

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Industri Karung Plastik

Berbagai macam industri banyak ditemui di Indonesia, baik itu industri manufaktur ataupun industri jasa. Tujuan diciptakannya berbagai macam industri adalah untuk memenuhi kebutuhan manusia, salah satunya adalah industri plastik. Biji plastik dapat diolah menjadi berbagai macam produk jadi yang memiliki banyak manfaat untuk kehidupan sehari-hari. Banyak industri yang mengolah kembali plastik menjadi produk lain, seperti contoh kemasan makanan, berbagai peralatan rumah tangga, hingga karung.

Karung memiliki banyak manfaat dalam aktivitas masyarakat, tanpa disadari karung memiliki peranan dalam menjaga sandang dan pangan. Selain itu juga karung berfungsi sebagai tempat penyimpanan multi fungsi. Karung memiliki ukuran yang bermacam-macam dari ukuran kecil hingga besar dengan kapasitas yang berbeda-beda pula (Latifah, 2019). Terdapat beberapa tahapan proses pembuatan karung, secara garis besar karung terbuat dari benang plastik yang kemudian dilakukan perajutan benang sehingga menjadi lembaran-lembaran dalam bentuk gulungan yang besar. Proses berikutnya adalah melakukan pemotongan lembaran karung sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Lembaran karung yang telah dipotong, kemudian dilakukan penjahitan untuk 3 sisi karung, dan bagian atas karung dibiarkan terbuka. Selain itu juga bagian luar karung dapat dibuat desain sesuai dengan kebutuhan. Setelah semua proses selesai, lot-lot karung dikemas berdasarkan ukuran dan jenisnya serta dengan jumlah yang telah ditentukan.

### 2.2 Konsep Dasar *Lean*

*Lean* dalam Bahasa Inggris berarti ramping. Menurut Gaspersz (2007) mengatakan bahwa *Lean* merupakan pendekatan sistematis yang berfungsi untuk mengidentifikasi pemborosan (*waste*) dan menghilangkannya. Agar dapat memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*), maka harus dilakukan peningkatan nilai tambah (*value added*) terlebih dahulu pada produk atau jasa. Umumnya konsep dasar *Lean* adalah meningkatkan perbandingan *value added* terhadap *waste* untuk meningkatkan *customer value*.

### 2.2.1 *Lean Manufacturing*

*Lean manufacturing* berguna untuk mengidentifikasi semua aktivitas yang memiliki pemborosan (*waste*) secara dinamis dan berkelanjutan yang melibatkan seluruh karyawan (Dailey, 2003). Sedangkan Santos, Wysk, dan Torres (2006) mengatakan bahwa *Lean Manufacturing* merupakan salah satu cara yang berguna untuk mendefinisikan sistem produksi yang bebas dari pemborosan dengan prinsip *muda* sebagai rujukan. Toyota menggunakan istilah 3M dalam pemborosan *Lean manufacturing*, Liker (2004) menjelaskan dalam bukunya mengenai 3M:

1. *Muda* (tidak bernilai tambah) merupakan kegiatan yang tidak berguna sehingga dapat mengakibatkan *lead time* bertambah panjang, munculnya gerakan tambahan yang tidak perlu, adanya kelebihan persediaan, dan waktu tunggu bertambah.
2. *Muri* (pembebanan berlebihan) adalah memberikan beban kepada manusia, mesin, atau sumber daya lainnya di luar kemampuannya.
3. *Mura* (ketidakseimbangan) merupakan ketidakseimbangan yang diakibatkan oleh tidak teraturnya jadwal produksi, kerusakan mesin, kekurangan komponen, atau produk cacat juga dapat mempengaruhi volume produksi yang berlebihan atau berfluktuasi.

### 2.2.2 Jenis-Jenis Pemborosan

Terdapat dua kelompok pemborosan (*waste*) dalam konsep *Lean*. Pertama, *Type One Waste* yang merupakan kegiatan pekerjaan yang tidak bernilai tambah dan tidak bisa dihilangkan karena alasan tertentu (Gaspersz, 2007). Kemudian yang kedua adalah *Type Two Waste*. Sama halnya dengan *type one waste*, namun kegiatan pekerjaan yang tidak bernilai tambah ini dapat segera dihilangkan. Adapun jenis aktivitas yang lain adalah *value added work activity* merupakan aktivitas yang menghasilkan nilai tambah. Penggambaran dari ketiga jenis aktivitas tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Menurut Liker dan Meier (2006) terdapat delapan pemborosan pada konsep dasar *Lean*, yaitu sebagai berikut:

#### 1. Produksi Berlebihan

Pemborosan pada produksi adalah memproduksi produk lebih banyak atau lebih awal dibandingkan dengan permintaan konsumen.

2. Waktu (menunggu)

Waktu menunggu dapat disebabkan oleh operator atau material yang menunggu ketika tidak melakukan pekerjaan.

3. Transportasi

Proses yang dilakukan untuk memindahkan material saat proses berlangsung dari suatu tempat ke tempat lainnya.

4. Pemrosesan secara berlebih

Melakukan atau menambahkan langkah-langkah yang tidak terdapat dalam prosedur proses kerja.

5. Persediaan berlebih

Akibat dari produksi berlebih adalah bertambahnya persediaan sehingga dapat mengakibatkan penumpukan material atau bahan baku, produk *work in process*, dan produk jadi di gudang.

6. Gerakan tambahan

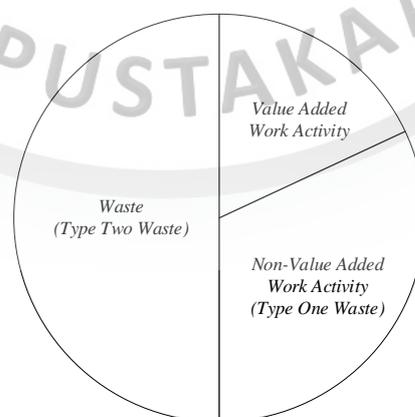
Terdapat beberapa gerakan tambahan yang sering dilakukan seperti contoh mencari, meraih, atau menumpuk komponen, sehingga menambah *lead time*.

7. Produk cacat

Produk cacat yang dihasilkan dengan tidak sengaja atau disengaja memerlukan perbaikan sehingga menghasilkan pemborosan lain seperti perbaikan ulang, biaya perbaikan, serta inspeksi tambahan.

8. Tidak memanfaatkan kreativitas karyawan

Pendapat-pendapat atau gagasan dari karyawan yang memiliki ilmu lebih tidak didengarkan sehingga bertambahnya permasalahan lain.



Gambar 2.1 *Un-Lean (Traditional) Work Activity* yang tipikal  
Sumber: Gaspersz (2007)

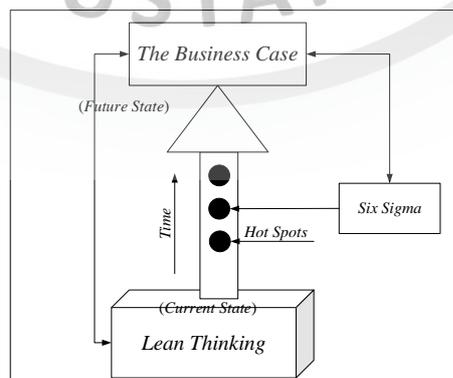
### 2.3 Six Sigma

*Total Quality Management* (TQM) dapat diartikan sebagai sebuah pendekatan yang memfokuskan pada kualitas suatu sistem dan menggunakan prinsip perbaikan secara terus-menerus yang mencakup 5M (*Man, Money, Material, Methods, Machine*) dalam pengaplikasiannya. Salah satu bagian dari TQM adalah *Six Sigma*. Menurut Gaspersz (2005) pencapaian target 3,4 kegagalan dari satu juta peluang (DPMO) merupakan misi *Six Sigma* untuk meningkatkan kualitas dari setiap produk ataupun jasa. Oleh karena itu, *Six Sigma* juga dikenal sebagai usaha untuk mencapai kesempurnaan (*zero defect*) (Gaspersz, 2005).

### 2.4 Lean Six Sigma

*Lean Six Sigma* (LSS) merupakan perpaduan antara *Lean* dan *Six Sigma*. Kedua konsep ini saling melengkapi, dimana konsep *Lean* berupaya untuk menghilangkan pemborosan yang terjadi di sebuah organisasi atau perusahaan dan memperlancar aktivitas yang bernilai tambah. Sedangkan *Six Sigma* akan mengurangi variansi dari aktivitas tersebut dan melakukan peningkatan terus menerus sampai mencapai 3,4 kegagalan dari satu juta peluang (Gaspersz dan Fontana, 2018).

Model konseptual *Lean Six Sigma* dapat diintegrasikan bersama untuk membentuk alat manajemen yang meningkatkan proses bisnis. Filosofi *Lean* diantaranya adalah memberikan arahan strategis dan landasan untuk perbaikan, serta memberikan informasi mengenai keadaan saat ini (*current state*). Setelah mengetahui bagian-bagian ini, *Six Sigma* menyediakan metodologi peningkatan proyek yang berfokus pada bagian-bagian yang telah diidentifikasi pada *Lean* dan mendorong sistem untuk menuju keadaan yang diinginkan di masa yang akan datang (Pepper dan Spedding, 2010). Model konseptual *lean six sigma* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Model Konseptual *Lean Six Sigma*

## 2.5 Langkah Penerapan *Lean Six Sigma*

Terdapat beberapa langkah dalam penerapan *Lean Six Sigma*. Langkah-langkah ini tersusun secara sistematis mulai dari identifikasi masalah sampai pada pengawasan dari penerapan usulan perbaikan permasalahan. Umumnya Langkah penerapan *Lean Six Sigma* sama seperti langkah pada fase *Six Sigma* yaitu *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, dan *Control* (*DMAIC*) dan menerapkan beberapa tools yang biasa digunakan dalam *Lean* (Gaspersz dan Fontana, 2018).

### 2.5.1 *Define*

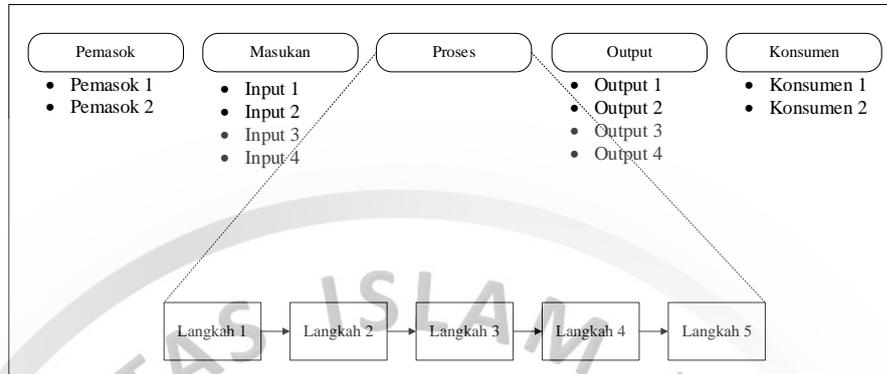
Langkah pertama dalam penerapan *Lean Six Sigma* adalah tahap *define*, yaitu dengan mendefinisikan masalah yang ada di sebuah perusahaan atau organisasi. Pendefinisian masalah dapat dilakukan dengan mengembangkan visi, misi, dan tujuan perusahaan. Kemudian menganalisis peluang, ancaman, tantangan, dan hambatan yang dihadapi oleh perusahaan, mengembangkan dan menganalisis proses bisnis perusahaan (Gaspersz dan Fontana, 2018). Adapun *tools* yang dapat dikembangkan dalam tahap ini yaitu dengan membuat proses bisnis perusahaan dengan menggunakan diagram *supplier, input, process, output, customer* (*SIPOC*) dan menganalisis proses produksi menggunakan *Value Stream Map* (*VSM*).

#### 2.5.1.1 Diagram *Supplier, Input, Process, Output, Customer* (*SIPOC*)

Diagram *SIPOC* dibuat untuk menunjukkan aktivitas utama atau bagian dari proses dalam sebuah bisnis perusahaan yang digambarkan secara bersamaan. Diagram *SIPOC* ini merupakan alat visual untuk mendokumentasikan proses bisnis (Bloj Moica, dan Veres, 2020). Kata *SIPOC* menjadi kependekan kata untuk menggabungkan lima unsur kualitas yaitu (Gaspersz, 2005):

1. *Supplier*, didefinisikan sebagai seseorang atau sekelompok orang yang memberikan sumberdaya berupa informasi, material, dan lainnya untuk dipakai dalam suatu proses. Sub proses yang memberikan masukan untuk sub proses berikutnya dinamakan *supplier internal*.
2. *Input*, didefinisikan ketika pemasok memberikan segala sumber daya yang dimilikinya.
3. *Process*, sekumpulan langkah yang mengubah *input* menjadi bernilai tambah. Bagian-bagian yang mendirikan suatu proses disebut sebagai sub-proses.

4. *Output*, didefinisikan sebagai hasil dari sebuah proses yang berupa produk (barang atau jasa).
5. *Customer*, orang atau kelompok yang menerima *output* atau sub-proses penerima *output* (*internal customer*).



Gambar 2.3 Diagram SIPOC

### 2.5.1.2 Value Stream Map (VSM)

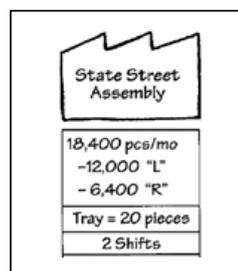
*Value Stream Map* (VSM) adalah salah satu *tools* dalam *Lean* yang berguna untuk menggambarkan aliran material dan informasi serta dapat menganalisis beberapa pemborosan yang terjadi dalam system (Liker, 2004). Terdapat langkah utama dalam pembuatan VSM, yaitu sebagai berikut:

- 1) Mengidentifikasi Famili Produk

Langkah pertama dalam membuat VSM adalah dengan mengidentifikasi famili produk. Famili produk adalah jika dalam sebuah proses produksi terdapat beberapa produk dengan tahapan proses yang sama serta melalui mesin yang sama pula.

- 2) Mengidentifikasi kebutuhan pelanggan

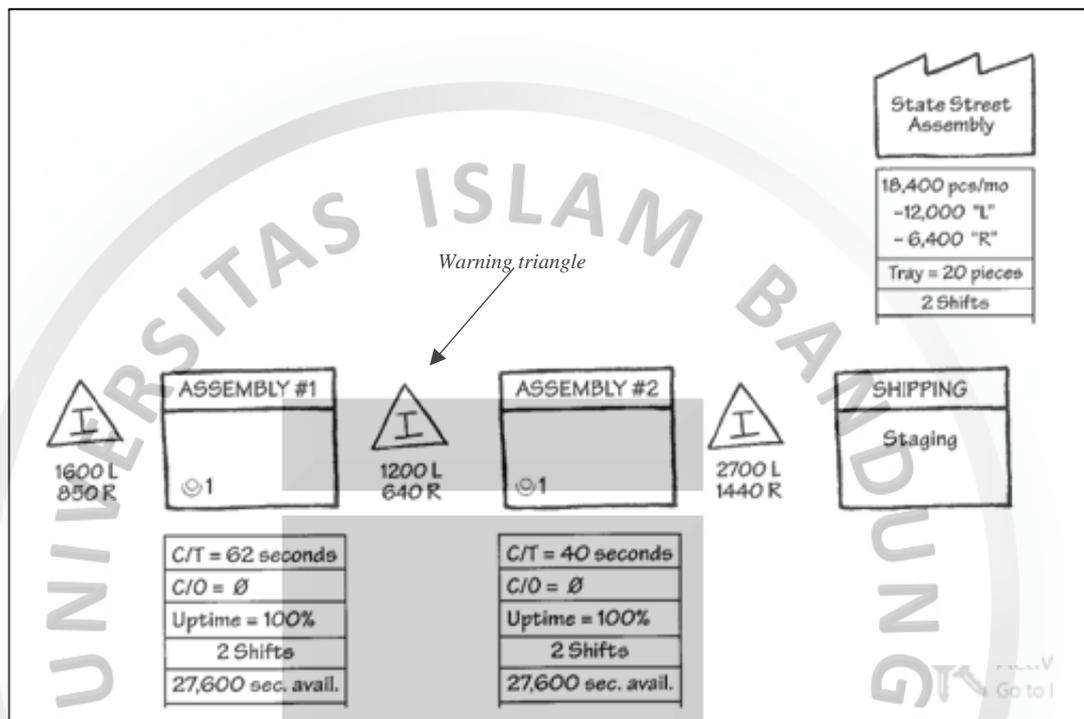
Pemetaan dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan pelanggan. Pelanggan digambarkan dengan ikon *Factory* yang ditempatkan pada bagian kanan atas peta. *Factory* digambarkan *Data Box* yang berisi data kebutuhan pelanggan, dapat dilihat pada Gambar 2. 4.



Gambar 2.4 Data Box Kebutuhan Pelanggan

3) Memetakan tahapan proses

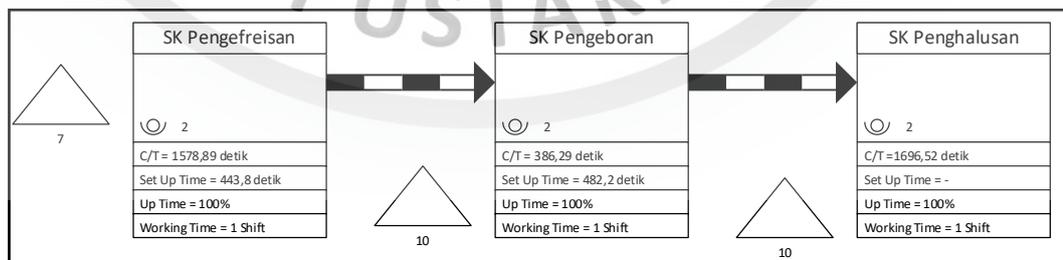
Langkah berikutnya pada penggambaran VSM adalah membuat *current state map* atau menggambarkan proses produksi. Proses digambarkan dengan ikon *process box*, ikon ini mengindikasikan aliran material. Apabila terdapat inventori maka digambarkan dengan ikon *warning triangle*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pemetaan Tahapan Proses

4) Memetakan aliran material

Ikon *truck* dan *board arrow* menunjukkan perpindahan barang jadi ke pelanggan, selain itu juga menunjukkan perpindahan material dari *supplier*. Proses memetakan aliran material dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Pemetaan Aliran Material

5) Memetakan aliran informasi

Ikon *narrow line* digunakan untuk menunjukkan arus informasi, sedangkan garis yang dimodifikasi seperti kilat digunakan untuk menunjukkan arus

informasi secara elektronik. Proses memetakan aliran informasi bisa dilihat pada Gambar 2.7.

6) Melengkapi VSM dengan informasi *lead time* dan *value added time*

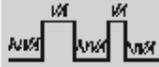
Gambar *timeline* yang berada di bawah *process box* dan inventori *triangle* menunjukkan *lead time* produksi, yaitu total waktu untuk menyelesaikan satu produk di rantai produksi.. Pembuatan *lead time* dapat dilihat pada Gambar 2.8.

Adapun simbol yang biasa digunakan dalam VSM dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Simbol-Simbol *Value Stream Map* (VSM)

No	Nama	Lambang	Fungsi
1	<i>Customer / Supplier</i>		Menggambarkan <i>supplier</i> jika berada di kiri atas yang menandakan aliran material dimulai, jika berada di kanan atas menandakan <i>customer</i> atau selesainya aliran material.
2	<i>Dedicated Process</i>		Menggambarkan proses pada stasiun kerja yang dilalui oleh aliran material. Biasanya menggambarkan aliran material kontinu.
4	<i>Data Box</i>		Memberikan informasi / data dari setiap proses pada departemen atau stasiun kerja.
5	<i>Operator</i>		Menggambarkan jumlah operator yang bekerja pada departemen atau stasiun kerja.
6	Inventori		Menunjukkan adanya inventori atau <i>stock</i> di antara dua proses. Jika terdapat lebih dari satu maka dapat diakumulasikan.
7	<i>Shipments</i>		Menyatakan aliran bahan baku dari pemasok atau <i>supplier</i> menuju pabrik atau proses awal sampai gudang bahan baku atau menyatakan aliran produk jadi dari gudang produk jadi sampai ke tangan konsumen.

Tabel 2.1 Simbol-Simbol *Value Stream Map* (VSM) (Lanjutan)

No	Nama	Lambang	Fungsi
8	<i>Push Arrows</i>		Menyatakan perpindahan material atau bahan baku dari departemen satu ke departemen lainnya.
9	<i>External Shipments</i>		Menggambarkan pengiriman material atau bahan baku dari pemasok sampai ke pabrik, atau pengiriman dari pabrik ke konsumen.
10	<i>Production Control</i>		Menunjukkan penjadwalan produksi atau departemen pengontrolan.
11	<i>Manual Info</i>		Menunjukkan aliran informasi manual berupa catatan atau laporan selama proses produksi berlangsung.
12	<i>Electronic Info</i>		Menunjukkan aliran informasi elektronik seperti melalui <i>email</i> , <i>Electronic Data Interchange</i> (EDI), dll.
13	<i>Timeline</i>		Garis di bawah memperlihatkan waktu yang bernilai tambah ( <i>cycle time</i> ) dan garis di atas menunjukkan waktu yang tidak bernilai tambah seperti transportasi. Secara keseluruhan dapat menghitung <i>Lead Time</i> .

Sumber: Gaspersz (2007)

### 2.5.1.3 Identifikasi Pemborosan

Setelah melakukan pemetaan proses produksi menggunakan VSM maka langkah berikutnya yang dapat dilakukan adalah mengidentifikasi pemborosan dengan mengelompokkan beberapa aktivitas yang terjadi selama proses produksi berlangsung. Menurut Gaspersz dan Fontana (2018) terdapat tiga kategori aktivitas di perusahaan mengenai pemborosan, yaitu sebagai berikut:

1. Aktivitas *value added* (VA) merupakan segala macam aktivitas yang dilakukan pada saat proses di perusahaan yang bernilai tambah.
2. Aktivitas *non-value added* (NVA) adalah segala aktivitas yang dilakukan dalam proses di perusahaan yang tidak bernilai tambah. Aktivitas ini sebab dari

terciptanya pemborosan di lantai produksi sehingga mengurangi produktivitas perusahaan. NVA dapat dihilangkan untuk meningkatkan perbaikan.

3. Aktivitas *necessary but non value added (NNVA)* adalah aktivitas yang tidak bernilai tambah tetapi tidak dapat dihilangkan karena dapat mendukung proses produksi.

Pengklasifikasian dilakukan untuk setiap proses, kemudian dapat diketahui persentase setiap aktivitas dari masing-masing proses. Berdasarkan hasil pengklasifikasian aktivitas dapat diketahui macam-macam aktivitas yang termasuk ke dalam kategori NVA dan NNVA, yang kemudian akan dikelompokkan berdasarkan jenis pemborosan. Pengklasifikasian aktivitas dan pengelompokan jenis pemborosan dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

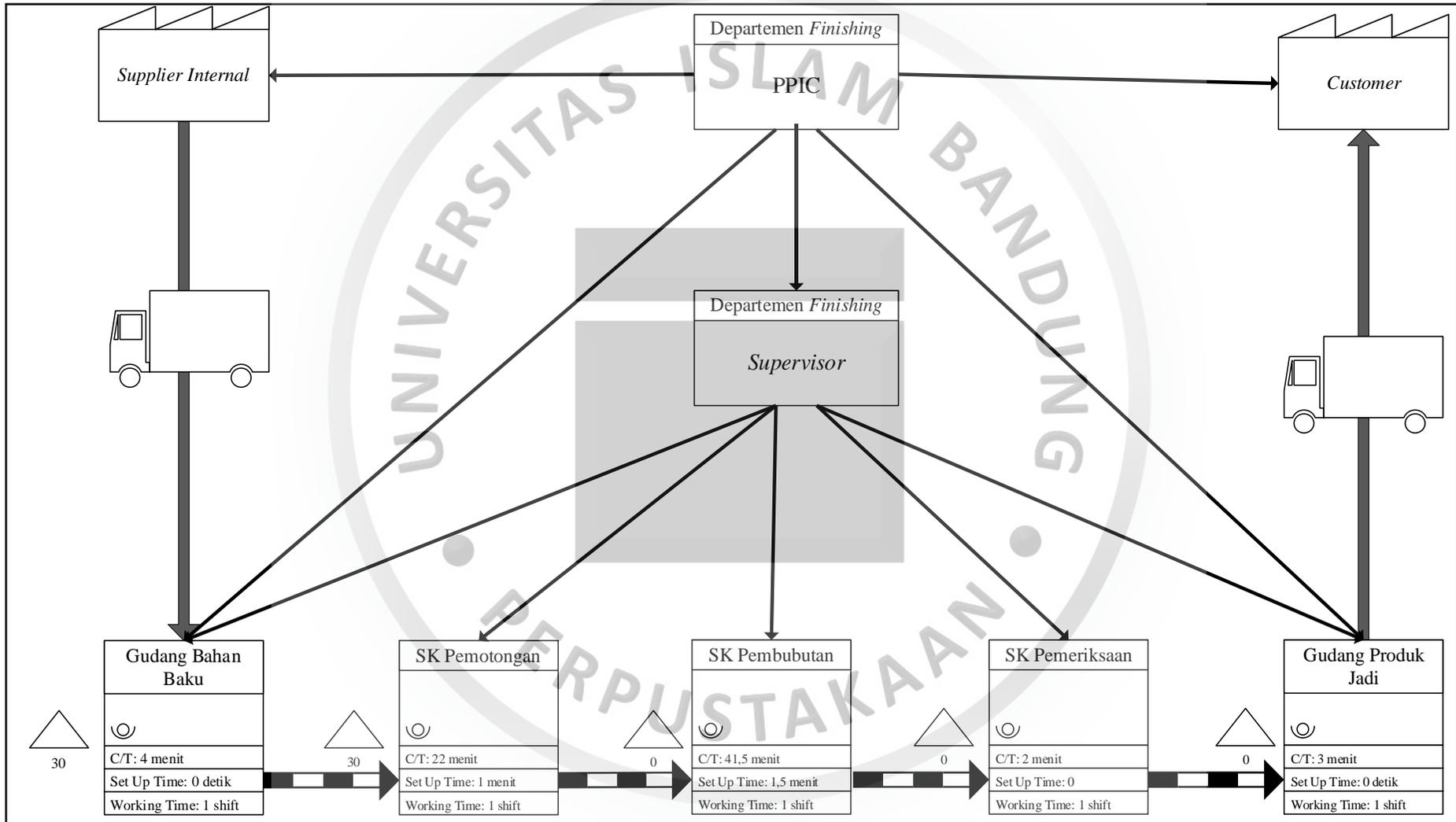
Tabel 2.2 Klasifikasi Aktivitas

No	Proses	Aktivitas	Keterangan			Waktu (menit)
			VA	NVA	NNVA	
1	Persiapan Bahan Baku	Operator memindahkan gulungan karung ke mesin MOJ			√	3,45
2		...	√			..
..		...	√			..
..		...			√	..
Total			4	2	2	15,45
Persentase			50%	25%	25%	

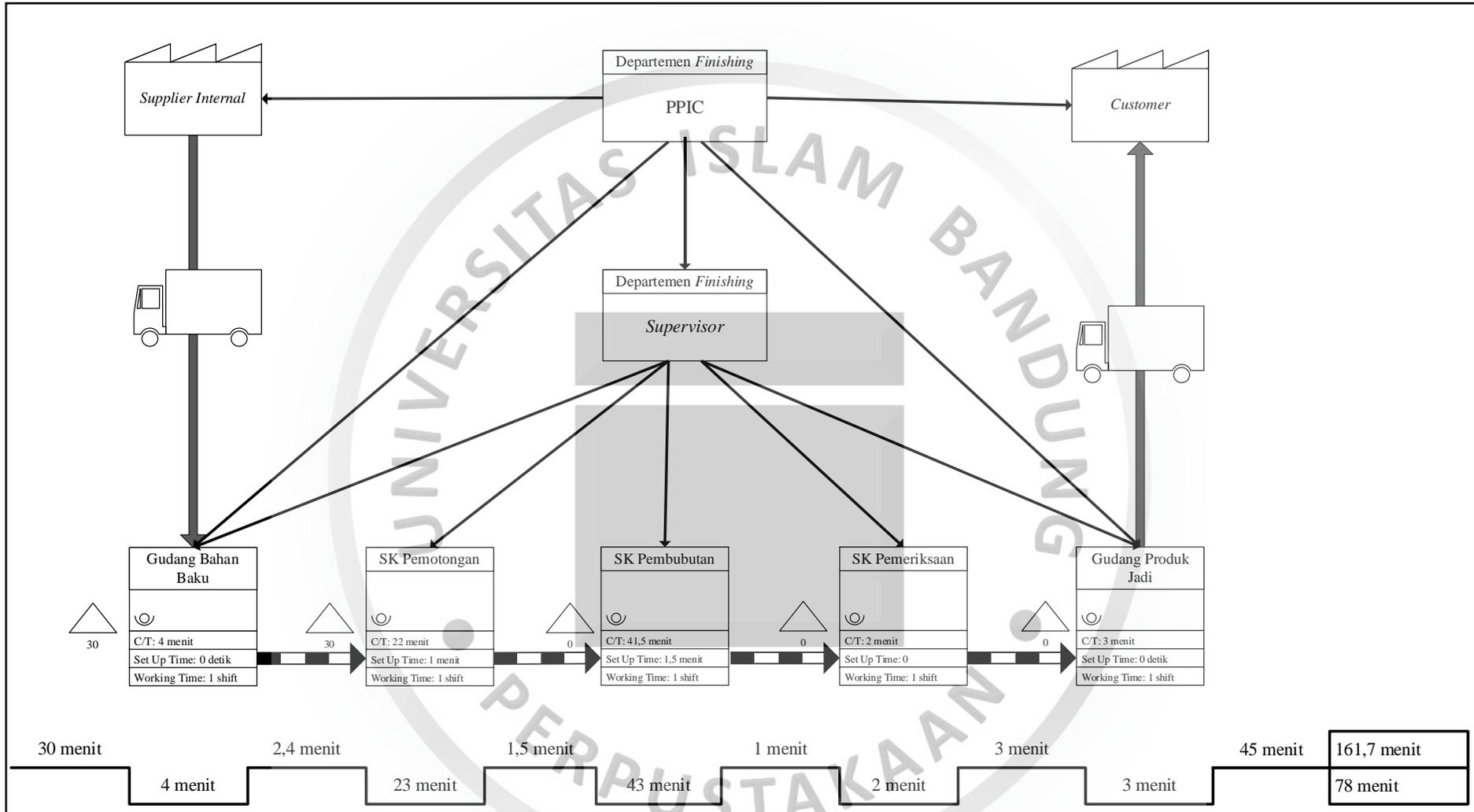
Tabel 2.3 Pengelompokan Jenis Pemborosan

No	Aktivitas	Keterangan		Jenis Pemborosan
		NVA	NNVA	
1	Operator memindahkan gulungan karung ke mesin MOJ		√	<i>Transportation</i>
2	...			...
3	Operator menunggu perbaikan mesin	√		<i>Waiting</i>
..	...			...
..	...			...

Perbedaan antara Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 adalah waktu yang terbuang dari masing-masing aktivitas dan jenis pemborosan dari setiap aktivitas. Jika sudah menghitung waktu yang terbuang maka langkah berikutnya adalah mengklasifikasikan setiap aktivitas ke dalam jenis-jenis pemborosan.



Gambar 2.7 Pemetaan Aliran Informasi



Gambar 2.8 Pemberian Informasi Timeline

#### 2.5.1.4 Formulir E-DOWNTIME

Menurut Gaspersz dan Fontana (2018) salah satu *tools* yang dapat mempermudah untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan adalah Formulir E-DOWNTIME yaitu akronim dari sembilan jenis pemborosan yang terjadi di dalam sebuah bisnis. Terdapat satu tambahan jenis pemborosan pada E-DOWNTIME ini, yaitu pemborosan yang berhubungan dengan *Environmental, Health, and Safety* (EHS). Adapun Formulir E-DOWNTIME dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Formulir E-DOWNTIME

No	Proses	E-H-S	Defect	Overproduction	Waiting	Not Utilizing	Transportation	Inventori	Motion	Excess Processing	Total Waste	Improvement Ranking	Improvement Ideas and Comment
1													
2													

#### 2.5.2 Measure

*Measure* merupakan langkah kedua dalam penerapan *Lean Six Sigma*. Menurut Gaspersz dan Fontana (2018) terdapat beberapa tahapan yang dilakukan pada langkah *measure*, yaitu dengan melakukan pemetaan indikator kinerja kunci yang berfokus terhadap kualitas, biaya, keselamatan, pelayanan, dan moral pada sepanjang pemetaan aliran produksi atau VSM. Selain itu juga dilakukan plot kinerja kunci pada VSM dan analisis variansi penyebab khusus, dan menghitung kapabilitas proses (nilai sigma) sepanjang proses aliran produksi. *Tools* yang digunakan pada tahap ini yaitu dengan menggunakan perhitungan peta kendali untuk setiap jenis kecacatan produk dan perhitungan nilai sigma untuk semua jenis pemborosan yang terjadi di sepanjang aliran produksi.

##### 2.5.2.1 Penentuan *Key Performance Index* (KPI)

Terdapat beberapa KPI dalam mengukur kinerja perusahaan salah satunya perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur. KPI merupakan sebuah indikator kunci secara kuantitatif atau terukur. Tujuan dari perhitungan KPI ini adalah memberikan informasi sejauh mana perusahaan mencapai sasaran kerjanya.

Berdasarkan hasil perhitungan KPI maka dapat diketahui pemborosan yang terjadi dan langkah-langkah untuk memperbaikinya (Marlyana, 2011).

### 2.5.2.2 Total Lead Time (TLT)

Menurut Marlyana (2011), *Total Lead Time* (TLT) adalah besaran waktu yang dibutuhkan untuk mengubah bahan baku menjadi produk jadi atau produk setengah jadi. Cara untuk mengetahui TLT ini bisa dilihat dari hasil penggambaran VSM. Semakin kecil nilai TLT maka semakin baik proses yang ada, begitupun sebaliknya.

### 2.5.2.3 Process Cycle Efficiency (PCE)

*Process Cycle Efficiency* (PCE) merupakan salah satu indikator untuk mengetahui efisiensi suatu proses. Perhitungan PCE ini dipengaruhi oleh perbandingan waktu *Value Added* (VA) dan *Total Lead Time* (TLT). Semakin besar hasil perbandingan maka dapat dikatakan semakin efisien proses yang dilakukan (Marlyana, 2011). Perhitungan PCE dilakukan dengan persamaan berikut:

$$PCE = \frac{VA}{TLT} \times 100\% \dots \dots \dots (II-1)$$

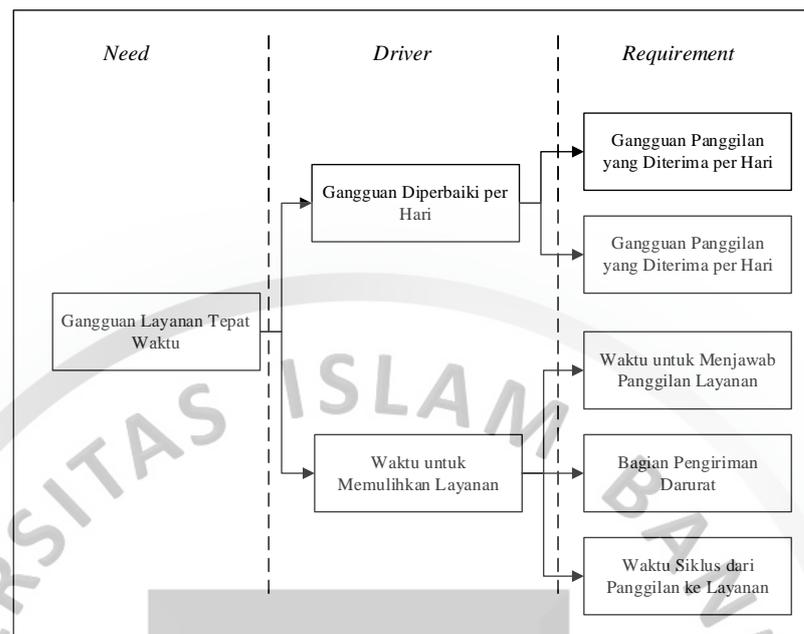
Menurut Gaspersz dan Fontana (2018), PCE perusahaan Toyota Jeoang adalah 53%, perusahaan lain di Jepang sekitar 50%, perusahaan di Amerika sekitar 30-40%, sedangkan PCE perusahaan lokal di Indonesia di bawah 10%.

### 2.5.2.4 Perhitungan DPMO

*Defect per Million Opportunity* (DPMO) merupakan salah satu pengukuran performansi proses yang ada dalam *six sigma*. Perhitungan DPMO ini berfungsi untuk mengetahui kapabilitas perusahaan, sejauh mana perusahaan akan menghasilkan kegagalan dalam peluang satu juta produk. Perhitungan DPMO dipengaruhi oleh *Critical To Quality* (CTQ), maka dari itu harus diketahui terlebih dahulu CTQ dari objek yang nilai DPMOnya akan dihitung. CTQ sendiri adalah karakteristik kunci yang dapat diukur dari sebuah proses atau produk yang harus memenuhi keinginan dan kebutuhan konsumen (Pande, Neuman dan Cavanaugh, 2002)

Terdapat beberapa langkah untuk menentukan CTQ, yaitu dengan cara mengidentifikasi kebutuhan kritis. Kemudian mengembangkan kebutuhan kritis lebih spesifik. Lalu langkah terakhir dari menentukan CTQ adalah dengan menemukan persyaratan kualitas dari kebutuhan kritis yang telah ditentukan. Cara menentukan

CTQ bisa menggunakan CTQ Tree. Salah satu contoh CTQ Tree dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 CTQ Tree

Cara untuk menghitung nilai kapabilitas *sigma* terdapat beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Menentukan jumlah unit yang akan diukur
- 2) Identifikasi peluang
- 3) Menghitung banyaknya kegagalan
- 4) Menghitung nilai kapabilitas *sigma*

Menghitung DPMO

$$DPMO = \frac{\text{banyaknya kegagalan}}{\text{banyaknya unit yang diperiksa} \times \text{CTQ potensial}} \times 1.000.000 \dots \dots (II-2)$$

Tabel 2.5 menunjukkan jumlah cacat yang dihasilkan dari setiap tingkatan nilai *sigma*

Tabel 2.5 Tingkat Pencapaian Sigma

Tingkat Pencapaian Sigma	Cacat/keseluruhan (%)	Cacat/keseluruhan (DPM)
1-sigma	69,15	691.462
2-sigma	30,85	308.538
3-sigma	6,68	66.807
4-sigma	0,62	6.210
5-sigma	0,0233	233
6-sigma	0,00034	3,4

Sumber: Gaspersz dan Fontana (2018)

Menurut Dewi, Setyanto, dan Tantrika (2013) perhitungan DPMO tidak hanya dilakukan pada produk cacat, tetapi bisa juga dilakukan untuk semua jenis kasus begitu juga dengan semua jenis pemborosan yang terjadi di rantai produksi. Rumus yang digunakan untuk perhitungan DPMO pada jenis kasus lain sama dengan rumus DPMO pada Persamaan 2-2. Contoh kasus mengenai perhitungan DPMO dapat dilihat pada Tabel 2. 6.

Tabel 2.6 Contoh Kasus Pengukuran Nilai Sigma

		Kapabilitas Sigma					
		1	2	3	4	5	6
Kasus	Unit Total	691.462 DPMO	308.538 DPMO	66.807 DPMO	6.210 DPMO	233 DPMO	3,4 DPMO
<i>Downtime</i> mesin / peralatan per 10 ribu jam kerja (10.000 x 60 menit = 600 ribu menit)	600.000 menit	414.877,2 menit	185.122,8 menit	40.084,2 menit	3.726 menit	139,8 menit	2,04 menit
Kesalahan per 500 ribu transaksi	500.000 transaksi	345.731	154.369	33.401	3.105	117	2
Keterlambatan penyerahan proyek berjangka waktu 180 hari kerja (180 hr x 24 jam x 60 menit = 259.200 menit)	259.200 menit	179.227 menit = 2.987,12 jam = 124,46 hari = 4,15 bulan	79.973 menit = 1.332,88 jam = 55,54 hari	17.316 menit = 288,6 jam = 12,03 hari	1.610 menit = 26,83 jam = 1,12 hari	60 menit = 1 jam	1 menit
Kegagalan memperoleh pekerjaan yang sesuai per 40 ribu alumni universitas	40.000 orang	27.658 orang	12.342 orang	2.672 orang	248 orang	9 orang	0 orang

Sumber: Gaspersz dan Fontana (2018)

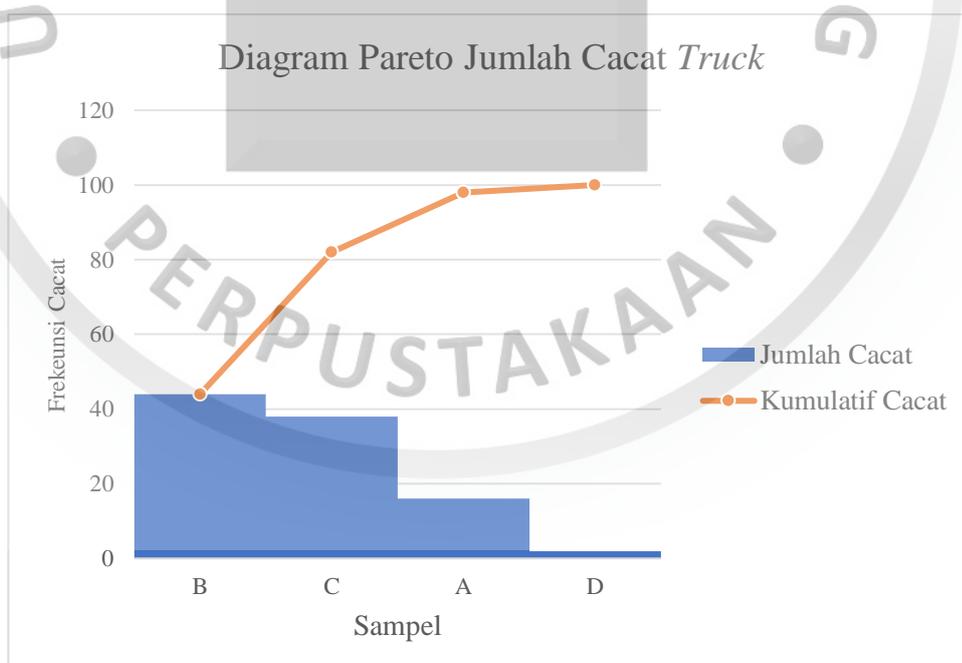
Tabel 2.6 kasus pertama menjelaskan mengenai kasus perhitungan nilai sigma pada *downtime* mesin/peralatan dengan jam kerja selama 600.000 menit. Apabila ingin mencapai nilai 5 sigma, maka toleransi untuk *downtime* mesin/peralatan adalah 139,8 menit dari 600.000 menit jam kerja. Kemudian jika dilihat dari DPMO, nilai 5 sigma adalah 233 DPMO yang berarti jika jam kerja sebesar 1.000.000 menit maka toleransi untuk *downtime* mesin / peralatan adalah sebesar 233 menit.

### 2.5.3 Analyze

*Analyze* merupakan langkah berikutnya setelah melakukan perhitungan dalam penerapan *Lean Six Sigma*. Tahap *analyze* bertujuan untuk menganalisis penyebab akar permasalahan kemudian dapat memberikan solusi perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) dari permasalahan yang ada. *Tools* pada metode *Statistical Process Control (SPC)* yang dapat digunakan pada tahap *analyze* diantaranya adalah Diagram Pareto, Diagram Sebab Akibat, dan *Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)*.

#### 2.5.3.1 Diagram Pareto

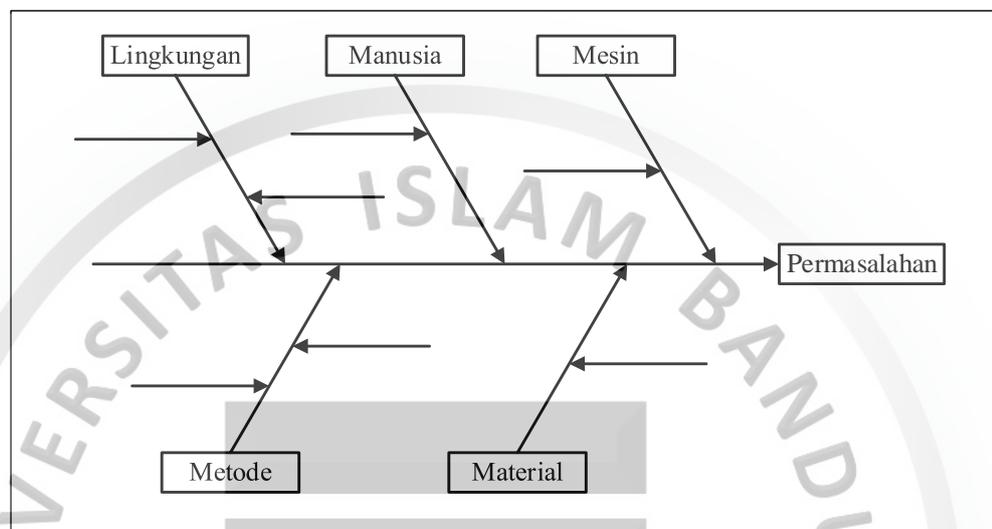
Diagram Pareto adalah diagram yang mempresentasikan urutan prioritas masalah yang terdapat pada sebuah perusahaan atau organisasi, dari diagram Pareto ini dapat diketahui masalah mana yang menjadi prioritas utama untuk segera diselesaikan (Heizer dan Render, 2011). Pada umumnya diagram Pareto dibuat berdasarkan jumlah permasalahan yang sering muncul, tetapi tidak menutup kemungkinan apabila ada permasalahan yang jarang terjadi namun berakibat cukup fatal dalam sistem. Salah satu contoh Diagram Pareto ditunjukkan oleh Gambar 2.10 yang menjelaskan tentang jumlah cacat dari setiap jenis kecacatan produk mainan *truck*.



Gambar 2.10 Diagram Pareto

### 2.5.3.2 Diagram Sebab-Akibat

*Tools* berikutnya yang dipakai pada tahap *analyze* adalah Diagram Sebab Akibat atau dikenal juga sebagai Diagram *Fishbone*. Menurut Herjanto (2007), kegunaan diagram sebab akibat adalah untuk memberikan gambaran beberapa aspek yang menjadi pemicu munculnya suatu permasalahan. Contoh penggambaran diagram sebab akibat ditunjukkan oleh Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Diagram Sebab Akibat

Menurut Heizer dan Render (2011), terdapat 5 faktor utama yang harus diperhatikan dalam pembuatan diagram sebab akibat, yaitu sebagai berikut:

1. *Man* (manusia), faktor ini berhubungan dengan aspek yang dapat mempengaruhi manusia dalam melakukan pekerjaannya seperti kekuatan mental dan fisik, kekurangan pengetahuan dan keterampilan dasar, kelelahan fisik, stress dan lain sebagainya.
2. *Machines* (mesin), faktor ini berhubungan dengan mesin yang digunakan saat proses produksi seperti perawatan mesin, kalibrasi mesin, pemenuhan fasilitas yang digunakan, dan lain sebagainya.
3. *Methods* (metode), faktor ini berhubungan dengan langkah kerja dan kaidah-kaidah kerja yang tidak sesuai dengan standar yang seharusnya dan telah ditetapkan sebelumnya.
4. *Materials* (bahan baku dan bahan penolong), faktor ini berhubungan dengan ada tidaknya spesifikasi yang ditetapkan perusahaan terhadap suatu bahan baku yang menyebabkan kecacatan pada produk.
5. *Environment* (lingkungan), faktor ini berhubungan dengan kondisi lingkungan pekerja yang diindikasikan akan berpengaruh kepada produktivitas

karyawan/operator, yaitu seperti kebisingan, pencahayaan, kelembaban, dan lain-lain.

### 2.5.3.3 *Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)*

. FMEA adalah teknik analisis yang mengkombinasikan teknologi dan pengalaman seseorang dengan mengidentifikasi kesalahan pada produk, pelayanan, atau proses perencanaan untuk dieleminasi (Besterfield, 2003). Kegagalan mempertimbangkan seberapa serius konsekuensi atau dampaknya, seberapa seringnya terjadi dan seberapa mudah terdeteksi. FMEA membuat suatu rancangan proses yang bebas *waste* dan meminimalisir kesalahan serta kegagalan.

- *Design FMEA*

*Design FMEA* berfungsi untuk mengetahui modus kegagalan yang terjadi dalam sebuah proses, dari beberapa modus kegagalan tersebut dapat diketahui *ranking* yang paling dominan dan mengetahui dampak terhadap proses atau produk. *Design FMEA* dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Beberapa terminologi yang berhubungan dengan penggunaan FMEA adalah sebagai berikut:

1. *Component*

Objek yang dianalisis dalam FMEA

2. *Potential Failure Mode*

*Potential Failure Mode* adalah kegagalan yang terjadi dalam sebuah produk atau proses.

3. *Failure Effect*

Akibat yang ditimbulkan dari kegagalan sebuah produk atau proses, atau lebih singkatnya adalah dampak dari *potential failure mode*.

4. *Severity (S)*

*Severity* adalah keseriusan yang diakibatkan apabila terjadinya kegagalan. *Severity* dinilai menggunakan skala 1 sampai 10. Skala 1 dimulai dari tidak adanya akibat yang ditimbulkan, sampai dengan skala 10 adalah akibat yang sangat berbahaya. Penentuan skala *severity* dapat dilihat pada Tabel 2.8.

5. *Causes*

*Causes* adalah penyebab terjadinya beberapa kegagalan pada sistem maupun sub sistem.

6. *Occurance (O)*

*Occurance* adalah peluang terjadinya kegagalan dalam jumlah produksi tertentu. *Occurance* dinilai dari skala 1 sampai dengan 10. Penentuan skala *occurance* dapat dilihat pada Tabel 2.9.

7. *Detection (D)*

*Detection* menunjukkan peluang lolosnya kegagalan dari pengawasan yang telah dipasang. Skala *detection* dinilai dari angka 1 sampai dengan 10. Penentuan skala *detection* dapat dilihat pada Tabel 2.10.

8. *Risk Priority Number (RPN)*

RPN adalah hasil kali antara *severity*, *occurance*, dan *detection*

$$RPN = S \times O \times D \dots \dots \dots (II-3)$$

*Ranking severity*, *occurance*, dan *detection* dapat dilihat pada Tabel 2.8, Tabel 2.9, dan Tabel 2.10.

**2.5.4 Improve**

Tahap *improve* merupakan langkah keempat dalam penerapan *Lean Six Sigma*. Tahap ini dilakukan setelah diketahuinya penyebab dari beberapa permasalahan yang teridentifikasi. *Improve* merupakan langkah perbaikan nyata yang dibuat berdasarkan masalah-masalah yang ditemui sebelumnya. Selain itu pada tahap ini juga dilakukan pengukuran hasil perbaikan dan melakukan evaluasi dari langkah perbaikan tersebut. Beberapa perbaikan yang dapat dilakukan adalah menggunakan alat implemmtasi *kaizen* meliputi *Kaizen Five-Step Plan*, *Five-M Checklist*.

**2.5.5 Control**

Langkah terakhir dalam *Lean Six Sigma* adalah *control*, tahap ini adalah melakukan pengawasan terhadap perbaikan yang telah dilakukan, serta melakukan standarisasi proses dalam sistem dan menjadikan pedoman standar kerja. Tahap *control* ini dapat digunakan untuk proses kerja berikutnya. Pada tahap-tahap sebelumnya dilakukan perbaikan secara terus menerus sampai dengan kemungkinan kegagalan yang dihasilkan hampir atau tidak ada, sehingga pada tahap *control* dapat dibuat standarisasi dengan kesalahan yang sangat kecil.

Tabel 2.7 *Design FMEA's Report*

										FMEA NUMBER :					
Item :			Design Responsibility :				Page 1 Of 1 :								
Mode Number/Year :			Key Date :				Prepared By :								
Core Team :			Fmea Date(Orig) (Rev) ...												
Potential Failure Modes	Potential Effect Of Failures (S)	S	C L A S S	Potential Cause (S) / Mechanism (S) Of Failure	O	Current Design Controls	D	R P N	Recommended Actions	Responsibility And Target Completion Dates	Actions Result				
											Actions Taken	SEV	OCC	DET	RPN

Sumber: Besterfield, D., 2003. *Total Quality Management*, 3<sup>rd</sup> ed. New Jersey: Prentice Hall International, Inc.

Tabel 2.8 *Ranking Severity* dari Akibat yang Ditimbulkan

<b>Efek</b>	<b>Severity FMEA</b>	<b>Ranking</b>
Berbahaya - Tidak ada peringatan	Operasi yang berbahaya sehingga tidak dapat diprediksi jika ada kegagalan	10
Peringatan Berbahaya	Peringatan dapat diberitahu sebelumnya	9
Sangat Tinggi	Membuat produk tidak bisa dioperasikan	8
Tinggi	Adanya ketidakpuasan pelanggan	7
Moderat	Menyebabkan pelanggan tidak nyaman	6
Rendah	Kenyamanan pada tingkat dikurangi	5
Sangat Rendah	Sebagian besar pelanggan tidak puas	4
Kecil	Rata-rata pelanggan tidak puas	3
Sangat kecil	Beberapa pelanggan tidak puas	2
Tidak ada	Tidak berpengaruh	1

Tabel 2.9 *Ranking Occurrence* Tingkat Kegagalan

<b>Probability Of Failure</b>	<b>Possible Failure Rates</b>	<b>Ranking</b>
Sangat tinggi: Munculnya kegagalan yang sulit dihindari	$\geq 1$ dalam 2	10
	1 dalam 3	9
Tinggi: Dapat diprediksi karena adanya kegagalan yang sering sebelumnya	1 dalam 8	8
	1 dalam 20	7
Moderat: Dapat diprediksi karena adanya kegagalan yang jarang terjadi sebelumnya	1 dalam 80	6
	1 dalam 400	5
	1 dalam 2000	4
Rendah: Adanya kegagalan yang kecil pada proses yang sama	1 dalam 15000	3
Sangat rendah: Adanya kegagalan yang kecil pada proses yang berbeda	1 dalam 150000	2
Remote: Kegagalan hampir atau tidak boleh terjadi baik pada proses yang sama maupun berbeda	$\leq 1$ dalam 1500000	1

Tabel 2.10 *Ranking Kemungkinan Detection*

<b>Efek</b>	<b>Detection FMEA</b>	<b>Ranking</b>
Benar-benar tidak pasti	Sangat sulit untuk mendeteksi kontrol penyebab kegagalan saat ini dan berikutnya	10
Sangat jauh	Cukup sulit untuk mendeteksi kontrol kegagalan saat ini dan berikutnya	9
Jauh	Sulit mendeteksi peluang kontrol kegagalan untuk berikutnya	8
Sangat rendah	Adanya peluang mendeteksi kontrol kegagalan walaupun sangat kecil	7
Rendah	Peluang kecil untuk mendeteksi kontrol kegagalan proses berikutnya	6
Moderat	Adanya peluang yang sedang untuk mendeteksi kontrol kegagalan berikutnya	5
Cukup tinggi	Peluang mendeteksi kegagalan cukup mudah untuk proses berikutnya	4
Tinggi	Mudah mendeteksi peluang kegagalan untuk proses berikutnya	3
Sangat tinggi	Sangat mudah atau memiliki peluang yang sangat tinggi untuk mendeteksi kegagalan	2
Hampir pasti	Kontrol kegagalan pasti terdeteksi	1