

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Konsep Dasar *Lean Manufacturing*

Lean manufacturing merupakan metode optimal untuk memproduksi barang melalui peniadaan *waste* (pemborosan) dan penerapan *flow* (aliran), sebagai ganti *batch* dan antrian. *Lean manufacturing* adalah filosofi manajemen proses yang berasal dari *Toyota Production System* (TPS), yang terkenal karena menitikberatkan pada peniadaan *seven waste* dengan tujuan peningkatan kepuasan konsumen secara keseluruhan (Liker dan Jeffrey, 2004).

Karakteristik dari *lean manufacturing* meliputi struktur rantai produksi yang aktif melakukan pemecahan masalah dengan penerapan *kaizen* dan *continuous improvement*, serta pelaksanaan *lean manufacturing* melalui tingkat *inventory* yang rendah, manajemen kualitas yang mengutamakan tindakan *preventive* (pencegahan) dibandingkan tindakan *corrective* (perbaikan), penggunaan pekerja yang sedikit, ukuran lot yang kecil serta penerapan konsep *Just in Time* (JIT) (Lonnie dan Wilson, 2010). Gaspersz (2007) menyatakan terdapat 5 prinsip dalam *lean manufacturing*:

- a. Mengidentifikasi nilai produk berdasarkan perspektif pelanggan, dimana pelanggan menginginkan produk berkualitas superior, dengan harga yang kompetitif dan penyerahan yang tepat waktu.
- b. Mengidentifikasi *value stream mapping* (pemetaan proses pada *value stream*) untuk setiap produk. (Catatan: kebanyakan manajemen perusahaan industri di Indonesia hanya melakukan pemetaan proses bisnis atau proses kerja, bukan melakukan pemetaan proses produk. Hal ini berbeda dengan pendekatan *lean manufacturing*.)
- c. Menghilangkan pemborosan yang tidak bernilai tambah (*non value added activity*) dari semua aktivitas sepanjang proses *value stream* itu.
- d. Mengorganisasikan material, informasi, dan produk itu mengalir secara lancar dan efisien sepanjang proses *value stream* menggunakan sistem tarik (*pull system*).
- e. Terus menerus mencari berbagai teknik dan alat peningkatan (*improvement tools and techniques*) untuk mencapai keunggulan dan peningkatan terus-menerus.

2.2. Jenis-Jenis Pemborosan (*Toyota Production System*)

Fokus *lean manufacturing* adalah pada peniadaan atau pengurangan pemborosan (*muda*) dan juga peningkatan atau pemanfaatan secara total aktivitas yang akan meningkatkan nilai ditinjau dari sudut pandang konsumen (Ohno, 1988). Dari sudut pandang konsumen, nilai sama artinya dengan segala sesuatu yang ingin dibayar oleh konsumen untuk suatu produk atau jasa. Semua kegiatan tersebut dapat dikategorikan sebagai berikut:

- 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 asset yang sekarang dimiliki dan dibutuhkan untuk mengtransformasi material menjadi produk (*Necessary non value added activities*).
- c. Tidak dapat menciptakan nilai bagi produk (*Non value added activities*).

Di dalam *Toyota Production System*, para manajer dan karyawan Toyota menggunakan istilah bahasa Jepang *muda* bila mereka berbicara tentang pemborosan dan menghilangkan *muda* menjadi fokus dari sebagian besar upaya *lean manufacturing*. Ohno (1988) mendefinisikan 7 jenis *muda* atau 7 waste dalam teori *Toyota Production System*:

- a. Produksi Berlebih (*overproduction*). Memproduksi barang-barang yang belum dipesan, akan menimbulkan pemborosan seperti kelebihan tenaga, kelebihan tempat penyimpanan dan biaya transportasi yang meningkat karena adanya persediaan berlebih.
- b. Waktu menunggu (*waiting time*). Para pekerja hanya mengamati mesin otomatis yang sedang berjalan atau berdiri menunggu langkah proses selanjutnya, alat, pasokan komponen selanjutnya, dan lain sebagainya atau menganggur saja karena kehabisan material, keterlambatan proses, mesin rusak, dan *bottleneck* (sumbatan) kapasitas.
- c. Transportasi yang tidak perlu (*transportation*). Membawa barang dalam proses (WIP) dalam jarak yang jauh, menciptakan angkutan yang tidak efisien, atau memindahkan material, komponen, atau barang jadi ke dalam atau ke luar gedung atau antar proses.
- d. Memproses secara berlebih atau memproses secara keliru (*processing*). Melakukan langkah yang tidak dilakukan untuk memproses komponen, melaksanakan pemrosesan yang tidak efisien karena alat yang buruk dan

rancangan produk yang buruk, menyebabkan gerakan yang tidak perlu dan memproduksi barang cacat. Pemborosan terjadi ketika membuat produk yang memiliki kualitas lebih tinggi daripada yang diperlukan.

- e. Persediaan berlebih (*inventory*). Kelebihan material, bahan dalam proses, atau barang jadi menyebabkan lead time yang panjang, barang kadaluwarsa, barang rusak, peningkatan biaya pengangkutan dan penyimpanan, dan keterlambatan. Persediaan berlebih juga menyembunyikan masalah seperti ketidakseimbangan produksi, keterlambatan pengiriman dari pemasok, produk cacat, mesin rusak, dan waktu *set up* yang panjang.
- f. Gerakan yang tidak perlu (*motion*). Setiap gerakan karyawan yang mubazir saat melakukan pekerjaannya, seperti mencari, meraih, atau menumpuk komponen dan alat, berjalan, dan lain sebagainya.
- g. Produk cacat (*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.

2.3. Metode dalam *Lean Manufacturing*

Dalam penerapan *lean manufacturing*, perusahaan dapat memilih metode sesuai dengan kebutuhan dan tujuan yang ingin dicapai serta kemungkinan penerapannya di perusahaan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menerapkan *lean manufacturing* adalah *value stream mapping*.

2.3.1. *Value Stream Mapping* (VSM)

Jones dan Womack (2000) menyebutkan bahwa VSM merupakan proses pemetaan secara visual aliran informasi dan material yang bertujuan untuk menyiapkan metode dan *performance* yang lebih baik dalam usulan *future state map*. Rother dan Shock (2003) mendefinisikan *Value Stream Mapping* adalah salah satu metode pemetaan aliran produksi dan aliran informasi untuk memproduksi satu produk atau satu *family* produk, tidak hanya pada masing-masing area kerja, tetapi pada tingkat total produksi serta mengidentifikasi kegiatan yang *value added* dan *non value added*. *Value Stream Mapping* secara visual memetakan aliran material dan informasi secara menyeluruh dimulai dari kedatangan bahan baku dari supplier melalui semua tahap proses produksi hingga pengiriman produk terhadap pelanggan akhir (Taufik, 2012).

Tujuan pemetaan ini adalah untuk mengidentifikasi seluruh jenis pemborosan di sepanjang proses produksi dan untuk mengambil langkah dalam upaya mengeliminasi pemborosan tersebut. Langkah yang diambil dalam upaya mengeliminasi pemborosan adalah dengan cara memperbaiki keseluruhan aliran bukan hanya mengoptimalkan aliran secara sepotong-sepotong. Hal ini dapat membantu pihak perusahaan mengambil keputusan dalam memperbaiki keseluruhan proses produksi (Taufik, 2012).

Value stream mapping dapat menyajikan suatu titik balik yang optimal bagi setiap perusahaan yang ingin menjadi *lean*. Sumiharni dan Fidiarti (2011) menjelaskan keuntungan-keuntungan yang diperoleh dengan penerapan konsep *value stream mapping* adalah sebagai berikut:

- a. Membantu perusahaan menggambarkan aliran produksi secara keseluruhan mulai dari proses awal hingga proses akhir, bukan hanya satu proses tunggal. Dengan demikian akan terlihat jelas seluruh aliran.
- b. Pemetaan membantu perusahaan melihat segala pemborosan dan sumber pemborosan yang terjadi di sepanjang aliran produksi.
- c. *Value stream mapping* memberikan pemahaman mengenai proses manufaktur dalam bahasa yang umum.
- d. *Value stream mapping* menggabungkan antara teknik dan konsep *lean* yang dapat membantu perusahaan untuk menghindari pemilihan teknik dan konsep yang asal-asalan.
- e. Sebagai dasar dari rencana implementasi. Dengan membantu perusahaan merancang bagaimana mengoperasikan keseluruhan aliran dari setiap proses kegiatan, merancang bagian yang hilang dalam mengupayakan *lean manufacturing* yang diharapkan. *Value stream map* merupakan sebuah rencana dalam strategi implementasi *lean*.
- f. *Value stream mapping* menunjukkan hubungan antara aliran informasi dan aliran material.
- g. *Value stream mapping* jauh lebih berguna dibandingkan metode kuantitatif lainnya yang menghasilkan perhitungan *non value added*, *lead time*, jarak perpindahan, jumlah persediaan, dan sebagainya. *Value stream mapping* merupakan sebuah metode kualitatif yang menggambarkan secara terperinci bagaimana seharusnya fasilitas produksi dioperasikan dalam usaha menciptakan aliran. *Value stream mapping* merupakan metode yang bagus digunakan untuk menggambarkan apa yang sebenarnya akan dilakukan

dalam upaya untuk memberikan pengaruh terhadap perhitungan-perhitungan yang dilakukan.

Dalam *value stream mapping*, ada dua pemetaan yang harus digambarkan yaitu pembuatan *current state map* dan *future state map*. Pembuatan *current state map* dilakukan untuk memetakan kondisi rantai produksi aktual, dimana segala informasi yang terdapat dalam setiap proses dicantumkan dalam pemetaan. *Current state map* digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan dan sumber pemborosan yang terjadi. Setelah identifikasi pemborosan dilakukan, maka dapat digambarkan *future state map*. *Future state map* merupakan pemetaan kondisi perusahaan di masa mendatang sebagai usulan rancangan perbaikan dari *current state map* yang ada (Fariz et al, 2013).

Fariz et al (2013) menjelaskan cara pembuatan *current state map*:

a. 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 *family* produk mana yang akan dipetakan tergantung keputusan perusahaan yang dapat ditentukan dari pandangan bisnis seperti tingkat penjualan, atau menurut fokus perusahaan.

b. 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.

- c. Pembuatan peta untuk setiap kategori proses (*Door-to-Door Flow*) di sepanjang *value stream*

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. Yang semuanya akan dimasukkan dalam suatu *data box* untuk masing-masing proses. *Level inventory* pada peta seharusnya disesuaikan dengan level pada waktu pemetaan actual dan bukan berdasarkan rata-rata karena penting untuk menggunakan gambar aktual daripada rata-rata historis yang disediakan oleh perusahaan. Untuk setiap pembuatan *data box*, maka ukuran-ukuran yang diperlukan adalah:

- i. *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 : $VCT < C/T < L/T$.

- ii. *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 *change-over time* menyatakan waktu untuk memindahkan dari posisi kiri menjadi posisi kanan dalam pembuatan satu produk simetris.

iii. *Uptime*

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

iv. Jumlah Operator

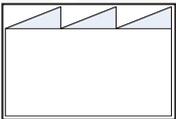
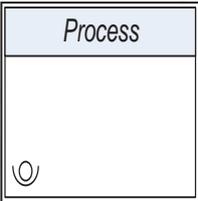
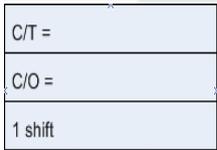
Menyatakan jumlah orang yang dibutuhkan saat untuk satu proses.

v. Waktu Kerja

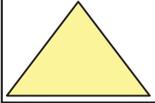
Waktu kerja yang dibutuhkan untuk tiap *shift* pada suatu proses sesudah dikurangi dengan waktu istirahat (*break*), waktu rapat (*meeting*) dan waktu membersihkan area kerja (*cleanup times*)

Pada tahapan ini, gambar dibuat dengan lambang-lambang yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Lambang-Lambang yang Digunakan pada Peta Kategori Proses

No	Nama	Lambang	Fungsi
1	<i>Customer / Supplier</i>		Merepresensasikan <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>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>Data Box</i>		Lambang ini memiliki lambang-lambang didalamnya yang menyatakan informasi / data yang dibutuhkan untuk menganalisis dan mengamati sistem.

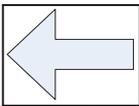
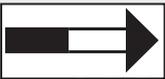
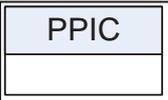
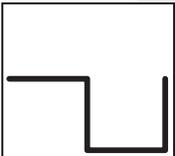
**Tabel 2.1. Lambang-Lambang yang Digunakan pada Peta Kategori Proses
(Lanjutan)**

No	Nama	Lambang	Fungsi
4	Operator		Lambang ini mempresentasikan operator. Menunjukkan jumlah operator yang dibutuhkan dalam proses.
5	Inventory		Menunjukkan keberadaan suatu <i>inventory</i> diantara dua proses. Ketika memetakan <i>current state</i> , sejumlah <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> .

d. 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 2.2.

Tabel 2.2. Lambang-Lambang yang melengkapi Peta Keseluruhan

No	Nama	Lambang	Fungsi
1	<i>Shipments</i>		Mempresentasikan 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.
2	<i>Push Arrows</i>		Mempresentasikan pergerakan material dari satu proses menuju proses berikutnya. Push (mendorong) memiliki arti bahwa proses dapat memproduksi sesuatu tanpa memandang kebutuhan cepat dari proses yang bersifat downstream
3	<i>External Shipments</i>		Lambang ini berarti pengiriman yang dilakukan dari supplier ke konsumen atau pabrik ke konsumen dengan menggunakan pengangkutan eksternal (di luar pabrik)
4	<i>Production Control</i>		Mempresentasikan penjadwalan produksi utama atau departemen pengontrolan, orang atau operasi.
5	<i>Manual Info</i>		Menunjukkan aliran informasi umum yang bisa diperoleh melalui catatan, laporan, atau apapun percakapan. Jumlah dan jenis catatan lain bisa jadi relevan.
6	<i>Electronic Info</i>		Mempresentasikan aliran elektronik seperti melalui: Electronic Data Interchange (EDI), internet, intranet, LANs (Local Area Network), WANS (Wide Area Network). Melalui anak panah ini, maka dapat diindikasikan jumlah informasi atau data yang dipertukarkan, jenis media yang digunakan seperti fax, telepon, dll.
7	<i>Pull Arrow</i>		Mempresentasikan pergerakan material dari satu proses menuju proses berikutnya dengan <i>pull system</i> .
8	<i>Timeline</i>		Menunjukkan waktu yang memberikan nilai tambah (value-added time) dan waktu yang tidak bernilai tambah (non value-added time). Kegunaan lambang ini untuk menghitung total waktu lead time dan cycle time.

Setelah membuat *Current State Map*, 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 (Yuniarti, 2010). *Future State Map* adalah tidak 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*. *Future State Map* diperoleh berdasarkan analisis dari *Current State Map* yang telah dibuat sebelumnya dan dengan menerapkan *tool* yang sesuai untuk digunakan. (Daonil, 2012).

2.4. Pengukuran Waktu dengan Teknik Jam Henti

Menurut Kumar (2006), pengukuran waktu kerja dengan menggunakan jam henti (*stopwatch time study*), metode ini utamanya diaplikasikan untuk pekerjaan-pekerjaan yang berlangsung singkat dan berulang-ulang. Pengukuran dilakukan terhadap pekerja yang diambil secara acak untuk mencari pekerja normal. Waktu yang diambil adalah waktu siklus, lalu dilakukan pengujian keseragaman data dan kecukupan data.

2.4.1. Pengujian keseragaman data

Pengujian keseragaman data dilakukan dengan menetapkan batas kontrol 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 atas dan batas kontrol bawah ditentukan oleh rumusan matematis yang diperoleh secara statistik yaitu:

$$\text{Batas Kontrol Atas} = \bar{X} + 2\alpha_x$$

$$\text{Batas Kontrol Bawah} = \bar{X} - 2\alpha_x$$

Dimana: \bar{X} = rata-rata nilai pengamatan, dan α = standar deviasi.

2.4.2. Pengujian kecukupan data

Edi dan Wiratmoko (2008) menyatakan untuk membuat estimasi mengenai jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan, *The MayTag Company* telah memperkenalkan prosedur sebagai berikut:

- a. Laksanakan pengamatan/pengukuran awal dari elemen kegiatan yang akan diukur waktunya dengan ketentuan sebagai berikut:
 - i. Sepuluh kali pengamatan/pengukuran awal dari elemen kegiatan yang berlangsung dalam siklus sekitar 2 menit atau kurang.
 - ii. Lima kali pengamatan untuk kegiatan yang berlangsung dalam siklus waktu lebih besar dari 2 menit.
- b. Tentukan nilai *range*, yaitu perbedaan nilai terbesar (H) dan nilai terkecil (L) dari hasil pengamatan yang diperoleh.
- c. Tentukan harga rata-rata (*average*) yang merupakan jumlah hasil waktu (data) pengamatan yang diperoleh dibagi dengan banyaknya pengamatan (N) yang dilaksanakan. Harga N disini seperti yang telah ditetapkan sebelumnya berkisar antara 1 sampai 10 kali pengamatan. Harga tersebut secara kasar dapat didekati dengan cara menjumlahkan nilai data tertinggi dan data yang terendah dibagi dengan 2, atau $(H+L)/2$.
- d. Tentukan nilai daripada *range* dibagi dengan rata-rata. Nilai tersebut dapat diformulasikan sebagai (R/x) .
- e. Tentukan jumlah pengamatan yang diperlukan atau yang seharusnya dilaksanakan dengan menggunakan tabel 2.3. berikut. Cari nilai (R/x) yang sesuai dan kemudian dari kolom *sample size* yang diambil (5 atau 10) akan bisa diketahui berapakah jumlah pengamatan (N) yang diperlukan. Tabel tersebut untuk kondisi *95% confidence level* dan *5% degree of accuracy*.
- f. Apabila harga (R/x) tidak bisa dijumpai persis sama seperti yang tertera dalam tabel yang ada, maka dalam hal ini bisa diambil harga yang paling mendekati. Berdasarkan nilai yang diketemukan, kemudian dilaksanakan evaluasi dan tambahan pengamatan bilamana ternyata hasil yang diperoleh lebih besar dari pengamatan yang dilaksanakan.

Data jumlah pengamatan yang diperlukan (N) untuk 95% dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Jumlah Pengamatan yang Diperlukan (N) untuk 95%

Indeks Pengukuran (R/ μ)	Jumlah pengamatan (buah)		Indeks Pengukuran (R/ μ)	Jumlah pengamatan (buah)		Indeks Pengukuran (R/ μ)	Jumlah pengamatan (buah)	
	5	10		5	10		5	10
0,10	3	2	0,42	52	30	0,74	162	93
0,12	4	2	0,44	57	33	0,76	171	98
0,14	6	3	0,46	63	36	0,78	180	103
0,16	8	4	0,48	68	39	0,80	190	108
0,18	10	6	0,50	74	42	0,82	199	113
0,20	12	7	0,52	80	46	0,84	209	119
0,22	14	8	0,54	86	49	0,86	218	125
0,24	17	10	0,56	93	53	0,88	229	131
0,26	20	11	0,58	100	57	0,90	239	138
0,28	23	13	0,60	107	61	0,92	250	143
0,30	27	15	0,62	114	65	0,94	261	149
0,32	30	17	0,64	121	74	0,96	273	156
0,34	34	20	0,66	129	74	0,98	284	162
0,36	38	22	0,68	137	78	1,00	296	169
0,38	43	24	0,70	145	83			
0,40	47	27	0,72	153	88			

Langkah-langkah pengolahan data dengan metode teknik jam henti menurut Sतालaksana (2006):

- a. Menghitung rata-rata sub grup yang diperoleh dari data pengamatan.
- b. Menghitung standar deviasi.
- c. Menghitung standar deviasi rata-rata sub grup.
- d. Melakukan uji keseragaman data menggunakan peta kontrol kemudian memplotkan data ke dalam grafik, sehingga dapat diketahui data yang diluar batas kontrol.
- e. Melakukan uji kecukupan data.
- f. Melakukan perhitungan waktu normal.
- g. Melakukan perhitungan waktu baku.

2.5. Terminologi dalam Stasiun Assembly

Beberapa terminologi yang digunakan dalam analisis di lini perakitan menurut Roosmaniar (2003) adalah:

a. Produk

Adalah produk yang mengalir melewati stasiun kerja dalam lini perakitan sampai stasiun kerja yang terakhir. *Throughput* dari lini perakitan diukur dari jumlah produk yang dikeluarkan dalam satuan waktu.

b. Elemen Kerja

Elemen kerja yaitu pekerjaan yang harus dilakukan dalam satu kegiatan perakitan.

c. Stasiun Kerja

Stasiun kerja adalah lokasi-lokasi tempat elemen kerja dikerjakan.

d. Waktu Siklus

Waktu siklus biasa disingkat dengan CT (*Cycle Time*). Waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan operator untuk menyelesaikan 1 siklus pekerjaannya termasuk untuk melakukan pekerjaan manual dan berjalan. Terkadang diartikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 unit produk, dalam hal ini ditentukan dari proses yang paling lama (*bottleneck*), apakah itu pekerjaan manusia atau mesin.

f. *Processing Time*

Estimasi waktu penyelesaian pekerjaan. *Processing time* diamati dengan alat ukur waktu (*stopwatch*) terhadap 1 unit produk yang diproses oleh operator.

g. *Kosu*

Istilah Jepang untuk Jam orang Per Unit (JOPU) yang berkaitan dengan jam orang spesifik yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu unit di satu proses tertentu. Satuan ini digunakan untuk mengukur dan menilai produktivitas operator. Penurunan *kosu* merupakan salah satu indikator kunci dalam mengukur perbaikan produktivitas di rantai produksi. *Kosu* dihitung dengan membagi jam dari keseluruhan tenaga kerja langsung dengan jumlah output produksi per jam.

h. *Idle Time*

Idle time merupakan waktu menganggur di stasiun kerja.

2.6. Kelonggaran

Kelonggaran diberikan atas waktu normal yang telah didapatkan dan diberikan untuk tiga hal yaitu kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa lelah dan hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindarkan. Ketiganya merupakan hal-hal yang secara nyata dibutuhkan oleh pekerja, dan selama pengukuran tidak diamati, diukur, dicatat ataupun dihitung (Roosmaniar, 2003).

Waktu normal untuk suatu elemen operasi kerja adalah semata-mata menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualifikasi baik akan bekerja menyelesaikan pekerjaan pada kecepatan kerja yang normal. Walaupun demikian pada kenyataannya operator tersebut tidaklah bisa diharapkan akan mampu bekerja secara terus menerus sepanjang hari. Oleh karena itu menurut Roosmaniar (2003) operator diberikan kelonggaran yaitu:

a. Kelonggaran waktu untuk kebutuhan pribadi (*Personal Allowance*)

Pada dasarnya pekerja haruslah mempunyai kelonggaran waktu untuk keperluan yang bersifat pribadi. Seperti minum, ke kamar kecil, bercakap-cakap dengan teman sekerja untuk menghilangkan ketegangan dan kejenuhan dalam bekerja.

b. Kelonggaran waktu untuk melepas lelah (*Fatigue Allowance*)

Kelelahan fisik manusia bisa disebabkan oleh beberapa penyebab diantaranya adalah kerja yang membutuhkan pikiran banyak (lelah mental) dan fisik. Masalah yang dihadapi untuk menetapkan jumlah waktu yang diizinkan untuk istirahat melepas lelah sangat sulit dan kompleks sekali. Waktu yang dibutuhkan untuk keperluan istirahat akan sangat tergantung pada individu yang bersangkutan, interval waktu dari siklus kerja dimana pekerjaan akan memikul beban kerja penuh, kondisi lingkungan fisik pekerjaan dan faktor-faktor lainnya.

c. Kelonggaran waktu karena keterlambatan-keterlambatan (*Delay Allowance*)

Keterlambatan atau *delay* dapat disebabkan oleh factor yang sebenarnya masih bisa dihindarkan. Keterlambatan yang terlalu besar atau terlalu lama tidak akan dipertimbangkan sebagai dasar waktu baku. Untuk setiap keterlambatan yang masih bisa dihindarkan seharusnya dipertimbangkan sebagai tantangan dan sewajarnya dilakukan usaha keras untuk menghilangkan *delay* semacam ini. Beberapa contoh yang termasuk ke dalam hambatan yang sulit dihindarkan adalah:

i. Menerima atau meminta petunjuk kepada pengawas.

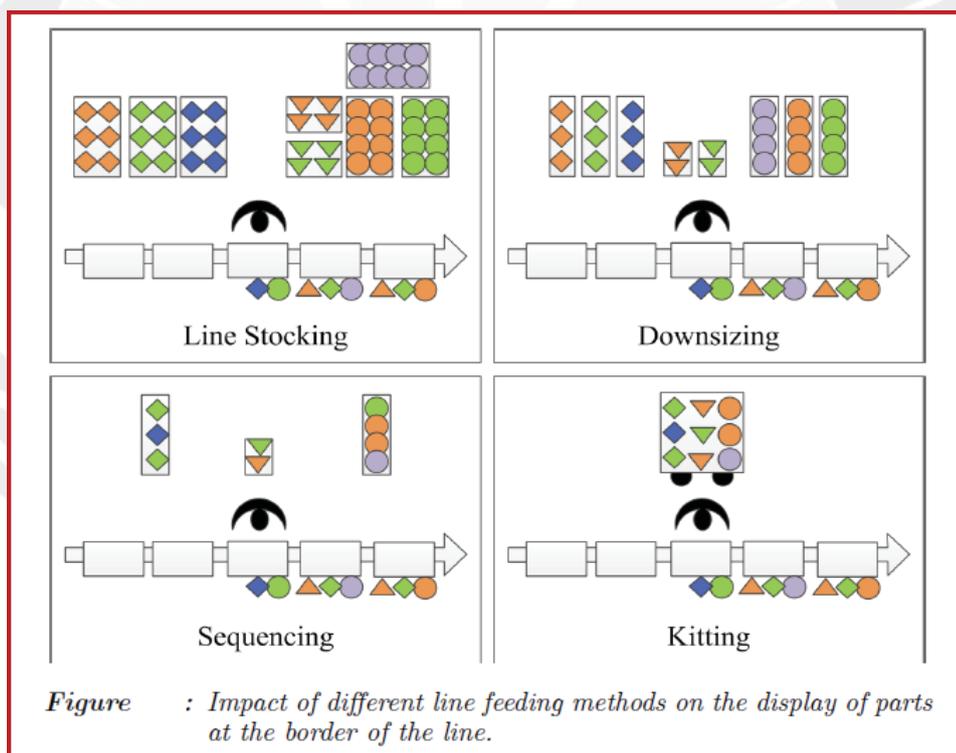
- ii. Memperbaiki kemacetan-kemacetan singkat.
- iii. Mengambil alat-alat khusus atau bahan-bahan khusus dari gudang.

2.7. Material Handling

Material handling merupakan aspek penting dalam produksi apapun. *Material handling* adalah suatu fungsi untuk memindahkan bahan yang tepat ke tempat yang tepat, pada waktu yang tepat, dalam jumlah yang tepat, secara berurutan, dan posisi yang tepat untuk meminimalkan biaya produksi (Johansson, 1991)

2.7.1. Sistem Feeding Material

Terdapat beberapa prinsip *feeding material* untuk bagian-bagian di dalam perakitan manual. Johansson (1991) dalam modelnya membedakan antara sistem pasokan bahan dalam hal pemilihan nomor komponen dan cara komponen diurutkan di stasiun perakitan. Ada 4 model, yaitu *line stocking*, *downsizing*, *sequential supply*, dan *kitting*.



Gambar 2.1. Perbedaan Sistem Feeding Material Process

2.7.2. Line Stocking

Johansson (1991) menjelaskan bahwa *line stocking* adalah pasokan material yang didistribusikan ke *assembly station* dan akan dipasok lagi jika persediaan material pasokan sebelumnya telah habis. Masalah saat menggunakan sistem

line stocking adalah membutuhkan ruang yang banyak dan peningkatan waktu siklus.

2.7.3. Downsizing

Johansson (1991) menjelaskan sistem *downsizing* adalah jika material disediakan untuk sejumlah objek perakitan tertentu berdasarkan *part number*. *Downsizing* adalah proses produksi yang tidak berlangsung secara kontinu. Perbedaan antara *line stocking* dan *downsizing* adalah *line stocking* lebih membutuhkan ruang yang banyak karena semua *part* disediakan untuk dipasok, sedangkan *downsizing* lebih diseleksi lagi. Persamaannya sistem pasokan *downsizing* akan menyediakan pasokan lagi ke stasiun *assembly* jika komponen telah habis.

2.7.4. Sequential Supply

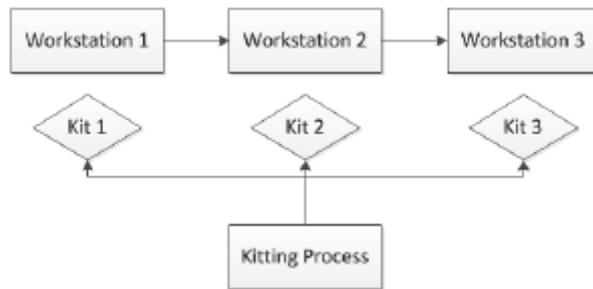
Johansson (2006) menyatakan bahwa ledakan varian produk selama dekade terakhir dalam beberapa kasus telah membuat pasokan kontinyu tidak mungkin karena biaya modal dan kurangnya ruang di stasiun *assembly*. Selanjutnya, jika produk dirakit pada *serial line* di mana hanya beberapa komponen dirakit di setiap stasiun, *kitting* kurang menguntungkan. Salah satu cara untuk memecahkan masalah ini adalah dengan menggunakan pasokan berurutan. Ini berarti bahwa nomor bagian yang diperlukan untuk jumlah tertentu objek perakitan ditampilkan di stasiun perakitan, diurutkan berdasarkan objek.

2.8. Kitting

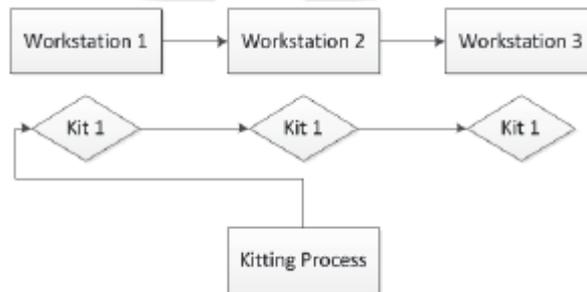
Dalam manufaktur, *kitting* adalah kegiatan membuat kit dari komponen dan / atau *sub assemblies* dan mengantarkan mereka ke *workstation* dalam jumlah yang telah ditentukan dalam wadah tertentu. *Kit* adalah kumpulan spesifik komponen dan / atau *sub assemblies* yang bersama-sama (yaitu dalam wadah yang sama) mendukung satu atau lebih operasi perakitan untuk produk tertentu atau “*order shop*” (Bozer dan Mc Ginnis, 1992). Teori dalam Industri manufaktur menyebutkan bahwa *kitting* diimplementasikan untuk memecahkan masalah kurangnya ruang, kualitas, fleksibilitas, penanganan material, dan pembelajaran. Untuk lebih memahami *kitting* dan tujuannya, kita harus memperhatikan banyak subsistem di dalam stasiun *assembly*.

2.8.1. Jenis *Kitting*

Bozer dan Mc Ginnis (1992) mengidentifikasi 2 jenis *kit* pada penelitian mereka, yaitu *stationary kit* dan *travelling kitting*. Sebuah *stationary kit* dikirimkan ke *workstation* dan tinggal disana sampai komponen habis. Oleh karena itu, produk yang dirakit melalui jalur perakitan sementara, *kit* tetap di *workstation*. Gambar 2.2 menunjukkan aliran diagram *stationary kit*. Sebuah *travelling kit* yaitu perjalanan dengan produk melalui jalur perakitan sampai habis. Ada dua jenis *travelling kit*, yang pertama dimana *kit* dan perjalanan produk bersama-sama dalam wadah tertentu melalui proses perakitan, dan yang kedua dipisahkan dan berjalan secara paralel melalui jalur perakitan, masing – masing dalam wadah sendiri – sendiri. Gambar 2.3 menunjukkan aliran diagram untuk *travelling kit*.



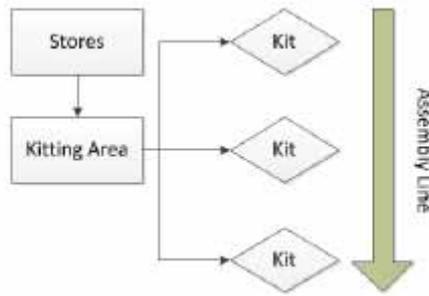
Gambar 2.2. *Stationary kit*



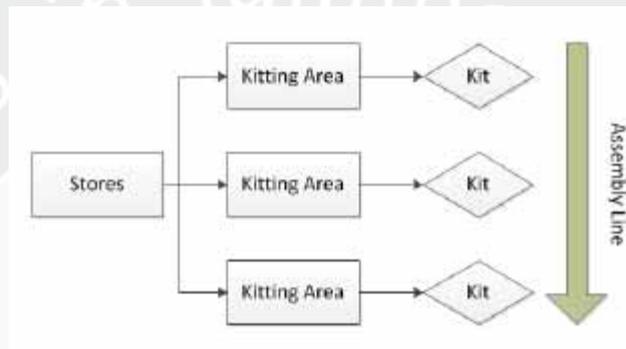
Gambar 2.3. *Travelling kit*

2.8.2. Lokasi *Kitting*

Bozer dan Mc Ginnis (1992) menyatakan bahwa operasi *kitting* bisa berada di dua tempat, yaitu di dalam lokasi pabrik atau diluar pabrik. Jika ditempatkan dalam lokasi pabrik, proses *kitting* dapat ditempatkan di *central picking store* atau di *decentralized area* yang dekat dengan lantai perakitan. Gambar 2.4 menunjukkan *central picking store* sedangkan Gambar 2.5. menunjukkan *decentralized picking store*.



Gambar 2.4. Centralized Picking Store



Gambar 2.5. Decentralized Picking Store

2.8.3. Personil *Kitting*

Kitting dapat dilakukan oleh orang atau robot. Menggunakan pekerja akan lebih cocok apabila bagian yang akan di *kit* bervariasi dalam ukuran dan jumlahnya, serta jika melihat sifat stokastik dari beberapa sistem produksi manufaktur yang kompleks, menggunakan pekerja manual lebih baik daripada robot. *Kit* menggunakan robot akan lebih cocok ketika berhadapan dengan produk sederhana, ada sedikit gangguan dalam aliran produk dan rencana produksi dapat diikuti tanpa banyak masalah jika menggunakan robot.

Proses *kitting* yang menggunakan orang dapat dilakukan oleh unit khusus (sering disebut *kitters*) atau operator di rantai perakitan. Menurut (Brynzer dan Johansson, 1995) ada dua manfaat memiliki operator *kitting*, yang pertama adalah untuk meningkatkan akurasi pekerjaan yang akan diperoleh ketika operator bertanggung jawab atas seluruh pekerjaannya, yang kedua adalah peningkatan produktivitas secara keseluruhan dengan mengurangi *balancing*.