

Bab 2

Tinjauan Pustaka

2.1 Konsep *Lean*

Efisiensi merupakan target perusahaan yang dapat diwujudkan dengan menerapkan konsep *lean*. Filosofi pada *Lean* merupakan pendekatan sistematis dalam mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan (*non value added activities*) yang dapat dicapai dengan melakukan peningkatan secara terus menerus (*continuous improvement*) seperti mengalirkan produk mulai dari bahan baku, WIP sampai produk jadi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari pelanggan untuk tujuan kepuasan pelanggan (Vincent Gaspersz, 2007). 5 Prinsip utama dalam menerapkan konsep *lean* (Rother & Shook, 2003) yaitu:

1. *Specify value*

Menetapkan sesuatu yang bisa memberikan nilai pada produk atau layanan dilihat dari pandangan konsumen.

2. *Identify whole value stream*

Mengidentifikasi tahapan-tahapan yang dilakukan mulai dari perancangan produk (*design*), pemesanan material hingga melakukan produksi dan dimasukkan pada *value stream* sehingga dapat ditemukan aktivitas yang mengalami pemborosan (*non value added activities*).

3. *Flow*

Menciptakan nilai pada aktivitas yang dilakukan tanpa adanya proses *rework*, aliran balik, aktivitas menunggu dan sisa produksi.

4. *Pulled*

Mengetahui aktivitas-aktivitas penting untuk membuat apa yang menjadi keinginan pelanggan.

5. *Perfection*

Melakukan usaha untuk mencapai kesempurnaan dengan adanya perbaikan secara terus menerus untuk menghilangkan pemborosan.

2.2 Pemborosan (*waste*)

Pemborosan merupakan aktivitas-aktivitas yang tidak menambah nilai pada proses transformasi mulai dari input sampai dengan *output* di sepanjang proses *value stream* (Vincent Gaspersz, 2007). Eliminasi pemborosan yang terjadi dalam perusahaan dapat meningkatkan keuntungan dalam proses manufaktur dan bisnis perusahaan. Identifikasi pemborosan dapat dilakukan dengan mengetahui tipe aktivitas dan jenis pemborosan serta kategori yang dapat membuat adanya pemborosan.

2.2.1 Tipe Aktivitas

Tujuan eliminasi pemborosan dapat dicapai apabila kita mampu mendefinisikan tipe pada aktivitas yang dijelaskan sebagai berikut (Hines & Taylor, 2000):

1. *Value adding activity* (VA)

Merupakan aktivitas dimana menurut mata pelanggan dapat memberikan nilai tambah kepada produk maupun jasa. Melakukan perbaikan pada mobil yang rusak merupakan salah satu contoh aktivitas memberikan nilai tambah. Ketika kita menempatkan diri sebagai pelanggan dan bertanya merasa puasakah dengan produk atau jasa yang diberikan merupakan cara dalam penentuan *value adding activity*.

2. *Non value adding activity* (NVA)

Merupakan aktivitas dimana menurut mata pelanggan tidak memberikan nilai tambah kepada produk maupun jasa. Aktivitas ini tidak diperlukan dan menjadi target untuk segera dihilangkan karena ini menjadi penyebab adanya *waste*. Contoh aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah yaitu ketika kita harus memindahkan produk dari satu tempat ke tempat lainnya dengan ukuran yang berbeda, namun sebenarnya dapat dilakukan hanya dengan mengelilingi rantai produksi.

3. *Necessary non value adding activity* (NNVA)

Merupakan aktivitas dimana menurut mata pelanggan tidak dapat memberikan nilai tambah kepada produk maupun jasa namun aktivitas ini diperlukan kecuali sudah ada perubahan besar pada prosedur produksi. Aktivitas ini juga

merupakan suatu pemborosan dan sangat sulit dihilangkan dalam jangka waktu yang lama, namun bisa dibuat lebih efisiensi dalam waktu singkat. Contoh dari aktivitas ini yaitu melakukan pemeriksaan produk pada akhir proses karena produksi dilakukan menggunakan mesin tua dan tidak dapat diandalkan.

2.2.2 Tujuh tipe pemborosan

Selain mengetahui tipe aktivitas yang membuat adanya pemborosan, perusahaan juga perlu mengetahui tipe pemborosan sehingga dapat didefinisikan darimana pemborosan itu berasal. Tujuh tipe pemborosan yang telah diidentifikasi oleh Shingo sebagai bagian dari *Toyota Production System* (Hines & Taylor, 2000) yaitu:

1. *Overproduction*

Terlalu berlebihannya produk dan terlalu cepat produk dibuat mengakibatkan informasi terganggu atau material buruk dan memperbanyak persediaan.

2. *Defects*

Terjadinya kesalahan saat proses produksi, kualitas produk yang tidak sesuai spesifikasi dan performansi pengiriman buruk.

3. *Unnecessary inventory*

Penyimpanan barang berlebihan dan tertundanya informasi produk atau material yang mengakibatkan peningkatan biaya serta penurunan kualitas pelayanan terhadap pelanggan.

4. *Inappropriate processing*

Kesalahan dalam menggunakan *tools* atau mesin yang tidak sesuai kapasitas pada saat bekerja sehingga mengakibatkan permasalahan pada proses produksi.

5. *Excessive transportation*

Pemborosan terjadi pada waktu, tenaga dan biaya disebabkan adanya gerakan berlebihan yang dilakukan oleh pekerja, aliran informasi dan material produk.

6. *Waiting*

Ketidaksiuaian dari pekerja, informasi, material atau produk dalam jangka waktu yang panjang sehingga mengakibatkan terganggunya aliran dan memperpanjang *lead time* produksi.

7. *Unnecessary motion*

Ketidaktepatan dalam pengaturan tempat kerja mengakibatkan buruknya konsep ergonomi saat melakukan proses kerja. Misalnya terlalu banyak membungkuk atau meregang dan seringnya kehilangan *item* produksi (*lost item production*).

2.2.3 Tiga Kategori Pemborosan

Terdapat hubungan kategori dengan pemborosan, dimana ketujuh tipe pemborosan saling memberi pengaruh pada pemborosan lainnya yang akhirnya menyebabkan kategori biaya dan dapat dijelaskan sebagai berikut (Rawabdeh, 2005):

1. Kategori *Man*

Kategori yang menjadi akar penyebab masalah pemborosan motion, waiting dan *overproduction*.

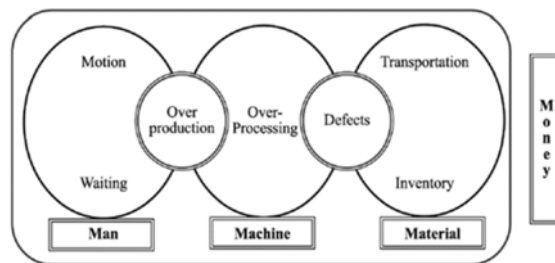
2. Kategori *Machine*

Kategori yang menjadi akar penyebab masalah pemborosan *overprocessing*.

3. Kategori *Material*

Kategori yang menjadi akar penyebab masalah pemborosan defects, transportation dan *inventory*.

Pemborosan *overproduction* selain masuk dalam kategori *man*, namun termasuk juga dalam kategori *machine*. Begitupula pemborosan *defect* selain masuk dalam kategori *machine*, namun termasuk juga dalam kategori material. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Keterkaitan antara tiga kategori dengan waste
(Rawabdeh, 2005)

2.3 Value Stream Mapping (VSM)

2.3.1 Definisi VSM

VSM merupakan seluruh kegiatan yang memiliki nilai tambah maupun tidak memiliki nilai tambah dan digunakan untuk memproses suatu produk dengan dua aliran utama yaitu aliran produksi mulai dari material sampai kepada pelanggan dan rancangan aliran mulai dari konsep sampai dibuatnya implementasi (Rother & Shook, 2003).

2.3.2 Simbol yang digunakan pada VSM

Simbol yang biasa digunakan dalam pembuatan VSM dapat dilihat pada Gambar 2.2.

NAME	SYMBOL	DESCRIPTION
Push movement of production materials		Shows the movement of raw materials or components that are "pushed" by the production process rather than being requested by the customer
Pull movement of production materials		Shows the movement of raw materials or components that are requested by the customer (i.e. they are not pushed)
FIFO		Indicates that products need to be pulled and delivered on a first-in, first-out (FIFO) basis: the oldest remaining items in a batch are the first to move forward in the production process
Truck Shipment		Shows the movement of materials by truck. Be sure to show the frequency of shipments on your map.
Inventory		Indicates the inventory count and time.
Storage (Supermarket)		Shows all products contained in a storage area. You can note the minimum and maximum levels within each bin or row location.
Manual Information Flow		Shows information that is transferred by hand.
Electronic Information Flow		Shows information that is transferred via computer.
Information Type		Indicates the type of information being communicated.
Production Kanban		A card used to initiate the production of a certain item. (used for Kanban systems only)
Withdrawal Kanban		A card used to obtain an item from a storage area. (used for Kanban systems only)
Signal Kanban		A card used to initiate a batch operation. (used for Kanban systems only)
Kanban Card Post		This indicates the use of physical mailbox location for kanbans. It is used for kanban systems only.
Load Leveling Box		Used for kanban systems to indicate load leveling.
Department or Manufacturing Process		The top of the icon shows the name of the department of the process being mapped. The bottom of the icon shows resources, information, or a relevant lean-enterprise technique.
Outside Sources		These include customers and suppliers.
Data Box		This is a place for key data such as machine availability; number of product variations; product changeover times; whether or not parts are run daily, weekly, or monthly; cycle time; process capacity; equipment efficiency; whether or not it is a constraining operation.
People		Shows the number of employees required to perform an operation.

Gambar 2.2 Lambang-Lambang yang melengkapi Peta Keseluruhan
(Michelle Eileen Scullin, 2005)

2.3.3 Manfaat VSM

Manfaat membuat VSM (Hines & Taylor, 2000) yaitu:

1. VSM dapat membantu dalam menggambarkan aliran yang ada.
2. VSM dapat menemukan suatu pemborosan.
3. Dalam VSM terdapat kelima prinsip *lean*.
4. VSM membantu dalam menentukan anggota yang harus diimplementasikan.
5. VSM memperlihatkan hubungan antara aliran informasi dan aliran fisik.
6. VSM dapat dengan mudah dipetakan oleh para pekerja senior.

2.4 Waste Assesment Matrix (WAM)

WAM merupakan metode usulan yang digunakan untuk mencari pemborosan dan juga mengetahui hubungan yang terjadi antara ketujuh pemborosan (Rawabdeh, 2005). WAM terdiri dari dua langkah yaitu menciptakan matriks untuk mengukur kekuatan hubungan tujuh pemborosan mulai dari yang paling lemah sampai paling kuat dengan *Waste Relationship Matrix* (WRM). Selanjutnya mengkombinasikan hasil dari *waste relationship matrix* dengan hasil kuesioner yang telah disebar menggunakan *Waste Assesment Questionnaire* (WAQ). Namun sebelum membuat WRM dan WAQ terlebih dahulu kita memahami mengenai hubungan tujuh tipe pemborosan.

2.4.1 Hubungan ketujuh pemborosan

Hubungan tiap pemborosan satu dengan lainnya sangat kompleks yang dilihat secara langsung maupun tidak langsung sehingga diciptakannya kerangka kerja penilaian tingkat pengaruh pemborosan (Rawabdeh, 2005). Seperti contohnya produksi yang berlebihan (*overproduction*) akan menyebabkan pemborosan persediaan yang berlebihan (*unnecessary inventory*) dan gerakan yang tidak efektif memungkinkan terjadinya pemborosan lain yaitu produk cacat (*defect*). Hubungan ketujuh tipe pemborosan ditampilkan pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3 Hubungan antar tipe pemborosan
(Rawabdeh, 2005)**

Penilaian terhadap ketujuh pemborosan yang disingkat dengan mengambil huruf awalnya saja. Singkatan ketujuh pemborosan dijelaskan sebagai berikut:

1. *Overproduction* ditulis dengan huruf O.
2. *Inventory* ditulis dengan huruf I.
3. *Defect* ditulis dengan huruf D.
4. *Motion* ditulis dengan huruf M.
5. *Process* ditulis dengan huruf P.
6. *Transportation* ditulis dengan huruf T.
7. *Waiting* ditulis dengan huruf W.

Setiap menghubungkan antara pemborosan yang dapat mempengaruhi pemborosan lainnya dituliskan dengan menggunakan tanda “_” diantara inisial pemborosan, contohnya “O_I” yang artinya dampak *overproduction* terhadap *inventory*. Contoh penjelasan hubungan pemborosan dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan secara lengkap pada Lampiran 3.

**Tabel 2.1 Penjelasan hubungan pemborosan
(Rawabdeh, 2005)**

Tipe Pemborosan	Jenis Hubungan	Penjelasan
<i>Overproduction</i>	O_I	<i>Over-production consumes and needs large amounts of raw material causing stocking of raw material and producing more work-in-process that consume floor space, and are considered as a temporary form of inventory that has no customer (process) that may order it.</i>
	O_D	<i>When operators are producing more, their concern about the quality of the parts produced will decrease, because of the sense that there exists enough material to substitute the defects.</i>
	O_M	<i>Overproduction leads to non-ergonomic behavior, which leads to non-standardized working method with a considerable amount of motion losses.</i>
	O_T	<i>Over-production leads to higher transportation effort to follow the overflow of materials.</i>
	O_W	<i>When producing more, the resources will be reserved for longer times, thus other customer will be waiting and larger queues begin to form</i>
...		
<i>Waiting</i>	W_O	<i>When a machine is waiting because its supplier is serving another customer, this machine may sometimes be forced to produce more, just to keep it running.</i>
	W_I	<i>Waiting means more items than needed at a certain point, whether they are RM, WIP, or FG.</i>
	W_D	<i>Waiting items may cause defects due to unsuitable conditions.</i>

2.4.2 Waste Relationship Matrix (WRM)

WRM merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan pemborosan satu dengan lainnya berdasarkan pengelompokan kriteria menggunakan matriks. Langkah-langkah dalam membuat WRM yaitu:

1. Melakukan analisa WRM dilakukan dengan mengajukan pertanyaan. Terdapat 31 hubungan tipe pemborosan yang dapat mempengaruhi terjadinya pemborosan lainnya dan untuk masing-masing hubungan diberikan 6 pertanyaan yang masing-masing memiliki bobot. Sehingga bila dijumlahkan akan terdapat 186 pertanyaan dari perkalian antara 31 hubungan pemborosan dengan 6 pertanyaan. Kuesioner analisa WRM dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kuesioner Analisa WRM
(Rawabdeh, 2005)

No	Pertanyaan	Bobot
1	Apakah i mengakibatkan j?	
	a. Selalu	4
	b. Kadang-kadang	2
	c. Jarang	1
2	Apakah tipe keterkaitan antara i dan j?	
	a. Jika i naik, maka j naik	2
	b. Jika i naik, j pada level konstan	1
	c. Acak, tidak tergantung	0
3	Dampak j dikarenakan oleh i?	
	a. Terlihat langsung dan jelas	4
	b. Butuh waktu agar terlihat	2
	c. Tidak terlihat	0
4	Bagaimana cara mengeliminasi akibat i terhadap j?	
	a. Melalui metode teknik	2
	b. Melalui metode sederhana dan langsung	1
	c. Melalui metode solusi instruksi	0
5	Dampak j dikarenakan oleh i, berpengaruh pada:	
	a. Kualitas produk	1
	b. Produktivitas	1
	c. Waktu tunggu	1
	d. Kualitas dan produktivitas	2
	e. Produktivitas dan waktu tunggu	2
	f. Kualitas dan waktu tunggu	2
g. Kualitas, produktivitas, dan waktu tunggu	4	
6	Pada tingkat apa i berdampak pada j dalam meningkatkan waktu tunggu?	
	a. Tingkat tinggi	4
	b. Tingkat menengah	2
	c. Tingkat rendah	0

2. Melakukan perhitungan total skor hubungan pemborosan dilihat dari masing-masing kriteria pertanyaan yang memiliki bobot. Perhitungan total skor hubungan pemborosan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Total Skor Hubungan Pemborosan
(Rawabdeh, 2005)

Jenis Hubungan	1		2		3		4		5		6		Score
	Jwb	Bobot	Jwb	Bobot	Jwb	Bobot	Jwb	Bobot	Jwb	Bobot	Jwb	Bobot	
O _I	a	4	a	2	a	4	a	2	f	2	a	4	18
O _D	b	2	c	0	b	2	b	1	a	1	c	0	6

3. Menentukan tingkat hubungan dari hasil total skor yang didapatkan. Semakin besar total skor yang didapatkan maka semakin kuat hubungan pemborosan untuk mempengaruhi terjadinya pemborosan lain dan begitupun sebaliknya. Tipe setiap hubungan berdasarkan total skor kemudian dikonversi menjadi simbol yang dapat dilihat pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4 Rentang, Tipe Hubungan dan Simbol sesuai Total Skor
(Rawabdeh, 2005)**

Rentang	Tipe Hubungan	Simbol
17 s/d 20	Mutlak diperlukan	A
13 s/d 16	Sangat penting	E
9 s/d 12	Penting	I
5 s/d 8	Biasa	O
1 s/d 4	Tidak penting	U

4. Melakukan konversi data dari hasil total skor yang terdapat pada Tabel 2.3 dengan simbol dari total skor sesuai dengan Tabel 2.4. Baris pada matrix menunjukkan pengaruh suatu pemborosan terhadap keenam pemborosan lainnya sedangkan kolom pada *matrix* menunjukkan pemborosan yang dipengaruhi pemborosan lainnya. Contoh hasil WRM dapat dilihat pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5 Waste Relationship Matrix
(Rawabdeh, 2005)**

FT	O	I	D	M	T	P	W
O	A	A	O	O	I	X	E
I	I	A	I	I	I	X	X
D	I	I	A	I	E	X	I
M	X	O	E	A	X	I	A
T	U	O	I	U	A	X	I
P	I	U	I	I	X	A	I
W	O	A	O	X	X	X	A

5. Melakukan konversi dari simbol menjadi angka dengan keterangan berikut.
 - a. Simbol A dikonversi menjadi 10.
 - b. Simbol E dikonversi menjadi 8.

- c. Simbol I dikonversi menjadi 6.
- d. Simbol O dikonversi menjadi 4.
- e. Simbol U dikonversi menjadi 2.
- f. Simbol X dikonversi menjadi 0.

Selanjutnya menjumlahkan total skor dari baris dan kolom WRM sehingga terlihat pengaruh suatu pemborosan terhadap pemborosan lainnya dalam bentuk persentase. Contoh *Waste Matrix Value* dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Waste Matrix Value
(Rawabdeh, 2005)

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Score	%
O	10	10	4	4	6	0	8	42	16,8
I	6	10	6	6	6	0	0	34	13,6
D	6	6	10	6	8	0	6	42	16,8
M	0	4	8	10	0	6	10	38	15,2
T	2	4	6	2	10	0	6	30	12
P	6	2	6	6	0	10	6	36	14,4
W	4	10	4	0	0	0	10	28	11,2
Score	34	46	44	34	30	16	46	250	100
%	13,6	18,4	17,6	13,6	12	6,4	18,4	100	

2.4.3 Waste Assessment Questionnaire (WAQ)

WAQ merupakan metode yang digunakan untuk mengalokasikan pemborosan pada lantai produksi (Rawabdeh, 2005). WAQ terdiri dari 68 pertanyaan yang berbeda untuk tujuan mengenalkan tujuan dalam menemukan pemborosan. Tiap pertanyaan pada kuesioner mempresentasikan pada suatu aktivitas, kondisi dan perilaku yang mampu menyebabkan terjadinya suatu pemborosan. Beberapa pertanyaan ditandai dengan tulisan *From* yang berarti suatu pemborosan yang terjadi saat ini akan memicu pemborosan lainnya, sementara beberapa lainnya ditandai dengan tulisan *To* yang berarti suatu pemborosan yang terjadi karena dipengaruhi oleh pemborosan

lainnya. Terdapat 3 pilihan jawaban dalam setiap pertanyaan dengan bobot masing-masing yaitu jawaban “Ya” diberi bobot 1, jawaban “Sedang” diberi bobot 0.5 dan jawaban “Tidak” diberi bobot 0. Contoh beberapa pertanyaan kuesioner WAQ dapat dilihat pada Tabel 2.7 dan secara lengkap pada Lampiran 4.

**Tabel 2.7 Pertanyaan Kuesioner WAQ
(Rawabdeh, 2005)**

Jenis Pertanyaan	No	Kategori Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Pertanyaan	Penilaian		
					Ya	Sedang	Tidak
<i>To Motion</i>	1	<i>Man</i>	B	Apakah pihak manajemen sering melakukan pemindahan operator untuk semua pekerjaan (mesin) sehingga suatu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua operator?			
<i>From Motion</i>	2		B	Apakah dilakukan penetapan standar untuk jumlah waktu dan kualitas produk yang ditargetkan dalam produksi?			
<i>From Defect</i>	3		B	Apakah pengawasan untuk pekerja dalam proses produksi sudah cukup?			
...							
<i>From Overproduction</i>	66	<i>Method</i>	B	Apakah ketidakseimbangan kerja dapat diprediksi?			
<i>From Process</i>	67		B	Apakah prosedur kerja yang sudah ada mampu menghilangkan pekerjaan yang tidak perlu atau berlebihan?			
<i>From Defect</i>	68		B	Apakah hasil <i>quality control</i> , uji produk, dan evaluasi dilakukan dengan ilmu keteknikan?			

Langkah-langkah dalam membuat WAQ yaitu:

1. Melakukan pengelompokan dan menghitung pertanyaan kuesioner berdasarkan “*From*” dan “*To*” dari tiap jenis pemborosan. Contoh pengelompokan jenis pertanyaan dapat dilihat pada Tabel 2.8.

**Tabel 2.8 Pengelompokan Jenis Pertanyaan
(Rawabdeh, 2005)**

No	Jenis Pertanyaan	Total (Ni)
1	<i>From Overproduction</i>	3
2	<i>From Inventory</i>	6
3	<i>From Defects</i>	8
4	<i>From Motion</i>	11
5	<i>From Transportation</i>	4
6	<i>From Process</i>	7
7	<i>From Waiting</i>	8
8	<i>To Defects</i>	4
9	<i>To Motion</i>	9
10	<i>To Transportation</i>	3
11	<i>To Waiting</i>	5
	Total	68

2. Memasukkan bobot dari hasil WRM dalam setiap pertanyaan kuesioner sesuai dengan yang terdapat pada Tabel 2.3. Contoh pemberian bobot awal WRM dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Contoh Pemberian Bobot Awal WRM

No	Jenis Pertanyaan	Kategori Pertanyaan	O	I	D	M	T	P	W
1	To Motion	Man	2	8	8	10	8	6	0
2	From Motion		0	6	2	10	0	10	4
3	From Defect		6	6	10	8	6	0	8
4	From Motion		0	6	2	10	0	10	4
5	...								
65	From Motion	Method	0	6	2	10	0	10	4
66	From Overproduction		10	6	4	2	8	0	6
67	From Process		4	6	8	6	0	10	4
68	From Defect		6	6	10	8	6	0	8

3. Bobot nilai WRM yang sudah dimasukkan kemudian dibagi dengan jumlah pertanyaan yang dilambangkan dengan N_i untuk menghilangkan variansi jumlah pertanyaan. Contoh perhitungan bobot setiap *waste* setelah dibagi N_i , jumlah *score* dan frekuensi dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Contoh perhitungan bobot tiap pemborosan, jumlah *score* dan frekuensi

No	Jenis Pertanyaan	Kategori Pertanyaan	Jumlah Pertanyaan	Bobot Setiap jenis Waste						
				Wo,k	Wl,k	Wd,k	Wm,k	Wt,k	Wp,k	Ww,k
1	To Motion	Man	9	0.22	0.89	0.89	1.11	0.89	0.67	0.00
2	From Motion		11	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
3	From Defects		8	0.75	0.75	1.25	1.00	0.75	0.00	1.00
4	From Motion		11	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
...	...									
65	From Motion	Method	11	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
66	From Overproduction		3	3.33	2.00	1.33	0.67	2.67	0.00	2.00
67	From Process		7	0.57	0.86	1.14	0.86	0.00	1.43	0.57
68	From Defects		8	0.75	0.75	1.25	1.00	0.75	0.00	1.00
Score (Sj)			57.55	66.75	70.05	58.20	63.15	37.20	57.00	
Frekuensi (Fj)			57	64	68	57	42	35	50	

Menghitung jumlah skor dari masing-masing kolom *waste* diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.1 dan hasil frekuensi (F_j) dari munculnya nilai pada tiap *waste* dengan mengabaikan nilai 0 (nol).

$$S_j = \sum_{K=1}^K \frac{W_{jk}}{N_i} \quad (2.1)$$

Dimana:

S_j adalah skor bobot hubungan pemborosan

K adalah *range* antara 1 sampai 68

W adalah pemborosan

j adalah tipe pemborosan

N_i adalah jumlah pertanyaan

- Memasukkan nilai hasil kuesioner (hasil rata-rata) ke dalam tabel bobot yang sudah dihilangkan efek variansinya. Selanjutnya bobot hasil WRM dikalikan dengan rata-rata kuesioner. Bobot tiap pemborosan, jumlah *score* dan frekuensi dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Bobot kuesioner tiap pemborosan, jumlah *score* dan frekuensi

No	Jenis Pertanyaan	Ni	Kategori Pertanyaan	Rata-rata Bobot Jawaban WAQ	Bobot Jawaban						
					O	I	D	M	T	P	W
1	To Motion	9	Man	0.17	0.04	0.15	0.15	0.19	0.15	0.11	0.00
2	From Motion	11	Man	1.00	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
3	From Defect	8	Man	0.83	0.63	0.63	1.04	0.83	0.63	0.00	0.83
4	From Motion	11	Man	1.00	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
...											
65	From Motion	11	Method	1.00	0.00	0.55	0.18	0.91	0.00	0.91	0.36
66	From Overproduction	3	Method	0.83	2.78	1.67	1.11	0.56	2.22	0.00	1.67
67	From Process	7	Method	0.83	0.48	0.71	0.95	0.71	0.00	1.19	0.48
68	From Defect	8	Method	1.00	0.75	0.75	1.25	1.00	0.75	0.00	1.00
Score (sj)					40.27	47.32	48.39	43.53	44.08	26.74	39.72
Frekuensi (fj)					55.00	62.00	66.00	55.00	40.00	33.00	48.00

- Memasukkan hasil perhitungan *waste assessment* yang didapat dari nilai indikator awal untuk tiap *waste* (Y_j), nilai presentasi dari WRM (P_j factor) dan nilai final *waste* (Y_j final) dengan contoh dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Contoh Hasil Perhitungan *waste assessment* (Rawabdeh, 2005)

	O	I	D	M	T	P	W
Score (Y_j)	0.1126	0.1276	0.1762	0.257	0.1683	0.3919	0.1515
P_j Factor	228.48	250.24	295.68	206.72	144	92.14	206.08
Final result	25.76	32.94	52.1	53.12	24.23	36.12	31.21
Final Result	10.1	12.6	20.5	20.9	9.5	14.2	12.3
Rank	6	4	2	1	7	3	5

Rumus untuk menghasilkan jumlah *score* dari tiap nilai bobot pada kolom *waste* diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.2, dimana hasil frekuensi (f_j) dari munculnya nilai pada tiap *waste* dengan mengabaikan nilai 0 (nol).

$$S_j = \sum_{K=1}^K X_k \frac{W_{jk}}{N_i} \quad (2.2)$$

Dimana:

s_j adalah skor pemborosan

X_k adalah rata-rata jawaban tiap pertanyaan kuesioner

Rumus untuk menghasilkan indikator awal untuk tiap waste (Y_j) menggunakan persamaan 2.3. Indikator hanya berupa angka yang masih belum mempresentasikan bahwa tiap pemborosan dipengaruhi pemborosan lainnya.

$$Y_j = \frac{s_j}{s_j} \times \frac{f_j}{F_j} \quad (2.3)$$

Y_j adalah indikasi untuk setiap jenis pemborosan

s_j adalah skor pemborosan setelah dikalikan dengan hasil kuesioner

S_j adalah skor bobot hubungan pemborosan

Rumus untuk menghasilkan nilai presentasi dari WRM (P_j factor) dengan cara mengalikan persentase “From” dengan “To” sesuai dengan persamaan 2.4.

$$P_j \text{ factor} = \text{persentase from waste} \times \text{persentase to waste} \quad (2.4)$$

Langkah terakhir untuk mengetahui *rank* suatu pemborosan dalam mempengaruhi pemborosan lainnya yaitu menghitung nilai final waste (Y_j final) menggunakan persamaan 2.5.

$$Y_j \text{ final} = Y_j \times P_j \text{ faktor} \quad (2.5)$$

Dimana:

Y_j final adalah nilai final untuk setiap pemborosan

2.5 Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

VALSAT merupakan alat bantu yang digunakan untuk memetakan aliran sepanjang *value stream* secara lebih detail pada proses yang memiliki nilai tambah dengan tujuh *tools* sehingga ditemukan penyebab terjadinya pemborosan (Hines & Rich, 1997). Ketujuh *tools* dapat dijelaskan dibawah ini.

1. Process Activity Mapping (PAM)

PAM merupakan alat yang sering digunakan seorang ahli teknik industri untuk memetakan seluruh aktivitas (tidak hanya pada lingkup perusahaan namun

sampai ke lingkup yang ada pada *supply chain*) secara lebih detail. Manfaat yang didapat yaitu untuk mengeliminasi pemborosan, ketidak konsistenan dan keirasionalan di tempat kerja sehingga diharapkan tujuan peningkatan kualitas, pelayanan yang mudah didapatkan, percepatan proses dan pengurangan biaya dapat terwujud. Konsep dasar dari *tools* ini dalam pemetaan aktivitas terjadi mulai dari operasi (O), transportasi (T), *inspeksi* (I), *delay* (D) dan *storage* (S) yang kemudian dikelompokkan dalam tipe aktivitas *value adding activity*, *non value adding activity* atau *necessary non value adding activity*.

2. *Supply Chain Response Matrix* (SCRM)

SCRM merupakan grafik yang digunakan untuk menggambarkan kondisi antara *inventory* dengan *lead time* apakah mengalami peningkatan atau penurunan pada tiap area aliran rantai pasok. Tujuan SCRM yaitu mengetahui pada area mana aliran distribusi dapat dikurangi *lead time* dan jumlah persediaannya.

3. *Production Variety Funnel*

Merupakan suatu teknik pemetaan secara dengan cara melakukan plot pada sejumlah variasi produk yang dihasilkan dalam setiap tahap proses manufaktur. Teknik ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi titik mana sebuah produk umum diproses menjadi beberapa produk yang lebih spesifik dan juga menunjukkan penumpukan barang di area proses produksi sehingga dapat digunakan untuk perbaikan kebijakan dalam persediaan dalam bentuk *raw material*, *WIP* atau produk jadi.

4. *Quality Filter Mapping*

Merupakan alat yang didesain untuk mengidentifikasi permasalahan kualitas yang terjadi pada area rantai pasok. Hasil yang didapatkan yaitu tiga jenis cacat yaitu:

- a. *Product defect* yaitu cacat fisik produk yang lolos dalam pemeriksaan dan sampai ke tangan konsumen.
- b. *Service defect* yaitu cacat yang ditemukan tidak terkait secara langsung pada produk melainkan pelayanan yang diberikan contohnya ketidaktepatan waktu dalam pengiriman produk.
- c. *Scrap defect* yaitu proses yang berhasil diseleksi saat dilakuka pemeriksaan.

5. *Demand Amplification Mapping*

Merupakan alat yang diciptakan oleh Forester (1958) dan Burbidge (1984) yang digunakan pada ilmu sistem dinamika. Hasil penelitian Burbidge menunjukkan bahwa apabila permintaan dikirim dari persediaan yang dimiliki maka akan memperlihatkan peningkatan variasi permintaan dalam setiap melakukan pengiriman. Sehingga alat ini dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dan analisa dalam mengatur fluktuasi permintaan dan *setting* kembali *value stream*.

6. *Decision Point Analysis*

Merupakan alat yang digunakan dalam analisis untuk menentukan titik keputusan pada rantai pasok dimana produk dibuat sesuai permintaan dengan sistem *pull* dan selanjutnya melakukan peramalan dengan sistem *push*.

7. *Physical Structure Mapping*

Merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui kondisi yang terjadi pada rantai pasok secara keseluruhan dan level produksi sehingga dapat mengapresiasi perusahaan saat ini, bagaimana perusahaan beroperasi dan dapat mengarahkan perhatian pada area yang selama ini kurang perhatian dan perlu dikembangkan.

Korelasi dan kegunaan dari tiap *value stream mapping tools* terhadap tiap jenis pemborosan dapat dilihat pada Tabel 2.13.

**Tabel 2.13 Value Stream Mapping Tools
(Hines & Rich, 1997)**

Waste	Mapping Tool						Physical Structure
	Process Activity Mapping	Supply Chain Response Matrix	Production Variety Funnel	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	
<i>Overproduction</i>	L	M		L	M	M	
<i>Waiting</i>	H	H	L		M	M	
<i>Excessive Transportation</i>	H						L
<i>Inappropriate Processing</i>	H		M	L		L	
<i>Unnecessary Inventory</i>	M	H	M		H	M	L
<i>unnecessary Motion</i>	L	L					
<i>Defect</i>	L			H			
<i>Note:</i>							
<i>H = High correlation and usefulness</i>							
<i>M = Medium correlation and usefulness</i>							
<i>L = Low correlation and usefulness</i>							

Langkah-langkah dalam membuat VALSAT yaitu:

1. Memasukkan bobot pemborosan yang didapat dari nilai persentase Y_j final dari hasil metode *waste assessment*.
2. Selanjutnya mengalikan bobot pemborosan dengan masing-masing *tools*. Untuk hubungan tipe korelasi H faktor pengalinya 9, korelasi M faktor pengalinya 3, dan korelasi L faktor pengalinya 1 sesuai ketentuan Tabel 2.13.

2.6 Simulasi Promodel

2.6.1 Definisi simulasi promodel

Menurut Tim Dosen Teknik Industri UNIKOM (2014) Simulasi merupakan suatu proses untuk meyakinkan apakah sistem sudah dimodelkan dengan benar. Simulasi umumnya dilakukan dengan bantuan teknologi komputer karena dapat menghemat biaya dan pelaksanaan lebih cepat. Model simulasi seringkali dibuat menggunakan program yang ditujukan khusus untuk permodelan. Beberapa program yang sering digunakan diantaranya adalah ProModel, FlexSim, ARENA, dan Simul8. Program-program tersebut pada dasarnya memiliki fungsi yang sama yaitu untuk memodelkan suatu sistem.

2.6.2 Elemen dasar ProModel

Dalam membangun model suatu sistem yang diinginkan, *ProModel* menyediakan elemen-elemen yang telah disesuaikan untuk membuat model sistem produksi, yaitu *location*, *entities*, *path networks*, *resource*, *processing*, *arrivals*, *shift and break*, *general information*, dan *cost*.

1. *Location*, yang merepresentasikan area tetap dimana *entity* mengalami proses, *delay*, atau penyimpanan serta beberapa aktivitas lainnya. Dalam mendefinisikan lokasi memerlukan beberapa data seperti *icon*, *name*, *capacity*, *rules*, *unit*, *downtimes*, *stats*, *notes*.
2. *Entities*, yaitu apapun yang diproses dalam suatu pemodelan, misalnya dokumen, pelanggan, atau barang-barang manufaktur.
3. *Path networks*, digunakan untuk menentukan arah dan jalur yang ditempuh oleh *resource* ataupun entitas ketika bergerak dari suatu lokasi ke lokasi

lainnya. Dalam definisi *path network*, data yang diperlukan seperti *graphic, type, Name, paths, mapping, interfaces, nodes*.

4. *Resource*, merupakan sumber daya yang digunakan untuk melakukan operasi tertentu dalam kinerja suatu sistem. Data-data yang diperlukan seperti *icon, name, stats, spec, units, downtimes*, dan lain-lain.
 - a. *Processing*, merupakan operasi yang dilakukan dalam *location*. Data-data untuk definisi *processing* adalah *entity, location, output, rule, operation, block, destination*, dan *move logic*.
 - b. *Group/Ungroup*
Suatu proses menggabungkan beberapa *entity* sejenis sampai sejumlah tertentu untuk kemudian diproses secara bersamaan. Di akhir proses, *entity* tersebut dipisahkan kembali.
 - c. *Combine*
Suatu proses ketika beberapa *entity* sejenis digabungkan menjadi satu dalam suatu proses tertentu tanpa dilakukan proses pemisahan kembali. Biasanya ini terjadi pada proses pengepakan.
 - d. *Join*
Proses dimana suatu *entity* bergabung dengan *entity* lain yang berbeda jenis.
 - e. *Load/Unload*
Suatu proses ketika beberapa *entity* yang berbeda jenis digabungkan sementara untuk kemudian dipisahkan lagi pada proses selanjutnya.
 - f. *Accum*
Suatu proses ketika beberapa *entity* dikumpulkan sampai sejumlah tertentu yang kemudian *entity* tersebut diproses satu persatu.
 - g. *Split*
Suatu proses ketika suatu *entity* dipecah menjadi sejumlah tertentu.
5. *Arrivals*, yang mendefinisikan waktu dimana entitas masuk pada sistem.
6. *Shift and break*, untuk menentukan waktu kerja dan waktu istirahat untuk lokasi dan *resource*, yang biasanya disimpan dalam bentuk mingguan.

7. *General information*, digunakan untuk menspesifikasikan informasi dasar dari suatu model termasuk nama dari suatu model, satuan waktu, satuan jarak dan *library graphic*.
8. *Cost*, untuk memonitor biaya yang terkait dengan *location*, *entities* dan *resource* selama simulasi dijalankan dan laporan statistik secara umum, termasuk statistik.

2.6.3 Penentuan Replikasi

Teori replikasi adalah menjalankan model simulasi dengan menggunakan aliran angka acak tertentu, yang pada gilirannya menyebabkan peristiwa acak dari urutan angka tersebut. Melakukan beberapa replikasi setara dengan mengambil beberapa sampel dalam statistik. Replikasi umumnya adalah satu satunya metode yang tersedia untuk memperoleh cukup data *output* dari mengakhiri simulasi. Sementara itu, untuk *non-terminating* simulasi model pengguna dapat menggunakan berjalan panjang atau beberapa replikasi. Tujuan melakukan replikasi adalah untuk menghasilkan beberapa sampel dan untuk mendapatkan perkiraan yang lebih baik dalam meningkatkan performa kinerja.

Penentuan jumlah replikasi membutuhkan kondisi *steady state*, dimana kondisi stabil menjadi permasalahan yang serius. Periode awal disebut sebagai periode *warm up*. Ketika ingin melihat suatu statistik, biasanya kita harus menunggu *warm up* selesai. Cara ini digunakan untuk menghilangkan bias karena operasi yang diambil selama keadaan model tidak tetap. Beberapa model telah dikembangkan untuk memperkirakan waktu *warm up* yaitu dengan menjalankan simulasi awal dari sistem (replikasi selama 5 sampai 10) dan mengamati keadaan stabil. Apabila respon *output* dari model tidak teratur, maka perlu digunakan *moving average* untuk memperhalus *output*. *Moving average* digunakan untuk menghitung rata-rata aritmatika dari titik data terbaru w (rata-rata respon *output*) dalam kumpulan data. Indikator akhir waktu *warm up* yaitu ketika *moving average* berada di hasil yang *flat* (Harrel and et al, 2003).

2.7 Perencanaan Kebutuhan Mesin dan Operator

Perhitungan kebutuhan mesin dilakukan untuk memperoleh berapa area yang dibutuhkan sebagai sarana pendukung pada rantai produksi. Jumlah mesin yang dibutuhkan tergantung pada rencana produksi, target produksi yang telah ditentukan, kapasitas produksi, dan waktu yang dibutuhkan. Perhitungan jumlah mesin dan operator yang dibutuhkan dapat digunakan rumus sebagai berikut (Hadi, 2013):

1. Penentuan *Takt Time*

Takt time menyatakan seharusnya perusahaan memproduksi satu part atau produk dalam sehari berdasarkan rata-rata penjualan produk sehingga dapat memenuhi permintaan konsumen. Rumus dalam menentukan *customer demand* dan *takt time* secara berturut-turut dilihat pada persamaan 2.6 dan 2.7.

$$Takt\ time = \frac{available\ working\ per\ day}{customer\ demand\ rate\ per\ day} \quad (2.6)$$

$$Customer\ demand = \frac{Output}{Uptime\ x\ (1-scrap)} \quad (2.7)$$

2. Menentukan jumlah mesin yang dapat dilihat pada persamaan 2.8 dan 2.9.

$$N_i = \frac{T_i}{60} \times \frac{P_i}{D} \quad (2.8)$$

Dimana:

N adalah jumlah mesin.

P adalah jumlah produk yang harus dibuat oleh masing-masing mesin per periode waktu kerja (unit produk/tahun).

T adalah waktu siklus.

D adalah jam operasi kerja mesin yang tersedia.

$$P = \frac{P_g}{E \times (1-P_d)} \quad (2.9)$$

Dimana:

P_g adalah jumlah produk yang berkualitas baik (*good parts*)

E adalah efisiensi

P_d adalah *scrap*

2.8 Peneliti Terdahulu dan Perbedaan Penelitian

Peneliti membutuhkan acuan dan *review* dalam menyelesaikan tugas akhir dengan melihat hasil penelitian yang sudah ada serta membuat perbedaan penelitian. Berikut penelitian-penelitian pendekatan *lean manufacturing* dan perbedaan penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Review dari Peneliti Terdahulu dan Perbedaan Penelitian

Nama / Tahun	Budyanto Linus (0606077011) / 2010	Zaenal Fanani, Moses Laksono Singgih	Daonil (1006787445) / 2012
Universitas	Universitas Indonesia	Institut Teknologi Surabaya	Universitas Indonesia
Judul Penelitian	Perancangan <i>Lean Production System</i> dengan Pendekatan <i>Value Stream Mapping</i> dan Permodelan Sistem (Studi Kasus : Pada Sistem Produksi Stamping dan Welding)	Implementasi Lean Manufacturing Untuk Peningkatan Produktivitas (Studi Kasus Pada PT. Ekamas Fortuna Malang)	Implementasi Lean Manufacturing Untuk Eliminasi <i>Waste</i> Pada Lini Produksi Machining Cast Wheel Dengan Menggunakan Metode WAM dan VALSAT
Hasil Penelitian	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Current Value Stream Map</i> digunakan untuk identifikasi waste pada produksi Y-2005/6 yaitu inventori, produksi yang berlebihan dan transportasi serta pergerakan yang tidak perlu sebagai dampak <i>layout</i> yang tidak efektif dan efisien. 2. Simulasi promodel digunakan untuk mengetahui masalah yang terjadi pada <i>bottleneck</i> dan mengetahui berapa kapasitas maksimum untuk memproduksi Y-2005/6 dalam satu hari. 3. Usulan perbaikan yaitu melakukan <i>improvement proposed value stream map</i> yaitu <i>takt time</i> disesuaikan dengan <i>demand</i>, <i>continuous flow</i>, penerapan <i>milk run</i>, <i>safety stock</i> pada supermarket dan <i>pitch (increment of work)</i>. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identifikasi <i>waste</i> yang paling sering terjadi yaitu <i>Defect</i>, <i>Waiting</i>, <i>Unnecessary motion</i> dan <i>Unnecessary inventory</i>. 2. Metode VALSAT menggunakan <i>tools</i> yang memiliki presentasi terbesar yaitu <i>Process Activity Mapping</i> untuk mengidentifikasi <i>waste</i>. 3. Usulan perbaikan untuk mengurangi <i>waste</i> yaitu penataan <i>layout</i>, pelatihan terhadap karyawan, <i>maintenance</i> mesin rutin, ketepatan setingan pada mesin, penyesuaian jumlah karyawan, penataan <i>layout</i> dan produksi kertas sesuai pesanan. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identifikasi <i>waste</i> dengan metode WAM didapatkan 3 waste terbesar yaitu <i>Defect</i>, <i>Unnecessary inventory</i> dan <i>Waiting</i>. 2. Tiga terbesar <i>detail mapping tools</i> dengan metode VALSAT yaitu <i>Process Activity Mapping</i>, <i>Supply Chain Response Matrix</i> dan <i>Quality Filter Mapping</i>. 3. Usulan perbaikan yaitu peningkatan kapasitas produksi, <i>days physical stock</i> pada setiap area <i>supply chain</i> menjadi 1 hari, penurunan <i>reject</i> menjadi 1 % dan efisiensi <i>man power</i> menjadi 3 orang.
Perbedaan Penelitian	Melakukan analisis timbulnya <i>waste</i> dengan pemilihan tujuh <i>tools</i> menggunakan metode VALSAT.	Menggunakan promodel untuk simulasi proses produksi, mengetahui lokasi yang mengalami <i>bottleneck</i> dan mengetahui jumlah produk yang dihasilkan sebelum serta setelah perbaikan.	Menggunakan promodel untuk simulasi proses produksi, mengetahui lokasi yang mengalami <i>bottleneck</i> dan mengetahui jumlah produk yang dihasilkan sebelum serta setelah perbaikan.