

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Konsep *Lean Manufacturing*

Lean yaitu pendekatan yang berorientasi pada konsumen untuk menyediakan solusi efektif dengan memanfaatkan sumber daya secara minimal (Hines & Taylor, 2000). *Lean manufacturing* merupakan sebuah pendekatan strategis dalam manajemen produksi yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dengan cara meminimalkan pemborosan serta memaksimalkan nilai tambah pada produk. Konsep ini dirancang untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya secara hemat dan efektif, sehingga hasil produksi dapat memberikan nilai yang lebih tinggi bagi konsumen (Saddam et al., 2024).

2.1.1 Prinsip-Prinsip *Lean Manufacturing*

Lean production methods pertama kali diperkenalkan oleh Toyota di Jepang. Konsep *Lean Thinking* merumuskan inti dari pendekatan *lean* ke dalam lima prinsip utama dan mengilustrasikan bagaimana konsep tersebut dapat diperluas melampaui produksi otomotif ke berbagai perusahaan atau organisasi (Hines & Taylor, 2000). Berikut lima prinsip utama dalam *lean manufacturing* bertujuan untuk membangun aliran nilai yang efisien dalam proses produksi (Nurwulan et al., 2021).

1. *Identifying value*, Menetapkan nilai dari perspektif konsumen, yaitu aspek produk atau layanan yang secara langsung memenuhi kebutuhan dan keinginan pelanggan serta layak untuk dibayar.
2. *Mapping the value stream*, Mengidentifikasi dan memetakan seluruh tahapan proses produksi untuk menemukan aktivitas yang memberikan nilai dan yang tidak. Aktivitas *non-value-added* diupayakan untuk dieliminasi guna meningkatkan efisiensi.
3. *Creating flow*, Merancang proses produksi yang berjalan secara kontinu dan tanpa hambatan, sehingga produk dapat berpindah dari satu tahapan ke tahapan berikutnya secara lancar dan konsisten.
4. *Establishing pull*, Menerapkan sistem produksi berdasarkan permintaan aktual pelanggan (*pull system*), bukan berdasarkan prediksi atau kuantitas

tetap, guna menghindari *overproduction* dan *inventory* berlebih.

5. *Seek perfection*, Mendorong proses perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) dalam setiap aspek operasional, sehingga sistem produksi dapat berkembang menuju tingkat efisiensi dan kualitas yang lebih tinggi secara konsisten.

Tujuan utama dari konsep *lean manufacturing* untuk mengurangi berbagai jenis pemborosan dalam sistem produksi, agar seluruh proses dapat berjalan lebih efisien dan bernilai tambah. Dengan identifikasi dan menghapus aktivitas yang tidak memberikan kontribusi langsung terhadap produk (Norman et al., 2023).

2.1.2 *Lean Tools*



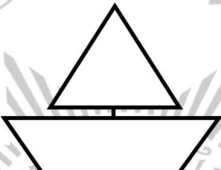


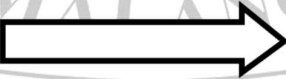
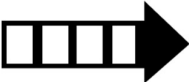
Lean Manufacturing terdapat delapan instrumen utama yang mencakup *Value Stream Mapping* (VSM), *Just-in-Time* (JIT), *Pull System*, *Kanban*, *Load Leveling*, *Poka Yoke*, *Single Minute Exchange of Die* (SMED), dan *Kaizen*. Kedelapan alat ini memiliki tingkat aplikabilitas yang bervariasi tergantung pada karakteristik lingkungan produksi yang dihadapi (Gershenson & Pavnaskar, 2003). Sejalan dengan pandangan tersebut, Phatale (2020) menambahkan bahwa metode 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*) merupakan elemen esensial yang harus diintegrasikan sebagai fondasi operasional.








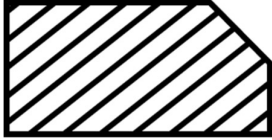
2.1.2.1 *Value Stream Mapping*

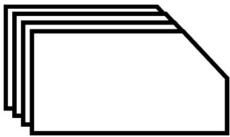
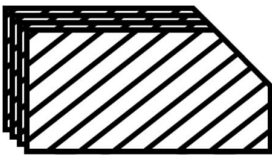
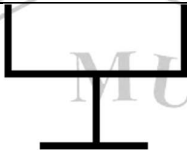



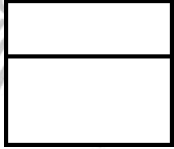
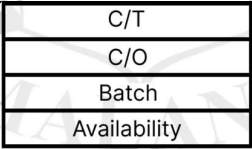
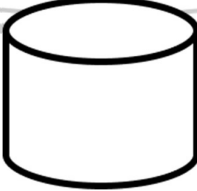
Value Stream Mapping merupakan kumpulan proses yang berlangsung dalam kegiatan manufaktur dari awal hingga akhir, mencakup seluruh tahapan dari pintu masuk hingga pintu keluar. Di dalam aliran nilai terdapat proses yang memberikan nilai tambah maupun yang tidak memberikan nilai tambah. Representasi visual dari aliran nilai ini dikenal sebagai peta aliran nilai (*value stream map*) (Dissanayake, 2022).



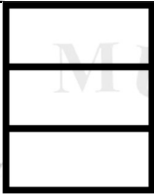


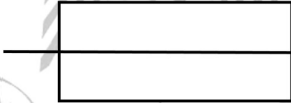
Dalam *value stream mapping* digunakan simbol-simbol proses dalam penggambaran dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Simbol-simbol VSM

Nama	Simbol	Keterangan
<i>Customer</i>		Barang diterima ke pabrik atau dikirim dari pabrik melalui udara
<i>Supplier</i>		Barang diterima ke pabrik atau dikirim dari pabrik melalui jalan dengan truk/kontainer
<i>Sea freight</i>		Menunjukkan pergerakan material dari pemasok ke pabrik dan dari pabrik ke pelanggan
<i>Air freight</i>		Sistem dorong antar dua proses
<i>Container transport (roads)</i>		Sistem tarik antar dua proses
<i>Material from supplier or to customer</i>		Terkait dengan proses tarik, digunakan untuk menunjukkan supermarket di antara proses
<i>Push</i>		Sistem tarik berurutan antar dua proses

<i>Pull</i>		Sistem FIFO (<i>First In First Out</i>) antar dua proses
<i>Supermarket</i>		Pemuatan proses secara merata
<i>Sequence pull</i>		Terkait dengan proses dorong, digunakan untuk menunjukkan inventaris di antara proses
FIFO		Simbol untuk <i>Kanban</i> produksi untuk mengisi supermarket
<i>Level loading</i>		Simbol untuk <i>Kanban</i> penarikan untuk mengirim barang dari supermarket
<i>Inventory</i>		Simbol untuk <i>Kanban</i> produksi dalam bentuk <i>batch</i> untuk mengisi supermarket
<i>Production kanban</i>		Simbol untuk <i>Kanban</i> penarikan dalam bentuk <i>batch</i> dari supermarket
<i>Withdrawal kanban</i>		Tempat penyimpanan <i>Kanban</i>

<i>Batch production kanban</i>		Menunjukkan pemindahan informasi secara manual
<i>Batch withdrawal kanban</i>		Menunjukkan pemindahan informasi secara elektronik
<i>Kanban post</i>		Menunjukkan jadwal produksi/unit kontrol produksi
<i>Manual information</i>		Menunjukkan proses/departemen/mesin dalam proses
<i>Electronic information</i>		Kotak tempat data yang dikumpulkan dari proses
<i>Department/production schedule</i>		Data yang ditransfer melalui basis data/ERP
<i>Process box</i>		Menunjukkan perlunya observasi langsung
<i>Data box</i>		Menyoroti ide-ide perbaikan dalam kondisi saat ini
<i>Data base</i>		Menunjukkan stok pengaman di antara proses

<i>Go and see</i>		Menunjukkan operator dalam proses (jumlah operator ditulis dalam lingkaran)
<i>Improvement point/ Kaizen burst</i>		Membantu membagi aktivitas yang menambah nilai dan yang tidak menambah nilai
<i>Safety stock</i>		Digunakan untuk merangkum aktivitas yang menambah nilai dan yang tidak di akhir VSM
<i>Operators</i>		Barang diterima ke pabrik atau dikirim dari pabrik melalui udara
<i>Timeline segment</i>		Barang diterima ke pabrik atau dikirim dari pabrik melalui jalan dengan truk/kontainer
<i>Timeline total</i>		Menunjukkan pergerakan material dari pemasok ke pabrik dan dari pabrik ke pelanggan

Sumber: (Dissanayake, 2022)

Dalam penerapan *value stream mapping* (VSM), terdapat enam langkah utama yang harus dilalui untuk memetakan aliran nilai secara menyeluruh (Dissanayake, 2022):

1. Menentukan keluarga produk,

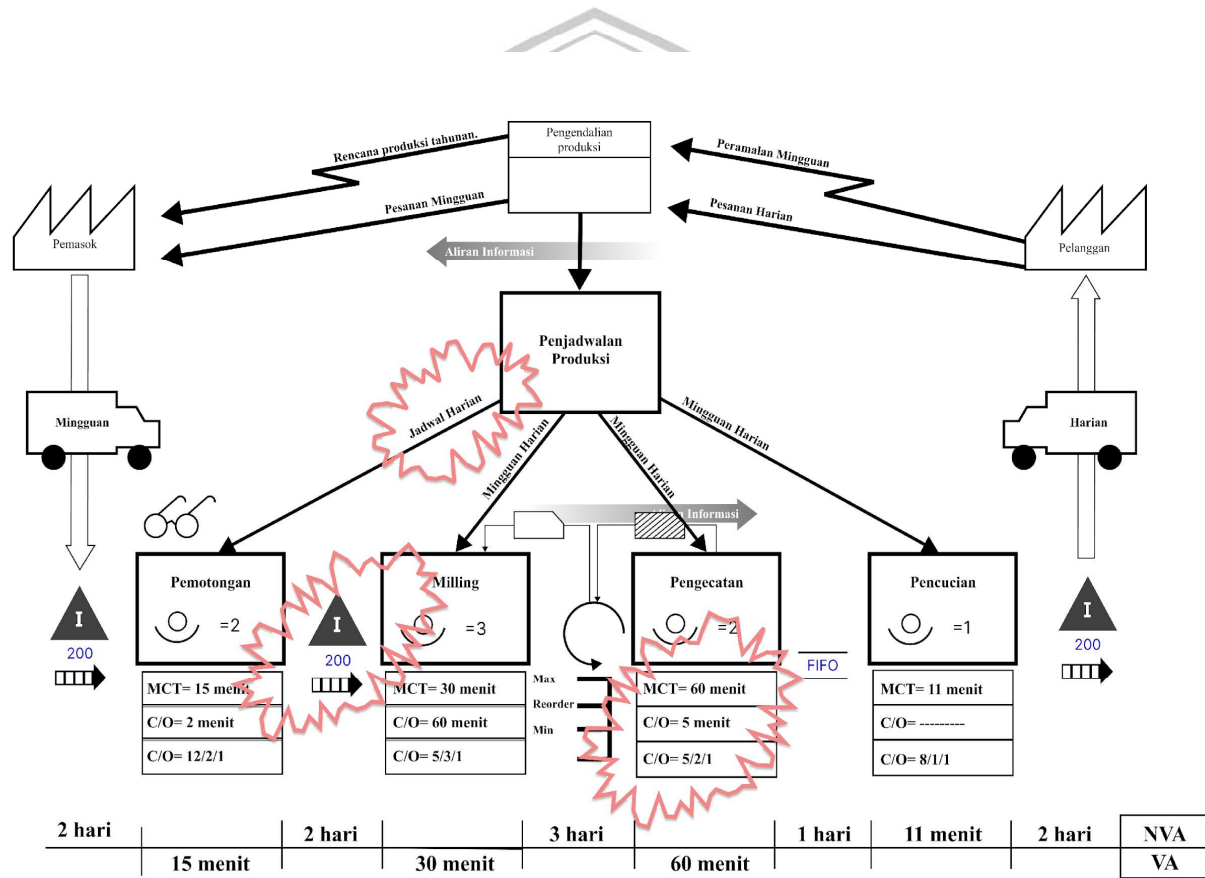
Langkah awal dalam VSM adalah menentukan keluarga produk yang menjadi fokus. Tujuannya adalah untuk mengetahui proses mana saja yang perlu dipetakan, terutama dalam organisasi yang memproduksi berbagai jenis produk dengan alur kerja yang saling tumpang tindih atau berbeda. Meskipun

idealnya semua keluarga produk dipetakan, pendekatan yang lebih efektif adalah memulai dari produk yang mencakup paling banyak proses dan memiliki permintaan atau kontribusi pendapatan tertinggi.

2. *Current state mapping*,

Langkah ini merupakan tahap krusial karena menjadi dasar untuk merancang perbaikan di masa depan. Sebelum melakukan perbaikan, pemahaman terhadap kondisi saat ini sangat penting. Proses ini dilakukan melalui beberapa tahapan berikut:

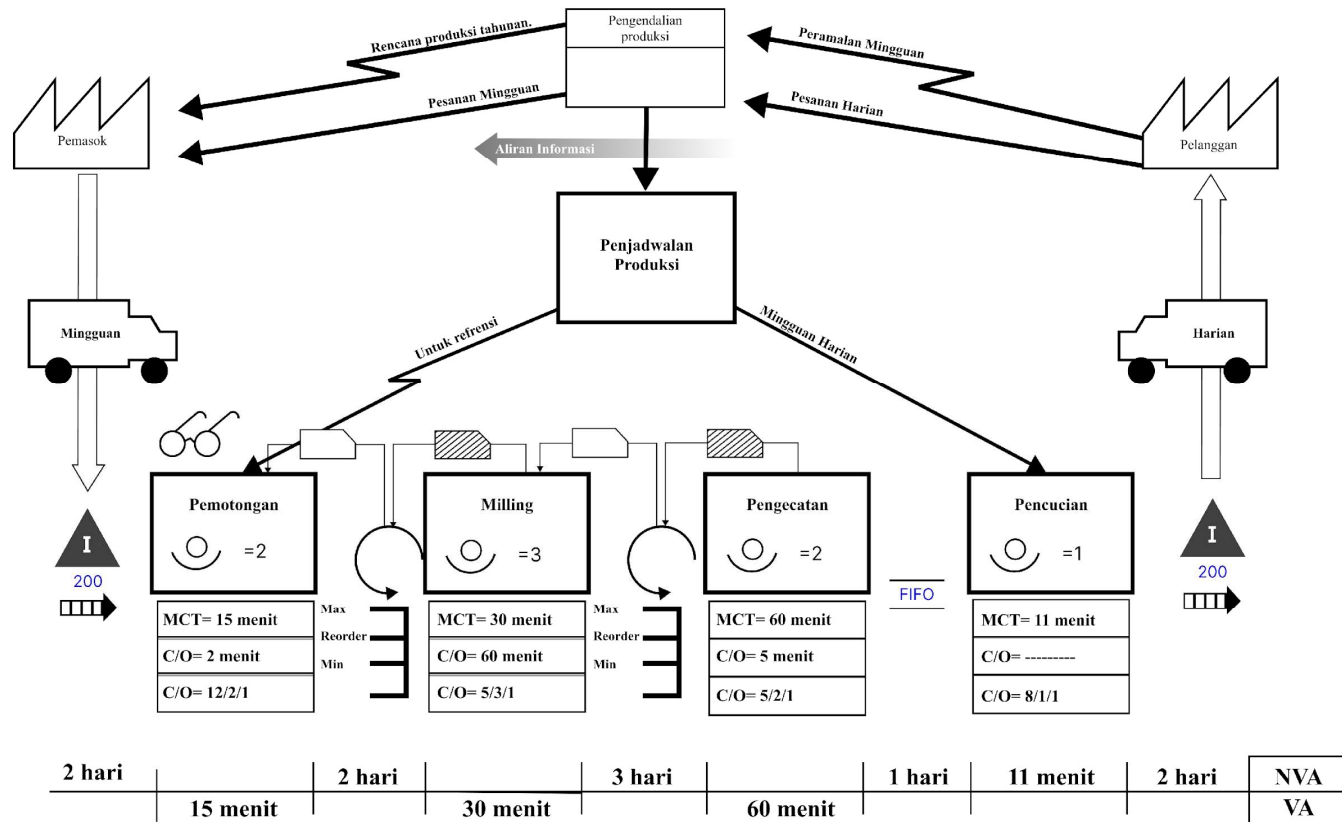
- a. Lakukan observasi cepat dengan menelusuri seluruh alur proses berdasarkan keluarga produk yang telah ditentukan. Dalam contoh sebelumnya, proses ini difokuskan pada keluarga produk. Tujuannya adalah memahami area yang perlu diperhatikan dan mulai menyusun sketsa awal.
- b. Selanjutnya, kumpulkan data dari setiap proses dengan mengidentifikasi area yang memiliki potensi perbaikan.
- c. Gambarkan *current state* menggunakan simbol-simbol standar yang berlaku dalam *value stream mapping* seperti pada Gambar 2.1.



Sumber: (Dissanayake, 2022)

Gambar 2. 1 Current State Mapping

3. Mengidentifikasi perbaikan/ proses *Yamazumi*,
Tujuan utama dari menggambar peta aliran nilai (*value stream map*) adalah untuk mengidentifikasi peluang perbaikan berskala besar dalam suatu proses. Perbaikan tersebut ditandai dalam kondisi saat ini, dan selanjutnya perlu dirumuskan kondisi masa depan yang mencerminkan perubahan tersebut. Harapan ke depan bisa meliputi perubahan proses, penataan ulang *layout* pabrik, serta peningkatan aliran material dari sistem dorong tradisional menjadi sistem tarik. Adapun perbaikan yang disorot meliputi:
 - a. Menerapkan sistem tarik dengan menata ulang proses antara pemotongan dan penggilingan.
 - b. Meningkatkan proses dan waktu pergantian pada tahap pengecatan.
 - c. Menyusun ulang aliran informasi secara lebih efektif.
4. Menggambar *future state* dengan mempertimbangkan perbaikan, *Future state* pada Gambar 2.2 dibentuk berdasarkan perbaikan yang telah diidentifikasi, dan ringkasannya akan menyesuaikan perubahan tersebut. Target tiap proses dan keseluruhan alur ditetapkan dalam periode tertentu, lalu dipetakan menggunakan sistem tarik, FIFO, *sequence pull*, dan aliran kontinu untuk memperlancar pergerakan material. Konsep-konsep ini telah dibahas sebelumnya dan sangat berguna dalam merancang kondisi masa depan



Sumber: (Dissanayake, 2022)

Gambar 2. 2 Future State Mapping

5. Menyusun rencana aksi untuk perbaikan,
Eksekusi sangat penting untuk merealisasikan perbaikan yang telah diidentifikasi. Pelaksanaannya dilakukan melalui tim proyek dengan pendekatan terstruktur seperti:
 - a. *Project Charter*
 - b. *A3 Thinking*
 - c. *Gantt Chart*
6. Melakukan implementasi dan tinjauan manajemen,
Tahap ini, data dievaluasi untuk melihat apakah perbaikan benar-benar terjadi. Oleh karena itu, diperlukan sistem manajemen dan mekanisme *review* rutin. Satu jam per bulan cukup, dan seluruh tim proyek harus siap mempresentasikan progres kepada manajemen senior. Diskusi ini membantu peningkatan berkelanjutan dan arahan strategis dari pimpinan.

2.1.2.2 *Just in Time*

Just-in-Time (JIT) dalam manufaktur berfokus pada penyediaan item yang tepat dalam jumlah dan waktu yang sesuai untuk mengeliminasi pemborosan serta menciptakan aliran produksi kontinu menuju *lot size* tunggal. Konsep ini kemudian diadaptasi menjadi *JIT Product Development* (JIT-PD), di mana setiap tugas desain dipasok dengan informasi dan keputusan yang tepat hanya saat dibutuhkan guna mengurangi *Design in Progress* (DIP) serta biaya penyimpanan informasi (Gershenson & Pavnaskar, 2003) Implementasi sistem ini memanfaatkan kartu Kanban sebagai instrumen untuk meregulasi aliran barang, baik di dalam lingkup internal pabrik maupun koordinasi eksternal antara pemasok dan pelanggan. Penggunaan kartu ini berfungsi untuk memberikan sinyal kebutuhan komponen pada proses produksi mendatang, sehingga memungkinkan terjadinya pengisian ulang material secara tepat waktu sesuai dengan permintaan nyata (Phatale, 2020).

2.1.2.3 *Pull System*

Sistem tarik (*pull system*) dalam manufaktur bertujuan mengeliminasi waktu tunggu dengan memicu pergerakan material hanya saat dibutuhkan oleh proses berikutnya berdasarkan permintaan pelanggan. Dalam lingkungan produksi kustom atau pengembangan produk, sistem ini berevolusi menjadi *Quick Response Product Development* (QRPD) yang bersifat *process pull*. Melalui QRPD, spesifikasi ditarik melintasi setiap tahapan desain dengan *takt time* yang selaras, guna menjamin kelancaran aliran kerja dan meminimalisir penumpukan *Design in Progress* (Gershenson & Pavnaskar, 2003).

2.1.2.4 *Kanban*

Pull system menggunakan mekanisme *Kanban* sebagai alat kontrol visual untuk mengotorisasi produksi dan pergerakan material antar stasiun kerja. Namun, pada lingkungan produksi dengan variasi tinggi dan volume rendah, sistem ini dikembangkan menjadi *Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization* (POLCA) yang beroperasi pada pasangan sel kerja tertentu untuk menyederhanakan pengelolaan kartu. Dalam pengembangan produk, konsep ini diadaptasi menjadi *Grouped-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization for Development* (GOLCAD), yang menggunakan kartu untuk memberikan sinyal otorisasi pengerjaan desain pada sekelompok sel kerja guna menyerap variasi waktu proses dan kompleksitas tugas secara lebih fleksibel (Gershenson & Pavnaskar, 2003).

2.1.2.5 *Load Leveling*

Load leveling atau *Heijunka* adalah alat pemerataan produksi untuk mendukung sistem *Just-in-Time* (JIT) dan *Kanban*. Melalui penggunaan *heijunka box* sebagai alat penjadwalan visual, metode ini bertujuan untuk menciptakan aliran produksi yang stabil dan lancar (Phatale, 2020). Hal ini dicapai dengan mendistribusikan beban kerja secara merata dan mengeliminasi redundansi tugas. Dalam konteks pengembangan produk yang memiliki variabilitas tinggi, *load leveling* difokuskan pada sinkronisasi waktu proses antar tugas desain melalui metode penjadwalan seperti PERT, *critical ratio*, dan *Johnson's rule* untuk mengidentifikasi sekaligus mengatasi *bottleneck* (Gershenson & Pavnaskar, 2003).

2.1.2.6 *Poka Yoke*

Poka Yoke merupakan metode *mistake-proofing* asal Jepang yang bertujuan mencegah terjadinya kesalahan manusia melalui desain mekanis. Berbeda dengan *Jidoka* yang menghentikan lini produksi untuk masalah serius, *Poka Yoke* lebih fokus pada pencegahan galat secara otomatis dalam kehidupan sehari-hari maupun rantai produksi. Teknik ini memastikan kualitas proses dengan merancang sistem sedemikian rupa sehingga kesalahan tidak mungkin terjadi meskipun seseorang mencoba melakukannya (Phatale, 2020).

Pokayoke berfungsi mengeliminasi pemborosan akibat kesalahan manufaktur, seperti salah hitung atau pengabaian prosedur, dengan cara mengidentifikasi titik rawan melalui observasi atau analisis FMEA. Dalam pengembangan produk (*machigaiyoke*), metode ini mencegah penggunaan informasi yang salah dan perubahan desain yang berbiaya tinggi dengan melakukan pengecekan pada aspek bentuk, kecocokan, dan fungsi (Gershenson & Pavnaskar, 2003).

2.1.2.7 *Single Minute Exchange of Die*

Single Minute Exchange of Die (SMED) merupakan metode penghematan waktu yang dikembangkan oleh Dr. Shingo untuk meminimalkan waktu transisi antar produk guna mereduksi *downtime* produksi secara efisien (Phatale, 2020). Pendekatan sistematis ini dilakukan dengan mengidentifikasi, memisahkan, serta memodifikasi elemen setelan internal dan eksternal agar proses perubahan menjadi lebih singkat. Dalam konteks pengembangan produk, konsep ini diadaptasi menjadi *Single Minute Exchange of Projects* (SMEP) yang bertujuan untuk mempercepat transisi desainer di antara berbagai proyek melalui tiga tahap utama, yaitu identifikasi elemen perubahan, konversi elemen internal menjadi eksternal, serta penyelarasan seluruh aktivitas persiapan guna mencegah pemborosan waktu dan informasi (Gershenson & Pavnaskar, 2003)

2.1.2.8 Kaizen

Kaizen merupakan filosofi perbaikan berkelanjutan atau *continuous improvement* yang berfokus pada penguatan proses guna mencapai hasil yang lebih stabil dan berkualitas tinggi (Phatale, 2020). Dalam implementasinya, *Kaizen* menggunakan pendekatan jangka panjang melalui perubahan kecil yang inkremental dengan melibatkan seluruh personel melalui siklus PDCA (*Plan-Do-Check-Act*). Sebagai proses perbaikan yang sangat terstruktur, *Kaizen* bertujuan untuk mengeliminasi aktivitas non-nilai tambah (*waste*) pada area kerja yang spesifik, seperti penerapan 5S atau pengaturan tata letak seluler, guna menciptakan aliran kerja yang lancar. Melalui identifikasi akar masalah yang cepat dan tepat, *Kaizen* memastikan peningkatan efisiensi organisasi secara menyeluruh, mulai dari produktivitas hingga pengembangan produk baru yang lebih responsif (Gershenson & Pavnaskar, 2003).

2.1.2.9 5S (*Sort, Set in Order, Shine, Standardize, Sustain*)

Metode 5S adalah bagian fundamental dari *lean manufacturing* yang bertujuan utama menghilangkan *waste*. Konsep ini, yang awalnya dikembangkan oleh Hiroyuki Hirano pada tahun 1980-an dalam *Toyota Production System*, kini diterapkan luas di berbagai sektor. 5S (*Sort, Set in Order, Shine, Standardize, Sustain*) yang bertujuan membersihkan lingkungan kerja. Penerapan ini berkontribusi signifikan pada peningkatan produktivitas dan minimisasi waktu mencari, meskipun 5S saja tidak menjamin kesuksesan finansial perusahaan (Mazur et al., 2024).

5S merupakan akronim dari lima istilah kunci dalam bahasa Jepang. Kata-kata tersebut secara berurutan merepresentasikan lima tahapan yang melekat pada metode ini (Costa, 2018).

1. *Seiri (Sort)*

Tahap ini bertujuan untuk mengklasifikasikan seluruh barang yang tidak diperlukan serta memisahkan item-item yang tidak digunakan dalam operasional sehari-hari dari area kerja.

2. *Seiton (Set in Order)*

Prinsip utama tahap ini adalah menetapkan lokasi penyimpanan yang pasti untuk setiap barang di dalam area kerja, guna memastikan semua item selalu tersimpan di tempat yang sama secara konsisten.

3. *Seiso (Shine)*

Langkah ini melibatkan pembersihan menyeluruh terhadap seluruh area dan peralatan kerja untuk menciptakan kondisi kebersihan dan keselamatan yang optimal di stasiun kerja.

4. *Seiketsu (Standardize)*

Standarisasi merupakan langkah awal untuk mempertahankan penerapan ketiga tahap sebelumnya (3S). Tujuannya adalah menyusun prosedur baku operasional agar operator dapat melaksanakan tugas harian dengan metode yang seragam.

5. *Shitsuke (Sustain)*

Berbeda dengan tiga fase awal yang bersifat operasional dan fase keempat yang bersifat pemeliharaan, fase kelima ini berfokus pada penanaman komitmen untuk melakukan perbaikan berkelanjutan.

2.1.3 *Types of Activities*

Sebelum memasuki sub-bab ada pentingnya untuk mengetahui tiga jenis aktivitas yang terjadi pada sebuah perusahaan. Berikut jenis-jenis aktivitas yang dikemukakan oleh Hines (Hines & Taylor, 2000):

1. *Value adding activities*, kegiatan-kegiatan yang ada pandangan oleh *final customer* dapat meningkatkan nilai sebuah produk atau layanan.
2. *Non-value adding activities*, kegiatan-kegiatan menurut pandangan *final customer*, tidak memberikan nilai produk atau layanan dan bahkan tidak diperlukan. Kegiatan ini jelas termasuk *waste* dan oleh karena itu harus dilakukan *target of immediate* atau *short term removal*.
3. *Neccessary non-value adding activities*, Kegiatan-kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah pada produk atau layanan tetapi tetap diperlukan kecuali proses pasok yang ada mengalami perubahan mendasar.

2.1.4 Definisi *Waste*

Pemborosan (*waste*) yaitu pengaturan dan perencanaan yang salah pada stasiun kerja yang mengakibatkan proses produksi yang tidak efisien (Kondic et al., 2023). *Waste* juga diartikan sebagai semua aktivitas yang terjadi dalam suatu perusahaan atau rantai pasok yang lebih luas yang tidak meningkatkan nilai produk atau layanan yang disediakan kepada konsumen akhir (Hines & Taylor, 2000). Oleh karena itu, identifikasi dan eliminasi pemborosan menjadi langkah strategis untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing perusahaan.

2.1.5 Jenis-Jenis *Waste*

Pelopor dalam sistem *lean* yaitu Toyota mendefinisikan *seven plus one* yaitu jenis dari *waste* yang diperhatikan pada saat menggunakan pendekatan *lean*. (Norman et al., 2023). Berikut jenis-jenis *waste* yang dikemukakan oleh Shigoe Shingo (Hines & Taylor, 2000):

1. *Overproduction*, memproduksi berlebihan atau terlalu cepat, menyebabkan aliran informasi atau barang yang buruk serta menumpuknya inventori berlebih.
2. *Defects*, kesalahan berulang dalam dokumen, masalah kualitas produk, atau kinerja pengiriman yang kurang baik.
3. *Unnecessary inventory*, penyimpanan berlebihan dan keterlambatan informasi atau produk, yang meningkatkan biaya dan menurunkan pelayanan pelanggan
4. *Inappropriate processing*, melakukan proses kerja dengan alat, prosedur, atau sistem yang salah, padahal pendekatan yang lebih sederhana mungkin lebih efektif.
5. *Excessive transportation*, pergerakan berlebihan orang, informasi, atau barang, yang menyebabkan pemborosan waktu, tenaga, dan biaya.
6. *Waiting*, periode tidak aktifnya yang lama bagi orang, informasi, atau barang, yang mengakibatkan aliran buruk dan *lead time* panjang.
7. *Unnecessary motion*, organisasi tempat kerja yang buruk, menyebabkan ergonomi yang tidak optimal.

2.2 Metode Borda

Metode Borda *count* mempertimbangkan peringkat lengkap preferensi individu saat membuat keputusan. Setiap alternatif diberi nilai berdasarkan posisinya dalam daftar preferensi masing-masing individu. Untuk n alternatif, cara yang paling umum untuk menetapkan nilai adalah memberikan $n-1$ poin untuk peringkat pertama pada setiap daftar suara, $n-2$ untuk peringkat kedua, dan seterusnya hingga 0 untuk peringkat terakhir. Alternatif dengan total nilai tertinggi dinyatakan sebagai pemenang (Cheng & Deek, 2006). Untuk penyelesaian penggunaan metode Borda dapat dijelaskan sebagai berikut (Meidelfi & Hartati, 2015):

1. Penentuan skor peringkat pada daftar alternatif pilihan dilakukan dengan menetapkan nilai m untuk posisi tertinggi, di mana m adalah total pilihan dikurangi 1; posisi kedua diberi nilai $m-1$, dan berlanjut hingga posisi terakhir diberi nilai 0.
2. Nilai m diterapkan sebagai faktor pengali terhadap jumlah suara yang didapatkan pada posisi tersebut.
3. Berdasarkan hasil perhitungan nilai fungsi Borda dari alternatif pilihan, opsi dengan skor tertinggi dipilih sebagai alternatif yang paling disukai oleh responden.

Adapun contoh di Tabel 2.2 dalam menggunakan metode Borda:

Tabel 2. 2 Pemberian Metode Borda

Jenis Pemborosan	1	2	3	4	5	6	7	Skor Akhir	Bobot
<i>Overproduction</i>					3			6	0,08
<i>Delay/Waiting</i>	2	1						17	0,24
<i>Transportation</i>			1	2				10	0,14
<i>Inappropriate Processing</i>			1	1	1			9	0,13
<i>Unnecessary Inventory</i>		1		1	2			7	0,10
<i>Unnecessary Motion</i>			2	1				11	0,15
<i>Defect</i>		1	1	1				12	0,17
Skor	6	5	4	3	2	1	0	72	

Sumber: (Rizki Afif & Ari Zaqi Al, 2024).

Bobot dari masing-masing jenis pemborosan diperoleh dengan membagi skor akhir pemborosan tersebut dengan jumlah total skor akhir dari seluruh kategori pemborosan (Rizki Afif & Ari Zaqi Al, 2024).

2.3 *The Seven Value Stream Mapping Tools*

Value stream mapping tools yaitu sebuah alat digunakan untuk memetakan aliran nilai secara rinci berdasarkan kondisi aktual di lapangan. Untuk meningkatkan rantai pasok, disarankan untuk memiliki pemahaman dasar tentang *waste* tertentu yang akan dikurangi sebelum memulai aktivitas pemetaan (Hines & Rich, 1997). Adapun penilaian yang diberikan pada *waste* seperti pada Tabel 2.3:



Tabel 2. 3 *Detailed Mapping Tools*

<i>Wastes/structure</i>	<i>The Tools</i>						
	<i>PAM</i>	<i>SCRM</i>	<i>Production variety funnel</i>	<i>Quality filter mapping</i>	<i>Demand amplification mapping</i>	<i>Decision point analysis</i>	<i>Physical structure (a) volume (b) value</i>
<i>Overproduction</i>	L	M		L	M	M	
<i>Waiting</i>	H	L	L		M	M	L
<i>Transport</i>	H						
<i>Inappropriate processing</i>	H	M	M	L		L	
<i>Unnecessary inventory</i>	M	H	M		H		
<i>Unnecessary motion</i>	H	L				M	L
<i>Defects</i>	L			H			
<i>Overall structure</i>	L	L	M	L	H	M	
Catatan: H = Korelasi dan kegunaan tinggi M = Korelasi dan kegunaan sedang L = Korelasi dan kegunaan rendah							

Sumber: (Hines & Rich, 1997)

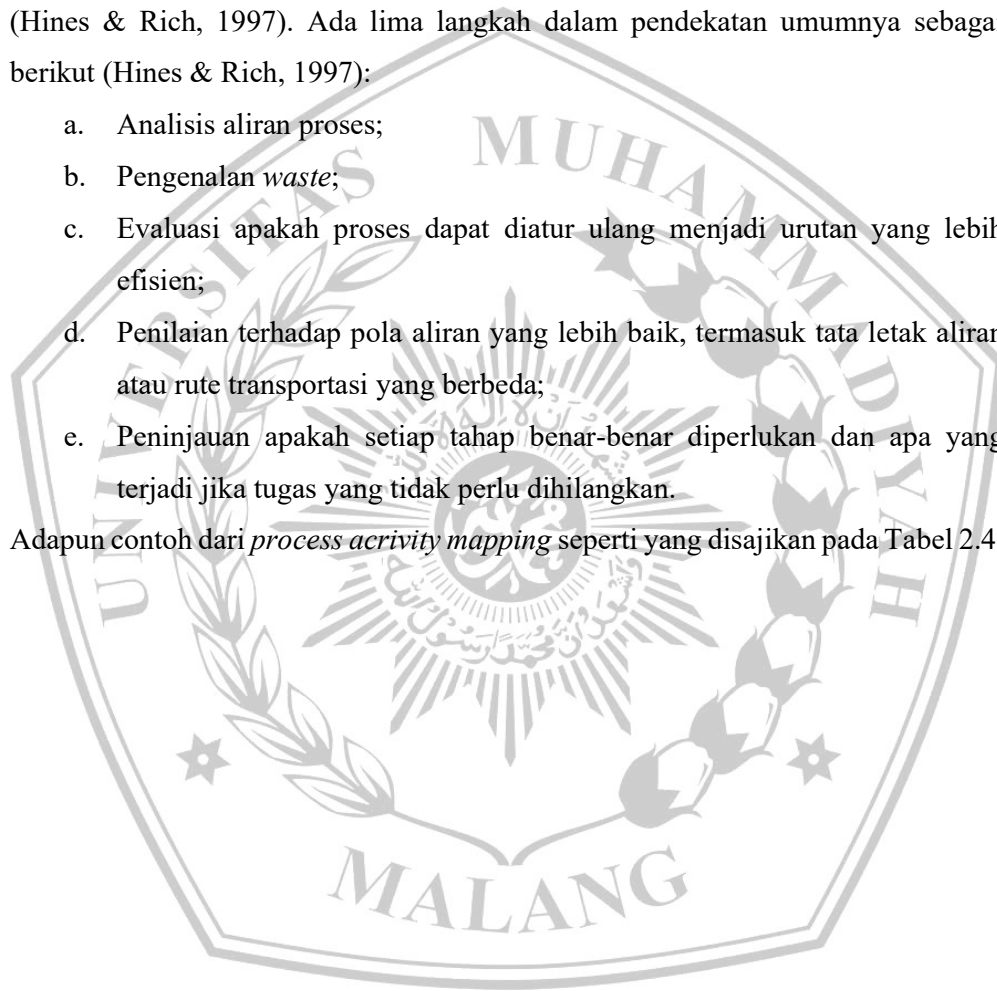
2.3.1 *The Seven Tools*

1. *Process Activity Mapping*

Process Activity Mapping (PAM) berasal dari rekayasa industri. Rekayasa industri mencakup sekumpulan teknik yang dapat digunakan untuk menghapus *waste*, tidak adanya konsistensi, dan minimnya rasionalisasi di tempat kerja, serta menyediakan barang dan jasa berkualitas tinggi dengan cara yang mudah, cepat, dan ekonomis (Hines & Rich, 1997). Ada lima langkah dalam pendekatan umumnya sebagai berikut (Hines & Rich, 1997):

- a. Analisis aliran proses;
- b. Pengenalan *waste*;
- c. Evaluasi apakah proses dapat diatur ulang menjadi urutan yang lebih efisien;
- d. Penilaian terhadap pola aliran yang lebih baik, termasuk tata letak aliran atau rute transportasi yang berbeda;
- e. Peninjauan apakah setiap tahap benar-benar diperlukan dan apa yang terjadi jika tugas yang tidak perlu dihilangkan.

Adapun contoh dari *process activity mapping* seperti yang disajikan pada Tabel 2.4:



Tabel 2. 4 *Process Activity Mapping*

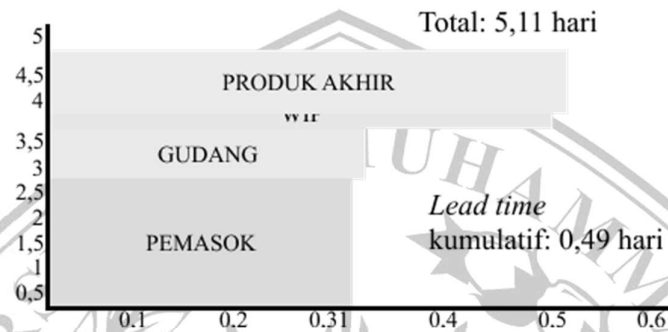
#	Langkah	Alur (Flow)	Mesin/Area	Jarak (M)	Waktu (Menit)	Orang	Aktivitas					Komentar
							O	T	I	S	D	
1	Bahan Mentah	S	Penampungan	-	-	-	O	T	I	S	D	Penampungan
2	Pengemasan Komponen	O	Gudang	10	5	1	O	T	I	S	D	
3	Pengiriman Ke Lift	T	-	120	-	1	O	T	I	S	D	
4	Turunkan Dari Lift	T	-	-	0,5	0,5	O	T	I	S	D	
5	Tunggu Untuk Pencampuran	D	Area Campur	-	20	-	O	T	I	S	D	
6	Masukkan Ke Dudukan	T	-	-	2	0,5	O	T	I	S	D	
7	Tusuk/Tuang	O	Area Campur 12	-	0,5	1	O	T	I	S	D	-
8	Campur (Blower)	O	-	-	20	0,5	O	T	I	S	D	Bahan Dasar Ditiup & Tambahan
9	Uji #1	I	-	-	30	1+J	O	T	I	S	D	Sampel / Uji
10	Pompa Ke Tangki Simpan	T	Tangki Simpan	100	-	1	O	T	I	S	D	Penampungan Khusus

11	Campur Di Tangki Simpan	O	Tangki Simpan	-	10	1	O	T	I	S	D	-
12	Istirahat J.R.	I	-	-	10	2	O	T	I	S	D	Cap & Setuju
13	Menunggu Pengisian	D	-	-	15	-	O	T	I	S	D	Lebih Lama Jika Layar Terlambat
14	Menuju Kepala Pengisi	T	-	20	0,1	1	O	T	I	S	D	
15	Isi/Tutup/Kencangkan	O	Kepala Pengisi	-	1	2	O	T	I	S	D	1 Unit
16	Susun	T	Palet	3	0,1	1	O	T	I	S	D	2 Unit
17	Tunda Isi 1 Palet	D	-	-	30	T	O	T	I	S	D	
18	Ikat Palet	O	-	-	2	1	O	T	I	S	D	
19	Pindah Penyimpanan	T	-	80	2	1	O	T	I	S	D	
20	Menunggu Truk	D	Penyimpanan	-	540	-	O	T	I	S	D	Batch 360 / Antrean 180
21	Ambil/Pindah Forklift	T	-	90	3	1	O	T	I	S	D	Forklift
22	Tunggu Muatan Penuh	D	Truk	-	30	2	O	T	I	S	D	1 Operator, 1 Pengangkut
23	Menunggu Pengiriman	D	Truk	-	60	1	O	T	I	S	D	1 Pengangkut

Sumber: (Hines & Rich, 1997)

2. *Supply chain response matrix*

Pendekatan pemetaan ini bertujuan untuk menggambarkan dalam diagram sederhana kendala waktu utama untuk suatu proses tertentu. Dalam hal ini, fokusnya adalah pada waktu kumulatif untuk perusahaan distribusi, pemasoknya, dan pengecer hilir (Hines & Rich, 1997). Gambar 2.3 memberikan contoh dari *supply chain response matrix*:

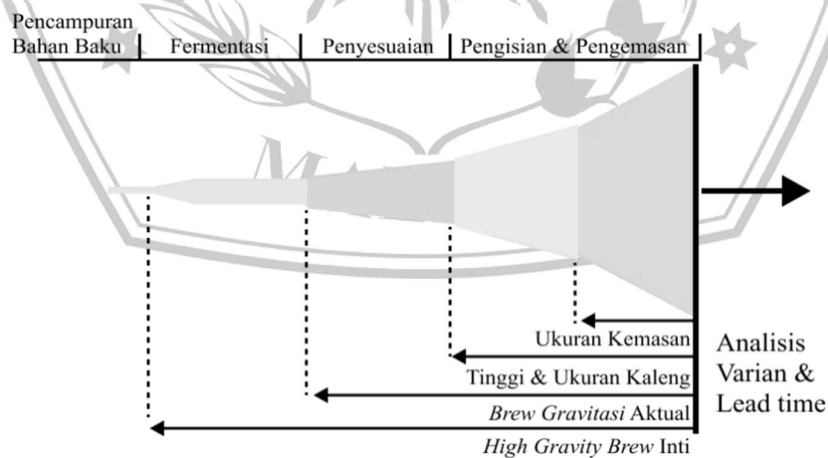


Sumber: (Alaca & Ceylan, 2011)

Gambar 2. 3 *Supply Chain Response Matrix*

3. *Production variety funnel*

Pembagian dengan menggunakan *production variety funnel* memungkinkan pemetak untuk memahami cara perusahaan atau rantai pasok beroperasi serta kompleksitas yang harus dikelola (Hines & Rich, 1997). Gambar 2.4 menggambarkan contoh dari *production variety funnel tool*:

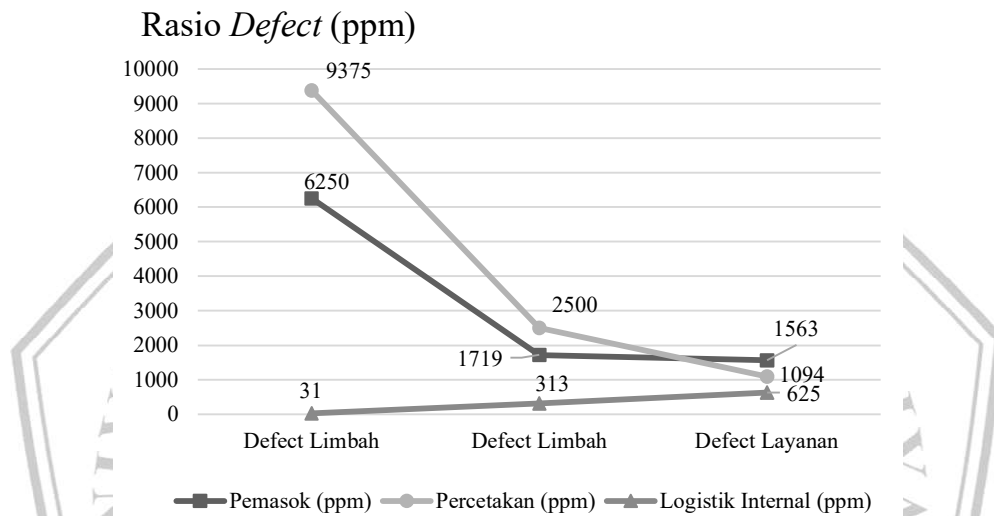


Sumber: (Hines & Rich, 1997)

Gambar 2. 4 *Production Variety Funnel*

4. *Quality filter mapping*

Pendekatan pemetaan filter kualitas adalah alat baru yang dirancang untuk mengidentifikasi lokasi masalah kualitas dalam rantai pasok. Peta yang dihasilkan menunjukkan tempat terjadinya tiga jenis cacat kualitas berbeda di sepanjang rantai pasok (Hines & Rich, 1997). Adapun contoh dari *quality filter mapping tool* pada Gambar 2.5:

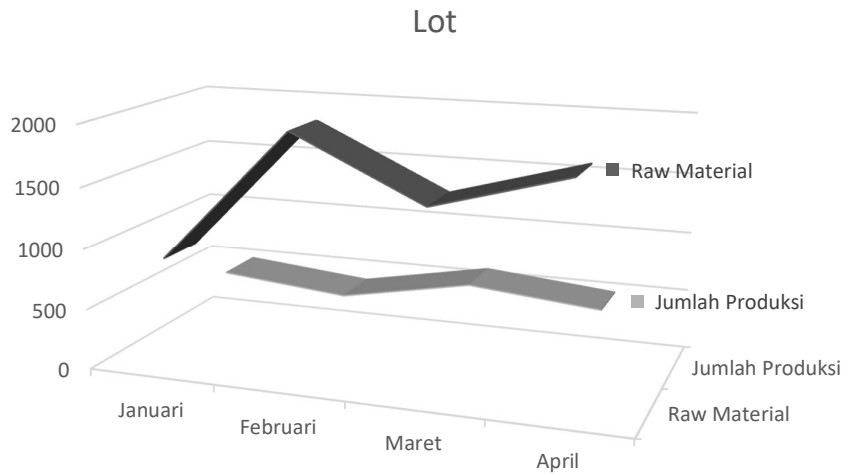


Sumber: (Alaca & Ceylan, 2011)

Gambar 2.5 *Quality Filter Mapping*

5. *Demand amplification mapping*

Demand amplification mapping ini dapat digunakan untuk menggambarkan bagaimana perubahan permintaan terjadi sepanjang rantai pasok dalam berbagai interval waktu (Hines & Rich, 1997). Contoh dari *demand amplification mapping* seperti pada Gambar 2.6:

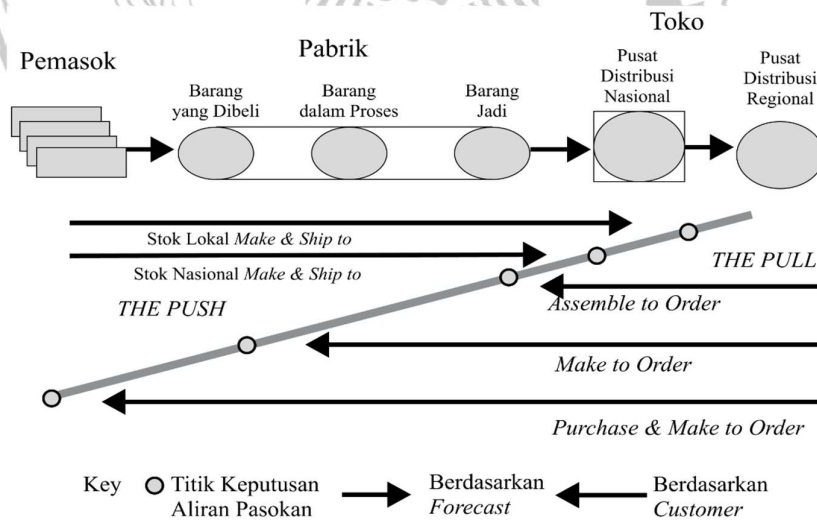


Sumber: (Saroyo, 2013)

Gambar 2. 6 Demand Amplification Mapping

6. Decision point analysis

Decision point analysis tahap dalam rantai pasok di mana tarik permintaan aktual beralih menjadi dorongan berbasis perkiraan seperti yang digambarkan pada Gambar 2.7. Dengan kata lain, ini adalah titik di mana produksi produk berhenti mengikuti permintaan aktual dan beralih sepenuhnya berdasarkan perkiraan (Hines & Rich, 1997).

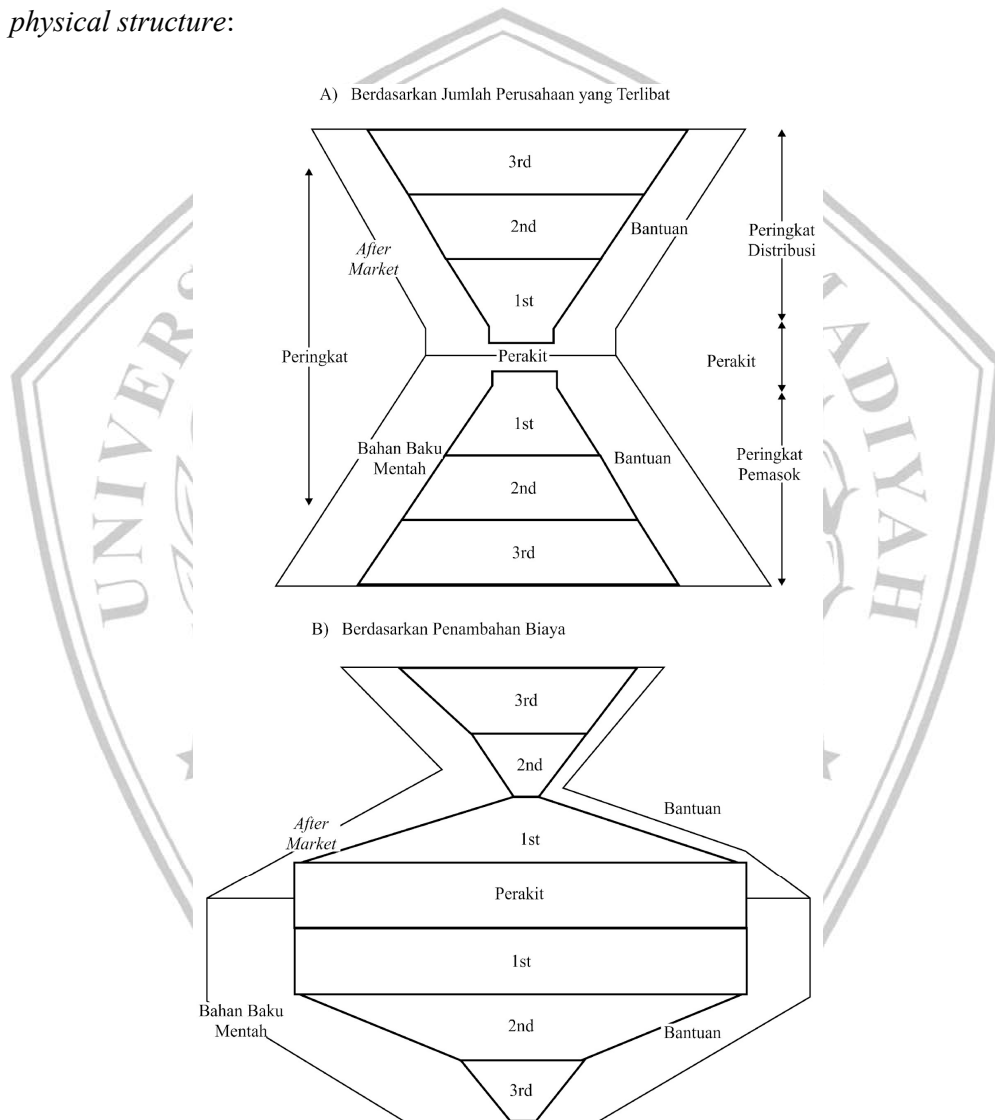


Sumber: (Hines & Rich, 1997)

Gambar 2. 7 Decision Point Analysis

7. *Physical structure*

Pemetaan struktur fisik adalah alat baru yang terbukti bermanfaat untuk memahami gambaran umum atau tingkat industri dari suatu rantai pasok tertentu. Pengetahuan ini membantu dalam memahami wajah industri, cara operasinya, dan khususnya dalam mengarahkan perhatian pada area yang mungkin kurang mendapatkan fokus pengembangan (Hines & Rich, 1997). Gambar 2.8 yaitu penggambaran contoh dari *physical structure*:

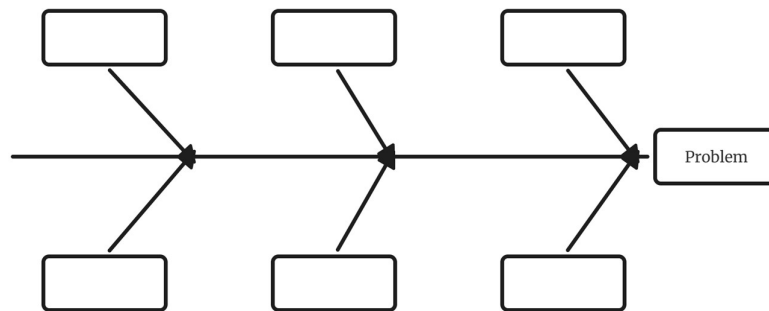


Sumber: (Hines & Rich, 1997)

Gambar 2. 8 *Physical Structure*

2.4 *Fishbone Diagram*

Fishbone Diagram adalah alat analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu masalah dengan memetakan faktor-faktor yang saling terkait (Aqilah et al., 2024). Untuk mengidentifikasi dilakukan dengan mengadakan wawancara untuk mengetahui lebih lanjut akar penyebab *waste* melalui analisis terhadap manusia, mesin, metode kerja, bahan baku, dan lingkungan (Fibriani et al., 2023). Contoh dari bentuk *fishbone diagram* digambarkan pada Gambar 2.9.



Sumber: (Fibriani et al., 2023)

Gambar 2. 9 *Fishbone Diagram*

2.5 *Failure Mode and Effects Analysis*

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) adalah pendekatan manajemen risiko yang terstruktur untuk mendeteksi, mengevaluasi, dan memprioritaskan potensi kegagalan dalam proses produksi. Dengan mengidentifikasi risiko seperti alat manual yang lambat atau perkiraan permintaan yang salah (Gomaa, 2025).

2.5.1 *Jenis-Jenis FMEA*

Pada FMEA ada beberapa jenis yang digunakan untuk menentukan atau mengidentifikasi sebuah *risk* yang ada dalam sistem (Demirkaya, 2022), yakni sebagai berikut:

1. *Design FMEA* (DFMEA), Tujuan utama DFMEA adalah mendeteksi dan menangani kemungkinan masalah pada tahap desain produk atau proses sebelum diimplementasikan, guna meningkatkan keandalan dan keamanan,

serta meminimalkan biaya dan konsekuensi akibat kegagalan produk. Pada DFMEA ada beberapa *guidelines* yang perlu diperhatikan mulai dari keparahan (*severity*), probabilitas (*Occurance*) dan *Detectability*. Adapun tabel-tabel *guidelines* tersebut:

a. *Severity*

Severity menunjukkan dampak kuantitatif atau konsekuensi dari suatu mode kegagalan. Tingkat *Severity* setiap mode kegagalan dinilai dengan memberikan nilai numerik berdasarkan skala yang telah ditetapkan, berkisar dari 1 (*No Effect*) hingga 10 (*Hazardous*), di mana angka lebih tinggi menunjukkan *Severity* yang lebih besar. Nilai ini digunakan untuk memprioritaskan mode kegagalan yang paling signifikan dan menerapkan tindakan korektif guna mencegah atau mengurangi kegagalan tersebut (Demirkaya, 2022). Kriteria untuk *severity* didasarkan seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 *Severity guidelines* untuk DFMEA

Efek	Rank	Kriteria
Tidak ada	1	Tidak ada efek
Sangat ringan	2	<i>Customer</i> tidak terganggu
Ringan	3	<i>Customer</i> sedikit terganggu
Kecil	4	<i>Customer</i> merasakan sedikit gangguan
Sedang	5	<i>Customer</i> merasakan kurang puas
Signifikan	6	<i>Customer</i> merasakan ketidaknyamanan
Besar	7	<i>Customer</i> tidak puas
Ekstrem	8	<i>Customer</i> sangat tidak puas
Serius	9	Berpotensi efek <i>hazardous</i>
Berbahaya	10	Berefek <i>hazardous</i>

Sumber: (Demirkaya, 2022)

b. *Occurance*

Occurance menunjukkan probabilitas atau peluang terjadinya suatu mode kegagalan tertentu. Probabilitas ini ditentukan melalui evaluasi bersama faktor-faktor yang memengaruhi produk atau proses, serta kondisi khusus yang menyebabkan kegagalan. Untuk mengukur kemungkinan kuantitatif,

digunakan skala 1 hingga 10, di mana probabilitas menurun dari 10 (sangat mungkin) hingga 1 (sangat tidak mungkin) (Demirkaya, 2022). Kriteria *Occurance* didasarkan pada Tabel 2.6:

Tabel 2. 6 *Occurance guideline* untuk DFMEA

Efek	Rank	Kriteria
Hampir tidak pernah	1	Kegagalan sangat tidak mungkin, tidak ada riwayat kegagalan
Jauh kemungkinan	2	<i>Customer</i> tidak terganggu
Sangat kecil	3	<i>Customer</i> sedikit terganggu
Kecil	4	<i>Customer</i> merasakan sedikit gangguan
Rendah	5	<i>Customer</i> merasakan kurang puas
Sedang	6	<i>Customer</i> merasakan ketidaknyamanan
Cukup tinggi	7	<i>Customer</i> tidak puas
Tinggi	8	<i>Customer</i> sangat tidak puas
Sangat tinggi	9	Berpotensi efek <i>hazardous</i>
Hampir pasti	10	Berefek <i>hazardous</i>

Sumber: (Demirkaya, 2022)

c. *Detectability*

Detectability menunjukkan peluang mendeteksi suatu mode kegagalan sebelum menyebabkan dampak buruk, menggunakan skala numerik 1 hingga 10. Kolom ini digunakan untuk menilai kemungkinan deteksi dini mode kegagalan selama tahap desain, pengembangan, produksi, atau penggunaan produk atau sistem (Demirkaya, 2022). Tabel 2.7 mendasarkan kriteria dari *Detectability*:

Tabel 2. 7 *Detectability guidelines* untuk DFMEA

Efek	Rank	Kriteria
Hampir pasti	1	Metode deteksi terbukti tersedia pada tahap konsep
Sangat kecil	2	Analisis komputer terbukti tersedia pada tahap desain awal
Kecil	3	Simulasi dan/atau pemodelan dilakukan pada

		tahap awal
Minor	4	Pengujian pada elemen sistem prototipe awal
Sedang	5	Pengujian pada komponen sistem pra-produksi
Signifikan	6	Pengujian pada komponen sistem serupa
Besar	7	Pengujian pada produk dengan prototipe dan komponen sistem terpasang
Ekstrem	8	Pengujian daya tahan pada produk dengan komponen sistem terpasang
Serius	9	Hanya teknik yang belum terbukti atau tidak dapat diandalkan tersedia
Berbahaya	10	Tidak ada teknik yang dikenal tersedia

Sumber:(Demirkaya, 2022)

2. *Concept* FMEA (CFMEA), jenis FMEA yang berfokus pada pendeteksian dan penilaian risiko kegagalan potensial pada tahap desain konseptual produk, sekaligus menetapkan persyaratan dan karakteristik desain yang mendukung pencapaian performa dan keandalan produk.
3. *Process* FMEA (PFMEA), PFMEA merupakan varian FMEA yang menitikberatkan pada pendeteksian dan penanganan potensi masalah dalam proses produksi, bukan pada produk atau sistem. Dengan pendekatan yang proaktif, terstruktur, kolaboratif, dan berorientasi pada risiko, PFMEA memfasilitasi perbaikan berkelanjutan dalam proses produksi.

2.5.2 Prosedur FMEA

Berikut ini adalah langkah-langkah dari prosedur FMEA yang diuraikan oleh Demikarya (Demirkaya, 2022):

1. Menentukan ruang lingkup FMEA dengan menentukan produk atau proses yang dianalisis, identifikasi potensi kegagalan, dan dampaknya terhadap produk atau proses tersebut.
2. Mengidentifikasi potensi kegagalan dengan mendeteksi semua kemungkinan kegagalan produk atau proses beserta akar penyebabnya.
3. Menilai dampak kegagalan dengan mengevaluasi efek setiap kegagalan terhadap produk, proses, serta pelanggan atau pengguna akhir.

4. Menentukan probabilitas kegagalan melalui perkiraan kemungkinan terjadinya setiap kegagalan berdasarkan data historis, pengujian, dan penilaian teknis.
5. Menetapkan *Risk Priority Number* (RPN) dengan mengalikan tingkat *risk*, probabilitas kegagalan, dan kemudahan deteksi. Kegagalan dengan RPN tertinggi diprioritaskan untuk tindakan perbaikan karena mencerminkan risiko terbesar. Adapun rumus RPN yang dijabarkan oleh Krisnanti (Krisnanti & Garside, 2022), yakni sebagai berikut

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

6. Menentukan tindakan korektif dengan identifikasi langkah-langkah pencegahan untuk mengurangi atau menghilangkan potensi kegagalan.
7. Menerapkan tindakan korektif dengan melaksanakan langkah-langkah pencegahan yang telah diidentifikasi dan verifikasi efektivitasnya dalam mengatasi kegagalan.
8. Memperbarui FMEA dengan melakukan tinjau ulang FMEA secara berkala untuk memastikan akurasi dan efektivitas, serta perbarui berdasarkan perubahan produk, proses, atau informasi baru.

2.6 Literature Review

Berikut beberapa penelitian terdahulu yang akan digunakan untuk penyelesaian penulisan ini:

Tabel 2. 8 *Literature Review*

<i>Author</i>	<i>Metode</i>	<i>Hasil</i>
(Alaca & Ceylan, 2011)	VALSAT	Berdasarkan hasil alat pemetaan aktivitas proses, total waktu proses berkurang dari 761 menit menjadi 316 menit dan meningkat sebesar 58%.
(Costa, 2018)	<i>Lean Tools</i> (5S)	Peningkatan kualitas dan keamanan pada area

		produksi kerja.
(Demirkaya, 2022)	FMEA	FMEA dengan RPN tertinggi terletak pada <i>heat treatment</i> sebesar 189
(Fibriani et al., 2023)	WAM, VALSAT dan FMEA	Hasil perhitungan tingkat sigma untuk seluruh jenis pemborosan dominan, diperoleh dengan nilai DPMO sebesar 22.750.
(Krisnanti & Garside, 2022)	WAM, VALSAT dan FMEA	Jenis pemborosan yang tergolong kritis meliputi waste defect sebesar 18,02%, waste transportation sebesar 16,14%, serta waste unnecessary motion sebesar 15,06%.
(Rizki Afif & Ari Zaqi Al, 2024)	VALSAT dan Borda	Ditemukan <i>waste defects</i> dengan bobot sebesar 0,24
(Saddam et al., 2024)	VALSAT dan FMEA	Total <i>lead time</i> sebelum perbaikan 61,787 jam, setelah perbaikan menjadi 58,037 jam.
(Saroyo, 2013)	VALSAT	Setelah menganalisis dan mengusulkan perbaikan seperti ukuran kru optimal, desain sel kerja U, <i>Kanban</i> , dan <i>autonomation</i> , waste berkurang, meningkatkan efisiensi siklus proses sebesar 12,06%.