

## **Bab II**

### **Tinjauan Pustaka**

#### **2.1 Pengecoran Logam**

Pengecoran logam adalah proses pembuatan suatu benda dengan cara meleburkan logam dan menuangkan leburan logam ke dalam rongga cetakan (*mold*). Proses ini dapat digunakan untuk membuat objek dengan bentuk kompleks atau berongga dan sulit diproduksi dengan metode lain. Pengecoran logam dapat diproduksi secara massal, namun produk coran harus memiliki kekuatan dan kekerasan yang sesuai standar, serta harga yang ekonomis (Amin, 2019).

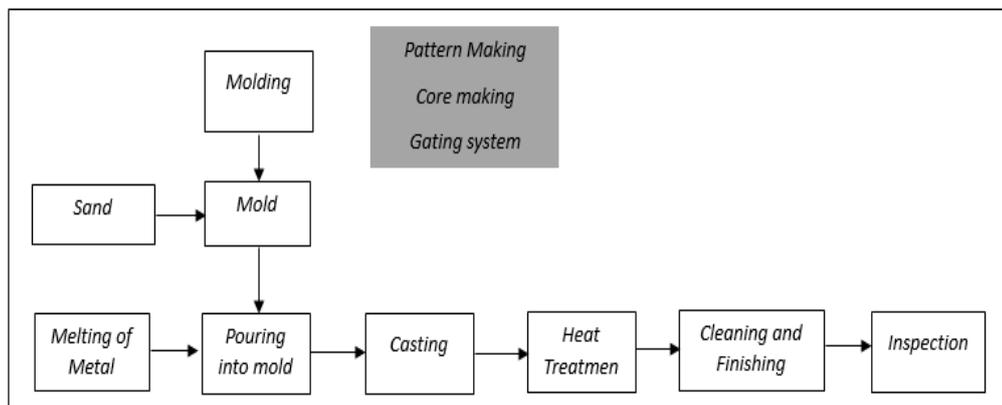
Menurut Lubis (2020), Pengecoran (*Casting*) ialah suatu proses penuangan material cair seperti logam atau plastik ke dalam cetakan (*mold*). Pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir (*sand core*) merupakan metode yang banyak digunakan pada industri pengecoran logam. Pada tahun 1994, peneliti Mesir menyatakan bahwa penggunaan logam sebagai komponen (*part*) sangat penting dalam proses pembentukan dimensi yang diinginkan. Komponen yang memiliki bentuk dan dimensi yang kompleks, dapat lebih mudah dibentuk menggunakan proses pengecoran, sebagai contoh suku cadang kendaraan (*sparepart*) yang pada umumnya dibuat menggunakan proses pengecoran dengan bantuan *sand core*.

Menurut Sumpena (2017), Pengecoran logam adalah salah satu metode dalam pembuatan suatu benda. Seiring berjalannya waktu, perkembangan ilmu pengetahuan alam dan kebutuhan manusia yang meningkat, metode pengecoran logam menjadi semakin berkembang dan memiliki berbagai macam jenis. Lubis dan Siregar (2020), menyatakan bahwa proses pengecoran logam merupakan proses penuangan logam cair dari hasil peleburan sampai titik leleh logam ke dalam cetakan untuk membentuk benda yang diinginkan. Proses pengecoran memiliki berbagai kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari proses pengecoran yaitu produk akhir dapat dibentuk menjadi bentuk geometris melalui beberapa proses pengecoran, sehingga tidak diperlukan pengerjaan tambahan. Proses peleburan dapat dilakukan pada berbagai macam material logam yang dapat dileburkan hingga menjadi cair (*liquid state*).

Selain memiliki beberapa kelebihan, proses pengecoran juga memiliki kekurangan. Kekurangan dari proses pengecoran yaitu sering ditemukan adanya *defect* pada produk hasil akhir, seperti penyusutan yang tersebar merata dalam struktur dendritik (*microporosity*), akurasi dimensi geometris yang tidak sesuai, akurasi kehalusan permukaan yang rendah, banyaknya *defect* pada produk seperti bocor dan porositas, dan dapat membahayakan pekerja. Porositas umumnya disebabkan oleh gas hidrogen yang terlarut dalam cairan aluminium. Gas hidrogen dalam cetakan silikon dan paduan aluminium akan berdampak buruk pada kekuatan dan hasil akhir produk pengecoran. Pada proses pengecoran, hidrogen yang terlarut pada proses peleburan akan tertinggal setelah proses pembekuan, karena kelarutannya pada fase lebur lebih tinggi dibandingkan fase padat. Proses pengecoran tidak dapat dipisahkan dari cetakan, karena cetakan itu yang dapat memengaruhi logam dari segi kekerasan dan bentuk. Jenis cetakan yang umum digunakan untuk proses pengecoran ialah cetakan pasir (*sand core*).

## 2.2 Proses Pengecoran Logam

Proses pengecoran logam adalah salah satu proses manufaktur penuangan logam cair kedalam rongga cetakan yang telah diberi pola, kemudian didiamkan hingga terjadi solidifikasi dan membeku, sampai produk akhir dapat dikeluarkan dari cetakan. Sudjana (2008) menyatakan bahwa proses pengecoran merupakan proses pembuatan benda dengan melelehkan logam dan menuangkannya kedalam rongga cetakan. Benda yang sangat rumit untuk dibuat menggunakan mesin dapat diproduksi dengan masal dan ekonomis menggunakan metode pengecoran. Proses pengecoran logam terdiri dari beberapa tahap seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.1 Proses Pengecoran Gravitasi (*Gravity Casting*)

### 1. *Molding*

Langkah awal sebelum melakukan proses pengecoran logam ialah membuat cetakan. Untuk membuat cetakan agar dapat sesuai dengan produk yang ingin dibuat harus terlebih dahulu membuat desain yang terdiri dari pola yang sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Setelah itu, barulah dapat menentukan material yang akan digunakan untuk membuat cetakan yang sesuai dengan produk yang ingin dibuat.

### 2. *Mold Casting*

*Mold Casting* merupakan proses pembuatan cetakan untuk pengecoran sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan. Cetakan dibuat dari material tertentu sesuai dengan jenis pengecoran yang akan dilakukan, umumnya terdapat dua jenis cetakan yaitu *expandable mold* dan *permanent mold*. *Expandable mold* merupakan proses pengecoran logam dengan menggunakan cetakan yang hanya dapat digunakan untuk satu kali proses produksi. Pada umumnya bahan yang digunakan untuk membuat cetakan ini adalah pasir (*sand core*). *Sand core* sangat membantu dalam proses pembentukan suatu produk coran yang memiliki bentuk dan dimensi yang rumit. Sedangkan, *Permanent mold* merupakan pengecoran logam yang menggunakan cetakan yang dapat digunakan berkali-kali untuk proses pengecoran, umumnya terbuat dari baja. Logam cair dituangkan ke dalam cetakan baja dan mengalir dengan gaya gravitasi untuk membentuk suatu produk yang disebut dengan *gravity casting*. Setelah logam cair dituangkan ke dalam cetakan baja, logam tersebut kemudian akan mengeras dan menghasilkan bentuk dan struktur yang diinginkan.

### 3. *Melting of Metal*

Tahap awal dalam proses pengecoran logam ialah proses peleburan material yang akan digunakan sebagai bahan baku utama untuk membuat suatu produk coran. *Melting of Metal* pada umumnya dilakukan bersamaan dengan proses pembuatan *sand core*. Peleburan logam Aluminium biasanya dilakukan di dalam tungku lebur induksi dengan temperatur 650°C – 900°C. Setelah logam dicairkan, kemudian logam cair dibawa ke *holding furnace* menggunakan *leader transfer* untuk di simpan agar temperatur logam cair tetap terjaga sebelum logam cair masuk kedalam proses pengecoran (*casting process*).

#### 4. *Pouring into Mold*

Setelah memiliki kedua bahan utama yaitu logam cair dan cetakan pasir (*sand core*), proses selanjutnya ialah logam cair yang berada di *holding furnace* dituang ke dalam cetakan permanen (*permanent mold*) dan cetakan pasir (*sand core*) dengan temperatur dan waktu penuangan tertentu. Kecepatan penuangan perlu diperhatikan untuk dapat menjaga temperatur dan fluiditas dari logam cair agar tidak terjadi pendinginan prematur (*cold shuts*).

#### 5. *Casting*

Logam cair yang dituangkan ke dalam mesin coran bersama dengan cetakan (*mold*), kemudian diproses selama beberapa waktu, umumnya selama 4-5 menit hingga terjadi solidifikasi. Setelah mengeras, logam hasil coran dikeluarkan dari cetakan dan selanjutnya dibiarkan dalam beberapa waktu sebelum dilakukan proses selanjutnya.

#### 6. *Heat Treatmen*

Setelah proses pengecoran (*casting process*), logam hasil pengecoran belum memiliki *hardness* yang maksimal, sehingga diperlukan proses pemanasan untuk dapat memenuhi standar kekerasan. Proses pemanasan ini dikenal sebagai *Heat treatmen Process*. *Heat treatmen* adalah proses yang menggunakan pemanasan dan pendinginan terkontrol untuk memodifikasi struktur suatu logam. Penggunaan pemanasan atau pendinginan biasanya pada suhu ekstrim, untuk mencapai hasil *hardness* yang diinginkan.

#### 7. *Cleaning and Finishing*

Produk hasil coran selanjutnya dibersihkan dan dilakukan pengecekan untuk memperbaiki kualitas dan penyempurnaan produk agar sesuai dengan rancangan awal desain. Proses *cleaning* produk *casting* meliputi beberapa proses, yaitu proses bongkar *sand core* menggunakan bor bobok, memotong bagian yang tidak dibutuhkan menggunakan gergaji mesin, kemudian agar produk hasil *casting* terlihat bersih dan rapih dilakukan proses pembersihan menggunakan *sand blasting*, gerinda dan mesin *rotary*. Setelah tahap *cleaning* tahap selanjutnya ialah *finishing*, meliputi proses uji kebocoran (*leak test*) dan *washing*.

## 8. *Inspection*

Tahap terakhir dari proses pengecoran ialah tahap pengujian (*inspection*), yang terdiri dari pengecekan kualitas produk, pengukuran dimensi, dan sebagainya. Tujuan dari proses pengujian ialah untuk mengetahui kualitas dari produk hasil coran dan memastikan apakah produk coran layak untuk digunakan dan di distribusikan ke *customer*. Apabila produk coran tidak layak untuk digunakan, maka produk coran akan diperbaiki atau diproduksi ulang.

### 2.3 *Defect*

Hansen dan Mowen (2005:7) menyatakan bahwa *defect* merupakan produk yang tidak memenuhi spesifikasi. Menurut Mulyadi (2005:306) *defect* merupakan produk yang tidak memiliki baku mutu yang ditetapkan, namun produk tersebut dapat diproses lebih lanjut menjadi produk yang baik namun diperlukan adanya perbaikan dan biaya pasca pengolahan untuk memperbaikinya. Selain itu menurut Yusuf dan Supriyadi (2019), produk *defect* adalah produk yang tidak sesuai spesifikasi atau tidak mencapai standar kualitas yang ditentukan sehingga tidak dapat dikerjakan ulang (*rework*). Produk *defect* memiliki nilai jual yang rendah jika dijual atau biasa disebut nilai sisa (*disposal value*).

Adapun pengertian mengenai *defect* menurut PT Wijaya Karya Industri dan Konstruksi adalah produk yang tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan dan tidak layak untuk diproses lebih lanjut sehingga harus dilakukan perbaikan (*improvement*). Cacat nol (*zero defect*) adalah kondisi di mana semua produk yang diproduksi memenuhi spesifikasi atau persyaratan kualitas. *Defect* pada perusahaan manufaktur dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti: manusia (*man*), mesin (*equipment*), metode (*process*), material (*raw, consumable, etc.*), dan lingkungan kerja (*environment*).

Menurut Hidayat (2012), jenis cacat produk (*defect*) diklasifikasikan menjadi dua kategori yaitu cacat fungsional (*major defect*) dan cacat kecil (*minor defect*). *Major defect* adalah *defect* karena tidak memenuhi kriteria atas spesifikasi produk yang ditetapkan yang berakibat produk yang diproduksi tidak dapat digunakan dan di distribusikan. *Minor defect* adalah *defect* pada produk hasil produksi yang masih dapat diperbaiki, sebagai contoh cacat rupa yaitu tampak fisik

dari produk yang tidak sesuai dengan harapan sehingga dapat berpengaruh dalam penggunaannya.

#### **2.4 Kualitas**

Menurut Masdalifah (2019), kualitas adalah suatu hal yang harus diperhatikan dan menjadi aspek penting bagi kemajuan suatu perusahaan. Dewasa ini, konsumen mulai menjadikan kualitas sebagai parameter penting dalam memilih suatu produk atau jasa, sehingga kualitas seringkali dijadikan sebagai sarana promosi yang mampu menaikkan atau menurunkan nilai jual produk suatu perusahaan.

Menurut Heizer dan Render (2015:253), kualitas adalah cakupan dari karakteristik suatu produk atau jasa yang memiliki kemampuan dalam pemenuhan kebutuhan yang tampak jelas maupun tidak. Lebih dari itu, kualitas mencakup seluruh karakteristik produk atau jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture* dan *maintenance*, sehingga produk dan jasa dalam pemakaiannya sesuai dengan yang konsumen butuhkan.

Kualitas yang baik menurut konsumen ialah apabila produk yang dibuat oleh perusahaan sama dengan spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan tersebut. Sedangkan kualitas yang tidak baik ialah apabila produk yang dibuat oleh perusahaan tidak sesuai dengan spesifikasi standar yang telah ditetapkan serta adanya produk yang rusak (*defect*). Saat ini perusahaan-perusahaan saling bersaing satu sama lain untuk dapat menguasai pasar. Hal terpenting yang harus perusahaan lakukan untuk dapat menang menguasai pasar ialah perusahaan harus dapat memperhatikan dan memenuhi keinginan dari konsumen, sebab tanpa memperhatikan hal tersebut maka perusahaan tidak akan dapat bersaing dengan kompetitor yang lebih memperhatikan kebutuhan konsumen. Kualitas yang baik dari sudut pandang konsumen ialah apabila produk yang mereka beli sesuai dengan apa yang mereka inginkan dan memiliki manfaat yang sesuai dengan kebutuhan. Apabila kualitas suatu produk tidak dapat memenuhi keinginan dan kebutuhan konsumen, maka produk yang diproduksi dianggap tidak baik.

Menurut Wahyuni, dkk (2015), terdapat hal-hal yang perlu diketahui mengenai kualitas untuk dapat dikelola secara efektif dan efisien yaitu Produk, konsumen, kualitas produk, dan kepuasan Pelanggan. Hal pertama ialah Produk,

yaitu hasil produksi yang dihasilkan suatu perusahaan dan memiliki ukuran dan dimensi tertentu sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan. Selanjutnya ialah konsumen, yaitu orang yang membeli barang atau jasa yang dihasilkan oleh perusahaan. Konsumen pada umumnya membeli suatu produk bergantung pada fungsi, harga, kebutuhan dan keinginannya. Oleh sebab itu, perusahaan perlu memperhatikan spesifikasi keinginan konsumen terhadap suatu barang atau jasa, sehingga konsumen tertarik untuk membeli barang atau jasa dari suatu perusahaan. Selanjutnya hal yang perlu diketahui mengenai kualitas yaitu produk yang dihasilkan oleh perusahaan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan sesuai dengan yang diperlukan oleh konsumen. Hal yang harus diperhatikan perusahaan untuk menjaga kualitas ialah *defect* produk. *Defect* produk menjadi salah satu hal yang dapat merugikan perusahaan, karena dapat menyebabkan ketidakpuasan konsumen sehingga perlu diminimalisir dengan melakukan pengendalian kualitas pada proses produksinya. Hal terakhir yang perlu perusahaan perhatikan ialah kepuasan pelanggan yang merupakan suatu perasaan yang diperoleh seorang pelanggan apabila produk yang dibeli sesuai dengan harapan. Kepuasan pelanggan menjadi hal penting suatu perusahaan, karena dengan adanya kepuasan dari pelanggan, maka seorang pelanggan akan kembali membeli suatu produk yang dihasilkan oleh suatu perusahaan.

Menurut Kotler dan Keller (2016:37), kualitas produk adalah kemampuan suatu produk sebagaimana fungsinya, yang meliputi daya tahan, keandalan, dan akurasi yang dicapai oleh produk secara keseluruhan. Perusahaan harus selalu meningkatkan kualitas produk atau jasanya, karena dengan meningkatkan kualitas produk dapat membuat pelanggan senang dengan produk atau jasa yang diberikan dan mendorong pelanggan untuk membeli kembali produk tersebut. Sedangkan Pengertian kualitas suatu produk menurut Prawirosentono (2007) ialah keadaan fisik, fungsi, dan sifat dari suatu produk yang dapat memuaskan dan sesuai kebutuhan pelanggan dengan memberikan kepuasan pelanggan sesuai dengan nilai uang yang mereka keluarkan. Herman dan Tobing (2021) mengemukakan bahwa kualitas produk memiliki peluang sebesar 36% dalam memengaruhi keputusan pelanggan untuk membeli suatu produk. Jika suatu produk memiliki spesifikasi yang memenuhi keinginan pelanggan membuat pelanggan menjadi puas dan

memungkinkan terjadi pembelian kembali. Kualitas yang tidak baik adalah apabila hasil produksi suatu perusahaan tidak sesuai dengan spesifikasi standar yang telah ditetapkan dan terdapat produk yang rusak. Perusahaan dalam menentukan spesifikasi produk perlu memerhatikan kebutuhan dan keinginan dari pelanggan, sebab tanpa memerhatikan hasil produksi, perusahaan akan kalah bersaing dengan perusahaan lain yang mampu memerhatikan kebutuhan dan keinginan pelanggan. Suatu perusahaan tidak harus mengeluarkan biaya yang lebih besar untuk menciptakan suatu produk yang berkualitas. Hal yang diperlukan untuk menciptakan produk yang berkualitas ialah dengan membuat program peningkatan kualitas yang baik, dengan tujuan menghasilkan produk yang lebih baik, lebih cepat, dan dengan biaya lebih rendah.

## **2.5 Pengendalian Kualitas**

Pengendalian kualitas adalah suatu sistem yang efektif untuk mengintegrasikan berbagai kegiatan dalam pemeliharaan dan pengembangan kualitas pada suatu perusahaan atau jasa sehingga mampu memperoleh hasil produksi yang ekonomis dan memenuhi keinginan pelanggan. Pengendalian kualitas yaitu strategi bisnis yang penting bagi berbagai pihak seperti produsen, distributor, transportasi, organisasi, penyedia layanan, dan lembaga pemerintah (Montgomery, 2009). Pelanggan merupakan seorang yang dilayani, sehingga perusahaan harus memberikan perhatian pada kebutuhan dan keinginan pelanggannya. Dalam pelaksanaan pengendalian kualitas pada pemenuhan kebutuhan pelanggan dibutuhkan komitmen dan peran aktif dari seluruh anggota suatu organisasi perusahaan. Seperti yang dikemukakan oleh Ishikawa (1990) bahwa pengendalian kualitas adalah suatu kegiatan meneliti, mengembangkan, merancang dan memenuhi kepuasan seorang pelanggan dan memberikan pelayanan yang baik. Pada dasarnya suatu perusahaan harus dapat mengetahui keinginan dan kemauan dari pelanggan, karena tidak ada gunanya memproduksi barang dengan biaya murah, tetapi tidak memenuhi keinginan dan mutu dari pihak pelanggan, sebaliknya tidak ada gunanya memproduksi produk yang tinggi mutunya tetapi harganya tinggi dan tidak terjangkau oleh pelanggan. Harus ada keselarasan antara mutu, biaya, harga, dan keinginan dari seorang pelanggan.

Menurut Bakti (2020), untuk mencapai peningkatan suatu kualitas, perusahaan perlu menerapkan tiga aspek yaitu tidak ada terjadinya cacat (*zero defect*), tidak ada terjadinya proses yang gagal (*zero breakdown*), dan tidak ada terjadinya kecelakaan (*zero accident*). Sedangkan menurut Purnomo (2004), pengendalian kualitas merupakan aktivitas pengendalian proses untuk ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi, dan mengambil tindakan perbaikan apabila ada perbedaan antara bentuk yang dihasilkan dengan bentuk standar. Tujuan dari pengendalian kualitas adalah untuk mengendalikan kualitas produk atau jasa yang dapat memberikan kepuasan kepada pelanggan. Metode pengendalian kualitas umumnya meliputi kegiatan-kegiatan seperti, pemantauan terhadap kinerja produk atau proses, membandingkan kinerja yang ditunjukkan dengan standar yang berlaku, dan mengambil tindakan ketika penyimpangan cukup signifikan dan diperlukan tindakan untuk memperbaikinya.

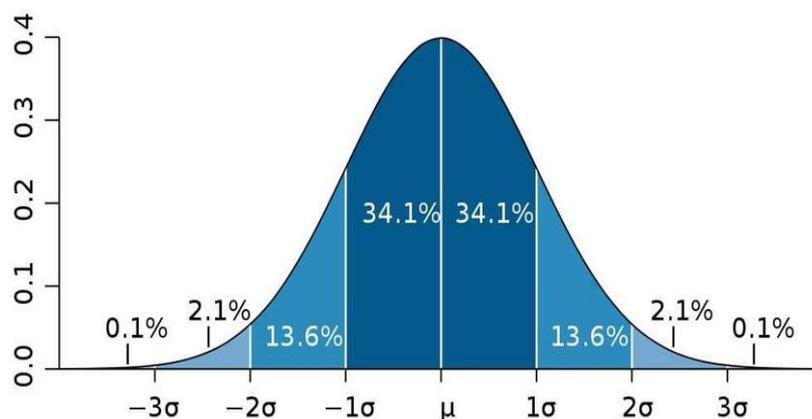
Pengendalian kualitas penting untuk keberhasilan suatu perusahaan di pasar industri. Pada umumnya semua perusahaan menginginkan umpan balik yang baik dari konsumen. Menurut Montgomery (2009), untuk mendapatkan respon yang baik dari konsumen, perusahaan harus dapat mengontrol kualitas agar memenuhi standar. Karena penyimpangan produk yang tinggi adalah penyebab utama kualitas yang buruk. Oleh karena itu, pengendalian kualitas sangat penting untuk menjaga kualitas produk, menjaga kepercayaan pelanggan dan meningkatkan daya saing perusahaan di pasar. Salah satu metode manajemen mutu adalah *six sigma*.

## **2.6 Six Sigma**

*Six sigma* adalah metode statistik yang sistematis untuk mengurangi penyimpangan pada suatu proses bisnis utama yang berhubungan langsung dengan pelanggan. Bisnis utama ini terdiri dari kebutuhan dasar pelanggan seperti kualitas, harga yang kompetitif, dan pengiriman tepat waktu. Dalam rancangan dan pengembangan kualitas, *six sigma* didefinisikan sebagai sistem yang komprehensif dan fleksibel yang ditujukan untuk mencapai, mendukung, dan memaksimalkan proses bisnis yang berfokus pada pemahaman kebutuhan pelanggan melalui fakta, data, dan analisis statistik yang berdasarkan definisi, perbaikan, dan implementasi. *six sigma* adalah metode yang banyak digunakan oleh para peneliti dan ahli statistik untuk meningkatkan dan mengembangkan proses suatu produksi. *Six sigma* adalah

metode yang digunakan untuk mengurangi variasi dalam suatu proses guna meningkatkan kemampuan proses untuk menghasilkan produk (barang atau jasa) yang bebas kesalahan (*zero defects-target minimum 3,4 DPMO*) untuk memberikan nilai kepada pelanggan (Gaspersz, 2017).

Menurut Wahyuni (2015), *Six sigma* didefinisikan sebagai strategi pengembangan bisnis yang bertujuan untuk mengurangi pemborosan, biaya dan meningkatkan efektivitas dan efisiensi suatu produksi, baik untuk memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan. Saat ini, *Six sigma* telah berkembang menjadi pendekatan yang berorientasi statistik untuk meningkatkan kualitas produk dan proses. Dalam statistik, *sigma* disebut standar deviasi yang menunjukkan nilai penyimpangan dari rata-rata populasi. Suatu proses dianggap baik jika beroperasi dalam rentang yang ditentukan. *Interval* tersebut memiliki nilai *threshold* yaitu batas atas atau *USL (Upper Specification Limit)* dan batas bawah atau *LSL (Lower Specification Limit)*. Proses yang spesifikasinya di luar jangkauan disebut “*defect*”. Suatu proses dapat dikatakan telah mencapai *six sigma* jika proses tersebut hanya menghasilkan 3,4 *defect DPMO (defect per sejuta peluang)* atau kurang. Gambaran statistik *six sigma* dapat dilihat pada Gambar 2.1 di bawah ini:



Gambar 2.2 Interval Six Sigma (Chandler, 2012)

*Six sigma* sesuai dengan arti dari *sigma*, yaitu distribusi (*variance*) dari rata-rata (*mean*) dalam suatu proses. Metode *six sigma* diterapkan untuk mengurangi variasi (*sigma*) dalam suatu sistem produksi. Pada tabel 2.1 ditunjukkan hubungan antara jumlah DPMO dan level *sigma*.

Tabel 2.1. Tingkat Kualitas *Sigma* (Gaspersz, 2022)

| <i>Level Sigma</i> | DPMO    | <i>Yield</i> |
|--------------------|---------|--------------|
| 1                  | 690.000 | 30,90%       |
| 2                  | 308.000 | 69,20%       |
| 3                  | 66.800  | 93,30%       |
| 4                  | 6.210   | 99,94%       |
| 5                  | 320     | 99,98%       |
| 6                  | 3,4     | 99,99997%    |

Menurut Saputro, dkk (2016), *six sigma* merupakan metode terstruktur yang mempunyai upaya meningkatkan efisiensi operasional yang berdampak pada peningkatan nilai (*value*). *Six sigma* digunakan sebagai sistem pengendalian kualitas pada suatu masalah. *Six sigma* menekankan aplikasi yang sistematis yang mengarah pada terobosan dalam peningkatan kualitas. Metodologi sistematis ini bersifat umum dan karenanya dapat diterapkan baik di industri maupun sektor jasa. *Six sigma* juga dapat digambarkan sebagai metode yang berfokus pada proses dan pencegahan kesalahan. Pencegahan kesalahan dapat dicapai dengan mengurangi variabilitas setiap proses menggunakan teknik statistik. Manfaat penerapan *six sigma* berbeda-beda dari setiap perusahaan yang menerapkannya, semua tergantung pada bisnis yang dijalankan masing-masing perusahaan. Menurut Pande (2000), pada dasarnya *six sigma* dapat membawa perbaikan dalam pengurangan biaya produksi, peningkatan produktivitas perusahaan, pertumbuhan pasar, retensi pelanggan, pengurangan waktu siklus produksi, pengurangan kesalahan, dan pengembangan produk/layanan kepada pelanggan

*Six sigma* dapat diterapkan pada area bisnis apa pun, mulai dari perencanaan, operasi hingga layanan pelanggan dan memaksimalkan motivasi organisasi. Pada industri non-manufaktur atau jasa, *six sigma* dapat diterapkan pada manajemen keuangan, industri manufaktur, layanan pelanggan, pemasaran dan logistik. Beberapa istilah yang digunakan dalam *six sigma* adalah sebagai berikut:

#### 1. *Defects*

Kegagalan atau hasil yang tidak memenuhi standar kualitas produk.

2. *Defects Per Opportunity* (DPO).

DPO adalah metrik kegagalan yang menunjukkan jumlah kegagalan atau *defect* per peluang. Dihitung menggunakan formula:

$$DPO = \frac{\text{Jumlah cacat}}{\text{Total jumlah produksi x defect opportunity}} \dots \dots \dots (2.1)$$

3. *Defects Per Million Opportunities* (DPMO)

DPMO dalam *Six Sigma Implicit Opportunities* adalah banyaknya peluang atau kemungkinan yang dapat menyebabkan kegagalan. Misalnya, sebuah unit produksi memiliki 10 kemungkinan area yang dapat menyebabkan kegagalan. Jika kita membuat 1.000 unit produk, ada 10.000 kemungkinan kesalahan. Rumus untuk menghitung DPMO dalam *six sigma* adalah sebagai berikut :

$$DPMO = \left( \frac{D}{U \times O} \right) \times 1.000.000 \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana, D = jumlah *defect*,

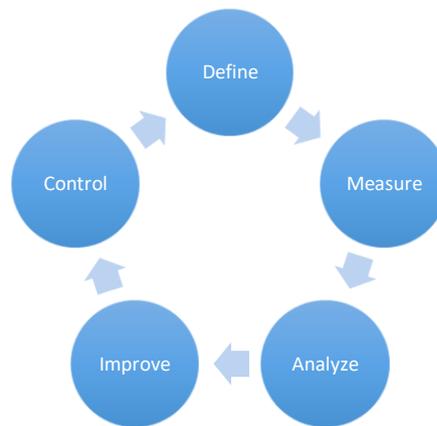
U = jumlah unit dan

O = jumlah kesempatan yang akan mengakibatkan *defect*.

## 2.7 DMAIC

Menurut Saputro, dkk (2016), penerapan *Six sigma* mengikuti siklus DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). *Six sigma* merupakan metode yang digunakan oleh banyak perusahaan yang berfungsi dan sejalan dengan visi dan misi perusahaan. Tujuannya adalah untuk meningkatkan efisiensi proses bisnis dan kepuasan pelanggan, sehingga meningkatkan *value* dari suatu perusahaan. Strategi implementasi *six sigma* pertama kali dikembangkan oleh DR. Mikel Harry dan Richard Schroeder yang disebut sebagai strategi terobosan *six sigma*. Strategi ini merupakan metode yang diterapkan secara sistematis melalui pengumpulan data dan analisis statistik untuk menghilangkan variasi. Pada metode

ini terdapat lima langkah dasar dalam implementasinya yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve and Control* (DMAIC), dimana langkah tersebut merupakan langkah berulang atau membentuk siklus perbaikan kualitas dengan menggunakan metodologi *six sigma*. Siklus DMAIC dapat digambarkan seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.3 Proses DMAIC

### 2.7.1 *Define*

Tahap *define* merupakan tahap pertama dalam siklus *six sigma*. tahap ini merupakan tahapan untuk mengidentifikasi masalah, menentukan tujuan proses, dan mengidentifikasi kebutuhan pelanggan secara internal dan eksternal. Mengidentifikasi kebutuhan pelanggan, mengembangkan tujuan dan masalah, dan mengidentifikasi sumber masalah adalah bagian dari tahap definisi. Faktor penting untuk keberhasilan fase ini adalah kesepakatan tim bahwa proyek tersebut memiliki efisiensi tinggi dan tujuan yang jelas, berfokus pada masalah dan tujuan, harapan yang jelas dari proses.

### 2.7.2 *Measure*

Tahap *Measure* merupakan tahap kedua dalam siklus *six sigma*. Tujuan dari fase ini adalah untuk secara objektif menciptakan dasar untuk perbaikan. *Measure* adalah tahap pengumpulan data dengan tujuan menetapkan standar kinerja. Alat penting dalam fase ini biasanya berupa grafik *tren*, grafik pareto, diagram alir proses dan pengukuran kemampuan proses atau yang biasa dikenal

sebagai proses sigma. Tahap *Measure* merupakan tahap untuk mengukur tingkat *defect* dari suatu produk untuk dapat dilakukan perbaikan. Beberapa hal yang harus dilakukan dalam melakukan *measurement* yaitu menentukan nilai DPMO dan nilai sigma. Nilai DPMO dapat dihitung menggunakan rumus (2.2). Perhitungan DPMO berfungsi untuk mengetahui seberapa banyak jumlah *defect* pada suatu proses produksi. Semakin tinggi *level sigma* maka kualitas semakin baik. *Level sigma* dapat diketahui menggunakan *microsoft excel* dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Level Sigma} = \text{NORMSINV}\left(\frac{1.000.000 - \text{DPMO}}{1.000.000}\right) + 1.5 \dots \dots \dots (2.3)$$

### 2.7.3 Analyze

Tahap Analisis adalah tahap di mana seseorang mencoba mencari tahu alasan suatu kegagalan. Tahap analisis adalah tahap di mana penyebab kesalahan diidentifikasi. Alat yang dapat digunakan pada fase ini, seperti *Root Cause Analysis* (RCA), diagram pareto, FMEA, dan lain sebagainya. Alat tersebut digunakan untuk menjelaskan faktor-faktor apa yang menyebabkan *defect* pada suatu proses, seperti manusia, mesin, material, metode, dan lingkungan. Untuk menentukan jenis *defect* yang berdampak paling besar, dapat menggunakan metode FMEA untuk menentukan nilai RPN. Sehingga hal ini memungkinkan untuk melihat efek dari kesalahan yang terjadi.

### 2.7.4 Improve

Tahap *Improve* (perbaikan) berfokus pada pemahaman penuh terhadap akar permasalahan yang diidentifikasi dalam tahap analisis. Hal ini bertujuan untuk mengontrol atau menghilangkan penyebab masalah untuk mencapai kinerja yang optimal. Metode *Six Sigma* yang sering digunakan pada fase ini adalah analisis 5W-1H, analisis regresi, pengujian hipotesis, desain eksperimen (DOE), dan analisis varians (ANOVA). Tahap *Improve* sering kali mencakup pengujian produksi terbatas yang menunjukkan nilai sigma yang meningkat secara signifikan sebelum beralih ke tahap *Control*.

### **2.7.5 Control**

Tahap terakhir dalam *Six Sigma* adalah tahap *Control*, di mana tahap ini merupakan sebuah pengendalian terakhir setelah adanya upaya perbaikan. Fase kontrol dari pendekatan DMAIC bertujuan untuk mempertahankan perubahan yang telah dibuat pada fase perbaikan. Tujuannya adalah untuk mempertahankan keuntungan, melacak peningkatan untuk memastikan kesuksesan yang berkelanjutan, membuat rencana pengendalian, dan memperbarui catatan, proses bisnis, dan informasi pelatihan sesuai kebutuhan. Hal penting untuk keberhasilan fase pengendalian adalah perusahaan harus memiliki audit internal yang kuat untuk memastikan kesesuaian jangka panjang.

### **2.8 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)**

*Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) merupakan suatu metode yang digunakan untuk menganalisis terjadinya risiko atau kegagalan pada suatu proses dan dapat diterapkan di berbagai jenis industri manufaktur (Yuniar, 2015). Dalam FMEA terdapat tiga jenis parameter yaitu keparahan / *severity* (S), kejadian / *occurrence* (O), dan deteksi / *detection* (D) (Balaraju, 2019). FMEA merupakan pendekatan sistematis yang menggunakan metode *spreadsheet* untuk mengidentifikasi mode kegagalan, penyebab kegagalan, dan efek dari kegagalan tersebut untuk membantu proses pemikiran para peneliti dalam mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan pengaruhnya. FMEA adalah teknik untuk menilai tingkat keandalan suatu sistem untuk menentukan efek dari kegagalan sistem. Secara umum, FMEA didefinisikan sebagai teknik untuk mengidentifikasi kemungkinan penyebab kegagalan suatu sistem, desain produk, dan proses selama siklus hidupnya. Adapun kegunaan lain dari FMEA, yaitu digunakan untuk mengetahui pengaruh dari suatu kegagalan dan tingkat kekritisannya dampak kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk dan proses. Adapun kelemahan dari FMEA menurut Sharma (2005), yaitu FMEA seringkali bersifat subjektif dan secara kualitatif dijelaskan dalam bahasa ilmiah dan nilai RPN identik.

Menurut Saputro, dkk (2016), FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) berfungsi untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya kegagalan/kecacatan disertai dengan pembobotan angka untuk mengetahui efek yang perlu diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan. FMEA merupakan alat untuk

menganalisa permasalahan dan penyebab suatu kegagalan pada sistem untuk memenuhi persyaratan keandalan dan keamanan sistem, rancangan dan proses dengan memberikan informasi dasar tentang prediksi keandalan sistem, desain, dan proses. Terdapat lima jenis FMEA yang dapat diterapkan di industri manufaktur, yaitu *system, design, process, service, dan software*.

Tujuan dari FMEA ialah untuk meningkatkan kinerja sistem karena metode ini dapat mengidentifikasi bahaya sehingga efeknya dapat dicegah. Setiap potensi kegagalan yang dianalisis menggunakan metode FMEA dihitung dan kemudian diurutkan berdasarkan prioritas. Menurut Stomata (2015), fokus utama metode FMEA adalah perbaikan. FMEA dapat membantu dalam proses peningkatan kualitas, keterampilan organisasi dan budaya organisasi. Menurut Tang (2022), input dari FMEA adalah spesifikasi produk, SOP, deskripsi pekerjaan, analisis tugas dan analisis persaingan, sedangkan *output* dari FMEA adalah hasil analisis potensi kegagalan akibat dari kegagalan yang telah terjadi, indikator, nilai-nilai, dan lain sebagainya. Nilai RPN dan rekomendasi tindakan *preventif* dapat dilihat seperti pada Tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2.2 Contoh Tabel FMEA (Tang, 2022)

| <i>Process fuction</i> | <i>Potential Failure mode</i> | <i>Potential failure effect</i> | <i>Severity</i> | <i>Possible cause of failure</i> | <i>Occurance</i> | <i>Current control</i> | <i>Detection</i> | RPN | <i>Recommendation action</i> |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------------------------|------------------|------------------------|------------------|-----|------------------------------|
|                        |                               |                                 |                 |                                  |                  |                        |                  |     |                              |

*Risk Priority Number (RPN)* adalah ukuran risiko relatif. RPN ditentukan dengan mengalikan skor *Severity, Occurrence* dan *Detection*. RPN ditentukan sebelum rekomendasi perbaikan dilakukan. *Risk Priority Number (RPN)* adalah metrik yang digunakan dalam penilaian risiko untuk membantu mengidentifikasi "*critical failure modes* " yang terkait dengan desain atau proses. Nilai RPN berkisar dari 1 (terbaik) hingga 1000 (terburuk). RPN pada FMEA banyak digunakan di industri dengan menggunakan *criticality number* untuk menentukan bagian mana yang paling penting berdasarkan nilai RPN tertinggi (Stamatis, 1995). Untuk mencari nilai RPN yang sudah di urutkan terhadap nilai *Severity, Occurrence dan Detection* maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{RPN} = \text{Severity (S)} \times \text{Occurrence (O)} \times \text{Detection (D)} \dots \dots \dots (2.4)$$

Hasil RPN memberikan indikasi tingkat prioritas perangkat yang berisiko untuk diperbaiki. Nilai RPN terdiri dari tiga komponen, yaitu :

**1. Severity**

*Severity* adalah tingkat keparahan atau dampak yang ditimbulkan oleh kondisi kesalahan pada keseluruhan mesin. Tingkat *Severity* antara 1 sampai 10. Nilai 10 diberikan apabila kesalahan berdampak sangat tinggi pada sistem. Tingkatan untuk skala *severity* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai *Severity* (Ardyansyah, 2019)

| <b>Kriteria</b>  | <b>Penjelasan</b>   | <b>Peringkat</b> |
|------------------|---|------------------|
| Bahaya           | Komponen tidak dapat diproses untuk proses selanjutnya  | 10               |
| Serius           | Komponen membutuhkan perbaikan untuk dapat diproses ke proses selanjutnya                                 | 9                |
| Ekstrem          | Komponen tidak dapat diproses untuk produk yang semestinya, namun masih dapat digunakan untuk produk lain | 8                |
| Mayor            | Kinerja komponen sangat terpengaruh, namun masih dapat diproses   | 7                |
| Signifikan       | Penurunan kinerja komponen, tapi masih dapat diproses   | 6                |
| Sedang           | Terdapat efek sedang, dan komponen, memerlukan perbaikan  | 5                |
| Rendah           | Terdapat efek pada komponen, namun tidak memerlukan perbaikan   | 4                |
| Kecil            | Komponen dapat diproses dengan adanya efek kecil  | 3                |
| Sangat Kecil     | Komponen masih dapat diproses dengan adanya efek sangat kecil   | 2                |
| Tidak ada dampak | Tidak ada pengaruh terhadap produk  | 1                |

## 2. Occurrence

*Occurrence* adalah frekuensi kerusakan atau kegagalan. *Occurrence* adalah perkiraan jumlah kumulatif kegagalan akibat penyebab mesin tertentu, mengidentifikasi kemungkinan penyebab kegagalan berdasarkan status kegagalan (*fault*) dan memberikan nilai kejadian (frekuensi kejadian). Kemudian urutkan nilai dari nomor 1 (kemungkinan terendah) hingga nomor 10 (kemungkinan tertinggi). Berikut adalah nilai *Occurrence* secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai *Occurrence* (Ardyansyah, 2019)

| Berdasarkan Frekuensi Kejadian |                    | Peringkat |
|--------------------------------|--------------------|-----------|
| <i>Extreme</i>                 | 91-100 per 100 pcs | 10        |
| <i>Very High</i>               | 81-90 per 100 pcs  | 9         |
| <i>High</i>                    | 71-80 per 100 pcs  | 8         |
| <i>High</i>                    | 61-70 per 100 pcs  | 7         |
| <i>Moderate</i>                | 51-60 per 100 pcs  | 6         |
| <i>Moderate</i>                | 41-50 per 100 pcs  | 5         |
| <i>Moderate</i>                | 31-40 per 100 pcs  | 4         |
| <i>Low</i>                     | 21-30 per 100 pcs  | 3         |
| <i>Low</i>                     | 11-20 per 100 pcs  | 2         |
| <i>Remote</i>                  | 0-10 per 100 pcs   | 1         |

## 3. Detection

Deteksi diberikan pada sistem kontrol yang saat ini digunakan yang mampu mendeteksi penyebab atau status kesalahan. Nilai skor deteksi antara 1 sampai dengan 10. Berikut adalah nilai *Detection* secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Nilai *Detection* (Ardyansyah, 2019)

| <i>Detection</i> | Penjelasan   | <i>Rating</i> |
|------------------|--|---------------|
| Tidak mungkin    | Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi  | 10            |
| Sangat Jarang    | Alat pengontrol saat ini sangat sulit mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan            | 9             |
| Jarang           | Alat pengontrol saat ini sulit mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan                    | 8             |
| Sangat rendah    | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk bentuk dan penyebab kegagalan sangat rendah | 7             |

Tabel 2.5 Nilai *Detection* (Lanjutan)

|               |  |   |
|---------------|--|---|
| Rendah        | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan rendah               | 6 |
| Sedang        | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang               | 5 |
| Agak tinggi   | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sedang sampai tinggi | 4 |
| Tinggi        | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan tinggi               | 3 |
| Sangat tinggi | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat tinggi        | 2 |
| Hampir pasti  | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan hampir pasti         | 1 |

Skala peringkat RPN diperoleh dengan mengalikan skor *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*. Setelah nilai RPN ditentukan, maka skala peringkat RPN dapat diukur. Semakin tinggi nilai RPN, semakin besar masalahnya dan perlu segera diperbaiki. Jadi RPN membantu dalam penentuan prioritas masalah dan manajemen masalah. Skala berikut berlaku untuk penentuan nilai RPN:

Tabel 2.6 Kategori Nilai RPN (Nuchpho dkk, 2014)

| RPN        | Kategori Kekritisian |
|------------|----------------------|
| $\geq 200$ | Tinggi               |
| 100-199    | Sedang               |
| 1-99       | Rendah               |

Keterangan:

Tinggi: Membutuhkan perencanaan dan pemrosesan sumber daya segera mungkin.

Sedang: Sebaiknya segera diambil tindakan penanganan, namun ini tidak termasuk kondisi darurat.

Rendah: Risiko cukup diatasi dengan prosedur rutin yang ada.

## 2.9 RCA (*Root Cause Analysis*)

*Root Cause Analysis* (Analisis akar penyebab) adalah alat pengukuran kualitas yang digunakan untuk mengidentifikasi sumber *defect* dari suatu masalah. RCA memungkinkan Perusahaan untuk mengidentifikasi risiko proses, akar penyebab masalah pada suatu sistem dan tindakan perbaikan. Pada umumnya perusahaan menggunakan metode ini pada proses yang sedang berlangsung dan konsisten melakukan kajian sistem sehingga secara signifikan dapat mengurangi kemungkinan kesalahan yang serupa.

RCA dapat digolongkan menjadi empat kelompok yaitu *Safety-based RCA*, *Production-based RCA*, *System-based RCA*, and *Process-based RCA*. Terdapat lima klasifikasi masalah (5M) pada RCA, yaitu *man*, *machine*, *method*, *material*, dan *management system*. Metode ini juga dapat digunakan untuk membangun pengetahuan dasar mengenai sistem yang berkaitan dengan kehandalan produk, proses, ketersediaan dan pemeliharaan. Dengan menerapkan penanganan yang tepat pada akar penyebab masalah, diharapkan masalah yang berasal dari akar penyebab yang sama tidak akan terulang kembali.

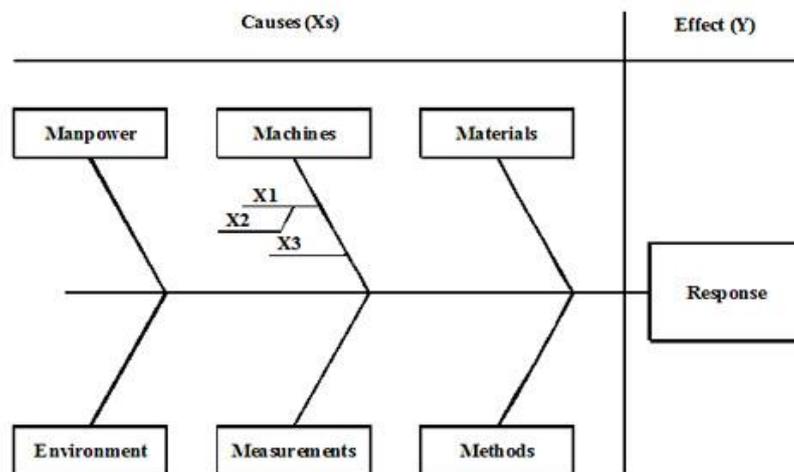
*Root cause analysis* (RCA) merupakan metode untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah fungsional dan operasional (Jucan, 2005). RCA sangat cocok untuk menganalisis kesalahan pada suatu sistem. Jika penyebab suatu masalah tidak dapat diidentifikasi, maka hanya dapat mengetahui gejalanya dan masalah tersebut akan tetap ada. Oleh karena itu, penggunaan RCA diperlukan untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu masalah yang dapat menimbulkan risiko operasional.

Menurut Chlander (2004) langkah-langkah untuk melakukan metode RCA yaitu sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi dan memperjelas definisi suatu kejadian yang tidak diharapkan.

Saat mengidentifikasi masalah, perhatian harus diberikan pada peristiwa yang menyebabkan dampak atau kerugian yang tinggi pada suatu proses produksi, yang harus dilakukan tindakan Perbaikan.

2. Mengumpulkan data  
 Pada langkah ini, peneliti melakukan analisis baru dengan mengumpulkan data, informasi, dan fakta mengenai kejadian untuk mengetahui apa yang sebenarnya terjadi.
3. Melakukan penempatan data-data kejadian dan kondisi pada *event* and *causal factor table* (tabel kejadian dan faktor penyebab).
4. Melakukan identifikasi mode kegagalan sampai pada *level* terendah.  
 Melakukan analisis terhadap faktor masalah secara menyeluruh untuk menentukan akar penyebab masalah. Hal ini dapat dilakukan dengan menggali akar penyebab dengan menanyakan “mengapa” berulang kali hingga diketahui akar penyebabnya, teknik ini dikenal dengan pendekatan “*five (5) why analysis*”.



Gambar 2.4 Root Cause Analysis (Flaig, 2013)

5. Merancang dan menentukan rencana perbaikan  
 Merancang dan menentukan rencana perbaikan untuk mengatasi masalah dan mencegahnya terulang kembalinya suatu masalah di masa depan.
6. Mengukur hasil evaluasi perbaikan  
 Tindakan korektif yang digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan akar penyebab harus di evaluasi kembali jika rencana tersebut efektif dalam meminimalkan atau mencegah terulangnya masalah.

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian ini, peneliti menggunakan jurnal dari penelitian terdahulu sebagai dasar teori. Hal ini bertujuan sebagai perbandingan dan gambaran yang dapat mendukung dalam melakukan penelitian. Penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai referensi oleh peneliti, ialah penelitian dari Alfarizy, dkk (2023), yang melakukan penelitian terhadap *Reject Material Preform* pada Industri Air Minum dalam Kemasan (AMDK) di PT X. *Material preform* merupakan bentuk awal kemasan botol yang terbuat dari PET (*Polyethylen Terphthalate*). Pada tahap proses *injection blow molding* didapatkan *reject material preform* sebesar 0.98%, sedangkan standar maksimal *reject* yang ditetapkan oleh perusahaan ialah sebesar 0.5%. Jenis *reject* yang terdapat pada proses ini yaitu botol pecah, tebal botol tidak stabil, botol terjepit, dan lain sebagainya. Oleh sebab itu peneliti melakukan penelitian terhadap pengendalian kualitas dengan menggunakan metode *six sigma* dan FMEA untuk mengurangi *reject material preform* pada produksi kemasan botol air minum dalam kemasan PT X.

Selanjutnya ialah penelitian dari Masdalifah (2019), yang melakukan penelitian terhadap perbaikan kualitas pada proses pengolahan logam di CV. Sispra Jaya Logam. Perusahaan ini merupakan industri yang bergerak dibidang pengecoran logam dan permesinan. Permasalahan pada perusahaan ini ialah jumlah *defect* produk yang masih diatas standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu 12.97% dari material yang digunakan. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode *six sigma* sebagai alat pengendalian kualitas untuk mencapai proses bebas *defect* dan mengurangi adanya variasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis dan jumlah *defect* produk logam yang terjadi di lantai produksi, untuk mengetahui sejauh mana kualitas proses yang dicapai sesuai dengan jenis dan karakteristik *defect* manufaktur berdasarkan *Defect Permillion Opportunity* (DPMO) dan *level sigma*, untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor penyebab *defect* produk dan memberikan usulan perbaikan.

Selanjutnya ialah penelitian dari Chyntia dan Ekawati (2022), yang melakukan penelitian terhadap pengendalian kualitas pada produksi Roti di PT XYZ. Masalah yang terdapat pada PT XYZ ialah adanya permasalahan pada proses produksi roti sehingga terdapat banyak roti rusak/cacat. PT XYZ memproduksi roti

sepanjang tahun 2021, dari bulan Januari - Desember 2021 sebanyak 34.693.338 roti, dan terdapat roti yang cacat sebanyak 1.248.471. Dari hasil produksi selama setahun, PT XYZ mendapatkan roti yang cacat sebesar 16%, tentu saja hal ini merugikan perusahaan, sehingga dibutuhkan adanya perbaikan dalam pengendalian kualitas produksi. Peneliti melakukan penelitian ini dengan tujuan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan proses produksi sehingga perlu dilakukan implementasi perbaikan untuk mengurangi produk cacat pada roti di PT XYZ. Peneliti melakukan analisis pengendalian kualitas dengan menggunakan metode Fuzzy FMEA, sebagai upaya untuk mengidentifikasi dan mengendalikan permasalahan pada produksi roti di PT XYZ.

Selanjutnya ialah penelitian dari Sunarko (2017), yang melakukan penelitian terhadap cacat coran pada *Gravity Casting* produk Tangki Radiator Mobil. Porositas penyusutan merupakan salah satu jenis cacat pada hasil pengecoran. Cacat coran porositas berupa rongga-rongga tak beraturan, umumnya ujung-ujung produk yang menajam, permukaan kasar dan intergranular. Porositas terjadi pada saat adanya pembekuan, pada saat penyusutan volume logam cair, sehingga penyusutan volume logam cair tidak dapat dihindari, karena tidak adanya pasokan cairan logam apapun. Permasalahan yang sering terjadi dalam proses pembuatan tangki atas radiator mobil ialah seringnya terjadi cacat pada hasil coran (bocor). Cacat coran ini dapat diketahui setelah dilakukan pengujian dengan uji tekanan udara dan *leak test* yang memperlihatkan gelembung udara yang keluar dari bagian-bagian yang bocor. Cacat karena hal ini mendekati 20%, sehingga diperlukan penelitian untuk mengurangi tingkat kecacatan produk menjadi kurang dari 9%. Tujuan dari penelitian ini ialah menganalisis permasalahan utama cacat pada hasil pengecoran (*casting process*) guna dapat mengurangi tingkat kecacatan pada produk hasil pengecoran.

Selanjutnya adalah penelitian dari Wijaya dan Ekawati (2021), yang melakukan penelitian di PT XYZ terhadap cacat pada Rokok Sigaret Kretek Tangan (SKT). PT XYZ adalah sebuah perusahaan di kota Malang yang bergerak pada produksi rokok SKT. Permasalahan pada produksi rokok PT XYZ ialah cacat pada rokok yang mencapai 800.000 batang per bulan, hal ini diakibatkan oleh kualitas rokok yang dibuat oleh pekerja tidak sesuai dengan standar. Jumlah cacat rokok

yang besar sangat merugikan perusahaan, sehingga peneliti melakukan penelitian terhadap kualitas produksi di PT XYZ. Dalam upaya menurunkan tingkat kecacatan pada rokok SKT, peneliti melakukan perancangan alat bantu dan menggunakan metode *six sigma* sebagai alat untuk menurunkan jumlah cacat pada produk rokok SKT. Dari hasil analisis yang dilakukan oleh peneliti, ditemukan bahwa penyebab utama besarnya jumlah cacat pada produk rokok ialah isian tembakau yang terlalu basah dan terlalu kering. Melalui penelitian yang dilakukan oleh peneliti, perbaikan kualitas dapat diterapkan oleh perusahaan dengan menerapkan usulan yang diberikan oleh peneliti, yaitu penambahan peta kontrol sebagai cara untuk mempertahankan standar kualitas yang ditentukan.

Selanjutnya adalah penelitian dari Suhaeri (2017), yang melakukan penelitian terhadap kualitas produk *Jumbo Roll* di PT Indah Kiat Pulp & Paper, TBK. PT Indah Kiat Pulp & Paper, TBK merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang industri *Pulp & Paper*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapatkan selama bulan September 2016 sampai dengan bulan Februari 2017 PT Indah Kiat Pulp & Paper, Tbk memiliki permasalahan terhadap kualitas pada produk *Jumbo Roll*. PT Indah Kiat Pulp & Paper, Tbk memproduksi sebanyak 4346 *Jumbo Roll* selama 6 bulan, dan ditemukan *defect* sebanyak 1162 *jumbo roll*, artinya *defect* pada produk *Jumbo Roll* sebesar 27%. Penelitian ini dilakukan analisa terhadap *defect* pada produk *Jumbo Roll* dengan tujuan untuk mengetahui secara jelas penyebab terjadinya *defect* pada produk tersebut dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan FTA (*Fault Tree Analysis*). Metode FTA (*Fault Tree Analysis*) digunakan untuk menganalisis akar penyebab masalah sedangkan FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*) digunakan untuk menganalisis tingkat permasalahan untuk kemudian dilakukan langkah perbaikan.

Selanjutnya penelitian dari Ardyansyah (2019), yang melakukan penelitian terhadap *defect* pada produk PT Sinar Sanata Electronic Industry. Kondisi mesin yang sudah tua menjadi permasalahan utama perusahaan, karena hal ini dapat menimbulkan kerugian di perusahaan. Mesin-mesin yang sudah tua tidak lagi mampu bekerja dengan baik dan mengakibatkan sering ditemukan cacat produk hingga sebanyak 12%. Jumlah kecacatan tersebut merupakan hal yang tidak dapat

ditoleransi oleh perusahaan, karena standar kecacatan produk yang ditoleransi oleh perusahaan ialah sebesar 6-9%. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kecacatan terburuk dengan mencari nilai kerugian tertinggi *Risk Priority Number* (RPN). Analisis kegagalan dilakukan dengan menggunakan metode FMEA untuk melihat besarnya kecacatan. Hasil analisis kemudian disajikan dalam metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menganalisis akar masalah yang menyebabkan suatu kegagalan pada produk.

Selanjutnya adalah penelitian dari Fajar (2021), yang melakukan penelitian terhadap perbaikan kualitas pada proses pengecoran logam di PT Aneka Adhilogam Karya. PT Aneka Adhilogam Karya memiliki berbagai macam kecacatan produk yang menyebabkan turunnya standar kualitas produk, perusahaan menetapkan standar kualitas maksimal sebesar 2.5% namun dari hasil pengamatan yang dilakukan oleh peneliti kecacatan produk mencapai 2.715%. Hal ini sangat berpengaruh terhadap proses produksi dan terhadap manajemen mutu PT Aneka Adhilogam Karya, sehingga dibutuhkan adanya pengendalian kualitas produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi *Defect* pada proses pengecoran logam dengan menggunakan metode *six sigma* dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode *Six Sigma* menggunakan konsep DMAIC untuk menganalisis kecacatan pada produk, nilai sigma, langkah perbaikan, dan diperkuat menggunakan metode FMEA dengan menentukan tindakan perbaikan yang harus dilakukan.

Selanjutnya adalah penelitian dari Susanty (2016), yang melakukan penelitian terhadap produk cacat pada bagian *Foundary* PT Austenite Foundary Medan. PT Austenite Foundry merupakan perusahaan pengecoran logam. Produk yang diproduksi oleh perusahaan ini ialah suku cadang untuk mesin berat dan peralatan untuk industri pertanian. Perusahaan menggunakan metode permanent *die casting* dan metode *lost foam casting* pada proses produksinya. Permasalahan yang menjadi fokus penelitian pada PT Austenite Foundary Medan ialah perusahaan telah menetapkan batas maksimal *defect* yaitu 10%, namun batas maksimal tersebut belum bisa dipenuhi. Akibat tingginya produk *defect* menyebabkan kerugian pada perusahaan dan mendapat keluhan dari konsumen karena produk yang diproduksi terlambat sampai kepada konsumen. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk

menganalisis penyebab *defect* pada produk bagian *Foundary* PT Austenite Foundary Medan. Peneliti menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk melakukan analisis penyebab cacat produk pada PT Austenite Foundary Medan.

Selanjutnya adalah penelitian dari Sumpena (2017), yang melakukan penelitian terhadap porositas pada proses pengecoran logam (*Gravity Casting*). Permasalahan utama pada proses pengecoran logam ialah benda hasil coran sering timbul porositas. Porositas pada umumnya dapat menyebabkan cacat bocor dan kropos pada produk hasil coran. Cacat bocor tentu saja hal yang tidak diinginkan terjadi karena dapat merugikan perusahaan dan memerlukan proses yang panjang untuk perbaikan. Penyebab adanya porositas pada hasil coran diakibatkan oleh berbagai faktor, salah satunya ialah dari faktor material yang digunakan. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh paduan Fe12% pada Aluminium terhadap porositas dan struktur mikro dengan metode *Gravity Casting*. Penelitian ini menggunakan beberapa metode untuk mengetahui adanya porositas pada suatu produk hasil coran, yaitu mencari volume benda coran dan menimbang benda coran.

Selanjutnya ialah penelitian dari Herman dan Purnomo (2022), yang melakukan penelitian terhadap strategi pemasaran dan peningkatan kualitas produk pakan burung pada IKM Sinar Mas Malang. IKM adalah singkatan dari Industri Kecil Menengah, yaitu industri kecil yang dimiliki oleh perseorangan. Pada penelitian ini peneliti melakukan analisis terhadap strategi pemasaran dan peningkatan kualitas produk pakan burung pada IKM Sinar Mas Malang dengan menggunakan metode SWOT dan FMEA. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk meningkatkan *marketing* penjualan pakan burung dan memberikan usulan perbaikan kepada IKM, sehingga usahanya dapat semakin maju. Metode SWOT dipilih untuk menentukan strategi prioritas yang akan diperoleh dari hasil proses analisis SWOT. selanjutnya metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengetahui faktor terjadinya permasalahan yang terdapat pada proses produksi di IKM Sinar Mas Malang. Setelah dilakukan perhitungan dari

metode SWOT dan FMEA, maka didapatkan hasil alternatif strategi pemasaran untuk mendukung peningkatan kualitas bagi IKM.

Selanjutnya ialah penelitian dari Rohimudin, dkk (2016), yang melakukan penelitian terhadap *defect* pada hasil pengelasan *Plate* Konstruksi Baja. Permasalahan yang sering muncul pada hasil pengelasan *plate* konstruksi baja ialah cacat berupa porositas sebesar 8%, tekor potong 29%, *overlap* 21%, dan *spatter* 18%. Dari keempat jenis cacat tersebut, jumlah cacat pada hasil pengelasan mencapai 76%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis *defect* yang sering muncul, mengetahui faktor penyebab, dan memberikan solusi perbaikan. Penelitian ini menggunakan metode *six sigma* dengan tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Dari hasil analisis diketahui bahwa faktor utama terjadinya *defect* ialah faktor dari pekerja yang kurang terampil dan kelelahan, kurangnya pembersihan dan perawatan pada mesin, dan lain sebagainya. Diketahui bahwa nilai sigma pada permasalahan ini ialah sebesar 1.7, yang artinya permasalahan ini harus ditindak lanjuti, karena permasalahan ini sangat merugikan perusahaan.

Persamaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya ialah memiliki tujuan dan permasalahan yang sama, yaitu untuk meningkatkan kualitas hasil produksi perusahaan. Nilai *level sigma* yang diperoleh berdasarkan data produksi aktual, penyebab masalah yang disebabkan produk cacat dan saran perbaikan bagi perusahaan. Sementara itu perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya ialah pokok bahasan penelitian, langkah-langkah *Six Sigma* yang digunakan, hasil penelitian dan alat analisis risiko yang digunakan juga berbeda. Penelitian ini berfokus pada penggunaan metode *Six Sigma* dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sebagai alat analisis.