

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Konsep Kualitas**

Definisi dari kualitas tergantung pada peranan orang yang mendefinisikannya. Beberapa pakar kualitas mendefinisikan kualitas dengan berbagai interpretasi. Kualitas suatu produk dapat dicirikan oleh ciri-ciri luarnya. Kinerja, ketergantungan, kegunaan, dan faktor lainnya disertakan (Gaspersz, 2005). Kualitas juga dapat dicirikan sebagai segala sesuatu yang memengaruhi kepuasan pelanggan dan inisiatif perubahan yang berkelanjutan. Sedangkan Deming berpendapat kualitas adalah mempertemukan kebutuhan dan harapan konsumen secara berkelanjutan berdasarkan atas harga yang telah mereka bayar, dalam hal ini Deming membangun kualitas sebagai suatu system (Adam Vardy, 2016). Berikut adalah definisi kualitas secara umum, antara lain :

1. *Conformance to Specification*

Kesesuaian dengan Spesifikasi Mengukur seberapa baik produk atau layanan memenuhi target dan toleransi yang ditetapkan oleh produsen. Kesesuaian ini dapat diukur secara langsung, meskipun tidak selalu berkaitan langsung dengan persepsi konsumen tentang kualitas.

2. *Fitness for Use*

Kecocokan untuk Penggunaan Berfokus pada seberapa baik produk menjalankan fungsinya sesuai dengan spesifikasi yang ditawarkan kepada konsumen.

3. *Value for Price Paid*

Nilai untuk Harga yang Dibayar Definisi kualitas ini sering digunakan oleh pelanggan untuk menilai manfaat dari produk atau layanan yang dibeli. Definisi ini mengaitkan aspek kegunaan produk atau layanan dengan pertimbangan ekonomi dari konsumen.

4. *Support Services*

Layanan Dukungan Definisi ini berfokus pada seberapa sering kualitas produk atau layanan dievaluasi. Kualitas tidak hanya berlaku pada produk atau layanan itu

sendiri, tetapi juga pada orang-orang, proses, dan lingkungan organisasi yang terkait.

#### 5. *Psychological Criteria*

Kriteria Psikologis Merupakan definisi subjektif yang berpusat pada evaluasi kualitas produk atau layanan. Berbagai faktor dapat mempengaruhi evaluasi ini, termasuk jumlah fitur yang ditawarkan oleh produk.

Kualitas merupakan hal yang penting untuk diperhatikan dalam setiap proses produksi. Produk yang memiliki kualitas baik akan dihasilkan melalui proses yang terkendali. Pengendalian kualitas adalah salah satu aktivitas yang diterapkan oleh manajemen untuk mengukur ciri-ciri kualitas produk dan membandingkannya dengan spesifikasi yang telah ditetapkan, sehingga tindakan perbaikan yang sesuai dapat diambil jika terdapat perbedaan antara karakteristik asli produk dengan standar yang telah ditetapkan (Montgomery, 1990). Dengan adanya pengendalian kualitas, diharapkan penyimpangan yang muncul dari aktivitas produksi dapat dikurangi secara bertahap, dan proses dapat diarahkan menuju standar yang telah ditetapkan untuk mencapai peningkatan performansi produksi perusahaan.

## **2.2 Lean Thinking**

*Lean Thinking* adalah sebuah pendekatan manajemen yang bertujuan untuk mengoptimalkan proses-produksi dengan cara menghilangkan pemborosan (*Waste*) serta meningkatkan nilai bagi pelanggan. Pendekatan ini lebih dari sekadar metode operasional; ia mendasarkan filosofinya pada konsep penghematan waktu, upaya kolektif, dan peningkatan berkelanjutan.

### **2.2.1 Definisi *Lean Thinking***

Proses produksi merupakan serangkaian langkah sistematis yang dilakukan untuk mengubah bahan mentah menjadi produk jadi. Ini melibatkan penggabungan sumber

daya manusia, mesin, dan bahan baku dengan tujuan menghasilkan barang atau layanan yang memiliki nilai tambah bagi pelanggan. Proses ini dimulai dari tahap pengadaan bahan mentah, diikuti dengan pengolahan atau transformasi bahan mentah menjadi bentuk yang lebih berguna, kemudian perakitan komponen-komponen menjadi produk akhir. Selama proses ini, pengujian dan inspeksi dilakukan secara berkala untuk memastikan kualitas produk. Setelah produk selesai diproduksi, langkah terakhir melibatkan pengemasan dan distribusi kepada pelanggan. Proses produksi sangat beragam tergantung pada jenis produk dan industri yang bersangkutan, namun intinya adalah menciptakan nilai tambah melalui transformasi bahan mentah menjadi produk yang diinginkan oleh pasar. Sejalan dengan prinsip ini, konsep *Lean* muncul dan mulai banyak diaplikasikan dalam sistem produksi perusahaan.

*Lean Thinking* lahir dari studi kasus kebangkitan Toyota Motor Company dari kebangkrutan pada awal tahun 1950-an menjadi pemain global yang dominan saat ini. Pada setiap tahap ekspansinya, Toyota tetap menjadi misteri dengan menembus pasar baru dengan produk yang dianggap kurang menarik dan dengan biaya yang lebih rendah secara sistematis, tanpa mengikuti instruksi manajemen konvensional. Dalam studi langsung perusahaan ini, terlihat bahwa mereka memiliki kelompok unik yang terdiri dari para guru (*sensei*) dan koordinator (pelatih dari Jepang) yang berdedikasi untuk membantu manajer memperoleh pola pikir yang berbeda. Berbeda dengan perusahaan besar lainnya, pelatihan di Toyota pada tahun-tahun awal lebih berfokus pada pengembangan kemampuan penalaran karyawan daripada sekadar mendorong mereka untuk menjalankan sistem yang ditetapkan oleh para ahli

*Lean* menciptakan proses yang membutuhkan sumber daya lebih sedikit, termasuk sumber daya manusia, biaya, dan waktu proses (Hines & Taylor, 2000). Berdasarkan karya James Martin yang berjudul "*Lean Six Sigma for Supply Chain*", terdapat beberapa keuntungan dalam menerapkan *Lean* dalam perusahaan, yang akan diuraikan berikut.

**Tabel 2. 1 Lean Six Sigma for Supply Chain, Sumber : James Martin**

<b>Process Development</b>	Meningkat 25% - 75 %
<b>Labor</b>	Berkurang 15% - 50 %
<b>Floor Space</b>	Berkurang 25% - 50%
<b>Error</b>	Berkurang 25% - 90%
<b>Excess Capacity</b>	Berkurang 25% - 75%
<b>Throughput Time</b>	Berkurang 25% - 95%
<b>Delivery Time</b>	Berkurang 25% - 75%

Ada lima elemen inti dalam *Lean Manufacturing*, yaitu aliran produksi, organisasi, pengendalian proses, metrik, dan logistik. Pengembangan pada kelima elemen ini dapat mendukung implementasi program *Lean Manufacturing* dan membawa perusahaan menuju tingkat kelas dunia. Berikut adalah penjelasan mengenai kelima elemen inti dari *Lean Manufacturing* :

1. **Manufacturing Flow**: Mengoptimalkan aliran produksi sehingga produk dapat mengalir secara lancar dan efisien dari bahan mentah menjadi produk jadi tanpa hambatan atau penundaan yang tidak perlu.
2. **Organization**: Struktur organisasi yang mendukung *Lean Manufacturing* harus fleksibel dan responsif terhadap perubahan. Ini termasuk memiliki tim yang terlatih dan kompeten yang dapat berkolaborasi dan berkomunikasi dengan baik.
3. **Process Control**: Mengimplementasikan kontrol proses untuk memastikan bahwa setiap langkah dalam proses produksi berjalan sesuai standar yang ditetapkan dan dapat diulang dengan hasil yang konsisten.
4. **Metrics**: Menggunakan metrik yang tepat untuk mengukur kinerja dan kemajuan dalam penerapan *Lean Manufacturing*. Metrik ini harus

mencerminkan tujuan *Lean* seperti pengurangan *Waste*, peningkatan kualitas, dan peningkatan efisiensi.

5. **Logistics**: Mengelola logistik dengan cara yang mendukung prinsip *Lean*, seperti mengurangi waktu tunggu, mengoptimalkan ukuran batch, dan memastikan pengiriman tepat waktu.

Dengan fokus pada pengembangan kelima elemen ini, perusahaan dapat mencapai peningkatan yang signifikan dalam efisiensi, mengurangi biaya, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. *Lean Manufacturing* adalah semua yang berkaitan reduksi *Waste*, perbaikan yang terus menerus dan meningkatkan hubungan customer serta supplier dengan memberikan kualitas yang lebih baik dan memberikan pelayanan yang tepat waktu. *Lean Manufacturing* memberikan strategi yang bervariasi untuk peningkatan kinerja dan meningkatkan daya saing dalam persaingan *global*. Menurut Modi & Thakkar (2014), beberapa manfaat dari implementasi *Lean Manufacturing* yaitu sebagai berikut :

1. Mengurangi biaya/*Cost*
2. Mengurangi *lead time*
3. Mengurangi *Waste*
4. Peningkatan produktivitas
5. Peningkatan kualitas atau mengurangi defects
6. Mengurangi *cycle time*
7. Mengurangi aktivitas yang tidak perlu
8. Tenaga kerja, ruang dan pemanfaatan peralatan yang lebih baik
9. Mengurangi *work in process inventory*

### **2.2.2 Activity Classification**

Dalam proses produksi, terdapat tiga tipe operasi yang didefinisikan menurut Hines Peter & Rich, Nick (1997). Ketiga tipe operasi atau aktivitas tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Non-Value Adding (NVA)*. Merupakan aktivitas yang tidak menambah nilai dari sudut pandang pelanggan. Aktivitas ini dianggap sebagai pemborosan dan perlu dikurangi atau dihilangkan. Contoh dari aktivitas ini termasuk Waktu Tunggu, penumpukan pada *Work In Process*, dan *Double Handling*.
2. *Necessary but Non-Value Adding (NNVA)*. Adalah aktivitas yang tidak menambah nilai namun penting bagi proses yang berlangsung. Contohnya adalah berjalan untuk mengambil parts, Membuka Pengiriman, dan memindahkan tool dari satu tangan ke tangan yang lain. Untuk mengurangi atau menghilangkan aktivitas ini, strategi dapat dilakukan dengan membuat prosedur operasi yang lebih sederhana dan mudah, seperti merancang layout baru, berkoordinasi dengan pemasok, dan membuat standar aktivitas.
3. *Value Adding (VA)*. Merupakan aktivitas yang mampu memberikan nilai tambah dalam pandangan pelanggan pada satu material atau produk yang diproses. Aktivitas ini mencakup proses pengolahan bahan mentah atau produk semi-jadi melalui penggunaan tenaga kerja manual. Contoh aktivitas ini meliputi proses sub-assembly, forging bahan mentah, dan pengecatan body work.

### **2.2.3 Waste**

Menurut Gazpersz (2006) dalam bukunya yang berjudul "*Continuous Cost Reduction Through Lean Sigma Approach*", *Waste* dikenal dengan istilah *E-DOWNTIME Waste*. Istilah ini mencakup berbagai jenis pemborosan dalam proses produksi atau operasional. *E-DOWNTIME Waste* sendiri merupakan singkatan dari:

1. *Excessive Processing* (Pemrosesan Berlebihan): Pemborosan terjadi ketika terlalu banyak langkah atau proses dilakukan dalam suatu operasi atau proses produksi daripada yang sebenarnya dibutuhkan.
2. *Defects* (Cacat): Pemborosan terjadi ketika produk atau layanan tidak memenuhi standar kualitas yang diharapkan, memerlukan waktu dan sumber daya tambahan untuk diperbaiki atau diproses ulang.

3. *Overproduction* (Produksi Berlebihan): Pemborosan terjadi ketika produk diproduksi melebihi permintaan pasar aktual, menyebabkan penumpukan persediaan yang tidak perlu dan biaya penyimpanan yang tinggi.
4. *Waiting* (Menunggu): Pemborosan terjadi ketika proses atau karyawan mengalami waktu tidak produktif karena menunggu sumber daya atau informasi yang diperlukan untuk melanjutkan pekerjaan.
5. *Neglected Talent* (Talenta yang Tidak Termanfaatkan): Pemborosan terjadi ketika karyawan tidak dimanfaatkan secara optimal dalam organisasi, sehingga potensi dan keterampilan mereka tidak dioptimalkan.
6. *Transportation* (Transportasi): Pemborosan terjadi ketika barang atau informasi harus dipindahkan atau diangkut dari satu lokasi ke lokasi lain yang tidak memberikan nilai tambah pada produk atau layanan.
7. *Inventory* (Persediaan Berlebih): Pemborosan terjadi ketika terlalu banyak persediaan disimpan, mengikat modal dan ruang penyimpanan tanpa adanya permintaan aktual dari pasar.
8. *Motion* (Gerakan yang Tidak Perlu): Pemborosan terjadi ketika karyawan melakukan gerakan yang tidak diperlukan dalam proses kerja mereka, menghasilkan kelelahan dan potensi cedera.
9. *Excessive Wasted Resources* (Sumber Daya Terbuang Berlebihan): Pemborosan terjadi ketika sumber daya seperti energi, air, atau bahan baku digunakan secara berlebihan atau tidak efisien dalam proses produksi atau operasional.

Dengan mengidentifikasi dan mengurangi *E-DOWNTIME Waste* ini, organisasi dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya, dan meningkatkan nilai tambah dalam proses mereka.

## 2.3 Six Sigma

*Six Sigma* adalah strategi bisnis dengan konsep analisis statistik dengan cara peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan dalam persejuta kesempatan untuk setiap transaksi produk (barang atau jasa). *Six Sigma* dibuat untuk menghilangkan pemborosan, mengurangi biaya karena kualitas yang buruk dan memperbaiki efektivitas semua kegiatan operasi dengan target kesempurnaan.

*Six Sigma* merupakan metode pengendalian dan peningkatan kualitas yang sudah diterapkan oleh perusahaan Motorola dari tahun 1987. Metode ini dikembangkan oleh William B. Smith JR dan Mikel J. Harry pada tahun 1981. *Six Sigma* terdiri dari dua kata yaitu Six yang berarti enam dan sigma yang berarti sebuah simbol atau lambang standar deviasi dalam statistik yang melambangkan kemampuan suatu proses dan ukuran suatu nilai sigma.

Prinsip dasar *Six Sigma* adalah perbaikan produk dengan melakukan perbaikan pada proses sehingga proses tersebut menghasilkan produk yang sempurna. Pendekatan *Six Sigma* digunakan untuk mengidentifikasi hal-hal yang berkaitan dengan penanganan *error* dan pengerjaan ulang produk akan menghabiskan biaya, waktu, mengurangi peluang mendapatkan pendapatan, mengurangi peluang mendapatkan pendapatan, dan mengurangi kepercayaan pelanggan.

Menurut Miranda dkk (2006), *Six Sigma* adalah sebuah metode berteknologi canggih yang digunakan oleh para insinyur dan statistikiawan dalam memperbaiki/mengembangkan proses atau produk. Menurut Gasperz (2002), *Six Sigma* adalah suatu visi peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan dalam persejuta kesempatan (DPMO) untuk setiap transaksi produk (barang dan jasa), upaya giat menuju kesempurnaan (zero-defect-kegagalan nol). Menurut Nasution (2015), *Six Sigma* adalah strategi bisnis untuk menghilangkan pemborosan, mengurangi biaya karena kualitas yang buruk, dan memperbaiki efektivitas semua kegiatan operasi, sehingga dapat memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan.

### 2.3.1 Aspek Dasar *Six Sigma*

*Six Sigma* merupakan metode pemecahan masalah dari akibat cacat dan tingginya biaya yang disebabkan oleh rendahnya kualitas produk maupun proses. *Six Sigma* dapat menjadi filosofi manajemen yang bertujuan mencapai kualitas yang lebih baik melalui peningkatan kualitas terus menerus (*countinuous Improvement*). Menurut Pande dkk (2002), terdapat enam aspek utama yang perlu diperhatikan oleh manajemen yang ingin menerapkan konsep *Six Sigma*, yaitu:

1. Benar-benar mengutamakan pelanggan: seperti kita sadari bersama, pelanggan bukan hanya berarti pembeli, tapi bisa juga berarti rekan kerja kita, team yang menerima hasil kerja kita, pemerintah, masyarakat umum pengguna jasa, dll.
2. Manajemen yang berdasarkan data dan fakta: bukan berdasarkan opini, atau pendapat tanpa dasar.
3. Fokus pada proses, manajemen dan perbaikan: *Six Sigma* sangat tergantung kemampuan kita mengerti proses yang dipadu dengan manajemen yang bagus untuk melakukan perbaikan.
4. Manajemen yang proaktif: peran pemimpin dan manajer sangat penting dalam mengarahkan keberhasilan dalam melakukan perubahan.
5. Kolaborasi tanpa batas: kerja sama antar tim yang harus mulus.
6. Selalu mengejar kesempurnaan

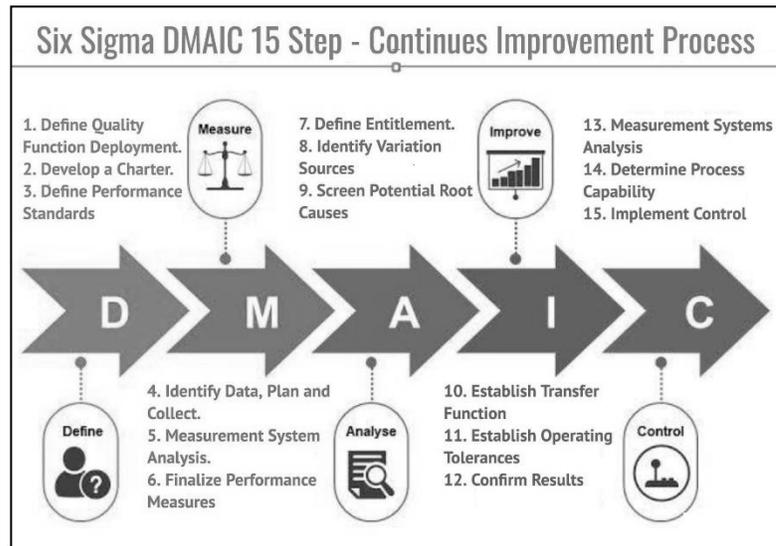
### 2.3.2 Metode *Six Sigma*

Metode *Six Sigma* dibutuhkan untuk melakukan peningkatan terus menerus melalui pendekatan yang sistematis berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta dengan menggunakan peralatan, pelatihan dan pengukuran, sehingga semua kebutuhan pelanggan dapat terpenuhi. Menurut Gaspersz (2007), terdapat dua metodologi *Six Sigma* yang dapat digunakan, yaitu: *DMAIC* (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dan *DMADV* (*Define, Measure, Analyze, Design, Verify*). *DMAIC* digunakan untuk meningkatkan proses bisnis yang telah ada, sedangkan *DMADV* digunakan untuk

menciptakan desain proses baru dan/atau desain produk baru dalam cara sedemikian rupa agar menghasilkan kinerja bebas kesalahan (*zero defects/errors*).

*DMAIC* digunakan pada saat sebuah perusahaan sudah memiliki sebuah produk jadi atau produk yang masih dalam tahap proses, namun belum mencapai spesifikasi yang dibutuhkan oleh pelanggan. *DMAIC* digunakan untuk meningkatkan proses bisnis yang terdiri dari lima tahap, yaitu:

1. *Define*. Mendefinisikan secara formal sasaran peningkatan proses yang konsisten dengan permintaan atau kebutuhan pelanggan dan strategi perusahaan.
2. *Measure*. Mengukur kinerja proses pada saat sekarang (*baseline Measurements*) agar dapat dibandingkan dengan target yang ditetapkan. Lakukan pemetaan proses dan mengumpulkan data yang berkaitan dengan indikator kinerja kunci (*key performance indicator = KPI*).
3. *Analyze*. Menganalisis hubungan sebab-akibat berbagai faktor yang dipelajari untuk mengetahui faktor-faktor dominan yang perlu dikendalikan.
4. *Improve*. Mengoptimisasikan proses menggunakan analisis-*analisis* seperti *Design of Experiments (DOE)*, dan lain-lain, untuk mengetahui dan mengendalikan kondisi optimum proses.
5. *Control*. Melakukan pengendalian terhadap proses secara terus-menerus untuk meningkatkan kapabilitas proses menuju *Six Sigma*.



**Gambar 2. 1 Six Sigma DMAIC 15 Step**

### 2.3.3 Metode Perhitungan Nilai Sigma

Six Sigma adalah metode manajemen kualitas yang bertujuan untuk mengurangi variasi dalam proses dan meningkatkan kepuasan pelanggan dengan menghasilkan produk atau layanan yang memiliki tingkat kecacatan sangat rendah.

Dalam Six Sigma, nilai sigma ( $\sigma$ ) menggambarkan seberapa stabil dan akurat suatu proses dalam memenuhi spesifikasi. Semakin tinggi nilai sigma, semakin kecil kemungkinan terjadi cacat dalam proses tersebut. Untuk menghitung nilai sigma, diperlukan beberapa elemen utama:

- Jumlah Produk yang Diuji (N) → Total unit yang diperiksa dalam suatu proses.
- Jumlah Cacat yang Ditemukan (D) → Total jumlah kesalahan atau defect yang ditemukan.
- Peluang Cacat per Unit (O) → Setiap unit bisa memiliki lebih dari satu aspek yang bisa mengalami cacat.
- Defects Per Million Opportunities (DPMO) → Ukuran yang menunjukkan seberapa banyak cacat terjadi dalam 1 juta peluang.

- Konversi DPMO ke Nilai Sigma → Menggunakan rumus atau tabel sigma untuk mengetahui tingkat sigma dari suatu proses.

$$DPMO = \left( \frac{D}{U \times O} \right) \times 1000000$$

Dimana :

D : Jumlah *defect* atau jumlah kegagalan yang terjadi

U : Jumlah *output* produksi

O : Jumlah kemungkinan *defect* / kegagalan atau CTQ

**Tabel 2. 2 Six Sigma Level**

Sigma ( $\sigma$ ) Level	DPMO	Process Capability (Cp)	Defect Rate (PPM)	Yield (%)	Cost of Poor Quality (% of Sales)	Competitive Level
1 Sigma	690,000	0.33	690,000	-----	74%	Non-competitive
2 Sigma	308,537	0.66	308,537	69.1462	30 - 40%	Non-competitive
3 Sigma	66,807	1	66,807	93.3193	20 - 30%	Industry Average
4 Sigma	6,210	1.33	6,210	99.379	15 - 20%	Industry Average
5 Sigma	233	1.67	233	99.9767	10 - 15%	World Class
6 Sigma	3.4	2	3.4	99.99966	< 10%	World Class

Berdasarkan tabel di atas:

- Jika suatu proses berada pada 1 Sigma, maka 69% produknya cacat, yang artinya kualitasnya sangat buruk.
- Jika suatu proses berada pada 3 Sigma, maka 93.32% produknya baik, tetapi masih dalam kategori rata-rata industri.
- Jika suatu proses berada pada 6 Sigma, maka hanya ada 3.4 cacat dalam 1 juta peluang, yang berarti kualitas hampir sempurna.

## 2.4 Lean Six Sigma

*Lean Six Sigma* adalah metodologi yang menggabungkan prinsip-prinsip *Lean Manufacturing* dan *Six Sigma* untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, dan produktivitas proses bisnis. Keduanya memiliki akar dalam industri manufaktur, tetapi sekarang telah

diterapkan secara luas di berbagai industri, termasuk layanan, perbankan, perawatan kesehatan, dan banyak lagi.

*Lean Six Sigma*:

1. *Lean Six Sigma* menggabungkan konsep dan alat dari *Lean* dan *Six Sigma* untuk memberikan pendekatan yang komprehensif terhadap perbaikan proses.
2. Dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip *Lean* yang berfokus pada penghilangan limbah dengan pendekatan *Six Sigma* yang berorientasi pada pengendalian kualitas, *Lean Six Sigma* bertujuan untuk mencapai hasil yang optimal dalam hal efisiensi, kualitas, dan kepuasan pelanggan.
3. Pendekatan ini menekankan penggunaan statistik untuk memahami dan mengelola variabilitas proses, sambil tetap fokus pada kepuasan pelanggan dan peningkatan nilai.

Dengan mengadopsi *Lean Six Sigma*, organisasi dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya, meningkatkan kualitas produk atau layanan, dan meningkatkan kepuasan pelanggan secara keseluruhan

Seperti yang kita semua tahu, waktu adalah uang (ini juga merupakan investasi), dan uang adalah dasar bagi setiap organisasi bisnis untuk tumbuh dan sukses. Kita juga tahu bahwa cacat tidak lain adalah kerugian. Jadi *Lean Six Sigma* adalah solusi yang memungkinkan perusahaan untuk bergerak maju dalam persaingan. Dengan pemikiran tersebut, *Lean Six Sigma* menggabungkan dua teknik perbaikan yang paling penting dalam bisnis dan industri saat ini dan industri. Salah satunya adalah lambang kualitas, yang menggunakan strategi *Six Sigma*, dan yang lainnya adalah prinsip-prinsip *Lean* dalam mencapai *world class performance* (WCP). *Lean* berlaku untuk semua proses di semua industri dan organisasi. Secara matematis WCP adalah respon output yang didefinisikan sebagai fungsi dari *Lean* dan *Six Sigma*. Dengan kata lain kata lain, WCP bergantung pada *Lean* ( $y_L$ ) dan *Six Sigma* ( $y_{SS}$ ). Dengan demikian, sebagai fungsi matematis fungsi matematis:

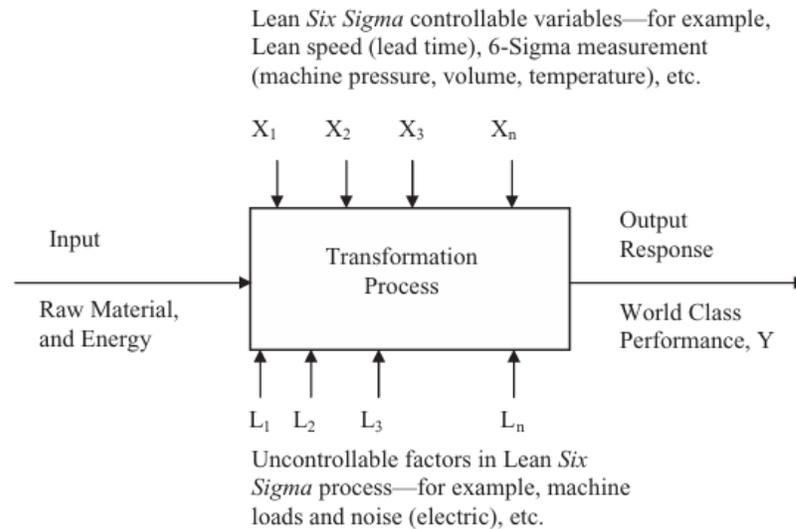
$WCP = f(\text{Lean causes of variation, Six Sigma causes of variation})$

Output = f (Input), atau

$YWCP \text{ (or YLSS)} = f(yL, ySS) = f[fL(x), fSS(x)]$

Menurut buku *Essential of Lean Six Sigma* (Taghizadegan, 2006). Aturan dan prinsip berikut ini diperlukan saat merancang dan memproses proyek *Lean Six Sigma* untuk memenuhi *world class performance* (WCP):

1. Menerapkan konsep *Six Sigma* pada fase pendefinisian, pengukuran, analisis, pengembangan mengembangkan/meningkatkan, dan memverifikasi atau mengontrol (*DMAIC*)
2. Berkonsentrasi pada kualitas dan biaya.
3. Fokus pada keuntungan perusahaan.
4. Memenuhi pengiriman tepat waktu, yang merupakan prioritas pelanggan.
5. Meningkatkan produktivitas.
6. Menekankan keselamatan dan lingkungan.
7. Fokus pada suara pelanggan.
8. Fokus pada pengurangan waktu tunda misalnya, 80% dari keterlambatan dalam proses apa pun disebabkan oleh 20% aktivitas (stasiun kerja/perangkap waktu).
9. Fokus pada pengurangan waktu tunggu misalnya, 95% dari waktu tunggu (the perbedaan antara waktu pemesanan dilakukan dan saat pengiriman oleh pemasok) di sebagian besar proses dalam sebagian besar proses adalah waktu tunggu. Hal ini jauh melebihi 5% dari waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan, oleh karena itu proses yang lambat proses yang lambat adalah proses yang mahal.
10. Perbaiki proses yang lambat yang mahal dan memakan biaya.
11. Menerapkan perbaikan 5S (*Kaizen*). (Lihat Bagian 6.4 untuk rinciannya.)
12. *Just-in-time* (*JIT*)/*Kanban*. (Lihat Bagian 6.4 untuk perinciannya.)
13. *Total Production Maintenance* (*TPM*).



**Gambar 2. 2 General Model of Lean Six Sigma**

Peluang pengurangan dalam sistem manufaktur terdiri dari persediaan, ukuran lot, biaya unit, waktu desain, ruang lantai, penggunaan energi, dan waktu tunggu (pengurangan waktu tunggu dan variasi waktu tunggu menjadi lebih konsisten).

#### Principles of Lean Six Sigma

Business process cycle time	50 to 90% reduction
Manufacturing cycle time	40 to 95% reduction
Inventory	40 to 80% reduction
Manufacturing floor space/office area	30 to 60% reduction
Productivity	25 to 60% improvement
New product development lead time	30 to 50% improvement
Manufacturing/operating costs	15 to 25% reduction
Cost of poor quality	30 to 50% reduction
Service costs	30 to 60% reduction
Service delivery time	30 to 50% improvement
Capacity	15 to 20% expansion

**Gambar 2. 3 Reduction opportunity Lean Six Sigma**

Ada beberapa langkah yang dapat dijadikan panduan untuk implementasi *Lean Sigma* dalam industri manufaktur (Gaspersz, 2007) yaitu :

1. Identifikasi nilai produk manufaktur yang akan ditawarkan kepada pelanggan berdasarkan perspektif pelanggan.

2. Transformasi nilai-nilai dari persyaratan yang telah disepakati bersama di atas ke dalam CTQ (*Critical To Quality*), CTC (*Critical To Cost*), CTD (*Critical To Delivery*), CTS (*Critical To Service / Safety*) agar dapat diukur, dipantau dan dikendalikan oleh manajemen perusahaan.
3. Melakukan pemetaan produk individual, kelompok produk (product family) atau lini produk (product line) sepanjang value stream process untuk mengidentifikasi aktivitas-aktivitas nilai tambah (value-added activities) dan bukan nilai tambah (non-value added activities) yang merupakan pemborosan atau *Waste*.
4. Menentukan beberapa ukuran kinerja kunci (*key performance measures*) dari value stream process pada saat sekarang.
5. Mendesain value stream process map untuk masa mendatang (*future statue value stream process map*) beserta target untuk meningkatkan PCE (*Process Cycle Efficiency*) melalui rasionalisasi atau simplifikasi proses dan eliminasi E-DOWNTIME *Waste*, meningkatkan OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) melalui reduksi downtime, reduksi cacat, implementasi TPM (*Total Productive Maintenance*), menurunkan atau memperpendek lead time melalui penurunan *Work-In-Process inventory* dengan jalan melakukan penyeimbangan proses mengikuti takt time dan peningkatan kinerja QCSDM (*Quality, Cost, Service / Safety, Delivery, Morale*).
6. Untuk meningkatkan kinerja proses di atas, berbagai alat dan teknik *Lean Sigma* dapat diterapkan, dimulai dengan teknik-teknik sederhana seperti 6S (*Sort, Stabilize, Shine, Standardize, Safety, Sustain*) sampai kepada teknik teknik lanjutan : *Vendor Managed Inventory (VMI)*, *Design of Experiments (DOE)*, dan lain-lain.

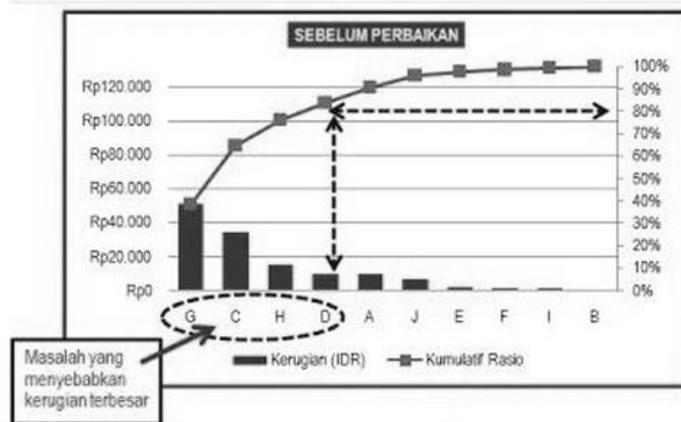
## 2.5 Pareto chart

*Pareto Chart* adalah sebuah diagram yang menggabungkan batang dan garis grafik, di mana nilai individu diwakili dalam urutan menurun oleh batang, dan total kumulatif diwakili oleh garis. Ini didasarkan pada prinsip Pareto, juga dikenal sebagai aturan 80/20, yang menyatakan bahwa sebagian besar efek (80%) disebabkan oleh sebagian kecil penyebab (20%). Dalam konteks halaman ini, Pareto Chart digunakan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan penyebab pemborosan atau masalah dalam proses produksi untuk fokus pada perbaikan. Pareto Chart membantu dalam mengidentifikasi faktor-faktor kritis yang memerlukan perhatian lebih untuk mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi. Hukum Pareto sebenarnya dipopulerkan oleh Joseph M Juran (Ahli Manajemen Mutu) yang lebih bersifat universal. Juran meyakini bahwa konsep 80/20 tersebut dapat diterapkan dalam seluruh sendi kehidupan manusia mulai dari sosial-budaya, sosial-ekonomi, sosio-politik dan lain-lain. Roh matematik dari hukum Pareto adalah 80% reaksi sebenarnya dihasilkan dari 20% aksi yang dilakukan (Juran & Godfrey, 1999).

Pareto dapat diaplikasikan untuk proses perbaikan dalam berbagai macam permasalahan dalam suatu proses, antara lain (Besterfield, 2009) :

- Mengatasi permasalahan efisiensi kerja
- Peningkatan kualitas keselamatan kerja
- Penghematan material bahan baku, energi, dan lain-lain
- Perbaikan sistem dan prosedur kerja.

Berikut ini adalah salah satu contoh dari identifikasi permasalahan kritis dari sistem produksi dengan menggunakan pareto chart.



**Gambar 2. 4 Diagram Pareto**

Dari contoh diagram Pareto diatas, dapat diketahui bahwa hanya 4 (empat) masalah yang menyebabkan kerugian terbesar, yaitu hingga 80% dari total masalah. Sehingga, untuk mengurangi total kerugian, kita dapat berfokus pada 4 (empat) masalah tersebut dari pada keseluruhan masalah yang ada namun tetap memberikan implikasi yang besar terhadap pengurangan total kerugian yang ada.

## 2.6 Root cause analysis (RCA)

*Root cause analysis* atau diagram sebab-akibat adalah alat yang menggambarkan hubungan antara sebab dan akibat. Diagram ini berguna untuk mengidentifikasi faktor penyebab inefisiensi atau pemborosan serta karakteristik pemborosan yang dihasilkan oleh faktor-faktor tersebut dalam upaya reduksi biaya. Biasa disebut sebagai diagram tulang ikan atau diagram Ishikawa karena bentuknya menyerupai kerangka ikan dan pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Kaoru Ishikawa dari Universitas Tokyo pada tahun 1943.

Diagram sebab-akibat adalah pendekatan terstruktur yang membantu dalam menganalisis secara rinci untuk mengidentifikasi penyebab suatu masalah, ketidaksesuaian, atau kesenjangan. Diagram ini dapat digunakan untuk:

- Membantu mengidentifikasi akar penyebab masalah pemborosan.
- Membantu membangkitkan ide-ide untuk solusi masalah pemborosan.

- Membantu penyelidikan atau pencarian fakta lebih lanjut yang berkaitan dengan masalah pemborosan.

## 2.7 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

*FMEA* adalah pendekatan analitis untuk mencegah cacat dengan memprioritaskan potensi masalah potensial dan penyelesaiannya. Lebih lanjut, *FMEA* adalah kelompok tersistem dari kegiatan yang dimaksudkan untuk mengenali dan mengevaluasi potensi kegagalan suatu produk/proses dan proses dan efeknya. Selain itu, *FMEA* juga mengidentifikasi tindakan yang dapat menghilangkan atau mengurangi probabilitas atau tingkat keparahan dari potensi kegagalan dan efeknya (dokumen proses).

Metode *FMEA* mempunyai banyak aplikasi dalam lingkungan *Six Sigma*. Dalam hal mencari berbagai masalah bukan hanya dalam proses serta perbaikan kerja, tapi juga dalam aktivitas pengumpulan data, usaha-usaha *voice of customer*, prosedur dan bahkan dalam pelaksanaan inisiatif *Six Sigma*. Satu-satunya prasyarat adalah adanya situasi yang kompleks atau berisiko tinggi dimana perlu memberikan penekanan khusus untuk menghentikan masalah. Berikut merupakan Langkah langkah *FMEA* (Pande, et al., 2000) :

1. Mengidentifikasi proses atau produk/jasa.
2. Mendaftarkan masalah-masalah potensial yang dapat muncul (*failure modes*).  
Ide-ide untuk masalah potensial mungkin berasal dari berbagai sumber, meliputi brainstorming, analisis proses, benchmarking, dan sebagainya. Masalah-masalah dapat dikelompokkan berdasarkan langkah proses atau komponen produk/jasa.
3. Menilai masalah untuk kerumitan, probabilitas kejadian dan detektabilitas.  
Dengan menggunakan skala 1-10, berikan skor pada masing-masing faktor untuk setiap masalah potensial. Masalah masalah yang lebih serius mendapatkan rating lebih tinggi, demikian juga masalah yang sulit untuk dideteksi.

4. Menghitung *Risk Priority Number* atau RPN dan tindakan-tindakan prioritas. Rating risiko keseluruhan diperoleh dengan mengalikan tiga skor bersama-sama. Dengan menambahkan RPN dari semua masalah, akan didapatkan gambaran risiko total untuk proses atau produk/jasa (RPN maksimum adalah 1.000).
5. Melakukan tindakan-tindakan untuk mengurangi risiko. Dengan memfokuskan pertama-tama pada masalah-masalah potensial yang memiliki prioritas tertinggi, kemudian dapat memikirkan tindakan-tindakan untuk mengurangi salah satu atau semua faktor keseriusan, kejadian dan detektabilitas. Manfaat kunci dari alat ini adalah untuk membuat sumber daya manajemen masalah yang selalu tidak terbatas selalu memberikan manfaat terbaik.

*Rating severity, occurrence* dan *detection* untuk setiap perusahaan pasti akan berbeda karena bergantung pada kondisi eksisting dari perusahaan tersebut. Pada Tabel 2.1, 2.2 dan 2.3 berikut akan dipaparkan salah satu contoh rating severity, occurrence dan detection dari Chrysler, Ford and General Motors.

**Tabel 2. 3 Rating Severity pada Chrysler, Ford and General Motors (Chrysler, 1993)**

Effect	Severity	Rating
<b>Tidak ada</b>	Tidak ada pengaruh	1
<b>Sangat minor</b>	Defect dirasakan oleh beberapa konsumen (<25%)	2
<b>Minor</b>	Defect dirasakan oleh sebagian konsumen (50%)	3
<b>Sangat rendah</b>	Defect dirasakan oleh sebagian besar konsumen (>75%)	4
<b>Rendah</b>	Item beroperasi namun kenyamanan item saat digunakan mengalami penurunan performansi. Konsumen kurang puas.	5
<b>Sedang</b>	Item beroperasi namun terjadi ketidaknyamanan saat dioperasikan. Konsumen tidak puas	6
<b>Tinggi</b>	Item beroperasi namun terjadi penurunan performansi. Konsumen sangat tidak puas.	7
<b>Sangat tinggi</b>	Item tidak beroperasi dengan kehilangan fungsi utama	8
<b>Berbahaya dengan Peringatan</b>	Tingkat keparahan sangat tinggi yang tingkat kegagalannya dapat mempengaruhi keselamatan operasional dan meliputi ketidakpatuhan pada peraturan pemerintah dengan peringatan	9

<b>Berbahaya tanpa peringatan</b>	Tingkat keparahan sangat tinggi yang tingkat kegagalannya dapat mempengaruhi keselamatan operasional dan meliputi ketidakpatuhan pada peraturan pemerintah tanpa peringatan	10
-----------------------------------	---	----

**Tabel 2. 4 Rating probalilitas pada Chrysler, Ford and General Motors (Chrysler, 1993)**

Occurence	Probabilitas kejadian	Rating
<b>Tidak Pernah</b>	≤1 per 1.500.000 produk	1
<b>Jarang</b>	1 per 150.000 produk	2
	1 per 15.000 produk	3
<b>Kadang kadang</b>	1 per 2000 produk	4
	1 per 400 produk	5
	1 per 80 produk	6
<b>Sering</b>	1 per 20 produk	7
	1 per 8 produk 8	8
<b>Sangat Sering</b>	1 per 3 produk	9
	≥1 per 2 produk	10

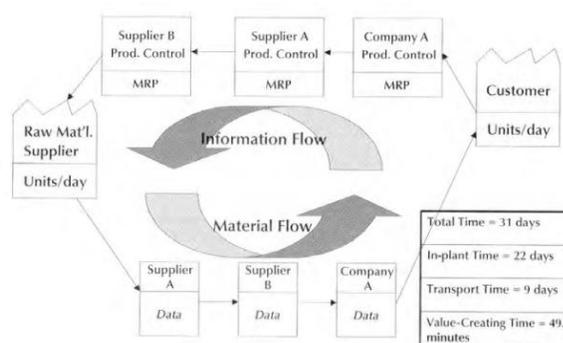
**Tabel 2. 5 Rating Detection pada Chrysler, Ford and General Motors(Chrysler, 1993)**

Detection	Keterangan	rating
<b>Hampir Pasti</b>	Pengontrolan hampir pasti mendeteksi penyebab/mekanisme kegagalan	1
<b>Sangat mudah</b>	Pengontrolan akan mendeteksi penyebab/mekanisme kegagalan dengan sangat mudah	2
<b>Mudah</b>	Pengontrolan akan mendeteksi penyebab/mekanisme kegagalan dengan mudah	3
<b>Cukup mudah</b>	Pengontrolan akan mendeteksi penyebab/mekanisme kegagalan dengan cukup mudah	4
<b>Sedang</b>	Pengontrolan akan mendeteksi penyebab/mekanisme kegagalan dengan kemampuan sedang	5
<b>Cukup Sulit</b>	Pengontrolan akan mendeteksi penyebab/mekanisme kegagalan dengan cukup sulit	6
<b>Sulit</b>	Pengontrolan akan mendeteksi penyebab/mekanisme kegagalan dengan sulit	7

<b>Sangat Sulit</b>	Pengontrolan akan mendeteksi penyebab/mechanisme kegagalan dengan sangat sulit	8
<b>Ekstrem</b>	Pengontrolan akan mendeteksi penyebab/mechanisme kegagalan dengan sangat ekstrem	9
<b>Tidak dapat deteksi</b>	Pengontrolan tidak dapat mendeteksi penyebab/mechanisme kegagalan	10

## 2.8 VSM ( Value Stream Mapping )

*Value Stream Mapping (VSM)* adalah sebuah alat yang digunakan untuk membantu memahami proses sebenarnya dalam memproduksi barang dengan memetakan baik aliran material maupun aliran informasi dari pemasok hingga ke konsumen. *VSM* juga dikenal sebagai pemetaan aliran material dan informasi. Dalam *Value Stream Mapping*, upaya dilakukan untuk menghitung rasio waktu antara kegiatan yang menambah nilai (*value added activity*) dan kegiatan yang tidak menambah nilai (*non value added activity*). Informasi ini kemudian digunakan untuk mengembangkan *VSM* masa depan berdasarkan *VSM* saat ini yang telah dibuat sebelumnya. Menurut Rother dan Shook (1999), tujuan utama dari *VSM* adalah untuk mengidentifikasi semua pemborosan dalam aliran produksi dan berupaya untuk mengeliminasi pemborosan tersebut.



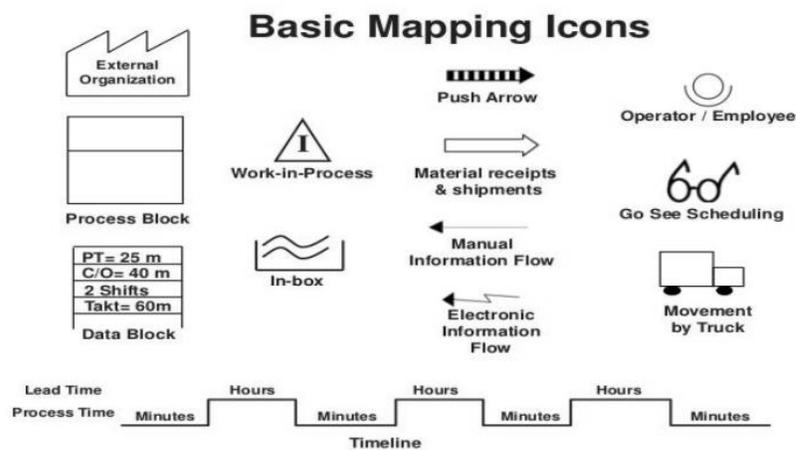
**Gambar 2. 5 General Current-State Value-Stream Map (Sumber : Dolcemascolo, 2006)**

Implementasi *Value Stream Mapping (VSM)* harus direncanakan dengan baik dan mempertimbangkan banyak aspek agar pelaksanaannya berjalan sesuai rencana

dan memberikan kontribusi positif terhadap perusahaan. Untuk memetakan aliran informasi dan material atau produk secara fisik, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut (Hines & Taylor, 2000):

1. Mengidentifikasi Jenis dan Jumlah Produk yang Diinginkan Pelanggan: Meliputi waktu munculnya kebutuhan akan produk, kapasitas, frekuensi pengiriman, serta jumlah persediaan yang disimpan untuk keperluan konsumen.
2. Menggambarkan Aliran Informasi dari Pelanggan ke Supplier: Memuat peramalan dan informasi pembatalan oleh pelanggan, orang atau departemen yang memberi informasi ke perusahaan, waktu pemrosesan informasi, jenis informasi yang disampaikan kepada supplier, serta pesanan yang diisyaratkan.
3. Menggambarkan Aliran Fisik Berupa Material atau Produk dalam Perusahaan: Meliputi waktu yang diperlukan, titik terjadinya inventori dan inspeksi, putaran rework, waktu siklus setiap titik, jumlah unit produk yang diinspeksi setiap titik, waktu penyelesaian operasi, durasi operasional harian setiap stasiun kerja, lokasi dan jumlah inventori yang disimpan, serta bottleneck yang terjadi sepanjang proses produksi.
4. Menghubungkan Aliran Informasi dan Fisik: Menggunakan anak panah yang berisi informasi seperti jadwal yang digunakan, instruksi pengiriman, serta kapan dan dimana aliran fisik terjadi.
5. Melengkapi Peta atau Gambar Aliran Informasi dan Fisik: Menambahkan durasi proyek dan waktu penambahan nilai (*value adding time*) di bawah peta *VSM*.

Dalam menerapkan langkah-langkah pembuatan *VSM* di atas, perlu diperhatikan detail proses agar tidak ada sesuatu yang terlewat sehingga berdampak terhadap spesifiknya implementasi perbaikan yang diterapkan nantinya. Gambar 2.5 Menunjukkan mengenai simbol-simbol yang digunakan dalam *VSM* (Wilson, 2010)



Gambar 2. 6 Simbol *Value Stream Mapping* (Wilson, 2010)

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Robin, Helena Juliana Kristina, dan Carla Olyvia Doaly (2022) dengan judul penelitian “Penerapan *Metode Lean Six Sigma* Dalam Upaya Peningkatan Kualitas Dan Efisiensi Proses Pada Produksi Dakron Fh 764”

Penelitian yang dilakukan oleh Vera Devani dan Nurul Amalia (2020) dengan judul penelitian “Usulan Penerapan *Lean Six Sigma* Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Semen”

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Rif'an, Deny Andesta, dan Elly Ismiyah dengan judul penelitian “Analisis Pendekatan *Lean Six Sigma* untuk Meminimalisir *Waste* Pada Proses Produksi Pipa Pvc (studi kasus: PT. XYZ)” State of art dari penelitian ini dapat dijabarkan pada tabel berikut :

Tabel 2. 6 Komparasi dengan penelitian sebelumnya

No	Nama Peneliti	Judul	Metode	Objek penelitian	Hasil Penelitian

1	Robin, Helena Juliana Kristina,dan Carla Olyvia Doaly (2022)	Penerapan Metode <i>Lean Six Sigma</i> Dalam Upaya Peningkatan Kualitas Dan Efisiensi Proses Pada Produksi Dakron Fh 764	<i>Lean Six Sigma</i>	Proses produksi Dakron FH 764,	Dengan penerapan metode <i>Lean Six Sigma</i> , perbaikan nilai DPMO dari 12.138 menjadi 8.249, peningkatan nilai sigma dari 3,753 menjadi 3,898. Serta peningkatan efisiensi proses produksi sebesar 47.89 %
2	Vera Devani dan Nurul Amalia (2020)	Usulan Penerapan <i>Lean Six Sigma</i> Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Semen	<i>Lean Six Sigma</i>	proses packing semen	Usulan tindakan perbaikan dengan menggunakan pendekatan <i>Lean Six Sigma</i> yang dapat dilakukan adalah memperbaiki SOP kerja yakni dengan membuat SOP tersendiri untuk stasiun packing
3	Muhammad Rif'an, Deny Andesta,dan Elly Ismiyah (2021)	Analisis Pendekatan <i>Lean Six Sigma</i> untuk Meminimalisir Waste Pada Proses Produksi Pipa Pvc (studi kasus: PT. XYZ)	<i>Lean Six Sigma</i>	Pipa PVC	Usulan perbaikan berdasarkan nilai RPN terbesar dari tabel FMEA
4	Aditya Ristyantono (2024)	Peningkatan kualitas <i>mixpile</i> dengan menggunakan metode <i>Lean Six Sigma</i> di PT.	<i>Lean Six Sigma</i>	Penelitian ini berfokus pada proses produksi <i>mixpile</i> di	-

		Semen gresik pabrik rembang		pabrik tersebut.	
--	--	-----------------------------	--	------------------	--

Berdasarkan tabel *state of the art* di atas, beberapa hasil dari penelitian sebelumnya telah dijabarkan, menyoroti perbedaan dan keunikan penelitian ini. Penelitian terdahulu memberikan dukungan melalui referensi ilmiah yang relevan, memperkuat dan meningkatkan akurasi hasil penelitian. Kelebihan dari penelitian ini terletak pada fokusnya untuk membuktikan dampak *Lean Six Sigma* dalam meningkatkan performa operasional perusahaan. Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, “Peningkatan kualitas *mixpile* dengan menggunakan metode *Lean Six Sigma* di PT. Semen gresik pabrik rembang” berfokus dalam penigkatan kualitas dalam produksi *mixpile*.

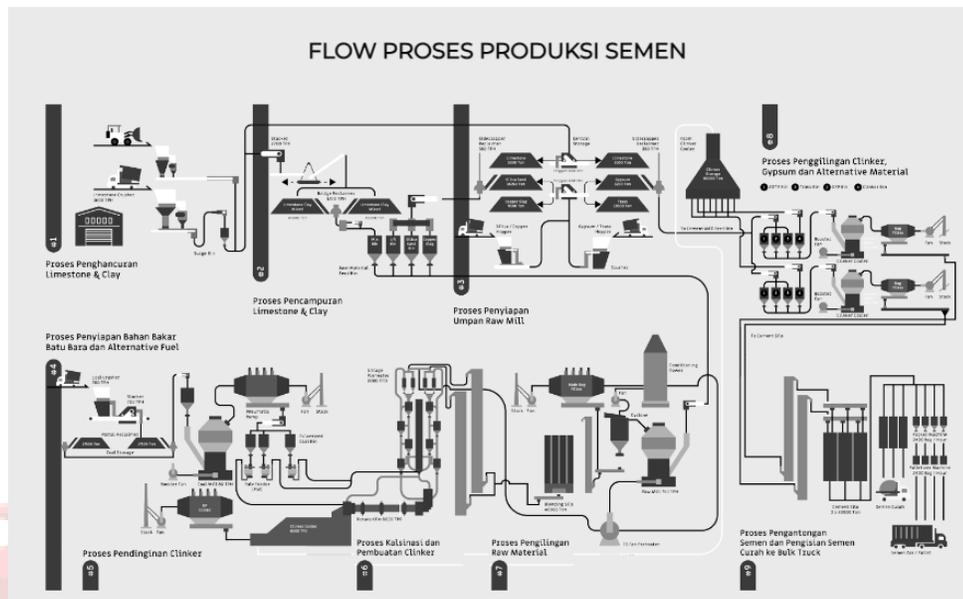
## 2.10 Gambaran Umum Perusahaan

PT. Semen Gresik Pabrik Rembang merupakan salah satu fasilitas produksi yang dimiliki oleh PT. Semen Gresik, yang merupakan bagian dari Semen Indonesia Group. Pabrik ini terletak di Rembang, Jawa Tengah, Indonesia, dan memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan akan semen di wilayah tersebut dan sekitarnya. Dengan lokasinya yang strategis, pabrik ini dapat mendukung proyek-proyek konstruksi yang sedang berlangsung di Jawa Tengah dan sekitarnya. Sebagai bagian dari Semen Indonesia Group, PT. Semen Gresik Pabrik Rembang berkomitmen untuk menghasilkan semen berkualitas tinggi sesuai dengan standar yang ditetapkan. Fasilitas produksi ini dilengkapi dengan teknologi modern dan proses produksi yang efisien untuk memastikan kualitas produk yang konsisten dan keamanan kerja yang optimal.

Produksi semen di Pabrik Semen Gresik Rembang memiliki proses yang cukup panjang dan membutuhkan persiapan yang matang. Adapun alur produksi Semen Gresik dapat didefinisikan secara umum, sebagai berikut:

1. *Raw Material Preparation* : Dua bahan baku utama yang digunakan untuk produksi semen ini didapatkan dari proses penambangan clay (tanah liat) dan batu kapur. Semua bahan baku yang telah ditambang ini kemudian diproses lagi menjadi ukuran yang lebih kecil oleh crusher mill dan clay cutter dan hasilnya ditumpuk berbentuk pile.
2. *Raw Material Grinding* : Dalam proses raw material grinding ini, terdapat 4 proses; yakni *mixpile* yang merupakan campuran clay dan batu kapur; *limestone pile*, *silica sand*, dan *copper slag*. Masing-masing pile tersebut memiliki output tersendiri yang telah dibuat komposisinya dan dicampur menjadi satu dan masuk ke dalam satu alat, yakni grinding mill. Output dari penggilingan ini adalah material berbentuk debu.
3. *Pyro Process* : Langkah selanjutnya setelah melalui proses di *blending silo*, material akan masuk dalam *preheater* untuk proses pemanasan awal. Setelah proses pemanasan awal, material pun dibakar di rotary kiln dengan suhu sekitar 1400 derajat. Output pembakaran berupa lava yang mengalir tersebut didinginkan di suatu alat bernama *Clinker Cooler*. Lava yang didinginkan secara mendadak itu menghasilkan output berbentuk granular yang biasa dikenal dengan clinker atau terak. Clinker tersebut diratakan dan dikecilkan kembali ukurannya di *Heavy Duty Roller Breaker*. Dalam proses ini, clinker yang kualitasnya jelek atau bertujuan untuk dijual disalurkan lewat export bin sedangkan kualitas yang bagus disimpan dalam *Clinker Storage*.
4. *Cement Grinding* : Setelah melalui proses pembakaran yang menghasilkan clinker, material berupa batu kapur, gypsum, dan material alternatif pun kembali dikomposisikan untuk digiling lagi di *Finish Mill* atau *Cement Grinding*. Output dari proses ini bukan berupa debu lagi namun serbuk semen.

5. *Cement Packing Bulk Truck* : Proses ini adalah proses terakhir dalam produksi semen. Apabila semen curah bisa langsung diproses saat di Cement Silo yang diangkut oleh Bulk Truck, maka pengantongan semen harus diproses dahulu di packer machine dan palatizer machine untuk bisa didistribusikan



Gambar 2. 7 Proses Produksi Semen

## 2.11 Peralatan Penunjang Operasional

Berikut akan dijelaskan mengenai spesifikasi peralatan penunjang proses produksi *Mixpile* yang ada di PT. Semen Gresik Pabrik Rembang :

### 2.10.1 Jembatan Timbang

Jembatan timbang adalah alat atau sistem yang digunakan untuk mengukur berat kendaraan beserta muatannya, atau material tertentu seperti pasir, batu, semen, dan lain-lain. Jembatan timbang biasanya berupa platform besar yang dilengkapi dengan sensor beban (*Load Cells*) yang mendeteksi berat benda yang diletakkan di atasnya.

### 2.10.2 Long Belt Conveyyor

*Long belt conveyor* adalah sistem konveyor yang digunakan untuk memindahkan material secara terus-menerus dalam jarak yang sangat panjang. Sistem ini terdiri dari sabuk (*belt*) yang berfungsi sebagai alat transportasi utama dan berputar di atas rol-rol penyangga untuk mengangkut material dari satu titik ke titik lain. *Belt conveyor* umumnya digunakan dalam industri pertambangan, pabrik, pelabuhan, dan proyek infrastruktur besar untuk memindahkan bahan massal seperti batu bara, pasir, bijih, semen, dan lain-lain.



Gambar 2. 8 Long belt conveyyor yang ada di PT. Semen Gresik Pabrik Rembang

### 2.10.3 Belt Weigher

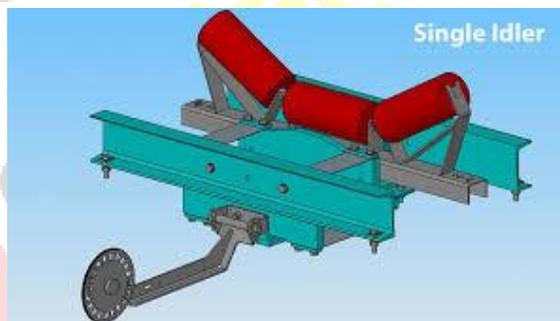
*Belt Weigher (atau belt scale)* adalah alat yang digunakan untuk mengukur berat material yang sedang diangkut oleh *belt conveyor* secara kontinu. Alat ini berfungsi untuk mengetahui berapa banyak material yang telah dipindahkan oleh *conveyor*, sehingga dapat digunakan untuk tujuan kontrol produksi, pengawasan, dan efisiensi

Komponen Utama *Belt Weigher*:

- *Load Cell (Sensor Beban)*: *Load Cell* adalah sensor yang dipasang di bawah sabuk *conveyor* untuk mengukur berat material yang berada di atasnya. Ketika

material melewati sabuk, *Load Cell* akan mendeteksi beban dan mengubahnya menjadi sinyal listrik.

- *Speed Sensor*: Sensor ini mengukur kecepatan sabuk *conveyor*. Data kecepatan ini dikombinasikan dengan pengukuran berat dari *Load Cell* untuk menentukan berapa banyak material yang telah diangkut dalam satuan waktu tertentu.
- *Integrator*: Perangkat ini bertugas untuk memproses data dari *Load Cell* dan sensor kecepatan. Integrator akan menggabungkan kedua data tersebut untuk menghitung laju aliran massa (mass flow rate) atau jumlah total material yang diangkut dalam satu periode waktu.
- *Display atau Output Device*: Setelah data diolah, hasil pengukuran akan ditampilkan di layar digital atau dikirim ke sistem kontrol produksi. Data ini biasanya berupa berat material per jam (misalnya dalam ton/jam) atau total akumulasi berat material yang diangkut.



**Gambar 2. 9 Belt Weigher**

Key Specifications	
<b>Feed rate capacity</b>	up to 15,000 t/h
<b>Belt width</b>	Ranges from 500 mm to 2,000 mm (customizable for other applications)
<b>Accuracy</b>	Typically $\pm 0.5\%$
<b>Design</b>	A single-idler configuration for simpler installation and operation
<b>Applications</b>	Flow rate measurement, internal balancing, loading control, and legal-for-trade weighing in various industrial settings.

**Gambar 2. 10 Spesifikasi Belt Weigher**

#### 2.10.4 Stacker

Stacker adalah mesin industri besar yang digunakan untuk menangani material dalam jumlah besar, seperti batu bara, bijih, batu kapur, atau pasir. Fungsinya adalah untuk menumpuk material dalam jumlah besar ke dalam tumpukan besar atau *stockpile*. Mesin ini biasanya ditemukan di industri seperti pertambangan, pembangkit listrik, dan pabrik semen.

Komponen Utama Stacker:

- *Boom*: Lengan panjang yang dapat bergerak untuk mendistribusikan material ke area yang luas.
- Sistem Konveyor: Mengangkut material ke stacker, yang kemudian menemukannya ke area penumpukan.
- *Chute*: Alat yang mengarahkan material dari konveyor ke lokasi yang diinginkan di atas tumpukan.
- *Basis Rotary*: Bagian yang memungkinkan boom berputar, membantu menyebarkan material secara merata.
- *Mekanisme Luffing*: Sistem yang memungkinkan boom bergerak vertikal, untuk menumpuk material di berbagai ketinggian.



Gambar 2. 11 Stacker

## 2.12 Kerangka Berpikir

Kerangka Pemikiran merupakan pola atau landasan berpikir yang digunakan oleh peneliti dalam melakukan penelitian terhadap suatu objek. Hal ini menjadi alur berpikir yang membimbing peneliti dalam memecahkan rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian (Sugiyono, 2017). Adapun kerangka pemikiran pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 2. 12 Kerangka Berpikir