

**PENINGKATAN EFEKTIVITAS MESIN *FILLING* AMPUL DI PT X
DENGAN PENDEKATAN *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE* (TPM)
DAN *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE)**

TUGAS AKHIR



**MUFIDAH ERNGGANIS DEVIA ROHMAH
NIM : 412110007**

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

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENINGKATAN EFEKTIVITAS MESIN *FILLING* AMPUL DI PT X
DENGAN PENDEKATAN *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE* (TPM)
DAN *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE)**

Oleh:

**MUFIDAH ERNGGANIS DEVIA ROHMAH
412110007**

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. Nova ST., MprocMgmt.
NIP. 20100003

Dosen Pembimbing II,


Novenda Kartika Putrianto S.T., M.Sc
NIP. 20190011


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 judul “Peningkatan Efektivitas Mesin *Filling* Ampul Di PT X Dengan Pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM) Dan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)” 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



Mufidah Ernngganis Devia Rohmah

NIM. 412110007

**PENINGKATAN EFEKTIVITAS MESIN *FILLING* AMPUL DI PT X
DENGAN PENDEKATAN *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE* (TPM)
DAN *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE)**

**Mufidah Ernngganis Devia Rohmah, Sunday A.T. Noya, Novenda Kartika
Putrianto
Universitas Ma Chung**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas mesin pengisian ampul di PT X, salah satu perusahaan farmasi terkemuka di Indonesia, melalui penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) dan pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Latar belakang penelitian ini adalah penurunan kinerja mesin selama periode Januari hingga Agustus 2024, yang ditandai dengan output produksi rendah, waktu henti tinggi, dan tingkat cacat tinggi. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan pengumpulan data primer dan sekunder dari 30 *batch* produksi, melalui observasi lapangan, wawancara, dan dokumentasi. Perhitungan OEE didasarkan pada tiga komponen utama: ketersediaan, kinerja, dan kualitas, dengan inefisiensi diidentifikasi menggunakan pendekatan *Six Big Losses*. Analisis akar masalah dilakukan menggunakan diagram *Fishbone*, dan rekomendasi perbaikan difokuskan pada pilar-pilar TPM yang relevan. Implementasi perbaikan meliputi penggantian sensor konveyor yang sering mengalami gangguan dan perancangan ulang penampungan ampul untuk mengurangi risiko pecahnya ampul akibat keterbatasan ruang *output*. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan signifikan dalam nilai OEE setelah perbaikan diterapkan, dengan penurunan waktu henti dan cacat produk. Studi ini menunjukkan bahwa penerapan TPM dan evaluasi OEE efektif dalam mengoptimalkan kinerja mesin dan efisiensi produksi di industri farmasi steril.

Kata Kunci: Efektivitas Mesin, Overall Equipment Effectiveness, Industri Farmasi, Six Big Losses, Total Productive Maintenance

**IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF AMPOULE FILLING
MACHINES AT PT X USING THE TOTAL PRODUCTIVE
MAINTENANCE (TPM) APPROACH AND OVERALL EQUIPMENT
EFFECTIVENESS (OEE)**

Mufidah Ernnganis Devia Rohmah, Sunday A.T. Noya, Novenda Kartika

Putrianto

Ma Chung University

ABSTRACT

This study aims to improve the effectiveness of ampoule filling machines at PT X, one of Indonesia's leading pharmaceutical companies, through the implementation of Total Productive Maintenance (TPM) and Overall Equipment Effectiveness (OEE) measurements. The background to this research is the decline in machine performance during the period from January to August 2024, which was characterized by low production output, high downtime, and high defect rates. The research method used is a quantitative approach with primary and secondary data collection from 30 production batches, through field observations, interviews, and documentation. OEE calculations are based on three main components: availability, performance, and quality, with inefficiencies identified using the Six Big Losses approach. Root cause analysis was conducted using a Fishbone diagram, and improvement recommendations were focused on relevant TPM pillars. Implementation of improvements included replacing swing conveyor sensors that frequently malfunctioned and redesigning ampoule storage to reduce the risk of ampoule breakage due to output space limitations. Evaluation results showed a significant improvement in OEE values after the improvements were implemented, with reduced downtime and product defect. This study demonstrates that the application of TPM and OEE evaluation are effective in optimizing machine performance and production efficiency in the sterile pharmaceutical industry.

Keywords: Machine effectiveness; Overall Equipment Effectiveness; Pharmaceutical industry; Six Big Losses; Total Productive Maintenance

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Peningkatan Efektivitas Mesin *Filling* Ampul Di PT X Dengan Pendekatan *Total Productive Maintenance (TPM)* Dan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)***” dengan baik dan tepat waktu. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi Teknik Industri.

Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis telah mendapatkan banyak dukungan, bimbingan, serta bantuan baik secara moral maupun materi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak berikut:

1. Bapak Sunday Alexander T. Noya, ST., MprocMgnt., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, motivasi, dan bimbingan secara konsisten selama pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan.
2. Ibu Novenda Kartika Putrianto, S.T., M.Sc., dan Bapak Dr. Purnomo, S.T., MT., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan saran selama seminar proposal hingga sidang Tugas Akhir.
3. Bapak Andreas Iwan Hudiarto, S.T., M.M., beserta seluruh karyawan PT X yang telah memberikan kesempatan, bantuan, dan informasi yang dibutuhkan selama proses pengambilan data dan pelaksanaan kerja praktik.
4. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Industri Universitas Ma Chung yang telah membekali penulis dengan ilmu dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan.
5. Orang tua, adik, suami, serta rekan-rekan seperjuangan angkatan 2021 yang telah memberikan dukungan moril, semangat, dan doa yang sangat berarti dalam menyelesaikan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih memiliki banyak kekurangan. Namun, penulis telah berusaha sebaik mungkin dalam menyusun laporan ini agar dapat memberikan manfaat dan informasi yang berguna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan di masa mendatang.

Semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu Teknik Industri, khususnya dalam penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) dan pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebagai upaya meningkatkan efektivitas mesin *filling* ampul, serta bermanfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan. Penulis berharap hasil dari kegiatan ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat dan dapat diaplikasikan di dunia industri.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih atas perhatian dan dukungan dari semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan rahmat dan petunjuk-Nya kepada kita semua.

Pasuruan, Juli 2025



Mufidah Ernngganis Devia Rohmah

Daftar Isi

Daftar Isi	i
Daftar Tabel	x
Daftar Gambar	xi
Bab I Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Rumusan Masalah	6
1.5 Tujuan Penelitian.....	6
1.6 Manfaat Penelitian	7
1.7 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II Tinjauan Pustaka	9
2.1 Mesin <i>Filling</i>	9
2.1.1 Proses Kerja dan Komponen Mesin <i>Filling</i>	9
2.2 Pengertian <i>Maintenance</i>	9
2.2.1 Jenis Pemeliharaan.....	10
2.3 <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM)	11
2.3.1 Delapan Pilar <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM).....	12
2.3.2 Manfaat <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM)	14
2.4 <i>Six big losses</i>	15
2.5 <i>Fishbone</i> Diagram.....	16
2.5.1 Langkah – Langkah <i>Fishbone Diagram</i> <i>Ishikawa</i>	17
2.6 <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE).....	18
2.6.1 <i>Availability Rate</i>	19
2.6.2 <i>Performance Rate</i>	20
2.6.3 <i>Rate of Quality</i>	21
2.7 Penelitian Terdahulu.....	22
Bab III Metodologi Penelitian.....	24
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
3.2 Diagram Penelitian.....	24

3.3	Identifikasi Permasalahan	26
3.4	Studi Literatur	26
3.5	Pengumpulan Data	27
3.5.1	Data Primer	27
3.5.2	Data Sekunder	27
3.6	Pengolahan Data.....	28
3.6.1	Perhitungan Nilai Awal OEE.....	28
3.6.2	Identifikasi Penyebab Kerugian	28
3.6.3	Analisis Berdasarkan Pilar TPM	29
3.7	Perancangan Usulan Rekomendasi Perbaikan	29
3.8	Implementasi Rekomendasi	30
3.9	Evaluasi Usulan Perbaikan.....	30
3.10	Pengumpulan Data Setelah Implementasi.....	30
3.11	Analisis dan Pembahasan	31
3.12	Perumusan Kesimpulan dan Saran.....	31
Bab IV Pengolahan Data dan Analisis Hasil.....		32
4.1	Gambaran Umum Proses Pengisian Ampul di PT. X.....	32
4.2	Tahapan Umum Proses Pengisian Ampul	32
4.2.1	Penyiapan Bahan dan Peralatan	33
4.2.2	Proses Filtrasi dan Transfer Produk	34
4.2.3	Pencucian dan Sterilisasi Ampul.....	34
4.2.4	Pengisian Larutan Ke Dalam Ampul.....	34
4.2.5	Penyegelan Ampul (<i>Sealing</i>).....	35
4.2.6	Pemeriksaan Visual (<i>Visual Inspection</i>).....	36
4.2.7	Pelabelan Ampul	36
4.2.8	Pengemasan Sekunder.....	36
4.2.9	Penyimpanan Produk Jadi	37
4.3	Pengumpulan Data	37
4.3.1	Data Hasil Produksi.....	38
4.4	Pengolahan Data.....	41
4.4.1	Perhitungan Waktu Ketersediaan (<i>Availability Rate</i>).....	41
4.4.2	Perhitungan Efektivitas Produksi (<i>Performance Rate</i>).....	43

4.4.3	Perhitungan Tingkat Kualitas (<i>Rate Of Quality</i>).....	45
4.4.4	Perhitungan <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE).....	48
4.5	Perhitungan <i>Six Big Losses</i>	50
4.5.1	Perhitungan <i>Six Big Losses</i> pada <i>Availability Rate</i>	51
4.5.2	Perhitungan <i>Six Big Losses</i> pada <i>Performance Rate</i>	55
4.5.2	Perhitungan <i>Six Big Losses</i> pada <i>Rate of Quality</i>	57
4.6	Analisis <i>Six Big Losses</i>	61
4.7	<i>Fishbone Diagram</i>	65
4.8	Pilar <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM).....	70
4.9	Perancangan Usulan Rekomendasi Perbaikan	72
4.10	Implementasi Rekomendasi	73
4.11	Evaluasi Usulan Perbaikan.....	75
4.12	Analisis dan Pembahasan OEE Setelah Implementasi.....	76
4.12.1	Analisis <i>Availability Rate</i>	76
4.12.2	Analisis <i>Performance Rate</i>	77
4.12.3	Analisis <i>Quality Rate</i>	79
4.12.4	Nilai OEE Setelah Perbaikan	81
Bab V	Kesimpulan dan Saran.....	84
5.1	Kesimpulan	84
5.2	Saran.....	85
Daftar Pustaka.....		86

Daftar Tabel

Tabel 2. 1 <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) Standar Dunia	19
Tabel 4.1 Data Produksi Mesin Pengisian Ampul (Per <i>Batch</i>)	38
Tabel 4.2 Data Defect Mesin Pengisian Ampul (Per <i>Batch</i>).....	39
Tabel 4.3 Waktu Downtime Mesin Pengisian Ampul (Per <i>Batch</i>).....	40
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan <i>Availability Rate</i>	42
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Waktu efektivitas Produksi (<i>Performance Rate</i>).....	44
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Tingkat Kualitas (<i>Rate of Quality</i>)	46
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Nilai OEE	48
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan <i>Persentase Breakdown Losses</i>	52
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan <i>Setup And Adjustment Losses</i>	53
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan <i>Speed Losses</i>	56
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan <i>Quality Defect</i>	58
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan <i>Yield Losses</i>	60
Tabel 4.13 Hasil Rekapitan <i>Persentase Six Big Losses</i> Periode Januari-Agustus 2024	61
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan <i>Time Loss</i> (detik)	63
Tabel 4.15 Hasil Rekapitulasi <i>Persentase Kumulatif Time Losses</i> Januari-Agustus 2024.....	64
Tabel 4.16 Hubungan Kategori Penyebab Berdasarkan <i>Fishbone Diagram</i> dengan Pilar TPM dan Rekomendasi Perbaikan	71
Tabel 4.17 Perhitungan <i>Availability Rate</i> Setelah Implementasi	76
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan <i>Performance Rate</i> Setelah Implementasi	78
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan <i>Quality Rate</i> Setelah Implementasi	79
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan OEE Setelah Implementasi.....	81

Daftar Gambar

Gambar 1.1 Data Jumlah Produksi Mesin Pengisian Ampul (Per <i>Batch</i>).....	2
Gambar 1.2 Waktu Henti (Downtime) Mesin Pengisian Ampul (Per <i>Batch</i>)	3
Gambar 1.3 Data Cacat (Defect) Mesin Pengisian Ampul (Per <i>Batch</i>)	3
Gambar 2.1 Delapan pilar TPM.....	13
Gambar 2.2 <i>Fishbone Diagram</i>	17
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	25
Gambar 4.1 Tahapan Proses Pengisian Ampul.....	33
Gambar 4.2 Grafik <i>Availability Rate</i>	43
Gambar 4.3 Grafik <i>Performance Rate</i>	45
Gambar 4.4 Grafik <i>Quality Rate</i>	47
Gambar 4.5 Grafik <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	50
Gambar 4.6 <i>Time Losses</i> Pada Mesin Pengisian Ampul	65
Gambar 4.7 <i>Fishbone diagram</i> Mesin <i>Filling Ampoule</i>	69
Gambar 4.8 Sensor <i>Swing Conveyor</i>	74
Gambar 4.9 <i>Outfeed Ampoule</i>	75
Gambar 4.10 Grafik <i>Availablity Rate</i> Setelah Implementasi	77
Gambar 4.11 Grafik <i>Performance Rate</i> Setelah Implementasi.....	79
Gambar 4.12 Grafik <i>Quality Rate</i> Setelah Implementasi.....	80
Gambar 4.13 Grafik OEE Setelah Implementasi	82

Bab I

Pendahuluan

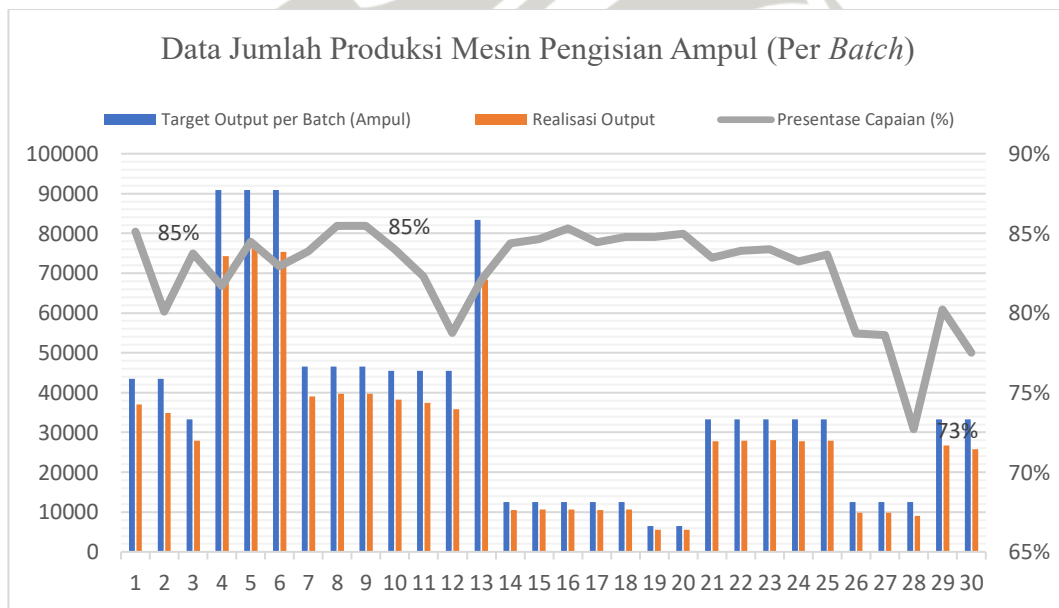
1.1 Latar Belakang

Industri farmasi merupakan salah satu sektor strategis yang memegang peranan penting dalam mendukung keberlangsungan sistem kesehatan nasional. Sektor ini bertanggung jawab dalam memastikan ketersediaan obat-obatan yang aman, bermutu, dan efektif bagi masyarakat. Dalam proses produksinya, terutama pada pembuatan sediaan steril seperti ampul, dibutuhkan dukungan mesin-mesin produksi yang memiliki performa tinggi dan ketelitian yang presisi. Hal ini bertujuan untuk menjaga mutu produk yang dihasilkan dan memenuhi standar keamanan dan kualitas yang ditetapkan, baik oleh regulator nasional seperti Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) maupun oleh standar internasional seperti *Good Manufacturing Practices* (GMP).

Keandalan dan efektivitas operasional mesin menjadi salah satu faktor krusial dalam menjamin keberlangsungan produksi serta pemenuhan permintaan pasar yang terus meningkat. Mesin yang bekerja tidak optimal akan berpotensi menimbulkan gangguan produksi, keterlambatan pengiriman, serta peningkatan jumlah produk cacat, yang pada akhirnya dapat merugikan perusahaan secara finansial maupun reputasi. Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian efektivitas mesin perlu dilakukan secara sistematis dan berkelanjutan guna memastikan bahwa kegiatan produksi berjalan efisien, memenuhi permintaan pasar, serta mendukung tujuan strategis perusahaan dalam mempertahankan daya saing di industri farmasi yang semakin kompetitif.

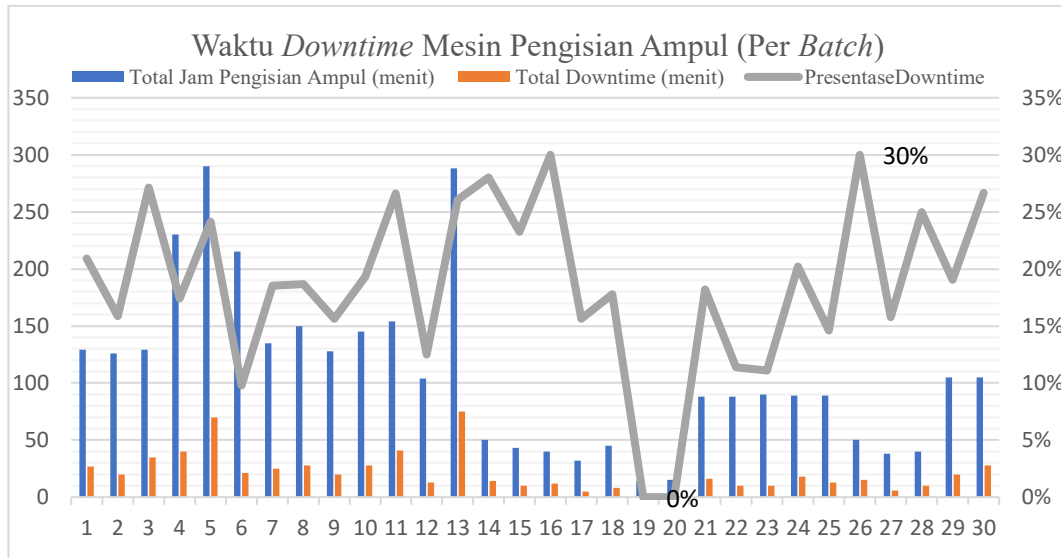
PT X, merupakan salah satu perusahaan farmasi terkemuka di Indonesia, yang memproduksi sediaan steril dalam bentuk ampul. Salah satu proses penting dalam sistem produksinya adalah proses pengisian ampul (*filling* ampoule), yang berfungsi untuk mengisi cairan obat steril ke dalam wadah kaca kecil berbentuk ampul (Taufik *et al.*, 2023). Mesin ini bekerja selama 3 *shift* per hari dan bertanggung jawab atas pengisian ribuan unit ampul dengan standar sterilitas yang tinggi. Namun demikian, berdasarkan hasil pengamatan dan pengumpulan data selama periode Januari hingga Agustus 2024 dengan memproduksi 30 *batch*,

ditemukan adanya indikasi penurunan efektivitas mesin yang berdampak langsung terhadap *output* produksi, waktu operasi, dan kualitas produk. Salah satu permasalahan yang menonjol adalah tidak tercapainya target *output* produksi. Berdasarkan grafik capaian *output* per *batch*, diketahui bahwa rata-rata produksi aktual hanya sebesar 79% dari target, dengan *batch* terendah mencapai 73%. Padahal, menurut standar internal Perusahaan, setiap *batch* seharusnya mampu mencapai minimal 90% dari kapasitas terpasang agar produktivitas tetap efisien. Capaian *output* yang fluktuatif ini menunjukkan adanya ketidakefisienann dalam proses pengisian ampul yang perlu segera dianalisis penyebabnya. Berikut di bawah ini merupakan grafik data jumlah produksi mesin pengisian ampul.



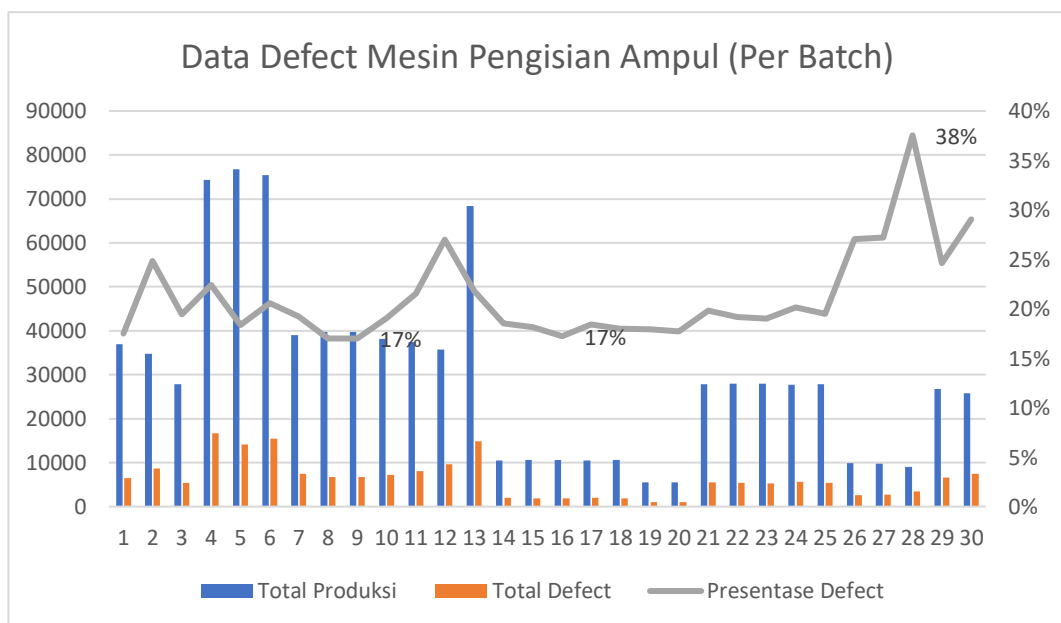
Gambar 1.1 Data Jumlah Produksi Mesin Pengisian Ampul (Per Batch)

Selain itu, tingginya waktu henti mesin (*downtime*) juga menjadi hambatan signifikan. Berdasarkan grafik *downtime* per *batch*., tercatat waktu henti mesin bervariasi antara 0% hingga lebih dari 30% dari waktu proses. Beberapa *batch* mengalami *downtime* tinggi yang disebabkan oleh kerusakan sensor *swing conveyor*, keterlambatan penggantian *liquified petroleum gas* (LPG), hingga alarm tekanan rendah yang memaksa penghentian proses secara tiba-tiba hal ini berdampak langsung pada penurunan nilai *availability* mesin. Berikut merupakan grafik waktu henti mesin pengisian ampul.



Gambar 1.2 Waktu Henti (*Downtime*) Mesin Pengisian Ampul (Per Batch)

Permasalahan lain yang tidak kalah penting adalah tingginya cacat (*defect*) pada hasil produksi. Dari grafik produk cacat per *batch*, diketahui bahwa persentase *defect* berkisar antara 17% hingga 38%. Jenis cacat yang sering muncul antara lain potongan ampul yang tidak rata, pecah, gosong akibat pembakaran tidak sempurna, serta adanya serbuk hitam dalam produk. Data *defect* yang tinggi tidak hanya menyebabkan pemborosan bahan baku, tetapi juga menurunkan rasio kualitas produk (*quality rate*) secara signifikan. Berikut merupakan grafik data *defect* mesin pengisian ampul per *batch*.



Gambar 1.3 Data Cacat (*Defect*) Mesin Pengisian Ampul (Per Batch)

Secara keseluruhan, ketiga permasalahan utama tersebut yakni rendahnya *output*, tingginya *downtime*, dan tingginya *defect* menjadi indikator bahwa efektivitas mesin pengisian ampul belum bekerja pada tingkat efektivitas optimal. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan yang menyeluruh dan berkelanjutan untuk meningkatkan performa mesin dan efisiensi proses produksi di masa mendatang.

Menurut Nakajima (1988), metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) berfungsi sebagai alat evaluasi yang digunakan untuk menilai tingkat efektivitas keseluruhan dari peralatan produksi, dengan mempertimbangkan tiga aspek utama yaitu ketersediaan (*availability*), kinerja (*Performance*), dan kualitas (*Quality*). Menurut Satwika (2016), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), mengukur efektivitas mesin berdasarkan tiga komponen utama, yaitu *availability* (ketersediaan mesin), *Performance* (kecepatan kerja mesin dibandingkan standar), dan *Quality* (persentase produk baik terhadap total produk yang dihasilkan). OEE memungkinkan perusahaan untuk secara spesifik mengidentifikasi aspek mana yang mengalami penurunan performa dan merancang langkah korektif yang tepat. Sebagai contoh, jika *availability* dari mesin *filling* ampul rendah karena seringnya *downtime* akibat sensor rusak atau *liquified petroleum gas* (LPG) habis, maka nilai *availability* dalam OEE akan turun. Jika pemindahan ampul ke *tray* berjalan lambat dan menyebabkan *bottleneck*, maka nilai *performance* akan menurun. Dan jika banyak ampul pecah atau mengandung serbuk hitam akibat *setting burner* yang salah, maka nilai *quality* akan turun. Dengan data OEE yang akurat, perusahaan dapat membuat keputusan yang lebih tepat sasaran dalam merancang perbaikan.

Setelah nilai OEE diketahui, langkah selanjutnya adalah mengelompokkan jenis kerugian berdasarkan pendekatan *six big losses*, yang mengklompokkan penyebab inefisiensi menjadi enam kategori utama yaitu, kerusakan mesin (*equipment failure*), pengaturan dan penyesuaian (*setup and adjustment*), gangguan kecil dan berhenti sejenak (*minor stoppage*), pengurangan kecepatan (*reduced speed*), *defect* dan *rework*, serta *startup loss* (Warizki, 2019). Dengan klasifikasi ini, Perusahaan dapat mengetahui faktor dominan yang menyebabkan penurunan efektivitas dan menetapkan strategi perbaikan yang lebih tepat sasaran.

Untuk mendukung upaya perbaikan tersebut, diperlukan pendekatan perbaikan yang terstruktur dan menyeluruh. Salah satu metode yang terbukti efektif adalah *Total Productive Maintenance* (TPM), sebuah sistem manajemen pemeliharaan peralatan yang melibatkan seluruh elemen perusahaan dalam meningkatkan keandalan dan efektivitas mesin produksi. TPM bertujuan untuk mencapai kondisi tanpa kerusakan (*zero breakdown*), tanpa cacat (*zero defect*), dan (*zero accident*). Pendekatan TPM terdiri dari delapan pilar utama, di antaranya *Focused Improvement* dan *Planned Maintenance*, yang sangat relevan untuk diterapkan dalam konteks mesin pengisian ampul (Warizki, 2019).

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan penyebab utama dari rendahnya efektivitas mesin pengisian ampul di PT X dan mengusulkan rekomendasi perbaikan yang tepat guna meningkatkan efisiensi produksi, menurunkan jumlah *defect*, dan memenuhi target *output* secara konsisten di masa mendatang melalui penerapan TPM serta pengukuran OEE secara berkala. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kinerja mesin dan mengurangi potensi kerugian selama proses produksi berlangsung secara berkelanjutan.

1.2 Identifikasi Masalah

Mesin *filling* ampul di PT X mengalami beberapa permasalahan yang berdampak pada efektivitas produksi, seperti:

1. Tidak tercapainya target *output* produksi pada hasil produksi mesin pengisian ampul selama periode Januari hingga Agustus 2024.
2. Tingginya *downtime* pada mesin pengisian ampul.
3. Tingginya produk cacat yang dihasilkan pada saat produksi di mesin pengisian ampul.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih fokus dan terarah, maka batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilakukan pada mesin *filling* ampul di salah satu lini produksi PT X.

2. Analisis permasalahan mesin dibatasi pada kerusakan teknis yang berdampak pada efektivitas mesin, tidak mencakup aspek manajerial atau sistem distribusi.
3. Pengukuran efektivitas mesin dibatasi dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).
4. Analisis perbaikan dilakukan dengan pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM), khususnya dengan mengidentifikasi *six big losses* dan menyusun rekomendasi berdasarkan pilar TPM.
5. Evaluasi hasil dilakukan dengan membandingkan nilai OEE sebelum dan sesudah usulan perbaikan secara simulatif atau melalui data historis.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Seberapa besar nilai efektivitas mesin pengisian ampul di PT X saat ini berdasarkan perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)?
2. Apa saja faktor utama penyebab rendahnya efektivitas mesin pengisian ampul yang diklasifikasikan melalui *six big losses*?
3. Apa rekomendasi solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan Efektivitas mesin *filling* ampul?
4. Sejauh mana penerapan TPM berpengaruh terhadap peningkatan nilai OEE pada mesin pengisian ampul setelah dilakukan perbaikan?

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui kondisi efektivitas mesin pengisian ampul di PT X saat ini berdasarkan hasil pengukuran menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).
2. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab rendahnya efektivitas mesin pengisian ampul berdasarkan analisis *six big losses*
3. Menganalisis nilai efektivitas mesin *filling* ampul sebelum dilakukan perbaikan sebagai dasar evaluasi kinerja awal mesin.

4. Merumuskan rekomendasi perbaikan yang tepat guna untuk meningkatkan efektivitas kerja mesin pengisian ampul berdasarkan temuan permasalahan dan pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM).
5. Mengevaluasi pengaruh penerapan TPM terhadap peningkatan nilai OEE setelah implementasi perbaikan untuk mengetahui tingkat keberhasilan tindakan perbaikan yang dilakukan.

1.6 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat dari penelitian ini:

1. Mengetahui Tingkat efektivitas mesin pengisian ampul di PT X berdasarkan pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).
2. Mengidentifikasi secara sistematis penyebab utama inefisiensi mesin melalui pendekatan *Six Big Losses*.
3. Memberikan alternatif Solusi berbasis *Total Productive Maintenance* (TPM) untuk mengurangi *downtime*, *defect*, dan kecepatan produksi yang rendah.
4. Memberikan data evaluasi berupa perbandingan nilai OEE sebelum dan sesudah implementasi perbaikan.
5. Memberikan kontribusi berupa model pendekatan perbaikan yang dapat digunakan untuk meningkatkan efektivitas mesin lain di sektor manufaktur farmasi.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bab I : Pendahuluan

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, identifikasi masalah, batasan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab ini memberikan gambaran umum mengenai ruang lingkup dan arah penelitian.

Bab II : Tinjauan Pustaka

Bab ini memuat teori-teori dasar yang mendukung penelitian, seperti teori *Total Productive Maintenance* (TPM), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), serta kerangka teori terkait *Six Big Losses* dan penelitian terdahulu yang relevan sebagai landasan teori.

Bab III: Metodologi Penelitian

Bab ini menguraikan metode penelitian yang digunakan, meliputi jenis penelitian, tempat dan waktu penelitian, sumber dan Teknik pengumpulan data, metode analisis data, serta diagram alir penelitian yang menjelaskan alur kerja dari awal hingga evaluasi.

Bab IV: Pengolahan Data dan Analisis Hasil

Bab ini menjelaskan hasil pengukuran efektivitas mesin menggunakan OEE, identifikasi penyebab inefisiensi berdasarkan *six big losses*, perhitungan nilai OEE sebelum dan sesudah perbaikan, serta analisis dampak dari rekomendasi perbaikan yang diterapkan.

Bab V : Kesimpulan dan Saran

Bab ini menyajikan kesimpulan dari hasil penelitian yang menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian, serta memberikan saran untuk perusahaan dan pihak lain yang berkepentingan dalam Upaya peningkatan efektivitas mesin produksi.

BAB II

Tinjauan Pustaka

2.1 Mesin *Filling*

Mesin *filling* ampul merupakan salah satu komponen penting yang mendukung kelancaran proses produksi di setiap perusahaan industri, termasuk dalam industri farmasi. Dalam proses produksi obat-obatan, untuk memperoleh produk yang berkualitas tinggi, diperlukan tahapan *filling* yang dilakukan dengan ketelitian tinggi. *Filling* adalah proses akhir (*finishing*) yang berhubungan dengan kegiatan *dosing*, yaitu proses memasukkan larutan obat ke dalam wadah kemasan yang telah disiapkan. Proses ini berperan krusial dalam memastikan *volume*, sterilitas, dan keamanan produk sebelum dilanjutkan ke tahap penutupan (Taufik *et al.*, 2023).

2.1.1 Proses Kerja dan Komponen Mesin *Filling*

Dalam proses *filling*, terdapat beberapa tahapan penting yang harus diperhatikan. Pertama, sebelum memulai proses pengisian, perlu dipastikan bahwa ketersediaan bahan mencukupi sesuai dengan jumlah *output* yang telah direncanakan sebelumnya. Kedua, produk yang akan diisi harus sesuai dengan label kemasan yang digunakan untuk menghindari ketidaksesuaian informasi. Ketiga, suhu produk harus diperhatikan sesuai dengan sifat fisiknya, karena suhu dapat memengaruhi kekentalan produk. Keempat, posisi pada saat pengisian harus tepat untuk mencegah terjadinya kehilangan produk selama proses berlangsung. Kelima, *volume* produk yang diisi harus sesuai dengan target atau nilai nominal yang ditetapkan. Keenam, selama proses *filling* berlangsung, kualitas produk harus tetap dijaga, termasuk dengan menghindari kontak langsung serta memastikan seluruh tahapan sesuai dengan prosedur tetap yang berlaku di perusahaan (Taufik *et al.*, 2023).

2.2 Pengertian *Maintenance*

Dalam industri manufaktur, ketersediaan mesin dan peralatan yang siap digunakan setiap saat sangat penting untuk kelancaran proses produksi. Seiring

waktu, mesin dan peralatan tersebut akan mengalami penurunan fungsi atau kerusakan, yang merupakan konsekuensi alami dari penggunaannya. Namun demikian, usia pakainya masih dapat diperpanjang melalui aktivitas pemeliharaan yang dilakukan secara berkala dan tepat. Menurut *The Japan Institute of Plant Maintenance*, terdapat dua jenis penurunan kinerja mesin. Pertama, *Natural Deterioration*, yaitu penurunan kinerja yang terjadi secara alami akibat keausan fisik selama masa penggunaan meskipun telah digunakan secara benar. Kedua, *Accelerated Deterioration*, yaitu penurunan kinerja yang terjadi karena kesalahan manusia (*human error*), yang menyebabkan kerusakan lebih cepat akibat perlakuan yang tidak sesuai terhadap mesin atau peralatan.

Kerusakan pada mesin dapat terjadi karena berbagai penyebab dan pada waktu yang berbeda sepanjang masa operasionalnya. Oleh karena itu, untuk mencegah dan mengatasi kerusakan yang dapat muncul selama proses produksi berlangsung, diperlukan suatu sistem pemeliharaan yang terencana dan terarah. Pemeliharaan sendiri diartikan sebagai serangkaian tindakan teknis dan administratif yang bertujuan menjaga kondisi mesin atau peralatan agar tetap berfungsi optimal, efisien, ekonomis, serta aman sesuai spesifikasi yang telah ditentukan. Menurut Tampubolon (2018), pemeliharaan (*maintenance*) mencakup seluruh aktivitas yang menjamin sistem peralatan dan mesin mampu menjalankan tugas produksi dengan baik. Filosofi dasar dari kegiatan pemeliharaan ini adalah perbaikan berkelanjutan. Pada dasarnya, hasil yang ingin dicapai dari kegiatan pemeliharaan meliputi dua hal utama: *condition maintenance*, yakni mempertahankan kondisi mesin agar tetap berfungsi baik sesuai umur ekonomisnya dan *replacement maintenance*, yaitu penggantian suku cadang atau komponen mesin tepat waktu berdasarkan jadwal yang telah ditentukan sebelum terjadi kerusakan.

2.2.1 Jenis Pemeliharaan

Jenis pemeliharaan terbagi menjadi tiga jenis antara lain *preventive maintenance*, *corrective maintenance* dan *predictive maintenance*. Pertama, *preventive maintenance*, merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan dan menemukan kondisi yang dapat menyebabkan

fasilitas atau mesin produksi mengalami kerusakan pada waktu kegiatan produksi berjalan.

Menurut Render & Heizer, (2001), dalam buku “*Operation Managemenr*” *preventive maintenance* mengungkapkan bahwa pemeliharaan preventif merupakan suatu pendekatan terencana yang mencakup kegiatan inspeksi berkala dan perawatan rutin guna memastikan fasilitas tetap berfungsi dengan baik dan mencegah terjadinya kerusakan di masa yang akan datang.

Kedua, *corrective maintenance* merupakan kegiatan perawatan dilakukan setelah mesin atau fasilitas mengalami kerusakan. Kegiatan *corrective maintenance* bersifat perbaikan yaitu meunggu kerusakan terjadi kemudian diperbaiki. Pemeliharaan *corrective maintenance* terjadi akibat peralatan yang rusak dan harus segera melakukan perbaikan dan merupakan prioritas utama (Render & Heizer, 2001). Menurut Dhillon (2006), pemeliharaan korektif merujuk pada tindakan pemeliharaan yang bersifat tidak terencana dan memerlukan perhatian khusus, karena sering kali perlu disisipkan, digabungkan, atau bahkan menggantikan pekerjaan yang telah direncanakan sebelumnya.

Terakhir, *predictive maintenance* adalah sebagai pengukuran yang dapat mendeteksi degradasi sistem, sehingga penyebabnya dapat dieliminasi atau dikendalikan tergantung pada kondisi fisik komponen. *Predictive maintenance* menekankan kegiatan perawatan kondisi aktual (Fahmi, 2013).

2.3 Total Productive Maintenance (TPM)

Menurut Nakajima (1988), *Total Productive Maintenance* (TPM) merupakan sebuah pendekatan manajemen pemeliharaan menyeluruh yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi perusahaan secara keseluruhan. Pendekatan ini melibatkan partisipasi aktif dari seluruh elemen organisasi, mulai dari manajemen puncak hingga operator di lini produksi. Tujuan utama dari penerapan *productive maintenance* adalah untuk mencegah terjadinya kerusakan maupun cacat pada mesin atau peralatan produksi, sehingga dapat meminimalkan waktu henti dan meningkatkan efektivitas operasional.

TPM memiliki tiga pengertian yang dikaitkan dalam tiga hal penting dari TPM, *total effectiveness* bertujuan efisiensi ekonomi efektivitas dari peralatan

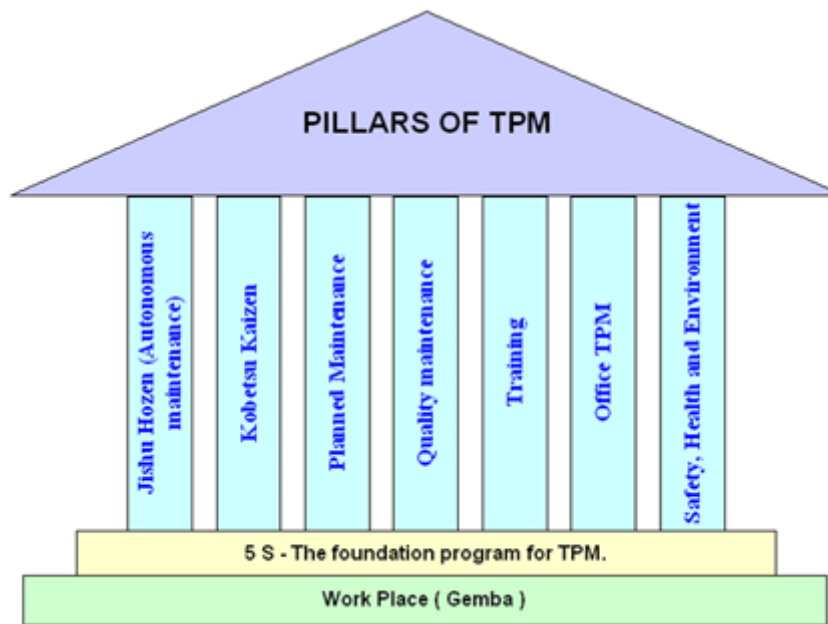
secara keseluruhan dan mencapai keuntungan. *Total participation* bagaimana seluruh orang terlibat mulai dari operator sampai *top management*, bertanggungjawab dan menjaga semua fasilitas dari TPM. *Total maintenance system* pelaksanaan perawatan dan peningkatan efektivitas dari fasilitas dan operasi produksi.

Manajemen pemeliharaan mesin modern diawali dengan konsep *preventive maintenance*, yang kemudian berkembang menjadi metode *productive maintenance*. Kedua metode ini telah diterapkan secara luas dalam industri manufaktur di Amerika Serikat, khususnya oleh departemen-departemen yang secara khusus menangani pemeliharaan atau *maintenance department* (Warizki, 2019).

Keberhasilan implementasi *total productive maintenance* (TPM) harus dapat diukur agar pelaksanaannya berjalan secara jelas dan terarah. Salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur keberhasilan pelaksanaan TPM adalah *TPM index*, yang terdiri dari beberapa indikator utama. Indikator pertama adalah *availability* (ketersediaan), yaitu kesiapan mesin untuk beroperasi. Nilai ini mencerminkan keberhasilan kegiatan pemeliharaan, dengan standar minimum sebesar 90% menurut *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM). Indikator kedua adalah *production effectiveness* (efektivitas produksi), yang menunjukkan seberapa efektif proses produksi berlangsung. JPIM menetapkan standar minimum efektivitas produksi sebesar 95%. Indikator ketiga adalah *quality* (kualitas), yang mengukur efektivitas berdasarkan tingkat produk yang memenuhi standar kualitas. JPIM menetapkan nilai minimum kualitas sebesar 99%. Secara keseluruhan, standar efektivitas peralatan dan mesin yang diukur melalui *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah sebesar 85% (Nakajima, 1988).

2.3.1 Delapan Pilar *Total Productive Maintenance* (TPM)

Total Productive Maintenance terdiri dari delapan pilar utama yang saling mendukung dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi peralatan produksi.



Gambar 2.1 Delapan pilar TPM
Sumber: Priyanta *et al.*, (2008)

Penerapan *total productive maintenance* (TPM) diawali dengan prinsip 5S, yang mencakup *Seiri* (pemilahan), *Seiton* (penataan), *Seiso* (pembersihan), *Seiketsu* (pemantapan), dan *Shitsuke* (pembiasaan). Prinsip ini mencerminkan kepedulian dan kesadaran terhadap lingkungan kerja yang bersih dan tertata, serta menjadi fondasi penting dalam penerapan TPM. Salah satu pilar utama dalam penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) adalah *autonomous maintenance* atau (*jishu hozen*), yang menitikberatkan pada pelibatan aktif operator dalam merawat dan mengoperasikan mesin secara mandiri guna meningkatkan tanggung jawab terhadap peralatan yang digunakan. Pilar kedua adalah *focused improvement* (*kobetsu kaizen*), mengacu pada upaya perbaikan yang dilakukan secara berkala dan berkelanjutan dengan melakukan evaluasi kondisi mesin secara berkala menggunakan metode pengukuran tertentu. Selanjutnya, *planned maintenance*, menekankan pentingnya pencegahan kerusakan mesin melalui tiga komponen utama, yaitu *preventive maintenance*, *breakdown maintenance*, dan *corrective maintenance*. Tujuan utamanya adalah mengubah pendekatan perawatan dari reaktif menjadi proaktif, sehingga semua pihak yang terlibat dapat mengetahui kondisi aktual mesin. Pilar keempat *quality maintenance* (*hinshitsu hozen*) bertujuan untuk mengendalikan kondisi peralatan yang dapat memengaruhi variasi

kualitas dan kuantitas produk, guna mencapai target *zero defect*. Faktor-faktor seperti kondisi material, presisi peralatan, metode produksi, dan parameter proses sangat berpengaruh dalam pilar ini. Pilar kelima adalah *education and training*, yang bertujuan meningkatkan kompetensi operator melalui pelatihan *soft skill* seperti Kerja sama tim dan komunikasi dan pelatihan teknis yang berkaitan dengan kemampuan menyelesaikan masalah serta penguasaan mesin agar mampu melakukan perawatan sederhana seperti pembersihan dan pemeriksaan mandiri. Pilar keenam, *office TPM*, menekankan pentingnya penerapan TPM tidak hanya dilantai produksi, tetapi juga disistem administrasi kantor agar seluruh sistem operasional berjalan secara sinergis. Pilar ketujuh, pilar *safety, hygiene & environment* (SHE), yang menekankan pentingnya keselamatan kerja, kebersihan, serta perlindungan terhadap lingkungan kerja untuk menjamin kesehatan dan keselamatan karyawan dengan tiga sasaran utama, yaitu *zero accident, zero health damage*, dan *zero fire*.

Terakhir, menerapkan prinsip TPM di bidang administratif dan non-produksi untuk meningkatkan efisiensi proses bisnis secara menyeluruh (Priyanta *et al.*, 2008).

2.3.2 Manfaat Total Productive Maintenance (TPM)

Penerapan *total productive maintenance* (TPM) secara sistematis dalam rencana kerja jangka Panjang memberikan berbagai manfaat yang signifikan bagi perusahaan. Pertama, TPM berperan dalam meningkatkan produktivitas melalui penerapan prinsip-prinsip yang mampu meminimalkan berbagai bentuk kerugian operasional. Kedua, kualitas produk dapat ditingkatkan karena TPM berfokus pada pengurangan kerusakan mesin dan waktu henti (*downtime*) melalui metode pemeliharaan yang terarah. Ketiga, ketepatan waktu pengiriman kepada konsumen menjadi lebih mudah dicapai karena proses produksi berlangsung tanpa gangguan yang berarti. Keempat, biaya produksi dapat ditekan lebih rendah karena berbagai bentuk kerugian dan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dapat diminimalisasi. Kelima, lingkungan kerja menjadi lebih sehat dan aman karena adanya perhatian terhadap aspek keselamatan dan kesehatan kerja. Terakhir, motivasi kerja karyawan meningkat karena adanya pelimpahan hak dan tanggung

jawab yang mendorong partisipasi aktif setiap individu dalam menjaga dan meningkatkan kinerja peralatan serta proses kerja (Warizki, 2019).

2.4 *Six big losses*

Menurut Nakajima (1988), kegiatan pemeliharaan tidak hanya bertujuan untuk mencegah kerusakan pada mesin atau peralatan serta meminimalkan waktu henti (*downtime*), melainkan juga mencakup Upaya mengurangi berbagai faktor yang dapat menyebabkan kerugian akibat rendahnya efisiensi operasional. Produktivitas mesin atau peralatan yang tidak optimal sering kali menyebabkan kerugian bagi perusahaan, dan hal ini umumnya disebabkan oleh penggunaan mesin yang tidak efektif maupun tidak efisien. Untuk mengidentifikasi sumber-sumber kerugian tersebut, dikenalkan konsep *six big losses* atau enam kerugian utama dalam sistem produksi. Enam kerugian ini dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama berdasarkan jenis kerugiannya, yaitu kerugian waktu henti (*downtime losses*), kerugian kecepatan (*speed losses*), dan kerugian kualitas (*defect losses*).

Kategori pertama, *downtime losses*, terjadi saat proses produksi terhenti, biasanya karena kerusakan pada mesin. Terdapat dua jenis kerugian dalam kategori ini. Pertama adalah *breakdown losses*, yaitu kerugian yang disebabkan oleh kerusakan mesin yang mengharuskan perbaikan atau penggantian komponen. *Breakdown losses* dapat diukur dengan rumus:

$$\text{Breakdown Losses} = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

Kedua, *setup and adjusment losses*, yaitu kerugian muncul akibat waktu yang hilang selama proses penyetelan dilakukan dan dapat diukur dengan rumus:

$$\text{Setup Adjusment Losses} = \frac{\text{Total Setup and adjusment Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Kategori kedua, *speed losses* keadaan dimana ketika kecepatan produksi tidak mencapai tingkat yang diharapkan. Dua jenis kerugian dalam kategori ini adalah *reduced speed losses*, yaitu penurunan kecepatan operasi mesin yang menyebabkan tidak optimalnya produksi, rumus dapat dilihat di bawah ini:

$$\text{Reduced Speed Losses} = \frac{\text{Less speed Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Idling and minor stoppage losses, yaitu kerugian yang timbul akibat berhentinya mesin dalam waktu singkat secara berulang. Berikut perhitungan *Idling and minor stoppage losses* dapat dilihat di bawah ini:

$$\text{Idling Minor Stoppage Losses} = \frac{\text{Nonproductive Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Quality losses adalah suatu keadaan dimana kategori terakhir adalah *defect losses*, yaitu kerugian yang terjadi karena produk yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi kualitas. Kerugian ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu *reduced yield losses*, yang terjadi pada awal proses produksi saat mesin belum mencapai kondisi stabil dan menghasilkan produk yang belum memenuhi standar.

$$\text{Reduced Yield Losses} = \frac{\text{Cycle Time} \times \text{Defect Setting}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

process defect losses, yang disebabkan oleh cacat pada produk setelah melewati proses produksi. Dengan memahami jenis-jenis kerugian ini, perusahaan dapat melakukan evaluasi dan mengambil langkah-langkah strategis guna meningkatkan efektivitas keseluruhan peralatan atau *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

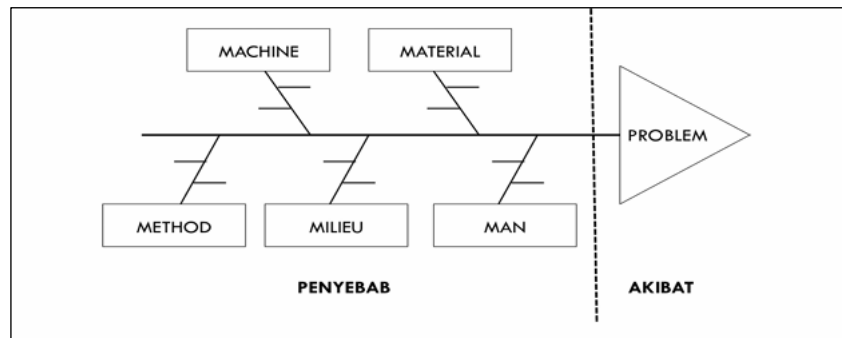
$$\text{Process Defect Losses} = \frac{\text{Cycle Time} \times \text{Reject}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

2.5 ***Fishbone Diagram***

Fhisbone diagram yang dikenal sebagai diagram Ishikawa atau *cause-and-effect* diagram, merupakan alat manajemen kualitas yang digunakan untuk mengidentifikasi, menyusun, dan menganalisis penyebab utama dari suatu masalah atau efek yang terjadi dalam suatu proses. Diagram ini pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa pada tahun 1960-an dan telah menjadi salah satu metode

yang paling efektif dalam kegiatan pemecahan masalah diberbagai industri, termasuk manufaktur, pelayanan, dan farmasi.

Penggunaan *fishbone diagram* memungkinkan tim untuk melakukan *brainstorming* secara sistematis dan terstruktur. Hal ini membantu mengidentifikasi akar penyebab dari suatu permasalahan, bukan hanya gejalanya. Dengan demikian, solusi yang diambil akan lebih tepat sasaran dan efektif dalam jangka Panjang (Hisprastin & Musfiroh, 2020).



Gambar 2.2 *Fishbone Diagram*
Sumbet: Hisprastin & Musfiroh, (2020)

2.5.1 Langkah – Langkah *Fishbone Diagram Ishikawa*

Langkah-langkah dalam menyusun diagram Ishikawa atau *fishbone diagram* dimulai dengan menentukan permasalahan utama yang akan dianalisis. Permasalahan ini dianggap sebagai akibat dari suatu proses dan harus dipahami secara jelas oleh seluruh pihak terkait, baik dari sisi sifat permasalahan maupun proses atau produk yang sedang dibahas. Tahap berikutnya adalah mengelompokkan penyebab-penyebab potensial ke dalam kategori utama, agar pencarian akar permasalahan menjadi lebih sistematis. Dalam konteks industri manufaktur, kategori penyebab umumnya mengacu pada konsep 5M, yaitu: *Man* (manusia) yang berhubungan dengan sumber daya manusia yang terlibat dalam proses, *Method* (metode) yang merujuk pada prosedur atau cara kerja, *Machine* (mesin) sebagai alat yang digunakan dalam proses, *Materials* (material) yang mencakup bahan baku yang digunakan, serta *Milieu/Environment* (lingkungan) yang menggambarkan kondisi sekitar saat proses berlangsung. Setelah kategori ditentukan, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi penyebab-penyebab spesifik dalam setiap kategori melalui metode *brainstorming*, di mana seluruh pihak

berkontribusi memberikan ide terkait kemungkinan penyebab yang relevan. Tahap terakhir adalah melakukan analisis terhadap diagram yang telah disusun. Analisis ini berguna untuk menilai penyebab mana saja yang memerlukan penyelidikan lebih lanjut. Jika terdapat banyak cabang dalam satu kategori, hal tersebut menandakan perlunya investigasi yang lebih mendalam. Penyebab yang sering muncul atau berulang di berbagai kategori dapat menjadi indikasi kuat sebagai akar masalah yang sebenarnya (Hisprastin & Musfiroh, 2020).

2.6 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness menekankan pada penghapusan *losses*, kehandalan, dan kinerja peralatan. Salah satunya menyatakan bahwa OEE merupakan alat pengukur kinerja keseluruhan peralatan (*complete, inclusive, whole*), dalam arti bahwa peralatan dapat bekerja seperti yang seharusnya. OEE juga *tool* analisis tiga bagian untuk kinerja peralatan berdasarkan *availability*, *performance efficiency*, dan *quality* dari produk atau *output*.

Menurut Jono (2019), menekankan bahwa keseluruhan kinerja peralatan, akan selalu dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu *availability*, *performance rate*, dan *quality rate* yang masing-masing dalam bentuk angka persentase.

Menurut Dunn (2015), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah sebuah metrik untuk mengukur seberapa efektif suatu operasi manufaktur digunakan. OEE dapat digunakan sebagai kerangka kerja bagi dunia industri terutama pada yang ketergantungan dengan modal peralatan dan biaya bahan baku. Kinerja OEE terbagi menjadi tiga komponen yang dapat diukur, yaitu: *availability*, *performance*, and *quality*.

Selain ketiga definisi di atas, melihat pada kegunaan ukuran OEE yang dapat digunakan juga sebagai pembandingan, maka OEE juga didefinisikan sebagai ukuran performa standar mesin. Definisi ini muncul karena OEE digunakan oleh perusahaan-perusahaan kelas dunia yang hasilnya digunakan sebagai pembandingan oleh perusahaan-perusahaan lain sejenis yang berusaha untuk memperbaiki efektivitasnya melalui penerapan metode *Overall Equipment Effectiveness*. OEE juga merupakan alat ukur untuk mengevaluasi dan memperbaiki sistem yang tepat untuk jaminan peningkatan produktivitas penggunaan mesin/peralatan (Nakajima,

1988). Nilai OEE diperoleh dari perkalian ketiga faktor OEE tersebut. Formula perkalian ketiga faktor tersebut adalah sebagai berikut:

$$OEE = Availability(\%) \times Performance Rate(\%) \times QualityRate(\%)..... (2.7)$$

Ketiga komponen tersebut tidak sepenuhnya dapat berjalan 100%, sehingga *world class* menargetkan standar kinerja OEE minimum sebesar 85%. Adapun standar tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 *Overall Equipment Effectiveness (OEE) Standar Dunia*

Faktor OEE	<i>World Class</i>
<i>Availability</i>	90,0%
<i>Performance</i>	95,0%
<i>Quality</i>	99,9%
OEE	85,4%

Sumber: Gasperz, (2002)

Tujuan dari OEE adalah sebagai alat ukur performa dari suatu sistem *maintenance*, dengan menggunakan metode ini maka dapat diketahui ketersediaan mesin/peralatan, efisiensi produksi, dan kualitas *output* mesin/peralatan.

2.6.1 *Availability Rate*

Availability Rate merupakan rasio dari *operation time*, yaitu dengan cara mengurangi *downtime* terhadap *loading time*. Dengan kata lain *Availability* diukur dari total waktu dimana peralatan dioperasikan lalu dikurangi waktu kerusakan alat, waktu persiapan serta penyesuaian mesin yang juga mengindikasikan rasio aktual antara *operating time* terhadap waktu operasi yang tersedia (*planned time available* atau *loading time*) (Sthepens, 2004).

Availability ratio adalah tingkat efektivitas beroperasinya suatu mesin atau peralatan. *Availability ratio* merupakan perbandingan antara waktu operasi (*operating time*) dengan waktu persiapan (*loading time*). Parameter ini menentukan tingkat kesiapan alat yang ada dan dapat digunakan. Tingkat ketersediaan yang rendah merupakan cerminan dari pemeliharaan yang buruk (Riadi & Anwar, 2019). Sehingga untuk melakukan perhitungan nilai *Availability* diperlukan *operation*

time, *loading time*, dan *downtime*. Secara matematis, perhitungan *Availability* dapat dihitung sebagai berikut:

$$Availability\ Rate = \frac{Operation\ Time}{Loading\ Time} = \frac{Loading\ Time - downtime}{Loading\ Time} \times 100\% \dots (2.8)$$

Keterangan:

Loading time adalah waktu yang tersedia per hari atau per bulan dikurangi dengan waktu *downtime* mesin yang terencana (*planned downtime*) dalam satuan jam.

Downtime adalah waktu ketika mesin tidak beroperasi (*breakdown* dan *setup*) dalam satuan jam.

Operation time merupakan hasil yang diperoleh dari pengurangan *loading time* dengan waktu *downtime* mesin. *Downtime* mesin adalah waktu proses yang seharusnya digunakan mesin akan tetapi karena adanya gangguan pada mesin/peralatan (*equipment failure*) mengakibatkan tidak ada *output* yang dihasilkan. *Downtime* meliputi mesin berhenti beroperasi akibat kerusakan mesin/peralatan, penggantian cetakan (*dies*), pelaksanaan prosedur *setup* dan *adjustment* dan sebagainya.

Loading time atau *availability time* per day diperoleh dengan mengurangi *planned downtime* dari total waktu tersedia per hari atau per bulan. *Planned downtime* adalah *downtime* yang dijadwalkan dalam rencana produksi untuk melakukan pemeliharaan mesin dan biasanya dilakukan setiap sebulan sekali.

2.6.2 *Performance Rate*

Operating speed rate merupakan perbandingan antara kecepatan ideal mesin berdasarkan kapasitas mesin sebenarnya (*ideal cycle time*) dengan kecepatan aktual mesin (*actual cycle time*) (Aziz & Putra, 2022). *Performance rate* merupakan hasil perkalian dari *operating speed rate* dan *net operating rate* atau rasio kuantitas produk yang dihasilkan dikalikan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia yang melakukan proses produksi (*operation time*). Formula pengukurannya dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Performance Efficiency} = \text{Operating Speed Rate} \times \text{Net Operation} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Idle Cycle time}}{\text{Actual Cycle time}} \times \frac{\text{Actual Cycle time} \times \text{Processed Amount}}{\text{Operating time}} \times 100\%$$

$$\text{Performance efficiency} = \frac{\text{Ideal Cycle time} \times \text{Processed Amount}}{\text{Operating time}} \times 100\% \dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

Idle cycle time mengacu pada waktu teoritis yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit produk yang dinyatakan dalam satuan jam per produk.

Actual cycle time adalah waktu nyata yang dihabiskan dalam proses produksi untuk menghasilkan satu unit produk.

Processed amount merujuk pada total bahan baku yang telah diproses atau jumlah keseluruhan *output* produksi dalam satuan produk.

Operating time merupakan durasi efektif mesin yang diperoleh dari pengurangan antara total waktu tersedia dan waktu henti mesin (*downtime*).

2.6.3 Rate of Quality

Tingkat kualitas (*Rate of quality*) menggambarkan rasio yang menunjukkan sejauh mana suatu peralatan mampu menghasilkan produk yang memenuhi standar mutu, yakni dengan membandingkan jumlah produk yang memenuhi syarat dengan total produk yang telah diproses.

Rate of quality menggambarkan kemampuan menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. *Rate of quality* merupakan ratio antara produksi sesuai standar (*defect-free product*) dan total produksi (*processed amount*) (Suharto & Lestari, 2021). Formula pengukuran untuk *rate of quality* adalah:

$$\text{Rate of Quality} = \frac{\text{Processed Amount} - \text{Defect Amount}}{\text{Processed Amount}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

Defect amount adalah jumlah barang yang tidak memenuhi standar atau produk *reject*.

2.7 Penelitian Terdahulu

Dalam pelaksanaan penelitian ini, peneliti merujuk pada sejumlah penelitian terdahulu sebagai landasan teoritis dan pembanding. Hal ini bertujuan untuk memperkuat kerangka berpikir serta memberikan referensi terhadap metode yang digunakan, khususnya dalam penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM), analisis *Six Big Losses*, dan pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

Penelitian oleh Fahmi (2013), yang berjudul “Implementasi *Total Productive Maintenance* sebagai Penunjang Produktivitas dengan Pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* pada Mesin Rotary KTH-8” menyoroti rendahnya nilai produktivitas akibat *downtime* tinggi. Penelitian ini menggunakan metode OEE untuk menghitung *availability*, *performance*, dan *quality rate*, serta menggunakan analisis *Six Big Losses* untuk menentukan penyebab utama penurunan produktivitas. Hasilnya menunjukkan bahwa faktor terbesar penyebab kerugian adalah *speed losses* sebesar 71,205%. Solusi yang diusulkan berupa penerapan *autonomous maintenance*, pelatihan teknisi, dan pengawasan kebersihan lingkungan kerja.

Selanjutnya, penelitian oleh Warizki (2019), pada pabrik kelapa sawit Sei Intan PTPN V Riau, berjudul “Studi Penerapan *Total Productive Maintenance* untuk Peningkatan Efisiensi”, mengaplikasikan TPM melalui perhitungan OEE dan *Six Big Losses* pada mesin Boiler I. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai OEE berkisar antara 78,12% hingga 89,23%, dengan faktor kerugian terbesar berasal dari *equipment failure* (59,42%) dan *minor stoppages* (31,34%). Rekomendasi perbaikannya meliputi pelatihan operator, perawatan berkala, dan penguatan standar pemeliharaan.

Penelitian lain oleh Heryaningtyas (2017), di PT Krakatau Steel pada mesin Recoiling Line juga menggunakan metode OEE dan analisis *Six Big Losses*. Nilai OEE rerata sebesar 57,833% jauh di bawah standar *world class* (85%), dengan kerugian utama berasal dari *reduced speed losses*, *idling and minor stoppages*, serta *breakdown losses*. Peneliti menggunakan pendekatan *Grey Failure Mode and Effect Analysis* (Grey FMEA) untuk memprioritaskan kegagalan, dan memberikan solusi berupa *preventive maintenance* dan kalibrasi ulang mesin.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu, terdapat beberapa kesenjangan (*gap*) yang membedakan penelitian ini dengan studi sebelumnya. Penelitian-penelitian oleh Fahmi (2013), Warizki (2019), dan Heryaningtyas (2017), umumnya dilakukan pada industri manufaktur umum seperti tembakau, kelapa sawit, dan baja, yang tidak memiliki standar ketat terhadap sterilitas dan higienitas seperti halnya industri farmasi. Penelitian ini secara khusus dilakukan pada lini produksi steril di PT X, yakni pada proses pengisian ampul yang memerlukan ketelitian tinggi dan pengendalian mutu yang ketat karena menyangkut keamanan produk obat-obatan. Selain itu, permasalahan yang dianalisis dalam penelitian ini bersifat lebih kompleks dan teknis, seperti ketidakstabilan tekanan gas, ketidaktepatan pengaturan parameter api, serta ketiadaan sistem cadangan bahan bakar, yang belum banyak dibahas pada penelitian sebelumnya. Penelitian ini juga mengacu pada standar *yield* internal perusahaan sebesar 90–100%, bukan hanya membandingkan dengan standar OEE JIPM sebesar 85% seperti yang lazim digunakan. Keunggulan lain dari penelitian ini adalah adanya evaluasi terhadap perbaikan yang dilakukan dengan membandingkan nilai OEE sebelum dan sesudah implementasi solusi, serta integrasi antara analisis *six big losses* dan delapan pilar TPM secara sistematis, sehingga menghasilkan perbaikan yang lebih terarah, aplikatif, dan kontekstual dengan kebutuhan industri farmasi.

UNIVERSITAS
MA CHUNG

Bab III

Metodologi Penelitian

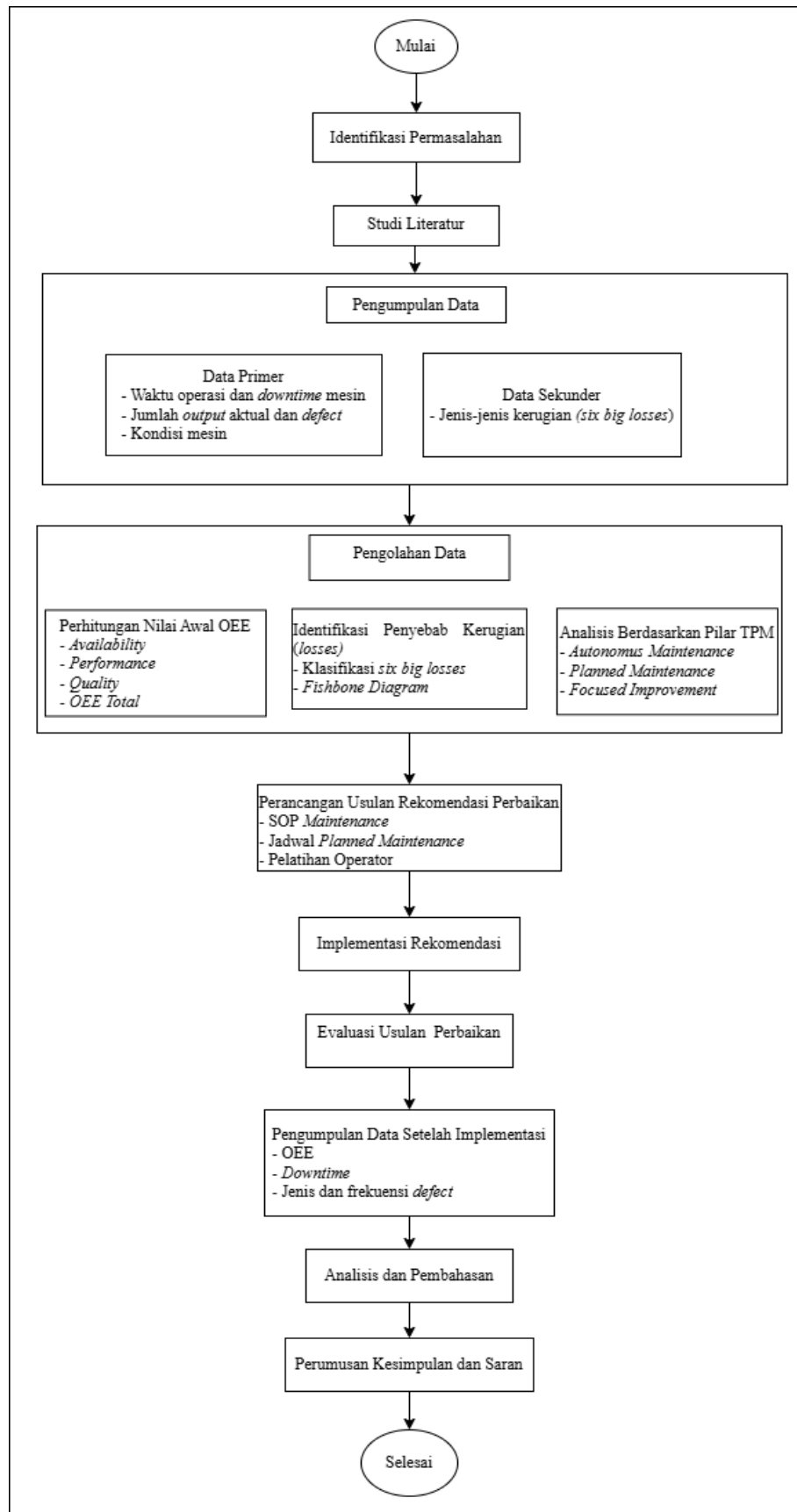
Bab ini menguraikan secara sistematis pendekatan dan tahapan yang diterapkan dalam pelaksanaan penelitian. Metode penelitian mencakup rangkaian langkah-langkah yang ditempuh, jenis serta sumber data yang dimanfaatkan, dan penyusunan diagram alir penelitian yang berfungsi sebagai panduan terhadap alur proses analisis yang dilaksanakan.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT X dengan fokus pada lini produksi steril, khususnya pada proses pengisian ampul. Area tersebut dipilih karena menunjukkan tingkat kecacatan produk yang relatif tinggi dan menjadi perhatian utama dalam upaya peningkatan kualitas. Pengumpulan data dilakukan selama periode Agustus 2024 hingga Juli 2025, yang mencakup kegiatan observasi lapangan, pengambilan sampel produk cacat, wawancara dengan operator, serta dokumentasi aktivitas produksi. Seluruh data yang diperoleh digunakan untuk mendukung analisis dalam peningkatan efektivitas mesin pengisian ampul dengan pendekatan TPM dan OEE.

3.2 Diagram Penelitian

Diagram alir penelitian disusun berdasarkan tahapan-tahapan sistematis yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian, dimulai dari identifikasi masalah hingga perumusan Solusi. Tujuan dari penyusunan diagram ini adalah untuk memberikan gambaran secara menyeluruh mengenai alur proses penelitian, serta menjelaskan langkah-langkah yang dilalui dalam menganalisis dan menyelesaikan permasalahan kualitas. Berikut di bawah ini merupakan diagram penelitian yang dilakukan dalam menyelesaikan masalah pada penelitian:



Gambar 3.1 Flowchart Metodologi Penelitian

3.3 Identifikasi Permasalahan

Tahapan awal dalam penelitian ini dimulai dengan proses identifikasi permasalahan yang terjadi pada mesin *filling* ampul di PT X. Kegiatan identifikasi dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses produksi serta wawancara informal dengan operator dan teknisi yang bertanggung jawab terhadap pengoperasian dan pemeliharaan mesin. Dari hasil pengamatan tersebut ditemukan beberapa permasalahan utama yang berdampak pada Efektivitas mesin, antara lain sering terjadinya kerusakan sensor, keterbatasan ruang *output* yang menyebabkan ampul pecah, pengaturan parameter api yang tidak optimal, tidak adanya sistem peringatan habisnya bahan bakar *liquified petroleum gas* (LPG), serta tidak adanya *liquified petroleum gas* (LPG) cadangan yang tersambung sehingga menghambat proses produksi yang seharusnya berjalan kontinu. Permasalahan-permasalahan tersebut menyebabkan tingginya waktu henti mesin (*downtime*), meningkatnya jumlah produk cacat (*defect*), serta berkurangnya kecepatan produksi aktual terhadap idealnya, yang semuanya berkontribusi terhadap rendahnya efektivitas kerja mesin. Oleh karena itu, diperlukan analisis menyeluruh untuk mengetahui sejauh mana permasalahan ini memengaruhi kinerja mesin serta bagaimana solusi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan Efektivitasnya.

3.4 Studi Literatur

Setelah permasalahan berhasil diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah melakukan studi literatur sebagai dasar teoritis penelitian. Studi literatur dilakukan dengan mengkaji berbagai referensi yang relevan seperti buku, jurnal ilmiah, skripsi terdahulu, dan artikel teknis yang membahas tentang *Total Productive Maintenance* (TPM), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), serta aplikasi kedua pendekatan tersebut dalam industri manufaktur, khususnya pada mesin pengisian (*filling*). Studi literatur bertujuan untuk memahami konsep-konsep dasar seperti delapan pilar TPM, enam kerugian besar (*six big losses*), serta metode pengukuran efektivitas mesin melalui OEE yang mencakup tiga indikator utama: *availability*, *performance*, dan *quality*. Selain itu, studi literatur juga digunakan untuk mencari referensi solusi teknis dan manajerial yang telah terbukti efektif dalam penelitian sebelumnya dan dapat disesuaikan dengan konteks permasalahan di PT X. Dengan landasan teoritis

yang kuat, diharapkan hasil analisis dan rekomendasi yang disusun dalam penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan aplikatif.

3.5 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 operasional mesin *filling* ampul dan efektivitas proses produksi di rantai produksi PT X. Pengumpulan data dilakukan secara sistematis melalui berbagai sumber yang relevan agar hasil analisis yang diperoleh dapat menggambarkan kondisi aktual dan mendukung proses perbaikan berkelanjutan. Dalam penelitian ini, data yang digunakan terbagi menjadi dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

3.5.1 Data Primer

Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap aktivitas mesin *filling* ampul di rantai produksi PT X. Observasi ini mencakup pemantauan waktu operasional, waktu berhenti (*downtime*), jumlah *output* aktual, jumlah produk cacat, serta kondisi teknis mesin. Selain itu, dilakukan wawancara dengan operator mesin, teknisi, dan supervisor produksi untuk memperoleh informasi tambahan mengenai penyebab terjadinya gangguan, metode penanganan yang diterapkan saat ini, serta kendala yang sering muncul dalam operasional harian. Pengumpulan data primer ini bertujuan untuk memperoleh Gambaran yang jelas dan mendalam mengenai kondisi aktual di lapangan.

3.5.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari dokumen internal perusahaan, seperti *logbook* mesin, laporan *downtime*, laporan kualitas produksi, dan standar prosedur operasi (SOP) mesin *filling* ampul. Data-data ini dimanfaatkan untuk menghitung nilai efektivitas mesin berdasarkan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), serta untuk mengidentifikasi jenis-jenis kerugian yang diklasifikasikan dalam *six big losses* menurut pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM). Dengan pengumpulan data yang menyeluruh, akurat dan valid, proses analisis penyebab

permasalahan dapat dilakukan secara sistematis, sehingga solusi yang diusulkan dapat disesuaikan dengan kondisi nyata di lapangan.

3.6 Pengolahan Data

Setelah seluruh data yang dibutuhkan berhasil dikumpulkan, tahap selanjutnya dalam penelitian ini adalah proses pengolahan data. Tahapan ini bertujuan untuk mengukur tingkat efektivitas mesin *filling* ampul serta mengidentifikasi akar penyebab dari permasalahan yang mengganggu performa mesin. Pengolahan data dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu perhitungan nilai awal OEE, identifikasi penyebab kerugian, dan analisis berdasarkan pilar TPM.

3.6.1 Perhitungan Nilai Awal OEE

Langkah pertama dalam pengolahan data adalah menghitung nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebagai indikator utama efektivitas mesin yang dapat dihitung dengan rumus (2.7). Nilai awal OEE dihitung berdasarkan tiga komponen utama, yaitu *availability*, *performance*, dan *quality*. *Availability* dihitung dari rasio antara waktu operasi aktual terhadap waktu produksi yang direncanakan, yang menggambarkan gangguan mesin akibat *downtime* dapat dihitung mengacu pada yang telah dijelaskan sebelumnya pada rumus (2.8), komponen *performance* mengukur perbandingan antara kecepatan produksi aktual dengan kecepatan ideal berdasarkan kapasitas mesin dapat dihitung menggunakan rumus (2.9). Sementara itu, *quality* dihitung dari rasio produk baik terhadap total produk yang dihasilkan menggunakan rumus (2.10).

Ketiga komponen tersebut dihitung berdasarkan data waktu kerja efektif, waktu *downtime*, dan jumlah produk cacat. Nilai total OEE yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan standar ideal industry, yaitu sebesar 85%, sebagai acuan efektivitas awal sebelum dilakukan perbaikan.

3.6.2 Identifikasi Penyebab Kerugian

Setelah dilakukan perhitungan nilai awal OEE, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi penyebab utama yang menyebabkan rendahnya efektivitas mesin.

Proses ini dilakukan dengan mengelompokkan kerugian ke dalam enam kategori utama yang dikenal sebagai *six big losses*, yaitu kerusakan mesin, pengaturan dan penyesuaian, penghentian kecil dan idling, pengurangan kecepatan, cacat kualitas dan kerugian saat startup. Untuk menganalisis akar penyebab dari masing-masing kategori kerugian secara lebih mendalam, digunakan alat bantu berupa *fishbone diagram*. Diagram ini menyusun berbagai kemungkinan penyebab berdasarkan lima aspek utama, yaitu manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan yang dapat dilihat pada gambar (2.2). Dengan menggunakan pendekatan ini, akar penyebab dari permasalahan dapat dipetakan secara sistematis sehingga mempermudah dalam merancang Solusi yang tepat, terarah, dan aplikatif sebagai dasar dalam perbaikan kinerja mesin.

3.6.3 Analisis Berdasarkan Pilar TPM

Analisis kemudian dilanjutkan berdasarkan pilar-pilar utama dalam *Total Productive Maintenance* (TPM) yang relevan, yaitu *autonomous maintenance*, *planned maintenance*, dan *focus improvement*. Pilar *autonomous maintenance* berfokus pada pemberdayaan operator untuk melakukan perawatan ringan secara mandiri. Pilar *planned maintenance* mengarahkan pada perawatan mesin secara terjadwal untuk mencegah terjadinya kerusakan mendadak. Sedangkan *focus improvement* mendorong perbaikan berkelanjutan melalui analisis masalah spesifik secara sistematis. Ketiga pilar ini membentuk kerangka kerja yang integratif untuk merancang pendekatan perbaikan yang melibatkan partisipasi lintas fungsi, mengurangi *downtime*, serta meningkatkan keandalan dan performa mesin secara keseluruhan.

3.7 Perancangan Usulan Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan hasil pengolahan data, perhitungan OEE, identifikasi *six big losses*, serta analisis penyebab melalui *fishbone diagram*, tahapan selanjutnya dalam penelitian ini adalah penyusunan rekomendasi solusi. Rekomendasi disusun dengan mengacu pada prinsip-prinsip *Total Productive Maintenance* (TPM), khususnya melalui penerapan beberapa pilar utama yang relevan dengan permasalahan yang dihadapi. Berdasarkan hasil identifikasi penyebab kerugian dan

analisis pilar TPM, dirancang usulan perbaikan yang meliputi penyusunan SOP perawatan mesin, penjadwalan *planned maintenance* secara berkala, serta pelatihan operator dalam melakukan *autonomous maintenance*. Usulan ini ditunjukkan untuk mengurangi *downtime*, *defect*, serta meningkatkan keandalan dan kecepatan produksi mesin.

3.8 Implementasi Rekomendasi

Usulan perbaikan kemudian diimplementasikan dalam proses produksi. Langkah implementasi mencakup penyesuaian prosedur kerja, pengaturan ulang parameter mesin, penggantian atau perbaikan komponen yang rusak, serta pelatihan bagi operator. Evaluasi awal dilakukan untuk memastikan bahwa implementasi berjalan sesuai dengan rencana.

3.9 Evaluasi Usulan Perbaikan

Setelah rekomendasi disusun, langkah selanjutnya adalah melakukan evaluasi terhadap efektivitas usulan yang diajukan. Evaluasi dilakukan dengan cara membandingkan kondisi sebelum dan setelah implementasi solusi secara simulatif atau melalui perhitungan proyeksi, terutama pada nilai OEE. Nilai *availability*, *performance*, dan *quality* dihitung kembali dengan asumsi bahwa gangguan-gangguan utama telah berhasil dikurangi atau dieliminasi. Evaluasi juga dapat dilengkapi dengan analisis perbandingan terhadap jumlah kerugian (*losses*) sebelum dan sesudah perbaikan, serta estimasi potensi penghematan waktu, tenaga, atau biaya produksi.

3.10 Pengumpulan Data Setelah Implementasi

Setelah perbaikan diimplementasikan, dilakukan pengumpulan data lanjutan untuk mengevaluasi dampaknya. Data yang dikumpulkan mencakup nilai OEE, durasi *downtime*, serta jumlah dan frekuensi *defect*. Perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah implementasi digunakan untuk menilai keberhasilan perbaikan.

3.11 Analissis dan Pembahasan

Analisis dilakukan dengan membandingkan kondisi efektivitas mesin sebelum dan sesudah perbaikan. Hasil analisis digunakan untuk menilai sejauh mana penerapan TPM berdampak terhadap peningkatan efektivitas mesin. Pembahasan juga mencakup sejauh mana target OEE tercapai dan efektivitas pelaksanaan rekomendasi yang diberikan.

3.12 Perumusan Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah merumuskan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan. Kesimpulan mencakup gambaran mengenai efektivitas awal mesin, faktor-faktor penyebab kerugian, serta hasil dari implementasi TPM. Selain itu, disampaikan pula saran untuk pengembangan lebih lanjut, baik dalam aspek teknis maupun manajerial, guna meningkatkan performa mesin secara berkelanjutan. Evaluasi efektivitas solusi yang diusulkan berdasarkan prinsip TPM juga menjadi bagian penting dalam perumusan Kesimpulan, terutama dengan mempertimbangkan peningkatan nilai OEE setelah perbaikan dilakukan secara proyekatif maupun aktual.

UNIVERSITAS
MA CHUNG

Bab IV

Pengolahan Data dan Analisis Hasil

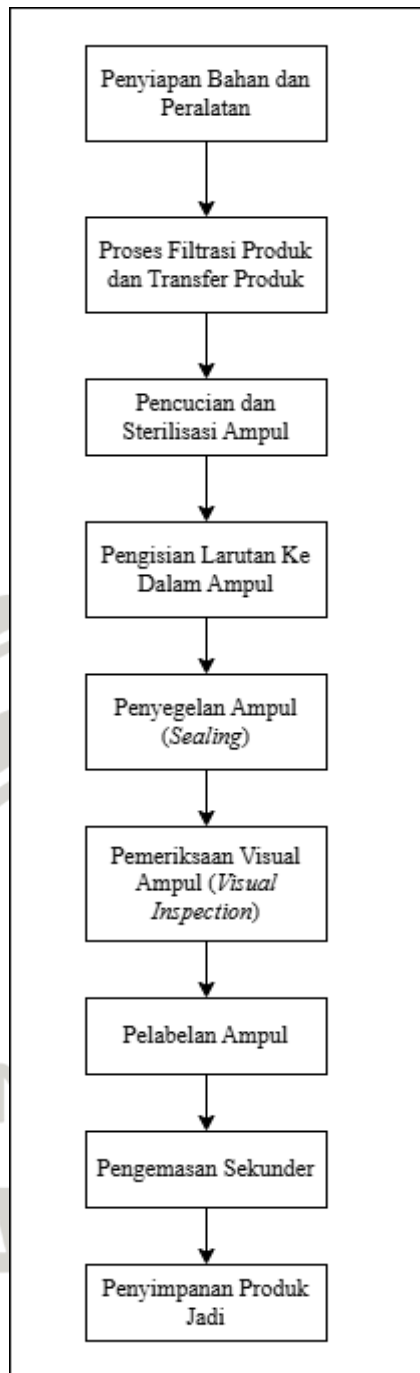
4.1 Gambaran Umum Proses Pengisian Ampul di PT. X

Proses pengisian ampul di PT X merupakan salah satu bagian penting dalam lini produksi steril yang memerlukan tingkat ketelitian dan pengendalian mutu yang tinggi. Produk yang dihasilkan berupa sediaan injeksi dalam kemasan kaca (ampul), yang harus memenuhi standar sterilitas sesuai regulasi dari Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) dan pedoman *Good Manufacturing Practices* (GMP). Oleh karena itu, seluruh tahapan produksi dilakukan dalam lingkungan terkontrol dengan sistem ruangan bersih (*cleanroom*) yang dilengkapi dengan tekanan udara positif dan sistem filtrasi HEPA untuk mencegah kontaminasi silang dari partikel maupun mikroorganisme.

Kegiatan pengisian ampul dilakukan di ruangan kelas A dan B yang memiliki persyaratan kebersihan tertinggi. Lingkungan produksi dipantau secara ketat dengan sistem kontrol suhu, kelembapan, tekanan udara, serta jumlah partikel udara. Operator yang bekerja di area ini diwajibkan untuk mengenakan pakaian khusus dan menjalani prosedur sterilisasi diri (*gowning*) sebelum memasuki ruangan, guna memastikan tidak adanya sumber kontaminasi dari luar.

4.2 Tahapan Umum Proses Pengisian Ampul

Proses pengisian ampul di PT X terdiri dari serangkaian tahapan yang dirancang secara sistematis guna memastikan produk akhir tetap steril, aman, dan memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan. Tahapan proses pengisian ampul secara umum adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Tahapan Proses Pengisian Ampul

4.2.1 Penyiapan Bahan dan Peralatan

Seluruh bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam proses pengisian ampul dipersiapkan dengan cermat melalui prosedur yang telah ditetapkan guna memastikan sterilitas dan kesesuaiannya dengan standar mutu. Bahan larutan yang akan diisi ke dalam ampul difiltrasi menggunakan filter berukuran 0,2 mikron yang telah lulus uji integritas untuk menjamin tidak adanya partikel atau mikroorganisme

yang terbawa ke tahap berikutnya. Sementara itu, seluruh peralatan penunjang seperti tangki penyimpanan, selang transfer, dan komponen filtrasi lainnya disterilkan menggunakan metode yang sesuai, seperti autoklaf atau sterilisasi uap panas, tergantung jenis dan material peralatan tersebut. Proses ini merupakan tahap awal yang sangat krusial dalam menjamin keberhasilan pengisian ampul secara aseptik serta menjaga kualitas dan keamanan produk akhir.

4.2.2 Proses Filtrasi dan Transfer Produk

Larutan steril yang dihasilkan dari tahap pencampuran selanjutnya ditransfer menuju mesin pengisian ampul melalui sistem tertutup yang menggunakan jalur pipa steril. Pemindahan larutan dilakukan secara aseptik untuk mencegah terjadinya kontaminasi selama proses berlangsung. Seluruh aktivitas transfer ini dilakukan di dalam ruangan kelas B, yang memiliki kontrol lingkungan ketat sesuai standar *Good Manufacturing Practices* (GMP), guna memastikan bahwa sterilitas larutan tetap terjaga hingga memasuki tahap pengisian.

4.2.3 Pencucian dan Sterilisasi Ampul

Ampul kaca yang akan digunakan terlebih dahulu melalui proses pencucian menggunakan mesin pencuci otomatis yang memanfaatkan air WFI (*water for injection*) dan udara bertekanan untuk membersihkan bagian dalam dan luar ampul secara menyeluruh. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan partikel, debu, dan kontaminan lain yang mungkin menempel pada permukaan ampul. Setelah dicuci, ampul langsung diarahkan ke *tunnel sterilizer*, yaitu alat sterilisasi dengan suhu tinggi yang bekerja secara kontinu. Di dalam tunnel tersebut, ampul dipanaskan hingga suhu lebih dari 300°C melalui beberapa zona pemanasan yang dirancang khusus untuk memastikan seluruh mikroorganisme terbunuh. Dengan demikian, ampul keluar dari tunnel dalam kondisi steril dan siap untuk digunakan dalam proses pengisian secara aseptik.

4.2.4 Pengisian Larutan Ke Dalam Ampul

Ampul yang telah melewati tahap sterilisasi selanjutnya langsung dialirkan ke mesin pengisian otomatis untuk dilakukan proses pengisian larutan. Mesin ini

dirancang untuk bekerja dengan tingkat presisi tinggi guna memastikan volume larutan yang dimasukkan ke dalam setiap ampul sesuai dengan spesifikasi produk. Proses pengisian dilakukan secara aseptik dengan menggunakan sistem tertutup dan peralatan yang telah disterilkan sebelumnya, serta dilaksanakan di dalam lingkungan terkontrol yang memenuhi persyaratan kelas A. Pengendalian terhadap parameter lingkungan seperti suhu, tekanan udara, kelembapan, dan jumlah partikel dilakukan secara berkelanjutan melalui sistem monitoring otomatis untuk menjamin tidak terjadinya kontaminasi selama proses berlangsung, sehingga produk akhir tetap steril dan sesuai standar mutu yang telah ditetapkan.

Proses pengisian ampul di PT X mencakup berbagai ukuran ampul, seperti 1 ml, 2 ml, 3 ml, hingga 5 ml, tergantung pada jenis dan kebutuhan produk. Mesin pengisi dilengkapi dengan sistem sensor dan pengaturan volume otomatis yang dapat disesuaikan dengan ukuran masing-masing ampul. Produk yang diisi meliputi berbagai jenis sediaan parenteral seperti larutan anestesi, antibiotik, vitamin, antihistamin, cairan elektrolit, dan obat-obatan khusus lainnya. Masing-masing larutan memiliki karakteristik fisikokimia tersendiri yang memerlukan penyesuaian proses, seperti viskositas, sensitivitas terhadap cahaya, atau kestabilan terhadap suhu. Oleh karena itu, pengaturan parameter pengisian, seperti kecepatan aliran dan tekanan sistem, dilakukan dengan cermat untuk menjaga kestabilan dan mutu produk, sekaligus memastikan kesesuaian dengan standar *Good Manufacturing Practices* (GMP) dan regulasi dari Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM).

4.2.5 Penyegelan Ampul (*Sealing*)

Setelah proses pengisian selesai, ampul langsung dipindahkan ke stasiun penyegelan untuk ditutup secara permanen. Penyegelan dilakukan dengan menggunakan *burner*, yaitu pemanas berbahan bakar gas yang menghasilkan nyala api untuk melelehkan bagian leher ampul. Leher ampul yang telah dipanaskan akan ditarik dan ditutup rapat secara otomatis, membentuk segel kaca yang kedap udara. Proses ini harus dilakukan dengan pengaturan parameter api yang tepat, termasuk suhu, tekanan, dan durasi pemanasan, guna mencegah terjadinya retakan, gelembung, atau deformasi pada kaca. Pengendalian ini sangat penting untuk

memastikan bahwa setiap ampul tertutup dengan sempurna, tetap steril, dan tidak mengalami kebocoran selama penyimpanan maupun distribusi.

4.2.6 Pemeriksaan Visual (*Visual Inspection*)

Ampul yang telah disegel selanjutnya menjalani proses inspeksi visual yang dilakukan oleh operator terlatih dengan menggunakan alat bantu pencahayaan khusus. Pemeriksaan ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap ampul memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan, baik dari segi fisik maupun isi produk. Parameter yang diperiksa meliputi adanya retakan atau kebocoran pada badan ampul, keberadaan partikel asing dalam larutan, serta kesesuaian volume pengisian. Ampul yang terdeteksi mengalami cacat atau penyimpangan dari spesifikasi akan dipisahkan dan diklasifikasikan sebagai produk tidak layak (*reject*), sedangkan ampul yang lolos inspeksi akan melanjutkan ke tahap berikutnya.

4.2.7 Pelabelan Ampul

Ampul yang telah lolos dari proses inspeksi visual selanjutnya diberi label menggunakan mesin pelabel otomatis yang telah dikalibrasi sesuai dengan ukuran dan bentuk ampul. Proses pelabelan ini dilakukan untuk memberikan identitas produk yang jelas dan informatif, sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). Label yang ditempel mencantumkan informasi penting seperti nama produk, kekuatan atau dosis, nomor *batch*, tanggal kedaluwarsa, serta informasi pendukung lainnya yang relevan. Pelabelan dilakukan dengan ketelitian tinggi untuk memastikan posisi dan keterbacaan label sesuai standar mutu yang berlaku.

4.2.8 Pengemasan Sekunder

Ampul yang telah diberi label kemudian dikemas ke dalam kemasan sekunder untuk melindungi produk selama proses penyimpanan dan distribusi. Pengemasan dilakukan dengan menempatkan ampul ke dalam wadah karton atau blister yang sesuai dengan ukuran dan jumlah yang telah ditentukan. Selanjutnya, wadah tersebut dimasukkan ke dalam *outer box* bersama dengan leaflet yang memuat informasi penggunaan, serta perlengkapan kemasan lainnya sesuai standar

perusahaan. Proses ini dilakukan dengan cermat untuk menjaga integritas fisik produk, memudahkan penanganan logistik, dan memastikan setiap unit produk sampai ke pengguna akhir dalam kondisi baik dan sesuai ketentuan regulasi.

4.2.9 Penyimpanan Produk Jadi

Produk yang telah selesai melalui seluruh tahapan pengemasan disimpan di ruang penyimpanan khusus yang dirancang untuk menjaga stabilitas mutu produk selama masa tunggu distribusi. Ruangan ini dilengkapi dengan sistem pengendalian suhu dan kelembapan yang dikalibrasi secara berkala guna memastikan kondisi lingkungan tetap sesuai dengan spesifikasi penyimpanan produk farmasi. Selain itu, sistem penyimpanan menerapkan prinsip *First In, First Out* (FIFO), yaitu metode rotasi persediaan yang memastikan produk dengan tanggal produksi lebih awal didistribusikan terlebih dahulu. Prinsip ini bertujuan untuk menghindari kedaluwarsa produk di gudang dan menjaga ketertelusuran serta efisiensi dalam proses logistik.

4.3 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berkaitan langsung dengan kebutuhan perhitungan nilai efektivitas keseluruhan peralatan dan mesin atau *overall equipment effectiveness* (OEE) pada proses pengisian ampul di lini produksi steril PT X. Data tersebut mencakup informasi kuantitatif dan operasional, antara lain jumlah unit ampul yang diproses, jumlah produk cacat (*defect*), waktu kerja efektif, serta durasi waktu henti mesin (*downtime*) baik yang terencana maupun tidak terencana. Selain itu, data mengenai *ideal cycle time* juga diperlukan untuk mengukur efisiensi kerja mesin dalam kondisi optimal. Seluruh data ini diperoleh dari catatan produksi harian (LPH), *logbook* mesin, serta observasi langsung dilapangan selama periode pengumpulan data dari Januari hingga Agustus 2024, yang mencakup 30 *batch* produksi. Data ini digunakan sebagai dasar dalam perhitungan komponen *availability*, *performance*, dan *quality* yang merupakan indikator utama dalam penilaian efektivitas mesin *filling* ampul, serta untuk mendukung analisis kerugian menggunakan pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM).

4.3.1 Data Hasil Produksi

Data hasil produksi pada mesin pengisian ampul selama periode Januari hingga Agustus 2024 merupakan rekapitulasi dari aktivitas pengumpulan data produksi yang dilakukan secara berkala pada setiap *batch* proses. Jumlah unit yang diproses dalam 30 *batch* produksi berbeda-beda tergantung pada permintaan dan kapasitas pesanan dari bagian perencanaan produksi. Tabel 4.1 berikut ini menyajikan jumlah *input* yang diproses dalam 30 *batch* selama periode pengamatan di lini pengisian ampul:

Tabel 4.1 Data Produksi Mesin Pengisian Ampul (Per *Batch*)

<i>Batch</i> ke -	Target <i>Output</i> per <i>Batch</i> (Ampul)	Realisasi <i>Output</i>	Persentase Capaian (%)
1	43478	36999	85%
2	43478	34823	80%
3	33333	27908	84%
4	90909	74267	82%
5	90909	76803	84%
6	90909	75381	83%
7	46511	39003	84%
8	46511	39753	85%
9	46511	39753	85%
10	45454	38180	84%
11	45454	37400	82%
12	45454	35786	79%
13	83333	68420	82%
14	12500	10548	84%
15	12500	10578	85%
16	12500	10662	85%
17	12500	10554	84%
18	12500	10596	85%
19	6511	5520	85%
20	6511	5532	85%
21	33333	27818	83%
22	33333	27970	84%
23	33333	28002	84%
24	33333	27742	83%
25	33333	27894	84%
26	12500	9840	79%
27	12500	9828	79%
28	12500	9088	73%
29	33333	26742	80%
30	33333	25834	78%

Dalam setiap proses produksi, khususnya pada pengisian ampul, terdapat kemungkinan dihasilkannya produk yang tidak memenuhi spesifikasi mutu yang telah ditetapkan. Produk-produk tersebut dikategorikan sebagai produk cacat (*reject*) karena mengalami penyimpangan dari standar kualitas, baik dari segi volume isi, tampilan fisik, segel penutup, maupun adanya kontaminasi partikel. Tabel 4.2 berikut menyajikan jumlah produk cacat dalam 30 *batch*:

Tabel 4.2 Data *Defect* Mesin Pengisian Ampul (Per *Batch*)

<i>Batch</i> ke -	Total Produksi	Total <i>Defect</i>	Persentase <i>Defect</i>
1	36999	6479	18%
2	34823	8655	25%
3	27908	5425	19%
4	74267	16642	22%
5	76803	14106	18%
6	75381	15528	21%
7	39003	7508	19%
8	39753	6758	17%
9	39753	6758	17%
10	38180	7274	19%
11	37400	8054	22%
12	35786	9668	27%
13	68420	14913	22%
14	10548	1952	19%
15	10578	1922	18%
16	10662	1838	17%
17	10554	1946	18%
18	10596	1904	18%
19	5520	991	18%
20	5532	979	18%
21	27818	5515	20%
22	27970	5363	19%
23	28002	5331	19%
24	27742	5591	20%
25	27894	5439	19%
26	9840	2660	27%
27	9828	2672	27%
28	9088	3412	38%
29	26742	6591	25%
30	25834	7499	29%

Waktu henti mesin merupakan periode ketika mesin pengisian ampul tidak beroperasi sebagaimana mestinya. *Downtime* dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu *planned downtime* meliputi kegiatan seperti pembersihan rutin, *setup batch* baru dan *unplanned downtime* terjadi akibat gangguan mendadak seperti kerusakan sensor, tekanan gas yang tidak stabil, penyumbatan *nozzle*, atau kegagalan fungsi *burner* pada tahap penyegelan ampul. Pada tabel 4.3 menyajikan waktu *downtime* pada mesin pengisian ampul dalam 30 *batch*:

Tabel 4.3 Waktu *Downtime* Mesin Pengisian Ampul (Per *Batch*)

<i>Batch</i> ke -	Total Jam Pengisian Ampul (menit)	Total <i>Downtime</i> (menit)	Persentase <i>Downtime</i>
1	129	27	21%
2	126	20	16%
3	129	35	27%
4	230	40	17%
5	290	70	24%
6	215	21	10%
7	135	25	19%
8	150	28	19%
9	128	20	16%
10	145	28	19%
11	154	41	27%
12	104	13	13%
13	288	75	26%
14	50	14	28%
15	43	10	23%
16	40	12	30%
17	32	5	16%
18	45	8	18%
19	14	0	0%
20	15	0	0%
21	88	16	18%
22	88	10	11%
23	90	10	11%
24	89	18	20%
25	89	13	15%
26	50	15	30%
27	38	6	16%
28	40	10	25%
29	105	20	19%
30	105	28	27%

4.4 Pengolahan Data

Setelah seluruh data pendukung yang dibutuhkan untuk pengukuran nilai OEE diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan terhadap masing-masing komponennya. Perhitungan dimulai dari indeks ketersediaan (*availability rate*), yang menggambarkan proporsi waktu mesin tersedia untuk beroperasi dibandingkan dengan waktu produksi yang direncanakan. Selanjutnya dihitung efektivitas kegiatan produksi (*performance rate*) yang mengukur efisiensi kecepatan produksi actual dibandingkan dengan kapasitas ideal mesin. Komponen terakhir yang dihitung adalah tingkat kualitas (*rate of quality*), yaitu proporsi produk yang memenuhi standar mutu terhadap total produk yang dihasilkan. Ketiga nilai tersebut kemudian dikalikan untuk memperoleh nilai OEE sebagai indikator utama efektivitas mesin pengisian ampul secara keseluruhan dalam suatu periode produksi.

4.4.1 Perhitungan Waktu Ketersediaan (*Availability Rate*)

Dalam perhitungan *availability rate* diperlukan data terkait waktu kerja efektif mesin dan waktu henti mesin (*downtime*). Kedua komponen waktu ini menjadi dasar dalam mengevaluasi tingkat kesiapan mesin dalam mendukung proses produksi. Sebagai ilustrasi, berikut disajikan contoh perhitungan *availability rate* pada *batch* pertama periode tahun 2024:

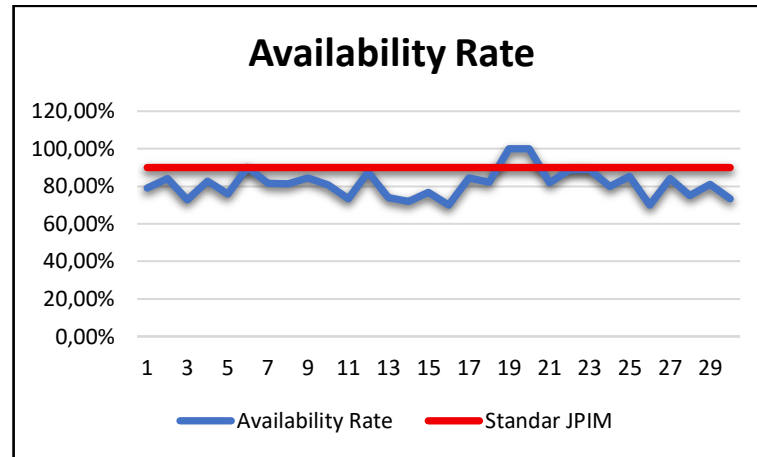
$$\begin{aligned} \text{Availability rate} &= \frac{\text{waktu operasi}}{\text{waktu loading}} \times 100\% \\ &= \frac{102}{129} \times 100\% \\ &= 79,1\% \end{aligned}$$

Tabel 4.4 di bawah ini menyajikan hasil perhitungan *availability rate* pada 30 *batch* produksi mesin pengisian ampul selama periode Januari hingga Agustus 2024. Nilai *availability rate* dihitung berdasarkan proporsi waktu kerja efektif mesin terhadap total waktu yang direncanakan, setelah dikurangi waktu henti mesin (*downtime*). Hasil ini digunakan untuk menilai sejauh mana ketersediaan mesin dalam mendukung proses produksi.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan *Availability Rate*

<i>Batch</i> ke -	Waktu Operasi (menit)	<i>Loading</i> Time (menit)	<i>Availability</i> <i>Rate</i>
1	102	129	79,1%
2	106	126	84,1%
3	94	129	72,9%
4	190	230	82,6%
5	220	290	75,9%
6	194	215	90,2%
7	110	135	81,5%
8	122	150	81,3%
9	108	128	84,4%
10	117	145	80,7%
11	113	154	73,4%
12	91	104	87,5%
13	213	288	74,0%
14	36	50	72,0%
15	33	43	76,7%
16	28	40	70,0%
17	27	32	84,4%
18	37	45	82,2%
19	14	14	100,0%
20	15	15	100,0%
21	72	88	81,8%
22	78	88	88,6%
23	80	90	88,9%
24	71	89	79,8%
25	76	89	85,4%
26	35	50	70,0%
27	32	38	84,2%
28	30	40	75,0%
29	85	105	81,0%
30	77	105	73,3%
Rata-rata			81,4%

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *availability rate* mesin pengisian ampul selama tahun 2024 dengan rata-rata sebesar 81,4%, yang menunjukkan bahwa mesin memiliki tingkat kesiapan operasional yang cukup baik dalam mendukung proses produksi. Namun, nilai tersebut belum memenuhi standar *world class* OEE yang ditetapkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JPIM), yaitu minimal 90%. Hal ini mengindikasikan masih terdapat potensi perbaikan, terutama dalam mengurangi waktu henti mesin agar mesin dapat beroperasi lebih optimal.



Gambar 4.2 Grafik *Availability Rate*

4.4.2 Perhitungan Efektivitas Produksi (*Performance Rate*)

Dalam perhitungan *performance rate*, diperlukan data mengenai jumlah unit aktual yang dihasilkan serta *idle cycle time* dari mesin produksi. *performance rate* mengukur sejauh mana mesin beroperasi dengan kecepatan mendekati kapasitas *idealnya*. *Ideal cycle time* sendiri merupakan waktu tercepat yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu unit produk jika mesin bekerja tanpa hambatan. Oleh karena itu, komponen ini sangat dipengaruhi oleh kecepatan mesin, gangguan kecil, pengurangan kecepatan, dan efisiensi operator. Sebagai ilustrasi, berikut disajikan contoh perhitungan *performance rate* pada *batch* pertama periode tahun 2024:

$$\begin{aligned}
 \text{Performance rate} &= \frac{\text{process amount} \times \text{ideal cycle time}}{\text{waktu operasi}} \times 100\% \\
 &= \frac{36999 \times 0,15}{6120} \times 100\% \\
 &= 90,7\%
 \end{aligned}$$

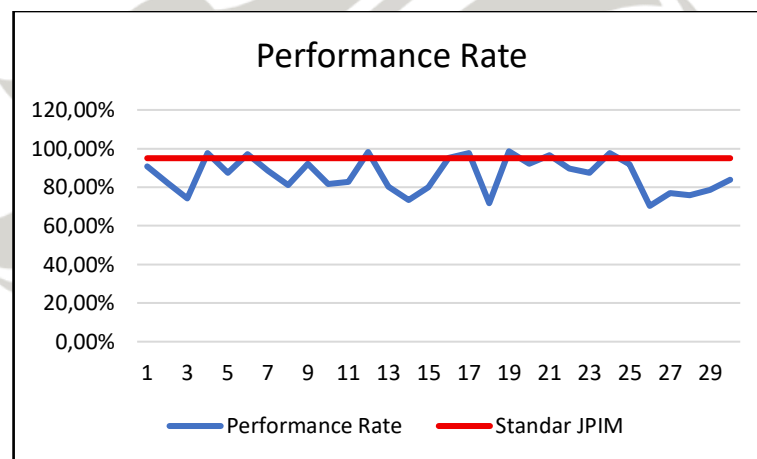
Tabel 4.5 di bawah ini menyajikan hasil perhitungan *performance rate* pada 30 *batch* produksi mesin pengisian ampul selama periode Januari hingga Agustus 2024. Nilai *performance rate* dihitung berdasarkan jumlah input aktual yang berhasil diproses, dikalikan dengan *idle cycle time* dari mesin pengisian ampul, kemudian dibandingkan terhadap waktu operasi aktual. Perhitungan ini bertujuan untuk mengukur efisiensi kerja mesin dalam menghasilkan *output* dibandingkan

dengan kapasitas idealnya. *Ideal cycle time* pada penelitian ini ditetapkan sebesar 0,15 detik per ampul, sesuai dengan kecepatan maksimum mesin pengisian ampul yaitu 24000 ampul per jam. Nilai *performance rate* yang tinggi menunjukkan bahwa mesin beroperasi mendekati kecepatan ideal, sementara nilai rendah dapat mengindikasikan adanya penurunan kecepatan produksi.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Waktu efektivitas Produksi (*Performance Rate*)

<i>Batch ke -</i>	Jumlah Produk (Ampul)	<i>Ideal Cycle Time</i>	Waktu Operasi (detik)	<i>Performance Rate</i>
1	36999	0,15	6120	90,7%
2	34823	0,15	6360	82,1%
3	27908	0,15	5640	74,2%
4	74267	0,15	11400	97,7%
5	76803	0,15	13200	87,3%
6	75381	0,15	11640	97,1%
7	39003	0,15	6600	88,6%
8	39629	0,15	7320	81,2%
9	39753	0,15	6480	92,0%
10	38180	0,15	7020	81,6%
11	37400	0,15	6780	82,7%
12	35786	0,15	5460	98,3%
13	68420	0,15	12780	80,3%
14	10548	0,15	2160	73,3%
15	10578	0,15	1980	80,1%
16	10662	0,15	1680	95,2%
17	10554	0,15	1620	97,7%
18	10596	0,15	2220	71,6%
19	5520	0,15	840	98,6%
20	5532	0,15	900	92,2%
21	27818	0,15	4320	96,6%
22	27970	0,15	4680	89,6%
23	28002	0,15	4800	87,5%
24	27742	0,15	4260	97,7%
25	27894	0,15	4560	91,8%
26	9840	0,15	2100	70,3%
27	9828	0,15	1920	76,8%
28	9088	0,15	1800	75,7%
29	26742	0,15	5100	78,7%
30	25834	0,15	4620	83,9%
Rata-rata				86%

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai rata-rata *performance rate* sebesar 86%, yang berarti mesin bekerja di bawah kapasitas atau kecepatan idealnya. meskipun demikian, nilai tersebut masih tergolong cukup baik dan menunjukkan bahwa mesin mampu menghasilkan *output* dalam jumlah besar, meskipun terdapat penurunan kecepatan kerja dibandingkan dengan kondisi optimal. Penurunan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti gangguan minor, penyesuaian parameter mesin, atau intervensi manual oleh operator. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa efisiensi waktu produksi masih dapat ditingkatkan, khususnya dengan meminimalkan penyebab *less speed* dan *minor stoppage* selama proses produksi berlangsung.



Gambar 4.3 Grafik *Performance Rate*

4.4.3 Perhitungan Tingkat Kualitas (*Rate Of Quality*)

Dalam perhitungan *rate of quality*, data yang dibutuhkan meliputi jumlah total *output* yang dihasilkan dan jumlah produk cacat atau *defect*. *Quality rate* mengukur proporsi produk yang lolos dari proses produksi dan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Nilai ini menunjukkan kemampuan sistem produksi dalam menghasilkan produk yang bebas dari cacat, sehingga sangat berpengaruh terhadap mutu dan keamanan produk, terutama dalam industri farmasi yang menuntut standar sterilitas dan presisi tinggi. Sebagai ilustrasi, berikut disajikan contoh perhitungan *rate of quality* pada *batch* pertama periode tahun 2024:

$$\text{Quality rate} = \frac{\text{process amount} - \text{jumlah cacat}}{\text{process amount}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{36999 - 6479}{36999} \times 100\% \\
&= 82,5\%
\end{aligned}$$

Tabel 4.6 di bawah ini menyajikan hasil perhitungan *quality rate* pada 30 *batch* produksi mesin pengisian ampul selama periode Januari hingga Agustus 2024. Nilai *quality rate* dihitung berdasarkan jumlah produk yang memenuhi spesifikasi mutu (produk baik), dikurangi dengan jumlah produk cacat dan dibandingkan terhadap jumlah produk baik yang dihasilkan pada setiap *batch*, lalu dikalikan 100 persen. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar persentase produk yang lolos dari proses produksi tanpa mengalami cacat (*defect*). Produk dikategorikan cacat apabila tidak memenuhi standar kualitas, seperti ampul retak, volume pengisian tidak sesuai, segel kurang rapat, atau terkontaminasi partikel asing. Semakin tinggi nilai *quality rate*, maka semakin baik kualitas hasil produksi yang dihasilkan oleh mesin pengisian ampul. Sebaliknya, nilai yang rendah mencerminkan perlunya evaluasi terhadap parameter proses, kondisi peralatan, dan kompetensi operator guna meningkatkan mutu produk akhir.

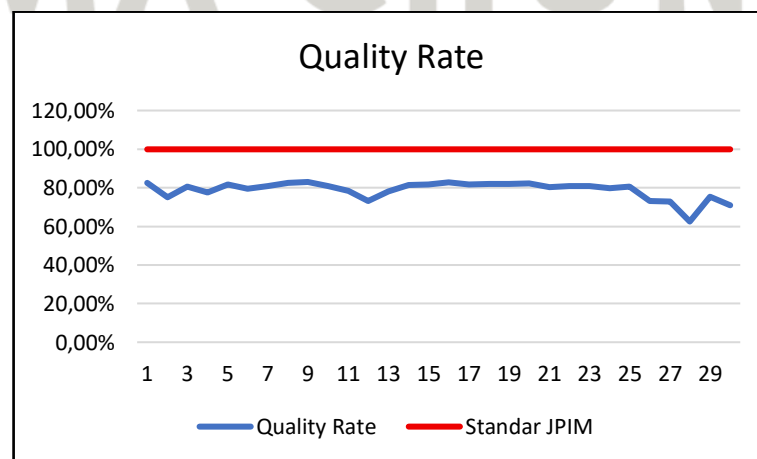
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Tingkat Kualitas (*Rate of Quality*)

<i>Batch</i> ke -	Jumlah Produk (Ampul)	Produk Cacat	<i>Quality</i> <i>Rate</i>
1	36999	6479	82,5%
2	34823	8655	75,1%
3	27908	5425	80,6%
4	74267	16642	77,6%
5	76803	14106	81,6%
6	75381	15528	79,4%
7	39003	7508	80,8%
8	39629	6758	82,6%
9	39753	6758	83,0%
10	38180	7274	80,9%
11	37400	8054	78,5%
12	35786	9668	73,0%
13	68420	14913	78,2%
14	10548	1952	81,5%
15	10578	1922	81,8%
16	10662	1838	82,8%
17	10554	1946	81,6%

Lanjutan Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Tingkat Kualitas (*Rate of Quality*)

<i>Batch</i> ke -	Jumlah Produk (Ampul)	Produk Cacat	<i>Quality</i> <i>Rate</i>
18	10596	1904	82,0%
19	5520	991	82,0%
20	5532	979	82,3%
21	27818	5515	80,2%
22	27970	5363	80,8%
23	28002	5331	81,0%
24	27742	5591	79,8%
25	27894	5439	80,5%
26	9840	2660	73,0%
27	9828	2672	72,8%
28	9088	3412	62,5%
29	26742	6591	75,4%
30	25834	7499	71,0%
Rata-rata			78,8%

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai rata-rata *quality rate* sebesar 78,8%, yang berarti sekitar 21,2% dari total produk yang dihasilkan dikategorikan sebagai produk cacat atau tidak memenuhi standar mutu yang ditetapkan. Nilai ini masih tergolong cukup rendah dibandingkan standar industri farmasi, yang umumnya menargetkan tingkat kualitas mendekati sempurna. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kualitas hasil produksi belum sepenuhnya stabil dan masih memerlukan upaya perbaikan. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi menyeluruh terhadap kondisi peralatan, pengaturan parameter proses, serta pelatihan operator guna menekan angka cacat dan meningkatkan mutu produk secara konsisten.



Gambar 4.4 Grafik *Quality Rate*

4.4.4 Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Setelah diperoleh nilai dari masing-masing komponen utama, yaitu indeks ketersediaan (*availability rate*), efektivitas kegiatan produksi (*performance rate*), dan tingkat kualitas produk (*quality rate*), maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai keseluruhan efektivitas mesin dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). OEE dihitung dengan cara mengalikan ketiga komponen tersebut, yang masing-masing dinyatakan dalam bentuk persentase. Nilai OEE memberikan gambaran menyeluruh tentang seberapa efektif mesin beroperasi dalam menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi, dalam jumlah yang optimal, dan dalam waktu yang tersedia. Semakin tinggi nilai OEE, maka semakin efisien dan produktif mesin tersebut. Nilai OEE ideal menurut standar *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) adalah minimal 85%, yang dianggap sebagai tingkat efektivitas kelas dunia (*world class standard*). Di bawah ini perhitungan OEE dilakukan pada setiap *batch* untuk mengetahui fluktuasi kinerja mesin pengisian ampul selama periode Januari hingga Agustus 2024.

$$\begin{aligned} OEE &= \text{availability rate} \times \text{performance rate} \times \text{quality rate} \\ &= (79,1 \times 90,7 \times 82,5) \times 100\% \\ &= 59,2\% \end{aligned}$$

Tabel 4.7 berikut adalah hasil perhitungan nilai OEE pada 30 *batch*:

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Nilai OEE				
<i>Batch</i> ke -	<i>Availability</i> <i>Rate</i>	<i>Performance</i> <i>Rate</i>	<i>Quality</i> <i>Rate</i>	OEE
1	79%	91%	83%	59,2%
2	84%	82%	75%	51,9%
3	73%	74%	81%	43,6%
4	83%	98%	78%	62,6%
5	76%	87%	82%	54,1%
6	90%	97%	79%	69,5%
7	82%	89%	81%	58,3%
8	81%	81%	83%	54,5%
9	84%	92%	83%	64,4%
10	81%	82%	81%	53,3%
11	73%	83%	79%	47,7%
12	88%	98%	73%	62,8%

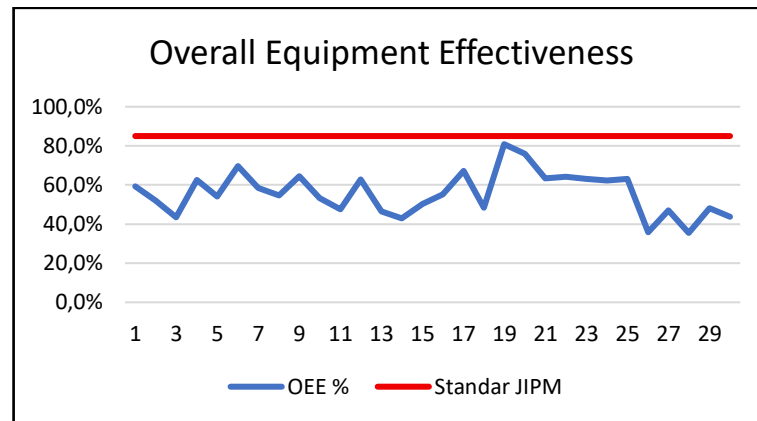
Lanjutan Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Nilai OEE

<i>Batch ke</i> -	<i>Availability</i> <i>Rate</i>	<i>Performance</i> <i>Rate</i>	<i>Quality</i> <i>Rate</i>	OEE
13	74%	80%	78%	46,5%
14	72%	73%	82%	43,0%
15	77%	80%	82%	50,3%
16	70%	95%	83%	55,2%
17	84%	98%	82%	67,3%
18	82%	72%	82%	48,3%
19	100%	99%	82%	80,9%
20	100%	92%	82%	75,9%
21	82%	97%	80%	63,4%
22	89%	90%	81%	64,1%
23	89%	88%	81%	63,0%
24	80%	98%	80%	62,2%
25	85%	92%	81%	63,1%
26	70%	70%	73%	35,9%
27	84%	77%	73%	47,1%
28	75%	76%	63%	35,5%
29	81%	79%	75%	48,1%
30	73%	84%	71%	43,7%
Rta-rata	81%	86%	79%	56%

Berdasarkan data pada tabel 4.7, diketahui bahwa nilai OEE pada setiap *batch* produksi selama periode Januari hingga Agustus 2024 belum memenuhi standar yang ditetapkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) yaitu sebesar 85%. Untuk memperoleh Gambaran umum mengenai tingkat efektivitas mesin pengisian ampul secara keseluruhan, dilakukan perhitungan nilai rata-rata OEE dari 30 *batch* produksi yang diamati. Hasil perhitungan rata-rata tersebut disajikan sebagai berikut:

$$OEE = \frac{\sum OEE}{30} = \frac{1675,17}{30} = 56\%$$

Di bawah ini merupakan grafik hasil dari perhitungan nilai OEE pada 30 *batch* periode Januari hingga Agustus 2024:



Gambar 4.5 Grafik Overall Equipment Effectiveness

Hasil perhitungan *overall equipment effectiveness* (OEE) untuk proses pengisian ampul selama periode Januari hingga Agustus 2024, dengan nilai rata-rata OEE sebesar 56%. Nilai ini masih berada di bawah standar yang ditetapkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), yaitu sebesar 85%, yang merupakan standar *world class* OEE.

Nilai OEE selama periode pengamatan menunjukkan pola yang fluktuatif dari satu *batch* ke *batch* lainnya. Rendahnya nilai OEE ini dipengaruhi oleh tiga komponen utama pembentuk OEE, yaitu *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate*. Berdasarkan hasil analisis, komponen yang paling memberikan kontribusi terhadap rendahnya nilai OEE adalah *quality rate*, yang rata-ratanya tercatat sebesar 79%, lebih rendah dibandingkan *availability rate* sebesar 81% dan *performance rate* sebesar 86%. Nilai *quality rate* yang relatif rendah ini mengindikasikan masih tingginya jumlah produk cacat selama proses pengisian ampul, yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti kerusakan pada ampul, kesalahan pengisian volume, serta kontaminasi partikel.

Oleh karena itu, untuk meningkatkan nilai OEE secara menyeluruh, upaya perbaikan perlu difokuskan pada peningkatan mutu produk (*quality*), pengurangan cacat produksi, serta evaluasi menyeluruh terhadap prosedur pengendalian mutu yang diterapkan di lini mesin pengisian ampul.

4.5 Perhitungan *Six Big Losses*

Setelah mengetahui nilai OEE tahun 2024, langkah selanjutnya adalah menghitung *six big losses* yang berpengaruh terhadap nilai OEE mesin pengisian

ampul. Sehingga dapat diketahui faktor manakah yang berpengaruh dan menyebabkan efektivitas mesin pengisian ampul kurang dari standar JIPM.

Berdasarkan hasil pengolahan data, diketahui bahwa nilai rata-rata OEE mesin pengisian ampul selama pengamatan adalah sebesar 56%. Nilai ini berada di bawah standar *word class* yang ditetapkan oleh JPIM, yaitu minimal 85%. Rendahnya nilai OEE disebabkan oleh belum optimalnya tiga komponen utama, yaitu *availability*, *performance* dan *quality*. Untuk mengetahui lebih lanjut penyebab spesifik dari rendahnya OEE, dilakukan analisis *six big losses* guna mengidentifikasi jenis-jenis kerugian utama yang terjadi dalam proses produksi.

4.5.1 Perhitungan *Six Big Losses* pada *Availability Rate*

Dalam perhitungan *availability rate* dibutuhkan data waktu kerja, waktu lembur dan waktu henti mesin. Nilai *availability rate* di atas belum memenuhi standar JPIM sehingga dilakukan analisa yang mempengaruhi nilai tersebut.

1. *Downtime Losses*

a. *Breakdown Losses*

Breakdown losses mengukur persentase waktu hilang karena kerusakan mesin atau penghentian proses produksi yang tidak direncanakan. Kerusakan ini menyebabkan mesin tidak dapat beroperasi meskipun sedang berada dalam waktu kerja yang seharusnya digunakan untuk memproduksi. Semakin tinggi nilai *breakdown losses*, semakin besar potensi kerugian produksi karena tidak optimalnya pemanfaatan waktu operasi. Sebagai ilustrasi, berikut disajikan contoh perhitungan persentase *breakdown losses* pada *batch* pertama selama periode produksi bulan Januari hingga Agustus 2024:

$$\begin{aligned} \text{Breakdown Losses} &= \frac{\text{Waktu henti mesin}}{\text{loading time}} \times 100\% \\ &= \frac{1620}{7740} \times 100\% = 21\% \end{aligned}$$

Tabel 4.8 di bawah ini menyajikan hasil perhitungan dari besar persentase *breakdown losses* pada 30 *batch* selama periode produksi bulan Januari hingga Agustus 2024:

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Persentase *Breakdown Losses*

<i>Batch</i> ke -	<i>Loading Time</i> (detik)	Waktu Henti Mesin (detik)	Persentase <i>Break Down</i> <i>Losses</i>
1	7740	1620	21%
2	7560	1200	16%
3	7740	2100	27%
4	13800	2400	17%
5	17400	4200	24%
6	12900	1260	10%
7	8100	1500	19%
8	9000	1680	19%
9	7680	1200	16%
10	8700	1680	19%
11	9240	2460	27%
12	6240	780	13%
13	17280	4500	26%
14	3000	840	28%
15	2580	600	23%
16	2400	720	30%
17	1920	300	16%
18	2700	480	18%
19	840	0	0%
20	900	0	0%
21	5280	960	18%
22	5280	600	11%
23	5400	600	11%
24	5340	1080	20%
25	5340	780	15%
26	3000	900	30%
27	2280	360	16%
28	2400	600	25%
29	6300	1200	19%
30	6300	1680	27%
Rata-rata			19%

Dalam tabel 4.8 dapat diketahui besar persentase *breakdown losses* terendah sebesar 0% pada *batch* ke 19 dan 20, sedangkan tertinggi pada *batch* 16 dan 26 sebesar 30%. Tingginya *breakdown losses* pada *batch*

16 dan 26 dikarenakan kerusakan pada sensor *swing conveyor*, di mana sensitivitas sensor yang terlalu tinggi menyebabkan mesin sering mengalami berhenti otomatis. Selain itu, tidak tersedianya sistem cadangan suplai *liquified petroleum gas* (LPG) juga menjadi penyebab signifikan. Saat gas habis, proses pengisian harus dihentikan secara mendadak, sehingga mesin mengalami waktu henti yang tidak direncanakan. Faktor lainnya adalah ausnya komponen mekanis, seperti jalur teflon pengarah ampul dan rel *outfeed* yang tidak sesuai ukuran, yang menyebabkan hambatan fisik dalam aliran produk. Hambatan ini memicu deteksi kesalahan oleh sistem, sehingga mesin menghentikan proses produksi untuk menghindari kerusakan lebih lanjut.

b. *Setup And Adjusment Losses*

Setup and adjusment losses merupakan waktu yang diperlukan untuk *setup* mesin. Sebagai ilustrasi, berikut disajikan contoh perhitungan persentase *setup and adjusment losses* pada *batch* pertama selama periode produksi bulan Januari hingga Agustus 2024:

$$\begin{aligned} \text{Setup and adjusment Losses} &= \frac{\text{Waktu setup}}{\text{loading time}} \times 100\% \\ &= \frac{600}{7740} \times 100\% = 7,8\% \end{aligned}$$

Tabel 4.9 di bawah ini hasil perhitungan dari besar persentase *setup and adjusment losses* pada 30 *batch* selama periode produksi bulan Januari hingga Agustus 2024:

<i>Batch ke -</i>	<i>Waktu Setup (detik)</i>	<i>Loading Time (detik)</i>	<i>Setup and Adjusment Losses</i>
1	600	7740	7,8%
2	0	7560	0%
3	540	7740	7,0%
4	720	13800	5,2%
5	0	17400	0%
6	0	12900	0%

Lanjutan Tabel 4.9 Hasil Perhitungan *setup and adjusment losses*

<i>Batch ke -</i>	<i>Waktu Setup (detik)</i>	<i>Loading Time (detik)</i>	<i>Setup and Adjusment Losses</i>
7	900	8100	11,1%
8	0	9000	0%
9	0	7680	0%
10	0	8700	0%
11	0	9240	0%
12	0	6240	0%
13	1200	17280	7%
14	0	3000	0%
15	0	2580	0%
16	0	2400	0%
17	0	1920	0%
18	0	2700	0%
19	0	840	0%
20	0	900	0%
21	540	5280	10,2%
22	0	5280	0%
23	0	5400	0%
24	0	5340	0%
25	0	5340	0%
26	0	3000	0%
27	600	2280	26,3%
28	0	2400	0%
29	540	6300	8,6%
30	0	6300	0%
Rata-rata			2,8%

Dalam tabel 4.9 dapat diketahui besar persentase *setup and adjusment losses* terendah sebesar 0% dan tertinggi sebesar 26.3%. Pada mesin pengisian ampul di PT X, *losses* jenis ini muncul ketika dilakukan pengaturan ulang suhu *burner*, penyesuaian tinggi *pre-gassing* dan *post-gassing*, serta penyesuaian posisi pemotongan ampul. Selain itu, penggunaan ampul dari berbagai jenis dan ukuran juga menuntut adanya penyesuaian alat penyangga dan jalur *outfeed* yang berbeda pada awal proses, yang jika tidak terstandarisasi akan memperpanjang waktu *setup*. Ketidaksesuaian antara parameter yang diatur dengan spesifikasi produk mengakibatkan operator harus melakukan *adjustment* berulang kali untuk mendapatkan hasil yang sesuai, seperti pada saat nyala api terlalu

besar hingga menyebabkan potongan ampul gosong atau terlalu kecil hingga alarm mesin aktif dan tidak dapat melanjutkan produksi.

4.5.2 Perhitungan *Six Big Losses* pada *Performance Rate*

Dalam menghitung *performance rate*, diperlukan data berupa jumlah *output* yang diproduksi, *ideal cycle time* serta waktu operasi aktual. Nilai *performance rate* yang rendah biasanya mencerminkan bahwa mesin tidak beroperasi pada kapasitas atau spesifikasi maksimumnya.

1. *Speed Losses*

a. *Idling And Minor Stoppage Losses*

Idling and minor stoppage losses merupakan kerugian yang terjadi akibat penghentian mesin dalam waktu singkat yang umumnya disebabkan oleh faktor eksternal, seperti gangguan listrik atau aktivitas pembersihan mesin. Pada perusahaan ini tersedia generator cadangan yang secara otomatis menggantikan sumber daya listrik saat terjadi pemadaman, sehingga proses produksi tetap berjalan normal. Selain itu, pembersihan mesin dapat dilakukan saat mesin dalam kondisi berjalan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kerugian efektivitas akibat *idling and minor stoppages losses* pada mesin pengisian ampul adalah sebesar 0%. Berikut perhitungan *idling and minor stoppages losses* pada mesin pengisian ampul:

$$\begin{aligned}\text{Idling and stoppages Losses} &= \frac{\text{non productive}}{\text{loading time}} \times 100\% \\ &= \frac{0}{129} \times 100\% = 0\%\end{aligned}$$

b. *Reduced Speed Losses*

Reduced speed losses merupakan kerugian waktu produksi yang terjadi ketika mesin berjalan di bawah kecepatan idealnya. Kerugian ini dihitung berdasarkan selisih antara *output* ideal yang seharusnya dapat dicapai dalam waktu operasi aktual dengan *output* aktual yang dihasilkan. Hasil perhitungan *speed losses* adalah sebagai berikut:

Reduced speed losses

$$= \frac{\text{Waktu operasi} - (\text{idle cycle time} \times \text{jumlah aktual})}{\text{loading time}} \times 100\%$$

$$= \frac{6120 - (0,15 \times 36999)}{7740} \times 100\% = 7,4\%$$

Reduced speed losses (detik)

$$= \frac{\text{persentase reduced speed Losses}}{100} \times \text{loading time}$$

$$= \frac{7,4}{100} \times 7740 = 5,7015 \text{ detik}$$

Tabel 4.10 di bawah ini hasil perhitungan dari besar persentase *reduced speed losses* pada 30 *batch* selama periode produksi bulan Januari hingga Agustus 2024:

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan *Speed Losses*

<i>Batch ke -</i>	<i>Jumlah Input (Ampul)</i>	<i>Loading Time (detik)</i>	<i>Waktu Operasi (detik)</i>	<i>Ideal Cycle Time</i>	<i>Speed Losses</i>
1	36999	7740	6120	0,15	7,4%
2	34823	7560	6360	0,15	15,0%
3	27908	7740	5640	0,15	18,8%
4	74267	13800	11400	0,15	1,9%
5	76803	17400	13200	0,15	9,7%
6	75381	12900	11640	0,15	2,6%
7	39003	8100	6600	0,15	9,3%
8	39753	9000	7320	0,15	15,1%
9	39753	7680	6480	0,15	6,7%
10	38180	8700	7020	0,15	14,9%
11	37400	9240	6780	0,15	12,7%
12	35786	6240	5460	0,15	1,5%
13	68420	17280	12780	0,15	14,6%
14	10548	3000	2160	0,15	19,3%
15	10578	2580	1980	0,15	15,2%
16	10662	2400	1680	0,15	3,4%
17	10554	1920	1620	0,15	1,9%
18	10596	2700	2220	0,15	23,4%
19	5520	840	840	0,15	1,4%
20	5532	900	900	0,15	7,8%
21	27818	5280	4320	0,15	2,8%

Lanjutan Tabel 4.10 Hasil Perhitungan *Speed Losses*

<i>Batch</i> ke	Jumlah Input (Ampul)	<i>Loading</i> <i>Time</i> (detik)	Waktu Operasi (detik)	<i>Ideal</i> <i>Cycle</i> <i>Time</i>	<i>Speed</i> <i>Losses</i>
22	27970	5280	4680	0,15	9,2%
23	28002	5400	4800	0,15	11,1%
24	27742	5340	4260	0,15	1,8%
25	27894	5340	4560	0,15	7,0%
26	9840	3000	2100	0,15	20,8%
27	9828	2280	1920	0,15	19,6%
28	9088	2400	1800	0,15	18,2%
29	26742	6300	5100	0,15	17,3%
30	25834	6300	4620	0,15	11,8%
Total	-	-	-	-	321,9%
Rata-rata					10,7%

Berdasarkan *ideal cycle time* mesin pengisian ampul seharusnya dapat menghasilkan 400 ampul per menit. Namun dengan adanya *speed losses* yang terjadi akibat mesin *down* pada saat sedang beroperasi dikarenakan kondisi seperti jenis ampul yang sulit terbakar atau bentuk leher ampul yang tidak seragam berisiko menyebabkan *defect* jika diproses pada kecepatan penuh. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *speed losses* tertinggi terjadi pada *batch* ke-8 sebesar 15,1%, sedangkan nilai terendah terdapat pada *batch* ke-12 sebesar 1,5%.

4.5.2 Perhitungan *Six Big Losses* pada *Rate of Quality*

Dalam perhitungan *rate of quality* dibutuhkan data jumlah input dan jumlah cacat. Pada cacat produk, mesin tidak menghasilkan produk yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

1. *Quality Losses*

a. *Defect And Required Losses*

Defect and required losses merupakan hasil proses produksi yang tidak memenuhi standar dari *quality control*. Berikut ilustrasi contoh perhitungan persentase *defect and required losses*:

$$\text{Defect Losses} = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{produk cacat}}{\text{loading time}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,15 \times 6479}{7740} \times 100\% = 12,6\%$$

$$\begin{aligned} \text{Defect Losses (detik)} &= \frac{\text{persentase defect losses}}{100} \times \text{loading time} \\ &= \frac{12,6}{100} \times 7740 = 9,7185 \text{ detik} \end{aligned}$$

Tabel 4.11 di bawah ini hasil perhitungan dari besar persentase *quality defect* pada 30 *batch* selama periode produksi bulan Januari hingga Agustus 2024:

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan *Quality Defect*

<i>Batch ke -</i>	<i>Ideal Cycle Time</i>	Produk Cacat	<i>Loading Time (detik)</i>	<i>Quality Defecet</i>
1	0,15	6479	7740	12,6%
2	0,15	8655	7560	17,2%
3	0,15	5425	7740	10,5%
4	0,15	16642	13800	18,1%
5	0,15	14106	17400	12,2%
6	0,15	15528	12900	18,1%
7	0,15	7508	8100	13,9%
8	0,15	6758	9000	11,3%
9	0,15	6758	7680	13,2%
10	0,15	7274	8700	12,5%
11	0,15	8054	9240	13,1%
12	0,15	9668	6240	23,2%
13	0,15	14913	17280	12,9%
14	0,15	1952	3000	9,8%
15	0,15	1922	2580	11,2%
16	0,15	1838	2400	11,5%
17	0,15	1946	1920	15,2%
18	0,15	1904	2700	10,6%
19	0,15	991	840	17,7%
20	0,15	979	900	16,3%
21	0,15	5515	5280	15,7%
22	0,15	5363	5280	15,2%
23	0,15	5331	5400	14,8%
24	0,15	5591	5340	15,7%
25	0,15	5439	5340	15,3%
26	0,15	2660	3000	13,3%
27	0,15	2672	2280	17,6%

Lanjutan Tabel 4.11 Hasil Perhitungan *Quality Defect*

<i>Batch ke -</i>	<i>Ideal Cycle Time</i>	Produk Cacat	<i>Loading Time (detik)</i>	<i>Quality Defecet</i>
28	0,15	3412	2400	21,3%
29	0,15	6591	6300	15,7%
30	0,15	7499	6300	17,9%
Total	-	-	-	-
Rata-rata				14,8%

Tabel 4.11 nilai *quality defect losses* menunjukkan variasi yang cukup signifikan antar *batch*, dengan kisaran antara 9,8% hingga 23,2%. Nilai tertinggi tercatat pada *batch* ke-12 sebesar 23,2%, sedangkan nilai terendah terdapat pada *batch* ke-14 sebesar 9,8%. Pada proses produksi pengisian ampul di PT X, kerugian ini terjadi ketika ampul yang dihasilkan mengalami cacat fisik seperti potongan leher yang tidak rata, munculnya serbuk hitam di dalam ampul, atau ampul pecah akibat *crash* pada jalur *outfeed*. Cacat ini biasanya disebabkan oleh pengaturan *burner* yang tidak optimal, seperti nyala api yang terlalu besar atau terlalu kecil sehingga proses pemotongan dan penyegelan tidak sempurna. Selain itu, kualitas bahan baku ampul yang tidak seragam juga turut menjadi penyebab utama meningkatnya jumlah produk *reject*, terutama ketika ketebalan dinding ampul tidak konsisten.

b. *Yield Losses*

Yield losses merupakan kerugian yang diakibatkan percobaan bahan baku pada saat melakukan setting mesin yang akan beroperasi hingga proses stabil. Berikut perhitungan *yield losses* pada *batch* pertama periode Januari hingga Agustus 2024:

$$\begin{aligned}
 \text{Yield Losses} &= \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{produk cacat setting}}{\text{Waktu loading}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,15 \times 2088}{7740} \times 100\% = 4\%
 \end{aligned}$$

$$Yield Losses \text{ (detik)} = \frac{\text{persentase yield losses}}{100} \times \text{loading time}$$

$$= \frac{4}{100} \times 7740 = 3,132 \text{ detik}$$

Tabel 4.12 di bawah ini merupakan perhitungan dari *yield losses* pada 30 *batch* periode Januari hingga Agustus 2024:

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan *Yield Losses*

<i>Batch ke -</i>	<i>Ideal Cycle Time</i>	Produk Cacat Setting (Ampul)	<i>Loading Time (detik)</i>	<i>Yield Defecet</i>
1	0,15	2088	7740	4,0%
2	0,15	2122	7560	4,2%
3	0,15	1040	7740	2,0%
4	0,15	1642	13800	1,8%
5	0,15	2456	17400	2,1%
6	0,15	988	12900	1,1%
7	0,15	2454	8100	4,5%
8	0,15	2099	9000	3,5%
9	0,15	2073	7680	4,0%
10	0,15	2085	8700	3,6%
11	0,15	2057	9240	3,3%
12	0,15	3667	6240	8,8%
13	0,15	2812	17280	2,4%
14	0,15	904	3000	4,5%
15	0,15	808	2580	4,7%
16	0,15	765	2400	4,8%
17	0,15	887	1920	6,9%
18	0,15	702	2700	3,9%
19	0,15	507	840	9,1%
20	0,15	522	900	8,7%
21	0,15	2077	5280	5,9%
22	0,15	1099	5280	3,1%
23	0,15	1054	5400	2,9%
24	0,15	1010	5340	2,8%
25	0,15	982	5340	2,8%
26	0,15	999	3000	5,0%
27	0,15	660	2280	4,3%
28	0,15	1402	2400	8,8%
29	0,15	559	6300	1,3%
30	0,15	786	6300	1,9%
Total	-	-	-	-
Rata-rata				4,2%

Pada tabel 4.12 diketahui bahwa besar persentase *yield losses* tertinggi pada *batch* 19 sebesar 9,1%, sedangkan persentase *yield losses* terendah pada *batch* 6 sebesar 1,1%. Dalam proses pengisian ampul di PT X, *yield losses* terjadi ketika *burner* baru dinyalakan dan suhu belum mencapai titik optimal, sehingga pemotongan leher ampul tidak sempurna, penyegelan tidak rapat, atau bahkan terjadi gosong dan pecah. Produk cacat yang dihasilkan selama fase ini tidak dapat diteruskan ke proses berikutnya dan langsung dikategorikan sebagai *scrap* atau produk reject.

4.6 Analisis Six Big Losses

Berdasarkan hasil analisis data, dapat disimpulkan bahwa persentase *time losses* pada setiap *batch* diperoleh melalui perhitungan *six big losses*, sebagaimana ditampilkan pada tabel 4.13 berikut. Dari tabel 4.13 dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui *time losses* terbesar selama periode Januari hingga Agustus 2024. Nilai *time losses* dihitung dengan mengalikan masing-masing kategori *six big losses* dengan *loading time*. Sebagai contoh perhitungan *time losses* untuk *breakdown losses* pada *batch* pertama adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Breakdown Losses} &= \text{persentase breakdown losses} \times \text{loading time} \\ &= 21\% \times 7740 = 1625 \text{ menit} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *time losses* dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.13 Hasil Rekapitulasi Persentase Six Big Losses Periode Januari-Agustus 2024

Batch ke -	Availability Rate		Performance Rate		Rate Of Quality	
	Breakdown Losses	Setup And Adjustme nt Losses	Idling And Minor Stoppage Losses	Speed Losses	Quality Defect And Required Losses	Yield Losses
1	21%	7,8%	0%	7,4%	12,6%	4,0%
2	16%	0%	0%	15,0%	17,2%	4,2%
3	27%	7,0%	0%	18,8%	10,5%	2,0%
4	17%	5,2%	0%	1,9%	18,1%	1,8%
5	24%	0%	0%	9,7%	12,2%	2,1%
6	10%	0%	0%	2,6%	18,1%	1,1%
7	19%	11,1%	0%	9,3%	13,9%	4,5%

Lanjutan Tabel 4.13 Hasil Rekapitan Persentase Six Big Losses Periode Januari-Agustus 2024

Batch ke -	Availability Rate		Performance Rate		Rate Of Quality	
	Breakdown Losses (%)	Setup And Adjustme nt Losses	Idling And Minor Stoppage Losses	Speed Losses	Quality Defect And Required Losses	Yield Losses
8	19%	0%	0%	15,1%	11,3%	3,5%
9	16%	0%	0%	6,7%	13,2%	4,0%
10	19%	0%	0%	14,9%	12,5%	3,6%
11	27%	0%	0%	12,7%	13,1%	3,3%
12	13%	0%	0%	1,5%	23,2%	8,8%
13	26%	7%	0%	14,6%	12,9%	2,4%
14	28%	0%	0%	19,3%	9,8%	4,5%
15	23%	0%	0%	15,2%	11,2%	4,7%
16	30%	0%	0%	3,4%	11,5%	4,8%
17	16%	0%	0%	1,9%	15,2%	6,9%
18	18%	0%	0%	23,4%	10,6%	3,9%
19	0%	0%	0%	1,4%	17,7%	9,1%
20	0%	0%	0%	7,8%	16,3%	8,7%
21	18%	10,2%	0%	2,8%	15,7%	5,9%
22	11%	0%	0%	9,2%	15,2%	3,1%
23	11%	0%	0%	11,1%	14,8%	2,9%
24	20%	0%	0%	1,8%	15,7%	2,8%
25	15%	0%	0%	7,0%	15,3%	2,8%
26	30%	0%	0%	20,8%	13,3%	5,0%
27	16%	26,3%	0%	19,6%	17,6%	4,3%
28	25%	0%	0%	18,2%	21,3%	8,8%
29	19%	8,6%	0%	17,3%	15,7%	1,3%
30	27%	0%	0%	11,8%	17,9%	1,9%
Rata-rata	19%	2,8%	0%	10,7%	14,8%	4,2%

Dari tabel di atas, dapat dilakukan rekapitulasi dan analisis untuk mengidentifikasi sumber kerugian waktu (*time losses*) terbesar selama periode Januari hingga Agustus 2024 pada mesin pengisian ampul. Berdasarkan perhitungan rata-rata dari masing-masing kategori *losses*, diketahui bahwa komponen kerugian terbesar secara umum berasal dari *breakdown losses*, dengan nilai rata-rata sekitar 19%. Tingginya nilai ini menunjukkan bahwa mesin sering mengalami gangguan atau kerusakan yang mengakibatkan waktu henti tidak terencana (*unplanned downtime*). Selain itu, kerugian signifikan lainnya datang dari *quality defect and required losses*, dengan rata-rata kontribusi sekitar 14,8% dari total waktu produksi. Hal ini menunjukkan bahwa banyak produk yang

dihasilkan selama proses pengisian mengalami cacat dan tidak memenuhi standar mutu yang ditetapkan, sehingga berpengaruh signifikan terhadap nilai *quality rate*.

Komponen *speed losses* juga memberikan kontribusi cukup besar dengan rata-rata sekitar 10,7%, yang mengindikasikan bahwa selama proses produksi berlangsung, mesin tidak selalu berjalan pada kecepatan idealnya. Kecepatan kerja yang menurun dapat disebabkan oleh kondisi mesin, proses yang tidak stabil, atau penyesuaian oleh operator untuk menjaga kualitas produk.

Sementara itu, *setup and adjustment losses* memiliki nilai fluktuatif, dengan rata-rata yang lebih rendah yaitu sekitar 2,8%, namun tetap memberikan dampak terutama ketika terjadi perubahan *batch* atau penyesuaian parameter awal produksi. Di sisi lain, *idling and minor stoppage losses* menunjukkan nilai 0% secara konsisten dalam data, yang dapat berarti bahwa penghentian kecil dan jeda tidak tercatat secara rinci, atau memang tidak terjadi secara signifikan selama periode produksi. Berikut di bawah ini merupakan tabel hasil perhitungan *losses* yang mempengaruhi efektivitas mesin pengisian ampul.

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan *Time Loss* (detik)

Batch ke	Availability Rate		Performance Rate	Quality Rate	
	Breakdown Losses (detik)	Setup Losses (detik)	Reduced Speed Losses (detik)	Defect Losses (detik)	Yield Losses (detik)
1	1625	600	570	972	313
2	1210	0	1137	1298	318
3	2090	540	1454	814	156
4	2346	720	260	2496	246
5	4176	0	1680	2116	368
6	1290	0	333	2329	148
7	1539	900	750	1126	368
8	1710	0	1357	1014	315
9	1229	0	517	1014	311
10	1653	0	1293	1091	313
11	2495	0	1170	1208	309
12	811	0	92	1450	550
13	4493	1200	2517	2237	422
14	840	0	578	293	136
15	593	0	393	288	121
16	720	0	81	276	115
17	307	0	37	292	133

Lanjutan Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Time Loss (detik)

Batch ke -	Availability Rate		Performance Rate	Quality Rate	
	Breakdown Losses (detik)	Setup Losses (detik)	Reduced Speed Losses (detik)	Defect Losses (detik)	Yield Losses (detik)
18	486	0	631	286	105
19	0	0	12	149	76
20	0	0	70	147	78
21	950	540	147	827	312
22	581	0	485	804	165
23	594	0	600	800	158
24	1068	0	99	839	152
25	801	0	376	816	147
26	900	0	624	399	150
27	365	600	446	401	99
28	600	0	437	512	210
29	1197	540	1089	989	84
30	1701	0	745	1125	118
Total	38370	5640	19976	28406	6496

Tabel 4.15 Hasil Rekapitulasi Persentase Kumulatif Time Losses Januari-Agustus 2024

Kelompok Losses	No	Six Big Losses	Time Losses (detik)	Persentase (%)	Persentase Kumulatif (%)
Downtime Losses	1	Breakdown Losses	38370	38,801	38,801
	2	Setup And Adjustment Losses	5640	5,703	44,505
Speed Losses	3	Idling And Minor Stoppage Losses	0	0,000	0,000
	4	Speed Losses	19976	20,201	64,706
Quality Losses	5	Quality Defect Losses	28406	28,725	93,431
	6	Yield Losses	6496	6,569	100,0
Total			98888	100	-

Dari tabel 4.15 dapat disimpulkan bahwa jenis kerugian terbesar berasal dari *breakdown losses*, yaitu sebesar 38.370 detik atau setara dengan 38,801% dari total waktu kerugian. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan mesin merupakan faktor dominan yang menghambat kinerja mesin secara keseluruhan. *Quality defect and required losses* menempati urutan kedua sebagai penyumbang kerugian terbesar, yaitu sebesar 28.406 detik atau 28,725%. Kerugian ini disebabkan oleh produk cacat yang harus dibuang karena tidak memenuhi spesifikasi kualitas. Sedangkan

idling and minor stoppage losses tidak terdapat kerugian yang tercatat. Selanjutnya, grafik hubungan *time losses* dengan OEE ditunjukkan pada gambar 4.6 di bawah ini:

<i>Planned Production Time</i> 194640		
<i>Availability rate</i> 156360		<i>Downtime Losses</i> 44010
<i>Performance Rate</i> 136365	<i>Speed Losses</i> 19976	
<i>Rate Of Quality</i> 101463	<i>Quality Losses</i> 34902	

Gambar 4.6 *Time Losses* Pada Mesin Pengisian Ampul

Analisis terhadap perhitungan *six big losses* dilakukan untuk mengetahui besarnya kontribusi masing-masing jenis-jenis kerugian waktu dalam mempengaruhi tingkat efektivitas mesin pengisian ampul. Waktu kerja yang tersedia untuk proses produksi selama periode Januari hingga Agustus tahun 2024 adalah sebesar 194649 detik yang merupakan *planned production time*.

Namun, terdapat kerugian waktu akibat *downtime losses* sebesar 44010 detik, yang menyebabkan waktu aktual yang tersedia untuk menjalankan mesin (*availability rate time*) berkurang menjadi 156360 detik.

Selanjutnya, dari waktu produksi tersebut, masih terdapat kerugian akibat *speed losses* sebesar 19976 detik, sehingga waktu efektif mesin yang berjalan pada kecepatan ideal (*performance rate time*) menjadi 136365 detik. Dari waktu tersebut, masih terdapat kerugian akibat produk (*quality losses*) sebesar 34902 detik, sehingga waktu yang benar-benar digunakan untuk menghasilkan produk baik (*rate of quality time*) hanya sebesar 101463 detik. Dengan demikian, dari total waktu yang tersedia, hanya sekitar 52,1% yang benar-benar digunakan untuk menghasilkan produk berkualitas secara efektif.

4.7 *Fishbone Diagram*

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, diketahui bahwa faktor terbesar yang memengaruhi rendahnya nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) pada mesin pengisian ampul adalah *breakdown losses*, yang mencapai

38.370 detik atau setara dengan 38,801% dari total kerugian waktu. Hal ini menunjukkan bahwa durasi kerusakan mesin atau *downtime* merupakan kontributor utama terhadap rendahnya kinerja mesin secara keseluruhan.

Selanjutnya, *quality defect and required losses* berada pada urutan kedua dengan total waktu kerugian sebesar 28.406 detik atau 28,725%. Kerugian ini berasal dari produk cacat atau tidak sesuai standar mutu, yang mengindikasikan adanya masalah pada proses pengendalian kualitas dan stabilitas pengoperasian mesin.

Adapun *speed losses* memberikan kontribusi sebesar 19976 detik atau 20,201%, yang menunjukkan bahwa kecepatan operasi mesin belum mencapai tingkat optimal sesuai dengan kapasitas idealnya. Ketiga jenis kerugian tersebut merupakan prioritas utama dalam perbaikan dan akan menjadi fokus dalam analisis menggunakan metode *fishbone diagram* untuk mengidentifikasi akar permasalahan secara sistematis.

Berikut ini adalah klasifikasi penyebab utama rendahnya OEE berdasarkan enam kategori utama dalam *fishbone diagram*, yaitu: manusia (*man*), mesin (*machines*), metode (*methode*), material, pengukuran (*measurement*), dan lingkungan kerja (*environment*).

1. Faktor manusia (*man*):

- a. Sebagian operator masih baru dan belum memiliki pengalaman yang cukup.
- b. Minimnya pelatihan terkait pengaturan parameter mesin, khususnya *burner*.
- c. Operator tidak dilibatkan secara aktif dalam proses penyetelan parameter *burner*.
- d. Terjadi keterlambatan respon saat mesin mengalami kondisi berhenti mendadak.

2. Faktor mesin (*machine*):

- a. Sensor *swing conveyor* sering mengalami kesalahan baca (*error*).
- b. Mesin kerap mati mendadak akibat sensitivitas sensor yang terlalu tinggi.
- c. Getaran pada *conveyor* menyebabkan sistem otomatis membaca kondisi abnormal dan memicu *shutdown*.
- d. Jalur *conveyor* tidak berada pada posisi tengah (*center*) sehingga aliran ampul tidak stabil.

- e. Tidak tersedia indikator atau parameter suhu *burner* yang pasti.
 - f. Rel *outfeed* ampul tidak sesuai dengan ukuran ampul, sehingga terjadi gesekan dan benturan.
3. Faktor metode (*methode*):
- a. Belum tersedia *standard operating procedure* (SOP) yang baku terkait pengoperasian *burner*.
 - b. Tidak adanya parameter standar suhu burner yang terdokumentasi.
 - c. Perawatan mesin tidak mempertimbangkan masa pakai material, seperti teflon pada jalur *feed*.
 - d. Kegiatan pemeliharaan masih bersifat reaktif dan belum dilaksanakan secara preventif.
 - e. Tidak terdapat SOP atau desain yang ergonomis dalam memudahkan operator memindahkan ampul ke dalam *tray*.
4. Faktor material (*materials*):
- a. Bahan teflon pada jalur *feed* mengalami keausan.
 - b. Ampul kaca yang digunakan memiliki kualitas tidak seragam.
 - c. Regulator gas bocor, menimbulkan risiko keselamatan dan gangguan operasional.
5. Faktor pengukuran (*measurement*):
- a. Tidak tersedia sensor atau sistem pemantauan suhu *burner* secara terukur dan *real-time*.
 - b. Tingginya sensitivitas sensor *swing conveyor* belum disesuaikan dengan kondisi aktual.
 - c. Tidak dilakukan pengukuran terhadap getaran *conveyor*.
 - d. Belum tersedia sistem pencatatan kecepatan mesin, waktu *breakdown*, dan waktu *idle* secara sistematis.
6. Faktor lingkungan (*environment*):
- a. Getaran dan ketidakraturan jalur *conveyor* memicu kesalahan pembacaan sensor.
 - b. Bau menyengat dari kebocoran LPG menurunkan kenyamanan dan konsentrasi kerja.
 - c. Jalur *output* ampul rawan benturan karena rel tidak terpasang dengan presisi.

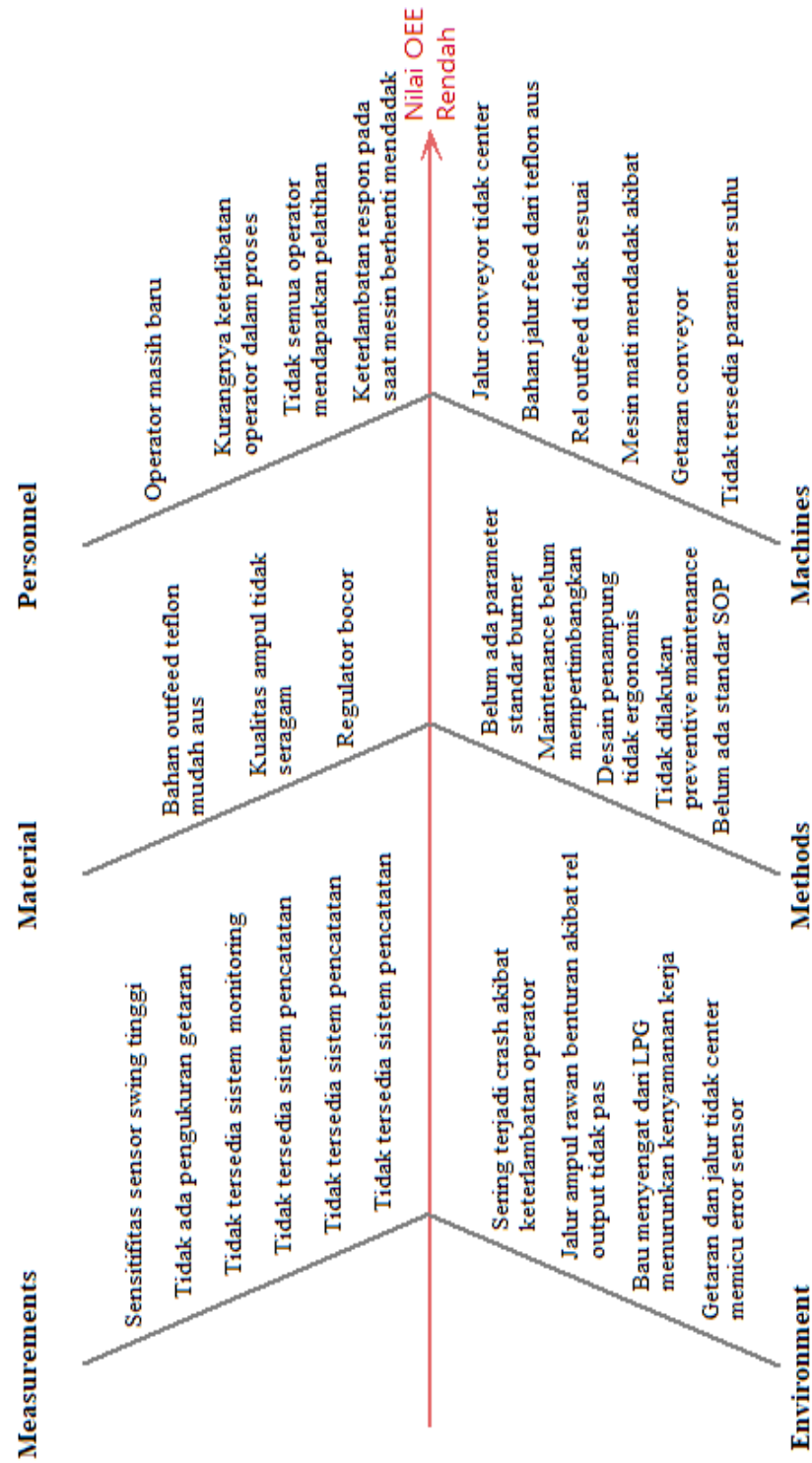
d. Jalur *output* ampul tidak ergonomis mengakibatkan *crash* akibat keterlambatan operator dalam memindahkan ampul ke dalam *tray*.

Dengan memperhatikan keseluruhan faktor di atas, maka gambar 4.7 berikut ini disusun untuk menggambarkan hubungan antara berbagai penyebab tersebut dengan dampaknya terhadap penurunan efektivitas mesin pengisian ampul, yang pada akhirnya berdampak pada nilai OEE yang rendah.



UNIVERSITAS
MA CHUNG

Fishbone Diagram



Gambar 4.7 Fishbone diagram Mesin Filling Ampoule

4.8 Pilar *Total Productive Maintenance* (TPM)

Delapan pilar utama dalam *total productive maintenance* (TPM) merupakan kerangka strategis yang saling melengkapi untuk meningkatkan keandalan peralatan, efisiensi operasional, serta kualitas hasil produksi secara menyeluruh. Dalam konteks penelitian ini, rendahnya nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) pada mesin pengisian ampul diakibatkan oleh berbagai faktor, seperti tingginya *downtime* akibat *breakdown losses*, banyaknya produk cacat (*defect*), serta kecepatan produksi yang belum optimal (*speed losses*).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut secara sistematis dan berkelanjutan, maka diperlukan implementasi TPM secara menyeluruh dengan mengacu padaiya delapan pilar utama. Setiap pilar memiliki peran penting dalam menciptakan budaya kerja yang produktif, menjaga kondisi mesin, dan memberdayakan operator sebagai pelaku utama dalam menjaga keberlangsungan produksi.

Tabel berikut menyajikan pemetaan antara delapan pilar utama dalam *total productive maintenance* (TPM) dengan akar penyebab permasalahan yang telah diidentifikasi, serta rekomendasi perbaikan yang dirancang secara terstruktur. Setiap pilar difokuskan untuk mengatasi jenis kerugian tertentu berdasarkan kategori dalam *six big losses*, serta diarahkan untuk menciptakan sistem produksi yang andal, efisien, dan berkelanjutan. Rekomendasi perbaikan dibagi menjadi dua kategori, yaitu jangka pendek yang dapat segera diimplementasikan dalam kondisi terbatas, serta jangka Panjang yang memerlukan perencanaan strategis dan dukungan sumber daya lebih lanjut.

Tabel 4.16 Hubungan Kategori Penyebab Berdasarkan *Fishbone Diagram* dengan Pilar TPM dan Rekomendasi Perbaikan

Kategori Fishbone	Masalah Utama	Pilar TPM Terkait	Rekomendasi Jangka Pendek	Rekomendasi Jangka Panjang
Man (Operator)	Operator belum memahami parameter mesin (<i>burner</i> dan sensor)	<i>Training, Autonomous Maintenance</i>	Pelatihan teknis dasar pengoperasian dan pengaturan parameter mesin	Program pelatihan berkala
	Sensor <i>swing</i> terlalu sensitif	<i>Planned Maintenance, SHE, Quality Maintenance</i>	Menyusun panduan SOP operasional	Sertifikasi internal operator
	<i>Burner</i> tidak stabil		Kalibrasi sensor	Jadwal <i>preventive maintenance</i>
Machine	Regulator LPG bocor	<i>Planned Maintenance, Quality Maintenance, Kaizen</i>	Mengganti sensor bermasalah	Instalasi monitoring suhu <i>burner</i>
	Tidak ada SOP <i>setup</i>		Pemeriksaan regulator secara berkala	
	Paramater berubah-ubah		Buat dan sosialisasi SOP <i>setup</i>	
Method	<i>Burner</i> tidak stabil	<i>Quality Maintenance, Planned Maintenance</i>	Standarisasi parameter <i>burner</i>	Evaluasi dan update SOP berkala
	Ampul tidak seragam		Sortir ampul sebelum masuk	Pemantauan parameter via HMI
	Teflon aus		Ganti teflon aus	Penerapan sistem inspeksi <i>incoming material</i>
Measurement	Tidak ada data <i>breakdown</i> dan kecepatan akurat	<i>Office TPM</i>	Catat <i>downtime</i> secara manual	Jadwal penggantian <i>part</i>
	Jalur <i>output</i> ergonomis tidak		Simpan log waktu proses	Digitalisasi sistem pencatatan produksi
	Bau gas menyengat		Pasang ventilasi dan exhaust fan	Integrasi SCADA atau <i>dashboard</i> produksi
Environment	Getaran <i>conveyor</i>	<i>Safety, Health and Environment (SHE), 5S</i>	Perbaiki jalur <i>output</i>	Redesain jalur <i>output</i> ergonomis
				Pemasangan sensor deteksi gas dan sistem keamanan

Implementasi perbaikan berdasarkan delapan pilar TPM ini dirancang tidak hanya menangani permasalahan operasional secara langsung, tetapi juga sebagai dasar dalam membangun budaya perawatan terpadu yang melibatkan seluruh lini produksi, baik teknis maupun administratif. Dengan pendekatan ini perusahaan diharapkan mampu meningkatkan nilai OEE secara bertahap dan berkelanjutan.

4.9 Perancangan Usulan Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan hasil identifikasi penyebab kerugian melalui *fishbone diagram*, analisis six big losses, dan pendekatan delapan pilar *total productive maintenance* (TPM), maka dirancang sejumlah usulan perbaikan yang bertujuan untuk meningkatkan nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) pada proses pengisian ampul. Perancangan perbaikan ini mencakup aspek teknis dan non-teknis.

Dari sisi teknis, dirancang tindakan perbaikan berupa penggantian sensor *swing conveyor* dengan tipe baru yang memiliki sensitivitas lebih stabil, serta pengaturan ulang sensitivitas sensor untuk menyesuaikan dengan kondisi aktual jalur. Selain itu, perusahaan juga merancang perubahan konfigurasi jalur keluaran ampul dari dua jalur menjadi satu jalur, guna mempermudah operator dalam proses penampungan dan pemindahan ampul ke dalam *tray*. Untuk mendukung proses tersebut, disiapkan alat bantu berupa serok yang memiliki dimensi sesuai dengan tempat penampungan ampul agar risiko benturan antar ampul dapat diminimalkan.

Di sisi non-teknis, perancangan juga meliputi penyusunan standar operasional prosedur (SOP) untuk pengaturan *burner*, kecepatan mesin, dan penanganan gangguan ringan. Selain itu, dirancang pula jadwal *planned maintenance* berkala untuk komponen kritis seperti sensor, regulator LPG, dan teflon jalur *outfeed*. Perusahaan juga merencanakan program pelatihan operator secara berkala untuk meningkatkan kompetensi teknis dan kedisiplinan dalam pelaksanaan perawatan serta pengoperasian mesin.

Rangkaian usulan ini disusun secara sistematis dengan mengacu pada prinsip *continuous improvement* (*Kaizen*), serta memperhatikan aspek keselamatan kerja, kenyamanan operator, dan efektivitas proses produksi secara menyeluruh.

4.10 Implementasi Rekomendasi

Implementasi rekomendasi perbaikan dilakukan secara bertahap dengan melibatkan tim teknisi dan operator lini produksi. Berdasarkan hasil perancangan yang telah disusun sebelumnya, implementasi pada tahap awal difokuskan pada dua aspek utama, yaitu penggantian sensor *swing conveyor* dan modifikasi jalur keluaran ampul. Pemilihan dua implementasi ini didasarkan pada pertimbangan keterbatasan waktu pelaksanaan, sumber daya yang tersedia, serta kebutuhan untuk menghasilkan dampak langsung terhadap peningkatan efektivitas mesin tanpa memerlukan modifikasi besar pada struktur atau sistem kontrol mesin.

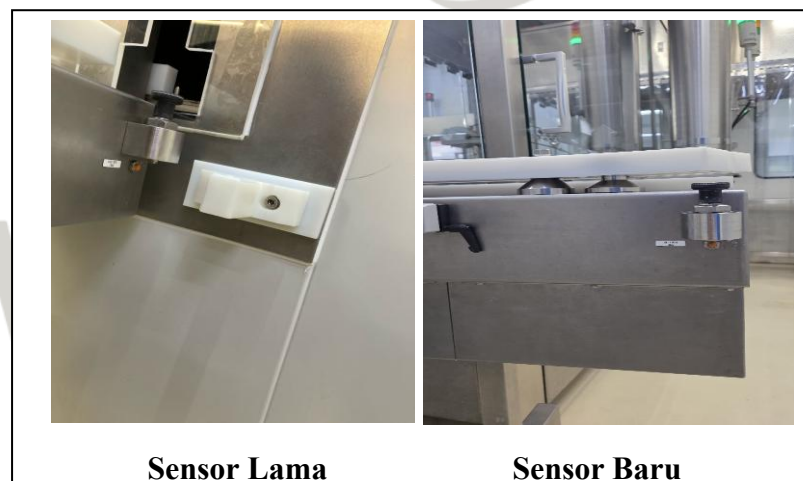
Perbaikan ini diprioritaskan karena dapat dilaksanakan dengan waktu yang relatif singkat, dengan biaya rendah, serta hasilnya dapat segera dievaluasi. Selain itu, dua bentuk perbaikan tersebut merupakan rekomendasi yang disetujui oleh pihak perusahaan untuk diimplementasikan terlebih dahulu, mengingat urgensi permasalahan yang ditangani dan keterbatasan sumber daya yang tersedia pada tahap awal. Di sisi lain, rekomendasi jangka panjang seperti digitalisasi sistem monitoring, penguatan pelatihan operator, serta pembaruan sistem kontrol dan SOP produksi memerlukan dukungan sumber daya yang lebih besar dan waktu implementasi yang lebih panjang. Oleh karena itu, dua bentuk perbaikan yang diterapkan ini merupakan bagian dari strategi jangka pendek yang dirancang untuk mengatasi masalah utama secara langsung sekaligus menjadi dasar bagi implementasi lanjutan di masa yang akan datang.

1. Penggantian sensor *swing conveyor* dan kalibrasi sensitivitas sensor salah satu perbaikan utama yang diimplementasikan dalam upaya meningkatkan efektivitas kerja mesin pengisian ampul adalah penggantian komponen sensor *swing conveyor*. Sensor sebelumnya sering kali memberikan sinyal palsu (*false detection*) yang menyebabkan mesin berhenti secara tiba-tiba, terutama ketika terjadi getaran ringan atau ketidakaturan kecil pada jalur *conveyor*. Kondisi ini secara langsung berkontribusi terhadap meningkatnya waktu *downtime* dan penurunan nilai *availability* mesin.

Sebagai solusi, perusahaan melakukan penggantian sensor dengan tipe baru yang memiliki tingkat akurasi dan stabilitas lebih tinggi. Sensor

baru ini dirancang untuk mampu membedakan antara getaran yang bersifat normal dengan indikasi gangguan nyata yang memerlukan respons sistem. Selain penggantian perangkat keras, dilakukan pula proses kalibrasi ulang sensitivitas sensor agar selaras dengan karakteristik fisik jalur produksi yang digunakan, termasuk kecepatan *conveyor*, dimensi ampul, dan posisi ayunan saat proses pemindahan berlangsung.

Kalibrasi dilakukan dengan mengatur ambang batas sensitivitas secara bertahap menggunakan parameter teknis dari spesifikasi sensor, dan disesuaikan dengan hasil pengamatan langsung di lapangan. Langkah ini bertujuan agar sensor dapat bekerja secara optimal tanpa menyebabkan penghentian mesin yang tidak perlu, namun tetap mampu mendeteksi gangguan yang benar-benar berpotensi mengganggu kelancaran proses produksi. Gambar berikut menunjukkan kondisi sebelum dan sesudah dilakukan penggantian serta penyesuaian sensor *swing conveyor*.

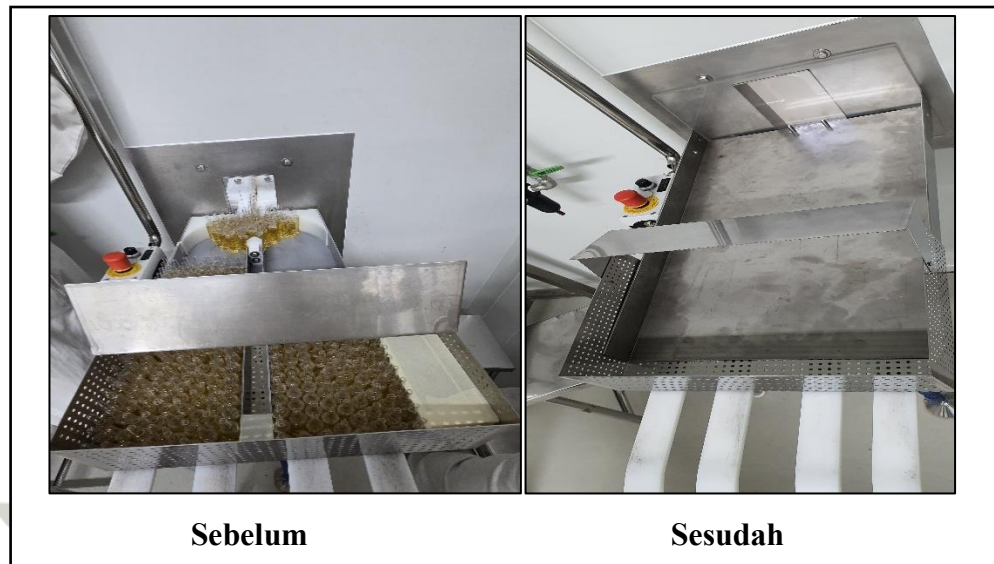


Gambar 4.8 Sensor Swing Conveyor

2. Modifikasi jalur keluaran ampul

Modifikasi jalur keluaran ampul yaitu dengan mengubah konfigurasi dari dua jalur menjadi satu jalur yang lebih lebar. Perubahan ini bertujuan untuk memudahkan proses penampungan ampul dan menghindari penumpukan yang sering menyebabkan benturan antar

produk. Sebagai pelengkap, digunakan serok berukuran khusus yang disesuaikan dengan dimensi tempat penampungan ampul untuk memastikan proses pemindahan ke *tray* berjalan dengan aman dan efisien.



Gambar 4.9 *Outfeed Ampoule*

4.11 Evaluasi Usulan Perbaikan

Setelah implementasi dilaksanakan, dilakukan evaluasi menyeluruh untuk menilai efektivitas dari usulan perbaikan yang telah diterapkan. Evaluasi ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data operasional mesin pasca implementasi, yang mencakup nilai OEE terbaru, waktu *downtime*, jumlah cacat produk (*defect*) yang masih terjadi.

Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan pada ketiga komponen OEE, yaitu *availability*, *performance*, dan *quality*. Kenaikan *availability* disebabkan oleh berkurangnya *downtime* akibat sensor *swing* yang telah diganti dan dikalibrasi ulang. Peningkatan *performance* dicapai melalui penyederhanaan jalur *output* ampul yang kini hanya satu jalur, sehingga mempercepat proses pemindahan produk oleh operator. Sementara itu, kualitas produk meningkat karena pengurangan jumlah ampul pecah atau cacat akibat penumpukan dan benturan antar produk dapat dicegah.

4.12 Analisis dan Pembahasan OEE Setelah Implementasi

Setelah implementasi rekomendasi perbaikan yang dirancang berdasarkan prinsip TPM dan hasil analisis *six big losses*, dilakukan pengukuran kembali nilai OEE untuk 30 *batch* produksi periode bulan Maret hingga Juli 2025. Pengukuran ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak dari perbaikan yang telah dilakukan terhadap efektivitas operasional mesin pengisian ampul. Komponen OEE yang dianalisis meliputi *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate*, yang masing-masing akan dibahas secara terpisah untuk melihat kontribusi terhadap nilai OEE secara keseluruhan.

4.12.1 Analisis *Availability Rate*

Availability rate mengukur seberapa besar waktu operasi aktual dibandingkan dengan waktu produksi yang direncanakan (*loading time*). Nilai ini mencerminkan seberapa sering mesin berhenti bekerja karena gangguan atau kerusakan. Berikut adalah perhitungan nilai persentase *availability rate*:

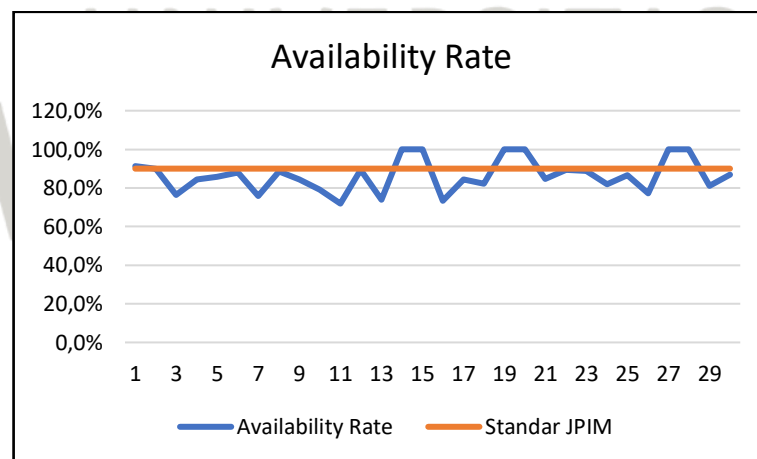
Tabel 4.17 Perhitungan *Availability Rate* Setelah Implementasi

<i>Batch</i> ke -	Waktu Operasi (menit)	<i>Loading</i> <i>Time</i> (menit)	<i>Availability</i> <i>Rate</i>
1	105	115	91,3%
2	106	118	89,8%
3	81	106	76,4%
4	217	257	84,4%
5	220	256	85,9%
6	226	257	87,9%
7	110	145	75,9%
8	124	140	88,6%
9	108	128	84,4%
10	106	134	79,1%
11	105	146	71,9%
12	111	124	89,5%
13	213	288	74,0%
14	32	32	100%
15	30	30	100%
16	33	45	73,3%
17	27	32	84,4%
18	37	45	82,2%
19	17	17	100%
20	16	16	100%

Lanjutan Tabel 4.17 Perhitungan *Availability Rate* Setelah Implementasi

<i>Batch</i> ke -	Waktu Operasi (menit)	Loading Time (menit)	<i>Availability</i> Rate
21	83	98	84,7%
22	85	95	89,5%
23	80	90	88,9%
24	81	99	81,8%
25	85	98	86,7%
26	34	44	77,3%
27	35	35	100%
28	30	30	100%
29	85	105	81,0%
30	100	115	87,0%
Rata-rata			86,5%

Berdasarkan tabel 4.17, nilai rata-rata *availability* setelah perbaikan adalah 86,5%. Terdapat beberapa *batch* yang mencapai nilai *availability* 100%, menunjukkan bahwa tidak ada waktu henti selama proses produksi berlangsung. Hal ini merupakan indikasi bahwa perbaikan seperti penggantian sensor *swing conveyor* dan penyesuaian sensitivitasnya berhasil mengurangi jumlah *downtime* yang sebelumnya sering terjadi. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa *batch* dengan *availability* di bawah 80%, yang mengindikasikan perlunya pemantauan lebih lanjut terhadap gangguan minor yang belum sepenuhnya teratasi.



Gambar 4.10 Grafik *Availability Rate* Setelah Implementasi

4.12.2 Analisis *Performance Rate*

Performance rate mencerminkan efisiensi mesin dalam menyelesaikan produksi sesuai dengan waktu siklus ideal (*ideal cycle time*). Nilai ini dipengaruhi

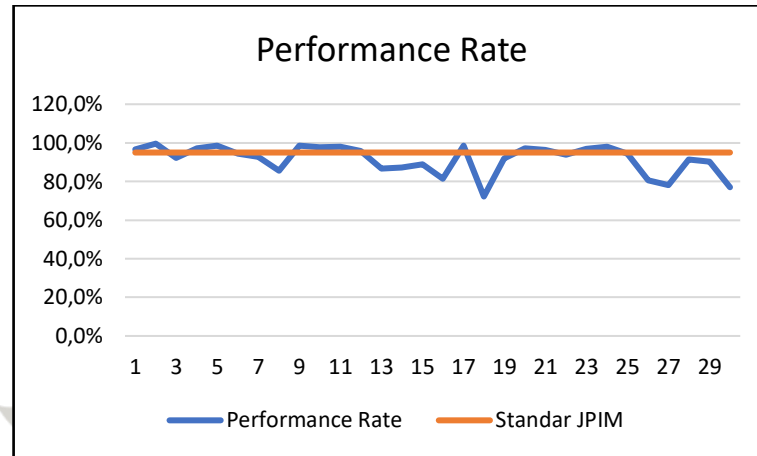
oleh kecepatan kerja mesin dan kelancaran aliran produksi. Berikut di bawah ini hasil perhitungan *performance rate* setelah implementasi:

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan *Performance Rate* Setelah Implementasi

<i>Batch ke -</i>	Jumlah Produk (Ampul)	<i>Ideal Cycle Time</i>	Waktu Operasi (detik)	<i>Performance Rate</i>
1	40595	0,15	6300	96,7%
2	42210	0,15	6360	99,6%
3	29908	0,15	4860	92,3%
4	84267	0,15	13020	97,1%
5	86803	0,15	13200	98,6%
6	85381	0,15	13560	94,4%
7	40829	0,15	6600	92,8%
8	42503	0,15	7440	85,7%
9	42553	0,15	6480	98,5%
10	41400	0,15	6360	97,6%
11	41180	0,15	6300	98,0%
12	42486	0,15	6660	95,7%
13	73916	0,15	12780	86,8%
14	11144	0,15	1920	87,1%
15	10674	0,15	1800	89,0%
16	10758	0,15	1980	81,5%
17	10650	0,15	1620	98,6%
18	10692	0,15	2220	72,2%
19	6242	0,15	1020	91,8%
20	6218	0,15	960	97,2%
21	32018	0,15	4980	96,4%
22	31970	0,15	5100	94,0%
23	31002	0,15	4800	96,9%
24	31742	0,15	4860	98,0%
25	32094	0,15	5100	94,4%
26	10951	0,15	2040	80,5%
27	10940	0,15	2100	78,1%
28	10980	0,15	1800	91,5%
29	30742	0,15	5100	90,4%
30	30834	0,15	6000	77,1%
Rata-rata				92%

Dari tabel 4.18, diketahui bahwa rata-rata *performance rate* setelah perbaikan mencapai 91,6%, yang menunjukkan efisiensi kerja mesin yang tinggi. Sebagian besar *batch* memiliki nilai di atas 90%, menandakan bahwa mesin dapat bekerja mendekati kapasitas idealnya. Implementasi jalur keluaran ampul satu arah dan penggunaan serok ukuran sesuai terbukti mampu mempercepat waktu

pengambilan ampul oleh operator, sehingga waktu tunggu berkurang dan produktivitas meningkat. Namun, beberapa *batch* masih menunjukkan nilai *performance* yang rendah karena kemungkinan gangguan pada aliran ampul atau faktor operator.



Gambar 4.11 Grafik *Performance Rate* Setelah Implementasi

4.12.3 Analisis *Quality Rate*

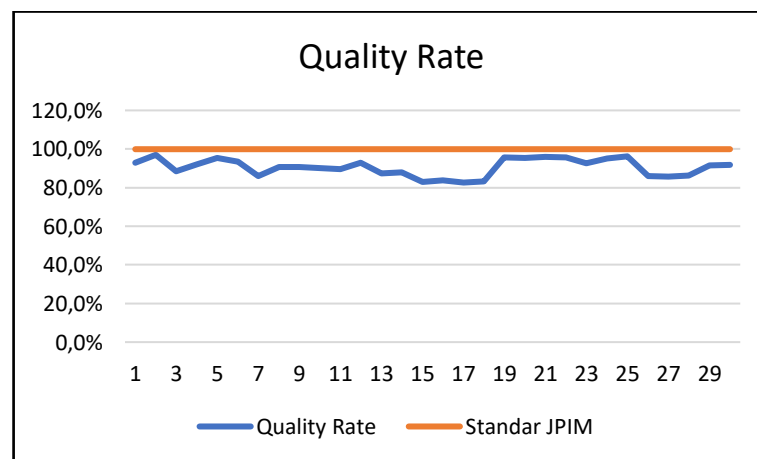
Quality rate menunjukkan proporsi produk baik yang dihasilkan terhadap total produk yang diproduksi. Nilai ini mencerminkan efektivitas proses dalam menghasilkan produk tanpa cacat (*defect*). Berikut merupakan tabel perhitungan setelah implementasi:

<i>Batch</i> ke -	Jumlah Produk (Ampul)	Produk Cacat	<i>Quality Rate</i>
1	40595	2883	92,9%
2	42210	1268	97,0%
3	29908	3425	88,5%
4	84267	6642	92,1%
5	86803	4106	95,3%
6	85381	5528	93,5%
7	40829	5682	86,1%
8	42503	4008	90,6%
9	42553	3958	90,7%
10	41400	4054	90,2%
11	41180	4274	89,6%
12	42486	2968	93,0%
13	73916	9417	87,3%
14	11144	1356	87,8%

Lanjutan Tabel 4.19 Hasil Perhitungan *Quality Rate* Setelah Implementasi

<i>Batch</i> ke —	Jumlah Produk (Ampul)	Produk Cacat	<i>Quality Rate</i>
15	10674	1826	82,9%
16	10758	1742	83,8%
17	10650	1850	82,6%
18	10692	1808	83,1%
19	6242	269	95,7%
20	6218	293	95,3%
21	32018	1315	95,9%
22	31970	1363	95,7%
23	31002	2331	92,5%
24	31742	1591	95,0%
25	32094	1239	96,1%
26	10951	1549	85,9%
27	10940	1560	85,7%
28	10980	1520	86,2%
29	30742	2591	91,6%
30	30834	2499	91,9%
Rata-rata			90,5%

Berdasarkan tabel 4.19, nilai rata-rata *quality rate* setelah perbaikan adalah 90,5%. Terjadi peningkatan kualitas produk yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan kondisi sebelumnya. Hal ini disebabkan oleh pengaturan ulang parameter *burner*, penggunaan ampul yang sesuai standar mutu, serta penanganan produk yang lebih hati-hati berkat jalur *outfeed* yang telah disesuaikan. Namun demikian, terdapat *batch* yang masih menunjukkan nilai *quality* di bawah 85%, yang mengindikasikan perlunya perbaikan lanjutan terhadap bahan baku atau metode penanganan ampul saat proses berlangsung.



Gambar 4.12 Grafik *Quality Rate* Setelah Implementasi

4.12.4 Nilai OEE Setelah Perbaikan

OEE merupakan hasil perkalian dari ketiga komponen utama yaitu *availability*, *performance*, dan *quality*. Nilai OEE menjadi indikator utama efektivitas peralatan dalam proses produksi. Berikut hasil perhitungan OEE setelah implementasi:

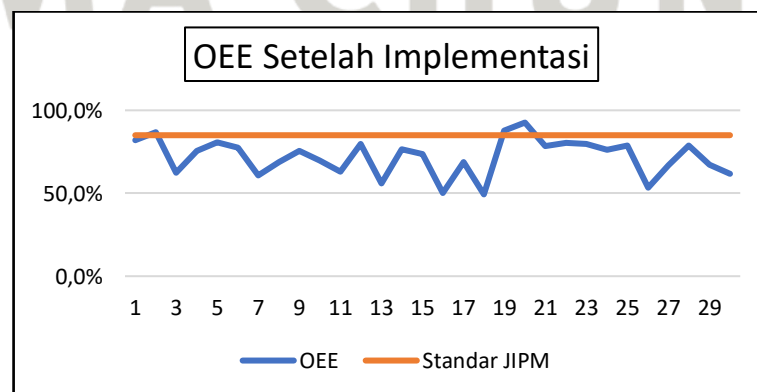
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan OEE Setelah Implementasi

<i>Batch</i> ke -	<i>Availability</i> Rate	<i>Performance</i> Rate	<i>Quality</i> Rate	OEE
1	91,3%	96,7%	92,9%	82,0%
2	89,8%	99,6%	97,0%	86,8%
3	76,4%	92,3%	88,5%	62,4%
4	84,4%	97,1%	92,1%	75,5%
5	85,9%	98,6%	95,3%	80,7%
6	87,9%	94,4%	93,5%	77,6%
7	75,9%	92,8%	86,1%	60,6%
8	88,6%	85,7%	90,6%	68,8%
9	84,4%	98,5%	90,7%	75,4%
10	79,1%	97,6%	90,2%	69,6%
11	71,9%	98,0%	89,6%	63,1%
12	89,5%	95,7%	93,0%	79,7%
13	74,0%	86,8%	87,3%	56,1%
14	100%	87,1%	87,8%	76,5%
15	100%	89,0%	82,9%	73,8%
16	73,3%	81,5%	83,8%	50,1%
17	84,4%	98,6%	82,6%	68,7%
18	82,2%	72,2%	83,1%	49,3%
19	100%	91,8%	95,7%	87,9%
20	100%	97,2%	95,3%	92,6%
21	84,7%	96,4%	95,9%	78,3%
22	89,5%	94,0%	95,7%	80,5%
23	88,9%	96,9%	92,5%	79,7%
24	81,8%	98,0%	95,0%	76,2%
25	86,7%	94,4%	96,1%	78,7%
26	77,3%	80,5%	85,9%	53,5%
27	100%	78,1%	85,7%	66,9%
28	100%	91,5%	86,2%	78,9%
29	81,0%	90,4%	91,6%	67,1%
30	87,0%	77,1%	91,9%	61,6%
Rata-rata	86,5%	91,6%	90,5%	71,9%

Berdasarkan tabel 4.18, diketahui bahwa nilai rata-rata OEE setelah implementasi perbaikan adalah sebesar 71,9%. Nilai ini menunjukkan adanya peningkatan signifikan dari kondisi awal sebelum perbaikan sebesar 59,2%, meskipun masih berada di bawah standar *world class manufacturing* sebesar 85%. *Batch* ke-20 mencatat nilai OEE tertinggi sebesar 92,6%, yang menunjukkan bahwa dalam kondisi optimal, efektivitas mesin dapat mendekati level ideal. Sebaliknya, *batch* ke-16 dan 18 menunjukkan OEE terendah, yang masih perlu ditelusuri lebih lanjut penyebabnya agar tidak berulang di masa mendatang.

Nilai OEE secara konsisten merupakan fenomena umum yang ditemukan dalam berbagai studi terdahulu. Pencapaian nilai OEE yang tinggi sangat bergantung pada tingkat kematangan sistem manajemen perawatan, disiplin kerja operasional, dan dukungan teknologi informasi yang memadai (Muchiri & Pintelon, 2008). Penerapan TPM membutuhkan perubahan budaya organisasi yang kuat dan berkelanjutan, Dimana seluruh pihak baik operator, teknisi, hingga manajemen memiliki peran aktif dalam menjaga performa peralatan (Ahuja & Khamba, 2008).

Dengan demikian, meskipun nilai OEE yang diperoleh setelah implementasi masih berada di bawah standar *world class* sebesar 85%, yaitu sebesar 71,9%, hasil ini menunjukkan bahwa perbaikan yang dilakukan telah memberikan dampak positif yang signifikan terhadap efektivitas produksi. Evaluasi ini juga menjadi dasar untuk melakukan perbaikan lanjutan secara bertahap guna mencapai efisiensi yang lebih tinggi dan keberlanjutan proses produksi di masa mendatang.



Gambar 4.13 Grafik OEE Setelah Implementasi

Gambar 4.13 menunjukkan grafik peningkatan nilai OEE setelah dilakukan implementasi perbaikan pada mesin pengisian ampul. Berdasarkan data yang ditampilkan, terlihat bahwa penerapan dua rekomendasi utama, yaitu penggantian sensor *swing conveyor* disertai kalibrasi sensitivitas serta modifikasi jalur keluaran ampul menjadi satu jalur dengan penggunaan serok yang sesuai ukuran, telah memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap peningkatan efektivitas mesin. Hal ini tercermin dari kenaikan nilai OEE rata-rata dari 56% menjadi 71,9%.

Peningkatan ini menunjukkan bahwa meskipun hanya sebagian dari rekomendasi yang diimplementasikan, perbaikan teknis yang tepat sasaran mampu mengatasi sumber utama inefisiensi, khususnya pada aspek *availability* dan *quality*. Dengan demikian, apabila seluruh rekomendasi yang telah dirumuskan melalui pendekatan *total productive maintenance* (TPM), termasuk pelatihan operator untuk mendukung *autonomous maintenance* dan penerapan pilar TPM secara menyeluruh, dapat diimplementasikan secara konsisten, maka potensi peningkatan efektivitas mesin akan lebih optimal dan mendekati standar *world class* OEE sebesar 85%. Hal ini memperkuat pentingnya komitmen berkelanjutan dalam menjalankan program perbaikan guna mencapai kinerja produksi yang unggul secara menyeluruh.

UNIVERSITAS
MA CHUNG

Bab V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengenai penerapan *total productive maintenance* (TPM) dan pengukuran *overall equipment effectiveness* (OEE) pada mesin pengisian ampul di PT X, dapat disimpulkan bahwa efektivitas mesin pengisian ampul saat ini tergolong rendah. Nilai rata-rata OEE awal sebesar 56% menunjukkan bahwa kinerja mesin belum memenuhi standar *world class* sebesar 85%. Nilai tersebut dipengaruhi oleh rendahnya *availability* akibat tingginya waktu henti mesin (*downtime*), belum optimalnya kecepatan kerja mesin (*performance*), serta banyaknya produk cacat (*quality*) yang dihasilkan.

Melalui analisis *six big losses*, berhasil diidentifikasi bahwa penyebab utama rendahnya efektivitas berasal dari *breakdown losses*, *setup and adjustment losses*, serta *quality defect losses*. Ketiga kategori kerugian tersebut utamanya disebabkan oleh kerusakan sensor *swing conveyor*, ketidakstabilan suplai *liquified petroleum gas* (LPG), dan pengaturan *burner* yang tidak sesuai standar operasi. Analisis terhadap kondisi awal mesin sebelum dilakukan perbaikan memperkuat bahwa diperlukan evaluasi menyeluruh terhadap kinerja mesin sebagai dasar dalam menyusun strategi perbaikan yang terarah.

Selanjutnya, perumusan rekomendasi perbaikan dilakukan dengan mengacu pada pendekatan TPM, khususnya melalui penerapan pilar *planned maintenance*, *focused improvement*, dan *autonomous maintenance*. Perbaikan teknis yang dilaksanakan mencakup penggantian sensor *swing conveyor* beserta kalibrasi sensitivitasnya, modifikasi jalur keluaran ampul menjadi satu jalur, serta penggunaan alat bantu serok yang sesuai dengan tempat penampungan ampul. Implementasi rekomendasi tersebut menunjukkan hasil yang signifikan.

Setelah dilakukannya perbaikan, evaluasi terhadap nilai OEE menunjukkan adanya peningkatan yang cukup besar, yaitu menjadi rata-rata sebesar 71,9%. Peningkatan ini terdiri dari nilai *availability* sebesar 86,5%, *performance* sebesar 92%, dan *quality* sebesar 90,5%. Hal ini mengindikasikan bahwa strategi perbaikan yang diterapkan mampu memberikan dampak positif terhadap efektivitas mesin

secara menyeluruh, meskipun nilai tersebut masih belum mencapai standar ideal OEE.

Secara umum, penerapan *total productive maintenance* terbukti efektif dalam membantu mengidentifikasi sumber utama inefisiensi, menyusun solusi perbaikan yang tepat, dan meningkatkan kinerja mesin pengisian ampul secara berkelanjutan. Selain itu, pendekatan ini juga memperkuat peran serta operator dalam menjaga keberlangsungan proses produksi. Oleh karena itu, pengembangan implementasi TPM secara lebih luas dan berkelanjutan sangat disarankan guna mencapai efektivitas produksi yang optimal dan berstandar tinggi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, penulis memberikan beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan bagi peneliti selanjutnya, antara lain:

1. Disarankan agar peneliti selanjutnya melakukan pengamatan jangka panjang terhadap tren nilai OEE, baik sebelum maupun sesudah perbaikan, guna memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai kestabilan efektivitas mesin dalam berbagai kondisi operasional.
2. Peneliti berikutnya diharapkan dapat mengembangkan ruang lingkup penelitian dengan melibatkan lebih banyak unit mesin atau lini produksi lainnya, sehingga implementasi *total productive maintenance* (TPM) dapat dievaluasi secara menyeluruh.
3. Peneliti selanjutnya juga dapat mempertimbangkan aspek ekonomi dari penerapan TPM, seperti analisis biaya, manfaat (*cost benefit analysis*), untuk mengevaluasi efisiensi implementasi program perbaikan dari sisi biaya dan hasil yang dicapai.

Daftar Pustaka

- Ahuja, I. P. s., & Khamba, J. S. (2008). *Total Productive Maintenance: literatur review and directions. Internasional journal of Quality & Reability Management*, 25(7), 709-756.
- Aziz, A., & Putra, H. (2022). Pengaruh otomatisasi terhadap produktivitas di industri manufaktur. *Journal of Industrial Engineering*, 14(3), 235-248.
- Fahmi, A. (2013). Implementasi *Total Productive Maintenance* Sebagai Penunjang Produktivitas Dengan Pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* Pada Mesin Rotary KTH-8. Universitas Brawijaya Fakultas Teknik. Malang.
- Dhillon, B. S. (2006). *Applied Reliability and Quality, Fundamental, Methods and Procedures*. Springer London.186.
- Gasperz, V. 2002. *Total Quality Management*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Heryaningtyas, D. I. (2017). Pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Untuk Meningkatkan Efektivitas Mesin *Recoiling*. Universitas Brawijaya. Fakultas Teknik. Malang.
- Hisprastin, Y. & Musfiroh, I. (2020). Ishikawa Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode yang Sering Digunakan dalam Manajemen Resiko Mutu di Industri. *Jurnal Farmasetika*. 6(1): 1-9.
- Jono. (2019). Evaluasi dan peningkatan produktivitas penggunaan mesin melalui OEE. Surabaya: Penerbit Mesin Produktif.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). *Performance Measurement Using Overall Equipment Effectiveness* (OEE): Literatur rievew and practical application discussion. *Internasional Journal of Production Research*, 46(13), 3517-3535.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to Total Productive Maintenance* (TPM). Productivity Press, Inc. Portland, OR. US.
- Priyanta, D., Imani, T., & Gurning, S. (2008) Implementasi *Total Productive Maintenance* dengan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Untuk Menentukan *Maintenance Strategy* pada Mesin Tube Mill 303 (Studi Kasus PT. Spindo Unit III)”. *Journal Department of Marine Engineering* Sepuluh Nopember *Institute of Technology*. Surabaya.
- Render, B., & Heizer, J. (2001). Prinsip-prinsip Manajemen Operasi, PT. Salemba Emban Patria. Jakarta.

- Riadi, M., & Anwar, A. (2019). Pengukuran efektivitas mesin dengan metode OEE. Yogyakarta: Penerbit Teknologi Industri.
- Satwika, Y. B. (2016). Desain *Total Productive Maintenance* (TPM) Guna Mengurangi *Losses* Menggunakan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Pada Lini X PT. Pindad Turen. Malang.
- Stephens, M. 2004. *Productivity and Reliability Based Maintenance Management*. New Jersey: Ohio Pearson Education.
- Suharto, T., & Lestari, D. (2021). Lingkungan kerja dan budaya organisasi sebagai determinan produktivitas karyawan. *Organizational Studies Journal*, 9(4), 289-301.
- Tampubolon, M. (2018). Manajemen Operasi dan Rantai Pemasok (*Operation and Supply Chain Management*), Edisi Pertama, Mitra Wacana Media, Jakarta.
- Taufik, F. M., Puri, G. N., Meidina, M., & Zidan, R. M. (2023). Analisa Pengukuran Efektivitas Mesin Pada Proses *Filling* Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) & *Six Big Losses* di PT Sanbe Farma. Bandung.
- Warizki, A. (2019). Studi Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) untuk Peningkatan Efisiensi Pada Pabrik Kelapa Sawit Kebun SEI Intan PTPN V, Riau.

UNIVERSITAS
MA CHUNG