

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Konsep *lean manufacturing* merupakan suatu pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan (*waste*) melalui serangkaian aktivitas penyempurnaan (*improvement*) (Gaspersz, 2007). Serangkaian aktivitas *improvement* harus didasarkan pada permasalahan dari proses identifikasi *waste* yang berarti perlu alat analisis untuk identifikasi tersebut. Salah satu alat analisis dalam *lean manufacturing* yang membantu untuk mengidentifikasi dan mengurangi pemborosan adalah *value stream mapping* (VSM).

Mengenai penerapan *value stream mapping* sudah pernah dilakukan untuk menunjukkan bahwa proses produksi masih terdapat pemborosan berupa proses yang berlebih dan penggunaan sumber daya yang belum optimal (Ekklesia *et al.*, 2017). Penelitian lain memfokuskan *value stream mapping* sebagai alat yang dapat menggambarkan alur proses produksi secara menyeluruh sehingga dapat menjelaskan secara detail aktivitas yang memberikan nilai tambah dan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (Apriyani *et al.*, 2017).

Dalam *value stream mapping* terdiri dari *current state map* yang merupakan analisis proses produksi pada kondisi sebelum perbaikan dan *future state map* merupakan analisis proses produksi pada kondisi setelah perbaikan (Seth *et al.*, 2018). Kategori aktivitas pemborosan dalam penggambaran *value stream map* terbagi menjadi 2 aktivitas yaitu *value added activity* (VA) merupakan aktivitas yang memberi nilai tambah dan *non value added activity* (NVA) merupakan aktivitas yang tidak memberi nilai tambah (Kurniawan, 2015). Namun pada penelitian lainnya terdapat kategori aktivitas pemborosan yaitu *necessary but non value added activity* (NNVA) yang merupakan aktivitas yang harus dilakukan namun tidak memberikan nilai tambah (Prihantoko, 2015). *Value stream mapping* menunjukkan ringkasan keseluruhan proses yang terdiri dari aliran material dan aliran informasi (Vinodh *et al.*, 2013)

Oleh karena itu dalam penelitian sekarang mengenai *value stream mapping* harus dapat mengidentifikasi kategori proses *value added activity*, *necessary but non value added activity*, dan *non value added activity*. Permasalahan pada penelitian sekarang yaitu *lead time* proses pembuatan perak yang melebihi standar *lead time* yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Permasalahan seperti *lead time* yang tidak terpenuhi dengan yang telah ditetapkan dapat diselesaikan menggunakan *value stream mapping* (Fariz *et al.*, 2014). Oleh karena itu dengan menggunakan *value stream mapping* dapat mengetahui secara detail aktivitas yang menyebabkan permasalahan tersebut. Jika permasalahan ini tidak diperbaiki akan menimbulkan keterlambatan dalam menyelesaikan produk.

Keterlambatan dalam menyelesaikan produk dapat mengakibatkan kehilangan konsumen dan keuntungan bagi perusahaan (Mellen dan Pudjirahardjo, 2013). Sebelumnya juga belum pernah dilakukan analisis mengenai permasalahan ini, oleh karena itu penelitian sekarang dapat menggunakan pendekatan *lean manufacturing* dengan alat analisis *value stream mapping* (VSM) yang diawali dari pengambilan data berupa data waktu siklus tiap proses aktivitas utama dan selanjutnya data tersebut digambarkan pada *current state map* yaitu kondisi sebelum perbaikan. Kemudian dilakukan analisis terhadap kategori proses *value added activity* dan *non value added activity* untuk dilakukannya proses *identifikasi waste*. Proses *identifikasi waste* memudahkan untuk membuat rekomendasi perbaikan yang sesuai dengan masalah utama. Kemudian selanjutnya membuat *future state map* yang merupakan hasil dari sesudah penerapan perbaikan.

2.2. Dasar Teori

Penelitian ini berdasarkan teori yang digunakan sebagai berikut:

2.2.1. Konsep *Lean Manufacturing*

Konsep *lean manufacturing* diperkenalkan oleh perusahaan Toyota yang dikenal sebagai industri manufaktur terbaik dunia dengan konsep Toyota *Production System* (TPS). Konsep ini fokus pada penghilangan pemborosan yang dikenal sebagai tujuh pemborosan (Ohno, 1968). Pendekatan ini merupakan suatu pendekatan yang sistematis untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan (*waste*) melalui serangkaian aktivitas penyempurnaan (*improvement*) (Gaspersz, 2007). Proses yang dipetakan dari awal sampai akhir dengan baik pasti akan ditemukan sejumlah pemborosan. Pemborosan yang ditemukan bahkan bisa lebih banyak dari pada aktivitas yang bernilai tambah. Konsep dasar dalam *lean manufacturing* dapat diringkas dari pendefinisian *waste*, melakukan standarisasi proses, identifikasi aliran proses, dan melakukan perbaikan berkelanjutan. Salah satu alat analisis dalam *lean manufacturing* yang membantu untuk mengidentifikasi dan mengurangi pemborosan adalah *value stream mapping* (Liker dan Meier, 2007).

2.2.2. Jenis-Jenis *Waste*

Menurut Liker dan Meier (2007) terdapat 7 jenis pemborosan yaitu:

a. Produksi berlebih (*Overproduction*)

Pemborosan ini diakibatkan kelebihan produksi. Biasanya penyebabnya adalah waktu *setup* mesin, kualitas rendah, dan konsep pemikiran "*just in case*".

b. Menunggu (*Waiting*)

Pemborosan ini diakibatkan karena proses tidak seimbang sehingga ada pekerjaan yang harus menunggu. Biasanya penyebabnya adalah proses tidak standar, terdapat kerusakan mesin, menunggu keputusan informasi yang didapatkan, dan suplai komponen yang terlambat.

c. Transportasi atau pemindahan yang tidak perlu (*Transportation*)

Pemborosan ini diakibatkan karena *layout* produksi yang buruk. Karena *layout* buruk, maka aliran material dalam proses produksi terganggu.

d. Pemrosesan secara berlebih (*Overprocessing*)

Pemborosan ini diakibatkan karena berlebihnya proses yang tidak memberi nilai tambah. Contohnya seperti proses yang dilakukan secara berulang-ulang.

e. Gerakan yang tidak perlu (*motion*)

Pemborosan ini diakibatkan karena gerakan pekerja maupun mesin tidak perlu dan tidak memberi nilai tambah pada pembuatan produk tersebut. Biasanya seperti peletakan komponen yang jaraknya cukup jauh dari jangkauan operator, sehingga memerlukan gerakan yang tidak perlu untuk menjangkaunya.

f. Produk cacat (*Defect*)

Pemborosan ini diakibatkan karena buruknya kualitas sehingga menyebabkan kecacatan produk. Biasanya menyebabkan biaya tambahan seperti biaya untuk memproses ulang produk dan tenaga kerja yang dibutuhkan.

g. Persediaan (*inventory*)

Pemborosan ini diakibatkan karena stok di gudang berlebih atau tidak dapat mencukupi permintaan produksi sehingga mengakibatkan pemborosan. Biasanya persediaan berpengaruh dengan metode pengaturan batas maksimal dan minimal stok.

2.2.3. Value Stream Mapping

Value stream mapping adalah salah satu alat analisis dalam konsep *lean manufacturing*. *Value stream mapping* adalah metode pemetaan aliran produksi dan informasi dalam proses produksi suatu produk (Garza *et al.*, 2018). Proses pemetaan ini bertujuan untuk membuat *performance* yang lebih baik dalam usulan *future state map*. Keuntungan *value stream mapping* salah satunya adalah membantu perusahaan menggambarkan keseluruhan aliran produksi yang mencakup aliran informasi dan material. Dalam *value stream mapping* terdapat 2 pemetaan yang harus digambarkan yaitu *current state map* dan *future state map* (Kurniawan, 2015) berikut penjelasan mengenai hal tersebut:

a. *Current state map*

Current state map merupakan gambaran bagaimana aliran produksi, material dan informasi pada kondisi sekarang. *Current state map* dibuat untuk menunjukkan jenis

kegiatan yang bersifat *non value added activity* yang merupakan *waste* selama proses produksi. Dengan identifikasi *waste* pada tiap proses, maka akan diketahui cara untuk melakukan tindakan perbaikan sehingga *waste* tersebut dapat dikurangi. Ringkasan mengenai pembuatan *current state map* sebagai berikut:

- Penentuan produk sebagai *model line*

Tahap ini merupakan tahap awal untuk pembuatan *current state map*. Oleh karena itu sangat penting dalam penentuan produk. Penentuan produk harus berdasarkan dari penentuan *family product*. Karena dalam penentuan produk berpengaruh dengan pembuatan *list* proses yang menjadi dasar untuk pengambilan data pada masing-masing proses produksinya.

- Penentuan *value stream manager*

Value stream manager adalah orang yang berpengalaman dan memahami keseluruhan proses dalam *value stream* pembuatan suatu produk. Peran dari *value stream manager* adalah membantu dalam mendapatkan informasi mengenai aktivitas yang tidak terlihat di Perusahaan. Untuk melihat *value stream* secara keseluruhan pastinya memerlukan proses yang utuh, sehingga batasan dari organisasi perusahaan dapat diketahui.

- Pembuatan peta untuk setiap kategori proses

Sebelum pembuatan peta *current state map* perlu analisis mengenai permasalahan yang ditemukan. Analisis didasarkan dari kategori *value added activity* dan *non value added activity*. Kemudian selanjutnya pembuatan peta untuk setiap kategori proses. Pembuatan peta untuk setiap kategori proses adalah sebagai berikut:

- a) Memberikan keterangan nama proses di bagian atas *process box*
- b) Memberikan keterangan jumlah operator pada proses tersebut
- c) Melengkapi *process box* dengan data yang di perlukan
- d) Memasukan *lead time* proses sebagai *non value added time* di depan *process box* dan waktu standar sebagai *value added time* di bawah *process box*.

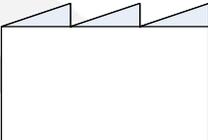
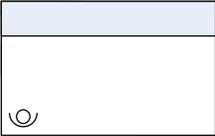
b. *Future state map*

Future state map merupakan gambaran bagaimana aliran produksi, material dan informasi pada kondisi usulan. *Future state map* dibuat untuk menunjukkan proses aktivitas kerja yang telah dilakukan perbaikan. Langkah-langkah pembuatan *future state map* sama dengan pembuatan *current state map*. Namun dalam *future state map* harus terdapat analisis perbaikan yang dilakukan. Analisis perbaikan merupakan peningkatan nilai *value stream* tiap proses untuk mengurangi pemborosan atau *non value added activity*.

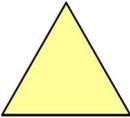
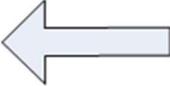
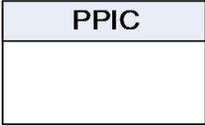
c. Simbol *Value Stream Mapping*

Simbol *value stream mapping* digunakan untuk menggambarkan *current state map* dan *future state map*. Simbol dan penjelasan *value stream map* dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Simbol dan Penjelasan Pada *Value Stream Mapping*

No	Nama	Simbol	Fungsi
1	<i>Customer / Supplier</i>		Bila <i>supplier</i> menunjukan titik awal yang umum digunakan dalam penggambaran aliran material yang diletakkan dikiri atas. Sementara <i>customer</i> biasanya menunjukan sebagai titik akhir aliran material yang diletakkan dikanan atas.
2	<i>Process</i>		Menunjukkan proses, operasi, mesin, atau departamen yang melalui aliran material. Secara khusus, untuk menghindari pemetaan setiap langkah proses yang tidak diinginkan, maka simbol ini biasanya merepresentasikan satu departamen dengan aliran internal yang kontinu.
3	Data Box		Menunjukkan informasi / data yang dibutuhkan untuk mengamati dan menganalisis suatu sistem.

Tabel 2.1. Lanjutan

4	<i>Operator</i>		Menunjukkan jumlah operator yang dibutuhkan dalam proses.
5	<i>Inventory</i>		Menunjukkan keberadaan suatu <i>inventory</i> diantara dua proses. Ketika memetakan <i>current state</i> , sejumlah <i>inventory</i> dapat ditentukan dengan satu perhitungan cepat, dan hal tersebut dapat dituliskan dibawah gambar segitiga. Jika terdapat lebih dari satu akumulasi maka gunakan satu simbol untuk masing-masing <i>inventory</i>
6	<i>Timeline</i>		Menunjukkan CT (<i>cycle time</i>) waktu yang memberikan nilai tambah dan waktu yang tidak memberikan nilai tambah (<i>waiting time</i>). Fungsi simbol ini untuk menghitung <i>lead time</i> dan <i>total cycle time</i>
7	<i>Push arrow</i>		Menunjukkan pergerakan dari satu proses menuju proses selanjutnya. <i>Push arrow</i> putus-putus menunjukkan ada jarak antar proses
8	<i>Shipment arrow</i>		Menunjukkan pergerakan <i>raw material</i> dari <i>supplier</i> hingga gudang penyimpanan akhir pabrik. Pergerakan dari proses akhir perbaikan hingga sampai pada konsumen
9	<i>Production control</i>		Menunjukkan penjadwalan produksi utama atau departamen pengontrolan, operator atau operasi
11	Aliran informasi elektronik		Menunjukkan aliran elektronik melalui EDI, LANs, dan WANs. Melalui simbol ini maka dapat diindikasikan jumlah informasi atau data yang dipertukarkan dan biasanya jenis media yang digunakan seperti <i>fax</i> , telepon, dll.
12	Aliran informasi manual		Melalui simbol ini yaitu aliran informasi secara manual merupakan informasi yang dilakukan dengan bertemu langsung dengan sesama karyawan

2.2.4. Penjelasan Kategori Proses *Value Added Activity*, *Necessary Non Value Added*, dan *Non Value Added Activity*

a) *Value Added Activity*

Value added activity adalah aktivitas yang memberi nilai tambah. Menurut Wannita (2016) *value added activity* adalah aktivitas yang diperlukan untuk menjalankan operasi bisnis, sehingga dapat memberikan *value*. Contoh dalam manufaktur seperti penambahan warna pada produk kursi sehingga nilai dari suatu produk tersebut bertambah.

b) *Necessary Non Value Added*

Necessary non value added activity adalah aktivitas perlu dilakukan, namun tidak memberi nilai tambah. Menurut Kurniawan (2015) aktivitas ini tergolong *non value added activity* yang hanya dapat direduksi. Contoh dalam manufaktur adalah aktivitas pemindahan barang. Aktivitas tersebut tidak dapat dieliminasi, karena memindahkan barang merupakan satu kesatuan proses.

c) *Non Value Added Activity*

Non value added activity adalah aktivitas yang tidak memberi nilai tambah. Menurut (Prihantoko, 2015) aktivitas ini merupakan pemborosan yang harus dieliminasi. Contoh dalam manufaktur adalah menunggu proses selesai, baru melanjutkan proses berikutnya.

2.2.5. Allowance dan Rating Factor

Sutalaksana (2006) menyebutkan bahwa kelonggaran pekerja pria berbeda dari pekerja wanita, misalnya untuk pekerjaan ringan kondisi kerja normal pria memerlukan 2% - 2,5% dan wanita 5%. Persentase ini adalah penjumlahan dari faktor tabel *allowance*. Dalam penelitian ini perhitungan data mempertimbangkan *allowance* dan *rating factor* sebagai berikut:

a) *Allowance*

Kelonggaran waktu (*allowance time*). Merupakan sejumlah waktu yang harus ditambahkan dalam waktu normal (*normal time*) untuk mengantisipasi terhadap kebutuhan waktu untuk melepaskan lelah (*fatigue*), kebutuhan-kebutuhan yang

bersifat pribadi (*personal needs*) dan kondisi-kondisi menunggu/mengganggu baik yang bisa dihindarkan ataupun tidak bisa dihindarkan (*avoidable or unavoidable delays*). Faktor dan tingkat persentase *allowance* dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Tabel Allowance

Faktor	Contoh Pekerjaan	Ekivalen Beban	Kelonggaran (%)	
A. Tenaga yang dikeluarkan				
1. Dapat diabaikan	Bekerja di meja, duduk	tanpa beban	Pria 0,00-6,0	Wanita 0,00-6,0
2. Sangat ringan	Bekerja di meja, berdiri	0,00-2,25 kg	6,0-7,5	6,0-7,5
3. Ringan	Menyekop, ringan	2,25-9,00	7,5-12,0	7,5-16,0
4. Sedang	Mencangkul	9,00-18,00	12,0-19,0	16,0-30,0
5. Berat	Mengayun palu yang berat	18,00-27,00	19,0-30,0	
6. Sangat berat	Memanggul beban	27,00-50,00	30,0-50,0	
7. Luar biasa berat	Memanggul karung berat	dias 50 kg		
B. Sikap kerja				
1. Duduk	Bekerja duduk, ringan		0,00-1,0	
2. Berdiri diatas dua kaki	Badan tegak, ditumpu dua kaki		1,0-2,5	
3. Berdiri diatas satu kaki	Satu kaki mengerjakan alat control		2,5-4,0	
4. Berbaring	Pada bagian sisi, belakang atau depan badan		2,5-4,0	
5. Membungkuk	Badan dibukukkan bertumpu pada kedua kaki		4,0-10,0	
C. Gerakan kerja				
1. Normal	Ayunan bebas dari palu		0	
2. Agak terbatas	Ayunan terbatas dari palu		0-5	
3. Sulit	Membawa beban berat dengan satu tangan		0-5	
4. Pada anggota-anggota badan terbatas	Bekerja dengan tangan diatas kepala		5-10	
5. Seluruh anggota badan terbatas	Bekerja di lorong pertambangan yang sempit		10-15	
D. Kelelahan mata *)				
			<u>Pencapaian baik</u>	<u>Buruk</u>
1. Pandangan yang terputus-putus	Membawa alat ukur		0,0-6,0	0,0-6,0
2. Pandangan yang hamper terus-menerus	Pekerjaan-pekerjaan yang teliti		6,0-7,5	6,0-7,5
3. Pandangan yang terus menerus dengan fokus tetap	Pemeriksaan yang sangat teliti		7,5-12,0	7,5-16,0
4. Pandangan terus menerus dengan fokus berubah-ubah	Memeriksa cacat-cacat pada kain		12,0-19,0	16,0-30,0
5. Pandangan terus-menerus dengan konsentrasi tinggi dan fokus tetap			19,0-30,0	
6. Pandangan terus menerus dengan konsentrasi tinggi dan fokus berubah-ubah			30,0-50,0	
E. Keadaan suhu tempat kerja **)				
		Suhu (°C)	<u>Kelelahan normal</u>	<u>Berlebihan</u>
1. Beku		dibawah 0	dias 10	dias 12
2. Rendah		0-13	10-0	12-5
3. Sedang		13-22	5-0	8-0
4. Normal		22-28	0-5	0-8
F. Keadaan atmosfer ***)				
5. Tinggi		28-38	5-40	8-100
6. Sangat tinggi		dias 38	dias 40	dias 100
1. Baik	Ruang yang berventilasi baik, udara segar		0	
2. Cukup	Ventilasi kurang baik, ada bau-bauan (tidak berbahaya)		0-5	
3. Kurang baik	Adanya debu-debu beracun atau tidak beracun tetapi banyak		5-10	
4. Buruk	Adanya bau-bauan berbahaya yang mengharuskan menggunakan alat pernapasan		10-20	
G. Keadaan lingkungan yang baik				
1. Bersih, sehat, cerah dengan kebisingan rendah			0	
2. Siklus kerja berulang-ulang antara 5-10 detik			0-1	
3. Siklus kerja berulang-ulang antara 0-5 detik			1-3	
4. Sangat bising			0-5	
5. Jika faktor-faktor yang berpengaruh dapat menurunkan kualitas			0-5	
6. Terasa adanya getaran lantai			5-10	
7. Keadaan-keadaan yang luar biasa (bunyi, kebersihan, dll)			5-15	

*) Kontras antara warna hendaknya diperhatikan

**) Tergantung juga pada keadaan ventilasi

***) Dipengaruhi juga oleh ketinggian tempat kerja dari permukaan laut dan keadaan iklim

Catatan pelengkap: Kelonggaran untuk kebutuhan pribadi bagi: Pria = 0-2,5%
Wanita = 2-5%

b) Rating factor

Dalam proses pengambilan data kemungkinan operator melakukan pekerjaan yang tidak sewajarnya. Contoh seperti bekerja terburu-buru atau operator mengalami beberapa kesulitan saat bekerja (Sutalaksana, 2006). Hal ini sangat mempengaruhi

kecepatan kerja operator. Oleh karena itu perlunya *rating factor* dalam mempertimbangkan masalah tersebut. Salah satu metodenya yaitu adalah dengan penggunaan *westing house*. *Westing house* mengarahkan pada penilaian pada 4 faktor yang dianggap menentukan kewajaran atau ketidakwajaran dalam bekerja yaitu: keterampilan, usaha, kondisi kerja, dan konsistensi. Pada setiap faktor dibagi dalam kategori nilainya masing-masing.

Tabel 2.3. Tabel Rating Factor (Westing house)

Skill	Effort	Conditions	Consistency
Super A1 = + 0.15 A2 = + 0.13	Excessive A1 = + 0.13 A2 = + 0.12	Ideal A = + 0.06	Perfect A = + 0.04
Excellent B1 = + 0.11 B2 = + 0.08	Excellent B1 = + 0.10 B2 = + 0.08	Excellent B = + 0.04	Excellent B = + 0.03
Good C1 = + 0.06 C2 = + 0.03	Good C1 = + 0.05 C2 = + 0.02	Good C = + 0.00	Good C = + 0.00
Average D = 0.00	Average D = 0.00	Average D = 0.00	Average D = 0.00
Fair E1 = - 0.05 E2 = - 0.10	Fair E1 = - 0.04 E2 = - 0.08	Fair E = - 0.03	Fair E = - 0.02
Poor F1 = - 0.16 F2 = - 0.22	Poor F1 = - 0.12 F2 = - 0.17	Poor F = - 0.07	Poor F = - 0.04

2.2.6. Pengujian dan Perhitungan Data

Pengukuran kerja adalah metode penetapan keseimbangan antara kegiatan manusia yang dikontribusikan dengan unit *output* yang dihasilkan. Teknik pengukuran kerja diperlukan untuk menghitung waktu standar suatu proses. Menurut Sritomo (2000) langkah-langkah pengukuran diawali dari penetapan tujuan pengukuran, persiapan awal pengukuran waktu kerja, pengadaan kebutuhan alat pengukuran kerja, pembagian operasi menjadi elemen kerja, penetapan jumlah siklus yang diamati (uji kecukupan data), mengecek keseragaman data (uji keseragaman data), menghitung waktu normal menggunakan *westing house system's rating*, dan yang terakhir menghitung waktu standar dengan mempertimbangkan faktor kelonggaran waktu.

a) Pengujian kecukupan data

Sutalaksana (2006) menyebutkan bahwa uji kecukupan data dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang berarti pencerminan tingkat kepastian yang diinginkan oleh pengukur setelah memutuskan tidak akan melakukan pengukuran yang sangat banyak. Di dalam aktivitas pengukuran kerja biasanya akan diambil 95 % untuk tingkat kepercayaan dan 5% tingkat ketelitian. Hal ini menunjukkan bahwa sekurang-kurangnya 95 dari 100 adalah harga dari waktu yang diukur untuk suatu elemen kerja akan memiliki penyimpangan tidak lebih dari 5%. Rumus perhitungan yang digunakan sebagai berikut:

$$N' = \left(\frac{40\sqrt{N(\sum Xi^2) - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right)^2 \quad (2.1)$$

Data cukup jika N' lebih kecil dari N. Apabila selanjutnya dikehendaki tingkat kepercayaan dan ketelitian berubah menjadi 95% untuk tingkat kepercayaan dan 10% untuk tingkat ketelitian maka rumus perhitungan yang digunakan sebagai berikut:

$$N' = \left(\frac{20\sqrt{N(\sum Xi^2) - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right)^2 \quad (2.2)$$

Keterangan:

N' = Jumlah data pengamatan yang diperlukan

N = Jumlah data pengamatan yang telah dilakukan

Xi = Data ke-i

b) Pengujian keseragaman data

Sutalaksana (2006) menyebutkan bahwa data dikatakan seragam jika berasal dari sistem sebab yang sama dan berada diantara kedua batas kontrol, dan dikatakan tidak seragam jika berasal dari sistem sebab yang berbeda dan berada diluar batas kontrol. Tahap-tahap dalam melakukan keseragaman data yaitu menghitung standar deviasi, perhitungan batas kelas atas dan batas kelas bawah, dan pembuatan peta kontrol.

- Rumus perhitungan standar deviasi:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2.3)$$

Keterangan:

- α = Standar deviasi
- xi = Data ke-i
- \bar{x} = Rata-rata dari data
- n = Jumlah data pengamatan

- Rumus perhitungan BKA dan BKB:

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \bar{x} + 2\alpha_x \\ \text{BKB} &= \bar{x} - 2\alpha_x \end{aligned} \quad (2.4)$$

Keterangan:

- α = Standar deviasi
- \bar{x} = Rata-rata dari data

- c) Perhitungan waktu rata – rata

Perhitungan waktu rata-rata adalah rasio antara total keseluruhan waktu siklus pengukuran dengan jumlah pengukuran. Rumus perhitungan waktu rata-rata:

$$\bar{x} = \frac{\sum Ws}{n} \quad (2.5)$$

Keterangan:

- \bar{x} = Rata-rata dari data
- $\sum Ws$ = Jumlah data waktu
- n = Jumlah data

- d) Perhitungan waktu normal

Untuk melakukan perhitungan waktu normal maka perlu mengalikan waktu rata-rata yang didapat dengan jumlah *rating factor* (didapatkan dari tabel 2.3). Rumus perhitungan normal:

$$W n = \bar{x} x Rf \quad (2.6)$$

Keterangan:

\bar{x} = Rata-rata dari data

Rf = *Rating factor*

e) Perhitungan waktu standar

Untuk melakukan perhitungan waktu standar perlu mempertimbangkan *allowance* (didapatkan dari tabel 2.1). Rumus perhitungan waktu standar:

$$W_s = W_n \left(\frac{100}{100 - Allowance} \right) \quad (2.7)$$

Keterangan:

W_n = Waktu normal

2.2.7. Tata letak (*Layout*)

Tata letak merupakan suatu keputusan penting yang menentukan efisiensi sebuah operasi dalam jangka panjang dan tata letak pada rantai produksi adalah susunan fisik dari item yang mendukung proses produksi (Heizer *et al.*, 2006). Fungsi tata letak adalah untuk mencapai keharmonisan, nilai estetis, ekonomis, dan komunikatif. Untuk pemborosan *motion* dan *transportation* solusi perbaikannya adalah dengan *re-design layout* (Liker, 2006). Tata letak seperti memindahkan atau menambahkan fasilitas baru pada rantai produksi merupakan suatu aktivitas yang sederhana, namun akan berdampak cukup besar dalam proses produksi. Tata letak di rantai produksi berpengaruh pada aliran perpindahan material. Oleh karena itu dengan penggambaran tata letak pada kondisi awal memudahkan untuk melakukan *improvement*. Hasil *improvement* dapat berupa desain tata letak usulan.

2.2.8. Prinsip Tata Letak Penyimpanan Barang

Menurut Hadiguna dan Setiawan (2008) tujuan tata letak penyimpanan barang pada tempat penyimpanan atau gudang adalah:

1. Utilitas luas lantai secara efektif
2. Menyediakan pemindahan bahan yang efisien
3. Meminimalisi biaya penyimpanan pada saat menyediakan tingkat pelayanan yang dibutuhkan
4. Mencapai fleksibilitas maksimum

5. Menyediakan *housekeeping* yang baik

Prinsip yang berhubungan langsung dengan tujuan tersebut adalah:

a) Prinsip *Popularity*

Popularity merupakan prinsip meletakkan *item* yang memiliki *accessibility* terbesar didekat titik *Input* dan *output* barang. Dalam melakukan pengaturan tata letak barang di tempat penyimpanan atau gudang terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan. Hal yang harus diperhatikan dalam melakukan pengaturan tata letak gudang adalah sistem pengukuran kecepatan yang baik dan sistem pengendalian yang baik. Sistem pengukuran kecepatan akan melihat barang berdasarkan klasifikasi kecepatan arus aliran barang dimana barang akan dibagi menjadi 3 macam yaitu *slow moving*, *medium moving*, dan *fast moving*.

b) Prinsip *Similarity*

Prinsip kedua dalam tata cara penyimpanan berkaitan dengan kemiripan *item* yang disimpan yaitu *item* yang masuk dan keluar harus dikelola dengan baik. Dengan menyimpan *item* yang mirip dalam daerah yang sama, waktu tempuh untuk mengambil dan memindahkan barang dapat direduksi.

2.2.9. Konsep Faktor 4M+1E

Terdapat faktor-faktor yang dapat membantu proses untuk menggali suatu elemen aktivitas kerja yang merupakan kategori proses *non value added activity*. Faktor tersebut antara lain adalah manusia, mesin, metode, material dan lingkungan.

a. Manusia

Faktor manusia yaitu semua permasalahan yang berkaitan dengan sumber daya manusia atau tenaga kerja. Dalam manufaktur mengacu pada orang-orang yang bekerja seperti manajer, operator, dan karyawan lainnya.

b. Mesin

Faktor mesin yaitu fasilitas produksi yang digunakan untuk mengolah. Dalam manufaktur contohnya seperti mesin produksi, *generator*, dan perlengkapan produksi lainnya.

c. Metode

Faktor metode yaitu mengenai cara manusia melakukan pekerjaannya. Dalam manufaktur contohnya standar prosedur operasional (SOP) dalam penggunaan perlengkapan produksi dan *first in-first out* (FIFO) pada area pergudangan.

d. Material

Faktor material yaitu mengenai bahan baku yang digunakan. Dalam manufaktur contohnya bahan baku industri mebel adalah kayu dan bahan baku industri perak adalah bijih perak.

e. Lingkungan

Faktor lingkungan (*environment*) yaitu mengenai lingkup area produksi. Dalam manufaktur contohnya kondisi tempat penyimpanan peralatan, suhu ruangan inspeksi, dan keadaan atmosfer pada area produksi.

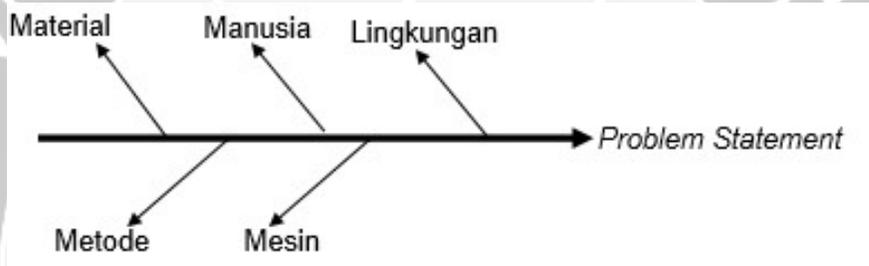
Heri (2016) menyebut analisis faktor 4M dan 1E dengan dibentuknya tabel menunjukkan secara jelas mengenai penemuan penyebab terjadinya *waste* dan dapat membantu proses untuk mendapatkan solusi perbaikan. Berikut contoh tabel analisis faktor 4M dan 1E:

Tabel 2.4. Tabel Analisis Faktor 4M+1E

NO	FAKTOR	ITEM TEMUAN	DATE	KONDISI IDEAL
1	MATERIAL	<i>gambar...</i>	<i>Tanggal...</i>	<i>Perbaikan</i>
2	METODE	<i>gambar...</i>	<i>Tanggal...</i>	<i>Perbaikan</i>
3	MAN	<i>gambar...</i>	<i>Tanggal...</i>	<i>Perbaikan</i>
4	MACHINE	<i>gambar...</i>	<i>Tanggal...</i>	<i>Perbaikan</i>
5	ENVIROMENT	<i>gambar...</i>	<i>Tanggal...</i>	<i>Perbaikan</i>

2.2.10. Diagram *Fishbone*

Diagram *fishbone* digunakan untuk identifikasi kemungkinan penyebab masalah (Gaspersz, 2011). Diagram *fishbone* adalah alat yang cocok untuk mengidentifikasi dan memilah penyebab suatu masalah. Dengan penggunaan diagram *fishbone* dapat menemukan akar masalah dan memperjelas dari setiap item temuan. Diagram *fishbone* juga menggunakan kategori faktor 4M dan 1E. Langkah-langkah pembuatan *diagram fishbone* adalah menentukan *problem statement*, identifikasi kategori faktor 4M dan 1E, dan menemukan sebab-akibat pada tiap kategori faktor dengan cara *brainstorming* (Heri, 2016).



Gambar 2.1. Diagram *Fishbone*

2.2.11. Konsep 5W+1H

Menurut Tague (2011) konsep 5W+1H seperti bentuk piramida terbalik yaitu memudahkan untuk membuat struktur permasalahan. Penggunaan metode 5W+1H dalam manufaktur diproses produksi untuk mengumpulkan informasi permasalahan seperti apa permasalahannya, dimana lokasinya, kapan terjadinya, siapa yang terlibat, bagaimana perbaikannya, dan mengapa perlu dilakukan perbaikan. Heri (2016) menyebut manfaat dari penggunaan konsep 5W+1H adalah untuk mempermudah proses investigasi, menentukan rencana perbaikan, dan memperjelas sasaran yang dicapai. Berikut contoh tabel analisis konsep 5W+1H:

Tabel 2.5. Tabel Analisis Konsep 5W+1H

NO	FAKTOR	What	Where	How	Why	Harapan Hasil
		Akar masalah	Lokasi	Rencana perbaikan	Sasaran	
1	MATERIAL	gambar....		Grafik perbandingan (before-after)
			When		Who	
			Kapan			
2	METODE	gambar....		Grafik perbandingan (before-after)
			When		Who	
			Kapan			
3	MAN	gambar....		Grafik perbandingan (before-after)
			When		Who	
			Kapan			
4	MACHINE	gambar....		Grafik perbandingan (before-after)
			When		Who	
			Kapan			
5	ENVIROMENT	gambar....		Grafik perbandingan (before-after)
			When		Who	
			Kapan			