

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

Bab landasan teori berisikan tinjauan pustaka yang berguna sebagai dasar atau acuan dalam dilakukannya penelitian tugas akhir ini. Sumber teori yang digunakan pada penelitian ini berasal dari beberapa sumber mencakup jurnal, buku, artikel ilmiah, maupun sumber-sumber lain yang terkait

#### **2.1. *Lean Manufacturing***

##### **2.1.1. Pengertian *Lean***

*Lean* adalah salah satu alat untuk manajemen kualitas. Dalam banyak perusahaan bisnis, *Lean* membantu meningkatkan pangsa pasar dengan mencoba meminimalkan biaya operasi. Banyak perusahaan berfokus pada mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan ketika mereka ingin menerapkan *Lean* dengan sukses. (Maiseyenka, 2016, p. 7)

Organisasi yang berpikiran ramping mengetahui nilai pelanggannya dan terus berupaya meningkatkannya. Tujuan utamanya adalah untuk melayani nilai ideal kepada pengguna akhir melalui pembentukan nilai yang sangat baik yang memiliki *zero waste*. (Alagundagi, 2015, p.3)

##### **2.1.2. Pengertian *Manufacturing***

*Manufacturing* memiliki arti manufaktur dalam bahasa Indonesia. Manufaktur adalah kata yang berasal dari bahasa Latin, yaitu *manus factus* yang berarti dibuat dengan tangan. Jika kita melihat kata “manufaktur”, dalam arti yang paling luas, adalah proses merubah bahan baku menjadi suatu produk. Proses ini meliputi: perancangan produk, pemilihan material dan tahap-tahap proses dimana produk tersebut dibuat. Definisi manufaktur secara umum adalah suatu aktifitas

yang kompleks yang melibatkan berbagai variasi sumberdaya dan aktifitas perancangan produk, pembelian, pemasaran, mesin dan perkakas, *manufacturing*, penjualan, perancangan proses, *production control*, pengiriman material, *support service*, dan *customer service*. (Salman, 2015, p. 2)

### **2.1.3. Pengertian *Lean Manufacturing***

*Lean Manufacturing* mengacu pada proses produksi baru yang dinamis dan berkembang yang mencakup keseluruhan perusahaan, mencakup semua aspek operasi industri (pengembangan produk, manufaktur, organisasi, sumber daya manusia, dukungan pelanggan) dan termasuk jaringan pelanggan-pemasok, yang diatur oleh serangkaian sistematik prinsip, metode, dan praktik. Prinsip dasar *Lean* adalah kualitas pertama yang sempurna, minimisasi pemborosan dengan menghapus semua aktivitas yang tidak menambah nilai, peningkatan berkelanjutan, fleksibilitas, dan hubungan jangka panjang. (Anvari, 2011, p.1587)

Menurut *Lean manufacturing*, lima prinsip dari *Lean Manufacturing* adalah berdasarkan nilai yang ditentukan pelanggan. Prinsip lainnya adalah mengidentifikasi dan menciptakan aliran material dari pengelolaan bahan mentah hingga pengiriman ke pelanggan, membuat aliran material lancar tanpa penyimpanan atau penundaan, memandu agar produksi tanpa mendorong, hanya dengan menarik, dan berjuang untuk mencapai kesempurnaan. “*Value* adalah nilai yang melekat pada suatu produk sebagaimana dinilai oleh pelanggan dan tercermin dalam harga jual dan permintaan pasarnya”. Beberapa fase produksi memiliki nilai bagi pelanggan dan beberapa tidak. Misalnya, berjalan, transportasi material dan pengerjaan ulang tidak memiliki nilai bagi pelanggan. (Koistinen, 2015, p. 9)

Konsep *Lean Manufacturing* diharapkan dapat memperbaiki sistem produksi dengan menghilangkan pemborosan dan menurunkan *lead time* produksi dari perusahaan sehingga dapat mengurangi aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah dan secara tidak langsung dapat menurunkan biaya produksi sehingga meningkatkan keuntungan yang diperoleh.

Konsep *lean production* dikenal luas sebagai suatu mekanisme dalam menjamin perbaikan pada proses produksi perusahaan. Konsep ini merupakan perpaduan antara proses produksi konvensional (*craft*) dengan proses produksi massal (*mass production*) yang mampu menghasilkan kemampuan untuk mereduksi *cost per unit* dan meningkatkan kualitas secara bersamaan.

#### **2.1.4. Langkah-langkah penerapan *Lean Manufacturing***

Berikut merupakan langkah-langkah dalam penerapan *lean manufacturing* pada perusahaan (Gupta, 2013, p.241):

1. Identifikasi pemborosan dalam sistem. Banyak organisasi perlu mengetahui bahwa mereka memiliki banyak pemborosan yang tersembunyi dan tidak tersembunyi dalam sistem mereka.
2. Pemborosan yang ada dalam organisasi dapat dari berbagai jenis. Perlu diketahui jenis-jenis pemborosan dan penyebabnya. *Lean manufacturing* percaya dalam mengobati penyebab dan menyembuhkan masalah secara permanen. Ada berbagai alat dan teknik yang cukup membantu dalam mengurangi atau menghilangkan jenis pemborosan tersebut.
3. Langkah selanjutnya adalah mencari solusi untuk akar penyebab. Seseorang harus tetap berpegang pada konsep dasar *lean* dan mengidentifikasi akar penyebabnya. Melihat penyebab mungkin tidak

membantu dengan benar, jadi ada kebutuhan untuk mengidentifikasi efek dari solusi pada keseluruhan sistem.

4. Langkah terakhir dalam proses implementasi *lean* adalah menemukan solusi dan menguji solusi terlebih dahulu. Setelah solusi diuji maka mereka harus diimplementasikan. Pelatihan dan tindak lanjut penting dalam setiap langkah yang dijelaskan di atas.

#### **2.1.5. Klasifikasi Aktivitas**

Ada tiga macam aktivitas yang menjadi bahasan utama dalam *lean manufacturing* (Hines & Taylor, 2000, p.10) yakni:

1. *Value Added (VA) Activity*

*Value Added* merupakan aktivitas-aktivitas yang mampu memberikan nilai tambah terhadap produk dilihat dari sudut pandang pelanggan. Dengan adanya *Value Added*, pelanggan merasa produk yang dihasilkan lebih bernilai.

2. *Necessary but Non-Value Added (NNVA) Activity*

*NNVA* merupakan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk dilihat dari sudut pandang konsumen, tetapi aktivitas ini penting terhadap proses yang ada. Pemborosan tersebut lebih sulit dihilangkan dalam jangka pendek dan harus menjadi target untuk perubahan jangka panjang atau radikal.

3. *Non-Value Added (NVA) Activity*

*NVA* merupakan aktivitas yang sama sekali tidak memberikan nilai tambah terhadap produk dilihat dari sudut pandang konsumen. Aktivitas ini merupakan pemborosan (*waste*) yang harus dikurangi atau dihilangkan untuk meningkatkan produktivitas kerja.

### 2.1.6. Otomatisasi dalam *Lean Manufacturing*

Prinsip-prinsip *Lean Production* telah diterima secara luas di industri sejak kemunculan pertama di awal 1990-an. Karakteristik kritis dari *Lean Production* adalah integrasi ketat manusia dalam proses produksi, peningkatan berkelanjutan dan fokus pada aktivitas yang menambah nilai dengan menghindari pemborosan. Pendekatan pertama untuk mengintegrasikan teknologi otomasi ke dalam *Lean Production* muncul dan disebut *Lean Automation* atau Otomatisasi Ramping. Saat ini, ada area aplikasi baru untuk *Lean Automation* karena potensi teknologi Industri 4.0. Misalnya dengan menerapkan *Cyber-Physical Systems (CPS)* yang fleksibel, kuat, dan terjangkau. Area aplikasi baru termasuk meningkatkan solusi *Lean Production* yang ada serta memperluas penerapan Otomatisasi Ramping ke berbagai jenis produksi (Kolberg, 2015, p.1).

“Industri 4.0” saat ini secara signifikan mengubah metode manufaktur dan hubungan antara pelaku ekonomi baik di dalam maupun di luar perusahaan. Perubahan menjadi semakin relevan di pasar tenaga kerja dan spektrum pemangku kepentingan organisasi yang lebih luas. Industri 4.0 adalah pendekatan yang membentuk jaringan di mana komponen dan mesin serta pekerja menjadi “cerdas” dan menjadi bagian dari pemikiran standar. Standarisasi yang terbukti dan ketat memungkinkan penanganan setiap bagian yang penting bagi bisnis sebagai fondasi untuk membuat sistem yang lebih besar dan lebih efisien. Ada tiga konsep utama yang menjadi ciri Industri 4.0. Ini adalah *Internet of Things (IoT)*, Sistem *Cyber-Physical (CPS)*, dan *Smart Factories* atau Pabrik Cerdas.

*Internet of Things (IoT)* adalah perkembangan teknologi yang paling penting dan diperlukan di basis Industri 4.0. *Internet of Things* adalah hasil dari kombinasi teknologi fisik yang dikembangkan selama Revolusi Industri dan

kemajuan yang diakui dari Revolusi Internet (dalam kinerja komputer, teknologi informasi, dan dalam teknologi komunikasi). *IoT* memiliki konsekuensi penting untuk pengaturan industri. Aplikasi industrinya dapat diringkas dalam terminologi yang diperluas dari *Industrial Internet of Things (IIoT)*. Visibilitas dan keterhitungan data kinerja dapat menghasilkan peningkatan efisiensi yang signifikan. Berdasarkan teknologi *IIoT*, pekerja dapat terhubung di mana pun mereka berada dan kapan pun mereka mau dan sebagian besar operasi kerja tim, desain, manajemen, atau pemeliharaan dapat dijalankan dari jarak jauh dengan informasi yang lengkap tepat waktu.

Sistem *Cyber-Physical* adalah fitur penting dari Industri 4.0 dan dapat didefinisikan sebagai “integrasi komputasi, jaringan, dan proses fisik; di mana proses fisik mempengaruhi komputasi dan sebaliknya”. Mereka adalah sistem komputer yang mampu terus berinteraksi dengan sistem fisik di mana mereka beroperasi. Sistem mereka terdiri dari elemen fisik masing-masing dengan kapasitas komputasi. Peningkatan dalam teknologi sensor, miniaturisasi, dan efisiensi energi telah berkontribusi pada kemungkinan penerapan sebagian besar *CPS*. Sensor adalah perangkat keras yang menghasilkan respon terukur terhadap perubahan kondisi fisik sebagai sinyal analog kemudian diubah menjadi sinyal digital oleh konverter analog-ke-digital.

*Smart Factories* atau Pabrik pintar adalah fasilitas produksi yang sangat digital dan terhubung yang mengandalkan teknologi seperti kecerdasan buatan, robotika, analitik, data besar, dan internet berbagai hal dan dapat berjalan sebagian besar secara mandiri dengan kemampuan untuk mengoreksi diri (Testi, 2018, p.18-22).

Digitalisasi sistem *Kanban* sudah dikenal sejak beberapa tahun lalu. Tergantung pada implementasi dari apa yang disebut sistem *e-Kanban* ini, tempat sampah yang hilang atau kosong dikenali secara otomatis melalui sensor. Sistem *e-Kanban* mengirimkan *Kanban* virtual untuk memicu pengisian ulang. Dengan menggunakan Teknologi Informasi Komunikasi, *Kanban* yang hilang tidak menyebabkan kesalahan dalam pengendalian produksi lagi selama persediaan dalam sistem eksekusi manufaktur sesuai dengan persediaan sebenarnya. Selain itu, penyesuaian *Kanban* karena perubahan ukuran *batch*, proses, atau waktu siklus dapat dilakukan dengan mudah ((Dickmann, 2007, p. 143-148).

*Kanban* cocok untuk fluktuasi permintaan yang rendah dan kualitas produk serta waktu pengiriman yang tinggi. Modifikasi waktu kerja yang fleksibel sesuai, karena kapasitas tenaga kerja harus dikoordinasikan sesuai dengan kebutuhan produksi aktual. Dalam sistem *Kanban* tradisional, pengisian kembali stok diorientasikan melalui status stok, dan pengenalan teknologi RFID (*Radio-Frequency Identification*) akan memungkinkan pemantauan stok secara *real-time*. Jika sebelumnya pengisian ulang material atau sinyal membutuhkan material ditandai dengan kartu, saat ini kontainer dapat didigitalkan menggunakan sistem *CPS/Cyber-physical*. Teknologi yang digunakan disebut wadah cerdas (iBin), yang meningkatkan fleksibilitas sistem pasokan.

Dengan diperkenalkannya *CPS*, konsep *Kanban* bertujuan untuk mengotomatisasi dengan terbatas dan tanpa interaksi manusia, misal halnya tangki penyimpanan cerdas beroperasi berdasarkan prinsip pengaturan mandiri, yang berkontribusi pada desentralisasi proses pengumpulan dan transfer data (Pekarcikova, 2020, p. 244).

## 2.2. Pemborosan (*Waste*)

### 2.2.1. Pengertian Pemborosan (*Waste*)

Pemborosan (*waste*) adalah segala hal selain kebutuhan minimum dari alat, bahan, bagian, dan pekerja (waktu kerja) yang sangat penting untuk produksi (Santosa, 2018, p.1).

*Waste* dalam *Lean* dapat digambarkan dengan 3M *muda* (*waste*), *mura* (*unevenness*), dan *muri* (*overburden*). Di TPS, produktivitas pekerja sangat penting dan mendasar; maka biaya harus dikurangi dan meningkatkan kualitas produk. Ada tujuh jenis pemborosan dalam manufaktur yaitu pengangkutan, persediaan, gerakan, menunggu, pemrosesan berlebih, produksi berlebih, cacat (Bhosale, 2020, p. 8). *Waste* harus dihilangkan guna meningkatkan nilai produk dan selanjutnya meningkatkan *customer value*.

### 2.2.2. *Waste Classification*

#### 1. Produksi Berlebih (*Overproduction*)

Dalam bidang manufaktur, produksi berlebih dikenal sebagai sumber dari semua pemborosan. Membuat produk dalam jumlah besar dari permintaan pelanggan atau memproduksi lebih awal dari produk yang dibutuhkan menyebabkan kelebihan persediaan yang dikenal sebagai *overproduction*. Lebih banyak pekerjaan dalam proses berarti pekerja harus menggunakan lebih banyak peralatan untuk memindahkan persediaan dari satu tempat ke tempat lain, yang menyebabkan kelebihan pengangkutan. Kelebihan alat angkut ini membutuhkan waktu untuk memindahkan produk yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya gerak berlebih, karena kelebihan persediaan tersebut menyebabkan beban kerja yang tidak merata; karenanya, proses berlebih menimbulkan pemborosan lainnya.

2. Proses Berlebih (*Over-processing*)

*Over-processing* adalah jenis pemborosan yang akan menambah lebih banyak bentuk, kecocokan atau fungsi pada produk dari yang diperlukan. Namun, menambahkan nilai lebih pada produk yang tidak mau dibayar oleh pelanggan adalah pemrosesan yang berlebihan.

3. Persediaan Berlebih (*Inventory Waste*)

Persediaan ditentukan oleh jumlah bahan baku, barang dalam proses atau produk jadi dalam proses. Ada dua jenis persediaan yang dikenal sebagai persediaan yang diperlukan dan persediaan alami. Persediaan alami dapat terakumulasi ketika ada permintaan pasar yang berfluktuasi, produksi berlebih, produksi lot. Dalam persediaan yang diperlukan, suku cadang diproduksi lebih awal dari yang dibutuhkan karena siklus produksi yang lebih lama atau fluktuasi permintaan. Ini juga dikenal sebagai produksi awal.

4. Transportasi yang Tidak Perlu (*Transport Waste*)

Transportasi tidak menambah nilai pada produk, dan pelanggan tidak mau membayar untuk itu. Setiap pengangkutan yang tidak perlu seperti pengangkutan dari gudang ke pabrik atau gudang ke tempat yang dihormati dikenal sebagai limbah. Oleh karena itu dalam *Toyota Production System*, sangat penting untuk meningkatkan tata letak di dalam pabrik dengan menempati lebih sedikit ruang dan mengurangi jarak angkut.

5. Produk Cacat (*Defect Waste*)

Ketika cacat terjadi di manufaktur, bagian-bagian ini dikirim kembali untuk dikerjakan ulang atau dibuang. Beberapa cacat mungkin memerlukan banyak waktu dan pengerjaan ulang, yang dapat meningkatkan biaya.

6. Waktu Menunggu (*Waiting waste*)

Merupakan jenis pemborosan yang terjadi ketika mesin sedang menunggu pekerja atau pekerja sedang menunggu mesin karena waktu operasi yang lebih lama. Ketika persediaan atau operasi tidak bergerak atau digunakan maka terjadi penantian. Bisa berupa *downtime* mesin atau penundaan produksi lot.

7. Gerakan yang tidak perlu (*Motion Waste*)

Penyelesaian tugas oleh pekerja disertai dengan gerakannya. Di *Toyota Production System*, kemampuan untuk menyelesaikan tugas dengan sedikit gerakan atau gerakan sangat penting untuk menghemat waktu dan menghindari pemborosan. Jika pekerja menghabiskan lebih banyak waktu untuk berjalan atau melakukan operasi yang berlebihan, aktivitas kerja yang tidak bernilai tambah ini meningkatkan waktu tugas, yang pada akhirnya akan meningkatkan waktu tunggu. (Bhosale, 2020, p. 8)

**2.2.3. Mura (Ketidakmerataan)**

*Mura* adalah variasi dalam operasi, ketika aktivitas tidak berjalan mulus atau konsisten. Ini adalah pemborosan yang disebabkan oleh variasi dalam kualitas, biaya, atau pengiriman. Perubahan jadwal dan kuantitas produksi menyebabkan ketidakmerataan, seringkali disebabkan oleh kurangnya *muri*. *Mura* juga terlihat menyebabkan *Muda*; misalnya, persediaan barang dalam proses. Ketidakseimbangan membutuhkan banyak sumber daya pendukung dalam mengendalikan suatu sistem. (Huikko, 2017, p. 21)

**2.2.4. Muri (Beban yang berlebihan)**

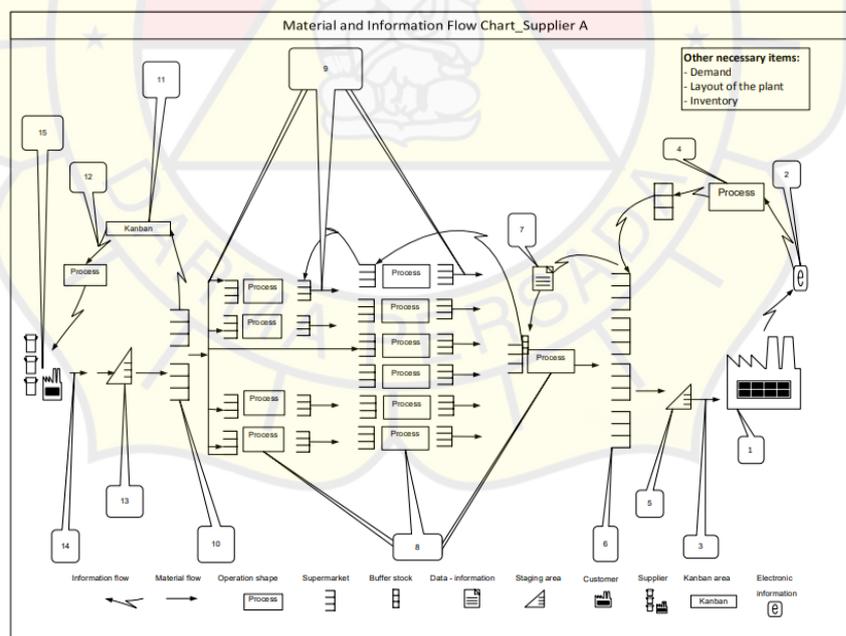
*Muri* adalah kata dalam bahasa Jepang untuk tidak masuk akal, tidak mungkin, atau berlebihan. Adanya *Muri* untuk menetapkan batas kecepatan untuk

proses, seperti kecepatan di jalan, memastikan mengemudi yang aman dan terkendali. Tanpa itu orang dan mesin menjadi kelebihan beban. Beban berlebih ini menurunkan kualitas dan dapat merusak mesin dan membahayakan orang (Huikko, 2017, p. 21). *Muri* adalah pembebanan orang, peralatan, atau sistem yang tidak perlu atau tidak masuk akal dengan tuntutan yang melebihi kapasitas.

### 2.3. *Material and Information Flow Chart*

#### 2.3.1. *Pengertian Material and Information Chart*

*Material and Information Flowchart* atau Diagram Alur Material dan Informasi adalah Bagan/Illustrasi yang menggambarkan/mendeskripsikan aliran material dan informasi. *Material Information Flow Chart (MIFC)* merupakan suatu alat *lean manufacturing* yang digunakan pada sistem Toyota atau TPS (*Toyota Production System*). Berikut contoh gambar *MIFC*:



**Gambar 2. 1. Contoh MIFC**

Sumber: Journal of Service Science and Management, 2018, 11, 219-241

Penggunaan *MIFC* umumnya digunakan sebagai suatu alat yang dapat menggambarkan skema sistem produksi yang berbasis *pull system* atau *Just-in-Time* (JIT). *MIFC* mewakili cara untuk memperkenalkan dan memicu aktivitas *kaizen*. Tergantung pada konteksnya, organisasi lain mungkin memerlukan alat yang berbeda. Misalnya, dalam beberapa kasus, pendekatan sederhana atau lebih mendasar seperti 5S sudah cukup, sementara dalam kasus lain analisis *kaizen* penuh diperlukan, yang dapat mengarah pada penggunaan lebih banyak alat untuk membantu dalam pemecahan masalah.

Adapun tujuan dari pembuatan *Material and Information Flow Chart* adalah sebagai berikut (Sumber: *Toyota Motor Manufacturing*):

1. Alat untuk mengetahui aliran dari material/part dan informasi secara lengkap.
2. Untuk menguraikan/menggambarkan aktual kondisi yang terjadi di *genba* berikut level sinkronisasinya secara *timing* dan *volume*.
3. Untuk mengetahui apakah aliran material dari sistem yang berjalan sudah baik atau masih banyak masalah atau kekurangannya (*complicated flow*).
4. Untuk mengetahui point-point stagnasi yang ada dalam suatu rangkaian sistem produksi.

Terdapat tiga prinsip dasar dalam membuat *Material and Information Flow Chart*, yaitu (Sumber: *Toyota Motor Manufacturing*):

1. Membuat *part* dengan konsep *Just in Time*, dengan mekanisme aliran yang mengalir searah dengan lokasi yang dekat.
2. Membuat *part* dengan konsep *Just in Time* dengan mekanisme proses kerja yang meminimalkan atau menghilangkan stagnasi *material/part* antar proses (ada atau tidaknya dan dimana stagnasi/*Store* itu diperlukan).

3. Mengetahui kapasitas maksimum produksi dan kemampuan *line* yang dilewati oleh aliran *part/material* secara lengkap.

Pemetaan material dalam MIFC ter skema secara rinci, dari proses yang dialami serta proses pemindahan *part* atau material tersebut dari satu proses ke proses selanjutnya. Informasi yang telah disampaikan di sepanjang sistem terlihat secara rinci dari *part* awal masuk proses hingga selesai diproses. Bagan MIFC merupakan suatu alat yang efektif yang sering digunakan untuk melakukan perbaikan atau *continuous improvement (kaizen)*. Hal ini dikarenakan bagan MIFC akan membuat para pembacanya memahami suatu proses secara rinci dari awal, saat proses berlangsung hal apa saja yang diperhatikan, serta output proses akan mengalir ke proses tujuan. Pembuatan MIFC menggunakan beberapa simbol atau *ikon* untuk melambangkan setiap titik proses. Setiap simbol memiliki makna tersendiri. Beberapa simbol yang digunakan pada bagan MIFC terdapat pada Gambar 2.2. Adapun keterangan dari simbol-simbol *Material and Information Flow Chart* adalah sebagai berikut (Sumber: *Toyota Motor Manufacturing*):

	Aliran material		Dokumen (Schedule, D/N, Manifest, dll.)		Lot Kanban Chute
	Aliran informasi		Heijunka Post		Customer / Supplier
	Antrian material		Pattern Post - biasa dipakai di area stamping		Truck
	Waiting Post		Lot Making Post		Forklip
	Kanban Collecting Post		Store		Admin
	Kanban Instruksi Produksi		Stagnasi material		Trolley
	Kanban Penarikan Material		Proses		Depo
	e-Kanban		Quality / Inspection		
			Chute Kanban by Kanban		

**Gambar 2. 2** Simbol *MIFC*  
Sumber: *Toyota Motor Manufacturing*

Seluruh operasi Toyota memakai *kanban*, dikenal sebagai “sistem *kanban*,” untuk mengelola dan memastikan aliran dan produksi bahan baku berada dalam suatu sistem produksi *Just in Time*. *Kanban* berarti tanda, papan tanda, tanda di pintu, poster, baliho, kartu yang secara umum dianggap sebagai salah satu bentuk sinyal. Ada tiga jenis *kanban* yang digunakan oleh PT. Shiroki Indonesia yaitu *Kanban Instruksi Produksi*, *Kanban Penarikan Material* dan juga *e-Kanban* yang berupa *kanban* elektronik. Simbol-simbol MIFC pada gambar 2.2 adalah simbol terkini yang digunakan oleh PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia (TMMIN).

PT. Shiroki Indonesia menggunakan Lot Produksi. Lot Produksi adalah memproduksi sejumlah *part* yang sama secara terus menerus dengan mesin *Casting, Forging, Press, Injection*, namun untuk departemen dengan produksi terus menerus suku cadang diproduksi berdasarkan ukuran lot yang telah ditentukan karena waktu pergantian yang lama. Oleh karena itu perlu adanya jadwal produksi untuk memenuhi permintaan pelanggan. TPS menggunakan sistem *order point* atau titik pemesanan untuk prosedur pembuatan lot. Ini adalah batas kondisi gudang ketika jumlah persediaan yang tersisa menyediakan suku cadang ke pelanggan dari saat pesanan diterima sampai pengiriman suku cadang dilakukan ke gudang. Tujuan dari titik pemesanan adalah untuk memastikan bahwa suku cadang ditarik oleh pelanggan atau proses berikut diisi ulang dalam ukuran lot yang telah ditentukan sebelum kehabisan suku cadang. TPS memutuskan titik pemesanan berdasarkan fluktuasi permintaan suku cadang dari proses hilir dan waktu angkut. Setiap *Store* atau tempat penyimpanan sebelum dan sesudah proses sudah memperhitungkan suku cadang sesuai dengan indikatornya yaitu fluktuasi pemesanan dari pelanggan.

### 2.3.2. Langkah-langkah Pembuatan *MIFC*:

*Material and Information Chart* dapat dibuat dengan beberapa tahapan yang harus diikuti, yaitu (Sumber: *Toyota Motor Manufacturing*):

1. Memahami *outline* dari keseluruhan proses, proses apa saja yang dilalui, mulai dari bahan baku sampai barang jadi.
2. Merinci proses keseluruhan secara detail dalam proses *part flow table*.
3. Mengelompokkan *part* dengan yang mempunyai aliran sama.
4. Menggambarkan *material flow chart* (MFC).
5. Menginvestigasi cara penempatan barang jadi.
6. Menginvestigasi order informasi.
7. Menginvestigasi cara *delivery*.
8. Menginvestigasi cara *collecting*.
9. Menginvestigasi cara instruksi produksi.
10. Menginvestigasi WIP (*Work in Process*) dan *lead time* tiap-tiap proses.
11. Mengamati cara *conveyance*.
12. Mengamati *procurement logistic*.
13. Menuliskan permasalahan-permasalahan yang ada di tempat terjadinya masalah.
14. Menghitung *total lead time*.

### 2.3.3. *Kanban*

PT Shiroki Indonesia menggunakan sistem *kanban* dalam keseharian produksinya. *Kanban* bekerja atas dasar bahwa setiap proses pada jalur produksi hanya menarik jumlah dan jenis komponen yang dibutuhkan proses, pada waktu yang tepat. Mekanisme yang digunakan adalah kartu *Kanban*. Ini biasanya kartu fisik tetapi perangkat lain dapat digunakan. Sistem *kanban* disebut sebagai metode

supermarket dalam sistem Toyota. Ada gudang dengan semua kode yang ditandai di rak di *store* dan memudahkan untuk menemukan suku cadang yang dibutuhkan dengan cepat (Koistinen, 2015, p. 37). PT Shiroki Indonesia menggunakan *Kanban* fisik dan elektronik. Pada PT Shiroki Indonesia terdapat dua jenis *kanban* berdasarkan fungsinya yaitu *kanban PI (Production Instruction)* dan *kanban PW (Production Withdrawal)*, dimana *kanban PI* adalah *kanban* yang memberikan instruksi untuk produksi dan *kanban PW* memberikan instruksi untuk penarikan material atau adanya pemesanan.

#### 2.3.4. Rumus untuk menghitung Total waktu produksi

Total waktu produksi dapat dihitung menggunakan rumus-rumus sebagai berikut (Sumber: *Toyota Motor Manufacturing*):

1. Menghitung proses:

$$\text{Waktu Proses} = \text{Qty}/\text{Kbn} \times \text{CT} \quad (1)$$

Keterangan:

Qty = *Quantity*

Kbn = *Kanban*

CT = *Cycle Time*

2. Menghitung antrian sebelum proses

$$\text{Waktu antrian sebelum proses} = 1 \text{ lot} \times \text{Qty}/\text{Kbn} \times \text{CT} \quad (2)$$

Keterangan:

Lot = *Lot Making*

Qty = *Quantity*

Kbn = *Kanban*

CT = *Cycle Time*

3. Menghitung antrian setelah proses

$$\text{Waktu antrian setelah proses} = \text{Act} \times \text{Qty}/\text{Kbn} \times \text{CT} \quad (3)$$

Keterangan:

Act = Kondisi Aktual

Qty = *Quantity*

Kbn = *Kanban*

CT = *Cycle Time*

4. Menghitung Store

$$\text{Waktu Store} = \text{Act} \times \text{Qty}/\text{Kbn} \times \text{TT} \quad (4)$$

Keterangan:

Act = Kondisi Aktual

Qty = *Quantity*

Kbn = *Kanban*

TT = *Takt Time*

5. Menghitung Chutter *Kanban*

$$\text{Waktu Chutter } \textit{Kanban} = (1 \text{ Lot}-1) \times \text{Quantity}/\text{Kbn} \times \text{Machine Cycle Time} \quad (5)$$

Keterangan:

Lot = *Lot Making*

Qty = *Quantity*

Kbn = *Kanban*

6. Menghitung *Lot Making*

$$\text{Waktu } \textit{Lot Making} = (1 \text{ Lot}-1) \times \text{Qty}/\text{Kbn} \times \text{TT} \quad (6)$$

Keterangan:

Lot = *Lot Making*

Qty = *Quantity*

Kbn = *Kanban*

TT = *Takt Time*

7. Menghitung Stagnasi dalam satuan waktu = (7)

(Jumlah pcs/ banyaknya *order shift*) x waktu dalam satu shift.

Penjumlahan dari waktu proses dan stagnasi akan menghasilkan total waktu produksi mulai dari pesanan diterima hingga menjadi barang jadi yang siap dikirim.

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

### 2.4.1. *Pengertian Value Stream Mapping*

Menurut Womack dan Jones (2003:16), *value* merupakan komponen fundamental dari lean thinking. *Value* diciptakan oleh pemasok, tetapi terutama didorong oleh kebutuhan pelanggan (Womack & Jones, 2003:16). *Value Stream Mapping* adalah alat yang membantu Anda untuk melihat dan memahami aliran material dan informasi saat produk melewati aliran nilai dengan membuat diagram yaitu pemetaan. Pemetaan di *Value Stream Mapping* berarti mengikuti jalur produksi produk dari pelanggan kepada pemasok dan dengan hati-hati menggambar representasi visual dari setiap proses dalam aliran material dan informasi. Kemudian serangkaian pertanyaan diajukan dan peta "*Future Value Stream Mapping*" digambar tentang bagaimana *value* harus mengalir. Tujuan dalam menggambar peta adalah untuk mengidentifikasi setiap tindakan signifikan yang diperlukan untuk menciptakan *value* yang diinginkan. Visualisasi VSM membantu dalam memprioritaskan upaya perbaikan. (Chavez, Mokudai, & Uyama, 2018)

#### 2.4.2. Bagian-bagian dari *Value Stream Mapping*

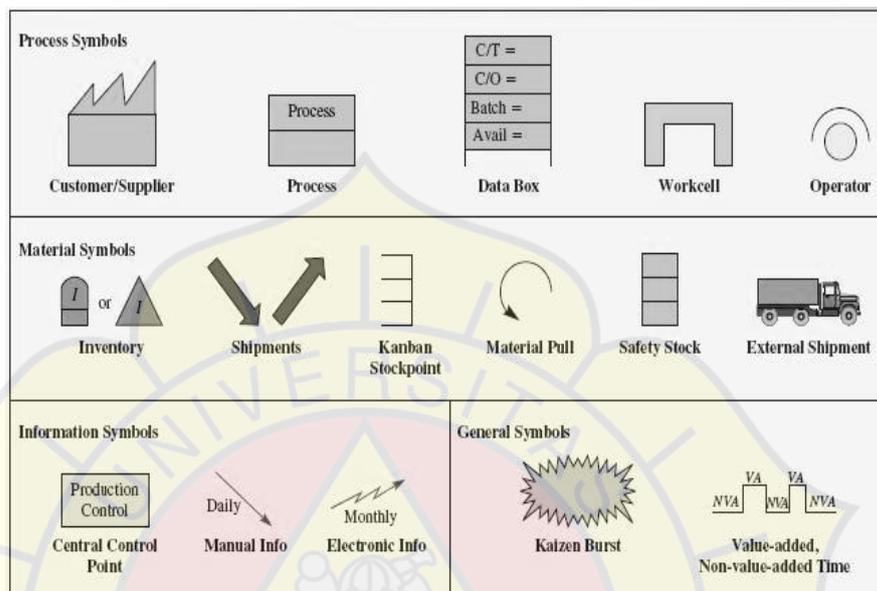
Menurut Nash dan Poling (2008) baik peta sekarang maupun peta masa depan dalam VSM terdiri dari tiga bagian utama, yaitu:

1. Aliran proses produksi atau aliran material. Aliran proses atau material ini terletak diantara informasi dan timeline. Aliran proses digambar dari kiri ke kanan.
2. Aliran komunikasi/ informasi. Aliran informasi pada *value stream mapping* biasanya terletak dibagian atas. Adanya aliran informasi ini, dapat melihat seluruh jenis informasi dan komunikasi baik formal maupun informal yang terjadi dalam *value stream*. Aliran informasi juga dapat melacak informasi yang sebenarnya tidak perlu dan menjadi *non-value added* komunikasi yang tidak memberikan nilai tambah bagi produk itu sendiri.
3. Garis waktu/jarak tempuh. Pada bagian bawah VSM terdapat serangkaian garis yang mengandung informasi penting dalam VSM tersebut dan bisa disebut sebagai *timelines*. Kedua garis dalam *timelines* ini digunakan sebagai dasar perbandingan dari perbaikan yang akan diimplementasikan. Garis yang pertama yang berada di sebelah atas disebut sebagai *Production Lead Time* (PLT). *Production Lead Time* adalah waktu yang dibutuhkan produk yang melewati semua proses dari bahan baku sampai ke tangan pelanggan dan biasanya dalam suatu hari. Garis yang kedua berada di sebelah bawah merupakan *cycle time* semua proses yang ada dalam aliran material dan ditulis diatas garis tepat dibawah prosesnya.

(Akbar,2011)

### 2.4.3. Simbol-simbol pada *Value Stream Mapping*

*Value Stream Mapping* menggunakan lambang-lambang khusus untuk memudahkan proses visualisasi dari alur produksi yang ada. Lambang-lambang VSM sebagai berikut:



**Gambar 2. 3. Simbol VSM**

Sumber: <https://teknikmanajemenindustri.wordpress.com>

Adapun keterangan dari simbol-simbol *Value Stream Mapping* pada gambar 2.3 adalah sebagai berikut:

1. Proses

Menyatakan proses, operasi, mesin atau departemen yang melalui aliran material. Secara khusus, untuk menghindari pemetaan setiap langkah proses yang tidak diinginkan, maka lambang ini biasanya merepresentasikan satu departemen dengan aliran internal yang kontinu.

2. *Customer/Supplier*

Merepresentasikan *Supplier* bila diletakkan di kiri atas, yakni sebagai titik awal yang umum digunakan dalam penggambaran aliran material.

Sementara gambar akan merepresentasikan *Customer* bila ditempatkan di kanan atas, biasanya sebagai titik akhir aliran material.

3. *Data Box*

Lambang ini memiliki lambang-lambang didalamnya yang menyatakan informasi / data yang dibutuhkan untuk menganalisis dan mengamati sistem.

4. *Workcell*

Mengindikasikan banyak proses yang terintegrasi dalam sel-sel kerja manufaktur, seperti sel-sel yang biasa memproses *family* terbatas dari produk yang sama atau produk tunggal. Produk berpindah dari satu langkah proses ke langkah proses lain dalam berbagai batch yang kecil atau bagian-bagian tunggal.

5. *Operator*

Lambang ini merepresentasikan operator. Lambang ini menunjukkan jumlah operator yang dibutuhkan dalam proses.

6. *Inventory*

Menunjukkan keberadaan suatu persediaan diantara dua proses. Jika terdapat lebih dari satu akumulasi *inventory*, gunakan satu lambang untuk masing-masing *inventory*.

7. *Shipments*

Merepresentasikan pergerakan *raw material* dari *supplier* hingga menuju gudang penyimpanan akhir di pabrik. Atau pergerakan dari produk akhir di gudang penyimpanan pabrik hingga sampai ke konsumen.

8. *External Shipper*

Lambang ini berarti pengiriman yang dilakukan dari *supplier* ke konsumen atau pabrik ke konsumen dengan menggunakan pengangkutan eksternal (di luar pabrik).

9. *Central Control Point*

Merepresentasikan penjadwalan produksi utama atau departemen pengontrolan, orang atau operasi.

10. Manual Info

Gambar anak panah yang lurus dan tipis menunjukkan aliran informasi umum yang bisa diperoleh melalui catatan, laporan ataupun percakapan. Jumlah dan jenis catatan lain bisa jadi relevan.

11. *Electronic Info*

Merepresentasikan aliran elektronik seperti melalui: *Electronic Data Interchange* (EDI), internet, intranet, LANs (Local Area Network), WANS (*Wide Area Network*).

12. *General Symbol*

Menyatakan informasi atau hal lain yang penting.

13. *Value-added, non-value-added Time*

Menunjukkan waktu yang memberikan nilai tambah (*cycle times*) dan waktu yang tidak memberikan nilai tambah (waktu menunggu). Gunakan lambang ini untuk menghitung *Lead Time* dan *Total Cycle Time*. (Hafiz & Budiawan, 2019, p. 3)

#### 2.4.4. Langkah-langkah membuat *Value Stream Mapping*

Hal yang dilakukan dalam membuat *Value Stream Mapping* adalah memetakan proses dan kemudian memetakan aliran informasi di atasnya yang

memungkinkan terjadinya proses. *Value Stream Mapping* digunakan untuk memperbaiki sebuah sistem dengan mengurangi *lead time*, meningkatkan kualitas produk, mengurangi pekerjaan yang berulang, mengurangi cacat, mengurangi jumlah persediaan, dan mengurangi buruh tidak langsung. Berikut merupakan langkah-langkah untuk menerapkan *value stream mapping* berbasis *lean production system* menurut (Akbar,2011) yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan produk atau keluarga produk.
2. Membuat peta sekarang
3. Membuat *future state mapping*/peta masa depan
4. Merancang rencana perbaikan.

Dalam mendesain VSM maka mempertimbangkan jumlah operator, *cycle time*, *lead time*, *uptime*, dan *available time*. Dalam menyusun VSM juga perlu mengetahui proses bisnis secara keseluruhan. VSM yang akan dibuat adalah *Current Value Stream Mapping*, yang menggambarkan alur produksi berdasarkan masalah yang sudah diidentifikasi dan *Future Value Stream Mapping* menggambarkan alur produksi dengan rencana perbaikan.

#### **2.4.5. Process Activity Mapping**

*Process activity mapping* merupakan sebuah *tool* yang digunakan untuk menggambarkan proses produksi secara detail dari tiap-tiap aktivitas yang dilakukan dalam proses produksi tersebut (Franchetti, 2015). *Process Activity Mapping* digunakan untuk mengetahui proporsi dari kegiatan yang termasuk *value added*, *necessary non value added* dan *non-value-added* yang terjadi dalam perusahaan.

## **2.5. Root Cause Analysis (RCA)**

*Root Cause Analysis* sebagai *RCA* adalah alat untuk menyingkirkan penyebab masalah untuk selamanya. Harus ada tiga langkah pertama di mana pertama adalah menentukan apa yang terjadi, kedua adalah di mana itu terjadi, dan langkah ketiga adalah apa yang harus dilakukan agar tidak terjadi lagi. Sistem *RCA* mengasumsikan bahwa sistem dan peristiwa saling terkait. Menelusuri satu area yang memicu yang lain akan mudah untuk menemukan penyebabnya ke sistem (Koistinen, 2015, p.46). Selain mengidentifikasi area (komponen) organisasi mana yang menjadi fokus, penerapan teknik *RCA* membantu mencapai salah satu tujuan penelitian ini, yaitu untuk menentukan akar penyebab inisiatif optimasi *lean* yang tidak memuaskan (Shongwe, 2019, p. 27).

### **2.5.1. Tahapan Root Cause Analysis**

Adapun tahapan dalam metode *RCA* ini adalah sebagai berikut (Shongwe, 2019, p. 50):

1. Menyewa tim dengan pengetahuan tentang materi pelajaran
2. Gambarkan peta aliran nilai keadaan saat ini dari proses pembuatan kawat
3. Gunakan teks untuk menggambarkan bagaimana peserta melihat proses manufaktur secara umum
5. Identifikasi sumber daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk
6. Gunakan data untuk menentukan fokus tinjauan agregat ini
7. Tentukan akar penyebab dengan menggunakan diagram tulang ikan
8. Kembangkan faktor-faktor yang berkontribusi
9. Tinjau faktor-faktor yang berkontribusi dengan menggunakan lima aturan sebab akibat (*5-Why*)
10. Tulis ukuran hasil

### 2.5.2. Why's

*Why analysis* (analisa kenapa) adalah suatu metode yang digunakan dalam *root cause analysis* dalam rangka *problem solving* yaitu mencari akar suatu masalah atau penyebab dari waste supaya sampai ke akar penyebab masalah. Metode *root cause analysis* ini dikembangkan oleh Sakichi Toyoda yang menginginkan setiap individu dalam organisasi memiliki *skill problem solving* dan mampu menjadi *problem solver* di area masing-masing. Metode yang digunakan oleh 5 *Why's* adalah menggunakan pertanyaan mengapa yang diulang beberapa kali sampai menemukan akar masalahnya (Arum, 2017, p.15)

### 2.5.3. Fishbone Diagram

*Fishbone diagram* (juga disebut dengan *Ishikawa Diagram*) adalah alat yang menunjukkan penyebab dari suatu kejadian tertentu. Umumnya digunakan untuk mengidentifikasi faktor potensial yang menyebabkan beberapa akibat. Penyebab masalah dalam fishbone diagram biasanya terdiri dari beberapa kumpulan penyebab. Dalam mengidentifikasi penyebab tersebut menggunakan acuan yang disebut dengan 6 M. Variabel-variabel dalam 6 M adalah sebagai berikut:

1. *Man*
2. *Machine*
3. *Method*
4. *Materials*
5. *Money*, dan
6. *Mother nature (environment)*

## 2.6. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan oleh peneliti sebagai acuan untuk membantu dalam penyusunan penelitian ini yang bertujuan untuk menjadi acuan dalam mengembangkan metode dan penyelesaian masalah. Peneliti mengangkat permasalahan yang berkaitan dengan *waste* atau pemborosan pada proses produksi,

Author/Tahun	Judul	Metode	Subjek	Obyek	Hasil
Dzikri Arij Firdaus/2018	Identifikasi <i>Waste</i> dengan Pendekatan <i>Value Stream Mapping</i> di Bagian <i>Sanding Balikan Flow Coater</i>	<i>Value Stream Mapping, Process Activity Mapping, dan Waste Assessment Model (WAM)</i>	Proses produksi Piano pada PT Yamaha	<i>Waste</i> yang terjadi di bagian <i>Sanding Balikan Flow Coater</i>	Penyebab utama pada lini produksi <i>sanding</i> balikan <i>flow coater</i> adalah <i>waste transportation</i> karena pada setiap proses lini produksi <i>Sanding Balikan Flow Coater</i> operator kerja melakukan material handling yang jauh. Perbaikan pertama yang diusulkan adalah perancangan sistem Kanban, usulan kedua adalah pembuatan alat cabinet mover, usulan ketiga adalah penambahan operator untuk proses material handling dan terakhir adalah maintenance rak secara rutin.

Author/Tahun	Judul	Metode	Subjek	Obyek	Hasil
Lutfia Puspa Indah Arum/2017	Perbaikan Proses Produksi dengan Menggunakan Metode Lean Manufacturing di PT ABC	<i>Value Stream Mapping, Borda Count Method, Root Cause Analysis, Process Activity Mapping</i>	Proses produksi kemasan menggunakan teknologi <i>rotrograuve</i> di PT. ABC	<i>Waste defect</i> /Produk cacat dan <i>waiting</i> /waktu menunggu di PT. ABC	Berdasarkan <i>root cause analysis</i> dan <i>fishbone</i> diagram permasalahan produk cacat ( <i>misprint</i> , bergaris dan tidak standar) paling dominan disebabkan oleh para pekerja yang kesulitan dan sering lalai sehingga di rekomendasikan untuk membuat SOP ( <i>Standard Operational Procedur</i> ) dan intruksi kerja. Penyebab <i>waste waiting</i> yang paling dominan adalah mesin berhenti.
Bagus Firmansyah/2015	Reduksi Waste pada Proses Produksi Pasta Gigi dengan Pendekatan <i>Lean Manufacturing</i> di PT Unilever Indonesia	<i>Value Stream Mapping, Root Cause Analysis, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	Proses produksi pasta gigi di PT Unilever Indonesia	<i>Waste</i> pada tahap proses produksi pasta gigi	Alternatif solusi terbaik yakni pengadaan alat ikat wadah kantong plastik untuk mereduksi waste inventory dan pengadaan alat timbangan untuk mengganti alat timbangan yang telah lama dengan tujuan mengatasi terjadinya waste defect.