

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka merupakan bab yang berisi tentang teori-teori pendukung dalam penelitian ini, yang tentunya berkaitan dengan permasalahan yang dihadapi pada penelitian ini. Dalam penelitian yang akan dilaksanakan diperlukan dasar-dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang dipermasalahkan dalam penelitian dan akan dipakai dalam analisis. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar-dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian ini meliputi, penelitian terdahulu, konsep *Lean Manufacturing*, *Value stream mapping*, jenis pemborosan (*waste*), sikap kerja 5S, *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), dan study waktu.

2.1 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait dengan metode VSM yang dapat dijadikan sebagai referensi dalam penelitian ini. Berikut adalah review dari beberapa penelitian sebelumnya.

1. Tobing (2010) meneliti tentang pendekatan *lean thinking* untuk mengurangi *waste* pada PT. Baja Pertiwi Industri. Permasalahan yang ada pada industri ini adalah adanya *waste* seperti waktu menunggu, transportasi, dan stock pada proses produksinya. Penelitian ini menggunakan VSM untuk menganalisis *waste* tersebut, yang di gambarkan pada *current state map*. Setelah dilakukan analisis, ternyata yang menjadi permasalahan penyebab timbulnya *waste* disini adalah ketidakseimbangan lintasan produksi, sehingga pada usulan perbaikannya penelitian ini mengusulkan untuk menerapkan system kanban, 5S, serta melakukan penyeimbangan lintasan untuk dapat memperpendek *lead time* produksi.
2. Sinaga (2011) meneliti tentang penggunaan *lean manufacturing* untuk meminimalisasi *waste* pada PT.Bamindo Agrapersada. Permasalahan yang ada pada penelitian ini adalah adanya waktu menunggu antar proses sehingga menyebabkan bertambah panjangnya *production lead time*. Penelitian ini mengusulkan untuk menerapkan *lean manufacturing* dengan metode VSM untuk mengidentifikasi jenis *waste* yang terjadi. Dari hasil pemetaan aliran proses produksi dengan VSM ini, maka usulan perbaikan dengan *future state map* diberikan sehingga dapat mengurangi *production lead time*.

3. Sukiawati (2010) meneliti tentang rancangan system kanban untuk mengurangi *non value added activities* pada proses produksi di PT. Central Windu Sejati. Permasalahan yang ada pada penelitian ini adalah terdapatnya inventory pada bahan bakunya sehingga menimbulkan biaya inventory yang tinggi, selain itu permasalahan lainnya adalah terdapatnya *waste* pada lini produksinya. Untuk menganalisis *waste* yang ada maka penelitian ini menggunakan metode VSM. Selain itu, penelitian ini juga mengusulkan system kanban untuk perencanaan system komunikasi antara perusahaan dengan pemasok bahan baku untuk mengatasi kelemahan system persediaan actual.

Dari penelitian-penelitian terdahulu seperti yang telah disebutkan diatas, memiliki keterkaitan dengan penelitian yang penulis lakukan. Keterkaitan tersebut berupa informasi jumlah operator, jam kerja, jumlah permintaan, ukuran batch produksi, scrap dan uptime proses, waktu siklus, serta data-data lain yang berhubungan dengan VSM. Dalam penelitian ini penulis melakukan pendekatan dengan metode VSM, dan analisis FMEA untuk meminimalisasi *waste* yang terjadi. Dengan menampilkan pemetaan dengan VSM serta analisis dengan FMEA, harapannya peneliti dapat memberikan rekomendasi perbaikan terhadap adanya *waste* pada lini produksi, serta peneliti dapat mengidentifikasi potensi kegagalan yang akan timbul pada produksi. FMEA disini bertujuan untuk mengeliminasi atau meminimalkan resiko kegagalan produksi yang akan timbul. Berikut adalah tabel perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian ini.



Tabel 2.1 Tabel Perbandingan Penelitian Terdahulu

No		Kanban	VSM	5S	FMEA	Hasil
1	Tobing (2010)	✓	✓	✓		Penelitian ini menggunakan VSM untuk menganalisis <i>waste</i> , yang di gambarkan pada <i>current state map</i> . Setelah dilakukan analisis, ternyata yang menjadi permasalahan timbulnya <i>waste</i> disini adalah ketidakseimbangan lintasan produksi, sehingga pada usulan perbaikannya penelitian ini mengusulkan untuk menerapkan system kanban, 5S, serta melakukan penyeimbangan lintasan sehingga dapat memperpendek <i>lead time</i> produksi.
2	Sinaga (2011)		✓	✓		<i>Lean manufacturing</i> dengan metode VSM dapat mengidentifikasi jenis <i>waste</i> yang terjadi, serta usulan perbaikan yang diberikan dengan <i>future state map</i> dapat mengurangi <i>production lead time</i>
3	Sukiawati (2010)	✓	✓	✓		penelitian ini menggunakan metode VSM untuk menganalisis <i>waste</i> yang ada. Selain itu, penelitian ini juga mengusulkan system kanban untuk perencanaan system komunikasi antara perusahaan dengan pemasok bahan baku untuk mengatasi kelemahan system persediaan actual, sehingga dapat memperkecil tingkat inventory.
4	Penelitian ini		✓		✓	Diharapkan dapat menganalisis jenis <i>waste</i> yang terjadi pada lini produksi dengan menggambarkannya pada pemetaan VSM, serta memberikan usulan perbaikan dengan analisis FMEA untuk mengenali dan meminimalisir adanya resiko kegagalan produksi terhadap adanya kemungkinan produk cacat.

2.2 Konsep Lean

Sistem produksi *Lean* adalah suatu upaya terus menerus untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah produk barang atau jasa agar memberikan nilai kepada pelanggan atau *customer value* (Intan, 2011). Berikut adalah definisi lebih lanjut tentang *lean*, tujuan pendekatan *lean*, serta prinsip utama pendekatan *lean*.

2.2.1 Definisi Lean

Dalam bukunya *Lean Thinking*, James Womack dan Daniel Jones mendefinisikan *lean manufacturing* sebagai suatu proses yang terdiri dari lima langkah: mendefinisikan nilai bagi pelanggan, menetapkan *value stream*, membuatnya “mengalir”, “ditarik” oleh pelanggan, dan berusaha keras untuk mencapai yang terbaik. Untuk menjadi perusahaan manufaktur yang *lean* diperlukan suatu pola pikir yang terfokus pada membuat produk mengalir melalui proses penambahan nilai tanpa interupsi (*one-piece flow*), suatu sistem “tarik” yang berawal dari permintaan pelanggan, dengan hanya menggantikan apa yang diambil oleh proses berikutnya dalam interval yang singkat, dan suatu budaya dimana semua orang berusaha keras melakukan peningkatan secara terus-menerus.

Tujuan utama dari implementasi *lean* adalah untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi *waste* dari suatu stasiun kerja. Eliminasi *waste* dilakukan dengan mengidentifikasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap konsumen karena aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dapat menambah waktu dalam menyelesaikan suatu pekerjaan dan pada akhirnya akan mengurangi produktivitas dari tiga faktor produksi yang mempengaruhi efisiensi proses antara lain pekerja, peralatan, dan fasilitas. *Lean* pada awalnya merupakan terminologi yang digunakan untuk mendeskripsikan pendekatan yang dilakukan di industri otomotif Jepang yaitu Toyota untuk membedakannya dengan pendekatan produksi massal yang ada di Barat.

2.2.2 Tujuan Pendekatan Lean

Konsep *lean* merupakan konsep perampingan yang fokus utamanya adalah efisiensi tanpa mengurangi efektivitas proses. Mekong *Capital's* mendefinisikan *lean manufacturing* yang disebut juga *lean production* sebagai sekumpulan alat dan metodologi yang mempunyai tujuan untuk mengeliminasi *waste* secara kontinyu dalam proses produksi. Keuntungan utama yang diperoleh adalah biaya produksi lebih rendah, *output* meningkat dan *lead time* produksi lebih pendek.

Secara lebih spesifik, beberapa tujuan *lean production* antara lain sebagai berikut :

1. *Defects* dan *wastage*

Mengurangi *defect* dan *scrap* yang tidak diperlukan, termasuk penggunaan *input* bahan baku yang berlebihan, *defect* yang dapat dicegah, biaya yang dihubungkan dengan pengulangan proses untuk item yang cacat, dan karakteristik produk yang tidak diperlukan dimana tidak sesuai dengan keinginan *customer*.

2. *Cycle Time*

Mengurangi *manufacturing lead time* dan waktu siklus produksi dengan mengurangi waktu tunggu antar proses.

3. *Inventory Levels*

Meminimumkan *level inventory* pada semua tahap produksi per bagian pada *work-in progress* antar tahap pemrosesan. *Inventory* yang lebih rendah berarti membutuhkan *working capital* yang lebih rendah juga.

4. *Labor productivity*

Meningkatkan produktivitas tenaga kerja dengan mengurangi waktu *idle* dari pekerja dan memastikan bahwa pekerja sedang melakukan pekerjaannya, mereka menggunakan usaha yang seproduktif mungkin dalam bekerja (tidak melakukan tugas yang tidak diperlukan atau gerakan yang tidak perlu).

5. *Utilization of equipment and space*

Penggunaan peralatan dan ruang *manufacturing* lebih efisien dengan mengeliminasi *bottleneck* dan memaksimumkan tingkat produksi dengan peralatan yang ada, meminimasi *downtime* mesin.

6. *Flexibility*

Mempunyai kemampuan untuk memproduksi produk lebih fleksibel dengan meminimumkan *change over cost* dan *change over time*.

7. *Output*

Mengurangi waktu siklus, meningkatkan produktivitas tenaga kerja dan mengeliminasi *bottleneck* dan *downtime* mesin yang dapat dicapai, perusahaan dapat meningkatkan *output* secara signifikan dengan fasilitas yang ada.

2.2.3 Prinsip Utama Pendekatan Lean

Konsep *Lean Thinking* ini diprakarsai oleh sistem produksi Toyota di Jepang. *Lean* dirintis di Jepang oleh Taichi Ohno dan Sensei Shigeo Shingo dimana implementasi dari konsep ini didasarkan pada 5 prinsip utama (Hines dan Taylor, 2000) yaitu :

1. *Specify value*

Menentukan apa yang dapat memberikan nilai dari suatu produk atau pelayanan dilihat dari sudut pandang konsumen bukan dari sudut pandang perusahaan.

2. *Identify whole value stream*

Mengidentifikasi tahapan-tahapan yang diperlukan, mulai dari proses desain, pemesanan, dan pembuatan produk berdasarkan keseluruhan *value stream* untuk menemukan pemborosan yang tidak memiliki nilai tambah (*non value adding waste*).

3. *Flow*

Melakukan aktivitas yang dapat menciptakan suatu nilai tanpa adanya gangguan, proses *rework*, aliran balik, aktivitas menunggu (*waiting*) ataupun sisa produksi.

4. *Pulled*

Hanya membuat apa yang diinginkan oleh konsumen.

5. *Perfection*

Berusaha mencapai kesempurnaan dengan menghilangkan *waste* (pemborosan) secara bertahap dan berkelanjutan.

Untuk dapat menerapkan *lean production*, pemahaman tentang nilai yang didefinisikan oleh *customer* menjadi hal yang sangat fundamental. Hal yang pertama harus dilakukan adalah mengeliminasi atau mengurangi *waste* dari aktivitas-aktivitas dalam *value stream*, dimana *customer* tidak berkeinginan untuk membayar aktivitas-aktivitas tersebut. Dalam konteks ini akan dibedakan aktivitas-aktivitas menjadi tiga yaitu:

1. Aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value added*) dan bisa direduksi atau dihilangkan.
2. Aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah tapi perlu dilakukan (*necessary but non-value added*).
3. Aktivitas yang memang memberikan nilai tambah (*value-added*).

Aktivitas produksi, yaitu mengubah bahan baku menjadi produk setengah jadi atau produk jadi adalah kegiatan yang memberikan nilai tambah. Nilai tambah tersebut harus dikaitkan dengan perspektif pelanggan. Artinya, perubahan bahan baku

menjadi produk jadi adalah sesuatu yang punya nilai bagi pelanggan karena produk tersebut punya fungsi atau bisa dimanfaatkan oleh pelanggan. Kegiatan memindahkan material tidak memberikan nilai tambah namun sering kali tidak bisa dihilangkan kecuali dengan melakukan perombakan dramatis pada tata letak fasilitas produksi. Demikian halnya dengan kegiatan transportasi dan penyimpanan. Kedua kegiatan ini tidak memberikan nilai tambah namun sering kali harus dilakukan.

2.3 Jenis-jenis Pemborosan (*waste*)

Pemborosan (*Waste*) didefinisikan sebagai segala aktivitas pemakaian sumber daya (*resources*) yang tidak memberikan nilai tambah (*value added*) pada produk. Pada dasarnya semua *waste* yang terjadi berhubungan erat dengan dimensi waktu. Menurut Liker (2006) terdapat 7 jenis pemborosan (*waste*) yaitu *overproduction*, *waiting time*, *transportation*, *overprocessing*, *inventory*, *motion*, dan *defect*. Berikut adalah penjelasannya.

1. Produksi yang berlebih (*overproduction*)

Kriteria *overproduction* adalah:

- a. Memproduksi sesuatu lebih awal dari yang dibutuhkan
- b. Memproduksi dalam jumlah yang lebih besar dari pada yang dibutuhkan oleh pelanggan.

Memproduksi lebih awal atau lebih cepat dari yang dibutuhkan pelanggan menciptakan pemborosan lain seperti biaya kelebihan tenaga kerja, penyimpanan dan transportasi karena persediaan berlebih. Persediaan dapat berupa fisik atau antrian informasi.

2. Waktu menunggu (*waiting time*)

Kriteria waktu menunggu adalah:

- a. Pekerja hanya mengamati mesin otomatis yang sedang berjalan
- b. Pekerja berdiri menunggu tahap selanjutnya dari proses baik menunggu alat, pasokan, komponen dan lain sebagainya, atau menganggur karena kehabisan material, keterlambatan proses, kerusakan mesin dan *bottleneck*.
- c. Waktu menunggui informasi
- d. Material yang keluar dari satu proses dan tidak langsung dikerjakan di proses selanjutnya

3. Transportasi (*transportation*)

Kriteria transportasi adalah:

- a. Memindahkan barang dalam proses (*WIP*) dari satu tempat ke tempat yang lain dalam satu proses, bahkan jika hanya dalam jarak dekat.
- b. Menciptakan angkutan yang tidak efisien.
- c. Pindahan yang repetitif dan menempuh jarak jauh.

4. Proses yang berlebih (*processing*)

Kriteria proses berlebih adalah:

- a. Melakukan langkah yang tidak diperlukan untuk memproses komponen.
- b. Melaksanakan pemrosesan yang tidak efisien karena alat dan rancangan produk yang buruk, menyebabkan gerakan yang tidak perlu sehingga memproduksi barang cacat.

5. Persediaan berlebih (*inventory*)

Salah satu kriteria persediaan berlebih adalah persediaan yang dapat meningkatkan resiko barang kadaluarsa, barang rusak. Menurut Toyota persediaan adalah pemborosan. Bahan baku, barang dalam proses atau barang jadi yang berlebih menyebabkan *lead time* yang panjang, peningkatan biaya pengangkutan dan penyimpanan, serta keterlambatan. Persediaan berlebih juga menyembunyikan masalah seperti ketidakseimbangan produksi, keterlambatan pengiriman dari pemasok, produk cacat, mesin rusak, dan waktu set up yang panjang.

6. Gerakan yang tidak perlu (*motion*)

Kriteria gerakan yang tidak perlu adalah:

- a. Gerakan tersebut tidak memberikan nilai tambah bagi produk seperti mencari, memilih atau menumpuk komponen, alat dan lain sebagainya.
- b. Berjalan juga merupakan pemborosan.

7. Produk cacat (*product defect*)

Memproduksi komponen cacat atau yang memerlukan perbaikan. Perbaikan atau pengerjaan ulang, *scrap*, memproduksi barang pengganti, dan inspeksi berarti tambahan penanganan, waktu, dan upaya yang sia-sia.

2.4 Metode yang Digunakan dalam *Lean Manufacturing*

Perusahaan dapat memilih metode sesuai dengan kebutuhan dan tujuan yang ingin dicapai serta kemungkinan penerapannya diperusahaan. Namun pada pembahasan ini

yang digunakan antara lain *value stream mapping*, *Failure Mode and Effects analysis* (FMEA).

2.4.1 Value Stream Mapping (VSM)

Value Stream adalah sekumpulan dari seluruh kegiatan yang di dalamnya terdapat kegiatan yang memberikan nilai tambah, juga yang tidak memberikan nilai tambah, 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. 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 perbaikan (*tool*) dalam perusahaan yang digunakan untuk membantu memvisualisasikan proses produksi secara menyeluruh, yang merepresentasikan baik aliran material juga aliran informasi.

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. 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*. Rother dan Shock (1999) seperti yang dikutip oleh Abdullah (2003), menyimpulkan keuntungan-keuntungan yang diperoleh dengan penerapan konsep *value stream mapping* 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*.

Adapun dua langkah utama dalam melakukan pemetaan *Value Stream Mapping*, yaitu sebagai berikut.

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.

2.4.1.1 *Current State Map*

Adapun petunjuk pembuatan *current state map* disini adalah sebagai berikut.

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 terbatas pada fungsinya masing-masing. Sehingga biasanya orang hanya bertanggungjawab pada apa yang menjadi bagiannya (pada areanya saja) tanpa perlu mengetahui proses secara keseluruhan menurut sudut pandang *value-stream*. Oleh karena itu dalam memetakan *value-stream* agar nantinya dapat dibuat suatu usulan perancangan, diperlukan seorang *Value-stream Manager* yakni orang yang paham mengenai proses keseluruhan

dalam *value-stream* suatu produk sehingga dapat membantu dalam memberikan saran bagi perbaikan *value-stream* produk tersebut.

3. Pembuatan Diagram SIPOC dan Peta Untuk Setiap Kategori Proses (*Door-to-Door Flow*) di Sepanjang *Value-stream*

Diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Costumer*) digunakan untuk memberikan batasan atau ruang lingkup penelitian sepanjang *value stream* dan mengidentifikasi elemen yang berkaitan untuk pengembangan proses sebelum proses pengembangan itu dimulai⁷. SIPOC merupakan akronim dari lima elemen utama dalam sistem kualitas, yaitu:

- a. *Suppliers* adalah orang, departemen atau organisasi yang memberikan informasi kunci, material, atau sumber daya lain kepada proses. Jika suatu proses terdiri dari beberapa sub proses, maka sub proses sebelumnya dapat dianggap sebagai petunjuk pemasok internal (*internal suppliers*).
- b. *Inputs* adalah segala sesuatu yang diberikan oleh pemasok (*suppliers*) kepada proses.
- c. *Process* adalah sekumpulan langkah yang mentransformasi dan secara ideal menambah nilai kepada *inputs* (proses transformasi nilai tambah kepada *inputs*). Suatu proses biasanya terdiri dari beberapa sub-proses.
- d. *Outputs* adalah produk (barang atau jasa) dari suatu proses. Dalam industry manufaktur *ouputs* dapat berupa barang setengah jadi maupun barang jadi (*final product*). Termasuk kedalam *outputs* adalah informasi-informasi kunci dari proses.
- e. *Customers* adalah orang atau kelompok orang, atau sub proses yang menerima *outputs*. Jika suatu proses terdiri dari beberapa sub proses, maka sub proses sesudahnya dapat dianggap sebagai pelanggan internal (*internal customers*).

Keadaan sebenarnya di lapangan diperoleh saat penggambar berjalan di sepanjang proses aktual *value stream* dari proses produksi yang aktual. Melakukan pengamatan mendetail untuk setiap kategori proses. Untuk setiap proses, maka seluruh informasi kritis termasuk *lead time, cycle time, changeover time, uptime, EPE* (ukuran *batch* produksi), jumlah operator dan waktu kerja (sudah dikurangi dengan waktu istirahat), level *inventory*, dan lain-lain perlu didokumentasikan. Semuanya akan dimasukkan dalam suatu *data box* untuk masing-masing proses. Untuk setiap pembuatan *data box*, maka ukuran-ukuran yang diperlukan antara lain adalah sebagai berikut.

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/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 : $VCT < C/T < L/T$

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*

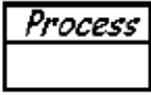
Menyatakan jumlah orang yang dibutuhkan saat melakukan suatu proses.

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 (*cleanup times*).

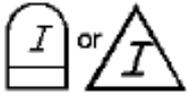
Lambang-lambang yang biasa digunakan dalam penggambaran aliran proses VSM dapat dilihat seperti tabel berikut.

Tabel 2.2 Lambang yang Digunakan pada 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.
3	<i>red Process</i>		Menyatakan operasi proses, departemen atau stasiun kerja dengan famili-famili 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>		Lambang ini memiliki lambang-lambang didalamnya yang menyatakan informasi / data yang dibutuhkan untuk menganalisis dan mengamati sistem

Sumber : Rahmadan (2010)

Tabel 2.2 Lambang yang Digunakan pada Kategori Proses (lanjutan)

No.	Nama	Lambang	Fungsi
5	<i>Work Cell</i>		Mengindikasikan banyak proses yang terintegrasi dalam sel-sel kerja manufaktur, seperti sel-sel yang biasa memproses famili 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.
6	<i>Inventory</i>		Menunjukkan keberadaan suatu <i>inventory</i> diantara dua proses. Ketika memetakan <i>current state</i> , jumlah <i>inventory</i> dapat diperkirakan dengan satu perhitungan cepat, dan jumlah tersebut dituliskan dibawah gambar segitiga. Jika terdapat lebih dari satu akumulasi <i>inventory</i> , gunakan satu lambang untuk masing-masing <i>inventory</i> . Lambang ini juga dapat digunakan untuk merepresentasikan penyimpanan bagi <i>raw material</i> dan <i>finished goods</i> .
7	<i>Operator</i>		Lambang ini merepresentasikan operator. Lambang ini menunjukkan jumlah operator yang dibutuhkan untuk melakukan suatu proses.

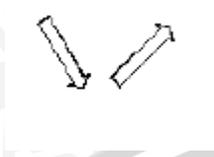
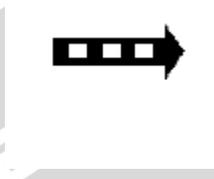
Sumber : Rahmadan (2010)

4. Pembuatan Peta Aliran Material dan Informasi Keseluruhan Pabrik

Kesatuan peta alur *value-stream* juga mencakup aliran material yang harus ada dalam peta. Selain aliran material, maka yang tak kalah pentingnya dalam peta *value-stream* adalah aliran informasi yang juga mencakup aliran yang ditunjukkan dengan ikon *push arrow*. Penggambaran *shipments* dan *lead-time bar* dari bahan mentah hingga produk jadi (*finished good*) yang telah berada di *shipping-end* untuk dikirim ke konsumen. Dengan demikian peta *Current State Map* telah lengkap.

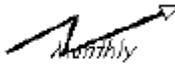
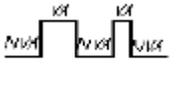
Pada tahapan ini, maka gambar yang telah dibuat pada tahap sebelumnya, disempurnakan dengan lambang-lambang yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.3 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 satu proses menuju proses berikutnya. <i>Push</i> (mendorong) 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

Sumber : Rahmadan (2010)

Tabel 2.3 Lambang yang Melengkapi Peta Keseluruhan (lanjutan)

No.	Nama	Lambang	Fungsi
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 jumlah informasi atau data yang dipertukarkan, jenis media yang digunakan seperti fax, telepon, dan lain-lain dan juga jenis data yang dipertukarkan itu sendiri.
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 : Rahmadan (2010)

2.4.1.2 Future State Map

Setelah membuat *Current State Map*, maka langkah terakhir dalam *value stream mapping* adalah membuat suatu *future state map*. Tujuan dari *value stream mapping* adalah untuk mengetahui dengan jelas sumber-sumber pemborosan dan membantu membuat area target bagi proses perbaikan yang nyata. *Future state map* tidaklah lebih dari sekedar pengimplementasian rencana yang menjelaskan jenis *tool* yang dibutuhkan dalam proses *lean* untuk mengeliminasi pemborosan dan dimana (pada proses apa) *tool* tersebut diperlukan dalam *value stream* suatu produk. Pembuatan suatu *future state map* diawali dengan menjawab serangkaian pertanyaan terkait masalah yang menyebabkan perlu dibangunnya suatu *future state map*, dan juga implementasi teknis terkait penggunaan *tools* dalam proses *lean*. Penemuan akar masalah dapat menggunakan *Five Why*. *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 membuat *Future state map* adalah sebagai berikut

1. Penentuan *Takt Time*

Takt time menyatakan seberapa sering seharusnya perusahaan memproduksi satu *part* atau produk dalam sehari berdasarkan rata-rata harian penjualan produk agar dapat memenuhi kebutuhan konsumen. *Takt time* dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Takt Time (TT)} = \frac{\text{available work time per day}}{\text{customer demand per day}}$$

Takt time digunakan untuk menyelaraskan langkah produksi dengan langkah penjualan sebagai suatu proses utama. *Takt time* merupakan nilai petunjuk berapa jumlah produk dalam satu proses harus diproduksi.

2. Mengembangkan Aliran yang Kontinu (*Continuous Flow*) di tempat yang memungkinkan

Continuous flow menunjukkan proses untuk memproduksi suatu produk dalam satu waktu, dimana setiap item dengan segera melewati melewati satu proses ke proses berikutnya tanpa adanya stagnasi (juga tidak terdapat berbagai pemborosan) di antara proses tersebut.

3. Menggunakan Supermarket Untuk Mengontrol Produksi Saat Aliran Kontinu (*Continuous Flow*) Tidak Sampai Tahap *Upstream*

Ada kalanya beberapa area dalam *value-stream* dimana *continuous-flow* tidak mungkin diimplementasikan sementara pengelompokan diperlukan. Ada beberapa alasan yang bisa menyebabkan hal ini, diantaranya:

- a. Beberapa proses yang memang dirancang untuk beroperasi dalam waktu siklus yang sangat cepat atau bahkan sangat lambat dan butuh *change-over* untuk melayani famili produk sekaligus.
- b. Beberapa proses, seperti proses yang terdapat pada *supplier*, memiliki letak yang jauh sehingga pengiriman satu produk dalam satu waktu menjadi tidak realistis.
- c. Beberapa proses memiliki terlalu banyak *lead-time* atau sangatlah tidak masuk akal untuk menggabungkan secara langsung antara proses yang satu dengan proses yang lain dalam satu *continuous-flow*.

Pengendalian produksi sering melalui supermarket berbasis *pull-systems*. *Pull-systems* biasanya perlu diletakkan di area yang *continuous flow*-nya terganggu serta proses yang sifatnya *upstream* masih harus diterapkan dalam satu ukuran *batch*.

Tujuan meletakkan *pull-system* diantara dua proses adalah sebagai sarana untuk memberikan instruksi produksi yang akurat terhadap proses yang sifatnya *upstream*, tanpa perlu mencoba memprediksi permintaan *downstream* dan menjadwalkan proses yang *upstream*. *Pull* merupakan metode pengendalian produksi antar aliran. Ikon supermarket terbuka di sisi kiri, menghadap proses pengiriman yang dilakukan *supplier*. Ini dikarenakan supermarket merupakan bagian dari proses *supply* dan digunakan dalam proses penjadwalan.

4. Pemilihan *Pacemaker Process*

Dengan menggunakan *supermarket pull system*, maka hanya akan dibutuhkan satu point penjadwalan dalam *value-stream* yang dibuat secara *door-to-door*. Point ini yang disebut dengan proses utama (*pacemaker process*), karena bagaimana pengontrolan produksi dilakukan pada proses ini, akan menentukan keseluruhan proses *upstream*. Sebagai contoh, fluktuasi dalam volume produksi di proses utama akan berpengaruh terhadap kebutuhan kapasitas dalam proses-proses *upstream*. Pilihan terhadap point penjadwalan ini juga akan menentukan elemen-elemen apa dalam *value-stream* yang akan menjadi bagian *lead-time* dari order konsumen menuju produk jadi (*finished goods*). Ingat bahwa transfer material dari proses utama secara *downstream* menuju *finished goods* ditampilkan sebagai suatu aliran (karena tidak ada *supermarket* atau *pull* yang *downstream* terhadap proses utama). Dengan demikian, proses utama biasanya merupakan proses *continuous-flow* yang paling hilir dalam *value-stream* yang dibuat secara *door-to-door*.

5. Membangun level produksi yang konsisten

Volume kerja yang berubah besar menyebabkan munculnya *overtime* (waktu lembur) yang tidak menentu yang menyebabkan tambahan beban di mesin, orang dan *supermarket*. Dengan demikian perlu dibuat satu level produksi perintis yang dapat menangani aliran produksi yang bisa diprediksi, yang dapat membantu mengatasi masalah dan memungkinkan pengambilan tindakan perbaikan yang cepat.

2.4.2 *Cause and Effect Diagram (Diagram Sebab Akibat)*

Diagram ini disebut juga diagram tulang ikan (*fishbone diagram*) dan berguna untuk memperlihatkan faktor-faktor utama yang berpengaruh pada kualitas dan mempunyai akibat pada masalah yang kita pelajari, selain itu kita juga dapat melihat faktor-faktor yang lebih terperinci yang berpengaruh dan mempunyai akibat pada faktor utama tersebut yang dapat kita lihat dari panah-panah yang berbentuk tulang ikan pada

diagram *fishbone* tersebut. Diagram sebab akibat ini diperkenalkan pertama kalinya oleh Profesor Kaoru Ishikawa (Universitas Tokyo) pada tahun 1943. Untuk mencari faktor penyebab terjadinya penyimpangan kualitas kerja, maka orang akan selalu mendapatkan bahwa ada lima faktor penyebab utama yang perlu diperhatikan yaitu *man*, *material*, *machine*, *method*, dan *environment*.

Langkah-langkah dalam membuat diagram sebab akibat disini, yaitu:

- a. Mengidentifikasi masalah utama.
- b. Menempatkan masalah utama tersebut di sebelah kanan diagram.
- c. Mengidentifikasi penyebab mayor dan meletakkannya pada diagram utama.
- d. Mengidentifikasi penyebab minor dan meletakkannya pada penyebab mayor.
- e. Diagram sebab akibat telah selesai, kemudian dilakukan evaluasi untuk menentukan penyebab sesungguhnya.

2.4.3 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effects 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 sekali pada tahun 1920.

FMEA dilakukan untuk menganalisa potensi kesalahan atau kegagalan dalam system, selanjutnya potensi yang teridentifikasi akan diklasifikasikan menurut besarnya potensi kegagalan dan efeknya terhadap proses (Setiyawan dkk, 2013). FMEA yang mendapatkan *risk potential number* tertinggi akan dijadikan acuan untuk prioritas perbaikan.

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 dari perusahaan. Konsep FMEA adalah sebagai alat perencanaan kualitas untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi potensi kegagalan atau kerusakan. FMEA juga mengidentifikasi kegagalan (kemungkinan, mekanisme, pengaruh, mode deteksi, kemungkinan pencegahan). Hasil dari FMEA berupa rencana tindakan untuk eliminasi atau penyelidikan kegagalan. Arti FMEA secara harafiah 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 tindakan perbaikan berdasarkan hasil evaluasi terhadap penyebab

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

FMEA digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik proses atau desain kritis yang memerlukan pengendalian khusus untuk mencegah atau mendeteksi *failure mode*.

Peran FMEA antara lain:

- a. Mengevaluasi sistematis produk dan proses.
- b. Pembuktian kegagalan, identifikasi kegagalan.
- c. Dokumentasi potensial untuk produk atau proses yang tidak memenuhi syarat.

Kegunaan FMEA adalah:

- a. Meningkatkan kualitas, *reliability*, dan keamanan dari produk dan proses.
- b. Meningkatkan daya saing.
- c. Meningkatkan kepuasan konsumen
- d. Mengurangi waktu dan biaya untuk pengembangan produk.
- e. Melakukan dokumentasi aksi yang perlu dilakukan untuk mereduksi resiko.

2.4.3.1 Tahapan Pembuatan FMEA Secara Umum

Adapun tahapan pembuatan FMEA secara umum adalah sebagai berikut.

- a. Penentuan Mode Kegagalan yang Potensial Pada Setiap Proses

Mode kegagalan adalah suatu keadaan di mana proses dapat berpotensi gagal memenuhi persyaratan proses atau disain. Mode kegagalan dapat berupa penyebab terhadap potensi kegagalan pada proses selanjutnya atau dampak dari potensi kegagalan pada proses sebelumnya.

Ada empat jenis mode kegagalan yang dapat terjadi. Jenis pertama dan kedua jarang terjadi dan lebih sering terlihat. Jenis ketiga dan keempat seringkali tidak teridentifikasi pada saat membuat FMEA. Keempat jenis tersebut yaitu:

1. *No function*: proses tidak berfungsi secara total atau tidak dapat dioperasikan.
2. *Partial/over function*: tidak memenuhi spesifikasi secara keseluruhan.
3. *Intermittent function*: memenuhi spesifikasi tetapi tidak dapat berfungsi penuh karena ada pengaruh faktor luar, misalnya temperatur, kelembaban dan lingkungan.
4. *Unintended function*: maksudnya interaksi beberapa bagian/elemen yang telah benar secara individu, tetapi tidak menghasilkan performansi yang diinginkan bila disatukan.

b. Penentuan Nilai *Severity* (S)

Severity adalah peringkat yang menunjukkan tingkat keseriusan efek dari suatu mode kegagalan. *Severity* berupa angka 1 hingga 10, di mana 1 menunjukkan keseriusan terendah (resiko kecil) dan 10 menunjukkan tingkat keseriusan tertinggi (sangat beresiko). Criteria *severity* dapat dilihat pada tabel berikut.



Tabel 2.4 Penentuan Nilai *Severity*

Efek	Kriteria	Ranking
Berbahaya tanpa ada Peringatan	Dapat membahayakan konsumen	10
	Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah	
	Tidak ada peringatan	
Berbahaya dan ada Peringatan	Dapat membahayakan konsumen	9
	Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah	
	Ada peringatan	
Sangat tinggi	Mengganggu kelancaran lini produksi	8
	Sebagian besar menjadi <i>scrap</i> , sisanya dapat disortir (apakah sudah baik/bisa <i>rework</i>)	
	Pelanggan tidak puas	
Tinggi	Sedikit mengganggu kelancaran lini produksi	7
	Sebagian besar menjadi <i>scrap</i> , sisanya dapat disortir (apakah sudah baik/bisa <i>rework</i>)	
Sedang	Pelanggan tidak puas	6
	Sebagian kecil menjadi <i>scrap</i> , sisanya tidak perlu disortir (sudah baik)	
Rendah	100% produk dapat di- <i>rework</i>	5
	Produk pasti dikembalikan oleh konsumen	
Sangat rendah	Sebagian besar dapat di- <i>rework</i> dan sisanya sudah baik	4
	Kemungkinan produk dikembalikan oleh Konsumen	
Kecil	Hanya sebagian kecil yang dapat di- <i>rework</i> dan sisanya sudah baik	3
	Rata-rata pelanggan complain	
Sangat kecil	Komplain hanya diberikan oleh pelanggan Tertentu	2
Tidak ada	Tidak ada efek buat konsumen	1

Sumber : Panjaitan (2011)

c. Penentuan Nilai *Occurrence* (O)

Occurrence adalah ukuran seberapa sering penyebab potensial terjadi. Nilai *occurrence* berupa angka 1 sampai 10, di mana 1 menunjukkan tingkat kejadian rendah atau tidak sering dan 10 menunjukkan tingkat kejadian sering. Nilai *occurrence* dapat ditentukan berdasarkan jumlah kegagalan yaitu angka yang diperoleh dari perhitungan statistik yang menunjukkan *performance* atau *capability* suatu proses dalam menghasilkan produk sesuai spesifikasi. Nilai *occurrence* dapat diturunkan dengan mencegah atau mengontrol penyebab melalui desain proses.

Nilainya ditentukan untuk setiap penyebab potensial. Kriteria *occurrence* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.5 Penentuan Nilai *Occurrence*

Peluang terjadinya penyebab kegagalan	Tingkat kemungkinan kegagalan	Ranking
Sangat tinggi	1 dalam 2	10
	1 dalam 3	9
Tinggi	1 dalam 8	8
	1 dalam 20	7
Sedang	1 dalam 100	6
	1 dalam 400	5
	1 dalam 2.000	4
Rendah	1 dalam 15.000	3
	1 dalam 150.000	2
Sangat kecil	1 dalam 1.500.000	1

Sumber : Panjaitan (2011)

d. Penentuan Nilai *Detection*

Detection adalah peringkat seberapa telitnya alat deteksi yang digunakan. *Detection* berupa angka dari 1 hingga 10, di mana 1 menunjukkan sistem deteksi dengan kemampuan tinggi atau hampir dipastikan suatu mode kegagalan dapat terdeteksi. Sedangkan 10 menunjukkan sistem deteksi dengan kemampuan rendah yaitu sistem deteksi tidak efektif atau tidak dapat mendeteksi sama sekali. Nilai *detection* dapat ditentukan dengan menggunakan kriteria berikut.

- Error-proofed*, yaitu alat deteksi yang bersifat *error-proofing*.
- Gauging*, yaitu dengan alat bantu inspeksi.
- Manual inspection*, yaitu dengan inspeksi secara manual.

Kriteria penilaian *detection* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.6 Penentuan Nilai *Detection*

Keterangan	Ranking
Selalu jelas, sangat mudah untuk diketahui	1
Jelas bagi indera manusia	2
Memerlukan inspeksi	3
Inspeksi yang hati-hati dengan menggunakan indera manusia	4
Inspeksi yang sangat hati-hati dengan indera manusia	5
Memerlukan bantuan dan/atau pembongkaran sederhana	6
Diperlukan inspeksi dan/atau pembongkaran	7
Diperlukan inspeksi dan/atau pembongkaran yang kompleks	8
Kemungkinan besar tidak dapat dideteksi	9
Tidak dapat dideteksi	10

Sumber : Panjaitan (2011)

e. Menghitung Nilai RPN (*Risk Priority Number*)

RPN atau *Risk Priority Number*, yaitu angka yang menyatakan skala prioritas terhadap resiko kualitas yang digunakan untuk panduan dalam melakukan tindakan perencanaan. RPN merupakan hasil perkalian dari *severity*, *occurrence* dan *detection*.

$$RPN = S \times O \times D$$

Angka RPN berkisar dari 1 hingga 1000, di mana semakin tinggi nilai RPN, maka proses semakin beresiko untuk menghasilkan produk dengan spesifikasi yang tidak diinginkan.

2.5 Study Waktu

Metode pengukuran waktu dapat dibagi dalam dua bagian yaitu sebagai berikut.

1. Pengukuran Waktu secara Langsung

Yaitu pengukuran yang dilakukan ditempat dimana pekerjaan bersangkutan dijalankan, ada dua yaitu:

- a. Metode Sampling Pekerjaan: Pengamatan dilakukan pada waktu-waktu tertentu yang telah ditentukan secara acak/random.
- b. 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 Beberapa pengujian yang dilakukan sehubungan dengan pengukuran waktu yaitu:

a. Pengujian keseragaman data

Pengujian keseragaman data dilakukan dengan menetapkan batas control atas dan batas kontrol bawah dari data sebaran 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:

$$\text{Batas kontrol atas} = \bar{x} + 2 \sigma$$

$$\text{Batas kontrol bawah} = \bar{x} - 2 \sigma$$

Dimana : \bar{x} = rata-rata nilai pengamatan

σ = standar deviasi nilai pengamatan

b. 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:

$$N' = \left(\frac{40 \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right)^2$$

Dimana : 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.