

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka ini berisi tentang studi pustaka terhadap buku, artikel, jurnal ilmiah dan penelitian sebelumnya terkait dengan topik pembahasan pada penelitian tugas akhir yang dijadikan dasar penelitian tugas akhir ini. Penjelasan dalam tinjauan pustaka ini diarahkan untuk menyusun kerangka pemikiran atau konsep konsep yang akan dipakai dalam penelitian ini.

2.1 Konsep *Lean*

Sasaran konsep *Lean* adalah suatu pendekatan sistem dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghasilkan *waste* melalui peningkatan terus menerus secara radikal dengan cara mengalirkan produk dan informasi menggunakan sistem tarik dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan (Gasperz, 2017). Prinsip *Lean* mencakup 5 prinsip utama yang sangat dasar pada manajemen operasi (Womack, James dalam Wicaksono, Sari, 2017).

1. *Value*: melakukan yang penting bagi pelanggan (*customer*) pada setiap proses.
2. *Value stream*: memahami tahapan mana saja pada proses yang mempunyai nilai (*value*) dan yang tidak memiliki nilai.
3. *Flow*: menetapkan pergerakan kerja pada setiap waktu dan menghilangkan segala *waste* (pemborosan) yang dapat menciptakan keterlambatan.
4. *Pull*: menghindari membuat atau meminta melebihi permintaan *customer*, bandingkan dengan sistem produksi dengan sistem *push* atau sistem jadwal yang umumnya menyebabkan stok barang jadi dan setengah jadi terdapat di setiap lini produksi dan menjadi sulit untuk dikendalikan.
5. *Strive for perfection*: tidak ada tingkat performa atau kinerja yang sempurna, melainkan selalu melakukan perbaikan berkesinambungan secara terus menerus.

2.1.1. Metode *Lean Thinking*

Langkah langkah yang dilakukan dalam proses *lean thinking* adalah sebagai berikut (Hines, Taylor, 2000):

1. *Understanding Waste*

Tahapan ini merupakan aktivitas mendasar untuk mengetahui pemborosan yang terjadi. Prosesnya dengan membedakan aktivitas aktivitas yang terjadi dalam proses produksi menjadi tiga jenis aktivitas, yaitu *value adding*, *non value adding* dan *necessary but non value adding*. Selanjutnya *waste* yang terjadi digolongkan menjadi tujuh macam *waste* menurut konsep *lean*.

2. *Setting the direction*

Setelah melewati tahap pendefinisian pemborosan yang terjadi, selanjutnya menentukan alternatif alternatif perbaikan sebagai arah dan tujuan dari perbaikan terhadap pemborosan yang terjadi. Arah berupa alat ukur keberhasilan, target keberhasilan untuk setiap alat ukur, pendefinisian proses proses inti, serta proses yang membutuhkan pemetaan secara detail.

3. *Under standing the big picture*

Pada tahapan ini digambarkan pola dari keinginan konsumen yang akan berdampak terhadap penjualan produk, gambaran dari aliran fisik serta aliran informasi dari proses pemenuhan konsumen harus diketahui.

4. *Detailed mapping*

Pada tahapan ini dilakukan pemetaan secara detail. Alat yang bisa digunakan untuk pemetaan secara detail adalah *process activity mapping*, *supply chain response matrix*, *product variety funnel*, *quality filter mapping*, *demand amplification mapping*, *dection point analysis*, dan *physical structure mapping*.

5. *Getting suppliers and costumers involved*

Dari beberapa tahap sebelumnya akan dipilih alternatif solusi, impelementasi *lean thinking* yang diharapkan dapat memberi perbaikan terhadap kondisi *exiting* perusahaan harus melibatkan *supplier* dan pelanggan dalam inisiatif perbaikan.

6. *Checking the plan fits the direction and ensuring buy-in*

Pada tahapan akhir ini dilakukan pengecekan kesesuaian antara arah yang dituju dengan rencana awal.

2.2.2. *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing merupakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi waste melalui perbaikan yang berlanjut dari produk untuk memenuhi permintaan konsumen secara sempurna. *Lean manufacturing* adalah strategi untuk memproduksi output level tinggi dengan persediaan yang minimal. (Badurdeen, Aza, 2007) melakukan riset di industri manufaktur mengidentifikasi manfaat penerapan *lean manufacturing* yaitu :

- Reduksi waktu siklus dan *lead time*.
- Reduksi cacat (peningkatan kualitas produk).
- Minimasi persediaan pada semua bagian produksi.
- Peningkatan produktifitas pekerja.
- Peningkatan efisiensi penggunaan peralatan dan ruang produksi.
- Peningkatan *output*.
- Reduksi biaya produksi.

Lean manufacturing membutuhkan tidak hanya pemahaman teknis secara menyeluruh dari sistem manufaktur, tetapi juga membutuhkan pemahaman mengenai hubungan yang ada antara manufaktur dan area-area lain dalam perusahaan seperti manajemen rantai pasok, permintaan dan persepsi konsumen, distribusi dan logistik (Womack, James dalam Wicaksono, Sari, 2017). Permasalahan yang kerap terjadi pada umumnya mempunyai ciri yang sama dan terfokus pada aspek mesin, manusia, material, metode, dan lingkungan kerja. Metode *lean manufacturing* jika digunakan dengan baik dapat memperbaiki kinerja aspek aspek mesin, manusia, material, metode, dan lingkungan kerja. Lebih jauh (Badurdeen, Aza, 2007) juga berhasil meningkatkan kualitatif lain yang didapat dengan menerapkan metode *Lean Manufacturing* seperti :

- Kerjasama tim yang baik akan mendukung kemajuan organisasi / perusahaan.

- Pekerja lebih kreatif.
- Kondisi kerja menjadi menyenangkan.
- Peningkatan kepuasan pekerja.
- Umur mesin yang relatif lebih panjang.
- Pendekatan yang dilakukan lebih sistematis.
- Tingkat fleksibilitas meningkat.
- Lingkungan kerja lebih nyaman.

Target dari *lean manufacturing* adalah mengurangi tujuan kategori *waste* Shiego, Shino (2000) meliputi:

1. *Overproduction.*
2. *Defect.*
3. *Waiting.*
4. *Unnecessary Motion.*
5. *Excess Processing.*
6. *Excessive Transportation.*
7. *Unecessary Inventory.*

2.2. Waste (Pemborosan).

Waste dapat diartikan sebagai kehilangan atau kerugian berbagai sumber daya, yaitu material, waktu (yang berkaitan dengan tenaga kerja dan peralatan) dan modal, yang diakibatkan oleh kegiatan kegiatan yang membutuhkan biaya secara langsung maupun tidak langsung tetapi tidak menambah nilai kepada produk akhir bagi pihak pengguna jasa konstruksi (Formoso et al, 2002).

Waste juga digambarkan sebagai segala aktifitas manusia yang menyerap sumber daya dalam jumlah tertentu tetapi tidak menghasilkan nilai tambah, seperti kesalahan yang membutuhkan perbaikan, hasil produksi yang tidak diinginkan oleh pengguna, proses atau pengolahan yang tidak perlu, pergerakan tenaga kerja yang tidak berguna dan menunggu hasil akhir dari kegiatan kegiatan sebelumnya (Womack, James dalam Wicaksono, Sari 2017).

Menurut Shigeo Shingo *waste* dapat diartikan menjadi 7 macam (Hines, Taylor, 2000) yaitu:

1. *Over Production.*

Jenis pemborosan ini terjadi dikarenakan produksi berlebih dari kuantitas yang dipesan oleh pelanggan. Memproduksi lebih dari yang dibutuhkan dan stok yang berlebih merupakan waste kategori ini. Penyebab:

- Menggunakan perkiraan saja, tidak ada perhitungan yang pasti mengenai permintaan periode berikutnya.
- Proses *set up* yang lama.
- Penjadwalan produksi yang kurang terencana.
- Beban kerja dari pekerja atau mesin tidak seimbang.

2. *Defect.*

Waste kategori ini terjadi karena kecacatan atau kegagalan produk setelah melalui suatu proses. Berhubungan dengan masalah kualitas produk atau rendahnya performansi pengiriman. Penyebabnya yaitu:

- Kurangnya proses kontrol.
- Perencanaan *maintenance* yang kurang matang.
- Pendidikan atau pelatihan yang dilakukan kurang sesuai.
- Desain produk kurang bagus.

3. *Inventory.*

Waste kategori ini meliputi persediaan. Persediaan termasuk *waste* dalam proses produksi karena material yang tidak dibutuhkan harus disimpan. Penyebabnya yaitu:

- Solusi perusahaan terhadap masalah yang tidak diinginkan.
- Kerumitan produk.
- Penjadwalan produksi yang kurang terencana.
- Perencanaan terhadap permintaan pasar kurang bagus.
- Proses yang tidak *capable*.

4. *Processing.*

Waste kategori ini terjadi karena langkah langkah proses yang panjang dari yang seharusnya sepanjang proses *value stream*. *Waste* kategori ini

meliputi proses atau prosedur yang tidak perlu, pengerjaan pada produk tetapi tidak menambah nilai dari produk itu sendiri. Penyebabnya yaitu:

- Proses yang tidak efisien dan efektif dan terlalu berlebihan.
- Tidak mampu mengidentifikasi keinginan konsumen.
- Proses perijinan terlalu rumit.
- Proses kerja dengan peralatan, sistem yang tidak sesuai.
- Ketidakesesuaian antara standar prosedur kerja dengan kenyataan di lapangan.
- Perbedaan metode kerja dengan operator.

5. *Transportation.*

Waste kategori ini meliputi pemindahan material yang terlalu sering dan penundaan pergerakan material. Penyebab utama dari transportasi berlebih adalah *layout* pabrik.

- Tata letak pabrik yang kurang sesuai.
- Kurangnya pemahaman terhadap aliran proses produksi.
- Area penyimpanan yang terlalu luas atau sempit.

6. *Waiting.*

Waiting dan waktu tunggu termasuk pemborosan, karena hal tersebut tidak memberi nilai tambah kepada produk. Penyebabnya yaitu:

- Tidak adanya rencana maintenance yang matang.
- Lamanya waktu *set up*.
- Adanya masalah dalam kualitas.
- Penjadwalan produksi yang kurang terencana.

7. *Motion.*

Jenis pemborosan ini terjadi dikarenakan banyaknya pergerakan dari yang seharusnya sepanjang proses *value stream*. Pergerakan berlebih merupakan *waste* karena perpindahan material atau orang tidak menambah nilai kepada produk. Solusi untuk mengurangi *waste* kategori ini adalah *re-layout* pabrik. Penyebabnya yaitu:

- Metode kerja yang tidak konsisten atau kurangnya standarisasi.
- Tata letak fasilitas yang kurang sesuai.
- Pergerakan tambahan “sibuk” ketika *waiting*.

2.3 Kualitas

Kualitas adalah inheren atau karakteristik yang membedakan, sebuah derajat atau tingkat keunggulan, kualitas juga dikatakan sebagai totalitas karakteristik sebuah entitas yang terbawa pada kemampuannya untuk memenuhi kebutuhan mulai dan tersirat. Quality assurance didefinisikan sebagai semua yang aktivitas direncanakan dan sistematis diimplementasikan dalam sistem kualitas yang dapat memberikan keyakinan bahwa produk atau servis akan memenuhi persyaratan untuk kualitas. (Saludin, 2016)

Kualitas menjadi salah satu faktor utama bagi konsumen sebelum memutuskan membeli suatu produk (barang atau jasa). Produk dengan kualitas baik, harga kompetitif, tahan lama, dan handal akan menjadi referensi utama kepada calon *customer* ketika ingin memiliki produk sejenis. Faktor kualitas atau mutu adalah hal yang sangat diperhatikan oleh setiap produsen baik yang bergerak pada industri elektronik, otomotif, makanan, layanan jasa atau industri apapun. Sedangkan pengendalian kualitas adalah suatu proses dimana produk benar benar diperiksa dan dievaluasi, dibandingkan dengan kebutuhan kebutuhan yang diinginkan para pelanggan. Persoalan yang telah diketahui kemudian dipecahkan, misalnya mesin mesin rusak segera diperbaiki. Prosesnya meliputi:

- Menilai performa produk aktual.
- Membandingkan performa aktual dengan tujuan.
- Bertindak berdasarkan perbedaan antara performa aktual dengan tujuan.

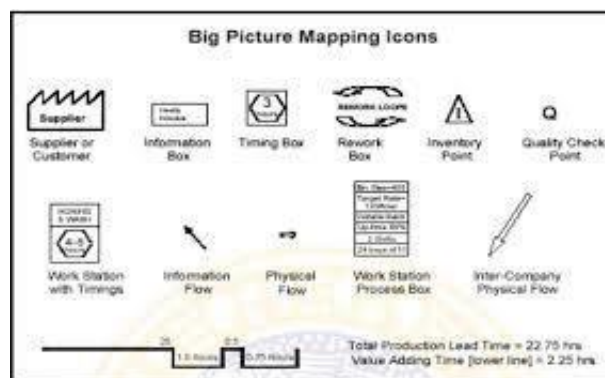
2.4. Big Picture Mapping.

Big picture mapping merupakan *tools* yang digunakan untuk menggambarkan sistem secara keseluruhan dan *value stream* yang ada didalamnya. *Tool* ini juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi dimana terhadap pemborosan, serta mengetahui keterkaitan antara aliran informasi dan aliran material (Hines, 2000).

Untuk melakukan pemetaan terhadap aliran informasi dan material atau produk secara fisik, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi jenis dan jumlah produk yang diinginkan *customer*, *timing* munculnya kebutuhan akan produk tersebut, kapasitas dan frekuensi pengirimannya, pengemasannya, serta jumlah persediaan yang disimpan untuk keperluan *customer*.
2. Selanjutnya menggambarkan aliran informasi dari *customer* ke *supplier*.
3. Menggambarkan aliran fisik yang berupa aliran material atau produk dalam perusahaan.
4. Menghubungkan aliran informasi dan fisik dengan anak panah yang dapat berisi informasi jadwal yang digunakan, intruksi pengiriman, kapan dan dimana biasanya terjadi masalah dalam aliran fisik.
5. Melengkapi peta atau gambar aliran informasi dan fisik, dilakukan dengan menambah *lead time* dan *value added* dibawah gambar yang dibuat.

Simbol simbol yang digunakan pada *Big Picture Mapping* seperti berikut:



Gambar 2.1 Simbol *Big Picture Mapping* (Sumber: Hines, 2000)

2.5. Value Stream Mapping Tools (VALSAT).

Apics Dictionary (2005) mendefinisikan value stream sebagai proses untuk membuat, memproduksi dan menyerahkan produk (barang dan jasa) ke pasar. Untuk proses pembuatan barang (*good*), *value stream* mencakup pemasok bahan baku, manufaktur dan perbaikan barang, dan jaringan pendistribusian kepada pengguna dari barang itu. *Value stream mapping* memberikan gambaran yang nyata dan kekuatan teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas tambahan yang tidak bernilai didalam perusahaan.

Value stream analysis tools (VALSAT) merupakan suatu *tools* yang digunakan untuk memetakan *value stream* secara detail pada aliran nilai yang fokus pada *value adding process*, terdapat tujuh *detail mapping tools* yang bermanfaat untuk memetakan *waste*. Masing masing *tools* mempunyai bobot *low, medium, high* sesuai dengan ketentuan peringkatnya dan menunjukkan skor yang kemudian dapat diketahui *mapping* mana yang dapat mengindikasikan sedikit atau besarnya pengaruh pemborosan. VALSAT yang juga merupakan sebuah pendekatan yang digunakan dengan melakukan pembobotan *waste*, kemudian dari pembobotan tersebut dilakukan pemilihan terhadap *tool* dengan menggunakan matrik (Ahmad, 2007).

Tabel 2.1. *The Seven Value Stream Mapping*

<i>Waste/structure</i>	<i>Process activity mapping</i>	<i>Supply chain response matrix</i>	<i>Production variety funnel</i>	<i>Quality filter mapping</i>	<i>Demand amplification mapping</i>	<i>Decision point analysis</i>	<i>Physical structure</i>
<i>Over production</i>	L	M		L	M	M	
<i>Waiting</i>	H	H	L		M	M	
<i>Transportation</i>	H						L
<i>Unappropriate Processing</i>	H		M	L		L	
<i>Unnecessary inventory</i>	M		M	H	H	M	L
<i>Unnecessary Motion</i>	H						
<i>Defects</i>	L	L		H			

Sumber: (Achmad, 2007)

Keterangan:

H (<i>high corelation and usefullness</i>)	faktor pengali = 9
M (<i>medium corelation and usefullness</i>)	faktor pengali = 3
L (<i>low corelation and usefullness</i>)	faktor pengali = 1

2.5.1. Process Activity Mapping

Pada dasarnya *tool* ini digunakan untuk merekam seluruh aktivitas suatu proses dan berusaha untuk mengurangi aktivitas yang kurang penting, menyederhanakannya, sehingga dapat mengurangi *waste*. Dalam *tool* ini aktivitas dikategorikan dalam beberapa kategori seperti: *operation, transport, inspection, dan storage/delay*.

Dalam proses penggunaan *tool* tersebut peneliti harus memahami dan melakukan studi perbaikan dengan aliran proses, selalu berfikir untuk mengidentifikasi *waste*, menyederhanakan aliran proses sehingga efektif dan *smooth* dimana hal tersebut dilakukan melalui perubahan urutan proses atau *process re-arrangement*.

2.5.2. Supply Chain Response Matrix

Tool ini merupakan sebuah diagram sederhana yang berusaha menggambarkan *the critical lead-time constraint* untuk setiap bagian proses dalam *supply chain*, yaitu *cumulative lead-time* didalam distribusi sebuah perusahaan baik *supplier*-nya dan *downstream retailer*-nya. Diagram ini mempunyai dua *axis* dimana *vertical axis* menggambarkan rata-rata jumlah *inventory* dalam setiap bagian *supply chain*. Sedangkan untuk *horizontal axis* menunjukkan *cumulative lead time*-nya.

2.5.3. Production Variety Funnel

Pendekatan ini sama dengan metode analisa IVAT yang melihat operasi internal perusahaan sebagai aktivitas yang disesuaikan ke I, V, A, atau T. Merupakan teknik pemetaan visual yang mencoba memetakan jumlah variasi produk tiap tahapan proses manufaktur. *Tools* ini dapat digunakan untuk

mengidentifikasi titik dimana sebuah produk generis diproses menjadi beberapa produk yang spesifik. *Tool* ini dapat digunakan untuk membantu menentukan target perbaikan, pengurangan *inventory* dan membuat perubahan untuk proses dari produk.

2.5.4. *Quality Filter Mapping.*

Quality filter mapping merupakan tools untuk mengidentifikasi dimana terdapat problem kualitas. Hasil dari pendekatan ini menunjukkan dimana tiga tipe *defect* terjadi ketiga tipe *defect* tersebut adalah: *product defect* (cacat fisik produk yang lolos ke *costumer*), *service defect* (permasalahan yang dirasakan *costumer* berkaitan dengan cacat kualitas pelayanan), dan internal *defect* (cacat masih berada dalam internal perusahaan) sehingga dapat diseleksi dalam tahap inspeksi. Ketiga tipe *defect* tersebut digambarkan secara *latitudinally* sepanjang *supply chain*.

2.5.5. *Demand Amplification Mapping.*

Merupakan diagram yang menggambarkan bagaimana *demand* berubah-ubah sepanjang jalur *supply chain* dalam interval waktu tertentu. Informasi yang dihasilkan dari diagram ini merupakan dasar untuk mengatur fluktuasi dan mengurangnya, membuat keputusan berkaitan dengan *value stream configuration*. Dalam diagram ini *vertical axis* menggambarkan jumlah *demand* dan *horizontal axis* menggambarkan interval waktu, grafik didapatkan untuk setiap *chain* dari *supply chain configuration* yang ada.

2.5.6. *Decision Point Analysis*

Merupakan *tool* yang digunakan untuk menentukan titik dimana *actual demand* dilakukan dengan sistem *pull* sebagai dasar untuk membuat *forecast* pada sistem *push supply chain* atau dengan kata lain titik batas dimana produk dibuat berdasarkan *demand actual* dan setelah titik ini selanjutnya produk harus dibuat dengan melakukan *forecast*. Dengan *tool* ini dapat diukur kemampuan dari proses *upstream* dan *downstream* berdasarkan titik tersebut, sehingga dapat ditentukan filosofi *pull* atau *push* yang sesuai. Selain itu juga dapat digunakan sebagai skenario apabila titik tersebut digeser dalam sebuah *value stream mapping*.

2.5.7. *Physical Structure*

Tool ini digunakan untuk memahami kondisi dan fungsi bagian-bagian *supply chain* untuk berbagai level industri. Dengan pemahaman tersebut dapat dimengerti kondisi industri tersebut, bagaimana beroperasi dan dapat memberikan perhatian pada level area yang kurang diperhatikan. Untuk level yang lebih kecil *tool* ini dapat menggambarkan *inbound supply chain* dilantai produksi.

2.6. Tipe Aktivitas

Dalam pendekatan lean, identifikasi aktivitas yang memberi nilai tambah dan yang tidak memberi nilai merupakan salah satu faktor penting dalam proses produksi. Tetapi hal ini sering diabaikan dan tidak bisa dihilangkan meskipun aktivitas tersebut tidak memberikan nilai tambah. Dalam konteks ini tipe aktivitas dalam organisasi dapat dibedakan menjadi 3 (Hines & Taylor, 2000) :

1. *Value Adding* (VA), aktivitas ini menurut konsumen memiliki nilai tambah terhadap produksi atau jasa.
2. *Non-value Adding* (NVA), aktivitas ini menurut konsumen tidak mempunyai nilai tambah terhadap produksi atau jasa. Aktivitas ini termasuk *waste* dan harus dieliminasi.
3. *Necessary but Non-Value Adding* (NNVA), aktivitas ini menurut konsumen tidak memiliki nilai tambah terhadap produksi atau jasa tetapi dibutuhkan. Misalnya proses inspeksi / pengecekan.

2.7. Konsep *Six Sigma*

Six Sigma merupakan satu metode untuk peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (*Defect Per Million Opportunities-DPMO*) untuk setiap transaksi produk (barang atau jasa) atau sebuah upaya giat menuju kesempurnaan (kegagalan *nol-zero defect*) (Gasperz, 2002)

Gagasan utama dari *Six Sigma* adalah pendekatan untuk merancang proses atau meningkatkan proses yang ada, untuk mendapatkan kapabilitas / kemampuan proses yang sangat tinggi dengan tingkat cacat mendekati nol. Secara praktis, untuk menggambarkan mengapa pencapaian 99% kualitas tidak lagi dapat

diterima, beberapa fakta yang dapat menjadi pertimbangan untuk hal ini (McClusky, 2000).

- Dalam pengiriman surat mencapai kualitas 99%, berarti ada 16.000 potongan surat yang hilang setiap jam.
- Pendaratan di bandara udara dengan kualitas 99%, berarti ada 2 pendaratan pesawat tidak aman setiap jam.
- Operasi medis dengan kualitas 99%, akan ada 500 pasien salah bedah setiap minggu.
- Pembangkit listrik dengan kualitas 99%, menghasilkan 7 jam pemadaman listrik dalam sebulan.

Data tersebut bisa merepresentasikan tingkat kualitas hanya mencapai 99%, pada banyak kejadian tingkat cacat 1% bisa berdampak fatal. Dengan menargetkan 99,99966% bebas cacat, *six sigma* dapat menjadi metode yang tepat dalam peningkatan kualitas dalam bidang apapun.

2.7.1. *Define, Measure, Analysis, Improve, Control* (DMAIC)

Pada setiap tahapan D-M-A-I-C memiliki tujuan dan perangkat (*tools*) yang berbeda-beda, dimana para praktisi *Six Sigma* sangat penting untuk memperhatikan hal ini agar hasil yang diperoleh tidak menyimpang dari prinsip dasar *Six Sigma* (Purba & Aisyah, 2017). DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) jika dijabarkan memiliki penjelasan tersendiri:

1. *Define*

Dalam fase ini yang harus dilakukan adalah (Gaspersz, 2002):

1. Pemilihan proyek terbaik berdasarkan pada identifikasi proyek yang sesuai dengan kebutuhan, kapabilitas dan tujuan organisasi.
2. Mengidentifikasi peran orang-orang yang terlibat dalam proyek *six sigma*.
3. Mengidentifikasi peran kunci dan pelanggan.
4. Mengidentifikasi peran proyek *six sigma* terhadap setiap proyek *six sigma* yang harus diidentifikasi isu-isu, nilai-nilai, saran dan tujuan proyek itu.

2. *Measure*

Merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *six sigma* yang bertujuan untuk mengidentifikasi pengukuran utama dari efektivitas, efisiensi dan menerjemahkannya kedalam konsep *six sigma*. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan, yaitu (Gaspersz, 2002):

1. Menetapkan karakteristik kualitas kunci (CTQ).
2. Mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, data variabel dan data atribut.
3. Mengukur kinerja sekarang (*current performance*) pada tingkat proses, *output* dan *outcome* untuk ditetapkan sebagai *baseline* kinerja pada awal proyek *six sigma* (DPMO, *Sevntools*, *Control chart*).

3. *Analyze*

Merupakan langkah operasional ketiga dalam proses peningkatan kualitas *six sigma* yang bertujuan untuk menentukan penyebab dari masalah yang memerlukan perbaikan. Pada tahap ini dilakukan tahap untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan produk. Untuk mengidentifikasi sumber dan kecacatan produk digunakan beberapa alat dari *seventool*, *cause and effect diagram* dan *pareto diagram*. Pada tahap ini FMEA mulai dibentuk.

4. *Improve*

Setelah sumber-sumber dan akar penyebab terdefiniskan, selanjutnya perlu dilakukan penetapan rencana tindakan (*action plan*) untuk peningkatan kualitas *six sigma*. Tahap ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan perbaikan dengan melakukan *setting variable input* untuk mendapatkan proses *output* yang terdiri dari (Gaspersz, 2002):

1. Definisi tujuan perbaikan.
2. Definisi sumber-sumber perbaikan variasi yang potensial.

3. Menggunakan FMEA dalam mengidentifikasi mode kegagalan dan hasil-hasil dari tindakan korektif yang dilakukan.

5. Control

Control merupakan tahapan operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *six sigma*. Tahapan ini dilakukan untuk memonitor proses dengan memerhatikan hasil statistik untuk memastikan segala sesuatu yang berhubungan dengan proses berjalan sesuai dengan target yang dikehendaki (George, 2002).

2.7.2. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Salah satu teknik analisis kegagalan yang sudah diterapkan diberbagai bidang adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA di definisikan sebagai “*a systematic method of identifying and preventing product and process problems before they occur*”. Berdasarkan definisi yang diberikan dapat dipahami bahwa FMEA memiliki tujuan mencermati proses maupun produk untuk mengetahui kemungkinan kegagalan yang terjadi dengan mengidentifikasi potensi kegagalan, akibat serta kemungkinan munculnya. FMEA dapat dipakai baik untuk menganalisis mode kegagalan pada proses maupun produk (Dermott, 2009).

FMEA dilakukan dengan menggunakan tiga indikator yaitu *severity* (S), *occurrence* (O) serta *detection* (D). Untuk menentukan nilai prioritas mode kegagalan, ketiga indikator tersebut dikalikan dan menghasilkan RPN (*Risk Priority Number*). RPN ini menunjukkan tingkat prioritas sebuah mode kegagalan yang diperoleh dari hasil analisis pada proses yang dianalisis. Semakin tinggi nilai RPN maka urutan prioritas perbaikannya semakin tinggi. Nilai RPN dihitung dengan rumus (Jimmy, 2012):

$$RPN = S \times O \times D$$

Nilai S atau *severity* merupakan sebuah penilaian pada tingkat keseriusan suatu efek atau akibat dari potensi kegagalan pada proses yang dianalisis. Skala 1 sampai 10 digunakan untuk menentukan nilai *severity*. Nilai O pada analisis mencerminkan probabilitas atau peluang terjadinya kegagalan yang terjadi sedangkan nilai D adalah peluang terjadinya kegagalan yang dapat terdeteksi

sebelum terjadi. Skala penilaian nilai O, D sama dengan skala nilai S yaitu dari 1 sampai 10, yang membedakan adalah deskripsi pada masing-masing skala. Ketika menerapkan FMEA pada sebuah proses, yang perlu diperhatikan adalah elemen-elemen analisis dalam proses. Sehingga langkah pertama yang harus dilakukan adalah melakukan identifikasi proses serta elemen-elemennya. Kemudian baru dapat dibuat tabel rentang penilaian nilai S, O, dan D yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Tingkat *Severity* (keparahan) yang disarankan untuk FMEA

Efek	Peringkat	Kriteria
Tidak Ada	1	Tidak terlihat oleh operator (Proses/Produk)
Sangat Sedikit	2	Efek tidak berarti/diabaikan (Proses). Efek tidak signifikan/tidak berarti (Produk).
Sedikit	3	Operator mungkin akan melihat efeknya namun efeknya kecil (Proses dan Produk).
Kecil	4	Proses local dan/atau hilir mungkin terpengaruh (Proses). Pengguna akan mengalami dampak negatif kecil pada produk (Produk).
Sedang	5	Dampak akan terlihat sepanjang operasi (Proses). Mengurangi kinerja dengan penurunan kinerja secara bertahap. Pengguna tidak puas (Produk).
Parah	6	Gangguan terhadap proses hilir (Proses). Produk bisa dioperasikan dan aman namun kinerjanya menurun. Pengguna tidak puas (Produk).
Tinggi	7	Downtime yang signifikan (Proses). Kinerja produk sangat terpengaruh. Pengguna sangat tidak puas (Produk).
Sangat Tinggi	8	Downtime signifikan dan berdampak pada keuangan (Proses). Produk tidak bisa dioperasikan tapi aman. Pengguna sangat tidak puas (Produk).

Ekstrim	9	Kegagalan yang mengakibatkan efek berbahaya sangat mungkin terjadi. Masalah keamanan dan regulasi (Proses dan Produk)
Maksimum	10	Kegagalan yang mengakibatkan efek hampir pasti berbahaya. Tidak mengakibatkan cedera atau membahayakan personil operasi (Proses). Kepatuhan terhadap peraturan pemerintah (Produk).

Sumber : Dyadem, (2003)

Tabel 2.3 Tingkat *Occurrence* (Kejadian) yang disarankan untuk FMEA

Peringkat	Kejadian	Kriteria Kerusakan terhadap jam operasi	Kriteria
Kerusakan terjadi setiap 5 tahun	1	1 in 25.000	Kegagalan sangat tidak mungkin.
Kerusakan terjadi setiap 2 tahun	2	1 in 10.000	Kemungkinan jumlah kegagalan jarang.
Kerusakan terjadi tiap tahun	3	1 in 5.000	Sangat sedikit kemungkinan kegagalan.
Kerusakan terjadi setiap 6 bulan	4	1 in 2.500	Beberapa kemungkinan kegagalan.
Kerusakan terjadi setiap 3 bulan	5	1 in 1.000	Kegagalan sesekali mungkin.
Kerusakan terjadi tiap bulan	6	1 in 350	Kegagalan sesekali mungkin.
Kerusakan terjadi tiap minggu	7	1 in 80	Jumlah kegagalan cukup tinggi.
Kerusakan terjadi tiap hari	8	1 in 24	Tingginya angka kemungkinan kegagalan.
Kerusakan terjadi	9	1 in 8	Angka yang sangat tinggi dari

tiap shift			kemungkinan kegagalan.
Kerusakan terjadi tiap jam	10	1 in 1	Kegagalan hampir pasti.

Sumber : Dyadem, (2003)

Tabel 2.4 Tingkat *Detection* (Deteksi) yang disarankan untuk FMEA

Deteksi	Peringkat	Kriteria
Sangat Mungkin	1	Hampir pasti akan mendeteksi adanya cacat.
Sangat tinggi	2	Memiliki kemungkinan yang sangat tinggi untuk mendeteksi keberadaan kegagalan.
Tinggi	3	Memiliki efektifitas yang tinggi untuk mendeteksi.
Cukup Tinggi	4	Memiliki efektifitas cukup tinggi untuk mendeteksi.
Sedang	5	Memiliki efektifitas sedang untuk mendeteksi.
Sedang Rendah	6	Memiliki efektifitas cukup rendah untuk deteksi.
Rendah	7	Memiliki efektifitas yang rendah untuk deteksi.
Sangat Rendah	8	Memiliki efektifitas terendah untuk deteksi.
Kemungkinan Jauh	9	Memiliki kemungkinan yang sangat rendah untuk mendeteksi adanya cacat.
Sangat Tidak Mungkin	10	Hampir pasti tidak akan mendeteksi adanya cacat.

Sumber : Dyadem, (2003)

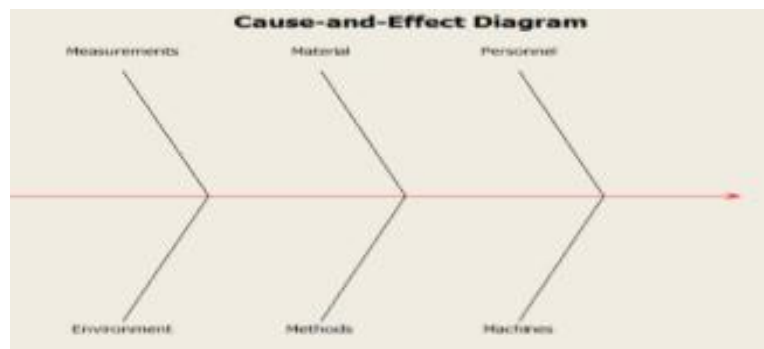
2.7.3 Six Sigma Tools

Tool yang digunakan dalam *six sigma* sangat beragam dan mempunyai fungsi sesuai dengan kebutuhan dari setiap proyek *six sigma* yang sedang dilakukan.

2.7.3.1. Cause and effect diagram

Diagram sebab akibat ini pertama kali dikembangkan pada tahun 1950 oleh seorang pakar kualitas dari Jepang yaitu Dr. Kauro Ishikawa yang menggunakan uraian grafis dari unsur-unsur proses untuk menganalisa sumber-sumber potensial dari penyimpangan proses. (Gaspersz, 2002)

Gambar 2.2. Cause and Effect Diagram



(sumber: *minitab software*)

Faktor-faktor penyebab utama ini dapat dikelompokkan dalam:

1. *Machine* (Mesin)

Berkait dengan tidak adanya sistem perawatan preventif terhadap mesinmesin produksi, termasuk fasilitas dan prelate lain, tidak sesuai dengan spesifikasi tugas, terlalu rumit, terlalu panas, dll.

2. *Methods* (metode kerja)

Berkaitan dengan tidak adanya prosedur dan metode kerja yang benar, tidak jelas, tidak diketahui, tidak terstandarisasi, tidak cocok, dll.

3. *Materials* (bahan baku)

Berkaitan dengan ketiadaan spesifikasi kualitas dari bahan baku dan bahan penolong yang ditetapkan, ketiadaan penanganan yang efektif terhadap bahan baku dan bahan penolong tersebut, dll.

4. *Media* (lingkungan dan waktu kerja)

Berkaitan dengan tempat dan waktu kerja yang tidak memperhatikan aspek-aspek kebersihan, kesehatan dan keselamatan kerja dan lingkungan

yang kondusif, kekurangan alat penerapan, ventilasi yang buruk, kebisingan, dll. (Gaspersz, 2002).

2.7.4. Beberapa istilah dalam six sigma

1. *Critical To Quality* (CTQ)

Merupakan atribut-atribut yang sangat penting untuk diperhatikan, karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan.

2. *Defect*

Merupakan cacat yang terjadi karena kurangnya efisiensi dan efektivitas pada proses produksi.

3. *Defect Per Opportunity* (DPO)

Ukuran kegagalan yang dihitung dalam peningkatan kualitas *six sigma* yang menunjukkan banyaknya cacat atau kegagalan per satu kesempatan. Formula DPO adalah banyaknya cacat atau kegagalan yang ditemukan, dibagi dengan banyaknya unit yang diperiksa dikalikan banyaknya CTQ potensial yang menyebabkan cacat tersebut sehingga dapat ditulis sebagai berikut:

$$DPO = \frac{(D) \text{ banyaknya cacat yang ditemukan}}{(I) \text{ Banyaknya produk diperiksa} (C) \text{ Banyaknya CTQ yang berpotensi menyebabkan cacat.}}$$

Keterangan:

D : Banyaknya cacat.

I : Banyaknya produk diperiksa.

C : Banyaknya CTQ yang berpotensi menyebabkan cacat.

4. Defect Per Million Opportunities (DPMO)

Defects Per Million Opportunities (DPMO) adalah jumlah *defect* yang terjadi dalam satu juta kemungkinan, atau *defect* yang terjadi per-satu juta kemungkinan. Konversi dari nilai DPMO terhadap kemampuan proses (*level sigma*) adalah terlihat seperti tabel berikut (Purba & Aisyah, 2017).

Tabel 2.5. Level Kapabilitas Level Sigma dan DPMO

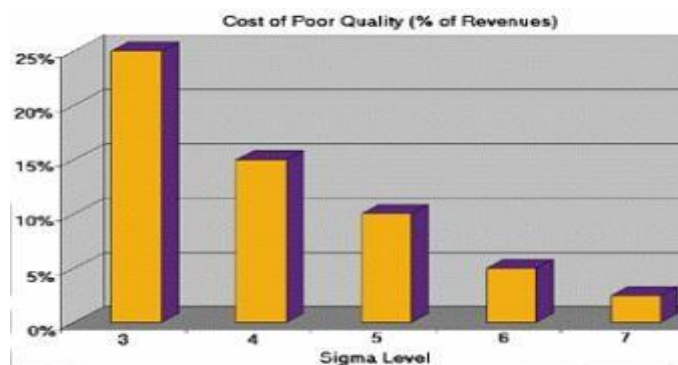
<i>Level Sigma</i>	<i>Defect Per Million Opportunities (DPMO)</i>	<i>% Yield</i>
2	308,537	69,15%
3	66,807	93,32%
4	6,210	99,38%
5	233	99,98%
6	3,4	99,99966%

Sumber: *Quality Improvement and Lean Six Sigma*

5. Biaya Kualitas Buruk (*Cost Of Poor Quality*)

Biaya kualitas buruk (*cost of poor quality*) merupakan selisih atau perbedaan antara kualitas potensial (*potential quality*) dan kualitas aktual (*actual quality*). Kualitas potensial adalah nilai kualitas yang dicapai pada saat ini. Untuk perusahaan yang belum menerapkan Six Sigma, biayaini relatif besar. Apabila perusahaan beroperasi pada level sigma 3 sampai 4, maka akan menghabiskan 25% dari pendapatannya (Pyzdek, 2000).

Gambar 2.3. *Cost Of Poor Quality Six Sigma.*



Sumber : The Six Sigma Revolution

2.8. Referensi Penelitian Sebelumnya.

1. Syarifudin, (2017).

“Usulan perbaikan untuk pengurangan waste pada proses produksi sarung BHS dengan metode Lean Six Sigma”(studi kasus di PT. Behaestex, Gresik) Tugas akhir Tekdik Industri UMG. Penelitian ini menjelaskan bagaimana melakukan perbaikan proses produksi sarung bhs dengan mengurangi waste yang terjadi. Waste kritis yang menghambat proses produksi adalah *defect* dan *excessing transportation*. Pemborosan yang terjadi dipetakan dengan VALSAT. *Tools* yang digunakan dalam penelitian *process activity mapping* dan *quality filter mapping*

2. Almansur, dkk (2017).

“Improving performance Of Biscuit Production Process through Lean six-sigma at Pt XYZ. Penelitian ini bertujuan melakukan analisis tingkat pemborosan (waste/loss) dengan menggunakan pendekatan 7 waste dan value added/non value added activity dalam proses produksi di PT. XYZ. Selanjutnya, melakukan evaluasi terhadap nilai kapabilitas proses produksi dan nilai sigma di PT. XYZ. Penelitian ini menggunakan teknik DMAIC (Define, Measure, Analysis, Improvement, and Control) dari Lean Six Sigma dengan Analisis menggunakan menggunakan alat Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Hasil Penelitian mendapati nilai Process Cycle Efficiency (PCE) 47.29%, CTQ (Critical to Quality) dan nilai kapabilitas proses berupa Cpm (Capability Index) setiap tahapan proses dan Yield. Line-5 memiliki DPMO (Defects Per Million Opportunities) sebesar 29632.607 dengan Sigma Score 3.39 Sigma, analisis FMEA(Failure Mode and Effect Analysis) menghasilkan rekomendasi perbaikan di setiap tahapan proses.

3. Fakhruassany, (2015)

“Implementasi Metode Lean Six Sigma sebagai Upaya Meminimalisasi Cacat Produk Kemasan Cup Air Mineral 240 ml” (studi kasus perusahaan air minum, Semarang). Tugas Akhir Sains Jurusan Statistika UNDIP. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *lean six sigma* dalam pengendalian kualitas dengan studi kasus kualitas produk air minum dalam kemasan cup 240 ml pada bagian *proses*

quality control yang menghasilkan sebelas jenis cacat. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah nilai DPMO pada mesin *line* 1 sebesar 546 menghasilkan tingkat sigma sebesar 4,766 dan persentase sebesar 99,95% yang artinya bahwa dalam satu juta produk *cup* air mineral 240 ml terdapat 0,05% unit produk yang tidak sesuai dalam produksi pada mesin *line* 1. Sedangkan nilai DPMO pada mesin

No	Nama	Judul	Metode			Produk
			LEAN SIX SIGMA	VALSAT	FMEA	
1.	Syarifudin	Usulan perbaikan untuk pengurangan waste pada proses produksi sarung BHS dengan metode Lean Six Sigma”(studi kasus di PT. Behaestex, Gresik) (2017)	✓	✓	✓	Sarung
2.	Fakhrussanny	Implementasi Metode Lean Six Sigma Sebagai Upaya Meminimalisasi Cacat Produk Kemasan Cup Air Mineral 240 ml(Studi Kasus Perusahaan Air Minum) (2015)	✓	✓	✓	Air minum kemasan

3.	Almansur, dkk	Improving performance Of Biscuit Production Process through Lean six- sigma at Pt XYZ	✓	✓		Biskuit
4.	Adi Karionugroho	Upaya mengurangi waste pada produksi jerigen 25 L dengan metode Lean Six Sigma (2019)	✓	✓	✓	Jerigen