

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian yang berfokus pada six sigma dengan menggunakan metode atau tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) untuk proses perbaikan secara sistematis dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk memperoleh alternatif perbaikan proses yang merupakan hasil penelitian dari Garside (2007). Kemudian, dalam penelitiannya juga melakukan pemilihan alternatif yang terbaik dengan menggunakan metode AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Penelitian waste yang ada pada proses produksi pernah dilakukan oleh Dewi dkk (2013). Penelitian ini melakukan identifikasi dari tujuh tipe waste pada proses produksi yang bisa mengganggu produktivitas atau pemenuhan target produksi. Penelitian ini menemukan ada tiga waste yang paling memiliki dampak besar yaitu *waiting*, *defect*, dan *overproduction*. Pada tahapan perbaikan pada penelitian ini menggunakan metode FMEA *process* untuk mengidentifikasi risiko yang ada pada proses produksi dan sekaligus memberikan alternatif perbaikan pada proses.

Ristyowati dkk (2017) menyebutkan dalam penelitiannya bahwa dalam pemenuhan target yang apabila proses produksi memiliki waktu yang cukup panjang, hal yang bisa dilakukan untuk perbaikan adalah dengan melakukan minimasi waste pada proses produksi. Penelitian tersebut menemukan waste yang paling besar pengaruhnya adalah *defect* dan *waiting*, *tools* yang digunakan yaitu *Value Stream Mapping* (VSM) untuk membandingkan kondisi sekarang dengan kondisi di masa depan dan *Fishbone Diagram* untuk mengetahui sumber atau penyebab terjadinya waste. Analisis waste seperti penelitian yang dilakukan oleh Munandar dan Permana (2019) dalam penelitiannya di perusahaan produksi garmen, yang terdapat masalah pada kualitas yang kurang baik (*reject*) sehingga harus melakukan *rework* dan produktivitas terganggu serta bisa menghambat pencapaian target produksi, sehingga hal tersebut harus dihilangkan dengan menggunakan tahapan metode DMAIC. Pada penelitian ini menggunakan *tools* SIPOC, VSM, dan *Waste Assessment Model* (WAM) untuk mengidentifikasi jenis waste dan dalam penelitian ini didapatkan faktor penyebab waste *defect* yaitu manusia, material, metode dan mesin. Pada fase perbaikan dan sekaligus untuk pengendalian (*control*) penelitian ini menggunakan FMEA, dengan berdasarkan

nilai dari *Risk Priority Number* (RPN) FMEA tertinggi adalah diberikan arahan atau pelatihan sesuai dengan *Standard Operating Procedure* (SOP) dan pengawasan serta menerapkan perawatan pada mesin agar kondisi mesin dalam keadaan baik pada saat dilakukannya proses produksi.

Putro (2014) dalam penelitiannya mengenai mengurangi *waste* pada proses produksi *Spare Part*, yang dimana melakukan analisa penyebab dari keterlambatan dalam memenuhi target produksi dan terjadinya *defect* atau bisa disebut *waste*. Penelitian ini menggunakan metode DMAIC Untuk menghilangkan *waste*, pada saat identifikasi dilakukan pengukuran waktu proses sebenarnya dan akan dibandingkan dengan waktu waktu standard (yang telah direncanakan), sehingga akan terlihat proses produksi yang bagian mana adanya *waste*. Pada penelitian ini menemukan *Critical to Quality* (CTQ) terdapat *waste* yang paling kritis yaitu *delay*, sehingga dalam fase perbaikan dilakukan yaitu perbaikan aliran sistem produksi dan penggunaan *material handling*. Untuk fase pengendalian atau *control* menggunakan metode *weighted product* untuk melakukan perencanaan jadwal produksi yang sesuai dengan kondisi terkini agar aliran produksi dari perusahaan dapat berjalan dengan baik.

Hasil output produksi dipengaruhi oleh faktor *waste* dan *defect*, hal tersebut juga akan mempengaruhi produktivitas seperti yang ditemukan oleh Faritsy dan Suseno (2015) dalam penelitiannya dalam meningkatkan produktivitas menggunakan metode six sigma, *lean* dan 5S. Penelitian tersebut menggunakan metodologi six sigma yaitu DMAIC, yang dimana penelitian ini menghitung waktu baku dan produktivitas awal serta menganalisis VSM saat ini agar mengetahui penyebab dari *waste* yang ada. Pada saat tahap perbaikan, penelitian ini membuat atau memberikan usulan aktivitas kerja pada proses produksi serta usulan tata letak yang memungkinkan untuk meningkatkan produktivitas kerja. Pada perbaikan tata letak, usulan yang dilakukan berdasarkan aliran material yang sudah sesuai urutan dengan alur proses produksi dimana jarak antar stasiun kerja berdekatan agar dapat mengurangi *waste* pada waktu menunggu dan transportasi.

Yanuarsih dkk (2014) menyebutkan dalam penelitiannya dalam proses produksi, *waste* (khusus untuk *defect*) akan mempengaruhi target produksi, *defect* ini melebihi batas toleransi dan dilakukan upaya untuk mengurangi *waste* ini dengan menggunakan metode DMAIC. *Tools* pada tahap *define* yaitu SIPOC dan VSM; *measure* melakukan penentuan CTQ dan KPI (*Key Performance Indicator*) serta

melakukan pengukuran kapabilitas proses. Tahapan *analyze* dengan menemukan akar penyebab masalah dengan *fishbone diagram*, 5 *Why* dan FMEA. Pada tahapan *improve* menggunakan perbaikan dari usulan FMEA dan untuk tahapan *control* mengusulkan instruksi kerja dan juga pengadaan suatu *display* dalam produksi yang dimana usulan ini merupakan hal yang bisa dilakukan untuk mengatasi akar penyebab masalah *defect*.

Berdasarkan penelitian dari Ahmad dan Aditya (2019) menyatakan minimasi *waste* bisa digunakan dengan menggunakan pendekatan proses melalui VSM. Tujuannya adalah untuk melakukan perbaikan dalam mengurangi *waste* atau pemborosan di area proses produksi untuk mencapai proses produksi yang optimal. Penelitian ini menemukan *waste* yang paling dominan yaitu *inventory*, *waiting*, proses, *overproduction*, dan *defect*. Pada saat dilakukan perbaikan menggunakan pendekatan proses dengan VSM didapatkan *cycle time* dari *future VSM* yang lebih rendah daripada *current VSM*, hasil ini dapat dikatakan sebagai peningkatan dalam produktivitas dengan mengurangi atau meminimasi *waste* yang terjadi pada proses produksi.

Untuk mengurangi *waste* nantinya akan menggunakan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). DMAIC ini merupakan suatu tahapan atau proses untuk melakukan peningkatan atau perbaikan secara terus-menerus yang dilakukan berdasarkan data fakta dan sistematis yang merupakan hasil penelitian dari Gaspersz (2002). Penelitian ini berfokus untuk menemukan efektivitas dan efisiensi pada proses produksi dari Gerabah.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Proses Produksi

Penelitian dari Mudra (2019) menyatakan bahwa tahapan pembuatan kerajinan gerabah ada 5 tahapan, yaitu pengambilan/pengolahan tanah liat, pembentukan, pengeringan, pembakaran dan proses *finishing* termasuk pengecatan badan gerabah. Berikut ini merupakan tahapan pembuatan dari kerajinan gerabah secara umum:

Tahapan pertama merupakan pengambilan atau pengolahan dari tanah liat yang sebagai bahan baku dari pembuatan gerabah. Pengolahan tanah liat ini dilakukan untuk membersihkan kotoran lain yang ada di tanah liat, pengolahan ini dapat dilakukan dengan dua cara atau teknik yaitu dengan teknik kering dan basah. Pengolahan dengan teknik kering pada umumnya sering diterapkan oleh pengrajin

gerabah tradisional yang ada di Indonesia. Teknik ini dianggap lebih efektif daripada pengolahan bahan baku baik dalam lama waktu pengolahan, tenaga dan biaya yang digunakan lebih sedikit. Teknik pengolahan bahan baku secara kering dilakukan dengan penumbukan tanah liat sampai halus, lalu pengayakan, kemudian pencampuran tanah liat dengan pasir halus/serbuk batu padas atau bahan pembantu yang diperlukan dengan komposisi tertentu. Setelah bahan tercampur lalu ditambahkan air secukupnya dan di ulek sampai merata secara keseluruhan. Pengolahan dengan teknik basah biasanya digunakan oleh pengrajin gerabah yang sudah memiliki peralatan yang sudah maju daripada teknik pengolahan secara kering. Peralatan yang biasanya digunakan dalam teknik pengolahan bahan secara basah ini adalah bak perendam tanah, alat pengaduk dan alat penyerap air.

Tahapan pembentukan, pada tahap ini ada beberapa teknik yang digunakan oleh pengrajin gerabah. Teknik putar (*wheel/throwing*) menggunakan alat meja putar, tanah liat diletakkan di tengah meja, lalu tanah liat ditekan menggunakan kedua tangan sambil diputar. Teknik ini biasanya menghasilkan bentuk benda yang sederhana seperti silindris atau berbentuk bulat (desain tidak terlalu rumit). Teknik cetak (*casting*), teknik ini menggunakan cetakan yang berbahan dasar fiber dan ada juga berbahan dasar tanah liat. Pada tahap ini tanah liat yang sudah siap dicetak, dimasukkan atau ditekan ke dalam cetakan. Teknik lempeng (*slab*), teknik membentuk tanah liat yang siap diolah menjadi lempengan, lalu menyambung lempengan-lempengan yang sudah dibuat sebelumnya. Teknik pijit (*pinching*), teknik ini membentuk tanah liat yang siap diolah dengan tekanan tangan secara langsung. Tujuan dalam pembentukan ini mementingkan sentuhan tangan yang khas. Teknik pilin (*coil*) ini membentuk tanah liat menggunakan kedua telapak tangan dengan bentuk dasar seperti tali atau memanjang, lalu dibuat atau disusun melingkar sesuai dengan keinginan yang akan dibentuk. Sedangkan, untuk teknik gabungan merupakan teknik yang menggabungkan dari beberapa teknik yang ada.

Tahapan pengeringan, pada tahap ini dilakukan secara alami yaitu pengeringan dengan atau tanpa panas sinar matahari. Pada umumnya pada tahapan pengeringan gerabah dilakukan dengan panas matahari setelah proses pembentukan selesai dilakukan. Tahapan pembakaran, pada tahapan ini pembakaran pada gerabah umumnya dilakukan sekali menggunakan tungku api (tungku botol, tungku bak, dan tungku periodik). Tahap terakhir dalam pembuatan

gerabah adalah *finishing*, pada tahapan ini dilakukan setelah pembakaran selesai, dan dilakukannya mengecat badan/gerabah, melukis, dan menempel atau menganyam menggunakan bahan pendukung lainnya untuk estetika dari gerabah yang dibuat.

2.2.2. Kualitas

Kualitas menurut buku dari Montgomery (2009) menyatakan bahwa kualitas merupakan *fitness for use* (kesesuaian yang untuk digunakan) dan juga kualitas merupakan *inversely proportional to variability* (berbanding terbalik dengan variabilitas). Variabilitas atau sering dimaksud adalah variasi yang memiliki arti suatu hal yang tidak diharapkan. Variabilitas atau variasi cenderung ada pada proses, sehingga dilakukannya mengurangi variabilitas pada produk/proses akan meningkatkan perbaikan kualitas dari produk atau proses. Mengurangi variasi bisa juga disebut dengan melakukan peningkatan kualitas. Dalam kualitas ada juga istilah dari kecacatan (*nonconforming*) dan ketidaksesuaian (*nonconformity*). Perbedaannya adalah *nonconforming* merupakan produk yang menyimpang hingga tidak dapat digunakan atau tidak dapat difungsikan lagi. Lalu, untuk *nonconformity* merupakan perbedaan kualitas yang seharusnya namun produk tersebut masih bisa digunakan lagi.

Dalam pengukuran atau pengambilan data mengenai kualitas dapat dilakukan secara statistik. Data yang dapat digunakan adalah data atribut (data kualitatif yang dihitung menggunakan pencacahan) dan data variabel (data kuantitatif yang bersifat kontinu). Dalam aspek statistik mengenai karakteristik dari kualitas menggunakan batas rentang dari spesifikasi yaitu *upper specification limit* (USL) dan *lower specification limit* (LSL), yang menunjukkan apakah penyebaran dari suatu proses atau output masih berada dalam spesifikasi atau tidak. Pada bagian ini akan menentukan kapabilitas proses atau biasa disebut dengan *capability process* untuk menentukan apakah suatu proses ini termasuk *capable* atau tidak dalam menghasilkan suatu produk atau jasa.

2.2.3. DMAIC

DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) merupakan metode perbaikan kualitas dan merupakan bagian dari six sigma. Dalam buku penelitian dari Besterfield (2012) dan juga dari Montgomery (2009) menyatakan bahwa salah satu metode six sigma untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan (*root causes*) mengenai kualitas dan perbaikan dalam kualitas adalah DMAIC. Six

sigma merupakan metode yang digunakan dan sekaligus dipelopori oleh Motorola untuk mengurangi variasi atau variabilitas serta kecacatan. Tahapan dan *tools* dari DMAIC adalah sebagai berikut:

a. *Define* atau Definisi

Tujuan dari tahapan *define* ini adalah melakukan identifikasi masalah atau mendefinisikan permasalahan dan memvalidasi mengenai tujuan dalam peluang perbaikan. *Tools* yang bisa digunakan dalam tahap ini adalah SIPOC dan bisa juga menggunakan *current value stream maps*. SIPOC akan menjelaskan mengenai elemen-elemen yang ada dalam kegiatan operasional dimulai dari *supplier*, input, proses, output, dan *customer*.

b. *Measure* atau Pengukuran

Tujuan dari tahapan *measure* ini adalah memahami proses pada saat ini, melakukan validasi akurasi data dan menentukan kapabilitas atau kemampuan proses. Pada tahapan ini terlibat dalam pengumpulan data dan juga melakukan pengolahan data yang telah dikumpulkan (jika diperlukan). Data yang telah dikumpulkan dapat disajikan dengan histogram, diagram pareto, dan *scatter diagram* dan masih banyak lagi.

c. *Analyze* atau Analisis

Tujuan dari tahapan *analyze* ini adalah melakukan analisis data untuk mengetahui sebab dan akibat dari variasi atau proses yang berhubungan dengan kualitas. *Tools* yang bisa digunakan dalam tahapan ini adalah peta kendali (*control charts*) dan FMEA.

d. *Improve* atau Perbaikan

Tujuan dari tahap ini adalah untuk melakukan evaluasi dan pemilihan solusi perbaikan dalam suatu permasalahan berdasarkan hasil dari tahapan analisis serta juga bisa menentukan atau menemukan solusi perbaikan yang potensial. *Tools* yang bisa digunakan adalah *mistake proofing* (mendesain operasi yang benar – *the right way*), *flow chart*, *future value stream maps* (perbaikan kondisi masa depan berdasarkan kondisi yang sekarang) dan bisa juga menggunakan FMEA.

e. *Control* atau Pengendalian

Tujuan dari tahapan *control* ini adalah mengembangkan dan mengevaluasi hasil proses perbaikan atau mengendalikan karakteristik *critical process* berdasarkan *Critical to Quality* (CTQ). *Tools* yang bisa digunakan adalah peta kendali (*control charts*) untuk melihat kemampuan dari proses yang telah diperbaiki.

2.2.4. Lean

Lean memiliki tujuan untuk melakukan reduksi *waste* yang merupakan hasil penelitian dari Liker dan Meier (2006). Reduksi *waste* dilakukan untuk bisa mempercepat proses produksi (berpengaruh pada *lead time* produksi), hal ini dilakukan untuk bisa memenuhi keinginan pelanggan atau *customer*. Secara umum terdapat tujuh tipe *waste* (7 *waste*) atau dikenal dengan TINWOOD. Berikut merupakan penjelasan mengenai ketujuh *waste* tersebut:

a. *Transportation or conveyance* (T)

Transportasi (T) merupakan proses perpindahan produk *work in process* (WIP) dari satu tempat ke tempat lainnya, termasuk juga perpindahan dengan jarak yang pendek. Transportasi ini termasuk ke dalam *waste* dikarenakan adanya biaya, tetapi tidak adanya *value added*. Biaya yang dimaksud adalah biaya pekerja dan biaya mesin/peralatan yang memindahkan produk atau barang tersebut. Apabila jarak meningkat maka biaya juga akan meningkat.

b. *Inventory* atau *excess inventory* (I)

Persediaan atau *inventory* (I) berlebih termasuk persediaan bahan baku, produk WIP, dan produk jadi akan menyebabkan *lead time* bertambah, kemungkinan kerusakan produk, bisa meningkatkan biaya transportasi atau gudang dan *delay*. Kelebihan persediaan (*inventory*) juga akan menimbulkan masalah seperti *delay* atau keterlambatan pengiriman dari *supplier*, ketidakseimbangan produksi, dan *defect* serta waktu *set up* mesin atau peralatan yang lama.

c. *Motion* atau *unnecessary movement* (M)

Gerakan atau *motion* (M) yang tidak diperlukan sebenarnya termasuk ke dalam bagian *waste*. Gerakan yang dimaksud adalah gerakan pekerja yang memiliki keterkaitan dengan bidang ergonomi dan kesehatan kerja dalam sistem produksi. Apabila tidak memberikan *value added* pada aktivitas pekerjaannya maka akan terjadi *waste* seperti mencari, menumpuk komponen/alat dan gerakan yang memiliki potensi kecelakaan dalam kerja juga termasuk ke dalam *waste* karena bisa mengganggu sistem produksi. Sehingga bisa menyebabkan adanya tambahan biaya/premi asuransi dalam kecelakaan kerja.

d. *Waiting* (W)

Menunggu atau *waiting* (W) merupakan *waste* karena tidak memberikan *value added* pada produk. Menunggu dapat berasal dari pekerja atau mesin yang sedang menunggu alat/mesin, menunggu material datang, proses sebelum atau

sesudahnya yang belum selesai, terjadinya kerusakan mesin dan juga jarak antar stasiun kerja yang terlalu jauh. Pada umumnya menunggu merupakan faktor yang paling besar dalam bertambahnya *lead time* daripada produk.

e. *Overproduction* atau produksi berlebih (O)

Overproduction (O) termasuk *waste* juga, dan akan terjadi pada saat memproduksi produk awal dengan jumlah yang lebih banyak daripada yang dibutuhkan. Pemborosan akan terjadi pada biaya tenaga kerja, *inventory*, dan transportasi.

f. *Over processing or incorrect processing* (P)

Overprocessing (*waste process*) termasuk *waste* juga, dan hal ini akan terjadi pada saat proses yang digunakan secara berlebihan atau dapat berupa melakukan proses yang sebenarnya tidak perlu dalam membuat suatu produk. Proses yang tidak efisien disebabkan oleh peralatan dan desain produk yang kurang baik, sehingga menyebabkan gerakan yang tidak diperlukan dan terjadinya *defect*.

g. *Defects* (D)

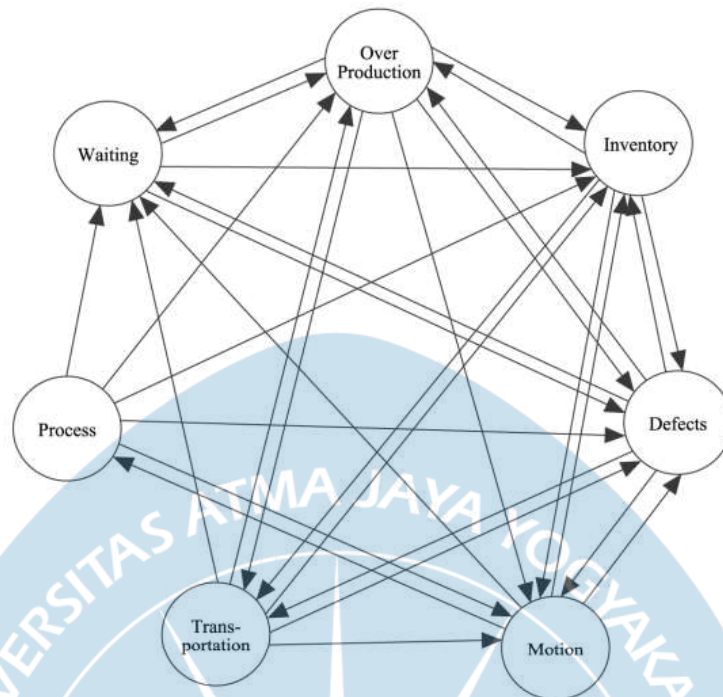
Waste yang menghasilkan produk yang *defect* atau cacat maka akan menimbulkan *rework* dan inspeksi ulang yang membuat waktu menjadi bertambah.

2.2.6. Waste Assessment Model (WAM)

Penelitian dari Rawabdeh (2005) menyatakan bahwa WAM merupakan model yang melakukan identifikasi *waste* atau pemborosan sehingga yang nantinya bisa segera dilakukan perbaikan atau minimasi dari *waste*. Model ini digunakan untuk pendekatan terhadap sistem produksi aliran *job shop*, yang dimana memiliki urutan proses yang berbeda untuk beberapa variasi produk. Hasil akhir dari WAM adalah berupa persentase jenis *waste* dan juga *ranking* atau urutan *waste* yang diperoleh dari kombinasi antara hubungan *waste* matriks (WRM) dan hasil penilaian *waste* dari kuesioner (WAQ).

a. *Waste Relationship Matrix* (WRM)

WRM adalah matriks untuk melakukan analisis kriteria pengukuran yang terdiri dari baris dan kolom. Matriks ini didapatkan berdasarkan hubungan setiap jenis *waste* yang diperoleh dari hasil pertanyaan atau penyebaran kuesioner. Ketujuh jenis *waste* memiliki hubungan yang dimana bisa mempengaruhi satu dengan yang lainnya. Berikut ini merupakan contoh gambar hubungan antara jenis *waste*.



Gambar 2.1. Hubungan Ketujuh Waste
(Sumber: Rawabdeh, 2005)

Berdasarkan Gambar 2.1 diatas, terdapat 31 hubungan antar jenis waste. Berdasarkan dari hubungan antar waste ini, maka akan ada pertanyaan mengenai hubungan antar waste. Berikut ini merupakan pertanyaan hubungan dari jenis waste berdasarkan penelitian dari Rawabdeh (2005).

Tabel 2.1. Pertanyaan WRM

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Bobot
1	Apakah i menghasilkan j	a. selalu	4
		b. kadang-kadang	2
		c. jarang	0
2	Bagaimanakah 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 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 <i>engineering</i>	2
		b. sederhana dan langsung	1
		c. solusi instruksional	0

Tabel 2.1. Pertanyaan WRM Lanjutan

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Bobot
5	Dampak i terhadap j mempengaruhi	a. kualitas produk	1
		b. produktivitas sumber daya	1
		c. <i>lead time</i>	1
		d. kualitas dan produktivitas	2
		e. kualitas dan <i>lead time</i>	2
		f. produktivitas dan <i>lead time</i>	2
		g. kualitas, produktivitas, dan <i>lead time</i>	4
6	Sebesar apa dampak i terhadap j akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. sangat tinggi	4
		b. sedang	2
		c. rendah	0

Berdasarkan Tabel 2.1 diatas, akan dihubungkan dengan hubungan dari ketujuh waste (Gambar 2.1), yang dimana berdasarkan gambar tersebut bahwa adanya 31 hubungan. Sehingga, jumlah pertanyaan pada WRM adalah 186 pertanyaan (jumlah pertanyaan WRM dikalikan dengan jumlah hubungan dari ketujuh waste). Setelah menjawab pertanyaan berdasarkan pilihan jawaban yang tersedia, maka dilakukan penjumlahan bobot atau skor sehingga menghasilkan nilai hubungan. Nilai hubungan ini digunakan untuk menentukan jenis hubungan antar kedua jenis waste. Berikut ini merupakan tabel kategori jenis hubungan dari waste berdasarkan penelitian dari Rawabdeh (2005).

Tabel 2.2. Kategori Jenis Hubungan

Range	Jenis Hubungan	Simbol	Konversi
17 – 20	<i>Absolute Necessary</i>	A	10
13 – 16	<i>Especially</i>	E	8
9 – 12	<i>Important</i>	I	6
5 – 8	<i>Ordinary Closeness</i>	O	4
1 – 4	<i>Unimportant</i>	U	2
0	<i>No Relation</i>	X	0

Berdasarkan Tabel 2.2 diatas, maka akan dibuat tabel *waste relationship matrix*. Lalu, simbol dari tabel *waste relationship matrix* akan dilakukan konversi lagi menjadi tabel *waste matrix value* yang dimana angka dari *waste relationship matrix* akan dikonversikan dengan nilai A = 10, E = 8, I = 6, O = 4, dan U = 2, serta X = 0. Setelah itu akan didapatkan presentase setiap baris dan kolom. Bagian baris merupakan jenis waste yang memiliki pengaruh munculnya jenis waste lainnya. Bagian kolom merupakan jenis waste yang paling banyak disebabkan oleh jenis waste lainnya.

b. *Waste Assessment Questionnaire (WAQ)*

Penelitian dari Rawabdeh (2005) menyatakan bahwa WAQ merupakan cara untuk melakukan alokasi jenis *waste* di sebuah sistem produksi *job shop* dan juga aliran sistem produksi cenderung *make to order*. Kategori pertanyaan dari WAQ ada empat, yaitu: manusia (*man*), material, mesin (*machine*), metode (*method*). Setiap pertanyaan pada masing-masing kategori ada dua tipe, yaitu: *from* dan *to*. Jawaban dari setiap pertanyaan adalah ya, kadang/jarang, dan tidak serta bobot dari masing-masing jawaban adalah 1 dan 0.5, serta 0. Total pertanyaan yang ada pada WAQ adalah sebanyak 68 pertanyaan. Untuk mendapatkan hasil akhir berupa urutan atau *ranking* setiap jenis *waste*, maka ada 8 *step* yang perlu dilakukan, yaitu:

- i. Melakukan klasifikasi (pengelompokan) dan melakukan perhitungan jumlah pertanyaan sesuai dengan masing-masing jenis *waste*.
- ii. Memberikan bobot untuk setiap pertanyaan berdasarkan WRM.
- iii. Membagi setiap bobot dalam satu baris dengan total pertanyaan yang sesuai dengan kelompok atau klasifikasi pertanyaan.
- iv. Melakukan perhitungan total skor tiap kolom jenis *waste* dan menghitung frekuensi dari munculnya nilai pada setiap kolom pada *waste* (nilai 0 akan diabaikan).

$$w_{j,k} = \frac{WRM_j}{N_i} \quad (2.1)$$

$$s_j = \sum_{K=1}^K \frac{w_{j,k}}{N_i} \quad (2.2)$$

- v. Memasukkan bobot jawaban yang diperoleh dari pertanyaan (1 atau 0.5 atau 0) dari masing-masing pertanyaan.
- vi. Melakukan perhitungan total skor untuk setiap bobot pada kolom *waste* setelah adanya nilai jawaban (S_j) dan frekuensi (F_j) yang merupakan bobot pada kolom *waste* (nilai 0 akan diabaikan)

$$W_{j,k} = w_{j,k} \times \text{Bobot jawaban} \quad (2.3)$$

- vii. Melakukan perhitungan indikator awal untuk setiap jenis *waste* (Y_j) dan menghitung mengenai faktor probabilitas pengaruh satu sama lain dari jenis *waste* (P_j Faktor)

$$Y_j = \frac{S_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \quad (2.4)$$

$$P_j \text{ Faktor} = (\% \text{ From } WRM_j) \times (\% \text{ To } WRM_j) \quad (2.5)$$

viii. Menghitung hasil akhir ($Y_j \text{ Final}$) dan persentase hasil akhir

$$Y_j \text{ Final} = Y_j \times P_j \text{ Faktor} \quad (2.6)$$

$$\%Y_j \text{ Final} = \frac{Y_j \text{ Final}}{\sum Y_j \text{ Final}} \times 100 \quad (2.7)$$

Keterangan:

WRM_j	= Bobot WRM tiap jenis waste (nilai dari waste matrix value)
N_i	= Jumlah pertanyaan yang dikelompokkan
j	= Jenis waste
k	= Range antara 1 hingga 68
S_j	= Score tiap kolom jenis waste
S_j	= Score tiap kolom jenis waste setelah adanya nilai jawaban WAQ
f_j	= Frekuensi tiap jenis waste
F_j	= Frekuensi tiap jenis waste setelah adanya nilai jawaban WAQ
Y_j	= Indikator awal tiap jenis waste
$P_j \text{ Faktor}$	= Faktor probabilitas pengaruh jenis waste
$Y_j \text{ Final}$	= Hasil akhir

2.2.6. Pengujian Data

Pengujian data dilakukan untuk memastikan data yang digunakan sudah layak di dalam penelitian atau belum. Pengujian data yang digunakan adalah secara *sampling* apabila memiliki populasi yang banyak, maka dapat dilakukan Uji kecukupan, uji kenormalan, dan uji keseragaman data seperti hasil penelitian dari Sutalaksana dkk (2006). Populasi merupakan wilayah generalisasi yang terdiri dari subjek atau objek tertentu yang memiliki kualitas dan sifat atau karakteristik yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari, kemudian menemukan atau menarik kesimpulan berdasarkan karakteristik yang ada. Sampel (*sample*) merupakan bagian dari jumlah dan sifat/karakteristik yang dimiliki oleh suatu populasi dengan demikian sebagian dari populasi yang karakteristik atau sifatnya yang akan hendak diteliti, bisa mewakili keseluruhan dari populasinya seperti penelitian dari Sugiyono (2011). Ukuran sampel ditentukan berdasarkan jumlah populasi pada umumnya,

apabila populasi yang banyak maka bisa dilakukan *sampling* dengan kata lain mempersempit dari jumlah populasi dengan menghitung ukuran/banyaknya sampel. Ukuran sampel dapat dihitung menggunakan persamaan atau teknik slovin menurut Sugiyono (2011), karena dalam penarikan sampel, jumlahnya harus bisa mewakili atau *representative* dari populasi yang ada. Berikut ini merupakan persamaan dari teknik slovin untuk menentukan ukuran sampel atau minimal sampel yang diperlukan/digunakan.

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2} \quad (2.8)$$

Setelah menentukan ukuran sampel maka melakukan pengujian data. Berikut merupakan langkah-langkah dalam melakukan pengujian data:

1. Menghitung jumlah subgrup

$$k = 1 + 3.322 \log N \quad (2.9)$$

2. Menghitung rata-rata dari kelas/subgrup

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (2.10)$$

3. Menghitung rata-rata dari seluruh kelas/subgrup

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} \quad (2.11)$$

4. Menghitung standar deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_1 - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (2.12)$$

5. Melakukan perhitungan standar deviasi dari rata-rata subgrup

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.13)$$

6. Menghitung Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB)

$$BKA = \bar{\bar{X}} + K \sigma_{\bar{X}} \quad (2.14)$$

$$BKB = \bar{\bar{X}} - K \sigma_{\bar{X}} \quad (2.15)$$

Keterangan:

k = Jumlah subgrup

n = Jumlah pengamatan dalam satu subgrup

N = Jumlah pengamatan keseluruhan atau populasi
 X = Data yang diukur
 $\sum X$ = Total data atau penjumlahan data
 $\bar{X}$ = Nilai dari rata-rata subgrup
 $\bar{\bar{X}}$ = Nilai dari rata-rata keseluruhan dari subgrup
 σ = Standar deviasi subgrup
 $\sigma_{\bar{X}}$ = Standar deviasi keseluruhan dari subgroup

7. Uji keseragaman data

Tujuan dari uji keseragaman adalah memastikan bahwa data yang dikumpulkan berasal dari populasi atau sistem yang sama. Data dapat dikatakan seragam, jika nilai rata-rata dari masing-masing *subgroup* berada dalam BKA dan BKB.

8. Uji kecukupan data

Pengujian ini memiliki tujuan untuk menghitung suatu data yang telah diambil apakah sudah cukup atau belum. Hal ini dilakukan agar data yang sudah dikumpulkan bisa dilanjutkan ke tahap selanjutnya atau analisis data.

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2 \quad (2.16)$$

Keterangan:

k = Koefisien tingkat keyakinan N = Jumlah data yang didapatkan
 s = Tingkat ketelitian N' = Jumlah data yang dibutuhkan

Tingkat ketelitian dan keyakinan merupakan tingkat kepercayaan atau kepastian yang diharapkan oleh peneliti atau pengukur. Tingkat ketelitian menunjukkan penyimpangan maksimum dari hasil pengukuran dari hasil yang aktual. Tingkat keyakinan menunjukkan besar keyakinan peneliti bahwa hasil data pengukuran yang diperoleh memenuhi syarat ketelitian yang digunakan. Jika, $N \geq N'$ (perhitungan) maka jumlah data dikatakan cukup.

9. Uji kenormalan data

Tujuan dari uji normalitas (*normality test*) adalah untuk mengetahui data yang dikumpulkan apakah sudah terdistribusi normal atau belum. Salah satu metode untuk melakukan uji kenormalan adalah tes Anderson-Darling berdasarkan penelitian dari Fallo dkk (2013). Uji Anderson-Darling ini merupakan modifikasi dari uji Kolmogorov-Smirnov.

$$A^2 = -N - S \quad (2.17)$$

$$S = \sum_{i=1}^N \frac{(2i-1)}{N} [\ln F(Y_i) + \ln(1 - F(Y_{N+1-i}))] \quad (2.18)$$

Keterangan:

A^2 = Uji Anderson-Darling

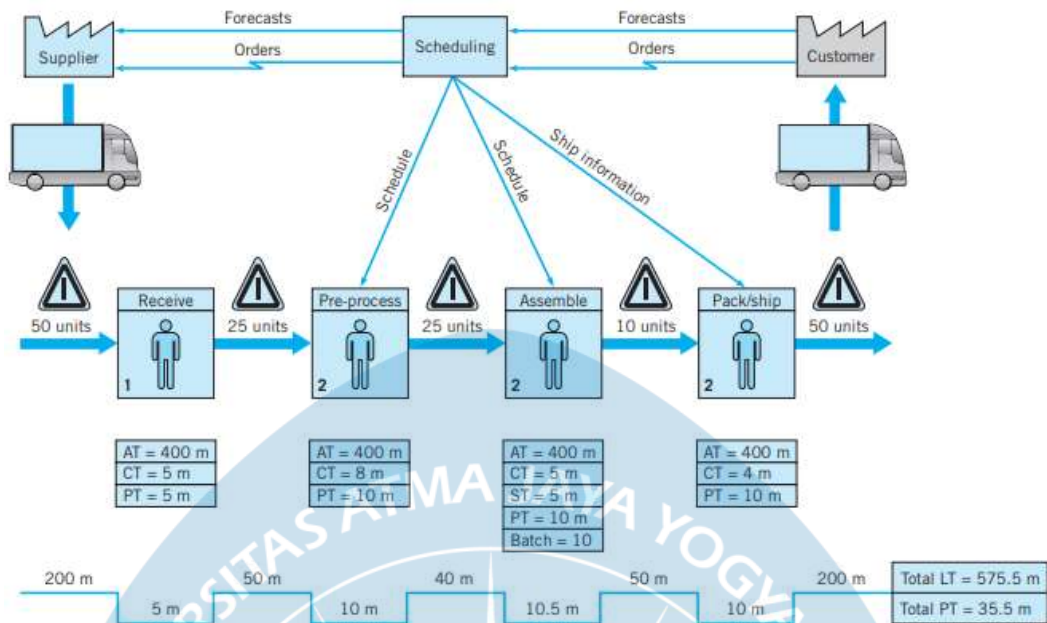
F = Nilai fungsi distribusi kumulatif

Y_i = Urutan data ke- i

Dalam uji atau tes Anderson-Darling, nilai A^2 harus kurang dari nilai titik signifikansi (p-value lebih besar dari 0.05), maka data akan mendekati distribusi normal. Penelitian dari Putri (2020) menyatakan bahwa kekuatan uji kenormalan atau normalitas Anderson-Darling cukup baik untuk data dari sampel (sampel berukuran kecil) distribusi normal maupun tidak normal. Namun, dalam penelitian ini menggunakan *software* Minitab (aplikasi statistik) untuk melakukan uji kenormalan data untuk membantu melakukan penelitian.

2.2.7. Value Stream Mapping

VSM merupakan salah satu *tools* atau alat yang digunakan dengan tujuan memetakan aliran proses. Jika, digunakan dalam manufaktur maka ada hubungan antara *supplier*, *production control* atau proses produksi dan *customer*. VSM ini merupakan rangkaian kegiatan yang dilakukan dalam organisasi seperti *order*, *design*, *produce*, dan *deliver products or service*. Komponen utama dalam VSM adalah aliran material dimulai dari *raw material* diterima hingga pengiriman barang yang sudah jadi kepada *customer*, perubahan dari input (*raw material*) menjadi produk (barang jadi), aliran informasi yang dibutuhkan untuk mendukung aliran material dan proses perubahan menjadi barang jadi dan jasa. Penerapan dari VSM ini memiliki kelebihan dibandingkan *tools* yang lain dikarenakan dapat memberikan informasi bagian mana yang membutuhkan perbaikan proses pada kondisi dari saat ini, bisa juga memberikan informasi yang tepat mengenai sumber *waste* dari suatu proses produksi dan VSM ini bisa memberikan bantuan untuk melakukan perancangan proses produksi secara efektif dan efisien yang merupakan penelitian dari Ahmad dan Aditya (2019). Berikut merupakan contoh gambar dari *Value Stream Mapping* yang diambil dari Montgomery (2009).



Gambar 2.2. Value Stream Mapping (VSM)
(Sumber: Montgomery, 2009)

Berdasarkan Gambar 2.2 diatas, VSM yang dibuat merupakan pemetaan dalam proses atau kegiatan dalam produksi suatu pabrik yang dimulai dari *supplier* yang membawa bahan baku, lalu dilakukan proses produksi (dimulai dari menerima, *pre-process*, merakit dan *packing*) hingga akhirnya menjadi produk dan sampai kepada *customer*. Data penting yang bisa didapatkan dari pemetaan ini adalah *processing time* dan *lead time* atau *non-processing time*.

2.2.8. Fishbone Diagram

Fishbone diagram atau diagram Ishikawa merupakan alat untuk melakukan pemetaan atau identifikasi mengenai sebab dan akibat dari suatu permasalahan. Mitra (2016) menyebutkan *fishbone diagram* dibuat Kaoru Ishikawa dan juga merupakan salah satu alat atau *tools* mengenai pengendalian kualitas. Diagram ini juga dapat membantu untuk menentukan beberapa penyebab yang memiliki efek yang terbesar. Diagram ini akan membantu mengidentifikasi alasan mengapa suatu proses tidak terkendali (*out of control*). Kategori yang digunakan berdasarkan elemen-elemen yang ada di sistem industri adalah *man*, *methods*, *machine*, *material*, *money*, *environment*, *energy*, and *information* (5M, 2E, 1I). Berikut ini merupakan contoh gambar dari *fishbone diagram* yang diambil dari Mitra (2016).



Gambar 2.3. Fishbone Diagram atau Diagram Ishikawa
(Sumber: Mitra, 2016)

Berdasarkan Gambar 2.3 diatas, diagram diatas mencari penyebab apa saja yang bisa mempengaruhi ukuran lubang ban. Faktor penyebabnya dimulai dari peralatan, operator, material, proses dalam *mixing*, *press*, *splicing*, dan *tubing*. Masing-masing faktor penyebab diuraikan berdasarkan kegiatan atau aktivitas yang berkaitan, sehingga penyebab yang diatas bisa disimpulkan bahwa yang bisa mempengaruhi ukuran lubang ban yaitu proses, operator dan material serta peralatan.

2.2.9. Maynard Operation Sequencing Technique (MOST)

MOST termasuk pengukuran kerja tidak langsung (*predetermined motion-time study*) merupakan sebuah konsep yang ditemukan atau diciptakan pada tahun 1967 oleh Kjell Zandin yang bekerja di perusahaan HB Maynard, metode ini melakukan pengukuran waktu normal (waktu penyelesaian pekerjaan yang diselesaikan oleh pekerja dalam kemampuan rata-rata dan kondisi yang wajar) berdasarkan gerakan perpindahan barang atau objek dengan jarak tertentu. MOST merupakan merupakan salah satu teknik evaluasi kerja tercepat dan paling efektif yang tersedia dalam pengukura kerja tidak langsung yang merupakan hasil penelitian dari Mishra dkk (2014). BasicMOST merupakan variasi yang paling sering digunakan dalam penelitian dan merupakan versi pertama dari sistem

MOST serta mampu menyesuaikan dengan Sebagian besar dari operasi kerja yang dilakukan di industri berdasarkan penelitian dari Silva & Leite (2019). BasicMOST memiliki tiga model atau urutan gerakan, yaitu:

a. *General Move* (Urutan Gerakan Umum)

Model ini merupakan perpindahan suatu objek secara manual dari satu tempat ke tempat lainnya. Model Gerakan berpindah tanpa adanya hambatan. Contohnya sendok dipindahkan dari bawah ke atas meja makan. Urutan gerakan umum terdiri dari *get*, *put*, dan *return*. Gerakan ini terdiri dari empat sub aktivitas, yaitu: *action distances* (A), *body motion* (B), *gain control* (G), dan *placement* (P).

b. *Controlled Move* (Urutan Gerakan Terkendali)

Model ini mendeskripsikan perpindahan suatu objek secara manual atau dikendalikan dengan kata lain objek tersebut tetap bersentuhan dengan permukaan atau bisa digabungkan dengan objek lain selama pemindahan tempat dan dibatasi sedikitnya satu arah. Contohnya adalah kotak yang berada di atas meja didorong ke depan. Urutan gerakan terkendali terdiri dari *get*, *move or actuate* dan *return*. Gerakan ini memiliki tambahan yaitu *move controlled* (M), *process time* (X) dan *align* (I)

c. Urutan Gerakan Menggunakan Alat atau *Tool Use*

Model ini dikembangkan dari model *general move* atau gerakan umum, dengan adanya tambahan parameter tertentu yang menunjukkan kegiatan yang menggunakan bantuan peralatan. Jadi, gerakan umum merupakan awalan dan dilanjutkan dengan pengukuran waktu untuk gerakan tangan dalam menggunakan alat bantu. Urutan pemakaian peralatan adalah *get*, *put or place*, *use*, *put back*, dan *return*. Pada bagian *use* (menggunakan peralatan) dapat dibedakan atau diisi dengan *fasten* (F), *loosen* (L), *cut* (C), *surface treat* (S), *measure* (M), *record* (R) dan *think* (T).

Setiap urutan gerakan atau sub aktivitas akan diberikan *index value* sesuai dengan tabel MOST yang tersedia dan sesuai dengan model gerakan yang digunakan. *Index value* akan dijumlahkan, lalu dikalikan 10 untuk mendapatkan *time measurement units* (TMU) dan apabila gerakan tersebut berulang maka bisa langsung dikalikan sesuai dengan perulangan atau frekuensi. Setelah mendapatkan nilai dari TMU, maka dilakukan konversi yang dimana 1 TMU sama dengan 0.036 detik. Waktu tidak langsung digunakan untuk bisa memberikan gambaran waktu pada saat usulan perbaikan diterapkan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini nantinya akan memberikan gambaran dari waktu kerja yang akan

diusulkan secara bertahap atau per aktivitas dalam suatu kegiatan. Penelitian ini akan membandingkan pengukuran kerja langsung (berdasarkan elemen-elemen aktivitas yang ada) dengan pengukuran kerja tak langsung.

Berdasarkan dasar teori yang dibahas pada bagian sebelumnya, yang nantinya akan digunakan dalam penelitian ini. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan DMAIC, yang dimana penelitian dilakukan secara terstruktur atau bertahap. Metode ini digunakan untuk memberikan perbaikan berdasarkan sistem yang ada. Konsep yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah *lean six sigma* yang bertujuan untuk minimasi *waste*. Tahapan *define* merupakan definisi permasalahan serta melakukan identifikasi jenis *waste* dalam sistem. Penelitian ini menggunakan salah satu *tools* untuk bisa menggunakan konsep *lean* adalah *waste assessment model*, yang dimana *tools* ini digunakan untuk mengetahui jenis *waste* yang ada di tempat penelitian dengan tujuan untuk melakukan minimasi *waste*.

Pengambilan dan pengujian data dilakukan secara langsung, agar data tersebut bisa digunakan dalam tahap selanjutnya. *Fishbone diagram* digunakan untuk mencari tahu akar penyebab permasalahan dalam sistem yang ada, sedangkan MOST (*Maynard Operation Sequencing Technique*) digunakan untuk mengukur waktu yang digunakan berdasarkan perbaikan atau *improve* yang akan dilakukan. Pengukuran waktu tidak langsung digunakan untuk memberikan gambaran pada saat usulan perbaikan akan diterapkan. *Value stream mapping* digunakan untuk memetakan keseluruhan proses yang ada pada sistem saat ini (*current value stream mapping*) maupun sistem yang akan dilakukan perbaikan (*future value stream mapping*).