

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Bab II merupakan tinjauan pustaka yang digunakan sebagai landasan dalam penyelesaian masalah terkait dengan metode penelitian yang digunakan serta sebagai kerangka dalam pemecahan masalah. Tinjauan pustaka pada penelitian ini berisi tentang konsep *Lean Manufacturing*, macam-macam aktivitas, konsep *seven waste*, *seven waste relationship*, *Value Stream Mapping* (VSM), dan lain-lain yang dapat dilihat pada penjelasan di bawah ini.

#### **2.1 Konsep *Lean Manufacturing***

*Lean Manufacturing* merupakan sebuah konsep berasal dari Jepang yang digunakan untuk perampingan produksi. Konsep ini diadaptasi dari sistem dan tata cara produksi perusahaan Toyota. Pendekatan ini berorientasi pada pengurangan dan menghilangkan *waste* (pemborosan) yang terjadi di dalam proses produksi dengan tujuan agar sistem produksi berjalan dengan efektif dan efisien. Konsep pendekatan ini ditemukan dan dikemukakan oleh Taichii Ohno untuk memberikan nilai tambah terhadap aliran produksi, kemudian yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produksi harus segera dikurangi [7].

Konsep *lean* merupakan pendekatan yang sistematis dalam melakukan perbaikan berkesinambungan yang lebih menekankan pada pengurangan berbagai macam pemborosan yang tidak diperlukan baik itu berupa pemborosan aktivitas maupun pemborosan sumber daya yang tidak memberikan nilai tambah pada produk. *Lean* adalah konsep perampingan atau efisiensi dan tujuan utamanya yaitu meningkatkan terus-menerus *customer value* melalui peningkatan terus-menerus rasio antara nilai tambah terhadap *waste* (*the-value-to waste ratio*) [9]. Konsep *lean* seperti ini dapat diterapkan pada perusahaan manufaktur. Dalam konsep *lean*, terdapat lima prinsip dasar penerapan konsep *lean*, yaitu [10]:

1. *Specifying Value*, yaitu mengidentifikasi nilai produk berdasarkan perspektif pelanggan, dimana pelanggan menginginkan produk dengan kualitas *superior*, harga kompetitif, dan penyerahan tepat waktu.
2. *Identify Whole Value Stream*, yaitu mengidentifikasi *Value Stream Process Mapping* (pemetaan proses pada *Value stream*) yang meliputi semua langkah

yang diperlukan untuk mendesain memesan dan memproduksi barang atau produk, untuk mencari *non added value activity*.

3. *Flow Process*, yaitu membuat *value flow* dimana semua aktivitas yang memberi nilai tambah disusun ke dalam satu aliran yang tidak terputus, dan menghilangkan *non added value activities*.
4. *Pull System*, yaitu mengatur agar material, informasi, dan produk dapat mengalir dengan lancar dan efisien sepanjang *value stream* dengan menggunakan *pull system*.
5. *Perfection*, yaitu perbaikan yang dilakukan secara terus-menerus sehingga *waste* yang terjadi dapat dihilangkan dari proses produksi yang berlangsung.

Berikut ini adalah macam-macam aktivitas yang terjadi dalam suatu organisasi [11]

1. *Value Adding* merupakan aktivitas dalam proses produksi yang memberikan nilai tambah pada suatu produk atau jasa.
2. *Non-Value Adding* merupakan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah apapun pada suatu produk atau jasa selama proses produksi. Aktivitas ini termasuk *waste* dan harus dieliminasi.
3. *Necessary but Non-Value Adding* pada aktivitas ini tidak ada penambahan nilai tambah pada produk atau jasa tetapi proses yang dilakukan masih tetap diperlukan, misalnya adalah proses inspeksi. *Lean Manufacturing* merupakan eliminasi *waste* yang terstruktur dimana pada metode ini berfokus pada bagaimana cara melakukan upaya *lean* pada aktivitas produksi. Metode ini dapat diaplikasikan pada kegiatan *engineering* dan administratif dengan baik.

*Lean* juga dikenal dengan istilah 3M yang berasal dari bahasa Jepang yaitu Muda (*waste*), Mura (*consistency*), dan Muri (*unreasonableness*). Muda (*Waste*) menjelaskan 7 *waste* antara lain adalah *waiting*, *correction*, *motion*, *overproduction*, *conveyance*, *inventory*, dan *processing* [10].

Berikut ini adalah 14 nilai-nilai dan prinsip toyota yang sangat populer dalam mengembangkan sistem produksi [1]:

1. Keputusan manajemen berdasarkan filosofi jangka panjang, dan sasarannya biaya finansial jangka pendek.
2. Membuat aliran proses berkelanjutan yang membawa permasalahan ke permukaan.

3. Menggunakan sistem tarik (*pull system*) agar dapat menghindari kelebihan produksi.
4. Membuat keseimbangan beban kerja.
5. Menciptakan kebiasaan penghentian pekerjaan jika ditemukan permasalahan, selanjutnya melakukan penyelesaian masalah lebih awal agar dapat diperoleh kualitas yang tepat.
6. Menetapkan standarisasi tugas-tugas sebagai dasar untuk melakukan peningkatan secara terus-menerus dan pemberdayaan karyawan.
7. Menggunakan visual *control* sehingga tidak ada masalah yang tersembunyi.
8. Hanya mempergunakan teknologi yang telah teruji dan handal untuk melayani orang-orang dan proses.
9. Mengembangkan kepemimpinan yang mengerti dan memahami secara detail mengenai suatu pekerjaan dan mampu menjelaskannya kepada orang lain.
10. Meningkatkan kemampuan pekerja dan kelompok yang mengikuti ketetapan atau aturan-aturan perusahaan.
11. Menghormati hubungan kerja terhadap mitra kerja dan pemasok dengan cara "Challenging" dan membantu mereka untuk meningkatkan kinerjanya.
12. Melakukan peninjauan langsung ke rantai produksi pabrik untuk memahami situasi secara seksama.
13. Membuat sebuah keputusan dengan hati-hati melalui kesepakatan secara mendetail dengan mempertimbangkan semua pilihan atau segala aspek perusahaan dan menerapkan keputusan tersebut secara cepat dan tepat.
14. Menjadi kelompok atau organisasi pembelajar melalui "*relentless reflection*" dan melakukan peningkatan mandiri secara terus-menerus.

*Lean* sebagai sebuah teori bisnis yang berlandaskan pada pengurangan atau penekanan dalam penggunaan sumber daya (termasuk waktu) dalam segala aktivitas perusahaan. Konsep *lean* memfokuskan terhadap pengidentifikasian dan pengurangan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non value adding activities*) terhadap perencanaan, perancangan, dan produksi (untuk bidang manufaktur) atau operasi (untuk bidang jasa), dan *supply chain management*, yang berkaitan langsung dengan pelanggan. Terdapat lima prinsip dasar *lean*, yaitu [1]:

1. Mengidentifikasi nilai produk (barang dan/atau jasa) berdasarkan sudut pandang konsumen, dimana konsumen menginginkan produk (barang dan/atau jasa) berkualitas tinggi, dengan harga yang kompetitif dan relatif terjangkau serta pendistribusian dengan tepat waktu.
2. Mengidentifikasi *value stream process mapping* (pemetaan proses pada *value stream*) untuk setiap produk (barang dan/atau jasa). (Catatan: umumnya sistem manajemen perusahaan industri yang ada di Indonesia hanya melakukan pemetaan proses bisnis atau proses kerja, bukan melakukan pemetaan proses produk. Hal ini berbeda dengan konsep pendekatan *lean*).
3. Menghilangkan kegiatan atau aktivitas berupa pemborosan yang tidak memiliki nilai tambah di sepanjang *value stream* tersebut.
4. Mengorganisir dan mengatur jalannya material, informasi, dan produk agar dapat mengalir secara baik dan efisien sepanjang proses *value stream* menggunakan sistem tarik (*pull system*).
5. Melakukan pencarian dan pengembangan secara terus-menerus segala bentuk teknik dan alat peningkatan (*improvement tools and techniques*).

Berikut ini prinsip-prinsip *Lean Manufacturing* dan *lean service*, yaitu [1]:

**Tabel 2.1** Prinsip *Lean Manufacturing* dan *Lean Service*

No	<b><i>Manufacturing</i></b> (Produk: Barang)	<b><i>Non-Manufacturing</i></b> (Produk: Jasa, Administrasi, Kantor)
1	Spesifikasikan secara tepat nilai produk yang diinginkan oleh pelanggan.	Menspesifikasikan secara tepat nilai dari produk yang diinginkan oleh konsumen.
2	Mengidentifikasi <i>value stream</i> untuk setiap produk.	Identifikasi <i>value stream</i> untuk setiap proses jasa.
3	Eliminasi segala bentuk pemborosan yang terdapat dalam aliran proses produksi setiap produk agar nilai mengalir tanpa hambatan.	Mengeliminasi segala bentuk pemborosan yang ada pada aliran proses jasa ( <i>moments of truth</i> ) agar nilai berjalan tanpa hambatan.  Menetapkan sistem anti kesalahan ( <i>mistake proof system</i> ) pada setiap proses jasa ( <i>Moments of Truth</i> ) untuk menghindari pemborosan dan penundaan.

**Tabel 2.1** Prinsip *Lean Manufacturing* dan *Lean Service* (Lanjutan)

No	<i>Manufacturing</i> (Produk: Barang)	<i>Non-Manufacturing</i> (Produk: Jasa, Administrasi, Kantor)
4	Menerapkan sistem Tarik ( <i>pull system</i> ) menggunakan alat Kanban yang memungkinkan pelanggan mengambil penilaian dari produsen.	Menetapkan sistem anti kesalahan ( <i>mistake proof system</i> ) pada setiap proses jasa ( <i>Moment of Truth</i> ) untuk menghindari pemborosan dan penundaan.
5	Mengejar keunggulan untuk mendapatkan kesempurnaan ( <i>zero waste</i> ) melalui peningkatan ( <i>radikal continuous improvement</i> ) secara terus-menerus.	Mengejar keunggulan untuk mendapatkan kesempurnaan ( <i>zero Waste</i> ) melalui peningkatan radikal ( <i>radical continuous improvement</i> ) secara terus menerus.

Proses produksi terdapat tiga tipe operasi yang didefinisikan menurut Monden [12]. Ketiga tipe operasi atau aktivitas tersebut, yaitu:

1. *Non-Value Adding* (NVA)

*Non-Value Adding* merupakan aktivitas yang tidak menambah nilai dari sudut pandang *customer*. Aktivitas ini merupakan *waste* dan harus dikurangi atau dihilangkan. Contoh dari aktivitas ini adalah *waiting time*, menumpuk *work in process*, dan *double handling*.

2. *Necessary but Non-Value Adding* (NNVA)

*Necessary but Non-Value Adding* adalah aktivitas yang tidak menambah nilai akan tetapi penting bagi proses yang ada. Contohnya adalah aktivitas berjalan untuk mengambil *parts*, *unpacking deliveries*, dan memindahkan *tool* dari satu tangan ke tangan yang lain. Cara untuk mengurangi atau menghilangkan aktivitas ini adalah dengan membuat perubahan pada prosedur operasi menjadi lebih sederhana dan mudah, seperti membuat *layout* baru, koordinasi dengan *supplier* dan membuat standar aktivitas.

3. *Value Adding* (VA)

*Value Adding* merupakan aktivitas yang mampu memberikan nilai tambah pada suatu material atau produk yang diproses. Aktivitas untuk memproses *raw material* atau *semi-finished product* melalui penggunaan manual labor. Material pada *Value Adding* ini berupa *raw material* bahan pembuatan Botol Gelas “*Medium Weight*”.

## 2.2 Konsep *Seven Waste*

*Waste* dapat diartikan sebagai kehilangan atau kerugian berbagai sumber daya, yaitu material, waktu (yang berkaitan dengan tenaga kerja dan peralatan) dan modal, yang diakibatkan oleh kegiatan-kegiatan yang membutuhkan biaya secara langsung maupun tidak langsung tetapi tidak menambah nilai kepada produk akhir bagi pihak pengguna jasa konstruksi [13]. *Waste* dapat juga digambarkan sebagai segala aktivitas manusia yang menyerap sumber daya dalam jumlah tertentu tetapi tidak menghasilkan nilai tambah, seperti kesalahan yang membutuhkan pembetulan, hasil produksi yang tidak diinginkan oleh pengguna, proses atau pengolahan yang tidak perlu, pergerakan tenaga kerja yang tidak berguna dan menunggu hasil akhir dari kegiatan-kegiatan sebelumnya [13]. Pemborosan (*Waste*) dikelompokkan kedalam tujuh jenis, yaitu [14]:

1. *Waste of Overproduction* (Produksi yang Berlebihan)

*Waste* jenis ini merupakan jenis *waste* yang sangat berpengaruh karena dapat mempengaruhi 6 jenis pemborosan (*waste*) lainnya, dan kapasitas dari proses produksi yang berlebih tersebut harus dipindahkan, disimpan, dan dilakukan pemeriksaan untuk mengetahui apakah terjadi kecacatan produk.

2. *Waste of Inventory* (Persediaan)

Pemborosan yang terjadi karena persediaan merupakan salah satu akibat dari *waste overproduction* dan menjadi indikasi menurunnya kinerja penjualan. Seluruh *inventory* (persediaan) adalah *waste* kecuali persediaan yang diubah langsung untuk penjualan.

3. *Waste of Defects* (Cacat/Kerusakan)

Pemborosan yang terjadi karena buruknya kualitas atau adanya kerusakan (*defect*) sehingga diperlukan perbaikan. Suatu kesalahan kegiatan yang dilakukan pekerja terhadap produk yang tidak memenuhi standar karakteristik kualitas.

4. *Waste of Transportation* (Pemindahan/Transportasi)

Pemborosan yang terjadi karena tata letak (*layout*) produksi yang buruk, pengorganisasian tempat kerja yang kurang baik. *Waste* atau pemborosan jenis ini terjadi diantara proses pengolahan dan alur jalannya pengolahan serta terjadi ketika produk akan dikirim kepada konsumen.

5. *Waste of Motion* (Gerakan)

Pemborosan yang terjadi karena gerakan/aktivitas pekerja maupun mesin yang tidak perlu dan tidak memberikan nilai tambah terhadap produk. Merupakan pergerakan tidak perlu yang dilakukan oleh pekerja, seperti operator dan mekanik berjalan di seputaran area produksi, mencari alat-alat atau material yang terjadi secara berulang, hal ini dapat dikatakan sebagai pemborosan (*waste*).

6. *Waste of Waiting* (Menunggu)

Pemborosan yang terjadi karena proses yang tidak seimbang, kerusakan mesin, *supply* komponen yang terlambat, hilangnya alat kerja atau menunggu keputusan dan informasi tertentu. Menunggu merupakan jenis kegiatan yang sederhana dengan tidak melakukan kegiatan apapun, kegiatan menunggu dapat terjadi dalam waktu yang singkat dan terjadi pada lini produksi yang tidak seimbang, serta bisa terjadi dalam waktu yang lama dikarenakan *stock out* atau kerusakan mesin.

7. *Waste of Overprocessing* (Proses yang berlebihan)

Pemborosan ini terjadi karena prosesnya tidak bisa memberikan nilai tambah bagi produk yang diproduksi maupun *customer*. Pemborosan atau *waste* ini biasanya terjadi pada proses pengolahan produk sesuai dengan apa yang konsumen inginkan. Pekerja yang membuat spesifikasi produk berdasarkan keinginan konsumen sering melakukan atau menyebabkan pemborosan pada tahap perancangan atau perencanaan. Melakukan kegiatan memilih peralatan produksi yang tidak efisien juga akan dapat meningkatkan pemborosan jenis ini.

Jenis-jenis pemborosan diatas menimbulkan penyebab awal yang mengakibatkan pemborosan itu bisa terjadi dalam suatu produksi pada perusahaan. Berikut ini tabel akar penyebab yang menimbulkan pemborosan, yaitu [1]:

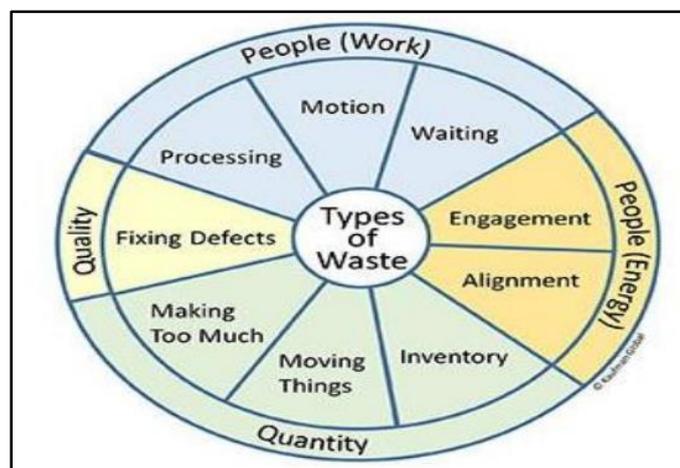
**Tabel 2.2** Akar Penyebab yang Menimbulkan Pemborosan

No	Pemborosan ( <i>Waste</i> )	Akar Penyebab ( <i>Root Causes</i> )
1.	<i>Overproduction</i> , yaitu melakukan produksi lebih dari pada kebutuhan pelanggan baik dari segi internal maupun eksternal atau melakukan produksi lebih awal dan lebih cepat dari waktu kebutuhan pelanggan.	Komunikasi tidak berjalan, sistem <i>reward</i> yang tidak tepat, dan hanya berfokus pada pekerjaan bukan untuk pemenuhan kebutuhan konsumen internal dan eksternal.
2.	<i>Inventory</i> (Persediaan) pada dasarnya <i>inventories</i> menyembunyikan masalah dan memunculkan kegiatan penanganan tambahan yang sesungguhnya tidak diperlukan. <i>Inventories</i> juga dapat mengakibatkan <i>extra paperwork</i> , <i>extra space</i> , dan <i>extra cost</i> .	Peralatan yang tidak memadai, aliran produksi yang tidak seimbang, pemasok yang tidak memiliki kapabilitas, perkiraan kebutuhan yang tidak tepat, ukuran <i>batch</i> yang besar, <i>long changeover times</i> .
3.	<i>Defects</i> (Cacat/Kerusakan) seperti <i>scrap</i> , <i>rework</i> , <i>customer returns</i> , <i>customer dissatisfaction</i> .	<i>Incapable processes</i> , <i>insufficient training</i> , tidak adanya prosedur-prosedur standar operasi ( <i>lack of standardized procedure</i> ).
4.	<i>Transportation</i> (Pemindahan/Transportasi), yaitu proses pemindahan orang atau material dari proses ke proses dalam jarak yang sangat jauh sehingga dapat mengakibatkan waktu untuk penanganan material menjadi bertambah.	Tata letak yang buruk ( <i>poor layout</i> ) tidak adanya koordinasi dalam proses, <i>poor housekeeping</i> , organisasi tempat kerja yang buruk ( <i>poor workplace organization</i> ), tempat penyimpanan material yang banyak dan saling berjauhan ( <i>multiple and long distance storage location</i> ).
5.	<i>Motion</i> (Gerakan), yaitu pergerakan dari orang atau mesin yang tidak memberikan nilai tambah kepada barang ataupun jasa yang akan diserahkan kepada konsumen dan justru menambah waktu serta biaya.	Organisasi di tempat kerja yang buruk, tata letak yang buruk, sistem atau metode kerja yang tidak konsisten, <i>poor machines design</i> .

**Tabel 2.2** Akar Penyebab yang Menimbulkan Pemborosan (Lanjutan)

No	Pemborosan ( <i>Waste</i> )	Akar Penyebab ( <i>Root Causes</i> )
6.	<i>Waiting</i> (Menunggu), yaitu waktu menunggu yang menyebabkan keterlambatan hal ini tampak dari orang-orang yang sedang menunggu mesin, peralatan, bahan baku, <i>supplies</i> , perawatan atau pemeliharaan ( <i>maintenance</i> ) dan lainnya, atau mesin-mesin yang sedang menunggu perawatan, pekerja, bahan baku, peralatan.	Ketidak-konsistenan dalam metode-metode kerja waktu pengamatan produk yang panjang ( <i>long changeover times</i> ), dll
7.	<i>Overprocessing</i> (Proses yang berlebihan) mencakup proses-proses tambahan atau kegiatan kerja yang tidak perlu dan tidak efisien.	Penggunaan peralatan yang tidak tepat, pemeliharaan peralatan yang buruk, gabungan operasi kerja gagal, proses kerja yang panjang ketika proses tersebut tidak saling terhubung satu sama lain, dan bisa saja dibuat secara terpisah.

Terdapat 10 jenis pemborosan dalam industri manufaktur yang dirumuskan oleh kaufman *consulting group* (1999), dimana jenis-jenis pemborosan tersebut dibagi kembali dalam empat kelompok utama, yaitu: orang selaku pekerja, kuantitas, kualitas dan informasi, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini [1]:

**Gambar 2.1** Sepuluh *areas of waste* dalam industri manufaktur

Berdasarkan jenis pemborosan yang telah dijabarkan sebelumnya, pendekatan yang dapat dilakukan untuk mereduksi pemborosan dalam industri manufaktur dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut [15]:

**Tabel 2.3** Pendekatan Mereduksi Pemborosan di Industri Manufaktur

Kategori Pemborosan	Jenis Pemborosan	Pendekatan Reduksi Pemborosan	Contoh Metode Peningkatan Kinerja	Fokus Peningkatan
Orang ( <i>People</i> )	<i>Processing, motion, waiting</i>	Manajemen tempat kerja ( <i>workplace management</i> )	Penetapan standar kerja, pengorganisasian tempat kerja, kaizen, 5S	Tata letak ( <i>layout</i> ), pemasangan label ( <i>labeling</i> ), <i>tools/part arrangement, work instruction, efisiensi, takt time, skills</i> (kemampuan), <i>training, shift meeting, cell/areas team, visual displays</i>
Kuantitas ( <i>Quantity</i> )	<i>Inventory, moving things, making too much</i>	JIT ( <i>Just In Time</i> )	<i>Leveling, Kanban, quick setup, preventive maintenance</i>	<i>Work balance, WIP (work in process), location/amount, kanban location, kanban types, lot sizes, changeover analyze, preventive maintenance analyze</i>
Kualitas ( <i>Quality</i> )	<i>Fixing defects</i>	<i>Error (mistake), proofing, autonomation</i>	<i>Detection, warning, prediction, jidoka</i>	<i>Fixture modifications successive checks, limit switches, check sheets, appropriated automated assistance, template</i>

**Tabel 2.3** Pendekatan Mereduksi Pemborosan di Industri Manufaktur (Lanjutan)

Kategori Pemborosan	Jenis Pemborosan	Pendekatan Reduksi Pemborosan	Contoh Metode Peningkatan Kinerja	Fokus Peningkatan
Infomasi (Infomation)	<i>Planning, scheduling, execution</i>	Teknologi infomasi berfokus proses ( <i>process focused infomation technology</i> )	<i>Plan, schedule, track, anticipate, dan optimize</i>	<i>Queue analyze, dynamic scheduling of order/job status by process element, timing/completion</i>

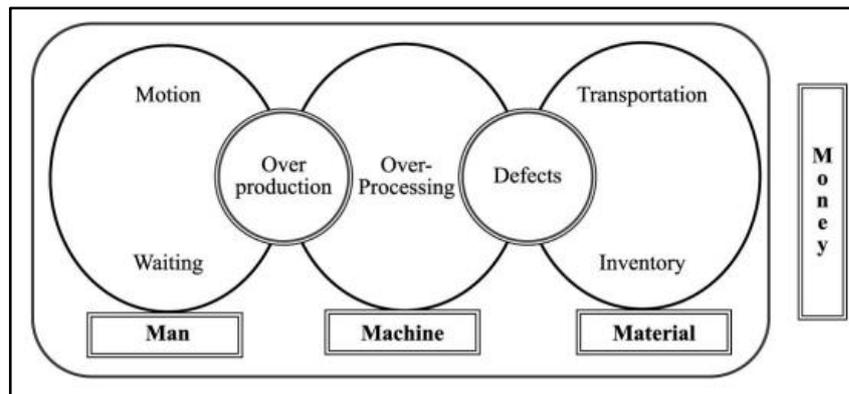
### 2.3 Seven Waste Relationship

Dalam konsep *lean*, *waste* merupakan pemborosan yang mungkin terjadi dalam aktifitas dan tidak menambah nilai produk, tapi menambah beban konsumsi sumber daya. Mengeliminasi maupun mengurangi *waste* dianggap dapat meningkatkan efisiensi maupun produktivitas proses. Identifikasi dan eliminasi *waste* secara sistematis dan terus-menerus pada keseluruhan aliran proses produksi akan membawa pada peningkatan efisiensi, perbaikan produktivitas proses dan penguatan daya saing perusahaan secara keseluruhan.

Umumnya perusahaan manufaktur yang melakukan upaya eliminasi *waste* akan segera merasakan manfaat seperti penurunan jumlah *inventory* (bahan baku, produk jadi serta *WIP*) serta meningkatnya kemampuan untuk memenuhi pesanan pelanggan. Meskipun demikian, upaya identifikasi dan eliminasi *waste* ini tidak selalu mudah. Terdapat beberapa jenis *waste* yang tersamar di dalam atau diantara berbagai proses dan aktivitas meskipun beberapa *waste* yang lain cukup mudah untuk dikenali dan diukur ataupun *waste* yang saling berkaitan. Oleh karena itu, upaya eliminasi suatu jenis *waste* tentu tanpa pertimbangan yang matang terkadang meningkatkan jenis *waste* lain. permasalahan-permasalahan semacam inilah yang mengakibatkan sulitnya upaya-upaya identifikasi dan eliminasi *waste* [16].

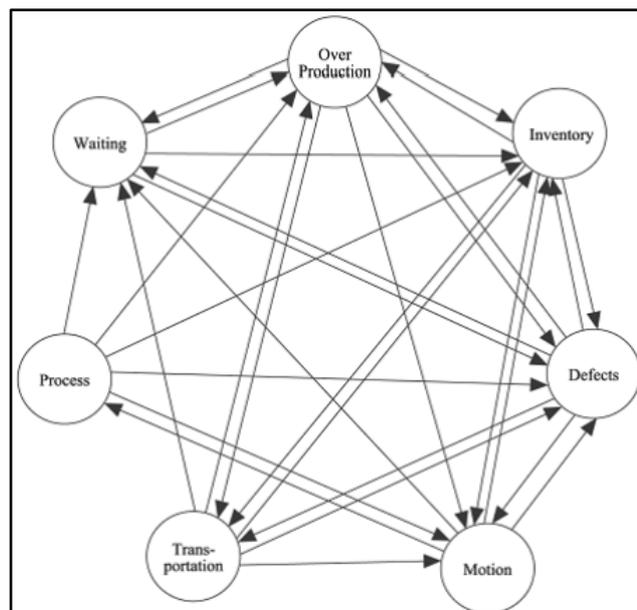
Adanya model ini dapat terbentuk alat eliminasi *waste* yang cukup komprehensif dan dapat membuat analisa yang memadai dalam penentuan dari strategi eliminasi *waste* namun tanpa memberikan pengaruh negatif dari *waste*

lainnya. Model dasar kategori pengaruh *waste* yang berdasarkan dari hubungannya dengan manusia, mesin, dan material dapat dilihat pada gambar berikut [16]:



**Gambar 2.2** Hubungan antar *waste*

Hubungan antar *waste* dikatakan sangat kompleks karena disebabkan oleh pengaruh dari setiap *waste* yang muncul secara langsung maupun tidak langsung. Menurut Rawabdeh setiap *waste* disimbolkan dengan menggunakan huruf awal dimana O yaitu *overproduction*, I yaitu *inventory*, D yaitu *defect*, M yaitu *motion*, P yaitu *process*, T yaitu *transportation*, dan W yaitu *waiting*. Masing-masing hubungan ditandai dengan simbol garis bawah “\_”. Gambar 2.3 dibawah ini menunjukkan petunjuk arah hubungan tujuh *waste* dapat dilihat pada gambar berikut [16].



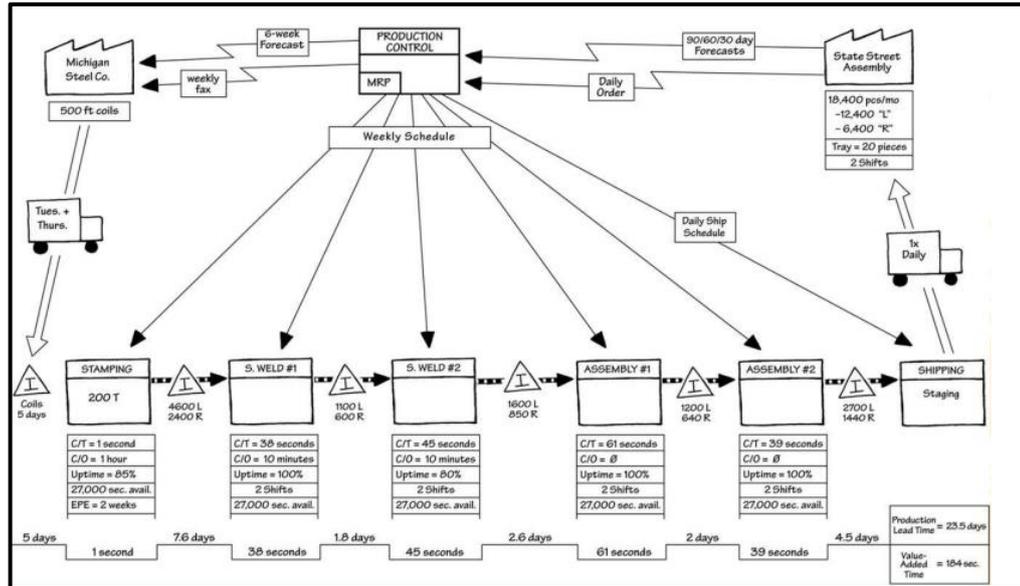
**Gambar 2.3** Hubungan tujuh *waste*

Berdasarkan gambar 2.3 ditunjukkan hubungan antara jenis *waste* yaitu *waste* O, D, dan T memiliki pengaruh terhadap semua jenis *waste* lainnya kecuali *waste* P. Sedangkan untuk *waste* P memiliki pengaruh terhadap semua jenis *waste* lainnya kecuali T. Begitu juga setelahnya sampai dengan jenis *waste* W hanya memiliki pengaruh terhadap *waste* O, I, dan D. Keseluruhan dari hubungan *waste* ini memiliki pengaruh berjumlah 31 hubungan jenis *waste* i mempengaruhi untuk *waste* j (i\_j).

#### **2.4 Value Stream Mapping (VSM)**

*Value Stream Mapping* (VSM) merupakan suatu alat (*tool*) yang biasa digunakan dalam *Lean Manufacturing* yang dapat memudahkan suatu perusahaan untuk memetakan atau menggambarkan aliran produksi secara detail untuk mengidentifikasi pemborosan (*waste*) yang ada dan menemukan akar penyebab terjadinya pemborosan tersebut serta memberikan solusi yang tepat untuk mereduksi atau menghilangkannya, sehingga perusahaan dapat memenuhi kepuasan pelanggannya. Alat ini juga bisa menunjukkan kondisi aliran material, informasi, dan produksi yang sebenarnya serta dapat memperlihatkan proses mana yang *Value Adding* dan *Non-Value Adding* [17].

*Value Stream Mapping* dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai proses yang terjadi dengan melakukan visualisasi berbagai macam tingkatan dalam proses, menunjukkan pemborosan yang terjadi dan akar penyebab, serta membantu perusahaan untuk mengambil keputusan mengenai perbaikan yang harus segera dilakukan dalam proses produksinya. Adanya gambaran keadaan awal dari proses ini sangat membantu perusahaan di masa yang akan datang untuk dijadikan gambaran yang akan diimplementasikan dalam proses perbaikan selanjutnya. Berikut ini contoh gambar bentuk *Value Stream Mapping* dalam suatu proses produksi, yaitu [11]:



**Gambar 2.4** Value stream mapping

Terdapat beberapa kelebihan dalam menggunakan *Value Stream Mapping*, yaitu dapat dibuat dengan cepat dan mudah, tidak perlu menggunakan *software* khusus untuk menggambarannya, serta dapat meningkatkan pemahaman dalam sistem produksi yang sedang berjalan dan memberikan gambaran nyata aliran material dan informasi produksi. Alat ini juga memiliki kekurangan, yaitu aliran material yang digambarkan hanya bisa untuk satu tipe produk yang sama dan tidak bisa untuk produk yang mempunyai tingkat variasi tinggi, serta *Value Stream Mapping* ini terlalu menyederhanakan masalah yang ada di rantai produksi karena alat ini memiliki bentuk statis.

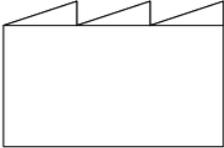
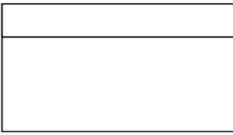
*Value Stream Mapping* ini biasanya disebut juga dengan “*Big Picture Mapping*” atau “*Current State Mapping*”, alat ini dapat menggambarkan secara jelas aliran dan material dan informasi dalam suatu *Value stream* yang berhubungan dengan perubahan permintaan pelanggan yang terjadi menjadi produk yang dapat memenuhi dan memuaskan keinginan pelanggan. Aspek penting yang perlu diperhatikan selama tahap ini adalah perlunya penyesuaian sistem produksi untuk memenuhi permintaan pelanggan, sekaligus menjaga agar proses produksi tetap fleksibel. Setelah kedua tahap dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah mengambil tindakan untuk mengubah proses aktivitas dari kondisi saat ini agar semaksimal mungkin menyerupai keadaan yang diinginkan. Setelah itu, proses dapat mulai dari awal lagi. Secara rinci, tahapan proses VSM sebagai berikut [17]:

1. Identifikasi kelompok produk atau kelompok jasa mana yang perlu dianalisis. Buatlah satu tim yang terdiri atas pemilik proses dan karyawan yang terlibat dalam proses aktivitas tersebut.
2. Analisis kondisi saat ini dan terjemahkan ke dalam skema proses umum.
3. Kumpulkan data pendukung bagi skema proses (misalnya *output*, waktu *output*, dan karyawan).
4. Rumuskan proses yang ideal berdasarkan permintaan pelanggan, yang merupakan proses kondisi masa depan. Langkah ini digunakan parameter seperti jumlah pekerjaan minimal yang sedang berjalan, waktu *set up* yang pendek dan daftar pengembangan yang diperlukan agar mencapai keadaan masa depan yang ideal.
5. Tentukan rencana tindakan untuk mewujudkan perbaikan-perbaikan yang diperlukan untuk mencapai keadaan di masa depan. Rencana tindakan ini harus berisi prioritas-prioritas untuk berbagai pengembangan yang berbeda, tindakan-tindakan yang berhubungan dengan orang, jalur waktu yang jelas, dan keterlibatan sponsor.
6. Pantau kemajuan dan mulai lagi dari Langkah 1.

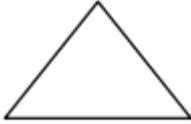
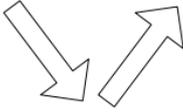
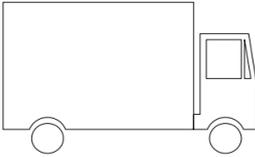
Simbol yang digunakan dalam pembuatan *current state mapping* adalah *customer* atau *supplier* yang berfungsi untuk mempresentasikan aliran material yang dilakukan oleh *customer* maupun *supplier*, *dedicated process* yang berfungsi untuk menyatakan suatu proses atau operasi yang melalui aliran material, *shared process* yang berfungsi untuk menyatakan proses atau operasi dengan famili-famili yang saling berbagi dalam *Value stream*, *data box* yang berfungsi untuk menyatakan informasi atau data yang dibutuhkan untuk menganalisis dan mengamati sistem, *operator* yang berfungsi untuk menunjukkan jumlah operator yang dibutuhkan untuk melakukan suatu proses, *shipments* yang berfungsi untuk mempresentasikan pergerakan *raw material*, *inventory* yang berfungsi untuk menunjukkan keberadaan suatu *inventory* diantara dua proses, *push arrow* yang berfungsi untuk mempresentasikan pergerakan material dari satu proses menuju proses selanjutnya, *safety stock* yang berfungsi untuk mengatasi masalah seperti *downtime* atau fluktuasi pemesanan, *external shipments* yang berfungsi untuk melambangkan pengiriman baik bahan baku maupun produk dengan pengangkutan

eksternal, *production control* yang berfungsi untuk mempresentasikan penjadwalan produksi utama, manual info yang berfungsi untuk menunjukkan aliran informasi umum, elektronik info yang berfungsi untuk mempresentasikan aliran elektronik, serta *timeline* yang berfungsi untuk menunjukkan waktu yang memberikan nilai tambah dan yang tidak memberikan nilai tambah, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut [18]:

**Tabel 2.4** Simbol-simbol *Value Stream Mapping*

No	Nama	Lambang	Fungsi					
Simbol Proses								
1.	<i>Customer/Supplier</i>		Simbol ini merepresentasikan <i>supplier</i> ketika berada di posisi kiri atas sebagai titik awal alur material dan merepresentasikan konsumen ketika berada di posisi kanan atas sebagai titik akhir dari alur material.					
2.	<i>Dedicated Process</i>		Simbol ini merupakan simbol proses, operasi, mesin, atau departemen yang mana terjadi aliran material.					
3.	<i>Data box</i>	<table border="1" data-bbox="683 1505 890 1765"> <tr><td><b>P.T=</b></td></tr> <tr><td><b>Lot Size=</b></td></tr> <tr><td><b>D.T=</b></td></tr> <tr><td><b>V.D=</b></td></tr> <tr><td><b>L.T=</b></td></tr> </table>	<b>P.T=</b>	<b>Lot Size=</b>	<b>D.T=</b>	<b>V.D=</b>	<b>L.T=</b>	Simbol ini berada di bawah simbol <i>dedicated process</i> berisi data-data atau informasi yang diperlukan untuk analisa dan observasi suatu sistem. Informasi umum yang diletakkan dalam data <i>box</i> di bawah adalah <i>processing time</i> , <i>lot size</i> , <i>delay time</i> , <i>volume delay</i> , dan <i>lead time</i> .
<b>P.T=</b>								
<b>Lot Size=</b>								
<b>D.T=</b>								
<b>V.D=</b>								
<b>L.T=</b>								

Tabel 2.4 Simbol-simbol *Value Stream Mapping* (Lanjutan)

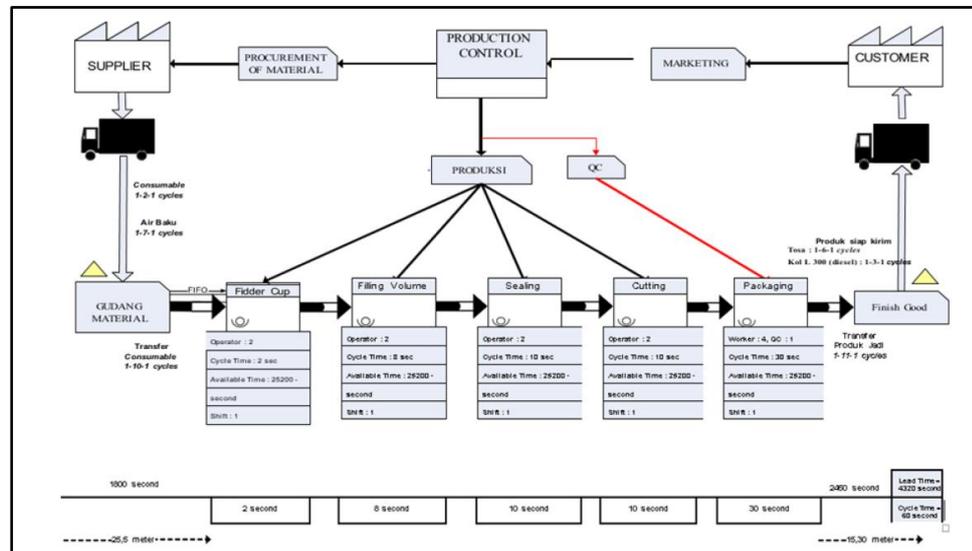
No	Nama	Lambang	Fungsi
Simbol Material			
4.	<i>Inventory</i>		Simbol ini merepresentasikan penyimpanan <i>raw material</i> , barang jadi dan <i>inventory</i> di antara dua proses.
5.	<i>Shipments</i>		Simbol ini merepresentasikan perpindahan dari <i>raw material</i> dari <i>supplier</i> sampai pada konsumen
6.	<i>Push Arrow</i>		Simbol ini merepresentasikan material yang didorong dari proses sebelum ke proses sesudahnya. <i>Push</i> berarti sebuah proses memproduksi sesuatu tanpa memperdulikan keperluan akan proses sesudahnya.
7.	<i>External Shipment</i>		Simbol ini merepresentasikan pengiriman dari <i>supplier</i> atau pengiriman kepada konsumen menggunakan transportasi eksternal.
Simbol Infomasi			
8.	<i>Other Information</i>		Simbol ini merepresentasikan tambahan informasi lain.
9.	Manual Info		Simbol panah lurus ini merepresentasikan aliran informasi dari memo, laporan, atau percakapan.

Tabel 2.4 Simbol-simbol *Value Stream Mapping* (Lanjutan)

No	Nama	Lambang	Fungsi
10.	Elektronik Info		Simbol panah yang berkelok ini merepresentasikan aliran elektronik seperti email, Intranet, dan LAN ( <i>local area network</i> ).
Simbol Umum			
11.	<i>Starburst</i>		Simbol ini digunakan untuk menyorot kebutuhan kemajuan dan merencanakan <i>kaizen workshops</i> pada proses yang dianggap <i>waste</i> .
12.	<i>Timeline</i>		Simbol ini merepresentasikan <i>timeline</i> menunjukkan <i>value added time</i> dan <i>non-value added time</i> . <i>Timeline</i> digunakan untuk menghitung <i>lead time</i> dan <i>total cycle time</i> .
13.	Operator		Simbol ini merepresentasikan operator yang diperlukan untuk memproses suatu produk/jasa pada <i>workstation</i> .

### 2.4.1 Current State Value Mapping

*Current State Value Stream Mapping* adalah dasar dalam konsep *Lean thinking* karena dengan map ini *waste* yang terjadi dapat diketahui yang mana akan dijadikan dasar dalam analisa dan rencana perbaikannya. Berikut ini contoh bentuk *Current State Value Stream Mapping*, yaitu [5]:



**Gambar 2.5** Current state map produksi kantong kemasan

Beberapa hal yang perlu diketahui diantaranya:

1. Identifikasi dan pemahaman kebutuhan *customer*.
2. Pemahaman terhadap aliran fisik produksi beserta detail – detailnya, meliputi detail proses, detail data-data yang berkaitan dengan proses, data *box*, dan *inventory*.
4. Gambarkan aliran material dengan memulai dari *end customer* (*backward*).
5. Gambarkan aliran informasi dan tentukan *pull* dan *push system*-nya

### 2.4.2 Proses Activity Mapping (PAM)

*Proses Activity Mapping* (PAM) pada dasarnya *tool* ini digunakan untuk merecord seluruh aktivitas dari suatu proses dan berusaha untuk mengurangi aktivitas yang kurang penting, menyederhanakannya, sehingga dapat mengurangi *waste*. *Tool* ini melakukan aktivitas yang dikategorikan dalam beberapa kategori seperti: *operation*, *transport*, *inspection*, dan *storage*. Selain aktivitas, *tool* ini juga merecord mesin dan area yang digunakan dalam operasi, serta jarak perpindahan, waktu yang dibutuhkan, dan jumlah operator. Proses penggunaan *tool* tersebut peneliti harus memahami dan melakukan studi berkaitan dengan aliran proses,



### 2.4.3 Waste Relationship Matrix (WRM)

*Waste Relationship Matrix* merupakan *matrix* yang digunakan untuk menganalisa dari kriteria pengukuran. Dalam setiap baris *matrix* menunjukkan hubungan antara *waste* tertentu dengan enam *waste* yang lain. Begitu juga dengan tiap kolom menunjukkan seberapa tingkat dari tipe *waste* tertentu yang mempengaruhi *waste* lainnya [16]. WRM memiliki kelebihan yaitu *matrix* sederhana dan kuisisioner yang memuat banyak hal, sehingga mampu untuk memberikan kontribusi dalam mencapai hasil akurat dari mengidentifikasi hubungan antar *waste* dengan penyebab terjadinya *waste* [16].

Melakukan perhitungan dari kekuatan *waste* dikembangkan kriteria untuk pengukuran yang berdasar pada kuesioner. Selain itu, untuk menghitung dari keterkaitan antar *waste* dilakukan dengan diskusi antara pihak dari perusahaan dan penyebaran kuesioner yang mana perhitungannya menggunakan kriteria pembobotan dengan jawaban yang memiliki rentang bobot 0-4 yang terdiri dari enam pertanyaan. Setiap baris menunjukkan pengaruh suatu *waste* tertentu terhadap keenam *waste* lainnya. Masing-masing hubungan *waste* kemudian ditanyakan enam jenis pertanyaan dengan panduan skoring yang dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut ini [16].

**Tabel 2.6** Kriteria Pembobotan Kekuatan *Waste Relationship Mapping*

No	Pertanyaan	Jawaban	Bobot
1.	Apakah I mendapatkan hasil atau menghasilkan j	a. Selalu b. Kadang-kadang c. Jarang	4 2 0
2.	Bagaimana hubungan dari jenis i dengan j	a. Jika i naik maka j naik b. Jika i naik maka j tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan	2 1 0
3.	Dampak dari j dikarenakan i	a. Tampak secara langsung dan jelas b. Butuh waktu untuk muncul c. Tidak sering muncul	4 2 0
4.	Menghilangkan dampak dari I terhadap j dapat dicapai dengan cara...	a. Metode <i>engineering</i> b. Sederhana dan langsung c. Solusi intruksional	2 1 0

**Tabel 2.6** Kriteria Pembobotan Kekuatan *Waste Relationship Mapping* (Lanjutan)

No	Pertanyaan	Jawaban	Bobot
5.	Dampak I diakibatkan j terutama mempengaruhi....	a. Kualitas produk	1
		b. Produktivitas sumber daya	1
		c. <i>Lead time</i>	1
		d. Kualitas dan produktivitas	2
		e. Kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. Produktivitas dan <i>lead time</i>	2
6.	Sebesar apa dampak I dikarenakan j akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

Berdasarkan keenam jenis pertanyaan diatas maka akan diajukan untuk masing-masing hubungan antar *waste* sehingga total pertanyaan menjadi 186 pertanyaan (31 hubungan x 6 pertanyaan). Skor yang diperoleh dari enam pertanyaan untuk masing-masing hubungan antar *waste* kemudian ditotal untuk diperoleh nilai total tiap hubungan. Nilai total tersebut kemudian dikonversi menjadi simbol kekuatan hubungan dengan mengikuti aturan konversi yang ditampilkan dalam Tabel 2.7 berikut [16].

**Tabel 2.7** Nilai Konversi Hubungan antar *Waste*

Range	Jenis Hubungan	Simbol
17-20	<i>Absolutely Necessary</i>	A
13-16	<i>Especially Important</i>	E
9-12	<i>Important</i>	I
5-8	<i>Ordinary Closeness</i>	O
1-4	<i>Unimportant</i>	U
0	<i>No Relation</i>	X

Hasil konversi kemudian digunakan lagi untuk menghitung tingkat pengaruh dari masing-masing jenis *waste* ke jenis *waste* yang lainnya dengan nilai konversi A = 10, E = 8, I = 6, O = 4, U = 2 dan X = 0. Hasil perhitungan ini nantinya akan dijumlahkan dan diketahui nilai tingkat pengaruh yang ditulis dalam satuan persen (%). Pertanyaan akan diajukan dengan cara *judgment sampling* kepada orang yang dianggap ahli dalam proses produksi dan kualitas produk. berikut ini contoh tabel WRM yang digunakan dalam pengolahan data, dimana di tabel ini berisi nilai konversi dengan menggunakan symbol, yaitu [16]

Tabel 2.8 Contoh Waste Relationship Matrix

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A	E	I	I	E	X	I
I	E	A	I	E	E	X	X
D	I	I	A	I	E	X	E
M	X	O	O	A	E	I	O
T	O	O	O	I	A	X	O
P	O	O	E	I	X	A	I
W	O	O	I	X	X	X	A

#### 2.4.4 Future State Value Mapping

*Future state value mapping* dapat digambarkan dengan melakukan analisa terhadap *current state value mapping*, berkaitan dengan itu Rother and Shook memberikan langkah-langkahnya yaitu:

1. Perhitungan TAKT *time* berdasarkan *demand* dan waktu kerja yang tersedia.
2. Kembangkan *continuous flow* jika memungkinkan.
3. Menggunakan supermarket jika *continuous flow* tidak dapat diterapkan.
4. Mencoba menerapkan penjadwalan hanya untuk satu proses produksi.
5. Menciptakan “*initial pull*”.
6. Mencoba mengembangkan kemampuan untuk memproduksi “*every part everyday*” di dalam proses sebelum proses *pacemaker*.

#### 2.5 Uji Keseragaman Data

Pengujian ini dilakukan karena keadaan sistem yang selalu berubah mengakibatkan waktu penyelesaian yang dihasilkan sistem selalu berubah-ubah, namun harus dalam batas kewajaran. Selama melakukan pengukuran, operator mungkin mendapatkan data yang tidak seragam, untuk itu digunakan alat yang dapat mendeteksinya, yaitu peta kendali. Batas kendali dibentuk dari data yang merupakan batas yang menentukan seragam tidaknya data. Data dikatakan seragam jika berada dalam batas kontrol dan data dikatakan tidak seragam jika berada diluar batas control [20]. Berikut ini persamaan yang digunakan dalam perhitungan uji keseragaman data sebagai berikut:

1. Persamaan untuk perhitungan nilai rata-rata waktu proses.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (2.1)$$

2. Persamaan untuk perhitungan nilai standar deviasi.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.2)$$

3. Persamaan untuk perhitungan batas kendali BKA dan BKB.

$$\text{BKA} = \bar{X} + Z_{\alpha/2}\sigma \quad (2.3)$$

$$\text{BKB} = \bar{X} - Z_{\alpha/2}\sigma \quad (2.4)$$

Keterangan:

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata waktu proses (detik)

$X_i$  = Waktu proses ke-I (detik)

n = Banyaknya Data

$\sigma$  = Standar Deviasi

BKA = Batas Kendali Atas

BKB = Batas Kendali Bawah

Batas-batas kontrol ini merupakan batas kontrol apakah grup "Seragam" atau "Tidak Seragam". Jika semua rata-rata proses sudah berada dalam batas kontrol, maka dapat dihitung banyaknya pengukuran yang diperlukan dengan menggunakan rumus pengujian kecukupan data.

## 2.6 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan setelah hasil dari uji keseragaman menyatakan bahwa seluruh data telah seragam. Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data waktu proses yang dikumpulkan selama pengamatan telah cukup atau belum. Persamaan yang digunakan untuk melakukan uji kecukupan data adalah sebagai berikut:

$$N = \left[ \frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right] \quad (2.5)$$

Keterangan:

$N'$  = Jumlah pengamatan yang dibutuhkan

N = Jumlah pengamatan yang telah dilakukan

k = Koefisien tingkat kepercayaan

s = Tingkat ketelitian

Jika hasil perhitungan jumlah pengukuran waktu yang dibutuhkan ( $N'$ ) lebih kecil atau sama dengan jumlah pengukuran yang telah dilakukan ( $N' \leq N$ ), maka jumlah pengukuran telah cukup mewakili populasi yang ada. Sedangkan jika ( $N' \geq N$ ) maka jumlah pengukuran masih belum mencukupi, oleh karena itu harus dilakukan pengukuran kembali sampai jumlah pengukuran yang diperlukan sudah melebihi oleh jumlah yang telah dilakukan [21].

## 2.7 Perhitungan Waktu Siklus

Waktu siklus (*cycle time*) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan produksi satu unit dari awal sampai akhir. Waktu siklus merupakan hal yang mencakup waktu proses, dimana untuk ditindaklanjuti untuk mendekatkannya ke output, dan waktu tunda (*delay time*), dimana satu unit pekerjaan dihabiskan untuk mengambil tindakan selanjutnya.

Waktu siklus adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 unit produk dari lini perakitan dengan asumsi setiap assembly mempunyai kecepatan konstan. Persamaan yang digunakan untuk mencari waktu siklus (CT) dapat dilihat berikut ini:

$$CT = \frac{\text{Production Time per Day}}{\text{Output per Day}} \quad (2.6)$$

## 2.8 Cause and Effect Diagram

*Cause and Effect Diagram* dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa pada tahun 1943 dan sering disebut *ishikawa diagram*. *Diagram* ini juga sering disebut *fishbone diagram*, dikarenakan bentuknya yang menyerupai tulang ikan. *Cause and effect diagram* adalah *diagram* yang digunakan untuk mengidentifikasi dan secara sistematis mengurutkan berbagai penyebab yang dapat dikaitkan oleh suatu masalah (atau sebuah efek) [22]. Langkah dalam membuat *cause and effect diagram*, adalah sebagai berikut [23]:

1. Mengidentifikasi masalah atau efek yang akan dianalisis.
2. Membentuk tim untuk melakukan analisis, seringkali suatu tim akan menemukan penyebab potensial melalui *brainstorming*.
3. Menggambar kotak efek dan garis tengah.

4. Menentukan kategori utama dari potensi penyebab dan menggabungkannya dalam kotak yang terhubung dengan garis tengah.
5. Mengidentifikasi penyebab yang mungkin dan mengklasifikasikannya ke dalam kategori pada langkah d membuat kategori baru, jika dibutuhkan.
6. Mengurutkan peringkat penyebab untuk mengidentifikasi penyebab yang paling mungkin memberikan pengaruh.
7. Mengambil tindakan korektif.

## **2.9 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)**

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk menggambarkan kemungkinan-kemungkinan kegagalan, dampaknya terhadap sistem (*severity*), kemungkinan terjadinya (*occurrence*), dan kemungkinan terdeteksinya sebuah kegagalan (*detection*) [24]. Penggunaan FMEA terdapat beberapa hal yang harus dilakukan adalah membuat tabel yang akan membantu analisa. Berikut ini adalah langkah-langkah pembuatan FMEA sebagai berikut:

1. Melakukan pengamatan terhadap proses.
2. Hasil pengamatan digunakan untuk menentukan *defect* potensial.
3. Mengidentifikasi potensial penyebab dari *defect* yang terjadi.
4. Mengidentifikasi akibat yang ditimbulkan.
5. Menetapkan nilai-nilai (*severity, occurrence, detection*).
6. Memasukkan kriteria nilai sesuai dengan 3 kriteria yang telah dibuat sebelumnya.
7. Mendapatkan nilai RPN (*Risk Potential Number*) dengan cara mengalikan nilai SOD (*Severity, Occurrence, Detection*).
8. Pusatkan perhatian pada nilai RPN yang tertinggi dan segera lakukan perbaikan terhadap potential *cause*, alat kontrol, dan efek yang diakibatkan.
9. Memberikan usulan perbaikan.
10. Membuat *quality plan*.

Manfaat dari penggunaan FMEA ini antara lain adalah :

1. Meningkatkan reputasi dan penjualan produk.
2. Mengurangi kebutuhan untuk perubahan-perubahan rekayasa sehingga menurunkan biaya dan mengurangi waktu siklus pengembangan produk.

3. Mengidentifikasi masalah-masalah potensial sebelum dilakukan proses produksi.
4. Membantu menghindari *scrap* dan pekerjaan ulang (*rework*).
5. Mengurangi banyaknya kegagalan produk yang dialami oleh pelanggan sehingga akan meningkatkan kepuasan pelanggan.
6. Menjamin suatu *start-up* produksi yang lebih baik.

### 2.9.1 Severity

*Severity* merupakan suatu estimasi atau perkiraan subjektif tentang bagaimana pengaruh buruk yang dirasakan akibat kegagalan dalam proses produksi barang atau jasa. Adapun skala yang menggambarkan *severity* dapat diinterpretasikan pada tabel 2.9 sebagai berikut [25]:

**Tabel 2.9** Skala *Severity*

<b>Rating</b>	<b>Efek</b>	<b>Kriteria</b>
1	Tidak Ada	Tanpa efek
2	Gangguan bersifat minor	Efek yang kecil pada proses, operasi atau operator
3	Gangguan bersifat sedang	Seluruh (100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengerjaan ulang <i>installation</i> sebelum menuju proses selanjutnya
4		
5	Gangguan bersifat sedang	Sebagian (<100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengajaran ulang secara <i>offline</i> dan diterima ( <i>rework</i> )
6	Gangguan bersifat sedang	Seluruh (100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengajaran ulang secara <i>offline</i> dan diterima ( <i>rework</i> )
7	Gangguan yang signifikan	Seluruh komponen (<100%) yang dihasilkan tidak dapat digunakan ( <i>scrap</i> )
8	Gangguan bersifat <i>mayor</i>	Seluruh komponen (100%) yang dihasilkan tidak dapat digunakan ( <i>scrap</i> )
9	Berbahaya dengan peringatan	Dapat membahayakan operator dengan peringatan
10	Berbahaya tanpa ada peringatan	Dapat membahayakan operator (mesin atau peralatan) tanpa adanya peringatan

### 2.9.2 Occurrence

*Occurrence* menunjukkan nilai keseringan suatu masalah terjadi karena potensial *cause*. Adapun skala yang menggambarkan *occurrence* dapat diinterpretasikan pada tabel 2.10 sebagai berikut [25]:

**Tabel 2.10** Skala *Occurrence*

<b>Ranking</b>	<b>Tingkat Kegagalan</b>	<b>Deskripsi</b>
1	$\leq 0,01$ dari 1000 satuan	Hampir tidak ada kegagalan terjadi
2	0,1 dari 1000 satuan	Rendah: kegagalan sedikit terjadi
3	0,5 dari 1000 satuan	
4	1 dari 1000 satuan	Menengah: kegagalan kadang-kadang terjadi
5	2 dari 1000 satuan	
6	5 dari 1000 satuan	
7	10 dari 1000 satuan	Tinggi: kegagalan sering terjadi
8	20 dari 1000 satuan	
9	50 dari 1000 satuan	Sangat tinggi: kegagalan terus menerus terjadi
10	$\geq 100$ dari 1000 satuan	

### 2.9.3 Detection

*Detection* merupakan alat kontrol yang digunakan untuk mendeteksi *potential cause*. Adapun skala yang menggambarkan *detection* dapat diinterpretasikan dalam tabel 2.11 sebagai berikut [25]:

**Tabel 2.11** Skala *Detection*

Ranking	Tipe Inspeksi			Tingkat Kegagalan	Deskripsi
	A	B	C		
1	×			Hampir Pasti	Komponen yang tidak sesuai tidak dapat dihasilkan.
2	×	×		Sangat Tinggi	<i>Error detection in station (automatic gauging</i> dengan fitur pemberhentian secara otomatis). Tidak dapat melewati komponen yang tidak sesuai.
3	×	×		Tinggi	<i>Error detection in station</i> , atau <i>error detection</i> pada operasi berikutnya dengan tipe penerimaan ( <i>acceptance</i> ) yang berlapis: <i>supply, select, install, verify</i> . Tidak dapat menerima komponen yang tidak sesuai.
4	×	×		Cukup Tinggi	<i>Error detection</i> pada operasi berikutnya, atau pengukuran saat <i>set up</i> dan pemeriksaan pada komponen pertama yang dihasilkan ( <i>first-piece check</i> ).
5		×		Sedang	Kontrol deteksi berdasarkan pengukuran setelah komponen meninggalkan stasiun ( <i>variable gauging</i> ), atau <i>Go/On Go gauging</i> dilakukan pada 100% dari komponen setelah komponen meninggalkan stasiun.
6		×	×	Rendah	Kontrol deteksi dilakukan dengan metode SPC ( <i>Statistical Process Control</i> ).
7			×	Sangat Rendah	Kontrol deteksi dilakukan hanya dengan pemeriksaan ganda secara visual.
8			×	Kecil	Kontrol deteksi dilakukan hanya dengan pemeriksaan secara visual.
9			×	Sangat Kecil	Kontrol deteksi dilakukan hanya dengan pemeriksaan secara random.
10			×	Hampir Tidak Mungkin	Tidak dapat mendeteksi.

#### 2.9.4 Risk Priority Number (RPN)

*Risk Priority Number* (RPN) merupakan hasil perkalian dari ketiga indikator, yaitu nilai keparah (*Severity*), nilai kejadian (*Occurrence*), dan nilai deteksi (*Detection*). RPN adalah hasil kali nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{RPN} = \text{Sev} \times \text{Occ} \times \text{Det} \quad (2.7)$$

Keterangan:

Sev = Rangkaing *severity* atau tingkat keparahan efek kegagalan

Occ = Rangkaing *occurrence* atau tingkat kemungkinan munculnya penyebab kegagalan

Det = Rangkaing *detection* atau tingkat deteksi metode pengendalian yang digunakan saat ini

Rangkaing dan RPN hanya digunakan untuk mengurutkan dan melihat tingkatan nilai pada hasil identifikasi terhadap kelemahan yang potensial sehingga dapat dipertimbangkan tindakan-tindakan rekomendasi yang mungkin diambil untuk mengurangi kelemahan tersebut sehingga akan diperoleh proses yang lebih handal dan dapat meminimalisasi kegagalan yang akan terjadi. Urutan tertinggi dari nilai RPN dengan batasan tertentu sesuai hasil *brainstorming* dengan pihak perusahaan akan diberikan tindakan rekomendasi pencegahan.

#### 2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan suatu upaya bagi peneliti untuk mencari perbandingan dan selanjutnya untuk menemukan inspirasi baru untuk penelitian selanjutnya. Berdasarkan penelitian terdahulu, penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Berikut ini merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2.12 Penelitian Terdahulu

No	Penelitian	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Publikasi
1.	Taufiqur Rachman	Penerapan Konsep <i>Lean Manufacturing</i> untuk Perbaikan Proses Produksi <i>Inner Tube</i> Produk <i>Hydraulic Filter</i> di PT. SS	VSM dan <i>Process Activity Mapping</i> (PAM)	Penelitian ini dilakukan pada PT. SS yang merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi <i>Hydraulic Filter</i> . Penelitian ini dibatasi hanya pada <i>line</i> perakitan <i>inner tube perforating</i> . Berdasarkan hasil wawancara dan pengamatan di lapangan, pada <i>line</i> perakitan ini terlihat adanya pemborosan ( <i>waste</i> ) pada proses produksi pembuatan <i>inner tube perforating</i> . Penyebab jenis <i>waste motion</i> pada proses pembuatan komponen <i>inner tube perforating</i> di PT. SS, yaitu metode kerja yang banyak memiliki pemborosan aktivitas atau dengan kata lain bahwa banyak aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah. Oleh sebab itu usulan perbaikan akan dilakukan pada perbaikan metode kerja yang dapat menggunakan penerapan <i>line balancing</i> , Penerapan <i>economic motion</i> , pembuatan alat bantu untuk <i>material handling</i> , dan lain-lain.	Jurnal Inovisi, Vol. 15, No.2, Oktober 2019
2.	Haris, Djuma hariyanto dan Santoso	Penerapan <i>Lean Manufacturing</i> dengan Metode VSM dan FMEA untuk Mereduksi Pemborosan produksi Sarden	VSM, FMEA dan <i>Fishbone Diagram</i>	Terdapat 3 jenis pemborosan ( <i>waste</i> ) yang teridentifikasi yaitu <i>waiting time</i> , <i>unnecessary inventory</i> dan <i>defect</i> (kembung). Faktor yang mempengaruhi adanya kedua jenis pemborosan yang teridentifikasi tersebut antara lain <i>Waiting time</i> dan <i>unnecessary inventory</i> karena keduanya berkaitan erat dan disebabkan oleh unit mesin pembersih produk yang kurang. Kurangnya mesin pencuci menyebabkan adanya penumpukan produk sehingga terjadi waktu tunggu. <i>Defect</i> kembang disebabkan adanya pertumbuhan bakteri dalam kaleng.	Jurnal Energi dan Manufaktur Vol. 13, No. 1, April 2020

Tabel 2.12 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Penelitian	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Publikasi
				<p>Rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan antara lain menambahkan mesin pencuci produk, sehingga pemborosan <i>waiting time</i> dan <i>unnecessary inventory</i> dapat berkurang. Pada proses produksi sarden 125g CV. X hanya terdapat 1 unit mesin pencuci produk yang dirancang khusus menyesuaikan kebutuhan perusahaan dengan kemampuan 156 kaleng/menit, namun pada keadaan lapangan kemampuan mesin tersebut masih kurang. Melakukan penegasan terhadap kelengkapan karyawan berupa penggunaan sepatu, baju produksi, masker, penutup rambut, dan mengganti penggunaan sarung tangan kain dengan sarung tangan lateks. Memastikan suhu media (<i>saus</i>) dalam kondisi panas saat penuangan serta membersihkan nampan ikan setiap hari setelah produksi selesai agar kebersihan tetap terjaga.</p>	
3.	Ratna Novitasari dan Irwan Iftadi	<p>Analisis <i>Lean Manufacturing</i> untuk meminimasi <i>Waste</i> Pada Proses <i>Door PU</i></p>	VSM, dan <i>Root Cause Analysis</i>	<p>Berdasarkan pengolahan data dan analisis diketahui terdapat dua <i>waste</i> yang ditemukan pada proses produksi <i>Door PU line B</i> yaitu <i>waste</i> berupa <i>defect</i> dan <i>waiting</i>. Perbaikan proses sesuai dengan <i>root analysis</i> mampu merampingkan proses <i>Door PU line B</i> dari 26 aktivitas menjadi 24 aktivitas. Perubahan jumlah aktivitas mampu meningkatkan nilai PCE dari 23,67% menjadi 31,45%. Penelitian lanjutan yang dapat dilakukan adalah melakukan penelitian mengenai manajemen produksi yang dapat dikaji untuk meningkatkan efisiensi proses produksi, terutama dengan adanya penerapan produksi multi item yang berlangsung.</p>	<p>Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya, Vol. 6, No.1, Juni 2020</p>

Tabel 2.12 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Penelitian	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Publikasi
4.	Belita dan Nina	<p><i>Implementasi Lean Manufacturing Guna Meminimasi Pemborosan Pada Proses Produksi AMDK Jenis Gelas Pada PT. XYZ</i></p>	<p>VSM dan FMEA, <i>Fishbone Diagram</i></p>	<p>Hasil analisis dari aktivitas-aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah sepanjang konfigurasi aliran produksi dan aliran informasi pada produksi perusahaan PT. XYZ sebagai upaya minimasi <i>waste</i> pada proses adalah melakukan upaya tindakan sebagai usulan perbaikan pada aktivitas penyebab <i>waste</i> secara keseluruhan yang mendominasi, menggunakan 5W+1H untuk usulan perbaikan. Peningkatan <i>complete quality management</i>, upaya pendekatan khusus atasan dengan bawahan, bekerja sesuai standar, <i>continuation</i> dilakukan secara pengontrolan, dan evaluasi berkala merupakan masukan bagi perusahaan guna peningkatan <i>production</i> produksi berbasis eliminasi pemborosan. Pelaksanaan khusus kepada <i>training</i> operator dapat dilakukan secara berkala operator agar dalam pelaksanaannya operator di lapangan mampu mengimplementasikan hasil temuan dari kesalahan yang dilakukan pada periode produksi sebelumnya.</p>	<p>Serambi <i>Engineering</i>, Vol. VI, No. 2, April 2021</p>

Tabel 2.12 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Penelitian	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Publikasi
5.	Fadilah, Henri dan Endang	Penerapan <i>Lean Manufacturing</i> Dengan Metode <i>Value Stream Mapping</i> untuk Mengurangi <i>Waste</i> Pada Proses Pengecekan Material Bahan Baku Ke Lini Produksi	VSM, <i>Fishbone Diagram</i>	PT. <i>Bright Mobile Telecommunication</i> merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi <i>handphone</i> , salah satunya <i>handphone</i> merk OPPO dan REALME. Dalam memenuhi untuk memenuhi kebutuhan produksinya PT. <i>Bright Mobile Telecommunication</i> bekerja sama dengan <i>supplier</i> yang ada di Indonesia. Dalam proses pengiriman di PT. <i>Bright Mobile Telecommunication</i> melibatkan dua divisi yaitu divisi IQC dan divisi <i>warehouse</i> . Sebelum dikirim material harus dicek terlebih dahulu pada divisi IQC untuk mencegah masalah kualitas di lini produksi namun keterlambatan pengiriman material bahan baku ke lini produksi sering terjadi karena tidak efektifnya proses pengecekan disebabkan adanya aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah yang merupakan sumber pemborosan ( <i>waste</i> ). Maka <i>tools Value Stream Mapping</i> digunakan untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi awal perusahaan, serta kondisi akhir setelah dilakukan perbaikan menggunakan <i>kanzen</i> . Dari penelitian yang dilakukan diperoleh beberapa <i>waste</i> pada proses pengecekan diantaranya, yaitu <i>Transportation</i> , <i>Unappropriate processing</i> (proses yang tidak tepat), <i>Unnecessary motion</i> (gerakan yang tidak perlu), <i>waiting</i> (menunggu).	Journal Industrial <i>Manufacturing</i> , Vol. 7, No. 1, Februari 2022

### **2.11 Posisi Penelitian**

Posisi penelitian dilakukan dengan cara peneliti melakukan studi pustaka untuk mengetahui posisi penelitiannya serta membandingkan penelitian yang sekarang dengan penelitian sebelumnya. Hal ini dilakukan karena peneliti menyadari bahwa penelitian yang dilakukan bukan merupakan penelitian yang pertama, tetapi sudah ada beberapa penelitian yang menggunakan metode serupa. Berikut ini beberapa peneliti yang terkait dengan penelitian ini yang disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 2.13** Posisi Penelitian

No	Peneliti	Metode yang digunakan							
		VSM	VALSAT	WRM	PAM	OPC	RCA	FMEA	<i>Fishbone Diagram</i>
1.	Taufiqur Rachman (2019)	√	-	-	√	-	-	-	-
2.	Haris, Djuma hariyanto dan Santoso (2020)	√	-	-	-	-	-	√	√
3.	Ratna Novitasari dan Irwan Iftadi (2020)	√	-	-	-	-	√	-	-
4.	Belita dan Nina (2021)	√	-	-	-	-	-	√	√
5.	Fadilah, Henri dan Endang (2022)	√	-	-	-	-	-	-	√
6.	Sinta Fitriana (2023)	√	-	√	√	-	-	√	√