Bab 2
Tinjauan Pustaka

2.1 Konsep *Lean*

2.1.1 Definisi

Lean thinking adalah berfikir untuk melakukan lebih namun dengan sedikit tenaga manusia, sedikit peralatan, waktu yang singkat, dan ruang yang minimum sementara tetap memberikan apa yang pelanggan inginkan (Womack & Jones, 2003). Secara singkat *lean thinking* mengusung konsep efisiensi namun tetap mengutamakan efektivitas, karena tujuan utama *lean thinking* adalah memberikan apa yang pelanggan inginkan dengan biaya semurah-murahnya. Sementara *lean production* adalah inovasi sistem produksi yang menggabungkan antara produksi kerajinan dengan produksi masal (Womack, Jones, & Roos, 1990). *Lean production* pada dasarnya bertujuan menciptakan produk dengan banyak variasi namun tetap memiliki biaya yang murah.

Konsep *lean* pertama kali hadir di perusahaan-perusahaan Jepang. Salah satu perusahaan dari Jepang yaitu Toyota yang menjadi model referensi untuk menjalankan konsep-konsep *lean*. Definisi populer dari *lean manufacturing* dan Toyota Production System (TPS) adalah menjadi teknik yang lengkap ketika dikombinasikan dan matang, akan membantu untuk mengurangi dan kemudian mengeliminasi ketujuh tipe pemborosan (Wilson, 2010). TPS sudah menerapkan seluruh aspek yang menjadi tujuan *lean manufacturing*. Sistem ini tidak hanya akan membuat perusahaan lebih ringkas, tapi juga lebih fleksibel dan lebih responsif dengan mengurangi pemborosan (Wilson, 2010).

2.1.2 Dua Pondasi *Lean Manufacturing* dan TPS

Taiichi Ohno mendeskripsikan bahwa TPS konsisten dengan banyak teknik yang di desain untuk mengurangi pemborosan dalam sistem produksi. Teknik-teknik tersebut terbagi menjadi dua pondasi yang terdiri dari:

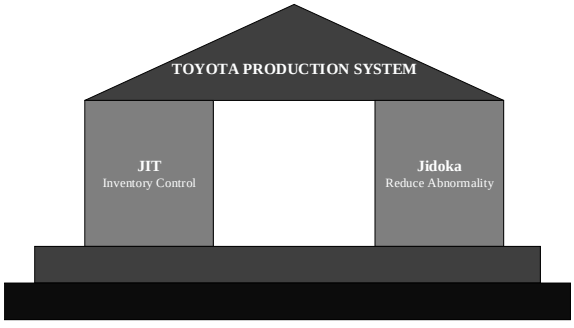
1. *Just In Time* (JIT)

   JIT merupakan teknik tentang bagaimana memasok dengan jumlah yang tepat, waktu yang tepat, dan lokasi yang tepat (Wilson, 2010). Pondasi ini membantu perusahaan untuk melaksanakan kegiatan produksi dan distribusinya secara efisien. Prinsip JIT lebih dari sistem kontrol persediaan sederhana, mengejutkan bagi banyak praktisi kontrol persediaan karena JIT juga mengontrol variasi (Wilson, 2010).

2. *Jidoka*

   Jidoka merupakan gabungan antara budaya dan teknik mengenai penggunaan mesin dan pekerja secara bersamaan dengan membiarkan mesin mengendalikan kualitas secara otomatis (Wilson, 2010). Pondasi ini membantu untuk mengurangi tingkat kesalahan produksi. Teknik yang digunakan untuk menerapkan *jidoka* salah satunya adalah *poka-yoke*, yaitu metode untuk mengurangi atau menginformasikan kesalahan. Pekerja menginformasikan kesalahan dengan menggunakan *andons*, yaitu tampilan visual dengan lampu yang mengindikasikan terjadinya kesalahan atau abnormal dan 100 persen pemeriksaan dilakukan dengan mesin (Wilson, 2010). Prinsip *jidoka* tujuannya adalah menjaga pesanan pelanggan, dan pondasi ini juga menjadi kunci utama untuk membuat penerapan *kanban* bekerja.

Kedua pondasi ini harus dibangun untuk mencapai lean manufacturing, hanya saja tidak semua perusahaan dapat menerapkan pondasi ini secara sempurna karena setiap produk memiliki kebutuhan yang berbeda. Kedua pondasi ini leih jelasnya digambarkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Dua pondasi Toyota Production System (TPS)

2.2 Pemborosan (*waste*)

2.2.1 Definisi

Pemborosan (*waste*) atau jika dalam bahasa Jepang disebut dengan *muda* merupakan aktivtias yang sangat tidak diharapkan dalam sistem produksi. *Muda* adalah aktivtias yang menyerap tenaga pekerja tapi tidak menciptakan nilai bagi produk (Womack & Jones, 2003). Semakin banyak tenaga kerja yang terlibat namun tidak begitu nilai produk, maka semakin besar juga biaya yang dibutuhkan. Pemborosan terdiri dari aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah namun menambah biaya produksi yang konsumen tidak mau membayarnya (Gopinath & Freiheit, 2012).

2.2.2 Tujuh Tipe Pemborosan

Ketujuh tipe pemborosan telah diidentifikasi oleh Shinego Shingo sebagai bagian dari TPS. Berikut ini ketujuh tipe pemborosan beserta penjelasannya (Hines & Taylor, 2000):

1. *Overproduction*

   Memproduksi telalu banyak atau terlalu cepat, menghasilkan aliran informasi atau material yang buruk dan memperbanyak persediaan.
2. *Defects*

   Seringnya terjadi kesalahan pada lembar kerja, permasalahan kualitas produk, atau buruknya performansi pengiriman.
3. *Unnecessary inventory*

   Terlalu banyak penyimpanan dan tertundanya informasi atau produk sehingga menghasilkan biaya yang tinggi dan kualitas pelayanan yang buruk.
4. *Inappropriate processing*

   Beresiko menyebabkan pekerja menggunakan alat, prosedur, atau sistem yang salah.
5. *Excessive transportation*

   Terlalu banyak perpindahan yang dilakukan oleh pekerja, informasi, atau material yang menghasilkan pemborosan waktu, tenaga, dan biaya.

6. *Waiting*

   Terjadi berhentinya kegiatan pekerja, informasi, atau material yang menghasilkan aliran yang buruk dan *lead time* yang lama.

7. *Unnecessary motion*

   Buruknya pengaturan tempat kerja, menghasilkan tingkat ergonomi yang buruk, misalnya terlalu banyak membungkuk atau meregang dan seringnya kehilangan *item* produksi (*lost item production*).

Berdasarkan ketujuh tipe pemborosan yang sudah dikelasifikasikan, setiap tipe memiliki tipe aktivitas yang bebeda. Tipe aktivitas ini dibedakan menjadi tiga, dengan penjelasan sebagai berikut:

1. *Value adding acitiviy*

   Aktivitas ini di mata pelanggan yang membuat produk atau jasa memberi nilai lebih. Contohnya mengubah biji besi menjadi sebuah mobil, atau memperbaiki mobil yang rusak dijalan. *Value adding activities* sangat mudah untuk di definisikan, hanya dengan bertanya pada diri sendiri sebagai pelanggan apakah dengan senang hati membayar produk atau jasa yang diberikan.

2. *Non value adding activity*

   Aktivitas ini di mata pelanggan tidak memberikan nilai lebih pada produk atau jasa dan aktivitas ini tidak diperlukan. Cukup jelas bahwa aktivitas merupakan pemborosan dan sebaiknya segera dihilangkan. Contoh aktivitas ini adalah memindahkan produk dari wadah besar ke satu wadah ke wadah lainnya yang sebenarnya dapat dilakukan dengan berkeliling pabrik.

3. *Necessary non value adding activity*

   Aktivitas ini di mata pelanggan tidak memberikan nilai lebih pada produk atau jasa namun diperlukan, kecuali terdapat perubahan aliran proses yang besar. Pemborosan ini merupakan yang paling sulit untuk dihilangkan dalam jangka pendek dan sebaiknya menjadi target untuk jangka panjang atau untuk perubahan besar. Contohnya pemeriksaan setiap produk pada akhir proses karena menggunakan mesin yang tua yang dikenal sulit diandalkan.

2.2.3 Unsur-Unsur Pemborosan

Ketujuh tipe pemborosan tidak selalu diakibatkan oleh aktivitas yang hanya dilakukan oleh manusia/pekerja, namun bisa diakibatkan oleh unsur-unsur lain yang terlibat. Unsur-unsur penyebab ketujuh tipe pemborosan sebagai berikut (Rawabdeh, 2005):

1. *Man*

   Merupakan unsur pemborosan yang disebabkan oleh *motion*, *waiting*, dan *overproduction*.

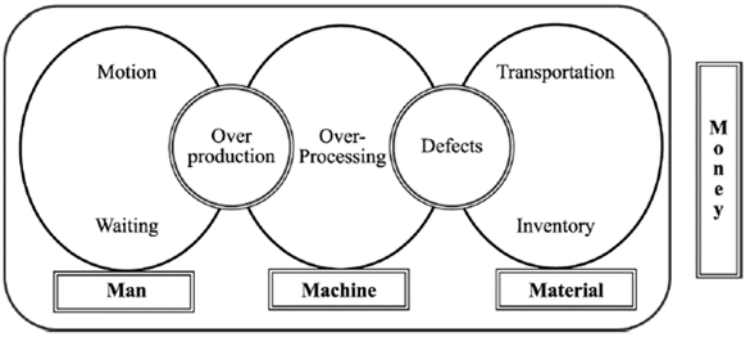
2. *Machine*

   Merupakan unsur pemborosan yang disebabkan dari *overprocessing*.

3. *Material*

   Merupakan unsur pemborosan yang disebabkan dari *transportation*, *inventory*, dan *defect*.

Unsur penyebab pemborosan yang paling mendominasi adalah man dan material. Hubungan antar pemborosan dapat dilihat pada Gambar 2.2 dalam bentuk skema.



Gambar 2.2. Hubungan tiga unsur pemborosan (Rawabdeh, 2005)

2.3 *Value Stream Mapping* (VSM)

2.3.1 Definisi

Value stream adalah seluruh operasi (memberi dan tidak memberi nilai tambah) yang dibutuhkan untuk membawa produk ke aliran utama yang penting bagi setiap produk (Rother & Shook, 1999). Seluruh proses dari awal penerimaan bahan baku dari *supplier* hingga pengiriman ke pelanggan, hal ini dinamakan *value stream*.

Value stream mapping (VSM) adalah pensil dan kertas yang membantu untuk melihat dan mengerti aliran material dan informasi sebuah produk sepanjang *value stream* (Rother & Shook, 1999). Teknik ini awalnya dikembangkan oleh Toyota dan kemudian dipopulerkan oleh Mike Rother dan Jhon Shook dalam buku *Learning to See*. Penggunaan VSM sebagai proses untuk perbaikan pada level sistem (Wilson, 2010).

VSM memperlihatkan aliran infromasi yang dibutuhkan untuk merencanakan dan memenuhi permintaan pelanggan (Wilson, 2010). Aliran informasi menjadi awal penggambaran VSM sebelum aliran proses. Informasi lain yang ada pada VSM adalah *cycle time, inventory held, changeover times*, dan *staffing* (Wilson, 2010). *Tool* ini dapat membantu perbaikan dalam usaha mengurangi pemborosan.

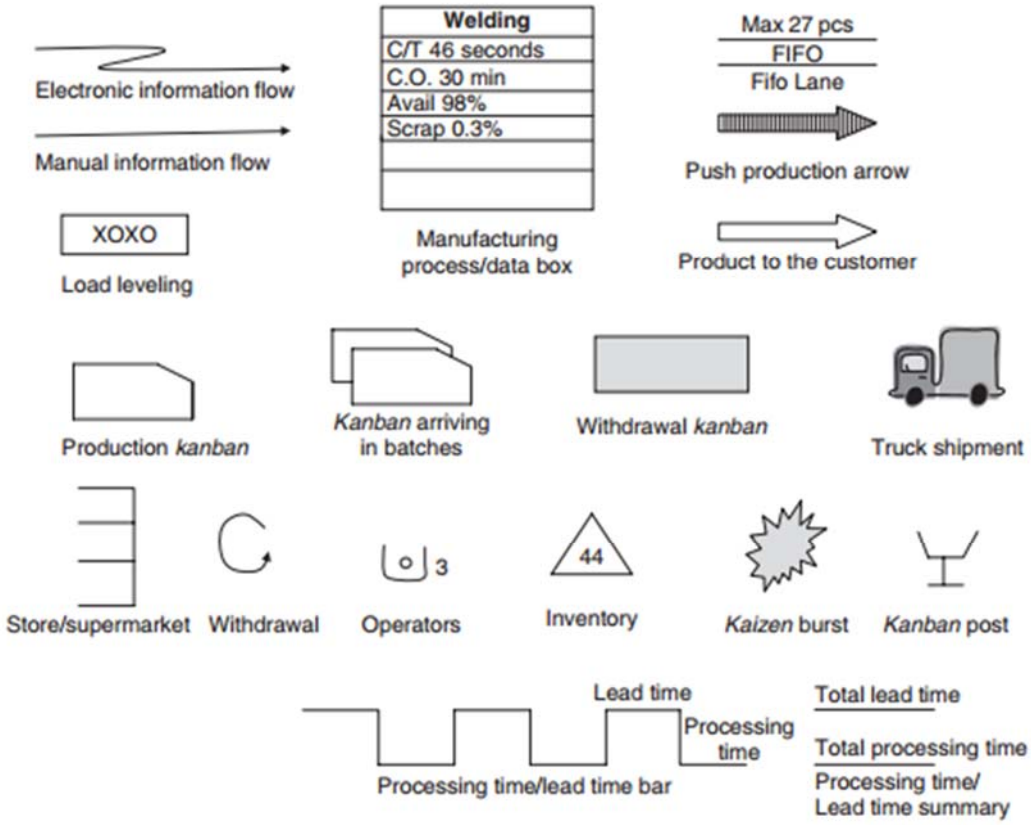
2.3.2 Penggunaan VSM

VSM sudah menjadi tool penting dalam meningkatkan efisiensi dengan mengidentifikasi pemborosan dan mengeliminasinya. Berikut ini alasan yang mendasari pentingnya penggunaan VSM dalam perbaikan (Rother & Shook, 1999):

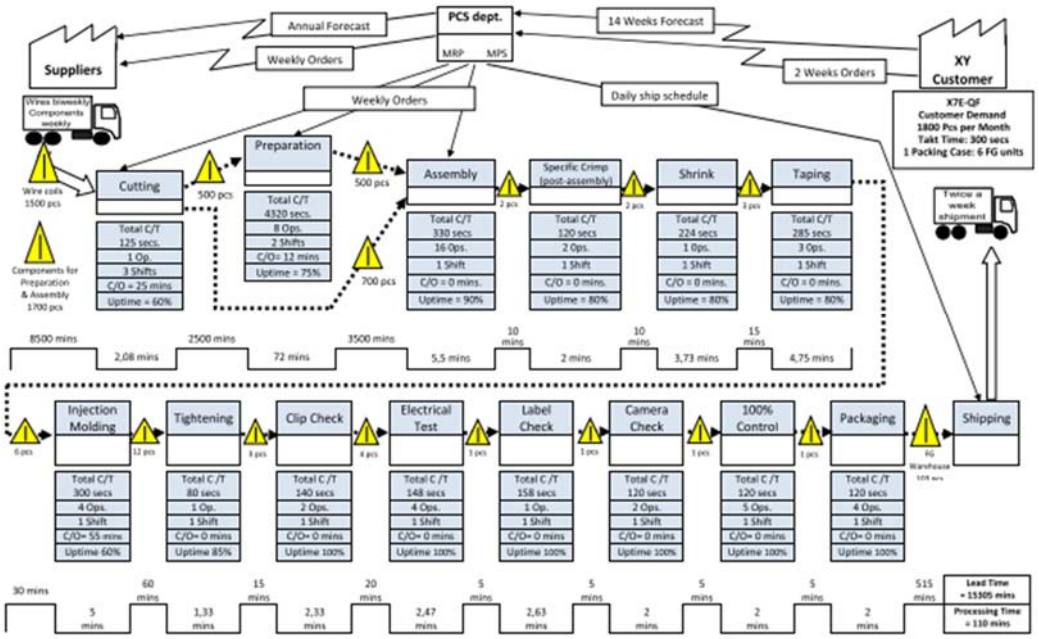
1. VSM membantu menvisualisasikan lebih dari satu level proses, contohnya *assembly*, *welding*, dan lainnya dalam produksi dengan melihat alirannya.
2. VSM membantu melihat lebih dari pemborosan. Peta ini membantu melihat sumber dari pemborosan dalam aliran nilai.
3. VSM menggunakan bahasa umum untuk berbicara mengenai proses manufaktur.
4. VSM membuat keputusan mengenai aliran dengan jelas, sehingga kita dapat mendiskusikannya.
5. VSM terikat dengan konsep dan teknik lean, yang membantu menghindari kesalahan logika.
6. VSM menjadi dasar rencana implementasi. Membantu untuk mendesain bagaimana keseluruhan aliran "*door to door*" sebaiknya dijalankan, VSM menjadi kerangka untuk implementasi *lean*.

7. VSM memperlihatkan hubungan antara aliran informasi dan material. Tidak ada *tool* lain menggambarkan keduanya.
8. VSM lebih berguna dibanding *tool* kuantitatif dan diagram *layout* yang membuat perhitungan *non value added steps*, *lead time*, jarak perpindahan, jumlah persediaan, dan lainnya. *Tool* ini merupakan tool kualitatif yang mendeskripsikan dengan rinci bagaiamana fasilitas yang dimiliki sebaiknya dioperasikan untuk menciptakan aliran.

Penerapan VSM dapat dilakukan dengan memahami terlebih dahulu aliran informasi dan material perusahaan. Lambang-lambang yang umum digunakan untuk membuat VSM diperlihatkan pada Gambar 2.3 dan contoh VSM pada Gambar 2.4.



Gambar 2.3. Lambang-lambang VSM
(Wilson, 2010)



Gambar 2.4. *Value stream mapping* (VSM)
(Alaya, 2016)

VSM dibagi menjadi dua tipe, present state value stream mapping (PSVSM) dan furute state value stream mapping (FSVSM). PSVSM merupakan awal penggambaran sebelum dilakukan perubahan, tipe inilah yang membantu perbaikan. FSVSM merupakan penggambaran dari hasil perbaikan, biasanya untuk mengetahui seberapa besar perubahan yang terjadi.

2.4 *Waste Assessment Model* (WAM)

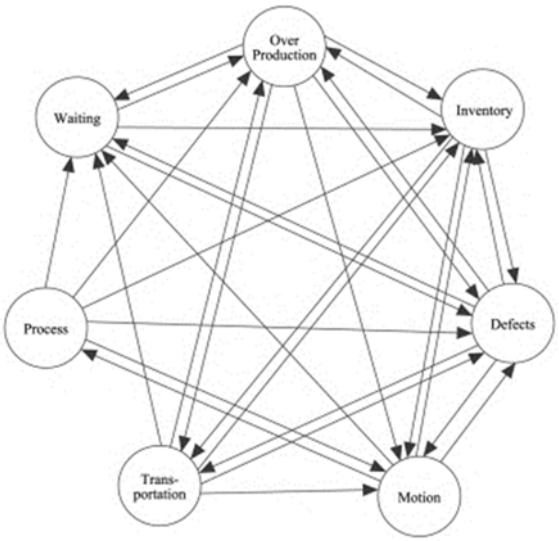
Waste assessment model merupakan metode usulan yang mengartikulasikan definisi masing-masing ketujuh tipe pemborosan dan dampaknya (Rawabdeh, 2005). Penggunaan metode ini ditujukan bukan hanya membantu melihat pemborosan, namun juga mengukur hubungan dan dampak yang diberikannya. Kriteria dibuat untuk mengukur kekuatan setiap hubungan secara langsung, sehingga diciptakan matriks pemborosan yang mengklasifikasikan setiap hubungan secaral angsung (Rawabdeh, 2005). Penggunaan kriteria ini ditujukan untuk mengukur setiap hubungan pemborosan lengkap dengan tingkat skalanya. Penilaian ini dikenal dengan metode *waste relationship matrix* yang bertujuan

mengklasifikasikan hubungan dengan skala dari yang terkuat hingga yang paling lemah. Setelah metode *waste relationship matrix* selesai dilaksanakan, maka dilanjutkan dengan *waste assessment questionire* yang mengkombinasikan hasil *waste realtionship matrix* dengan hasil kuesiner.

Penilaian tetap didasarkan pada ketujuh tipe pemborosan yang kemudian disederhanakan dengan menggunakan inisial berikut:

1. O adalah *overproduction*
2. I adalah *inventory*
3. D adalah *defect*
4. M adalah *motion*
5. P adalah *process*
6. T adalah *trasportation*
7. W adalah *waiting*

Hubungan ketujuh tipe pemborosan ditampilkan pada Gambar 2.5. Setiap hubungan pemborosan dituliskan dengan menggunakan tanda "_" diantara insisial pemborosan, contohnya "O_I" yang artinya dampak *overproduction* terhadap *inventory*.



Gambar 2.5. Hubungan antar tipe pemborosan (Rawabdeh, 2005)

Ringkasan penjelasan setiap hubungan pemborosan ditampilkan pada Tabel 2.1 dan penjelasan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 9.

Tabel 2.1. Penjelasan hubungan pemborosan (Rawabdeh, 2005)

Tipe Pemborosan	**Jenis Hubungan**	**Penjelasan**
Overproduction	O_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.*
	O_D	*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.*
	O_M	*Overproduction leads to non-ergonomic behavior, which leads to non-standardized working method with a considerable amount of motion losses.*
	O_T	*Over-production leads to higher transportation effort to follow the overflow of materials.*
	O_W	*When producing more, the resources will be reserved for longer times, thus other customer will be waiting and larger queues begin to form*
...		
Waiting	W_O	*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.*
	W_I	*Waiting means more items than needed at a certain point, whether they are RM, WIP, or FG.*
	W_D	*Waiting items may cause defects due to unsuitable conditions.*

2.4.1 *Waste Relationship Matrix* (WRM)

WRM adalah metode untuk menilai atau menganalisis berdasarkan pengelompokan kriteria menggunakan matriks (Rawabdeh, 2005). Setiap matriks menggambarkan hubungan antar pemborosan berdasarkan hasil kuesioner. Kriteria pertanyaan kuesioner WRM ditampilkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kuesioner *waste relationship matrix* (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 a naik, maka b naik	2
	b. Jika a naik, b 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

Keterangan:

1. *i* adalah pemborosan tipe *i*
2. *j* adalah pemborosan tipe *j*
3. *i* merupakan salah satu dari ketujuh tipe pemborosan dan dampaknya *j*

Setiap jawaban memiliki bobot tersendiri yang kemudian dihitung untuk mendapatkan skor akhir dari masing-masing kriteria pertanyaan. Pehitungan hubungan pemborosan ditampilkan pada Tabel 2.3. Jawaban yang sudah diperoleh dari masing-masin kriteria kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan hasil apakah hubungan pemborosan bersifat kuat atau lemah berdasarkan rentang penilaian. Setiap rentang penilaian memiliki simbol berbeda-beda untuk memudahkan dalam mengidentifikasi yang lebih jelasnya ditampilkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.3. Rekapitulasi hubungan pemborosan
(Rawabdeh, 2005)

Jenis Hubungan	**1**		**2**		**3**		**4**		**5**		**6**		**Skor**
	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

Tabel 2.4. Rentang kriteria penilaian
(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

Setelah seluruh data dikumpulkan sesuai dengan prosedur pada Tabel 2.3, kemudian data dikonversi kedalam bentuk WRM sesuai kriteria pada Tabel 2.4 untuk memperlihatkan tingkat hubungan pemborosan. Contoh WRM diperlihatkan pada Gambar 2.6.

F/T	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

Gambar 2.6. *Waste relationship matrix* (WRM)
(Rawabdeh, 2005)

Setelah membuat WRM dan melihat hasilnya, dapat terlihat bagaimana ketujuh tipe pemborosan saling memberi dampak satu sama lain. Hasil WRM harus divalidasi untuk mengetahui persentase pengaruh dari setiap tipe pemborosan. Hasil validasi tersebut dibuat dalam tabel waste matrix value seperti contoh pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. *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**	

Keterangan:

1. Simbol A dikonversi menjadi 10
2. Simbol E dikonversi menjadi 8
3. Simbol I dikonversi menjadi 6
4. Simbol O dikonversi menjadi 4
5. Simbol Udikonversi menjadi 2
6. Simbol X dikonversi menjadi 0

2.4.2 Waste Assessment Questionaire (WAQ)

WAQ dibuat untuk untuk mengalokasikan pemborosan di *jobbing shop* (pekerjaan yang tidak berurutan). *Jobbing shop* tidak membuat produk yang sama setiap harinya (Rawabdeh, 2005). Konsep *jobbing shop* sudah tentu lebih sulit dalam membuat jadwal atau alirannya sehingga diperlukan pendekatan untuk membantu memperbaiki konsep. Dalam konsep *jobbing shop*, mesin diatur dan dikelompokan berdasarkan jenis umum proses manufaktur (Rawabdeh, 2005).

Kuesioner WAQ terdiri dari 68 pertanyaan berbeda, yang memperkenalkan penggunaan alokasi pemborosan. Setiap pertanyaan merepresentasikan aktivtias, kondisi, atau perilaku yang mungkin menyebabkan pemborosan. Beberapa pertanyaan menyatakan "From", artinya pertanyaan ini merepresentasikan tipe pemborosan yang mungkin menyebabkan pemborosan lainnya dengan referensi dari WRM. Beberapa pertanyaan lainnya menyatakan "To", artinya pertanyaan ini merepresentasikan tipe pemborosan yang mungkin disebabkan pemborosan lainnya. Ringkasan kuesioner WAQ dapat dilihat pada Tabel 2.6 dan kuesioner lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 2.6. Pertanyaan kuesioner WAQ
(Rawabdeh, 2005)

No.	Aspek dan Daftar Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Kategori Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Penilaian		
					Ya	Sedang	Tidak
1	Apakah pihak manajemen sering melakukan pemindahan operator untuk semua pekerjaan (mesin) sehingga suatu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua operator?	*To Motion*	*Man*	B			
...							
68	Apakah hasil quality control, uji produk, dan evaluasi dilakukan dengan ilmu keteknikan?	*From Defect*	*Method*	B			

Karena terdapat perbedaan karakteristik dari setiap pertanyaan, maka terdapat penambahan kolom yaitu hubungan pemborosan. Kolom ini berisi keterangan "A" dan "B" yang mempunyai arti saling berkebalikan. Keterangan "A" mengartikan

apabila jawaban yang dipilih “Ya”, artinya terdapat pemborosan dan jika keterangannya “B” berlaku sebaliknya. Untuk setiap jawaban dibedakan berdasarkan tiga pilihan, “Ya” maka diberi bobot 1, “Sedang” maka diberi bobot 0,5, “Tidak” maka diberi bobot 0. Kuesioner yang sudah lengkap kemudian harus divalidasi untuk mendapatkan hasil dari tujuan yang ingin dicapai. Sebelum melakukan validasi, setiap tipe pertanyaan harus dihitung jumlahnya dan lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.7. Bobot hasil dari WRM pada Tabel 2.5 juga harus disubtitusikan untuk perhitungan WAQ dengan menggunakan format yang dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.7. Jumlah pertanyaan berdasarkan tipe pemborosan (Rawabdeh, 2005)

No.	Tipe Pertanyaan	Jumlah Pertanyaan
1	*From overproduction*	5
2	*From inventory*	6
3	*From defects*	8
4	*From motion*	11
5	*From transportation*	4
6	*From process*	7
7	*From waiting*	8
8	*To defects*	4
9	*To motion*	9
10	*To transportation*	3
11	*To waiting*	5

Tabel 2.8. Bobot hasil WRM

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

Setelah semua bobot hasil WRM disubtitusikan kedalam tabel, langkah selanjutnya adalah menghilangkan efek variansi akibat perbedaan jumlah setiap jenis pertanyaan. Caranya adalah dengan memasukan jumlah pertanyaan pada Tabel 2.7 yang kemudian dibagi dengan bobot hasil WRM pada Tabel 2.8. Lebih jelasnya format tabel pengerjaannya dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9. Bobot hasil WRM dibagi jumlah pertanyaan

No.	**Jenis Pertanyaan**	**Kategori Pertanyaan**	**Jumlah Pertanyaan**	***Wo,k***	***Wi,k***	***Wd,k***	***Wm,k***	***Wt,k***	***Wp,k***	***Ww,k***
1	*To Motion*	*Man*	9	0	2	8	10	0	4	8
2	*From Motion*		11	6	8	4	10	6	6	0
3	*From Defect*		8	4	2	10	8	4	2	2
...										
66	*From Over Production*	*Method*	5	10	10	4	0	2	4	4
67	*From Process*		7	0	0	0	4	0	10	0
68	*From Defect*		8	4	2	10	8	4	2	2
***Scrore* (Sj)**				**49**	**70**	**70**	**49**	**49**	**21**	**76**
Frequency (Fj)				**49**	**66**	**64**	**53**	**26**	**24**	**55**

Hasil skor (Sj) diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.1) dan frekuensi (Fj) diperoleh dari menghitung dengan mengabaikan nilai nol.

$$S_j = \sum_{K=1}^{K} \frac{W_{jk}}{N_i} \tag{2.1}$$

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

Langkah terakhir yaitu dengan memasukan nilai hasil kuesioner kedalam tabel bobot hasil WRM yang sudah dihilangkan efek variansinya. Setiap bobot hasil WRM dikalikan dengan nilai hasil kuesioner. Format tabel pengerjaan lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10. Perhitungan nilai akhir untuk setiap tipe pemborosan

No.	Jenis Pertanyaan	Kategori Pertanyaan	Hasil Kuesioner	Bobot Setiap Jenis Waste						
				Wo,k	***Wi,k***	***Wd,k***	***Wm,k***	***Wt,k***	***Wp,k***	***Ww,k***
1	*To Motion*	*Man*	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	*From Motion*		0,5	0,55	0,73	0,36	0,91	0,55	0,55	0,00
3	*From Defect*		0	0,50	0,25	1,25	1,00	0,50	0,25	0,25
...										
66	*From Over Production*	*Method*	1	1,67	1,67	0,67	0,00	0,33	0,67	0,67
67	*From Process*		0	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,71	0,00
68	*From Defect*		0,5	0,25	0,13	0,63	0,50	0,25	0,13	0,13
***Score* (sj)**				**35,50**	**41,62**	**52,98**	**41,74**	**46,58**	**23,47**	**27,47**
Frekuensi (fj)				**43**	**43**	**34**	**32**	**38**	**47**	**43**

Hasil skor (sj) diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.2) berikut ini.

$$s_j = \sum_{K=1}^{K} X_K \times \frac{W_{jk}}{N_i} \tag{2.2}$$

dimana:

s_j adalah skor pemborosan

K adalah range antara 1 sampai 68

Setelah semua nilai diperoleh, langkah selanjutnya adalah menghitung faktor indikasi untuk setiap tipe pemborosan menggunakan persamaan (2.3) berikut ini.

$$Y_j = \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \tag{2.3}$$

dimana:

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

Untuk mengindikasikan bagaimana pemborosan dapat saling mempengaruhi, diperlukan probailitas dari masing-masing tipe pemborosan. Cara mencari

probabilitas nilai pemborosan dilakukan dengan mengkalikan nilai “From” dan “To” pada hasil *waste matrix values* sehingga didapatkanlah nilai (Pj).

Langkah terakhir adalah mencari refleksi bagaimana setiap tipe pemborosan dapat mempengaruhi pemborosan lain dengan mencari nilai (Yjfinal) faktor. Perhitungan nilai (Yjfinal) dilakukan dengan menggunakan persamaam (2.4) berikut ini.

$$Y_{final} = Y_j \times P_j$$
$$= \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j}$$
$$\times P_j \qquad (2.4)$$

dimana:

Y_{final} adalah nilai untuk setiap tipe pemborosan

2.5 Seven Value Stream Mapping Tools

2.5.1 Penjelasan Masing-Masing *Tools*

Value stream mapping *tools* adalah pendekatan untuk memetakan lebih rinci mengenai pemborosan. *Tool* ini merupakan hasil pengelompokan yang dilakuakan oleh Peter Hines dan Nick Rich (1997) dalam penelitiannya untuk membantu memetakan lebih rinci mencari penyebab pemborosan. Ketujuh *tools* tersebut dijelaskan sebagai beriku:

1. *Process activity mapping* (PAM)

   PAM merupakan *tool* yang berasal dari ilmu teknik industri. Perusahaan industri dapat memanfaatkan *tool* ini untuk mengeliminasi pemborosan, ketidak konsistenan, dan ketidak logisan. Tujuan dari *tool* ini adalah memberikan kualitas yang baik, layanan yang cepat, dan biaya yang murah. Salah satu prinsip dari *tool* ini yaitu memetakan setiap aktivitas kedalam va*lue added activity*, *neccessary non value added activity*, dan *non value added activity* dengan mengukur berdasarkan variabel waktu (Hines & Rich, 1997).

2. *Supply chain response matrix* (SCRM)

   SCRM merupakan *tool* yang menggambarkan jaringan rantai pasok berdasarkan variabel waktu untuk mengukur *lead time*. Penggunaan *tool* ini ditujukan untuk mengukur resposifitas perusahaan dalam memenuhi

permintaan produksinya. Prinsip penerapan *tool* ini mengusung pemetaan proses berdasarkan waktu. Perusahaan dapat menggunakan *tool* sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan perbaikan apabila ingin mendapatkan *lead time* yang pendek. Dengan semakin singkat *lead time* maka akan semakin terjaga tingkat pelayanan yang diberikan (Hines & Rich, 1997).

3. *Production Variety Funnel*

   Merupakan teknik pemetaan visual yang mencoba memetakan jumlah variasi produk di tiap tahapan proses manufaktur. *Tools* ini dapat digunakan untuk mengidentifikasikan titik dimana sebuah produk *generic* diproses menjadi beberapa produk yang spesifik. Selain itu, *tools* ini juga dapat digunakan untuk menunjukan area *bottleneck* pada desain proses. Dengan fungsi-fungsi tersebut, selanjutnya dapat digunakan untuk merencanakan perbaikan kebijakan *inventory* (apakah dalam bentuk bahan baku, produk setengah jadi atau produk jadi) (Hines & Rich, 1997).

4. *Quality Filter Mapping*

   Merupakan *tool* yang digunakan untuk mengidentifikasikan letak permasalahan cacat kualitas pada rantai suplai yang ada. Evaluasi hilangnya kualitas yang sering terjadi dilakukan untuk pengembangan jangka pendek. *Tools* ini mampu menggambarkan tiga tipe cacat kualitas yang berbeda, yakni *product defect*, *scrap defect*, dan *service defect* (Hines & Rich, 1997).

5. *Demand Amplification Mapping*

   Peta yang digunakan untuk memvisualisasikan perubahan *demand* di sepanjang rantai suplai. Fenomena ini menganut *law of industrial dynamic*, dimana *demand* yang ditransmisikan disepanjang rantai suplai melalui rangkaian kebijakan *order* dan *inventory* akan mengalami variasi yang semakin meningkat dalam setiap pergerakannya mulai dari *downstream* dampai dengan *upstream*. Dari informasi tersebut dapat digunakan dalam pengambilan keputusan dan analisa lebih lanjut baik untuk mengantisipasi adannya perubahan permintaan, mengatur fluktuasi, serta evaluasi kebijakan *inventory* (Hines & Rich, 1997).

6. *Decision Point Analysis*

Menunjukan berbagai *option* sistem produksi yang berbeda, dengan *trade off* antara *lead time* masing-masing *option* dengan tingkat *inventory* yang diperlukan untuk meng-*cover* selama proses *lead time* (Hines & Rich, 1997).

7. *Physical Structure*

   Merupakan sebuah *tools* yang digunakan untuk memahami kondisi rantai suplai di *level* produksi. Hal ini diperlukan untuk memahami kondisi industri itu, bagaimana operasinya dan dalam mengarahkan perhatian pada area yang mungkin belum mendapatkan perhatian yang cukup untuk pengembangan (Hines & Rich, 1997).

2.5.2 Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Ketujuh *tools* pemetaan pemborosan yang sudah dijelaskan sebelumnya perlu dipilih berdasarkan tingkat hubungannya. Tujuan pemilihan ini yaitu agar proses identifikasi pemborosan menjadi lebih terarah. Langkah pertama pemilihan *tool* ini adalah dengan menilai tingkat hubungan ketujuh tipe pemborosan dengan ketujuh tipe tools ini. Matriks pemilihan *tools* dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11. Matriks pemilihan *tools*
(Hines & Rich, 1997)

Waste/Structure	***Mapping Tool***						
	Process Activity Mapping	***Supply Chain Response Matrix***	***Production Variety Funnel***	***Quality Filter Mapping***	***Demand Amplification Mapping***	***Value Analisys Time Profile***	***Physical Structure***
Overproduction	L	M		L	M	M	
Waiting	H	H	L		M	M	
Excessive Transportation	H						L
Inappropriate Processing	H		M	L		L	
Unnecessary Inventory	M	H	M		H	M	L
Unnecessary Motion	L	L					
Defect	L			H			

***Note*:**
H = *High correlation and usefullness*
M = *Medium correlation and usefullness*
L = *Low correlation and usefullness*

Cara pemilihan *tools* yang paling berhubungan adalah dengan mengkalikan 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.