

## BAB II

### KAJIAN LITERATUR

Kajian literatur menjelaskan landasan teori yang digunakan dalam melakukan penelitian. Selain landasan teori peneliti juga melakukan kajian empiris yang berkaitan dengan permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini.

#### 2.1 Kajian Empiris

Tabel 2. 1 Kajian Empiris

Judul	Penulis	Metode	Tujuan	Hasil
Analisis dengan Menggunakan Stream Analysis Tools (Valsat) pada Proses Produksi Klip Kasus di PT. Indoprima Gemilang Engineering)	Waste Irishka Sara A., dan Value Renanda Nia R., Farizi Rachman PT.	VALSAT dan PAM	Identifikasi pemborosan untuk dapat memberikan usulan yang tepat untuk mengurangi pemborosan	Hasil perhitungan menggunakan tool tersebut adalah aktivitas inspeksi merupakan terbanyak yakni sebesar 39,13%, kemudian diikuti oleh aktivitas operasi yaitu sebesar 21,74%, setelah itu aktivitas transport sebesar 17,40% yang sama dengan aktivitas delay sebesar 17,40%, sisanya adalah aktivitas storage sebesar 4,35%. Selanjutnya melakukan analisis sebab akibat dari waste tersebut. Usulan perbaikan yang dapat diberikan adalah seperti membuat penjadwalan dan perencanaan produksi yang tepat, melakukan monitoring terhadap proses produksi yang berjalan, mempersingkat waktu setting dan juga training untuk pekerja.
Peningkatan Produktivitas	Faritsy dan	Six Sigma,	Peningkatan produktivitas	Peningkatan produktivitas dapat dilakukan dengan

Judul	Penulis	Metode	Tujuan	Hasil
Perusahaan dengan Menggunakan Metode Six Sigma, Lean dan Kaizen	Suseno	Lean Manufacturing, VALS AT, Kaizen	perusahaan dengan menerapkan metode six sigma serta usulan dengan Kaizen	caramengurangi waktu proses kerja, work in processdan lead time proses produksi melalui eliminasi pemborosan ( <i>waste</i> ). Produktivitas kerja awal rangkaian rangka sebesar 1,56 sigma menjadi 1,99 sigma dan terjadinya pengurangan waktu siklus.
<i>Implementing lean sigma framework in an Indian automotive valves manufacturing organisation: a case study</i>	Vinodh et al. (2011)	Lean sigma	Penerapan lean sigma untuk meningkatkan produktivitas perusahaan	Menghasilkan peningkatan signifikan yang telah diamati dengan metrik kinerja utama seperti DPU ( <i>Defects per unit</i> ), FTR ( <i>first time right</i> ), kapabilitas proses, OEE ( <i>over-all equipment effectiveness</i> ) setelah penerapan dari kerangka lean <i>Six Sigma</i> sehingga terjadi pengurangan 50% dalam DPU; 17,64% peningkatan OEE; 25% pengurangan waktu ( <i>change over</i> ) C/O; 0,99% peningkatan pada FTY ( <i>first time yield</i> ) dan 18,53% pengurangan waktu produksi manufaktur. Serta Peningkatan dalam FTR ( <i>first time right</i> ) dari 98,2% menjadi 99% akan menghemat 28.000 katup otomotif per bulan dari keseluruhan barang tidak lulus control kualitas.
<i>Implementation Of Lean Manufacturing Using WRM, WAQ &amp; VALSAT To Reduce Waste In The Finishing Process</i>	Rizky F R, Sugiono, Remba Y E	WAM dan Valsat	Mengurangi pemborosan pada proses <i>finishing</i>	Berdasarkan hasil identifikasi pemborosan menggunakan WAQ didapatkan pemborosan dengan peringkat 3 terbesar, yaitu <i>defect</i> dengan persentase 22.46%, <i>inventory</i> dengan persentase 19.21% dan <i>waiting</i> dengan persentase 14.20%.
Analisis Penerapan Lean Manufacturing untuk	Muhammad Shodiq Abdul	WAM dan VSM	Mengurangi pemborosan pada lini	Tiga jenis pemborosan yang paling seringterjadi di area produksi pada PT Adi SatriaAbadi

Judul	Penulis	Metode	Tujuan	Hasil
Menghilangkan Pemborosan di Lini Produksi PT Adi Satria Abadi	Khannan, Haryono		produksi.	dengan metode Waste Assessment Model (WAM) adalah Defect/Reject (24,73%), Inventory (18,80%), dan Motion (15,44 %). Dari hasil penelitian terdapat peningkatan produksi dalam waktu siklus 602,25 menit sebelum perbaikan untuk memproduksi 1.322 pcs sarung tangan, setelah perbaikan dapat memproduksi 1.399 pcs.
usulan pengurangan waste proses produksi menggunakan waste assesment model dan value stream mapping di PT. X	Muhamad Anugrah, Emsosfi Zaini, dan Rispianda	VSM dan WAM	Memberikan usulan berdasarkan identifikasi pemborosan yang terjadi menggunakan WAM	Metode dalam <i>Lean Manufacturing</i> yang dipakai yaitu <i>Value Stream Mapping</i> (VSM) dan <i>Waste Assessment Model</i> (WAM). VSM digunakan untuk menyajikan gambaran pembuatan produk dari awal hingga akhir, sedangkan WAM digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan yang paling dominan. Dengan pendekatan <i>lean manufacturing</i> di hasilkan waktu <i>non value added</i> (NVA) dapat dikurangi sebesar 964 detik pada roda slinding serta waktu NVA berkurang sebesar 900 detik pada roda katrol.
<i>Implementation of Lean Six Sigma Method to Minimize Waste in Prime Line International LTD</i>	Wieke Rossaria Dewi, Nasir Widha Setyanto, Ceria Farela Mada T	VSM dan FMEA	Menganalisis dan melakukan peningkatan kualitas produksi garam dengan pendekatan <i>Lean Six sigma</i> serta menggunakan metode	Hasil dari <i>value stream mapping</i> (VSM) bahwa terdapat NNVA dan NV sebesar 47,17% dan 9,03%. <i>Waste</i> tertinggi adalah <i>waste unnecessary motion</i> yang disebabkan oleh beberapa aktivitas seperti pengeleman gendongan tas dan sebagainya.

Judul	Penulis	Metode	Tujuan	Hasil
			FMEA untuk mengetahui kegagalan yang terjadi.	

## 2.2 Konsep Produktivitas

Basu et,al (2014) mengatakan produktivitas adalah konsep yang menjelaskan mengenai hubungan antara hasil dengan sumber daya yang dipaikai untuk menghasilkan produk.Sedangkan Sarjono (2001) mengatakan produktivitas merupakan suatu perbandingan antara output dengan input. Formula produktivitas dapat dinyatakan pada persamaan dibawah ini :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{output}}{\text{input}}$$

## 2.3 Konsep *Lean Manufacturing*

*Lean* adalah konsep perampingan tindakan perbaikan secara bertahap dan terus menerus untuk mengurangi atau menghilangkan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) produk (barang dan/ jasa) (Gaspersz, 2007). Terdapat lima prinsip dasar *lean* yaitu :

1. Mengidentifikasi nilai produk (barang dan/jasa) yang berorientasi pada pelanggan dimana produk baik barang atau jasa dengan kualitas bagus, harga yang murah, serta pelayanan tepat waktu.
2. Mengidentifikasi *value stream process mapping* (pemetaan proses pada *value stream*) untuk setiap produk baik barang atau jasa.
3. Mengeliminasi aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah dan menurangi semua jenis pemborosan dari semua aktivitas sepanjang *value stream*.

4. Mengatur aliran material, informasi, dan produk secara lancar dan efisien sepanjang proses *value stream* menggunakan sistem tarik (*pull system*).
5. Mencari terus menerus berbagai teknik dan alat-alat peningkatan untuk mencapai keunggulan dan peningkatan terus menerus.

Menurut Kilpatrick (2003) berikut ini manfaat penerapan *lean* bagi perusahaan:

1. Mengurangi waktu siklus (*lead time*).
2. Meningkatkan produktivitas.
3. Mengurangi *work in process* (WIP).
4. Meningkatkan kualitas produk.
5. Memanfaatkan ruang dengan baik dengan mengurangi jarak.

#### **2.4 Konsep 7 waste**

Ada 7 macam pemborosan yang sering terjadi pada proses manufaktur menurut (Liker, et al., 2006) yaitu sebagai berikut :

1. Produksi berlebih (*overproduction*)

*Overproduction* adalah jumlah produk yang dihasilkan melebihi kapasitas dari permintaan konsumen atau melebihi jumlah yang dibutuhkan sehingga mengganggu aliran informasi dan proses selanjutnya serta menyebabkan penumpukan inventori. Dampak *overproduction* menyebabkan biaya produksi semakin bertambah sedangkan nilai hasil kerja tidak bertambah karena diperlukan usaha yang lebih untuk penanganan komponen, penambahan transportasi yang dilakukan, *extra* cacat, *extra* mesin, tempat tambahan untuk menyimpan persediaan tenaga tambahan untuk memantau persediaan, dokumen tambahan, dan lain-lain.

2. Waktu tunggu (*waiting*)

Waktu dimana aliran produk tidak bergerak atau tidak diproses. Hal tersebut dapat terjadi karena ketidakaktifan dari pekerja, informasi, material atau produk dalam periode waktu yang cukup lama. Penggunaan waktu yang tidak efisien menyebabkan aliran proses terganggu dan dapat memperpanjang *lead time* produksi.

3. Transportasi (*transportation*)

Perpindahan yang tidak diperlukan merupakan *waste* karena tidak memiliki nilai tambah. Pemborosan perpindahan dapat disebabkan pemindahan material, *part*, dan produk dari suatu tempat ke tempat lain. Serta pemindahan ini bahkan dapat menyebabkan kerusakan pada barang pada saat proses perpindahan berlangsung.

4. Memproses secara berlebihan (*overprocessing*)

Proses yang tidak diperlukan tidak akan memberikan nilai tambah bahkan dapat menambah biaya dan waktu produksi. Pemborosan ini terjadi karena tata kelola mesin yang tidak tepat, alat dan desain produk yang buruk menyebabkan pengolahan menjadi tidak efisien.

5. Persediaan yang tidak perlu (*unnecessary inventory*)

Persediaan yang tidak perlu karena kelebihan bahan baku maupun kelebihan barang jadi cenderung meningkatkan *lead time* dan waktu tunggu, dapat menciptakan biaya penyimpanan yang signifikan sehingga dapat menurunkan daya saing atau *value stream*, barang menjadi rusak / cacat, lamanya waktu *set up*.

6. Gerakan yang tidak perlu (*unnecessary motion*)

Gerakan yang tidak perlu dilakukan oleh operator karena tidak memberi nilai tambah. Hal tersebut antara lain mencari, meraih, atau menumpuk komponen, alat

dan lain sebagainya, serta berjalan juga merupakan pemborosan. Sehingga dengan adanya gerakan yang tidak diperlukan ini menyebabkan waktu proses semakin bertambah dan tidak memberikan waktu tambah pada produk.

#### 7. Produk cacat (*defect*)

Produk yang cacat jelas akan menyebabkan pemborosan serta kerugian karena membutuhkan perbaikan atau pergantian material baru. Hal ini tentu juga akan mempengaruhi waktu proses yang lainnya.

### 2.5 Konsep *Waste Assesment Model* (WAM)

*Waste Aessment Model* merupakan suatu model yang dikembangkan untuk menyederhanakan pencarian dari permasalahan *waste* dan mengidentifikasi untuk mengeliminasi *waste* (Rawabdeh, 2005). Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Waste Assesment Model* (WAM) yang terdiri dari *Waste Relationship Matrix* (WRM) dan *Waste Assesment Questionnaire* (WAQ). Model ini memiliki kelebihan berupa matriks yang sederhana dan kuesioner yang mencakup banyak hal dan mampu memberikan kontribusi untuk mencapai hasil yang akurat dalam mengidentifikasi hubungan antar *waste* yang ada dan juga penyebab terjadinya *waste* (Rawabdeh, 2005).

#### 2.5.1 Hubungan antar *waste*

Rawabdeh (2005) mengatakan bahwa semua jenis *waste* dapat mempengaruhi jenis *waste* yang lain. Hubungan antar *waste* sangat kompleks karena pengaruh dari masing-masing *waste* terhadap yang lainnya dapat tampak secara langsung atau secara tidak langsung.



Gambar 2. 1 Hubungan Antar Waste

Masing-masing jenis *waste* disingkat dengan huruf, (O : *Over Production*, I : *Inventory*, D : *Defect*, M : *Motion*, P : *Process*, T : *Transportation*, W : *Waiting*), dan masing-masing hubungan ditanadai dengan simbol garis bawah “\_”. Terdapat 31 jenis hubungan antar *waste* yang saling mempengaruhi. Tabel 2.2 berikut ini merupakan penjelasan hubungan antar *waste*:

Tabel 2. 2 Hubungan Antar Waste

No.	Jenis Hubungan	Keterangan
1	$O_I$ ( <i>Overproduction_Inventory</i> )	Produksi berlebih dan membutuhkan banyak bahan baku menyebabkan adanya stok bahan baku dan membuat adanya <i>work-in-process</i> yang dapat menghabiskan ruang dan mempertimbangkan kondisi sementara ketika tidak ada pelanggan yang mungkin tidak memesan.
2	$O_D$ ( <i>Overproduction_Defect</i> )	Ketika operator produksi berlebih, timbul kekhawatiran akan kualitas dari produk.
3	$O_M$ ( <i>Overproduction_Motion</i> )	Produksi berlebih berpengaruh pada kebiasaan non ergonomi, dimana akan berpengaruh pada metode kerja yang tidak memenuhi standar

No.	Jenis Hubungan	Keterangan
		dengan banyaknya kerugian gerakan.
4	<i>O<sub>T</sub></i> ( <i>Overproduction_Transportation</i> )	Produksi berlebih berpengaruh pada upaya transportasi yang lebih untuk dapat menyokong jumlah bahan yang melimpah.
5	<i>O<sub>W</sub></i> ( <i>Overproduction_Waiting</i> )	Ketika produksi berlebih, hasil yang didapatkan pada waktu yang lebih lama dan pelanggan berikutnya akan menunggu lebih lama lagi.
6	<i>I<sub>O</sub></i> ( <i>Inventory_Overproduction</i> )	Tingkat persediaan bahan baku yang tinggi dapat mendorong pekerja untuk bekerja lebih dan dapat meningkatkan profitabilitas.
7	<i>I<sub>D</sub></i> ( <i>Inventory_Defect</i> )	Peningkatan inventory (RM, WIP dan FG) dapat meningkatkan peluang terjadinya cacat dikarenakan kekurangan konsentrasi saat mengerjakan dan tidak cocok dengan kondisi penggudangan.
8	<i>I<sub>M</sub></i> ( <i>Inventory_Motion</i> )	Peningkatan inventory akan meningkatkan waktu untuk mencari, menyeleksi, menjangkau atau berpindah.
9	<i>I<sub>T</sub></i> ( <i>Inventory_Transportation</i> )	Peningkatan inventory suatu saat dapat menghalangi gang (jalanan di sela-sela ruang), membuat aktivitas produksi menghabiskan banyak waktu untuk transportasi.
10	<i>D<sub>O</sub></i> ( <i>Defect_Overproduction</i> )	Produksi berlebih memunculkan perilaku untuk dapat mengatasi masalah kekurangan bahan karena adanya bahan cacat.
11	<i>D<sub>I</sub></i> ( <i>Defect_Inventory</i> )	Memproduksi bahan setengah jadi yang cacat menimbulkan perlunya rework yang berarti bahwa meningkatkan adanya inventory karena work in process.
12	<i>D<sub>M</sub></i> ( <i>Defect_Motion</i> )	Produksi cacat meningkatkan waktu untuk mencari, menyeleksi dan menginspeksi produk setengah jadi.
13	<i>D<sub>T</sub></i> ( <i>Defect_Transportation</i> )	Perpindahan produk setengah jadi yang cacat ke stasiun kerja sebelumnya membuat terjadinya

No.	Jenis Hubungan	Keterangan
		pemborosan transportasi.
14	<i>D_W</i> ( <i>Defect_Waiting</i> )	Dengan adanya rework akan membuat proses selanjutnya menunggu.
15	<i>M_I</i> ( <i>Motion_Inventory</i> )	Metode kerja yang tidak sesuai dengan standar dapat meningkatkan adanya work in process.
16	<i>M_D</i> ( <i>Motion_Defect</i> )	Ketiadaan pelatihan dan standarisasi berarti bahwa persen cacat dapat meningkat.
17	<i>M_P</i> ( <i>Motion_Process</i> )	Ketika pekerjaan tidak terstandarisasi, pemborosan proses dapat meningkat karena kekurangpahaman kapasitas yang tersedia.
18	<i>M_W</i> ( <i>Motion_Waiting</i> )	Ketika standar tidak digunakan, waktu akan banyak dihabiskan untuk mencari, menggenggam, berpindah yang dapat mengakibatkan peningkatan waktu menunggu dari stasiun yang satu ke stasiun selanjutnya.
19	<i>T_O</i> ( <i>Transportation_Overproduct</i> <i>ion</i> )	Barang yang diproduksi lebih dari kapasitas akan meningkatkan pemindahan.
20	<i>T_I</i> ( <i>Transportation_Inventory</i> )	Ketidalcukupan material handling equipment (MHE) dapat menyebabkan work in process yang dapat berpengaruh pada proses selanjutnya.
21	<i>T_D</i> ( <i>Transportation_Defect</i> )	MHE sangat berperan untuk menentukan pemborosan dalam hal transportasi. MHE yang tidak cocok suatu saat dapat membahayakan produk yang dapat berakibat pada terjadinya kecacatan.
22	<i>T_M</i> ( <i>Transportation_Motion</i> )	Ketika item ditransportasikan kemana saja ini berarti bahwa besar kemungkinan terjadinya pemborosan pergerakan.
23	<i>T_W</i> ( <i>Transportation_Waiting</i> )	Apabila MHE tidak mencukupi, ini berarti bahwa item akan menganggur untuk menunggu dipindahkan.
24	<i>P_O</i>	Untuk mengurangi biaya dari operasi per waktu

No.	Jenis Hubungan	Keterangan
	<i>(Process_Overproduction)</i>	mesin, maka mesin didorong untuk beroperasi penuh, dimana hasilnya akan terjadi produksi berlebih.
25	<i>P_I</i> <i>(Process_Inventory)</i>	Kombinasi operasi dalam satu sel akan mendapatkan hasil secara langsung untuk menurunkan jumlah work in process karena mengeliminasi buffer.
26	<i>P_D</i> <i>(Process_Defect)</i>	Jika mesin tidak dirawat sewajarnya, maka dapat menimbulkan cacat.
27	<i>P_M</i> <i>(Process_Motion)</i>	Teknologi proses baru yang kekurangan training dapat menghasilkan pemborosan dalam hal pergerakan manusia.
28	<i>P_W</i> <i>(Process_Waiting)</i>	Ketika teknologi yang digunakan tidak cocok, setup time dan repetitive down time sudah pasti akan menambah waktu tunggu.
29	<i>W_O</i> <i>(Waiting_Overproduction)</i>	Ketika mesin menunggu karena supplier memasok konsumen lain, mesin ini suatu saat akan dipaksa untuk memproduksi lebih untuk menjaga agar proses dapat tetap berjalan.
30	<i>W_I</i> <i>(Waiting_Inventory)</i>	Menunggu berarti banyak item daripada yang dibutuhkan pada satu titik, baik bahan baku, work in process ataupun produk jadi.
31	<i>W_D</i> <i>(Waiting_Defect)</i>	Item yang menunggu mungkin menyebabkan cacat pada kondisi yang tidak cocok.

Pengukuran waste menggunakan kuisisioner dimana terdapat 6 pertanyaan dengan tiap jawaban memiliki rentang bobot 0 sampai 4 pada tiap waste sehingga total ada 186 pertanyaan. Kuisisioner *relationship waste* dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2. 3Kuisisioner *Relationship*

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah i menghasilkan j ?	a. Selalu	4

		b. Kadang	2
		c. Jarang	0
2	Bagaimana jenis hubungan antara i dan j ?	a. Jika i naik maka j naik	2
		b. Jika i naik maka j tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Dampak terhadap j karena i	a. Tampak secara langsung dan jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2
		c. Tidak sering muncul	0
4	Menghilangkan dampak i terhadap j dapat dicapai dengan cara ....	a. Metode engineering	2
		b. Sederhana & langsung	1
		c. Solusi instruksional	0
5	Dampak i terhadap j terutama mempengaruhi	a. Kualitas produk	1
		b. Produktifitas sumber daya	1
		c. Lead time	1
		d. Kualitas dan produktifitas	2
		e. Kualitas dan lead time	2
		f. Produktifitas dan lead time	2
		g. Kualitas, produktifitas, dan lead time	4
6	Sebesar apa dampak i terhadap j akan meningkatkan lead time?	a. Sangat tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

Skor yang diperoleh dari enam pertanyaan untuk masing-masing hubungan antar *waste* kemudian ditotal untuk didapatkan nilai total tiap hubungan.

### 2.5.2 Waste Relationship Matrix (WRM)

*Waste Relationship Matrix* (WRM) merupakan matriks yang digunakan untuk menganalisis kriteria pengukuran (Khannan & Haryono, 2015). Keterkaitan pemborosan dihitung berdasarkan kuesioner yang diberikan kepada responden. Nilai kuesioner digunakan untuk menyusun *Waste Relationship Matrix* (WRM).

Pembobotan dari tiap baris dan kolom dari WRM ditotal untuk menggambarkan pengaruh antara *waste* yang satu dengan *waste* yang lainnya. Skor tersebut dikonversikan dalam bentuk presentase untuk lebih menyederhanakan matrix.

Tabel 2. 4Pengaruh Antar *Waste*

FROM/TO	Overproduction	Inventory	Defect	Motion	Transportation	Process	Waiting
Overproduction	E	A	I	I	E	X	A
Inventory	O	E	I	I	I	X	X
Defect	I	I	A	A	O	X	A
Motion	X	E	A	E	X	E	O
Transportation	I	A	I	U	U	X	A
Process	I	O	A	I	X	U	A
Waiting	O	A	E	X	X	X	E

Konversi dari matrix rentang skor keterkaitan *waste* adalah sebagaimana yang tertera pada tabel 2.5 berikut:

Tabel 2. 5Rentang Nilai

Range	Jenis Hubungan	Simbol
17 – 20	<i>Absolutely necessary</i>	A
13 – 16	<i>Especially important</i>	E
9 – 12	<i>Important</i>	I
5 – 8	<i>Ordinary closeness</i>	O
1 – 4	<i>Unimportant</i>	U
0	<i>No relation</i>	X

### 2.5.3 Waste Assesment Quisionario (WAQ)

*Waste Assessment Questionnaire* dibuat untuk mengidentifikasi dan mengalokasikan *waste* yang terjadi pada lini produksi (Rawabdeh, 2005), kuesioner untuk WAQ terdiri dari 68 pertanyaan. Kuesioner ini mewakili dua jenis pertanyaan yang didahului dengan “*from*” yang artinya pertanyaan tersebut menjelaskan jenis pemborosan yang dapat menyebabkan munculnya pemborosan yang lain dan “*to*” yang artinya pertanyaan tersebut menjelaskan jenis pemborosan yang muncul disebabkan oleh pemborosan lain.

Skor untuk jenis pilihan jawaban kuesioner dibagi menjadi 2 kategori. Kategori pertama, atau kategori A adalah jika jawaban “Ya” berarti diindikasikan adanya pemborosan. Skor jawaban untuk kategori A adalah: 1 jika “Ya”, 0,5 jika “Sedang”, dan 0 jika “Tidak”. Kategori kedua, atau kategori B adalah jika jawaban “Ya” berarti diindikasikan tidak ada pemborosan yang terjadi. Skor jawaban untuk kategori B adalah: 0 jika “Ya”, 0,5 jika “Sedang”, dan 1 jika “Tidak”. Terdapat 8 tahapan yang harus dilakukan untuk mendapatkan hasil *waste* dan rangking *waste* yang ada. Tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Mengelompokkan dan menghitung jumlah pertanyaan kuesioner berdasarkan jenis pertanyaan.
2. Melakukan pembobotan awal untuk tiap jenis *waste* pada tiap jenis pertanyaan kuesioner berdasarkan nilai bobot dari WRM.
3. Membagi setiap bobot pemborosan dengan jumlah pertanyaan ( $N_i$ ) untuk menghilangkan efek variasi jumlah pertanyaan. Kemudian menghitung skor dari setiap pemborosan dengan rumus berikut:

$$S_j = \sum_{K=1}^K \frac{W_{j,K}}{N_i}$$

$S_j$  adalah skor dari *waste*,  $j$  merupakan tipe *waste* dari setiap pertanyaan di nomor  $k$ .  $W$  adalah bobot dari hubungan *waste*. Selain itu menghitung  $F_j$  yang merupakan frekuensi dari jawaban berisi bobot tidak nol untuk setiap *waste* ( $j$ ).

4. Menghitung jumlah skor ( $s_j$ ) untuk setiap pemborosan dan frekuensi ( $f_j$ ) dengan mengabaikan nilai 0. Rumus yang digunakan untuk menghitung  $s_j$  sebagai berikut:

$$Fj=N-F0$$

5. Memasukkan nilai rata-rata dari jawaban (terlampir) dari hasil kuesioner ke dalam tiap bobot nilai di tabel dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S_j = \sum_{K=1}^K X_K \frac{W_{j,K}}{N_i}$$

6. Menghitung jumlah skor (sj) berdasarkan persamaan 5 dan frekuensi (fj) untuk tiap nilai bobot pada kolom *Waste*.

$$Fj=N-F0$$

7. Menghitung indikator awal untuk tiap *Waste* (Yj) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Y_j = s_j / S_j \times f_j / F_j$$

8. Menghitung nilai final *Waste* faktor (Yjfinal) dengan memasukkan faktor probabilitas pengaruh antara jenis *Waste* (Pj) berdasarkan total "from" dan "to" pada WRM. Memprosentasekan bentuk Yjfinal yang diperoleh sehingga bisa diketahui peringkat level dari masing-masing *Waste*. Yjfinal dapat dihasilkan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Y_{jfinal} = Y_j \times P_j = \left( \frac{S_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \right) \times (\%From_j \times \%To_j)$$

dimana:

N = jumlah pertanyaan (68)

Ni = jumlah pertanyaan yang dikelompokkan

- K = nomor pertanyaan (berkisar antara 1-68)
- XK = nilai dari jawaban tiap pertanyaan kuesioner (1, 0.5, atau 0)
- Sj = skor *Waste*
- sj = total untuk nilai bobot *Waste*
- Wj = bobot hubungan dari tiap jenis *Waste*
- Fj = Frekuensi *waste* bukan 0 (untuk Sj)
- fj = Frekuensi *waste* bukan 0 (untuk sj)
- F0 = Frekuensi 0 (untuk Sj)
- f0 = Frekuensi 0 (untuk sj)
- Yj = Faktor indikasi awal dari setiap jenis *Waste*
- Pj = probabilitas pengaruh antar jenis *Waste*
- Yjfinal = faktor akhir dari setiap jenis *Waste*
- %Fromj = Persentas nilai From *Waste* tertentu
- %Toj = Persentas nilai To *Waste* tertentu

## 2.6 Konsep Value Stream Mapping (VSM)

*Value Stream Mapping* adalah suatu alat yang ideal sebagai langkah awal dalam melakukan proses perubahan untuk mendapatkan kondisi *lean manufacturing* atau *lean enterprises* (Goriwondo, et al., 2011). Menurut Minakshi et al. (2010), terdapat dua tipe VSM yang dapat membantu dalam perbaikan nyata diantaranya yaitu:

- a. *Current state value mapping*, merupakan kondisi *value stream* saat ini dimana digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan yang terjadi untuk perbaikan dan peningkatan perusahaan.

- b. *Future state value mapping*, merupakan Gambaran *value stream* yang akan digunakan di masa yang akan datang dan sudah diperbaiki dari *current state value mapping*.

Indeks pengukuran dari *VSM* secara detail diantaranya yaitu sebagai berikut (Wee, 2009):

1. *FTT (first time through)* : presentase unit yang diproses sempurna dan sesuai dengan *standard* kualitas pada saat pertama proses (tanpa *scrap, rerun, retest, repair*, atau *returned*).
2. *BTS (build to schedule)* : pembuatan penjadwalan untuk melihat eksekusi rencana pembuatan produk yang tepat pada waktu dan urutan yang benar.
3. *DTD (dock to dock time)* : waktu antara *unloading raw* material dan selesainya produk jadi untuk siap kirim.
4. *OEE (overall equipment effectiveness)* : mengukur ketersediaan, efisiensi dan kualitas dari suatu peralatan dan juga sebagai batasan utilitas kapasitas dari suatu operasi.
5. *Value rate (ratio)*: presentase dari seluruh kegiatan yang *value added*.
6. Indikator lainnya:
  - a. *A/T: Available time* = total waktu kerja – waktu istirahat
  - b. *U/T: Uptime* =  $(VA+NNVA) / \text{leadtime}$
  - c. *C/T: Cycle time* = WaktuWaktu siklus adalahwaktu yang diperlukan untuk membuatsatu unit produk pada satu stasiun kerja(Purnomo, 2003).
  - d. *VA* = waktu yang *value added*
  - e. *NVA* = waktu yang *non-value added*
  - f. *NNVA* = waktu yang *necessary but non-value added*

Menurut Capital (2004) dalam *lean manufacturing*, nilai dari sebuah produk didefinisikan berdasarkan apa yang diinginkan oleh *customer* dan bersedia untuk membayarnya. Operasi produksi dapat dikelompokkan menjadi tiga aktivitas sebagai berikut:

- a. *Value added activities* (VA) adalah aktivitas yang akan mengubah material menjadi produk yang sesuai dengan keinginan *customer*.
- b. *Non value-added activities* (NVA) adalah aktivitas yang tidak dibutuhkan untuk mengubah material menjadi produk yang diinginkan *customer*. Segala bentuk aktivitas yang tidak bernilai tambah dapat didefinisikan sebagai *waste*. Waktu, tenaga dan biaya yang tidak perlu dipertimbangkan sebagai *non value added*. Cara lain untuk mengetahui tentang *waste* adalah segala aktivitas yang tidak akan dibayar oleh *customer*. Percobaan atau inspeksi material juga dianggap sebagai *waste*.
- c. *Necessary non value-added activities* adalah aktivitas yang tidak memberi nilai tambah dari perspektif *customer* tapi diperlukan untuk memproduksi produk kecuali proses produksi yang ada diubah. Jenis *waste* ini dapat dieliminasi pada jangka waktu panjang tapi tidak dapat dieliminasi dalam jangka waktu dekat. Contohnya, inventory yang tinggi dapat diperlukan sebagai *buffer stock* walaupun secara berangsur dapat dikurangi saat produksi mulai stabil.

Menurut Rother et al. (2003) terdapat beberapa tahapan dalam membuat Gambar VSM yaitu sebagai berikut:

- a) Identifikasi target produk dalam kelompok proses.

Kelompok proses adalah group produk baik barang atau jasa yang melewati tahapan proses yang memiliki kesamaan atau kelompok proses yang paling bermasalah dan membutuhkan perbaikan.

b) Gambar *current state value stream mapping*

CSVSM sebaiknya menggambarkan kondisi nyata yang ada pada gambar. Data dan informasi diperoleh dari pengamatan dan wawancara. Sehingga CSVSM dapat dibuat sesuai simbol yang ada.

c) Analisis *current state value stream mapping*

Pada tahap ini perlu dilakukan eliminasi pemborosan. Ada beberapa prinsip *lean* yang dapat memfasilitasi untuk perbaikan *value stream*.

d) Gambar *future state value mapping*

Tujuannya untuk mengeliminasi *waste* secepat mungkin. FSVSM sebaiknya berdasarkan CSVSM yang ada sehingga dapat diimplementasikan dan tujuan dapat direalisasikan.

e) Mewujudkan kondisi *future state value mapping*

Rencana perbaikan FSVSM sangat berpengaruh. Rencana untuk mencapai FSVSM bisa menjadi *future state value mapping*, *detailed process map*, atau kombinasi dari dokumen tersebut.

Menurut Nash dan Poling (2008) baik peta sekarang maupun peta masa depan dalam VSM terdiri dari tiga bagian utama, yaitu :

1. Aliran proses produksi atau aliran material

Aliran proses atau material ini terletak diantara informasi dan *timeline* . Aliran proses digambar dari kiri ke kanan.

2. Aliran komunikasi/ informasi

Aliran informasi pada *value stream mapping* biasanya terletak dibagian atas.

Adanya aliran informasi ini, dapat melihat seluruh jenis informasi dan komunikasi

baik formal maupun informal yang terjadi dalam *value stream*. Aliran informasi juga dapat melacak informasi yang sebenarnya tidak perlu dan menjadi *non-value added* komunikasi yang tidak memberikan nilai tambah bagi produk itu sendiri.

### 3. Garis waktu/ jarak tempuh

Pada bagian bawah *VSM* terdapat serangkaian garis yang mengandung informasi penting dalam *VSM* tersebut dan bisa disebut sebagai *timelines*. Kedua garis dalam *timelines* ini digunakan sebagai dasar perbandingan dari perbaikan yang akan diimplementasikan. Garis yang pertama yang berada disebelah atas disebut sebagai *Production Lead Time (PLT)*. *Production Lead Time* adalah waktu yang dibutuhkan produk yang melewati semua proses dari bahan baku sampai ke tangan pelanggan dan biasanya dalam suatu hari. Garis yang kedua berada disebelah bawah merupakan *cycle time* semua proses yang ada dalam aliran material dan ditulis diatas garis tepat dibawah prosesnya.

Simbol yang bisa digunakan dalam *Value stream mapping* ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Purchaser Supplier	Department	Purchase	Warehouse	Electronic information	Operational communication	Process	Inventory
							
Transport flow	Consumption	Information	Signal supply	PUSH	PULL	Traffic kanban	Consumption kanban
							
Production Kanban	Batch to expedition	Lorry Transport	Mech. handling	Handling	Conveyor	VA line	Shift foreman
							

Gambar 2. 2Simbol VSM

## 2.7 Konsep Value Stream Mapping Tools (VALSAT)

*Value Stream Mapping Tools (VALSAT)* digunakan untuk memilih *detailed mapping tool* berdasarkan *waste* yang telah diidentifikasi pada tahap sebelumnya oleh Misbah et al. (2015). Pemilihan *Value Stream Mapping Tools* dilakukan dengan cara mengalikan skor rata-rata tiap *waste* dengan matriks kesesuaian *value stream mapping*. Berikut ini adalah 7 macam *detailed mapping tools* yang umum digunakan untuk menganalisis pemborosan yang terjadi oleh Hines et al. (1997):

### 1. *Process Activity Mapping (PAM)*

*Process Activity Mapping (PAM)* digunakan untuk mengetahui segala aktivitas yang terjadi selama proses produksi. *Tools* ini digunakan untuk mengidentifikasi *lead time* dan untuk mengidentifikasi apakah suatu proses dapat lebih diefisienkan lagi, serta mencari perbaikan yang dapat mengurangi pemborosan. Konsep dasar dari PAM adalah memetakan setiap tahapan aktivitas yang berlangsung mulai dari operasi, transportasi, inspeksi, *delay*, dan *storage* kemudian mengelompokkannya ke dalam tipe-tipe aktivitas *Value Added (VA)*, *Necessary Non Value Added (NNVA)*, dan *Non Value Added (NVA)*.

### 2. *Supply Chain Response Matrix (SCRM)*

SCRM adalah grafik yang digunakan untuk memetakan dan menganalisis aktivitas waktu tunggu dan persediaan yang tidak perlu yang terjadi mulai dari bahan baku dipesan dari *supplier*, proses transformasi bahan baku menjadi produk, hingga pada saat produk yang dipesan sampai di tangan konsumen. Nilai dari *lead time constraints* dipresentasikan ke dalam sebuah diagram atau grafik sederhana.

*Cumulative lead time* diGambarkan dalam sumbu -x dan lama waktu penyimpanan material diGambarkan pada sumbu -y.

3. *Production Variety Funnel (PVF)*

Merupakan teknik pemetaan visual dengan catra memetakan jumlah variasi produk pada setiap tahapan proses manufaktur. *Tools* ini dapat digunakan untuk mengetahui pada area mana terjadi *bottleneck* dari input bahan baku, proses produksi sampai pengiriman ke konsumen.

4. *Quality Filter Mapping (QFM)*

QFM merupakan *tools* yang digunakan untuk menganalisis *waste* jenis *defect*. *Tool* QFM dapat menggambarkan 3 jenis cacat yang ada pada kualitas, yaitu *product defect*, *scrap defect*, dan *service defect*. *Product defect* adalah cacat fisik produk yang lolos ke tangan konsumen karena tidak berhasil diseleksi pada saat proses inspeksi. *Scrap defect* adalah cacat fisik produk masih berada di dalam internal perusahaan, berhasil diidentifikasi pada saat proses inspeksi. *Service defect* adalah permasalahan yang dirasakan konsumen berkaitan dengan kualitas pelayanan. Dalam penelitian ini *defect* yang terjadi pada proses produksi di Perusahaan sebagian besar berupa *scrap defect* karena sebagian besar cacat tersebut dapat langsung diidentifikasi secara visual dari proses inspeksi pada setiap proses.

5. *Demand Amplification Mapping (DAM)*

*Tool* yang digunakan untuk menggambarkan perubahan *demand* di sepanjang rantai *supply*. DAM dapat digunakan untuk menunjukkan bagaimana perubahan permintaan yang terjadi pada sepanjang *supply chain* dalam *time bucket* yang bervariasi.

#### 6. *Decision Point Analysis (DPA)*

DPA menunjukkan berbagai pilihan sistem produksi yang berbeda, dengan *trade off* antara *lead time* masing-masing pilihan dengan tingkat *inventory* yang diperlukan untuk meng-cover selama proses *lead time*. *Decision point analysis* merupakan titik dalam *supply chain* dimana permintaan aktual memberikan kesempatan untuk mem-*forcest driven push*.

#### 7. *Physical Structure (PS)*

Merupakan sebuah *tool* yang digunakan untuk memahami kondisi rantai suplai di lantai 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

### 2.8 Diagram Ishikawa

Diagram Ishikawa merupakan salah satu tools dari *root cause analysis* yang digunakan untuk mengidentifikasi berbagai sebab potensial dari suatu masalah dan menganalisis masalah tersebut melalui sesi *brainstorming*. Masalah akan dipecah menjadi sejumlah kategori yang berkaitan, kategori yang paling umum digunakan adalah: (1) *man* (orang), yaitu semua orang yang terlibat dari sebuah proses; (2) *method* (metode), yaitu bagaimana proses dilakukan, seperti prosedur, peraturan dan lain-lain; (3) *material*, yaitu semua bahan-bahan yang diperlukan untuk menjalankan proses; (4) *machine* (mesin), yaitu semua mesin, peralatan, komputer dan lain lain yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan; (5) *measurement* (pengukuran), yaitu cara pengambilan data dari proses yang dipakai untuk menentukan kualitas proses; (6) *environment* (lingkungan), yaitu kondisi di sekitar tempat

kerja, seperti suhu udara, tingkat kebisingan, kelembaban udara, dan lain-lain. (Handes, et al., 2013). Adapun kegunaan dari Diagram Ishikawa ialah:

- a. Membantu menentukan akar penyebab masalah dan ada banyak penyebab yang berkontribusi terhadap akibat
- b. Mendorong partisipasi team
- c. Format yang mudah dibaca untuk diagram hubungan sebab dan akibat
- d. Indikasi variasi kemungkinan penyebab
- e. Meningkatkan pengetahuan tentang proses
- f. Menampilkan grafis hubungan masing-masing penyebab dan akibat.
- g. Membantu untuk mengidentifikasi area untuk dilakukan perbaikan.

## 2.9 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dapat dihitung melalui Persamaan 2.2 berikut (Barnes, 1980) :

$$N' = \left[ \frac{\frac{k}{s} \sqrt{(N \cdot \sum X^2) - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2$$

dimana :

$k$  = tingkat kepercayaan ( $k=2$ )

$s$  = tingkat ketelitian ( $s=10$ )

$N$  = jumlah pengukuran

$N'$  = jumlah data yang seharusnya dikumpulkan

## 2.10 Uji Keseragaman Data

Uji Keseragaman dilakukan untuk melihat perubahan yang terjadi terus menerus dimana perubahan yang terjadi tersebut harus tetap dalam batas kewajaran (Sutalaksana, 1979).

Berikut ini langkah dalam melakukan uji keseragaman data:

1. Masukkan data ke dalam subgrup
2. Hitung nilai rata-rata masing-masing subgrup ( $\bar{x}$ )
3. hitung nilai rata-rata dari rata-rata subgrup ( $\bar{\bar{x}}$ )
4. Hitung nilai standar deviasi
5. Hitung standar deviasi dari distribusi harga rata-rata subgrup
6. Hitung batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB)

