

BAB II

LANDASAN TEORITIS

2.1 Sejarah *Lean Manufacturing*

Persaingan dan permintaan konsumen mendorong adanya evolusi industri. Perusahaan berusaha mencapai sistem produksi yang lebih baik, cepat, murah dan fleksibel. Perubahan ini dapat dipecah menjadi beberapa periode evolusi produksi yang lebih spesifik, yaitu: sistem produksi pengrajin (*craft production*), sistem produksi massal (*mass production*) dan sistem produksi *lean* (*lean production*) (Nicholas, 1997).

Sistem produksi pengrajin menggunakan pekerja yang memiliki tingkat keterampilan tinggi dan menggunakan alat yang sederhana tapi fleksibel untuk membuat produk yang sesuai dengan permintaan pelanggan. Kelemahannya adalah untuk memproduksi produk yang khusus tersebut membutuhkan biaya yang sangat besar. Setelah revolusi industri dengan ditemukannya mesin uap tahun 1769 maka mulai dikembangkan sistem produksi massal. Sistem produksi massal menggunakan pekerja dengan tingkat keahlian yang rendah untuk merancang produk dengan menggunakan *single purpose machines* yang mahal. Sistem ini pertama kali dikembangkan oleh Ford, sebuah produsen mobil di Amerika Serikat yang membuat sejumlah model yang terbatas dalam kuantitas yang sangat besar. Inilah sebabnya mengapa semua mobil Ford model T pada mulanya berwarna hitam. Pada sistem produksi massal dilakukan standardisasi sehingga volume produksi yang tinggi dapat diproduksi dengan biaya yang rendah, tapi hal ini menyebabkan variasi produk yang rendah. Bagi pekerja hal ini berarti proses produksi merupakan kegiatan yang monoton dan tidak inspiratif.

Pada tahun 1930-an, pemimpin dari *Toyota Motor Company*, mengunjungi pabrik Ford dan melakukan studi tentang sistem produksi massal di pabrik Ford tersebut dalam rangka meningkatkan sistem produksinya. Sistem produksi massal yang dilakukan oleh Ford hanya dapat dilakukan untuk volume produksi yang besar dan memiliki variasi produk yang terbatas. Jadi sistem produksi ini bukan hanya tidak fleksibel tapi juga sulit untuk beradaptasi dengan situasi yang ada. Pada saat itu, Jepang hanya memiliki pasar yang kecil untuk mobil dibandingkan dengan

pasar Amerika Serikat. Pasar yang kecil berarti volume produksi yang diperlukan untuk memenuhi pesanan pelanggan juga kecil.

Pada tahun 1950, para pemimpin Toyota melakukan kunjungan studi ke beberapa perusahaan manufaktur di Amerika dan mereka berharap akan kagum dengan kemajuan manufaktur Amerika. Akan tetapi para pemimpin itu merasa terkejut bahwa perkembangan sistem produksi massal di Amerika tidak banyak berubah sejak tahun 1930-an. Bahkan mereka menemukan banyak sekali kekurangan di sistem produksi tersebut. Para pemimpin melihat sistem akuntansi tradisional yang menghargai manajer yang memproduksi produk berlebih, proses produksi yang tidak mengalir secara merata, sehingga barang cacat yang tersembunyi dalam *batch* besar ini mungkin tidak akan ditemukan selama berminggu-minggu. Tempat kerja tidak tertata dan berada di luar kendali. Pabrik lebih tampak seperti gudang, sehingga Toyota melihat adanya kesempatan untuk mengejar perusahaan Amerika.

Taiichii Ohno yang mendapat tugas dari Toyota untuk mengembangkan sistem untuk meningkatkan produktivitas di perusahaan, akhirnya menemukan bahwa yang perlu dikuasai oleh Toyota adalah proses produksi yang mengalir secara kontinu. Contoh terbaik yang ada pada saat itu adalah jalur perakitan bergerak milik Ford. Dengan menggunakan prinsip manajemen ilmiah yang dipelopori oleh Frederick Taylor, Ford juga bergantung pada studi tentang *time studies*, tugas pekerja yang sangat terspesialisasi, dan pemisahan antara perencanaan yang dilakukan oleh para insinyur dan pelaksanaan oleh para pekerja. Dalam bukunya, Ford menekankan pentingnya menciptakan aliran material yang tidak terputus sepanjang proses, menstandarisasikan proses, dan menghilangkan pemborosan. Namun sementara ia mengkotbahkan hal itu, perusahaannya tidak selalu mempraktekkannya. Hal inilah yang membantu Toyota menghasilkan suatu penemuan penting, yakni sistem yang berorientasi terhadap proses, saat ini dikenal sebagai *Toyota Production System* (TPS) atau *Lean Manufacturing* (Liker & Meier, 2006). Ide dasar dari sistem ini adalah bagaimana meminimasi penggunaan sumber daya yang tidak memberikan nilai tambah bagi produk. Agar dapat bersaing dalam persaingan pasar yang ketat saat ini, maka perusahaan manufaktur di Amerika akhirnya menyadari bahwa konsep tradisional dari *mass production* harus

diadaptasi kedalam ide-ide baru *Lean Manufacturing*. Studi yang dilakukan di Massachusetts Institute of Technology mengenai pergerakan dari *mass production* menuju sistem *Lean Manufacturing*, seperti yang dijelaskan dalam buku “*The Machine That Changed the World*” (Womack, Jones, & Roos, 2007). memperkenalkan *lean production* sebagai suatu istilah yang telah digunakan Toyota yang berfokus pada pengurangan *lead time* dengan pengurangan *waste* pada setiap tahapan proses untuk mendapatkan kualitas terbaik dengan biaya rendah.

2.2 Konsep *Lean Manufacturing*

Ide dasar di balik sistem *lean manufacturing*, yang telah dipraktekkan selama bertahun-tahun di Jepang, mencakup eliminasi pemborosan, pengurangan biaya serta peningkatan kemampuan pekerja. Filosofi Jepang dalam menjalankan bisnis sangatlah berbeda dengan filosofi yang telah lama diterapkan di Amerika. Kepercayaan tradisional Barat beranggapan bahwa satu-satunya cara untuk memperoleh keuntungan adalah dengan menambahkan keuntungan itu ke dalam ongkos manufaktur agar dapat menaikkan harga jual seperti yang diinginkan. Sebaliknya pendekatan cara Jepang percaya bahwa konsumen merupakan generator harga jual. Semakin banyak kualitas yang dibangun kedalam suatu produk dan semakin banyak jasa yang ditawarkan, maka semakin besar juga harga yang rela dibayar oleh konsumen. Ilmu *lean manufacturing* bekerja dalam setiap tahapan di *value stream* dengan mengeliminasi pemborosan agar dapat mengurangi biaya, meningkatkan *output*, dan pengurangan *lead time* produksi agar dapat terus bersaing dalam pertumbuhan pasar global (Abdullah, 2003).

Menurut Mekong Capital (2004), konsep dasar dalam *Lean Manufacturing* dapat diringkas sebagai berikut:

1. Pendefinisian pemborosan (*waste*)

Seluruh aktivitas untuk menghasilkan produk dari tahap awal hingga akhir dapat dikategorikan atas *value added* (yang memberikan nilai tambah) dan *non-value added* (tidak memberikan nilai tambah). Setiap proses yang *non-value added* dari sudut pandang konsumen harus dieliminasi.

2. Standardisasi proses

Lean menuntut adanya implementasi dari panduan produksi yang rinci, disebut sebagai standardisasi kerja. Hal ini mengeliminasi variasi pekerja dalam melakukan pekerjaannya.

3. *Continuous flow*

Lean bertujuan mengimplementasikan aliran produksi kontinu, bebas dari *bottlenecks*, *interruption*, atau *waiting*. Bila hal ini berhasil diimplementasikan maka waktu siklus produksi dapat dikurangi hingga 90%.

4. *Pull production*

Disebut juga *just in time* (JIT) yang bertujuan menghasilkan produk yang dibutuhkan pada waktu yang dibutuhkan.

5. *Quality at the source*

Lean bertujuan mengeliminasi sumber kecacatan dan pemeriksaan kualitas dilakukan pekerja pada lini proses produksi.

6. *Continuous improvement*

Lean ditujukan mencapai kesempurnaan dengan perbaikan bertahap untuk mengeliminasi pemborosan secara terus menerus.

Lean adalah suatu usaha yang dilakukan terus-menerus untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) produk (barang dan atau jasa) agar memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*). Tujuan *Lean* adalah untuk meningkatkan *customer value* melalui peningkatan terus-menerus rasio antara nilai tambah terhadap *waste* (*the value to-waste ratio*) (Gaspersz, 2007). *Lean* dapat didefinisikan sebagai suatu pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*) atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non-value-adding activities*) melalui peningkatan terus-menerus secara radikal (*radical continuous improvement*) dengan cara mengalirkan produk (*material, work-in-process, output*) dan informasi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan (Gaspersz, 2007). Secara lebih spesifik, *Lean Manufacturing* yaitu serangkaian teknik yang menjadikan sebuah produk diproduksi dalam satu unit pada suatu waktu, pada tingkat tertentu, sementara pada

saat yang sama mengurangi pemborosan waktu menunggu, waktu antrian, atau penundaan lainnya. Berkebalikan dari sistem dorong (*push system*) yang memproduksi berdasarkan sistem perencanaan, produk ditarik mengikuti permintaan aktual. Seperti sebuah saluran pipa, sebuah produk dapat digerakkan di sepanjang proses tanpa berhenti, sehingga menyerupai air yang mengalir di dalam sebuah pipa (Khulqi, 2008).

Manfaat diterapkannya prinsip *Lean Manufacturing* yang dapat dirasakan di sebuah perusahaan adalah (Fahmasari, 2007):

1. Dapat mereduksi waktu siklus dan *lead time*
2. Dapat meningkatkan kualitas produk (reduksi cacat)
3. Dapat meningkatkan produktivitas kerja
4. Dapat meminimasi persediaan pada semua bagian produksi
5. Dapat meningkatkan efisiensi penggunaan peralatan dan ruang produksi
6. Dapat meningkatkan *output*
7. Dapat meningkatkan keuntungan perusahaan
8. Dapat mengurangi biaya produksi

2.3 Jenis-jenis waste

Lean berfokus pada peniadaan atau pengurangan pemborosan, dan juga peningkatan atau pemanfaatan secara total aktivitas yang akan meningkatkan nilai ditinjau dari sudut pandang konsumen. Nilai sama artinya dengan segala sesuatu yang ingin dibayar oleh konsumen untuk suatu produk (Mekong Capital, 2004). Menurut Gaspersz (2007), jenis kegiatan dapat dibagi menjadi 3, yaitu:

- a. Menciptakan nilai bagi produk (*value added activities*) adalah aktivitas yang mentransformasi material atau informasi yang diinginkan dari sudut pandang konsumen,
- b. Tidak dapat menciptakan nilai, tapi tidak dapat dihindari dengan teknologi dan aset yang sekarang dimiliki dan dibutuhkan untuk mentransformasi material menjadi produk (*necessary non value added activities* atau *Type One Muda*),
- c. Kegiatan yang tidak menciptakan nilai dan harus segera dihilangkan (*non value added activities* atau *Type Two muda*).

Toyota berhasil mengidentifikasi tujuh jenis pemborosan yang tidak menambah nilai dalam proses bisnis atau manufaktur, yang akan dijelaskan sebagai berikut (Liker & Meier, 2006):

1. **Overproduction atau produksi berlebih**, memproduksi barang-barang yang belum dipesan atau kelebihan barang dalam proses, akan mengakibatkan pemborosan. *Overproduction* akan menimbulkan adanya persediaan baik dalam bentuk barang jadi maupun barang setengah jadi. Hal ini merupakan inefisiensi karena akan memerlukan berbagai macam biaya tambahan lainnya.
2. **Waktu menunggu (*waiting waste*)**, menganggurnya mesin ataupun pekerja karena kehabisan material, keterlambatan pengiriman material, ataupun *bottle neck* karena ketidakseimbangan kecepatan produksi
3. **Transportasi yang tidak perlu**, *Work in Process* (WIP) dalam jarak yang jauh, menciptakan angkutan yang tidak efisien, atau memindahkan material, komponen, atau barang jadi ke dalam atau ke luar gudang atau antar proses.
4. **Memproses secara berlebih atau memproses secara tidak benar**, memproses komponen dengan melakukan langkah yang tidak diperlukan. Memproses tidak efisien karena alat dan rancangan produk yang buruk, hal tersebut menyebabkan gerakan yang tidak perlu sehingga pada akhirnya akan memproduksi barang cacat. Terjadinya pemborosan disebabkan ketika membuat produk yang memiliki kualitas lebih tinggi daripada yang diperlukan.
5. **Persediaan berlebih**, kelebihan material, barang dalam proses, atau barang jadi menyebabkan *lead time* yang panjang, barang kadaluwarsa, barang rusak, peningkatan biaya pengangkutan dan penyimpanan, dan keterlambatan. Persediaan berlebih juga menyebabkan timbulnya masalah seperti ketidakseimbangan produksi, keterlambatan pengiriman dari pemasok, produk cacat, mesin rusak, dan waktu *set up* yang panjang.
6. **Gerakan yang tidak perlu**, setiap gerakan karyawan yang tidak diperlukan saat melakukan pekerjaan, seperti mencari, meraih, atau menumpuk komponen, alat dan lain sebagainya.
7. **Produk cacat**, perbaikan diperlukan ketika memproduksi komponen yang cacat. Perbaikan atau pengerjaan ulang, *scrap*, memproduksi barang pengganti, dan inspeksi berarti tambahan penanganan, waktu dan upaya yang sia-sia.

8. Liker menambahkan pemborosan menjadi delapan, yaitu **pekerja yang kurang efektif (*Underutilized People*)**. Pekerja yang kurang efektif adalah pekerja yang tidak mengeluarkan seluruh kemampuan yang dimilikinya baik dari segi mental, kreativitas, serta *skill* dan kemampuan fisik yang menuntut mengharuskan pekerja untuk dapat mengoptimalkan seluruh kemampuan yang dimilikinya demi kepentingan bersama. Beberapa penyebab pokok dari inefisiensi tipe ini adalah proses kerja yang jelek dan tidak teratur, budaya organisasi yang kurang positif atau tidak mendorong para pekerjanya untuk berkembang, praktik perekrutan pekerja yang kurang selektif, *training* pegawai yang kurang memadai atau bahkan tidak ada sama sekali *training* pegawai, dan *turnover* pekerja yang terlalu tinggi sehingga tidak ada pekerja yang benar-benar mengerti pekerjaan serta segala detail dari perusahaan untuk dapat berkembang (Liker & Meier, 2006).

2.4 Value Stream Mapping (VSM)

Value Stream adalah sekumpulan dari seluruh kegiatan yang didalamnya terdapat kegiatan yang memberikan nilai tambah (*value added*) juga yang tidak memberikan nilai tambah (*non value added*) yang dibutuhkan untuk membawa produk maupun satu grup produk dari sumber yang sama untuk melewati aliran-aliran utama, mulai dari *raw material* hingga sampai ke tangan konsumen (Gaspersz, Lean Six Sigma, 2008). Kegiatan-kegiatan ini merupakan bagian dari keseluruhan proses *supply chain* yang mencakup aliran informasi dan aliran operasi, sebagai inti dari setiap proses *lean* yang berhasil. *Value Stream Mapping* merupakan suatu alat yang ideal sebagai langkah awal dalam melakukan proses perbaikan dalam perusahaan yang digunakan untuk membantu memvisualisasikan proses produksi secara menyeluruh, yang merepresentasikan baik aliran material juga aliran informasi untuk mendapatkan kondisi *lean manufacturing* (Goriwondo, Mhlana, & Marecha, 2011).

Tujuan pemetaan ini adalah untuk mengidentifikasi seluruh jenis pemborosan di sepanjang *value stream* dan untuk mengambil langkah dalam upaya mengeliminasi pemborosan tersebut. Mengambil langkah ditinjau dari segi *value stream* berarti bekerja dalam satu lingkup gambar yang besar (bukan proses-proses individual), dan memperbaiki keseluruhan aliran dan bukan hanya mengoptimalkan

aliran secara sepotong-sepotong (Rother & Shook, 2003). Hal ini memunculkan suatu bahasa yang umum digunakan dalam proses produksi, dengan demikian akan mampu memfasilitasi keputusan yang lebih matang dalam memperbaiki *value stream*. *Value stream mapping* dapat menyajikan suatu titik balik yang optimal bagi setiap perusahaan yang ingin menjadi *lean*. Keuntungan-keuntungan yang diperoleh dengan penerapan konsep *value stream mapping* (Abdullah, 2003) adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk membantu perusahaan memvisualisasikan lebih dari sekedar *level* proses tunggal (misalnya: proses perakitan dan juga pengelasan) dalam produksi. Dengan demikian akan terlihat jelas seluruh aliran.
- 2) Pemetaan membantu perusahaan tidak hanya melihat pemborosan yang ada tetapi juga sumber penyebab pemborosan yang terdapat dalam *value stream*.
- 3) *Value stream* menggabungkan antara konsep *lean* dan teknik yang dapat membantu perusahaan untuk menghindari pemilihan teknik dan konsep yang asal-asalan.
- 4) Sebagai dasar dari rencana implementasi. Dengan membantu perusahaan merancang bagaimana keseluruhan aliran yang *door-to-door*, diharapkan konsep *lean* ini dapat mengoperasikan bagian yang hilang dalam banyak upaya *me-lean-kan* suatu *value stream map* menjadi *blueprint* dalam mengimplementasikan proses yang *lean*.

Dua langkah utama dalam pemetaan *Value Stream Mapping*, yaitu:

1. Pembuatan *Current State Map* untuk memetakan kondisi di lantai pabrik saat ini, sehingga dapat mengidentifikasi pemborosan apa saja yang terjadi.
2. Pembuatan *Future State Map* sebagai usulan rancangan perbaikan dari *Current State Map* yang ada.

2.4.1 Bagian – bagian *Value Stream Mapping*

Value stream mapping terbagi atas tiga bagian, yaitu:

1. Proses atau aliran produksi pada *value stream*.

Proses atau aliran produksi adalah bagian dari peta yang sering diasosiasikan dengan tradisional *flowchart*. Aliran proses harus digambarkan dari kiri ke kanan.

2. Aliran informasi

Aliran komunikasi dan informasi adalah bagian dari peta dimana *value stream mapping* berkembang tidak hanya sebagai informasi aliran produk. Dengan menambahkan komunikasi yang terjadi kedalam peta memungkinkan kita mengetahui komunikasi yang terjadi dalam proses baik secara formal maupun informal. Banyaknya kekacauan dan kebingungan yang sering terjadi dalam proses dapat digolongkan kedalam komunikasi yang *non value added*. Kegiatan *non value added* adalah kegiatan yang tidak menambah *value* atau kegiatan yang pelanggan tidak ingin bayar. Walaupun informasi bergerak dari konsumen atau dari kanan ke kiri, namun tidak ada suatu standar yang baku dalam penentuan aliran komunikasi dan informasi.

3. *Time line and travel distance*

Pada bagian ini terdapat waktu pengerjaan produk, waktu transportasi, waktu menunggu produk selama berada dalam *value stream*. Di samping waktu, juga perlu menambahkan jarak yang ditempuh antar proses dalam proses produksi.

Value stream mapping dapat dibagi dikategorikan kedalam dua jenis yaitu:

1. *Current State Map*. *Current State Map* adalah titik awal kita melihat aliran proses sekarang sebelum dilakukan perbaikan.
2. *Future State Map*. *Future State Map* adalah penggambaran proses dan informasi setelah dilakukan perbaikan.

2.4.2 *Current State Map*

Petunjuk pembuatan *current state map* adalah sebagai berikut (Rother & Shook, 2003):

1. Penentuan *Family Product* yang akan dijadikan *sebagai Model Line*. Tahap ini merupakan tahap awal dalam menggambar *Current State Map*. Setelah mengetahui konsep yang benar tentang *Lean*, maka pada tahap ini perlu ditentukan produk yang akan dijadikan model *line* sebagai target perbaikannya. Tujuan pemilihan *model-line* adalah agar penggambaran

sistem fokus pada satu produk saja yang bisa dianggap sebagai acuan dan representasi dari sistem produksi yang ada. Mengidentifikasi suatu *family product* dapat dilakukan baik dengan menggunakan produk dan matriks proses untuk mengklasifikasikan langkah proses yang sama untuk produk yang berbeda. Untuk menentukan famili produk mana yang akan dipetakan tergantung keputusan perusahaan yang dapat ditentukan dari pandangan bisnis seperti tingkat penjualan, atau menurut fokus perusahaan (Lovelley, 2001):

2. Penentuan *Value Stream Manager*. Untuk melihat *value-stream* suatu produk secara keseluruhan tentunya perusahaan perlu dilihat sebagai satu kesatuan yang utuh, sehingga batasan-batasan organisasi dalam perusahaan perlu diterobos, karena pada dasarnya perusahaan cenderung terorganisir untuk setiap departemen (proses) dan bukan berdasarkan rata-rata karena penting untuk menggunakan gambar aktual daripada rata-rata historis yang disediakan oleh perusahaan.
3. Untuk setiap pembuatan *data box*, maka ukuran-ukuran yang diperlukan antara lain:
 - a. *Cycle Time (C/T)*

Cycle time (C/T) merupakan salah satu ukuran penting yang dibutuhkan dalam kegiatan *Lean* selain *Value-creating time (VCT)* dan *Lead time (L/T)*. *Cycle time* menyatakan waktu yang dibutuhkan oleh satu operator untuk menyelesaikan seluruh elemen atau kegiatan kerja dalam membuat satu *part* sebelum mengulangi kegiatan untuk membuat *part* berikutnya. *Value-creating time (VCT)* menyatakan waktu keseluruhan elemen kerja yang biasa mentransformasikan suatu produk dalam cara yang rela dibayar oleh konsumen. *Lead time (L/T)* menyatakan waktu yang dibutuhkan untuk seluruh proses atau dalam satu *value stream*, mulai dari awal hingga akhir proses. Biasanya : $VCT < C/T < L/T$.

Penentuan *Cycle Time* dapat dilakukan dengan pengukuran waktu, menurut Barnes, R. M. (2009), metode pengukuran waktu dapat dibagi dalam dua bagian yaitu:

- 1) Pengukuran waktu secara langsung, yaitu pengukuran yang dilakukan di tempat dimana pekerjaan bersangkutan dijalankan, ada dua jenis, yaitu:
 - i. Metode *Sampling* Pekerjaan: Pengamatan dilakukan pada waktu-waktu tertentu yang telah ditentukan secara acak atau *random*.
 - ii. Metode Jam Henti: Menggunakan instrumen *stopwatch* dimana metode ini baik diaplikasikan untuk pekerjaan yang berlangsung singkat dan berulang-ulang.
- 2) Pengukuran waktu secara tidak langsung, yaitu pengukuran waktu yang dilakukan tanpa harus berada di tempat pekerjaan, tetapi dengan membaca grafik atau tabel yang tersedia. Pengukuran dilakukan terhadap pekerja yang diambil secara acak untuk mencari pekerja normal. Pengambilan sampel dapat dibagi dua yaitu pengambilan sampel secara acak dan pengambilan sampel secara tidak acak. Pengambilan sampel secara acak artinya setiap anggota dalam populasi memiliki kesempatan yang sama untuk terpilih. Salah satu caranya adalah *stratified random sampling* dimana populasi dibagi atas beberapa kelas dan dari setiap kelas dilakukan penarikan sampel secara acak.

Waktu yang diambil adalah waktu siklus dan beberapa pengujian yang dilakukan yaitu:

- 1) Pengujian keseragaman data

Pengujian keseragaman data dilakukan dengan menetapkan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah dari sebaran data tersebut. Penentuan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah tergantung pada tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang telah ditetapkan. Untuk tingkat ketelitian 5% dan tingkat keyakinan 95% batas kontrol data ditentukan oleh rumusan matematis yang diperoleh secara statistik yaitu:

Batas kontrol bawah dan batas kontrol atas dapat dihitung dengan:

$$BKA = \bar{X} + Z_t \cdot \sigma_x \dots\dots\dots (2.1)$$

$$BKB = \bar{X} - Z_t \cdot \sigma_x \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

\bar{x} = Rata-rata keseluruhan data

$$Z_t = Z \left[1 - \left[\frac{1 - \beta}{2} \right] \right] \dots\dots\dots (2.3)$$

σ = Standar deviasi

2) Pengujian jumlah data yang dibutuhkan

Pengujian jumlah data dibutuhkan untuk melihat apakah data yang tersedia memenuhi tingkat keyakinan dan tingkat ketelitian yang telah ditetapkan. Untuk tingkat ketelitian 5% dan tingkat keyakinan 95% jumlah data yang dibutuhkan adalah:

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

X = Data

k = Tingkat Keyakinan

s = Tingkat Ketelitian

N' = jumlah data yang dibutuhkan

N = jumlah data pengamatan

Apabila N' > N maka diperlukan pengukuran tambahan hingga memenuhi jumlah yang diperlukan. Apabila N' < N maka data pengukuran pendahuluan sudah mencukupi.

b. *Change-over Time (C/O)*

Menyatakan waktu yang dibutuhkan untuk merubah posisi (*switch*) dari memproduksi satu jenis produk menjadi produk yang lainnya. Dalam hal ini biasanya *changeover time* menyatakan waktu untuk memindahkan dari posisi kiri menjadi posisi kanan dalam pembuatan satu produk simetris.

c. *Uptime*

Menyatakan kapasitas mesin yang digunakan dalam mengerjakan satu proses. Kapasitas mesin bersifat *on-demand machine uptime*, artinya informasi mesin ini tetap.

d. Jumlah Operator

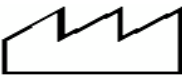
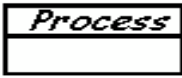
Menyatakan jumlah orang yang dibutuhkan saat untuk satu proses.

e. Waktu Kerja


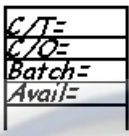


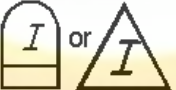
Waktu kerja yang dibutuhkan untuk tiap *shift* pada suatu proses sesudah dikurangi dengan waktu istirahat (*break*), waktu rapat (*meeting*), dan waktu membersihkan area kerja (*clean up times*).

Lambang-lambang yang biasa digunakan dalam penggambaran aliran proses VSM pada tahap ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Lambang yang Digunakan pada Peta Kategori Proses

No	Nama	Lambang	Fungsi
1	<i>Customer / supplier</i>		Merepresentasikan <i>Supplier</i> bila diletakkan di kiri atas, yakni sebagai titik awal yang umum digunakan dalam penggambaran aliran material. Sementara gambar akan merepresentasikan <i>Customer</i> bila ditempatkan di kanan atas, biasanya sebagai titik akhir aliran material.
2	<i>Dedicated Process</i>		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.

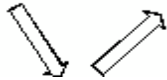


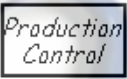
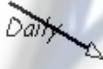
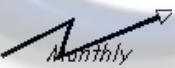
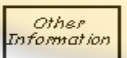
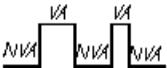
Lanjutan Tabel 2.1

No	Nama	Lambang	Fungsi
3	<i>Shared Process</i>		Menyatakan operasi proses, departemen atau stasiun kerja dengan <i>family-family</i> yang saling berbagi dalam <i>value stream</i> . Perkiraan jumlah operator yang dibutuhkan dalam <i>Value Stream</i> dipetakan, bukan sejumlah operator yang dibutuhkan untuk memproduksi seluruh produk.
4	<i>Data Box</i>	 Data Box	Lambang ini memiliki lambang-lambang didalamnya yang menyatakan informasi atau data yang dibutuhkan untuk menganalisis dan mengamati sistem.
5	<i>Operator</i>		Lambang ini merepresentasikan operator. Lambang ini menunjukkan jumlah operator yang dibutuhkan dalam proses.
6	<i>Work Cell</i>	 Workcell	Mengindikasikan banyak proses yang terintegrasi dalam sel-sel kerja manufaktur, seperti sel-sel yang biasa memproses <i>family</i> terbatas dari produk yang sama atau produk tunggal. Produk berpindah dari satu langkah proses ke langkah proses lain dalam berbagai <i>batch</i> yang kecil atau bagian-bagian tunggal.
7	<i>Inventory</i>		Menunjukkan keberadaan suatu <i>inventory</i> diantara dua proses. Jika terdapat lebih dari satu akumulasi <i>inventory</i> , gunakan satu lambang untuk masing-masing <i>inventory</i> .

(Sumber: Rother & Shook, 2003)

- f. Pembuatan Peta Aliran Material dan Informasi Keseluruhan Pabrik
- Kesatuan peta alur *value-stream* juga mencakup aliran material yang harus ada dalam peta. Dengan demikian peta *Current State Map* telah lengkap. Pada tahapan ini, maka gambar yang telah dibuat pada tahap sebelumnya, disempurnakan dengan lambang-lambang yang dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Lambang yang Melengkapi Peta Keseluruhan

No.	Nama	Lambang	Fungsi
1	<i>Shipments</i>		Merepresentasikan pergerakan <i>raw material</i> dari <i>supplier</i> hingga menuju gudang penyimpanan akhir di pabrik. Atau pergerakan dari produk akhir di gudang penyimpanan pabrik hingga sampai ke konsumen.
2	<i>Push Arrows</i>		Merepresentasikan pergerakan material dari memiliki arti bahwa proses dapat memproduksi sesuatu tanpa memandang kebutuhan cepat dari proses yang bersifat <i>downstream</i> .
3	<i>External Shipments</i>		Lambang ini berarti pengiriman yang dilakukan dari <i>supplier</i> ke konsumen atau pabrik ke konsumen dengan menggunakan pengangkutan eksternal (di luar pabrik).
4	<i>Production Control</i>		Merepresentasikan penjadwalan produksi utama atau departemen pengontrolan, orang atau operasi.
5	<i>Manual Info</i>		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
6	<i>Electronic Info</i>		Merepresentasikan aliran elektronik seperti melalui: <i>Electronic Data Interchange</i> (EDI), internet, intranet, LANs (<i>Local Area Network</i>), WANS (<i>Wide Area Network</i>). Melalui anak panah ini, maka dapat diindikasikan
7	<i>Other</i>		Menyatakan informasi atau hal lain yang penting.
8	<i>Timeline</i>		Menunjukkan waktu yang memberikan nilai tambah (<i>cycle times</i>) dan waktu yang tidak memberikan nilai tambah (waktu menunggu). Gunakan lambang ini untuk menghitung <i>Lead Time</i> dan <i>Total Cycle Time</i> .

(Sumber: Rother & Shook, 2003)

2.4.3 Future State Map

Future State Map ini diperoleh berdasarkan analisis dari *Current State Map* yang telah dibuat sebelumnya dan dengan menerapkan *tool* yang sesuai

untuk digunakan. Petunjuk untuk pembuatan *Future State Map* (Lovellette, 2001) adalah:

- 1) Menyeleksi kegiatan-kegiatan yang terdapat di lapangan dan menghilangkan kegiatan yang tidak menciptakan nilai (*non value added*).
 - 2) Memberikan porsi kegiatan sebanyak mungkin dalam aliran yang kontinyu
 - 3) Meratakan *output* dari aliran nilai dan bila perlu, membagi satu aliran nilai menjadi dua atau tiga aliran nilai, disesuaikan dengan kebutuhan.
- Pembuatan peta aliran nilai dilakukan dengan menggunakan tiga macam simbol, yaitu simbol aliran material, simbol umum dan simbol aliran informasi.

2.5 Cause and Effect Diagram (Diagram Sebab Akibat)

Diagram ini dikenal dengan istilah diagram tulang ikan (*fishbone diagram*) yang diperkenalkan pertama kali oleh Prof. Kaoru Ishikawa pada Tahun 1943. Diagram ini berguna untuk menganalisis dan menemukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan di dalam menentukan karakteristik kualitas *output* kerja. Di samping itu, diagram ini berguna untuk mencari penyebab-penyebab yang sesungguhnya dari suatu masalah. Untuk mencari faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan kualitas hasil kerja, maka orang akan selalu mendapatkan bahwa ada 5 faktor penyebab utama yang signifikan yang perlu diperhatikan, yaitu Manusia (*Man*), Metode Kerja (*Work Method*), Mesin atau peralatan kerja lainnya (*machine/Equipment*), Bahan baku (*Material*) dan Lingkungan kerja (*Work Environment*).

2.6 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan proses yang sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan yang akan timbul dalam proses dengan tujuan untuk mengeliminasi atau meminimalkan resiko kegagalan produksi yang akan timbul. Penggunaan FMEA diperkenalkan pertama kali pada tahun 1920. Tujuan utama dari FMEA adalah untuk menemukan dan memperbaiki permasalahan utama yang terjadi pada setiap tahapan dari desain dan proses produksi untuk mencegah produk yang tidak baik sampai ke tangan pelanggan,

yang dapat membahayakan reputasi perusahaan (Dyadem Engineering Corporation, 2003).

Konsep FMEA adalah sebagai alat perencanaan kualitas untuk mengidentifikasi kegagalan atau kerusakan. FMEA juga mengidentifikasi kegagalan (kemungkinan, mekanisme, pengaruh, mode deteksi, dan kemungkinan pencegahan). Hasil dari FMEA berupa rencana tindakan untuk eliminasi atau penyelidikan kegagalan. Arti FMEA secara harfiah adalah:

- a. *Failure* yaitu prediksi kemungkinan kegagalan atau cacat.
- b. *Mode* yaitu penentuan mode kegagalan.
- c. *Effect* yaitu identifikasi pengaruh tiap komponen terhadap kegagalan.
- d. *Analysis* yaitu perbaikan berdasarkan hasil evaluasi terhadap penyebab.

FMEA berusaha mengidentifikasi kemungkinan *failure mode* (deskripsi fisik kegagalan), *failure mechanism* (proses yang menyebabkan kegagalan, dan *failure effect* (akibat yang ditimbulkan oleh kegagalan) pada kinerja. FMEA mengidentifikasikan metode mendeteksi *failure mode* dan kemungkinan pencegahannya. FMEA juga merupakan suatu pendekatan sistematis yang mengidentifikasikan *failure mode* yang potensial.

Adapun elemen-elemen dalam proses FMEA (Gaspersz, Pedoman Implementasi Program *Six Sigma*, 2002) yaitu sebagai berikut:

1. Fungsi Proses adalah deskripsi singkat mengenai proses pembuatan suatu produk, dimana sistem dalam pembuatan tersebut akan dianalisa.
2. Mode Kegagalan adalah suatu kemungkinan kegagalan atau kecacatan terhadap setiap proses.
3. Efek Potensial dari Kegagalan adalah suatu efek dari kegagalan terhadap pelanggan.
4. Tingkat Keparahan (*Severity*), *severity* merupakan penilaian dari kegagalan dalam proses produksi.
5. Penyebab Potensial (*Potential Cause*) adalah bagaimana kegagalan bias terjadi. Dideskripsikan sebagai suatu yang dapat diperbaiki.
6. Kejadian (*Occurance*), *occurance* merupakan penyebab kegagalan yang spesifik dalam suatu proyek yang terjadi.

7. Deteksi (*Detection*), *detection* merupakan alat yang dapat mendeteksi penyebab potensial terjadinya suatu kegagalan.
8. *Risk Priority Number* (RPN), RPN merupakan angka prioritas yang didapatkan dari hasil perkalian antara *severity* (S), *occurance* (O), dan *detection* (D). Adapun formula untuk menghitung RPN yaitu sebagai berikut:

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection \dots\dots\dots (2.5)$$

9. Tindakan yang direkomendasikan, jika hasil dari perhitungan RPN sudah dilakukan, maka harus diaadakan tindakan perbaikan sesegera mungkin, dengan RPN paling tinggi.

Adapun langkah-langkah penerapan FMEA adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi potensi mode kegagalan dalam proses produksi.
2. Mengidentifikasi fungsi pada proses produksi.
3. Mengidentifikasi penyebab-penyebab kegagalan pada proses produksi.
4. Mengidentifikasi potensi kegagalan produksi
5. Menentukan *rating* terhadap nilai *severity*, *occurance*, *detection* dan nilai hasil RPN.
6. Rekomendasi atau usulan.

Pada langkah keenam terdapat penentuan *rating* dari nilai *severity*, *occurance*, dan *detection*. Penjelasan dari nilai *severity*, *occurance*, dan *detection* yaitu:

a. *Severity*

Severity adalah langkah awal untuk menganalisa resiko, yaitu menentukan seberapa besar dampak kejadian yang mempengaruhi hasil akhir dari proses. Adapun penentuan *rating* untuk *severity* dapat dilihat pada Tabel 2.3. Penentuan *ranking severity* yang sudah dilakukan berdasarkan intensitas atau seberapa banyak kejadian yang mempengaruhi hasil akhir dari suatu proses. Setelah pemberian *rating severity*, selanjutnya harus menentukan *ranking* untuk *occurance*.

b. *Occurance*

Occurance merupakan kemungkinan bahwa penyebab kegagalan akan terjadi dan akan menghasilkan bentuk kegagalan selama proses. Adapun cara pemberian *rating occurrence* dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 3 Penentuan *Rating Severity*

Efek	Kriteria	Ranking
<i>Maximum Severity</i>	Kegagalan yang terjadi pasti menimbulkan bahaya	10
	Memenuhi peraturan pemerintah	
<i>Exterem Severity</i>	Kegagalan yang terjadi kemungkinan menimbulkan bahaya	9
	Keselamatan kerja harus diperhatikan	
<i>Very High Severity</i>	<i>Downtime</i> meningkat signifikan dan berdampak pada finansial	8
	Produk tidak dapat digunakan tapi aman	
	Konsumen sangat tidak puas	
<i>High Severity</i>	<i>Downtime</i> meningkat signifikan	7
	Performa produk sangat menurun	
	Konsumen sangat tidak puas	
<i>Severe</i>	Kelancaran produksi terganggu	6
	Produksi berjalan tapi performa menurun	
	Konsumen tidak puas	
<i>Moderate</i>	Pengaruh terlihat melalui proses produksi	5
	Performa akan menurun perlahan-lahan	
	Pelanggan tidak puas	
<i>Minor</i>	Kelancaran produksi kemungkinan terganggu	4
	Konsumen menyadari pengaruh yang kecil pada produk	
<i>Slight</i>	Pengguna mungkin menyadari pengaruh pada produk tapi pengaruhnya sangat kecil (proses dan konsumen)	3
<i>Very Slight</i>	Tidak berpengaruh pada kelancaran produksi	2
	Tidak berpengaruh signifikan pada produk	
<i>None</i>	Disadari oleh operator	1
	Tidak disadari konsumen	

(Sumber: *Dyadem Engineering Corporation, 2003*)

c. *Detection*

Setelah penentuan *rating occurrence* dilakukan, selanjutnya dapat menentukan nilai *detection*. Penilaian atau *ranking* pada *detection* berguna untuk mengetahui dan mendeteksi penyebab suatu potensi kegagalan, adapun pemberian *ranking detection* dapat dilihat pada Tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Penentuan *Rating Occurance*

<i>Degree</i>	Frekuensi Kejadian	<i>Ranking</i>
<i>Remote</i>	0.01%	1
<i>Low</i>	0.10%	2
	0.50%	3
<i>Moderate</i>	1%	4
	2%	5
	5%	6
<i>High</i>	10%	7
	20%	8
<i>Very High</i>	50%	9
	100%	10

(Sumber: Gasperz, 2002)

Tabel 2. 5 Penentuan *Rating Detection*

<i>Ranking</i>	Kriteria
1	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan penyebab kemungkinan
2	Kemungkinan penyebab terjadi kegagalan sangat rendah
3	
4	Kemungkinan penyebab terjadinya kegagalan bersifat moderate. Metode pencegahan kurang efektif, masalah terkadang masih berulang.
5	
6	Kemungkinan penyebab terjadinya kegagalan masih tinggi. Metode pencegahan kurang efektif. Masalah masih terjadi.
7	
8	Kemungkinan penyebab terjadinya kegagalan sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, dan masalah terus berulang.
9	
10	

(Sumber: Gasperz, 2002)