2022). Plastik biasa dapat dijumpai berupa kemasan plastik atau digunakan pada komponen otomotif, peralatan elektronik, dan masih banyak lagi (Nasution, 2015).

Plastik tersedia dalam berbagai bentuk, ukuran, dan warna. Material ini banyak digunakan dalam pembuatan produk seperti kemasan makanan, komponen otomotif, peralatan rumah tangga, dan botol minuman. Plastik memiliki keunggulan seperti ringan, tahan air, fleksibel, tahan bahan kimia, serta murah dan mudah diproses, menjadikannya sebagai material utama dalam industri manufaktur modern, termasuk di sektor pengemasan (Nasution, 2015). Produk plastik umumnya diproduksi dari biji plastik yang berasal dari polimer sintesis, lalu dibentuk melalui metode seperti *injection molding*, *blow molding*, dan ekstruksi, sesuai dengan jenis serta kebutuhan produk yang dihasilkan (Satria, 2023).

Berdasarkan sifat termalnya, plastik secara umum diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama, yaitu termoplastik, termoset, dan elastomer. Termoplastik adalah jenis plastik yang akan melunak jika dipanaskan dan kembali mengeras setelah didinginkan, sehingga dapat dibentuk ulang dan

didaur ulang. Contoh plastik jenis ini meliputi *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), *polyvinyl chloride* (PVC), dan *polyethylene terephthalate* (PET).

Termoset merupakan jenis plastik yang setelah mengalami pemanasan awal (*curing*), akan mengeras secara permanen dan tidak dapat dilelehkan kembali. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya ikatan silang yang stabil secara kimia dan termal. Termoset banyak digunakan dalam aplikasi struktural seperti otomotif, pesawat terbang, dan komponen bangunan karena memiliki kekuatan mekanik tinggi, kestabilan dimensi, serta ketahanan terhadap panas dan bahan kimia. Contohnya seperti resin epoksi, bakelit, dan poliester tak jenuh ((Zhou, et al., 2021)

Elastomer adalah plastik yang memiliki sifat elastis menyerupai karet. Elastomer memiliki struktur molekul yang tersusun atas rantai panjang dengan ikatan silang yang acak, memungkinkan material tersebut untuk meregang dan kembali ke bentuk semula setelah diberi gaya. Elastomer banyak digunakan dalam aplikasi yang memerlukan fleksibilitas tinggi seperti *seal*, gasket, pelapis, dan peralatan medis. Beberapa elastomer modern juga dikembangkan dalam bentuk *thermoplastik elastomer* (TPE) yang menggabungkan sifat elastisitas dan kemampuan untuk diproses ulang seperti termoplastik.

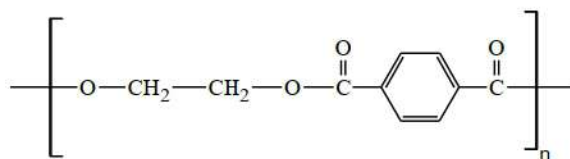
Pemahaman tentang jenis dan karakteristik plastik menjadi hal yang krusial dalam industri, karena pemilihan material yang tepat akan sangat menentukan kualitas akhir produk. Karakteristik seperti kekuatan

mekanik, ketahanan terhadap tekanan, kejernihan visual, serta kestabilan terhadap suhu dan kelembapan sangat dipengaruhi oleh jenis plastik yang digunakan dan proses pengolahannya.

B. Polyethylene Terephthalate

Polyethylene Terephthalate yang biasa disebut PET, dibuat dari kombinasi etilena glikol (EG) dan asam tereftalat (TPA) atau dimetil ester asam tereftalat (DMT). Seperti PC (Polikarbonat), PET termasuk ke dalam keluarga besar poliester. Polimer PET sering kali dicampur dengan serat kaca atau mineral. Film PET memiliki keunggulan karena sifatnya yang transparan, kuat, elastis, dimensinya stabil, tahan terhadap api, serta rendahnya permeabilitas terhadap gas aroma, dan air.

PET bersifat *higroskopis* yang artinya material mudah menyerap air. Oleh sebab itu, sebelum diproses melalui *injection* atau *blow molding*, PET harus dikeringkan terlebih dahulu hingga kadar airnya sangat rendah, agar hasil cetakannya tidak cacat. PET memiliki titik leleh kisaran 255°C – 265°C , dengan suhu kristalisasi optimal antara 170°C hingga 190°C . Suhu transisi gelas (T_g) dari PET sendiri berada di kisaran 69°C – 115°C tergantung pada tingkat kristalinitas dan struktur molekulnya (Awaja & Pavel, 2005). Struktur kimia dari PET ditunjukkan pada Gambar 1 di mana 'n' merupakan jumlah unit pengulang. Sifat fisik dan kimia dari PET dirangkum pada Tabel 1.



Gambar 1 Struktur kimia dari PET (Utomo & Arfiana, 2023)

Tabel 1 Sifat PET beserta Nilainya

Sifat	Nilai
Berat Molekul (g/mol)	192 g/mol
Densitas	1,41 g/cm
Suhu transisi glass	69°C- 115°C
Titik leleh	265 °C
Kuat tarik	1700 Mpa
Kuat putus	50 Mpa
Regangan	4 %

Sumber : (Awaja & Pavel, 2005)

Berdasarkan struktur dan sifatnya, PET dibedakan menjadi 3 jenis dengan pengaplikasian dan karakteristik yang berbeda. PET dikelompokkan ke dalam 3 jenis utama, yakni APET (*Amorphous Polyethylene Terephthalate*), yaitu botol transparan yang sangat baik dalam mencegah kebocoran gas dan tahan terhadap tekanan dari dalam. CPET (*Crystallized Polyethylene Terephthalate*) memiliki karakteristik yang serupa dengan APET dalam hal kemampuan menahan gas, meskipun tidak setransparan APET. PETG (*Polyethylene Glycol Terephthalate*) adalah jenis PET amorf, sehingga memiliki karakteristik serupa dengan APET. Selain itu, PETG dapat diolah melalui proses *thermofarming* untuk menghasilkan lembaran plastik (Latko-Duralek et al., 2019)

Selain klasifikasi tersebut, PET memiliki kode resin daur ulang “1” yang secara umum digunakan untuk menandai jenis plastik pada kemasan. Kode daur ulang ini mempermudah proses pemilahan limbah serta menunjukkan penggunaannya. Simbol dengan angka ini biasanya diaplikasikan pada kemasan minuman seperti air mineral, *soft drink*, jus, dengan toleransi suhu dingin namun tidak dianjurkan pengaplikasian pada air panas maupun hangat. Material berkode ini umumnya digunakan hanya sekali pakai saja, karena penggunaan berulang dapat melepaskan zat berbahaya (Masdiana et al., 2023).



Gambar 1 Kode Plastik

Sumber : (Sekartaji, 2017)

Penggunaan RPET di botol 1000 ml diperoleh dari penghancuran botol-botol *reject* hasil produksi internal mesin *crusher* menjadi serpihan plastik. Namun, keberadaan RPET menuntut kontrol proses produksi lebih ketat. Parameter seperti suhu pemanasan *preform*, tekanan *blowing*, dan pendinginan harus diatur dengan tepat untuk memastikan distribusi ketebalan merata, kekuatan struktur botol optimal, serta kejernihan visual sesuai standar (SNI 8424-2017). Upaya yang dilakukan yakni pengeringan serpihan RPET untuk menurunkan kelembaban, selanjutnya dilakukan mencampurkan RPET dengan *virgin* PET dalam proporsi 50:50 untuk

menghasilkan *preform* sesuai spesifikasi pelanggan. Strategi ini mendukung prinsip keberlanjutan dengan mengurangi limbah plastik internal dan biaya bahan baku.

Menurut (Celik et al., 2022) daur ulang RPET cenderung mengalami degradasi rantai polimer, akibat proses daur ulang serta kekuatan mekanik yang lebih rendah dibandingkan PET murni (virgin PET). Meskipun sifat termal dan mekanik RPET masih berada dalam kisaran standar PET, nilai-nilai umumnya berada pada batas bawah, dan lebih sensitif terhadap kelembapan serta ketidakstabilan selama proses produksi.

C. Proses Produksi Botol PET

Pembuatan botol PET melalui dua tahap yaitu *preform* dan botol. Dalam artian pembuatan botol di proses melalui tahap *injection molding* dan *stretch blow molding*. Tahap *injection molding* digunakan untuk membuat *preform*. *Preform* adalah bahan setengah jadi yang berbentuk seperti tabung reaksi, sebelum ditiup ke mesin *stretch blow molding*.

1. Injection Molding

Preform adalah bahan setengah jadi yang memiliki bentuk menyerupai tabung reaksi kimia. *Preform* terbuat dari material PET dan proses pembuatannya menggunakan mesin injeksi *molding*. Bentuk *preform* akan ditunjukkan pada gambar 2. *Injection molding* merupakan metode pencetakan dengan melelehkan material dari sistem pemanas, lalu lelehkan material termoplastik di injeksi ke dalam cetakan yang

telah didinginkan dengan air sehingga menjadi keras. Proses ini membutuhkan kontrol suhu, tekanan, dan waktu penahanan untuk mencegah produk cacat (Ramadhan et al., 2022).



Gambar 2. Preform

Pada mesin *injection molding* terdapat bagian dasar *screw* yang terhubung dengan piston di dalam silinder, silinder tersebut diisi dengan oli bertekanan, sehingga piston akan terdorong maju. Gaya dorong ini diteruskan oleh piston ke ujung *screw* yang kemudian mendorong material plastik yang meleleh ke dalam cetakan melalui *nozzle*, *sprue*, *runner*, dan *gate* (Carnai & Michal, 2015).

2. *Stretch Blow Molding*

Stretch Blow Molding merupakan bagian inti dalam proses peniupan. Mesin ini berfungsi untuk mengubah *preform* menjadi botol sesuai dengan bentuk cetakan. Mesin ini terdiri dari dua unit yaitu unit peniupan botol (*bottle blowing*) dan unit pemanasan *preform* (*preform heating unit*). Unit pemanasan *preform* menggunakan lampu inframerah untuk memanaskan *preform*, memastikan kelenturan dan distribusi suhu yang merata dengan bantuan sistem pendingin

menggunakan aliran udara dan unit peniupan yang menggunakan batang stretch serta tekanan tinggi untuk membentuk botol sesuai cetakan (Mas'ud, 2017).

D. Jenis Cacat Produk Botol PET

Dalam proses botol PET kualitas produk sangat bergantung pada kestabilan proses *injection molding* dan *stretch blow molding*. Beragam jenis cacat bisa muncul apabila parameter proses tidak terkendali, baik dari segi temperatur, tekanan, waktu, maupun kondisi *mold*. Cacat-cacat ini dapat menimbulkan kerugian produksi, menurunkan estetika, maupun fungsional botol tersebut.

Penyebab cacat pada produk plastik biasanya karena ketidakstabilan proses, seperti pengaturan suhu yang tidak tepat maupun waktu pendinginan yang kurang optimal (Ramadhan et al., 2022). Berikut beberapa jenis cacat yang sering ditemukan pada produk botol.

1. Cacat Tebal Tipis

Cacat tebal tipis ditandai dengan distribusi ketebalan dinding botol yang tidak seragam baik pada bagian leher (*neck*), badan (*body*), maupun dasar (*bottom*). Ketidaksesuaian ini dapat mengurangi daya tahan fisik botol sehingga lebih rentan terhadap deformasi. Selain itu, cacat tebal tipis juga mempengaruhi penampilan botol seperti cekung dan bergelombang (Syarifuddin, 2023).



Gambar 2 Cacat Tebal Tipis

2. *Bottom Cacat*

Bottem cacat merupakan cacat pada bagian dasar botol berupa lipatan, kerutan atau bentuk yang tidak simetris. Bagian ini memiliki peran penting dalam menopang beban isi botol dan menjaga stabilitas saat diletakkan di permukaan. Adanya cacat di area ini berpotensi menyebabkan ketidakseimbangan posisi botol serta meningkatkan risiko kebocoran (Adianto & Wibisono, 2016). Cacat *bottom* dapat dilihat pada gambar 3.

Gambar 3 *Bottom Cacat*

3. *Body Cacat*

Body cacat merupakan cacat yang terjadi pada bagian badan botol meliputi warna yang tidak merata, permukaan buram, goresan, serta keberadaan benda asing yang terjebak di dalam dinding botol. Jenis cacat ini mempengaruhi kualitas visual produk dan dapat

menurunkan daya tarik konsumen. Selain itu, bentuk badan botol yang tidak sesuai spesifikasi dapat mempengaruhi kapasitas isi botol dan akurasi volume produk yang dikemas (Industries, 2005).

4. Cacat Lainnya

Terdapat juga jenis cacat lain yang sering muncul dalam proses produksi botol seperti *short shot* yaitu kondisi ketika cetakan tidak terisi penuh. *Flashing* berupa kelebihan material di area sambungan *mold* (parting line). *Sink Mark* atau cekungan pada permukaan yang muncul akibat penyusutan. *Bubble* atau gelembung udara atau gas yang terperangkap di dalam dinding botol karena ketidaksempurnaan pengeringan resin.

E. Kualitas

Menurut Kotler dan Amstrong (2012), kualitas adalah sejauh mana suatu produk dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Hal ini meliputi banyak hal, seperti seberapa lama produk itu awet, akurat, mudah dipakai, mudah dirawat, dan berbagai ciri khas lainnya yang dimilikinya. Kualitas akan tercapai apabila perusahaan mampu menyediakan produk yang sesuai dengan harapan pelanggan, bahkan dapat melampaui harapan mereka. Perusahaan yang mengedepankan kualitas akan membangun hubungan yang baik dengan pelanggan. Oleh sebab itu, produksi suatu barang kini lebih mengutamakan apa yang diinginkan pasar atau selera pembeli. Artinya, baik tidaknya suatu produk ditentukan oleh seberapa mampu produk itu memenuhi kebutuhan pelanggan. Barang yang dijual harus lulus

uji standar kualitas. Sebab, yang paling utama bagi pembeli adalah kualitas produk tersebut. Dibandingkan barang sejenis yang juga bisa memenuhi kebutuhan dan keinginan mereka, pembeli biasanya memilih barang yang kualitas produknya lebih unggul. Kualitas produk itu sendiri adalah kemampuan produk dalam memenuhi harapan atau kebutuhan pelanggan, meliputi keawetan, keandalan, kemudahan penggunaan, serta karakteristik lainnya (Herlambang et al., 2021).

Menurut Joshua *et al* (2022), kualitas suatu produk mencerminkan kemampuan produk tersebut dalam menjalankan fungsinya secara optimal. Hal ini mencakup daya tahan, akurasi, serta kemudahan dalam pengoperasian, perawatan, termasuk juga atribut bernilai lainnya yang melekat pada produk tersebut (Ningsih & Ali, 2022).

Sementara itu, (Wijaya, 2018) mengemukakan bahwa ada delapan dimensi kualitas produk yang telah dirumuskan. Dimensi-dimensi ini dapat dijadikan dasar penting dalam menyusun strategi dan melakukan evaluasi. Delapan dimensi tersebut adalah kinerja (*performance*), keistimewaan tambahan (*feature*), kehandalan (*reliability*), kesesuaian (*conformance*), daya tahan (*durability*), kemampuan pelayanan (*serviceability*), estetika (*aesthetics*) dan kualitas yang dipersepsikan (*perceived quality*).

F. Quality Function Deployment (QFD)

Quality Function Deployment adalah metode yang sering digunakan perusahaan untuk memahami dan mengukur seberapa penting kebutuhan dan harapan pelanggan terhadap produk atau layanan yang

dihasilkan. Sebuah perusahaan yang berhasil menjalankan QFD secara efektif dapat meningkatkan mutu kualitas sekaligus mengurangi biaya produksi barang ataupun jasa (Kiran, 2017) sebagaimana dikutip dalam (Setyo Wibowo et al., 2022a).

Dr.Yoji Akao tahun 1972, memperkenalkan konsep QFD di Jepang. Akao menjelaskan QFD sebagai cara untuk menentukan rancangan kualitas yang sesuai dengan keinginan pelanggan. Selanjutnya, keinginan ini diubah menjadi target desain dan poin kualitas penting yang bisa diterapkan saat mengembangkan produksi atau layanan. QFD adalah alat manajemen yang fokus pada harapan pelanggan, dan sering digunakan untuk mengatur alur pengembangan produk atau membuat layanan dalam berbagai industri (Erdil & Arani, 2019).

Konsep QFD dikembangkan untuk memastikan bahwa produk yang akan diproduksi betul-betul memenuhi harapan kebutuhan pelanggan dengan cara menciptakan kualitas yang diperlukan dan kesesuaian yang optimal pada setiap tahap pengembangan produk. Dalam industri plastik, termasuk produksi botol PET penerapan QFD membantu mengidentifikasi karakteristik teknis seperti ketebalan dinding yang seragam, kekuatan material, serta desain yang sesuai spesifikasi pelanggan (Sukania et al., 2018).

Penerapan QFD sendiri telah dilakukan di berbagai industri. (Setyo Wibowo et al., 2022a) menerapkan metode ini untuk mengukur dan mengevaluasi kualitas layanan sistem informasi pelanggan pada perusahaan

pembiayaan. Sementara itu (Hasanah, 2007) menerapkan metode ini untuk menganalisis dan mengembangkan produk sepeda motor Honda Karisma agar lebih sesuai dengan keinginan konsumen. Kedua studi tersebut menunjukkan bahwa QFD merupakan metode yang fleksibel dan dapat diterapkan tidak hanya di industri manufaktur tetapi juga sektor jasa dan otomotif.

Metode QFD dilakukan dengan menggunakan matriks yang dikenal sebagai *House Of Quality* (HOQ). Matriks ini dirancang untuk memahami keterkaitan antara kebutuhan pelanggan dengan solusi teknis yang dibutuhkan. Pada dasarnya, matriks ini digunakan untuk mengkonversi *voice of customer* (VOC) menjadi spesifikasi teknis produk baik berupa barang maupun jasa. Setelah mengamati berbagai masalah yang terjadi, perusahaan akan berusaha mencapai spesifikasi teknis yang selaras dengan target yang telah ditetapkan.

Sedangkan menurut Cohen (1995), *House Of Quality* (HOQ) adalah sebuah kerangka kerja. Kerangka kerja ini terkait erat dengan cara manajemen merancang sesuatu yang dikenal sebagai *Quality Function Deployment* (QFD). HOQ menyajikan kerangka untuk merancang dan menciptakan suatu siklus yang bentuknya menyerupai rumah kunci (Piri et al., 2019). Saat membuat HOQ, fokus utama adalah pada apa yang diinginkan oleh pelanggan, sehingga proses desain dan pengembangan lebih sesuai dengan ekspektasi mereka daripada hanya mengandalkan inovasi

teknologi. Tujuannya adalah untuk mengumpulkan informasi penting dari para pelanggan. Elemen penting HOQ meliputi.

1. Kebutuhan pelanggan
2. Karakteristik teknis
3. Hubungan antara keduanya
4. Penetapan prioritas perbaikan

G. *Voice Of Customer (VOC)*

VOC atau *Voice Of Customer* adalah daftar yang mencakup kebutuhan dan harapan pelanggan yang berperan penting dalam merancang produk baru. Selain untuk pengembangan produk baru VOC juga dimanfaatkan sebagai wadah untuk menampung saran, tanggapan, serta keluhan dari para pelanggan yang sudah menggunakan produk atau jasa (Wijaya, 2018).

Dalam penelitian ini, pengumpulan *Voice Of Customer (VOC)* dilakukan dengan mengubah dokumen CSA (*Customer Specification Agreement*) menjadi daftar kebutuhan pelanggan yang terstruktur. Dokumen CSA dianggap sebagai cerminan langsung dari apa yang diharapkan pelanggan. Melalui dokumen CSA ini, berbagai parameter penting seperti spesifikasi ukuran, daya tahan produk, penampilan visual, dan aspek fungsional dapat dikelompokkan sebagai kebutuhan teknis pelanggan (*technical customer requirements*). Hal ini diurutkan dan disusun sebagai bahan untuk membuat *house of quality* dalam tahapan *quality function deployment*.

Pada praktiknya, kebutuhan pelanggan yang diambil dari CSA akan dinilai dan dipilih menggunakan cara analisis berdasarkan seberapa penting dan seberapa besar risiko kualitas. Hal ini sejalan dengan (Setyo Wibowo et al., 2022b), yang mengatakan bahwa mengevaluasi aspek-aspek utama yang diperhatikan oleh pelanggan adalah langkah penting untuk menentukan prioritas perbaikan.

Dengan menjadikan CSA (*Customer Specification Agreement*) sebagai sumber utama VOC (*Voice of Customer*) penelitian ini bertujuan untuk menyelaraskan spesifikasi produk dengan kebutuhan pelanggan secara langsung dan nyata. Pendekatan ini diharapkan dapat menjadi landasan kuat dalam proses peningkatan kualitas botol PET yang dihasilkan.

H. Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses atau kemampuan suatu proses dapat dinilai dari seberapa jauh variasi yang ada sesuai dengan spesifikasi atau standar produk. Fungsinya untuk mendukung pengembangan produksi dengan cara mengurangi atau mengeliminasi ketidaksesuaian. Ukuran kinerja ini mencerminkan seberapa baik proses tersebut menghasilkan produk yang memenuhi standar yang ditetapkan oleh manajemen, berdasarkan harapan dan keinginan pelanggan (Benkova et al., 2024).

1. Six Sigma

Six Sigma adalah suatu pendekatan yang diterapkan untuk meningkatkan sebuah proses dengan menekankan pada proses untuk mengurangi variasi yang ada dalam proses tersebut serta mengurangi

cacat produksi dengan menggunakan analisis statistik. Konsep *Six Sigma* kemudian dimanfaatkan untuk mengukur seberapa banyak produk yang mengalami cacat dalam suatu proses produksi. Jika suatu proses mencapai level *Six Sigma* ini berarti hanya ada sekitar 3,4 produk yang cacat dari setiap satu juta produk yang dihasilkan. Tujuan utama dari penerapan *Six Sigma* adalah untuk meminimalisir variasi yang terjadi dalam proses serta menyingkirkan produk – produk yang kualitasnya tidak sesuai standar (Sirine et al., 2017). Dalam *Six Sigma*, performa proses diukur berdasarkan;

- a. DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) yaitu jumlah cacat yang terjadi per satu juta peluang.
- b. *Sigma Level*, yaitu level performa suatu proses berdasarkan jumlah cacat yang dihasilkan.

Tabel 2 Nilai Sigma beserta nilai DPMO

Level Sigma	DPMO
1 – Sigma	690.000
2 – Sigma	308.537
3 – Sigma	66.807
4 – Sigma	6.210
5 – Sigma	233
6 - Sigma	3.2

Sumber dari (Sirine et al., 2017)

2. Diagram Pareto

Diagram pareto berasal dari nama *Vilfredo Pareto* seorang ekonom asal Italia pada abad ke-19. Diagram ini digunakan untuk menganalisis berbagai kategori peristiwa yang diurutkan berdasarkan

ukuran, dari yang terbesar di sisi kiri hingga yang terkecil di sisi kanan. Penataan ini membantu kita dalam mengidentifikasi kepentingan atau prioritas kategori peristiwa yang diteliti, atau menemukan masalah yang paling signifikan dalam proses tersebut (Jani, 2014).

Diagram pareto digunakan untuk memetakan jenis masalah atau cacat berdasarkan urutan frekuensinya, dari yang paling sering hingga jarang. Dengan cara ini perusahaan bisa lebih mudah melihat masalah mana yang paling berdampak besar dan perlu diprioritaskan untuk diperbaiki lebih dulu. Prinsip 80/20 dalam pareto mampu membantu fokus pada penyebab utama yang menyumbang sebagian besar masalah. Pendekatan ini diharapkan supaya perbaikan kualitas lebih terstruktur dan efektif (Wardhani et al., 2024).

3. Diagram *Fishbone*

Diagram *fishbone* atau diagram tulang ikan adalah alat visual yang digunakan untuk mengidentifikasi mengeksplorasi, dan menjelaskan secara detail dan grafis semua faktor yang berkaitan dengan masalah tersebut.

Diagram tulang ikan merupakan sebuah metode untuk menjabarkan suatu penyebab cacat dalam kata lain menjabarkan akar masalah. Kelebihan dari diagram tulang ikan meliputi grafik sebab-akibat yang mudah dipahami, sehingga membuat orang lebih cenderung menggunakan teknik ini untuk mengidentifikasi penyebab masalah

yang signifikan, meningkatkan efisiensi, serta memperbaiki komunikasi internal dan eksternal (Hisprastin & Musfiroh, 2020).

4. FMEA

Failure Mode and Effect Analysis adalah metode analisis risiko yang bertujuan mengidentifikasi kemungkinan kegagalan dan dampaknya dalam proses produksi. Melalui pendekatan ini, perusahaan dapat menilai potensi masalah sejak awal dan merencanakan tindakan pencegahan yang tepat untuk meminimalkan risiko. Penerapan FMEA mendukung terciptanya proses produksi yang lebih efisien, menjaga kualitas produk, serta mengurangi biaya akibat cacat produk (Suliantoro et al., 2018).

Penilaian FMEA dilakukan berdasarkan tiga parameter utama yaitu *Severity* (S) yang menggambarkan tingkat keparahan dampak kegagalan terhadap produk atau proses, *Occurance* (O) yang menunjukkan seberapa sering kegagalan tersebut dapat dideteksi sebelum mencapai pelanggan. Ketiga nilai ini dikalikan untuk menghasilkan *Risk Priority Number* (RPN), yang berfungsi sebagai ukuran prioritas dalam menentukan tindakan perbaikan. Nilai RPN yang lebih tinggi menunjukkan tingkat risiko yang lebih besar (Hafizh Hazmi Al Fauzi & Rizqi Novita Sari, 2025).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Natamas Plast dengan alamat Jl. Raya Kedep, Tlajung Udik, Kec. Gn. Putri, Bogor, Jawa Barat dan dilakukan pada tanggal 1 Januari 2025 sampai dengan 30 Januari 2025.

B. Jenis dan Metode Penelitian

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini berupa survei lapangan dan analisis data produksi. Pendekatan ini dipilih untuk menganalisis faktor penyebab cacat pada botol PET 1000 ml di PT Natamas Plast sekaligus mengevaluasi efektivitas penerapan QFD dalam upaya peningkatan kualitas produk dan pengurangan jumlah *reject*.

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif, yaitu penelitian yang menggambarkan kondisi nyata di lapangan secara sistematis dan objektif berdasarkan data numerik. Fokus utamanya adalah pada analisis permasalahan kualitas produk dan identifikasi prioritas perbaikan yang dapat diterapkan pada botol PET 1000 ml di PT Natamas Plast.

2. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas dua jenis, yaitu:

a. Data Primer

Data primer diperoleh secara langsung dari sumber internal perusahaan, meliputi wawancara dengan kepala bagian produksi, *staff* R&D, operator produksi, *Quality Control*, *Quality Assurance*. Selain itu, data juga diperoleh melalui observasi dan dokumentasi serta proses produksi botol PET 1000 ml.

b. Data Sekunder

Data sekunder dikumpulkan dari berbagai referensi yang relevan dengan topik penelitian. Sumber data sekunder meliputi buku, jurnal ilmiah, serta sumber digital seperti e-jurnal dan artikel dari internet.

3. Teknik Pengumpulan Data

a. Studi Lapangan

Menurut sugiyono (2018), studi lapangan adalah cara mengumpulkan data langsung di lokasi penelitian. Tujuannya yaitu untuk memperoleh informasi akurat melalui observasi, wawancara, dan pengumpulan dokumen. Adapun teknis pengumpulan data yang dilakukan sebagai berikut:

1) Observasi

Observasi dilakukan untuk mengamati secara langsung proses pembuatan botol PET 1000 ml. Pengamatan meliputi penggunaan alat dan bahan, karakteristik material, alur proses produksi, tahap pengemasan, serta pengujian produk.

2) Wawancara

Wawancara dilakukan dengan pihak-pihak yang terlibat dalam proses produksi, antara lain kepala bagian R&D dan produksi, operator mesin, dan QA. Teknik ini bertujuan untuk memperoleh informasi tambahan yang mendalam dan kontekstual terkait permasalahan yang diteliti.

3) Dokumentasi

Dokumentasi digunakan untuk melengkapi data melalui foto, catatan proses, atau dokumen visual lain yang menggambarkan kondisi di lapangan secara aktual.

b. Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mendapatkan informasi pendukung yang diperlukan untuk pengumpulan data, serta teori-teori yang berkaitan dengan topik yang dibahas dalam tugas akhir. Materi yang diperoleh melalui studi literatur ini dilakukan dengan cara mengumpulkan referensi untuk mendukung tugas akhir. Sumber literatur didapatkan dari buku, maupun informasi digital seperti e-jurnal, majalah *online*, dan penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

C. Metode Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan dianalisis melalui beberapa tahap sistematis guna memetakan masalah kualitas dan menentukan langkah

perbaikannya. Adapun tahapan analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan mengumpulkan data produksi harian untuk mengetahui jenis cacat yang muncul pada produk botol PET 1000 ml. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan diagram pareto untuk menentukan jenis cacat yang paling dominan.

2. Pengukuran Kapabilitas Proses

Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan proses produksi dalam menghasilkan produk sesuai spesifikasi. Perhitungan dilakukan menggunakan indikator DPU, DPMO, dan tingkat sigma.

3. Analisis Kebutuhan Pelanggan (*Quality Function Deployment*)

Data kebutuhan pelanggan diperoleh dari dokumen *Customer Specification Agreement* (CSA). Informasi tersebut disusun ke dalam VOC kemudian diterjemahkan ke dalam *House of Quality* guna menghubungkan kebutuhan pelanggan dengan karakteristik teknis proses produksi.

4. Penetapan Prioritas Perbaikan

Setelah melalui analisis kualitas dan kebutuhan pelanggan, prioritas perbaikan ditetapkan berdasarkan hasil QD dan kapabilitas proses. Tujuannya adalah untuk mengurangi jumlah cacat dan meningkatkan kualitas produk secara berkelanjutan.

D. Diagram Alir Penelitian

Guna memberikan gambaran yang jelas mengenai tahapan penelitian, disusun melalui diagram alir yang menunjukkan urutan proses secara sistematis, mulai dari identifikasi masalah hingga penetapan usulan perbaikan. Diagram alir ini bertujuan untuk mempermudah pemahaman terhadap langkah-langkah yang dilakukan selama proses penelitian.

Adapun tahapan penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi jenis cacat yang sering terjadi pada botol PET 1000 ml berdasarkan data produksi aktual.

2. Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara, dokumentasi, serta penerjemahan dokumen pendukung seperti CSA dan catatan inspeksi kualitas.

3. Analisis Jenis Cacat (Pareto *Chart*)

Data yang diperoleh diolah ke dalam diagram pareto untuk mengetahui jenis cacat yang paling dominan dan menjadi prioritas untuk dianalisis lebih lanjut.

4. Analisis Akar Masalah

Setelah mengetahui cacat dominan, dilakukan analisis akar penyebab dengan menggunakan sebab-akibat (*fishbone*) untuk mengetahui sumber permasalahan.

5. Pengukuran Kapabilitas Proses (DPU, DPMO, Sigma)

Kemampuan proses produksi dievaluasi melalui perhitungan statistik guna menilai apakah proses telah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.

6. Penyusunan VOC dan HOQ (Metode QFD)

Kebutuhan pelanggan dari dokumen CSA dianalisis dan disusun menjadi *Voice of Customer* yang kemudian dikembangkan ke dalam *House of Quality* untuk menghubungkan kebutuhan tersebut dengan karakteristik teknis produksi.

7. Penetapan Prioritas Perbaikan

Berdasarkan hasil QFD dan FMEA, ditetapkan rekomendasi prioritas perbaikan yang dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan di bagian produksi dan R&D.



Gambar 4 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir

E. Rumus dan Alat Analisis

Dalam penelitian ini, digunakan beberapa rumus dan alat analisis statistik serta metode kuantitatif untuk mendukung evaluasi kualitas produk botol PET 1000 ml. Tujuan dari penggunaan rumus ini adalah untuk mengukur performa proses mengidentifikasi prioritas perbaikan, serta menghubungkan kebutuhan pelanggan dengan karakteristik teknis produksi. berikut adalah rumus-rumus yang digunakan:

1. *Presentase cacat*

2. *Defect per Unit*

Digunakan untuk menghitung jumlah rata-rata cacat per satuan produk dengan menggunakan persamaan 1.

$$DPU = \frac{TOTAL\ DEFECT}{TOTAL\ PRODUKSI} \quad (1)$$

3. *Defect per Opportunities*

DPO digunakan untuk mengukur jumlah kecacatan relatif terhadap jumlah total peluang cacat dalam suatu proses. Rumus ini memberikan gambaran seberapa sering cacat terjadi dalam setiap peluang yang tersedia untuk satu unit produk. Perhitungan ditunjukkan menggunakan persamaan 2.

$$DPO = \frac{TOTAL\ PRODUKSI}{TOTAL\ DEFECT \times 3} \quad (2)$$

4. *Defect per Million Opportunities*

DPMO digunakan untuk menghitung jumlah kecacatan per satu juta kesempatan. Nilai ini memperlihatkan seberapa sering cacat terjadi dalam satu juta peluang yang tersedia.

$$DPMO = \frac{\text{Total cacat}}{(\text{Jumlah unit sampel} \times \text{Jumlah peluang cacat})} \times 1jt \quad (3)$$

5. Tingkat Sigma

Tingkat sigma/ sigma level digunakan untuk menunjukkan kemampuan proses dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi. Nilainya ditentukan berdasarkan nilai DPMO yang telah dihitung sebelumnya.

$$\text{Sigma} = \text{NORMSINV} \times \left(\frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5 \quad (4)$$

6. House of Quality

House of Quality merupakan salah satu alat dalam metode QFD yang digunakan untuk menghubungkan kebutuhan pelanggan dengan karakteristik teknis yang harus dikembangkan oleh perusahaan. Dalam penelitian ini, perhitungan HOQ disusun berdasarkan CSA (*Customer Specification Agreement*), yaitu data spesifikasi dan permintaan pelanggan. Dari CSA tersebut, diperoleh beberapa poin kebutuhan pelanggan yang menjadi dasar dalam menentukan arah perbaikan. Setiap kebutuhan pelanggan kemudian diberi bobot berdasarkan tingkat kepentingannya. Selanjutnya, kebutuhan tersebut dipetakan terhadap karakteristik teknis yang berkaitan di lapangan produksi. Perhitungan HQQ menggunakan persamaan (1-4) sesuai dengan metode Hasanah (2007).

a. *Sum Score*

Sum score adalah hasil penjumlahan nilai hubungan antara setiap kebutuhan pelanggan dengan karakteristik teknis. Hubungan ini dinilai dengan skor sebagai berikut:

- Kuat = 9
- Sedang = 3
- Lemah = 1

b. *Raw Weight*

Raw weight dihitung dengan mengalikan bobot kebutuhan pelanggan dan total *sum score* dari setiap karakteristik teknis. Perhitungan ditunjukkan menggunakan persamaan 5.

$$\text{Raw Weight} = \text{Bobot Kepentingan} \times \text{Sum Score} \quad (5)$$

Nilai ini digunakan untuk melihat seberapa besar pengaruh dari kebutuhan pelanggan terhadap karakteristik teknis.

c. *Normalized Raw Weight*

Nilai *Raw Weight* yang sudah diperoleh kemudian dinormalisasi agar bisa dibandingkan. Rumus:

$$\text{Normalized Raw Weight} = \frac{\text{Raw Weight}}{\sum \text{raw weight}} \quad (6)$$

Hasil normalisasi ini menunjukkan bobot relatif dari setiap karakteristik teknis terhadap keseluruhan kebutuhan pelanggan.

d. *Priority*

Priority menunjukkan urutan karakteristik teknis yang paling penting untuk ditindaklanjuti berdasarkan nilai *Normalized Raw Weight*. Semakin besar nilai prioritas semakin penting karakteristik teknis tersebut difokuskan dalam perbaikan kualitas produk.

Pendekatan ini tidak menggunakan data target, tingkat kepuasan saat ini, maupun nilai jual (*sales point*), karena fokusnya adalah menjawab langsung kebutuhan pelanggan berdasarkan perjanjian teknis dalam CSA. Model HOQ yang digunakan bersifat praktis dan disesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan. Pendekatan ini juga diterapkan oleh (Salsabila et al., 2023), yang menggunakan metode QFD tanpa melibatkan variabel tambahan, melainkan hanya mengandalkan bobot kebutuhan pelanggan dan pemetaan hubungan teknis sebagai dasar analisis prioritas.