

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 1.1 *Lean Manufacturing*

*Lean Manufacturing* adalah sebuah konsep yang diterapkan perusahaan untuk mengidentifikasi, mengurangi, serta menghilangkan berbagai bentuk pemborosan yang terjadi di dalam operasional perusahaan (Tarisa, 2024). Metode *Lean Manufacturing* ini sangat efektif dalam mengidentifikasi pemborosan (*waste*), sehingga perusahaan dapat mengurangi atau bahkan mengeliminasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*Non-Value Added Activity*) (M. Shodiq Abdul Khanan & Haryono, 2015). Menurut Deshkar et al. (2018), terdapat dua pendekatan dalam penerapan *Lean Manufacturing*. Pertama, dengan mengidentifikasi seluruh jenis pemborosan yang terjadi dalam proses produksi dan menghilangkan pemborosan yang secara langsung mempengaruhi jalannya proses. Kedua, dengan mempercepat alur produksi guna menghemat waktu.

*Lean manufacturing* bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem produksi yang efisien, sehingga dapat menghasilkan berbagai produk dalam waktu yang optimal untuk proses produksinya. Dalam konsep ini, aktivitas-aktivitas seperti waktu tunggu, antrian, dan penundaan lainnya dipandang sebagai waste yang perlu diminimalkan atau dihilangkan. (Hobbs, 2004). Secara umum, tujuan utama *lean manufacturing* adalah memproduksi barang berkualitas tinggi dengan biaya serendah mungkin dalam waktu yang efisien melalui penghapusan pemborosan dalam proses produksi (Puspitasari et al., 2023). Selain itu, *lean manufacturing* juga bertujuan untuk memenuhi kebutuhan konsumen dengan produk yang konsisten dalam kualitas, kuantitas, dan harga, namun tetap dilakukan dalam waktu produksi yang sesingkat mungkin (Nurwulan, 2021).

Menurut (Tinjauan et al., 2024), *Lean Manufacturing* merupakan pendekatan menyeluruh untuk meningkatkan efisiensi produksi dengan cara mengurangi berbagai bentuk pemborosan, seperti kelebihan produksi dan persediaan, waktu tunggu dan keterlambatan, penggunaan material yang tidak efisien, proses berlebih, gerakan pekerja yang tidak perlu, hingga kebutuhan untuk produksi ulang dan perbaikan. *Lean Manufacturing* berfokus pada penghilangan pemborosan

tersembunyi dalam proses produksi. Metode ini menjadi salah satu pendekatan yang sangat efektif di sektor manufaktur, dengan mengurangi pemborosan secara ilmiah di seluruh area pengembangan dan proses produksi produk melalui analisis bisnis yang berkelanjutan (Retno, Asyaro, 2021).

## 1.2 Waste

*Waste* didefinisikan sebagai kerugian atau pemborosan berbagai sumber daya, seperti material, waktu (tenaga kerja dan peralatan), serta modal, yang merupakan dampak dari aktivitas-aktivitas yang menimbulkan biaya, baik secara langsung maupun tidak langsung, namun tidak memberikan nilai tambah pada produk akhir (Formoso et al., 2002). Selain itu, *waste* dapat didefinisikan sebagai semua jenis kegiatan manusia yang menggunakan sumber daya tanpa berkontribusi dalam menciptakan nilai yang lebih tinggi, seperti ketidaksesuaian yang harus segera dibenahi, produksi barang yang tidak memenuhi kebutuhan pengguna, aktivitas yang tidak bernilai tambah (non-value-added activities), gerakan tenaga kerja yang tidak efektif, serta waktu tunggu akibat ketergantungan pada penyelesaian aktivitas sebelumnya (Womack dan Jones, 1996 dalam Formoso et al., 2002).

Ohno (1988) dalam karyanya *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production* mengklasifikasikan waste ke dalam tujuh kategori :

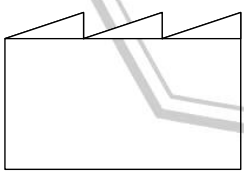
1. *Waste of Waiting*, Waktu tunggu merupakan bentuk pemborosan, contohnya adalah menunggu kedatangan material atau menunggu keputusan/instruksi.
2. *Waste of Overproduction*, Produksi barang yang melebihi permintaan pelanggan merupakan bentuk pemborosan.
3. *Waste of Overprocessing*, Proses yang melebihi kebutuhan pelanggan merupakan pemborosan, seperti halnya inventaris yang rusak akibat penyimpanan atau transportasi, yang kemudian memerlukan proses tambahan seperti *re-packaging*.
4. *Waste of Defect*, Penolakan (*reject*) atau perbaikan (*repair*) merupakan bentuk pemborosan yang dapat diamati secara langsung.
5. *Waste of Motion*, Gerakan yang tidak efisien dan tidak sesuai prinsip ergonomi, yang berdampak pada peningkatan waktu proses, dikategorikan sebagai bentuk pemborosan dalam aktivitas kerja.

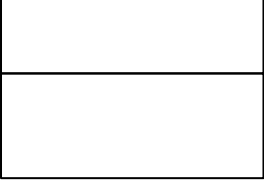
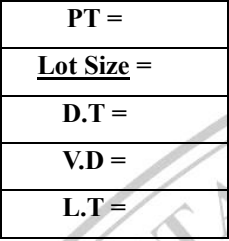



6. *Waste of Inventory* terjadi ketika jumlah persediaan yang disimpan terlalu banyak, sehingga memicu berbagai bentuk pemborosan. Bentuk pemborosan ini meliputi: nilai persediaan yang tidak produktif, kebutuhan ruang tambahan untuk penyimpanan, peningkatan beban administrasi dalam pengelolaan stok, serta berbagai dampak negatif lainnya.
7. *Waste of Transportation*, Inefisiensi yang timbul akibat sistem transportasi yang tidak terkoordinasi dengan baik.

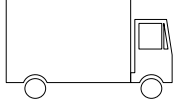




### 1.3 Value Stream Mapping



*Value Stream Mapping (VSM)* Merupakan suatu alat yang sangat efektif untuk diterapkan sebagai tahap awal dalam tahapan perubahan atau konversi menuju penerapan lean manufacturing atau lean enterprise. (Goriwondo et al., 2011) VSM didefinisikan sebagai serangkaian aktivitas dalam rantai pasok yang dibutuhkan untuk merancang, memesan, dan menentukan produk atau nilai tertentu (Hines & Taylor, 2000). VSM juga berfungsi sebagai alat Sebagai upaya untuk mengklasifikasikan proses yang memberikan nilai tambah (*value added*) dan yang tidak memberikan kontribusi nilai tambah (*non-value added*) dalam sektor industri manufaktur, sehingga mempermudah dalam menemukan akar permasalahan di dalam proses produksi (Williams et al., 2008). Dalam penyusunan Peta VSM, biasanya digunakan berbagai simbol khusus yang dijelaskan dalam Tabel 2.1

**Tabel 2. 1 Simbol-Simbil dalam VSM**

Simbol proses	
 <p><i>Customer/Supplier</i></p>	<p>digunakan untuk merepresentasikan <i>supplier</i> saat ditempatkan di bagian kiri atas sebagai titik awal aliran material, dan merepresentasikan konsumen saat berada di bagian kanan atas sebagai akhir dari jalur distribusi material.</p>

 <p><i>Dedicated Process</i></p>	<p>merepresentasikan proses, aktivitas operasional, peralatan, atau unit kerja di mana aliran material berlangsung.</p>
 <p><i>Data Box</i></p>	<p>ditempatkan di bawah simbol proses khusus (<i>dedicated process</i>) process dan berfungsi untuk menyimpan data atau informasi yang diperlukan dalam analisis. Informasi yang umumnya dicantumkan dalam data box ini meliputi <i>processing time, lot size, delay time, volume delay, dan lead time.</i></p>
<p>Simbol Material</p>	
 <p><i>Inventory</i></p>	<p>Menggambarkan penyimpanan bahan baku, barang jadi, dan inventaris di antara dua proses.</p>
 <p><i>Shipment</i></p>	<p>menggambarkan aliran bahan baku dari pemasok hingga ke konsumen.</p>
 <p><i>Push Arrow</i></p>	<p>menggambarkan material yang dipindahkan dari satu proses ke proses berikutnya. <i>Push</i> mengacu pada kondisi di mana suatu proses menghasilkan produk tanpa mempertimbangkan kebutuhan dari proses selanjutnya.</p>

 <p><i>External Shipment</i></p>	<p>menggambarkan pengiriman dari pemasok atau Distribusi kepada konsumen yang melibatkan penggunaan jasa transportasi pihak ketiga.</p>
<p>Simbol Informasi</p>	
 <p><i>Other Information</i></p>	<p>mengindikasikan adanya informasi tambahan yang perlu diperhatikan</p>
 <p><i>Manual Info</i></p>	<p>menggambarkan aliran informasi yang berasal dari memo, laporan, atau percakapan.</p>
 <p><i>Electronic Info</i></p>	<p>menggambarkan aliran informasi elektronik, seperti email, Intranet, dan LAN (local area network).</p>
<p>Simbol Umum</p>	
 <p><i>Starburst</i></p>	<p>digunakan untuk menekankan kebutuhan perbaikan dan merencanakan <i>workshop kaizen</i> pada proses yang dianggap sebagai waste.</p>

 <p style="text-align: center;"><i>Timeline</i></p>	<p>menggambarkan garis waktu yang menyajikan perbedaan antara waktu yang berharga secara ekonomis dan waktu yang tidak menambah nilai.</p> <p>Garis waktu tersebut diperuntukkan bagi perhitungan lead time dan total cycle time.</p>
 <p style="text-align: center;"><i>Operator</i></p>	<p>menggambarkan operator yang dibutuhkan untuk memproses produk atau layanan di <i>workstation</i>.</p>

Sumber: Lee and Snyder (2007) dalam (Petra, 2014)

#### 1.4 DMAIC

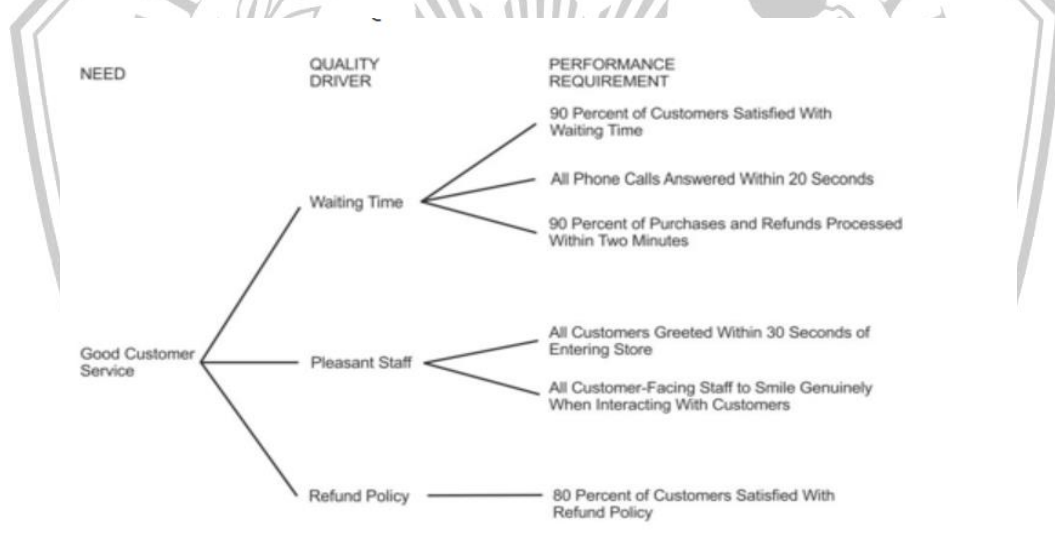
DMAIC, yang terdiri dari *define, measure, analyze, improve, dan control*, merupakan metodologi lima langkah yang digunakan untuk melakukan perbaikan (Brue, 2002). Tahap *define* bertujuan untuk mengidentifikasi pelanggan, memahami kebutuhan mereka terhadap produk atau layanan, serta mengetahui harapan mereka. Selain itu, pada tahap ini juga ditentukan batasan masalah dan proses yang akan mengalami perbaikan dengan bantuan peta aliran proses. Selanjutnya, tahap *measure* berfokus pada pengukuran kinerja proses inti, perencanaan pengumpulan data, serta pengumpulan data dari berbagai sumber untuk mengidentifikasi jenis cacat. Tahap *analyze* dilakukan untuk menganalisis data yang telah dikumpulkan serta peta proses. guna menemukan akar penyebab masalah dan peluang perbaikan. Pada tahap *improve*, upaya dilakukan untuk meningkatkan proses dengan mengembangkan solusi inovatif yang mengatasi dan mencegah masalah. Terakhir, tahap *control* bertujuan untuk memastikan proses perbaikan berjalan efektif dan mencegah kembalinya kebiasaan yang lama. Penjabaran lebih lanjut mengenai setiap tahap dalam metode ini dapat ditemukan menurut (JASMINE, 2014).

##### 1. *Define*

Tahap pertama ini berfokus pada identifikasi masalah, penetapan tujuan proses, serta pemahaman kebutuhan pelanggan, baik yang berasal dari internal

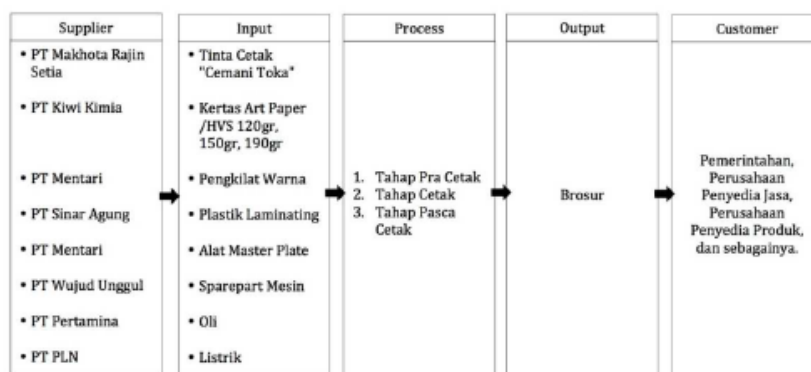
maupun eksternal. Dalam fase define, terdapat beberapa elemen penting, seperti Identifikasi kebutuhan pelanggan, perumusan tujuan, serta identifikasi permasalahan, serta pembentukan tim, serta alokasi sumber daya. Keberhasilan fase ini sangat bergantung pada Kesepakatan tim mengenai tingginya efisiensi yang dimiliki oleh proyek tersebut, Tujuan yang terdefinisi dengan jelas, dengan fokus pada permasalahan yang ada. yang relevan, serta ekspektasi yang jelas terkait proses yang akan dilakukan.

Menurut (Saputra & Mahbubah, 2021), *Critical to Quality* (CTQ) merupakan elemen utama dari kebutuhan, pelanggan yang dapat dipahami sebagai unsur. dalam suatu proses atau aktivitas yang secara langsung mempengaruhi perolehan kualitas yang diharapkan. CTQ merupakan bagian penting dari metode DMAIC yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas menuju target six sigma (Ibrahim et al., 2020). Contoh dari CTQ dibawah ini.



**Gambar 2. 1 Contoh CTQ**

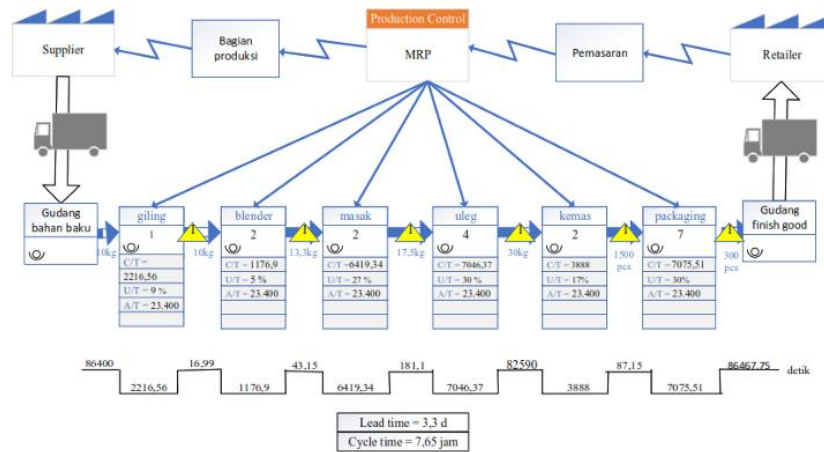
Diagram SIPOC adalah diagram yang umumnya diterapkan pada tahap definisi. untuk menyampaikan tinjauan umum mengenai proses yang sedang berlangsung. SIPOC, yang merupakan singkatan dari kelima komponen utama dalam sistem kualitas, yaitu Supplier, Input, Process, Output, dan Customer (Gaspersz, 2002) . Contoh diagram SIPOC dibawah ini.



**Gambar 2. 2 Contoh Diagram SIPOC**

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Zulfikar & Rachman, 2020), *Process Activity Mapping* (PAM) berfungsi untuk mengidentifikasi aktivitas yang memberikan nilai tambah dan yang tidak dalam proses produksi. Tujuan utamanya adalah untuk mengevaluasi setiap kegiatan agar dapat dilaksanakan dengan lebih efektif dan efisien. Dalam penyusunan PAM, dibutuhkan data aktivitas yang diperoleh dari informasi perusahaan serta waktu proses diukur secara langsung di lokasi produksi dengan menggunakan instrumen pengukur waktu, seperti stopwatch. Setelah data aktivitas dan waktu proses terkumpul, langkah selanjutnya adalah mengklasifikasikan aktivitas, yaitu aktivitas yang bernilai tambah (*Value Added*), yang tidak bernilai tambah (*Non-Value Added*), serta kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah tetapi tetap diperlukan (*Necessary but Non-Value Added*).

*Value Stream Mapping* bertujuan untuk memetakan sistem produksi, mulai dari pemesanan dari bahan mentah hingga produk akhir yang siap digunakan untuk didistribusikan, serta aliran nilai (*value stream*) yang ada dalam perusahaan. Hal ini memungkinkan untuk memperoleh tinjauan tentang aliran data dan material dalam sistem yang berlaku, bertujuan untuk mengidentifikasi titik-titik waste, dan menggambarkan lead time yang diperlukan berdasarkan karakteristik masing-masing proses (G.S. Intifada & Witantiyo, 2012) (Maulana, 2019). Contoh *Value Stream Mapping* dapat dilihat pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3 Contoh Value Stream Mapping**

## 2. Measure

Tahap *Measure* merupakan langkah berikutnya yang logis setelah tahap *Define* dan berfungsi sebagai jembatan menuju langkah selanjutnya. Menurut Pande dan Holpp (2005), tahap *Measure* memiliki dua tujuan utama, yaitu:

- Mengumpulkan Informasi yang digunakan untuk memverifikasi dan mengukur masalah serta peluang yang ada. Data ini biasanya menjadi informasi penting untuk menyempurnakan dan melengkapi rencana awal proyek.
- Mulai mengidentifikasi data dan informasi yang dapat memberikan indikasi mengenai akar penyebab permasalahan.

*Seven waste* merujuk pada berbagai bentuk pemborosan yang muncul dalam proses manufaktur atau layanan, yaitu transportasi, inventaris, gerakan, waktu tunggu, Proses yang berlebihan, produksi yang melebihi kebutuhan, serta produk cacat. Dalam bahasa Inggris, konsep ini dikenal dengan istilah TIMWOOD. Konsep pemborosan ini diperkenalkan oleh Taiichi Ohno dari Jepang, yang merupakan bagian dari perusahaan Toyota. dan dimasukkan dalam sistem produksi yang dikenal sebagai Toyota Production System (Adrianto dan Kholil, 2015). Rumus untuk mengukur seven waste dapat dilihat pada tabel 2.4.

**Tabel 2. 2 Rumus Pengukuran Seven Waste**

No	Indikator	Rumus	Input	Referensi
1	<i>Excessive Transportation</i>	$LP = \frac{TP \times WT}{CT}$	<p><i>LP = Lost Product (kg)</i></p> <p><i>TP = Total Produk (kg)</i></p> <p><i>WT = Waktu Transportasi (menit)</i></p> <p><i>CT = Cycle Time (menit)</i></p>	(Utami et al., 2014)
2	<i>Waiting</i>	$LP = \frac{TP \times W}{CT}$	<p><i>LP = Lost Product (kg)</i></p> <p><i>TP = Total Produk (kg)</i></p> <p><i>W = Waiting (menit)</i></p> <p><i>CT = Cycle Time (menit)</i></p>	(Utami et al., 2014)
3	<i>Inappropriate Processing</i>	$LP = \frac{JIP}{CT}$	<p><i>LP = Lost Product (kg)</i></p> <p><i>JIP = Jumlah Inappropriate Processing dalam setahun (produk)</i></p> <p><i>CT = Cycle Time (kg)</i></p>	(Utami et al., 2014)
4	<i>Unnecessary Motion</i>	$LP = \frac{TP \times WM}{CT}$	<p><i>LP = Lost Product (kg)</i></p>	(Utami et al., 2014)

			<p><i>TP = Total Produk (kg)</i></p> <p><i>WM = Waktu Motion (menit)</i></p> <p><i>CT = Cycle Time (kg)</i></p>	
5	<i>Overproduction</i>	$LP = \frac{TP \times JO}{CT}$	<p><i>LP = Lost Product (kg)</i></p> <p><i>TP = Total Produk (produk)</i></p> <p><i>JO = Jumlah Overproduction (kg)</i></p> <p><i>CT = Cycle Time (menit)</i></p>	(Utami et al., 2014)
6	<i>Unnecessary Inventory</i>	$LP = GP - DP$	<p><i>LP = Lost Product (kg)</i></p> <p><i>GP = Good Product (produk)</i></p> <p><i>DP = Defect Product (kg)</i></p>	(Utami et al., 2014)
7	<i>Defect</i>	$LP = JP - JPA$	<p><i>LP = Lost product (kg)</i></p> <p><i>JP = Jumlah Produk (kg)</i></p> <p><i>JPA = Jumlah Produk Akhir (kg)</i></p>	(Utami et al., 2014)

### 3. *Analyze*

Tahap *analyze* berfokus pada menganalisis masalah untuk mengidentifikasi Elemen-elemen krusial yang harus dikendalikan. Salah satu alat yang digunakan dalam tahap analisis ini Merupakan diagram sebab-akibat atau diagram tulang ikan (fishbone diagram) (Adi Juwito & Ari Zaqi Al-Faritsy, 2022). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Indratno (2022), *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) adalah metode analisis untuk mengidentifikasi analisis risiko kegagalan yang dilakukan selama tahap pengembangan produk, rekayasa sistem, dan manajemen operasional. FMEA digunakan untuk menganalisis kemungkinan kegagalan atau kesalahan yang terjadi dalam suatu sistem atau proses, serta potensi yang telah diidentifikasi akan dikategorikan berdasarkan tingkat keparahan dan dampaknya terhadap proses. Rakesh, Jos, & Mathew (2013) menjelaskan bahwa FMEA merupakan metode terstruktur yang bertujuan untuk mendeteksi potensi kegagalan dan merancang tindakan pencegahan guna meningkatkan keandalan suatu sistem. Sellappan & Palanikumar (2013) menambahkan bahwa penerapan FMEA mencakup kegiatan diskusi antar Unit-unit dalam perusahaan berperan dalam menganalisis penyebab kegagalan pada komponen dan subsistem dalam suatu proses maupun produk. (Suherman & Cahyana, 2019). Berikut adalah tiga variabel utama dalam FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*).

#### a. *Severity*

Menurut (Risalahudin & Rukmi, 2021), *severity* merupakan evaluasi terhadap tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan, di mana setiap kegagalan yang terjadi akan dinilai berdasarkan seberapa besar dampaknya. Terdapat hubungan langsung antara efek yang timbul dan tingkat *severity*. Menurut (Kartika et al., 2022), nilai *severity* diperoleh melalui peninjauan terhadap potensi dampak dan gangguan yang berisiko mengganggu operasional perusahaan disebabkan oleh potensi kegagalan jika terjadi dalam proses produksi. Penilaian *severity* dilakukan melalui wawancara dengan operator dan bagian audit kualitas. Tabel 2.5 (Tabel Severity) menjelaskan tingkat keparahan dari setiap mode kegagalan, beserta penjelasan untuk setiap tingkatannya.

**Tabel 2. 3 Tabel *Seveity***

Rating	Effect	Kriteria
1	Minor	Risiko sangat rendah dan tidak berdampak signifikan pada biaya, jadwal, dan kualitas. Tidak ada cedera yang dialami oleh pekerja.
2 3	Low	Risiko rendah memiliki dampak yang minim terhadap biaya, jadwal, dan kualitas, serta menyebabkan cedera ringan pada pekerja.
4 5 6	Moderatte	Risiko tingkat menengah memiliki dampak yang signifikan terhadap biaya, jadwal, dan kualitas, serta dapat menyebabkan cedera serius pada pekerja.
7 8	High	Risiko yang tinggi memiliki dampak besar pada biaya, jadwal, dan kualitas, serta dapat menyebabkan cedera fatal pada pekerja.
9 10	Very High	Risiko dapat menyebabkan kerugian pada biaya, jadwal, dan kualitas, serta mengakibatkan cedera serius, cacat, bahkan kematian pada pekerja.

b. *Occurrence* (Kejadian)

Menurut (Kartika et al., 2022), nilai *occurrence* adalah penilaian yang merujuk pada frekuensi terjadinya potensi kegagalan. Pada Dalam tahap penentuan ini, keterlibatan operator dan unit audit kualitas diperlukan untuk memberikan penilaian skor dalam proses FMEA. Menurut (Risalahudin & Rukmi, 2021), *occurrence* mengacu pada kemungkinan terjadinya penyebab kegagalan yang dapat menghasilkan bentuk kegagalan selama proses produksi. Penilaian *occurrence* menggunakan 10 tingkat (1 hingga 10), mulai dari yang hampir tidak mungkin terjadi (1) hingga yang paling mungkin terjadi atau sulit dihindari (10). Tabel nilai rating *occurrence* dapat dilihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2. 4 Tabel *Occurance***

Kemungkinan Tingkat Kegagalan	Ranking	Kemungkinan Kegagalan Tingkat Kegagalan
	10	≥100 dari 1000 satuan

Terjadinya kegagalan yang berulang dengan intensitas yang sangat tinggi	9	50 dari 1000 satuan
Kegagalan yang berulang dengan tingkat keparahan yang sangat tinggi	8	20 dari 1000 satuan
	7	10 dari 1000 satuan
Menengah : kegagalan kadang -kadang	6	5 dari 1000 satuan
	5	2 dari 1000 satuan
Rendah : kegagalan sedikit terjadi	4	1 dari 1000 satuan
	3	0,5 dari 1000 satuan
Hampir tidak ada kegagalan terjadi	2	0,1 dari 1000 satuan
	1	$\leq 0,01$ dari 1000 satuan

Sumber : McDermott dkk (2009)

c. *Detection* (Temuan)

Menurut (Kartika et al., 2022), nilai *detection* adalah tingkat efektivitas dalam mendeteksi kemungkinan terjadinya kegagalan pada tahap awal dalam proses produksi. Nilai ini diperoleh melalui penentuan skor *detection* dilakukan melalui pengolahan data serta wawancara dengan operator guna memperoleh informasi yang relevan terkait kemampuan deteksi terhadap potensi kegagalan. Menurut (Risalahudin & Rukmi, 2021), nilai *detection* menggambarkan tingkat kemungkinan kegagalan lolos dari pengendalian yang telah diterapkan. Skor tersebut diberikan dalam rentang 1 hingga 10, di mana angka 1 menunjukkan kemungkinan gagal terdeteksi sangat kecil (pasti terdeteksi), sementara angka 10 mengindikasikan kemungkinan besar kegagalan yang lolos dari mekanisme kontrol dan tidak terdeteksi. Tabel nilai rating *detection* dapat ditemukan pada Tabel 2.7.

**Tabel 2. 5 Tabel *Detection***

Rating	Kriteria	Berdasarkan Frekuensi Kejadian
1	Pengendalian untuk pencegahan sangat efisien, menunjukkan bahwa sumber penyebabnya hampir tidak terdeteksi yang timbul.	0-6 produk dalam 520 produk/bulan
2	Pengendalian sangat minim, sehingga kemungkinan terjadinya penyebab kegagalan menjadi sangat kecil.	7-11 produk dalam 520 produk/bulan
3	Pengendalian yang rendah menyebabkan penyebab kegagalan menjadi rendah.	12-16 produk dalam 520 produk/bulan
4	Pengendalian yang sedang menyebabkan penyebab kegagalan berada pada tingkat sedang.	17-21 produk dalam 520 produk/bulan
5		22-26 produk dalam 520 produk/bulan
6		27-32 produk dalam 520 produk/bulan
7	Pengendalian yang tinggi masih memungkinkan penyebab kegagalan tetap tinggi dan sering terulang.	33-37 produk dalam 520 produk/bulan
8		38-42 produk dalam 520 produk/bulan
9	Pengendalian yang sangat tinggi justru membuat penyebab kegagalan menjadi sangat besar dan sangat tidak efektif.	43-47 produk dalam 520 produk/bulan
10		48-52 produk dalam 520 produk/bulan

d. RPN (*Risk Priority Number*)

Menurut (Risalahudin & Rukmi, 2021), nilai RPN (*Risk Priority Number*) diperoleh dengan mengalikan nilai dari setiap faktor severity, occurrence, dan detection. Setelah nilai RPN dihitung, langkah selanjutnya adalah mengurutkan mode kegagalan berdasarkan nilai RPN, dari yang

terbesar hingga terkecil. Menurut (Pibisono et al., 2021), persamaan untuk menghitung RPN (*Risk Priority Number*) dapat dijelaskan dengan persamaan berikut ini:

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

RPN (*Risk Priority Number*) adalah hasil dari S x O x D sehingga menghasilkan angka RPN yang berbeda untuk setiap alat yang telah dianalisis berdasarkan sebab-akibat dari kesalahan. Angka RPN ini digunakan untuk mengidentifikasi failure modes yang termasuk dalam kategori kegagalan kritis yang memerlukan perhatian lebih. Perhitungan nilai kritis RPN dilakukan dengan cara berikut.

$$Nilai\ Kritis\ RPN = \frac{Total\ Nilai\ RPN}{Jumlah\ Failure\ Modes}$$

*Failure* modes diklasifikasikan sebagai kegagalan kritis apabila nilai Risk Priority Number (RPN)-nya melebihi ambang batas RPN kritis yang telah ditentukan, contoh FMEA disajikan pada tabel 2.8

**Tabel 2. 6 Contoh FMEA**

1	2	3	4	5	6	7	8
Produk yang diharapkan	Jenis kegagalan	Penyebab kegagalan	Efek dari kegagalan	Keparahan/ <i>Severity</i>	Kejadian / <i>Occurance</i>	Deteksi / <i>Detection</i>	<i>Risk of Priority Numb</i>


#### 4. *Improve*

Tahap *improve* bertujuan untuk memastikan bahwa solusi yang diterapkan dapat memenuhi atau bahkan melampaui tujuan perbaikan yang ditetapkan dalam proyek. Pada tahap *improve*, tim proyek menyusun rencana untuk pengoptimalan proses dengan menggunakan metode design of experiment (Wijaya & Kusuma, 2008). Menurut (Adi Juwito & Ari Zaqi Al-Faritsy, 2022), strategi perbaikan masalah disusun berdasarkan analisis yang dilakukan dengan menggunakan *fishbone* diagram. Setelah data dianalisis dan hasilnya diperoleh, identifikasi faktor penyebab terjadinya cacat produk dilakukan dengan perbaikan diusulkan terhadap produk yang mengalami kecacatan, dengan tujuan untuk mengurangi tingkat cacat melalui pendekatan analisis 5W + 1H, yang tercantum pada tabel 2.9.

**Tabel 2. 7 Contoh 5W + 1H**

<b>Faktor</b>	<b>Why</b>	<b>Where</b>	<b>When</b>	<b>Who</b>	<b>What</b>	<b>How</b>
Metode						
Manusia						
Lingkungan						
Mesin						
Material						

#### 1.5 *Literature Review*

Pada penyusunan skripsi ini, beberapa penelitian terkait digunakan sebagai dasar acuan untuk menyelesaikan karya ilmiah ini. Referensi dari penelitian-penelitian sebelumnya disajikan dalam tabel 2.10

**Tabel 2. 8 Literature Review**

Referensi	Objek Penelitian	Tools Lean Manufacturing				DMAIC
		PAM	VSM	5W+1H	FMEA	
(Ersam, 2018)	Industri Nuget Stik	√	√			
(Alvin et al., n.d.)	Industri Brown paper				√	√
(Nurdiansyah et al., 2022)	Industri bed sheet	√	√			
(Adi Juwito & Ari Zaqi Al-Faritsy, 2022)	Industri gagang sapu			√		
(Saddam, Sinta Aryani & Resha Akbar 2024)	Industri sensor	√	√		√	
(Maulana, 2019)	Industri perumahan	√	√			

Berdasarkan studi literatur menunjukkan bahwa implementasi metodologi DMAIC untuk optimasi kinerja lini produksi telah banyak dilakukan. Data pada Tabel 2.10 mengidentifikasi enam studi yang mengintegrasikan prinsip *lean six sigma* melalui pendekatan DMAIC, dengan fokus pada empat aspek utama: *Value Stream Mapping* (VSM), *Process Activity Mapping* (PAM), analisis 5W+1H, dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Namun, implementasi keempat dimensi tersebut secara simultan masih jarang ditemukan. Saddam, Sinta Aryani & Resha Akbar (2024) tercatat sebagai salah satu pengecualian yang berhasil mengaplikasikan tiga dari empat dimensi tersebut. Berdasarkan temuan ini, penelitian ini merekomendasikan penerapan DMAIC untuk mencapai peningkatan kinerja lini produksi.