

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan industri manufaktur di dunia semakin pesat menuntut perusahaan untuk berlomba-lomba agar mampu bersaing dari segi kualitas dan melangsungkan pertumbuhan dalam operasi perusahaan. Faktor terpenting yang akan dicapai perusahaan adalah keuntungan yang didapat dari hasil produksinya. Pencapaian efektifitas dan efisiensi perusahaan tentu menjadi dasar untuk mendapatkan keuntungan perusahaan dan tak luput dari segi kualitas.

Menurut Rony (2008), peningkatan kualitas secara berkesinambungan adalah hal yang mutlak yang perlu dilakukan untuk memenangkan persaingan industri. Dalam dunia manufaktur proses produksi merupakan hal yang penting yang harus diperhatikan guna mencapai kualitas produk yang dihasilkan. Dengan standar kualitas tinggi yang diterapkan oleh perusahaan terhadap produknya membuat produk yang dipasarkan akan mampu bersaing dengan produk lainnya

Perusahaan yang mengutamakan kualitas sebagai strategi andalan akan mempunyai nilai tambah tersendiri dibandingkan dengan pesaingnya dalam menguasai pasar. Proses produksi yang memperhatikan kualitas akan menghasilkan produk yang bebas cacat. Hal ini akan menghindari terjadinya pemborosan-pemborosan dan ketidak efisiensi yang berdampak pada biaya produksi per unit dan tingkat kompetitif perusahaan. Sistem manajemen yang bertujuan mengurangi terjadinya pemborosan-pemborosan dan ketidak efisiensi kerja disebut juga sebagai *Lean Management*. Konsep *lean* adalah kumpulan pemahaman dan metode yang dirancang untuk mengeliminasi pemborosan (*waste*), mengurangi waktu tunggu (*waiting time*), memperbaiki kinerja (*performance*), dan mengurangi biaya produksi. (Wahyuni, 2008: h.19).



PT. PAL Indonesia (Persero) merupakan salah satu industri manufaktur milik negara yang bergerak dibidang maritim. Kantor pusat dari industri ini terletak di ujung Surabaya, Jawa Timur. Perkembangan industrialisasi maritim di Indonesia yang semakin pesat menimbulkan persaingan yang ketat bagi para pelaku bisnis (perusahaan) dalam menawarkan produknya. Adanya persaingan antar perusahaan maritim tentunya membuat perusahaan-perusahaan yang ada saling berkompetisi untuk menjadi perusahaan maritim yang terbaik dipasar nasional maupun global.

Disamping itu, PT PAL Indonesia adalah salah satu perusahaan BUMN yang bergerak dibidang manufaktur, dengan kegiatan utama memproduksi kapal perang dan kapal niaga, memberikan jasa perbaikan dan pemeliharaan kapal, serta rekayasa umum dengan spesifikasi tertentu berdasarkan pesanan . Namun, sekarang banyak industri- industri maritim semacam lainnya milik swasta bermunculan seperti *Suntos*, *Batam Corporation* dan lain-lain, yang menawarkan produk yang tak kalah bersaing dengan produk PT PAL Indonesia. Dalam proses manufaktur perusahaan maritim PT PAL Indonesia salah satunya menggunakan proses pengelasan sebagai proses intinya selain dari pada proses-proses lainnya.

**Tabel 1.1** Data jumlah *Defect*

Jenis Cacat	Block ATR 2 (P)	Block BR 4 (S)
	jumlah cacat	jumlah cacat
<i>Crack</i>	6	5
<i>Misuse of electrode</i>	1	1
<i>Welding Omitted</i>	3	3
<i>Leg length</i>	6	6
<i>Returnweld (RW)</i>	10	9
<i>Bead appearce</i>	28	31
<i>Surface porosity</i>	10	9

<i>Defect ex.stopper</i>	11	10
<i>Arc strike</i>	6	5

Sumber : PT PAL Indonesia

Penelitian pada bagian *Hull Construction* hanya mengamati 2 *block* saja yaitu *Block ATR 2 (P)* dan *Block BR 4 (S)* yang merupakan jumlah *defect* paling tinggi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *check sheet visual inspection* untuk menguji sambungan dari *block* satu ke *block* lainnya.

Berdasarkan sistem produk tersebut, PT PAL Indonesia harus menangani berbagai masalah mengenai kinerja kualitas produksi dan meminimalkan *defect* dari hasil pengelasan sebagai proses produksi. Setiap *defect* yang ditemui, dapat disebabkan oleh kesalahan manusia (juru las dan alat-alat las yang belum dikalibrasi), lingkungan kerja (cuaca dan sebagainya) bahan baku (kawat las) ataupun metode kerja (proses pengelasan) yang digunakan oleh perusahaan. Hal ini memotivasi penulis untuk melakukan penelitian mengenai kinerja kualitas pengelasan di PT PAL Indonesia, terutama pada bagian pengelasan. adapun alternatif penyelesaian masalah mengenai kualitas pengelasan yang juga mempengaruhi kualitas produk dapat dilakukan dengan analisis *defect* pengelasan dengan metode *Six sigma*.

Dengan metode pendekatan *Six Sigma* sebagai analisis *defect* pengelasan diharapkan divisi Kapal Perang pada bagian *Hull Construction* dapat secepatnya mendapatkan penyebab utama tingginya cacat las dan mencoba mengendalikan jumlah *defect* yang timbul pada setiap proses pengelasan. Pengendalian kualitas produk merupakan faktor yang sangat penting bagi dunia industri karena pengendalian kualitas yang baik dan dilakukan secara terus menerus akan dapat mendeteksi ketidak normalan secara cepat, sehingga dapat segera dilakukan tindakan perbaikan dan antisipasinya. Hal ini juga untuk menjamin mutu produksi atau pelayanan perusahaan. Makin meningkatnya kemajuan proses produksi maka makin diperlukan pengendalian kualitas.

Kontrol kualitas sangat diperlukan dalam memproduksi suatu produk dalam menjaga kestabilan mutu.

*Six Sigma* adalah salah satu metode yang paling populer dan merupakan salah satu alternatif dalam prinsip-prinsip pengendalian kualitas yang merupakan terobosan dalam manajemen pengendalian kualitas. *Six Sigma* dapat dijadikan ukuran kinerja sistem industri yang memungkinkan perusahaan melakukan peningkatan yang maksimal dan dengan terobosan strategi yang aktual. *Six Sigma* juga dapat dipandang sebagai pengendalian proses produksi yang berfokus pada pelanggan dengan memperhatikan kemampuan proses. Pencapaian *Six Sigma* yaitu dengan hanya terdapat 3,4 cacat per sejuta kesempatan (*defect permillion opportunity-DPMO*) memungkinkan perusahaan mencapai kondisi *zerodefekt*, suatu kondisi maksimal yang mungkin dicapai oleh perusahaan. Semakin tinggi target *Sigma* yang dicapai maka kinerja sistem industri semakin baik (Syukron, 2013: h.25).

Pada studi kasus ini (yang diangkat oleh penulis), bahwa prinsip *Six Sigma* juga dapat dijadikan tolak ukur untuk mengacu tingkat *defect* yang timbul pada proses pengelasan. Harapan dari adanya kajian ini dapat mendukung dan menambah wawasan pemahaman baik dari perusahaan itu sendiri maupun pihak lain yang berkepentingan dalam penelitian ini. Berdasarkan paparan latar belakang di atas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tugas akhir atau skripsi dengan judul ‘Analisis *Defect* Pengelasan dan Penanggulangannya Dengan Metode *Six Sigma*, FMEA dan FTA di PT. PAL Indonesia.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut diatas dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu:

1. Faktor apa yang mempengaruhi *defect* pada proses pengelasan di bagian *Hull Construction*?
2. Berapa tingkat nilai DPMO dan level sigma dari proses pengelasan pada bagian *Hull Construction*?



3. Bagaimana cara untuk melakukan perbaikan pengendalian kualitas proses *welding* di PT. PAL Indonesia?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan penulis yaitu:

1. Untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya kecacatan.
2. Untuk mengetahui tingkat DPMO dan level *sigma* dari proses *welding* pada bagian *Hull Construction*.
3. Untuk memberikan saran perbaikan pengendalian kualitas proses *welding* di PT PAL Indonesia.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat-manfaat yang dapat diberikan dari penelitian ini, yakni:

- 1.4.1. Manfaat bagi Perusahaan PT PAL Indonesia:
  1. Dapat memperoleh masukan mengenai kondisi dan permasalahan yang dihadapi beserta dengan solusi untuk mengatasi *defect* tersebut.
  2. Merupakan sarana penghubung antara perusahaan dengan lembaga pendidikan tinggi
- 1.4.2. Manfaat bagi penulis
  1. Mengembangkan wawasan berpikir, menganalisa dan mengantisipasi suatu problema, dengan mengacu pada materi teoritis dari disiplin ilmu yang telah ditempuh dan menggunakannya untuk menyelesaikan problem riil.
  2. Dapat mempersiapkan langkah-langkah yang diperlukan untuk menyesuaikan diri di lingkungan kerjanya di masa mendatang



### 1.5 Batasan Masalah

Untuk membatasi lingkup pembahasan agar sesuai dengan penelitian maka perlu dibuatkan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada area *side shell block* di divisi kapal Perang, pada bagian *Hull Contruction Assembly* PT PAL Indonesia.
2. Analisis *defect* pengelasan dengan menggunakan metode *Six Sigma* dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan FTA (*Fault Tree Analysis*) sebagai metode mencari mode kegagalan (*failure mode*).
3. Proses penelitian hanya dilakukan tahapan *define, measure, analyze, improve* dan saran saja. Tidak sampai tahap *control* karena proyek sudah diselesaikan.

### 1.6 Asumsi Penelitian

1. Produksi berjalan dengan normal
2. Material yang digunakan sudah sesuai dengan standar yang digunakan PT. PAL.

### 1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang akan dibahas dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini meliputi:

#### BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diutarakan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, pembatasan masalah, asumsi-asumsi, dan sistematika penulisan.

#### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan dikemukakan tentang teori-teori definisi dari kualitas, dimensi kualitas, faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas, pengertian *Six Sigma*, tahap-tahap pengendalian kualitas dengan metode *Six Sigma*, beberapa



perhitungan yang berkaitan dengan DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, and Control*), FMEA, dan FTA

**BAB III****METODE PENELITIAN**

Bab ini menguraikan mengenai langkah-langkah dalam penelitian, termasuk lokasi penelitian, waktu, metode pelaksanaan, metode pengambilan data, dan materi yang dipaparkan.

**BAB IV****PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini berisikan lima langkah *Six Sigma* yang biasa disebut dengan DMAIC yaitu mendefinisikan, mengukur, menganalisis, melakukan perbaikan dan mengendalikan. Penjabaran dan implementasi tahap-tahap ini beserta data-data pendukungnya menjadi isi dari bab ini dan FMEA serta FTA merupakan salah satu implementasi dari tahapan-tahapan analisis dan perbaikan

**BAB V****KESIMPULAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil pengolahan data maupun dari pengamatan.



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

Karya Ilmiah Milik Perpustakaan Universitas Katolik Darma Cendika. Hanya dipergunakan untuk keperluan pendidikan dan penelitian. Segala bentuk pelanggaran/plagiasi akan dituntut sesuai dengan undang-undang yang berlaku.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Landasan Teori

#### 2.1.1 Dimensi Kualitas

Secara umum, dimensi kualitas menurut (Hana Catur dkk, 2008: h 5) untuk menganalisis karakteristik kualitas suatu produk, yaitu sebagai berikut:

1. Performansi (*performance*)  
Berkaitan dengan aspek fungsional dari produk dan merupakan karakteristik utama suatu produk.
2. Keistimewaan (*features*)  
Merupakan aspek kedua yang menambah fungsi dasar fitur-fitur, berkaitan dengan pengembangannya.
3. Keandalan (*reliability*)  
Berkaitan konsistensi waktu ke waktu, dengan kemungkinan suatu produk melaksanakan fungsinya
4. Kesesuaian (*conformance*)  
Berkaitan dengan tingkat kesesuaian produk terhadap spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya oleh pelanggan.
5. Daya tahan (*durability*)  
Merupakan ukuran daya tahan suatu produk dengan termasuk perbaikannya
6. Kemampuan pelayanan (*serviceability*)  
Melebihi kecepatan, keramahan, kesopanan, kompetensi, kemudahan serta akurasi dalam melakukan pelayanan.
7. Estetika (*esthetics*)  
Merupakan karakteristik yang bersifat subyektif dengan pertimbangan pribadi dan refleksi.
8. Kualitas yang dipersepsikan (*perceived quality*)  
Bersifat subyektif, berkaitan dengan perasaan pelanggan dalam menggunakan produk tersebut.

#### 2.1.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas menurut Susetyo (2011) merupakan suatu sistem pengendalian yang dilakukan dari tahap awal suatu



proses sampai produk jadi, dan bahkan sampai pada pendistribusian kepada konsumen.

Dalam upaya peningkatan kualitas pada suatu perusahaan maka harus dimiliki oleh perusahaan tersebut, untuk mengetahui sejauh mana produk yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan pelanggan atau konsumen, dengan begitu perusahaan dapat mengetahui tingkat kemampuan prosesnya untuk melakukan pengendalian dan peningkatan kualitas dari karakteristik output yang diukur.

Aktivitas-aktivitas pengendalian kualitas terdiri dari:

1. Pemeriksaan dan pengajian penerimaan (bahan baku).
2. Pemeriksaan dalam proses.
3. Pemeriksaan dan pengujian akhir.

### **2.1.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas**

Kualitas produk secara langsung dipengaruhi oleh sembilan bidang dasar atau 9M. Pada masa sekarang ada sejumlah besar kondisi yang membebani produksi melalui cara-cara yang tidak pernah terjadi dalam periode sebelumnya (Feigenbaum, 1986: h.59-60).

1. Pasar (*Market*)

Jumlah produk baru dan baik yang ditawarkan di pasar terus berkembang dengan laju yang eksplosif. Konsumen diarahkan untuk mempercayai bahwa ada produk baru yang dapat memenuhi hampir setiap kebutuhan. Pada masa sekarang konsumen dapat memperoleh produk yang lebih baik yang dapat memenuhi kebutuhan mereka. Pasar menjadi lebih besar ruang lingkungannya dan secara fungsional lebih terspesialisasi dalam barang yang ditawarkan. Dengan bertambahnya perusahaan, pasar menjadi bersifat internasional dan mendunia. Akhirnya bisnis harus lebih fleksibel dan mampu berubah arah dengan cepat.

2. Uang (*Money*)

Meningkatnya persaingan dalam banyak bidang industri bersamaan dengan fluktuasi ekonomi dunia, telah



menurunkan batas (margin) laba. Pada waktu yang bersamaan, kebutuhan akan otomasi dan mekanisasi mendorong pengeluaran yang besar untuk proses dan perlengkapan yang baru. Penambahan investasi pabrik, harus dibayar melalui naiknya produktivitas menimbulkan kerugian yang besar dalam berproduksi disebabkan oleh produk cacat dan pengulangan kerja yang sangat mahal. Kenyataan ini memfokuskan perhatian para manajer pada bidang biaya kualitas untuk mengatasi biaya operasi, meminimalkan kerugian, dan memperbaiki laba.

3. Manajemen (*Management*)

Tanggung jawab kualitas telah didistribusikan antara beberapa kelompok khusus. Sekarang bagian pemasaran melalui fungsi perencanaan produknya, harus membuat persyaratan produk. Bagian perancangan bertanggung jawab merancang produk yang akan memenuhi persyaratan tersebut. Bagian produksi mengembangkan dan memperbaiki kembali proses untuk memberikan kemampuan yang cukup dalam membuat produk sesuai dengan spesifikasi rancangan. Bagian pengendalian kualitas merencanakan pengukuran kualitas pada seluruh aliran proses yang menjamin bahwa hasil akhir memenuhi persyaratan kualitas produk atau pelayanan, setelah produk sampai pada konsumen dan menjadi bagian yang penting dari paket produk akhir. Hal ini telah menambah beban manajemen puncak, khususnya bertambahnya kesulitan dalam mengalokasikan tanggung jawab yang tepat untuk melakukan koreksi terhadap penyimpangan dari standar kualitas.

4. Manusia (*Man*)

Pertumbuhan yang cepat dalam pengetahuan teknis dan pengembangan bidang-bidang baru seperti elektronika komputer menciptakan suatu permintaan yang besar akan pekerjaan dengan pengetahuan khusus. Pada waktu yang sama situasi ini menciptakan permintaan akan ahli teknik



sistem yang akan mengajak semua bidang spesialisasi untuk bersama merencanakan, menciptakan dan mengoperasikan berbagai sistem yang akan menjamin suatu hasil yang diinginkan.

5. Motivasi (*Motivation*)  
Penelitian tentang motivasi manusia menunjukkan bahwa sebagai hadiah tambahan selain uang, para pekerja masa kini juga memerlukan sesuatu yang memperkuat rasa keberhasilan di dalam pekerjaan mereka dan pengakuan bahwa mereka secara pribadi memberikan sumbangan untuk tercapainya tujuan perusahaan. Hal ini membimbing ke arah kebutuhan yang tidak ada sebelumnya yaitu pendidikan kualitas dan komunikasi yang lebih baik tentang kesadaran untuk bekerja sesuai standar.
6. Bahan (*Material*)  
Disebabkan oleh biaya produksi dan persyaratan kualitas, para ahli teknik memilih bahan dengan batasan yang lebih baik daripada sebelumnya. Akibatnya spesifikasi bahan menjadi lebih ketat dan keanekaragaman bahan menjadi lebih besar. Namun bahan yang berkualitaslah yang diperlukan dalam proses produksi, karena barang atau material berkualitas rendah akan menghasilkan hasil produksi yang *inferior* atau di bawah standar.
7. Mesin dan Mekanisasi (*Machine and Mechanization*)  
Permintaan perusahaan untuk mencapai penurunan biaya dan volume produksi untuk memuaskan pelanggan telah mendorong penggunaan perlengkapan pabrik yang lebih rumit dan bergantung pada kualitas bahan yang diproses oleh mesin tersebut. Kualitas yang baik menjadi faktor yang kritis dalam memelihara waktu kerja mesin agar fasilitasnya dapat digunakan sepenuhnya.



8. Metode Informasi Mutakhir (*Modern Information Method*)  
Evolusi teknologi komputer membuka kemungkinan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengambil kembali, memanipulasi informasi pada skala yang tidak terbayangkan sebelumnya. Teknologi informasi yang baru ini menyediakan cara untuk mengendalikan mesin dan proses selama kegiatan produksi dan mengendalikan produk bahkan setelah produk sampai ke konsumen. Metode pemrosesan data yang baru dan konstan memberikan kemampuan untuk mengatur informasi yang bermanfaat, akurat, tepat waktu dan bersifat ramalan mendasari keputusan yang membimbing masa depan bisnis.
  
9. Persyaratan Proses Produksi (*Mounting Product Requirement*)  
Kemajuan yang pesat dalam perancangan produk, memerlukan pengendalian yang lebih ketat pada seluruh proses pembuatan produk. Meningkatnya persyaratan persepsi yang lebih tinggi bagi produk menekankan pentingnya keamanan dan keterandalan produk.

#### **2.1.4 Pengelasan**

Menurut Deutche Industrie Normen (DIN) dalam buku *Workshop Course Welding Inspection* tahun 1989, pengelasan adalah penyambungan logam dengan ikatan metalurgi yang dilaksanakan pada waktu logam dalam keadaan cair. Berdasarkan definisi tersebut, untuk pengelasan logam diperlukan energi panas yang cukup untuk mencairkan sebagian logam pada sambungan. Bila untuk menyambung memerlukan bahan tambah juga harus mencair agar bersama-sama dengan logam dasar membentuk endapan las. Energi panas yang diperlukan untuk mencairkan sebagian bahan dasar dan bahan tambah dapat diperoleh dari bermacam-macam cara antara lain melalui pembakaran gas, busur listrik, resistensi listrik, gesekan dan lain sebagainya. Energi panas yang diberikan pada pengelasan hanya setempat dan bergerak pada sumbu memanjang sambungan, sehingga logam dasar yang di las



menerima pemanasan dan pendinginan yang dapat mempengaruhi sifat-sifat logam. Bagian-bagian logam yang dilas yang sifat-sifatnya berubah karena pengaruh oleh panas disebut “daerah terpengaruh panas” atau HAZ (*Heat Affected Zone*). HAZ (*Heat Affected Zone*) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus thermal pemanasan dan pendinginan cepat. Sedangkan proses terjadinya HAZ / Filosofi HAZ sendiri terjadi di logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las. Secara visual daerah yang dekat dengan garis lebur las maka susunan struktur logamnya semakin kasar. Pada daerah HAZ terdapat tiga titik yang berbeda, titik 1 dan 2 menunjukkan temperatur pemanasan mencapai daerah berfasa austenit dan ini disebut dengan transformasi menyeluruh yang artinya struktur mikro baja mula-mula ferit+perlit kemudian bertransformasi menjadi austenit 100%. Titik 3 menunjukkan temperatur pemanasan, daerah itu mencapai daerah berfasa ferit dan austenit dan ini yang disebut transformasi sebagian yang artinya struktur mikro baja mula-mula ferit+perlit berubah menjadi ferit dan austenit.

### 2.1.5 Proses Las

Jenis las yang dipakai di industri antar lain las SMAW, FCAW, GMAW, GTAW dan SAW. Proses dasar dari jenis proses las tersebut dijelaskan untuk mesin las SMAW dan GTAW saja, yaitu sebagai berikut.

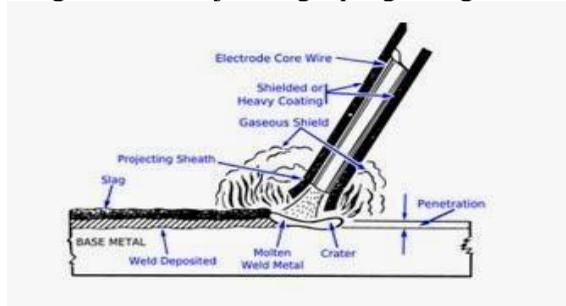
#### 2.1.5.1 *Shield Metal Arc welding* (SMAW)

Proses pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) merupakan las elektroda terbungkus atau pengelasan busur listrik logam terlindung. Merupakan salah satu jenis yang paling sederhana dan paling canggih untuk pengelasan baja *structural*. Proses SMAW sering disebut proses elektroda tongkat manual. Pemanasan dilakukan dengan busur nyala (listrik) antara elektroda yang dilapisi dan logam yang disambung yang kemudian menjadi



satu dan membeku bersama (salmon, 1990).

Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencari dan membentuk kerak yang menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi.



**Gambar 2.1** Bagan Kerja las SMAW

Sumber: Wiryosumarto(2000)

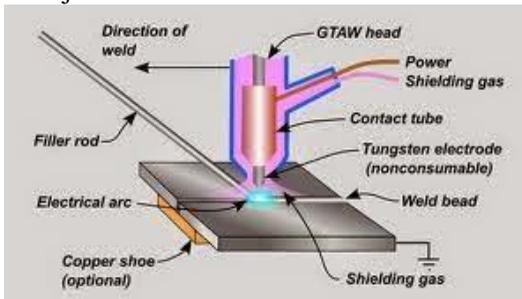
Prinsip kerja las busur listrik ini adalah dengan mengubah energy listrik menjadi panas untuk mencairkan permukaan logam induk dengan menghasilkan busur nyala listrik melalui sebuah elektroda. Terjadinya busur nyala listrik ini diakibatkan oleh perbedaan tegangan antara kedua kutub pada kedua kutub pada dua logam konduktif yaitu elektroda dan logam induk seperti pada Gambar 2.1. Busur nyala listrik itu sendiri terbentuk dengan mendekatkan elektroda ke logam induk hingga pada jarak beberapa millimeter kemudian menarik elektroda agar tidak kontak langsung dengan logam induk untuk menjaga busur tetap menyala. Suhu dari busur nyala listrik tersebut dapat mencapai 5000 derajat celcius sehingga mampu mencairkan elektroda dan logam induk.

### 2.1.5.2 Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

Istilah GTAW (*Gas tungsten arc welding*) berasal dari Amerika sedangkan TIG (*Tungsten Inert Gas*) berasal dari Eropa, yang mempunyai pengertian sama yaitu jenis las listrik yang menggunakan elektroda tidak terkonsumsi. Elektroda ini hanya digunakan untuk menghasilkan busur listrik (wiryosumarto 2000).

Bahan penambah berupa *filler* (rod), untuk mencegah oksidasi digunakan gas mulia (seperti Argon, Helium, Ferron) dan karbon dioksida sebagai gas lindung. Jenis las ini dapat digunakan dengan atau tanpa bahan penambah. Prosesnya menggunakan gas lindung untuk mencegah terjadinya oksidasi pada bahan las yang panas. Untuk menghasilkan busur nyala yang tidak terkonsumsi terbuat dari logam tungsten atau paduannya yang bertitik lebur sangat tinggi.

Busur nyala dihasilkan dari arus listrik melalui konduktor dan mengionisasi gas pelindung. Busur terjadi antara ujung elektroda tungsten dengan bahan induk. Panas yang dihasilkan busur langsung mencairkan logam induk dan juga logam las yang berupa kawat las, penggunaan kawat las tidak selalu dilaksanakan, jika hanya dipandang perlu sebagai logam penambah. Pencairan kawat las dilaksanakan di ujung kawah las sambil proses pangelasan berjalan.



**Gambar 2.2** Las GTAW  
Sumber: Wiryosumarto(2000)

### 2.1.6 Posisi Pengelasan

Posisi atau sikap pengelasan yaitu pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh-kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*), posisi pengelasan tegak (*vertical position*) dan posisi pengelasan diatas kepala (*over head position*) (Bintoro, 2000).

1. Posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*)

Posisi pengelasan ini adalah posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan agak miring, yaitu letak elektroda berada di atas benda kerja (Gambar 2.3a).

2. Posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*)

Mengelas dengan posisi mendatar merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar/horizontal. Pada posisi pengelasan ini kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhatikan, karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit dari arah elektroda las. Pengelasan posisi mendatar sering digunakan untuk pengelasan benda-benda yang berdiri tegak (Gambar 2.3b). Misalnya pengelasan badan kapal laut arah horizontal.

3. Posisi pengelasan tegak (*vertical position*)

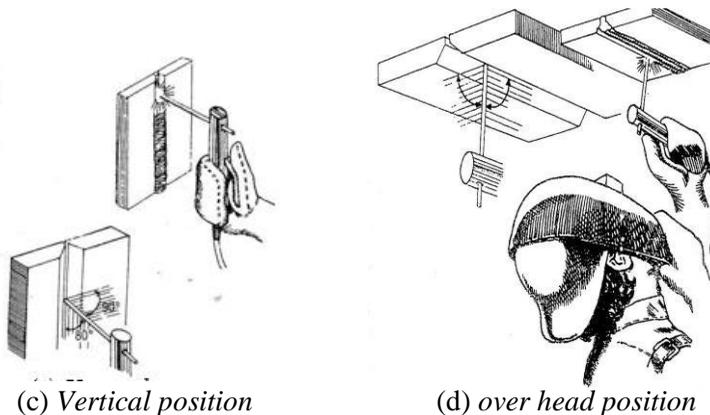
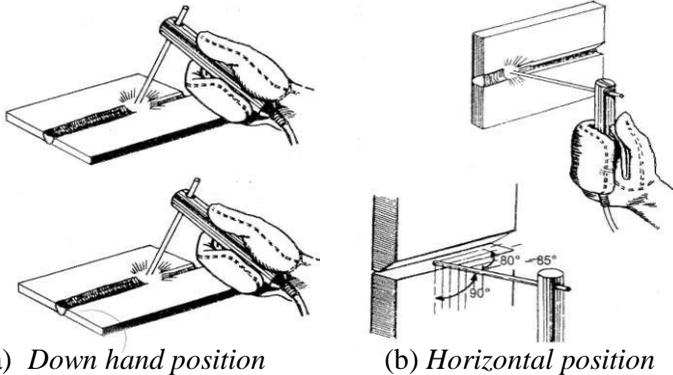
Mengelas dengan posisi tegak merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis tegak/vertikal. Seperti pada *horizontal position* pada *vertical position*, posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit

4. Posisi pengelasan di atas kepala (*over head position*)

Benda kerja terletak di atas kepala *welder*, sehingga pengelasan dilakukan di atas kepala operator atau *welder*. Posisi ini lebih sulit dibandingkan dengan



posisi-posisi pengelasan yang lain. Posisi pengelasan ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau agak miring tetapi posisinya berada di atas kepala, yaitu letak elektroda berada di bawah benda kerja (Gambar 2.3d). Misalnya pengelasan atap gudang bagian dalam.



**Gambar 2.3** Posisi Pengelasan (Bintaro, 2000)

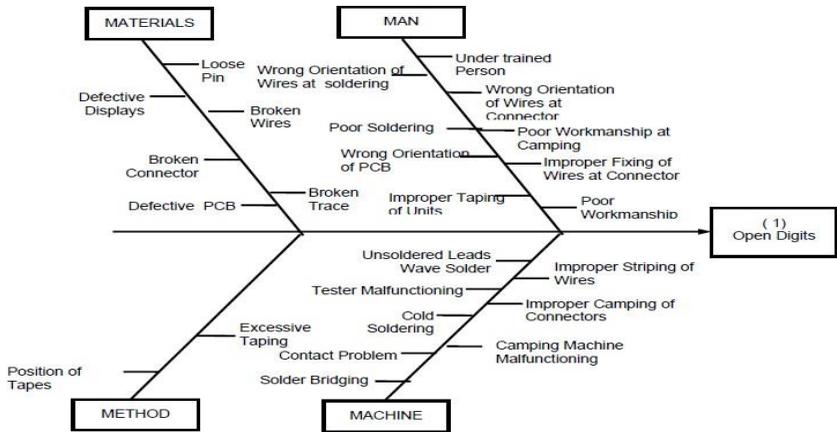
### 2.1.7 Tools of Quality

Pakar kualitas W. Edwards Deming mengajukan cara pemecahan masalah melalui *Statistical Process Control* (SPC) atau *Statistical Quality Control* (SQC) yang dilandasi oleh tujuh alat statistik utama, yaitu *check sheet*, *diagram sebab akibat*, *histogram*, *diagram pareto*, *run chart* dan *control chart*, *stratifikasi*, dan *scattered diagram* (Tjiptono, 2003: h. 192). Tidak semua dari tujuh alat statistik atau kualitas itu dipakai dalam penelitian ini, namun beberapa alat saja yang dipakai penulis dalam mendemonstrasikan hasil penelitian. Penjelasan alat-alat kualitas yang digunakan dalam penelitian ini akan dijabarkan dalam dasar-dasar teori berikut:

#### 1. Cause and Effect Diagram

*Cause and Effect Diagram* atau biasa disebut *fishbone diagram* merupakan suatu alat yang menunjukkan hubungan sistematis antara efek dan kemungkinan penyebabnya. Alat ini awal mula ditemukan oleh Dr. Kaoru Ishikawa pada tahun 1943, sehingga alat ini disebut juga Ishikawa Diagram. Faktor-faktor terpenting dalam pembuatan diagram ini adalah *material*, *man*, *machine*, dan *environment*, kegunaan dari diagram sebab akibat ini adalah sebagai berikut:

- a. Menganalisis sebab dan akibat suatu masalah.
- b. Menentukan penyebab permasalahan.
- c. Menyediakan tampilan yang jelas untuk mengetahui sumber-sumber variasi.

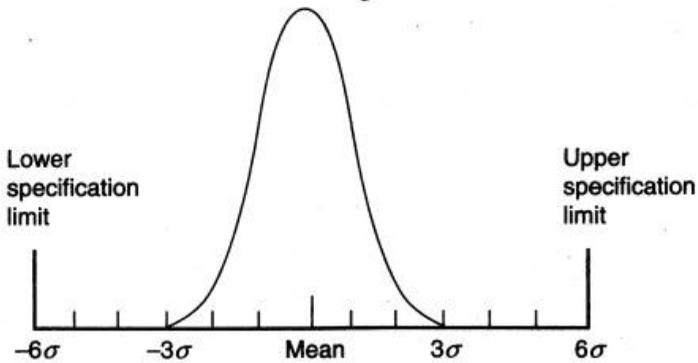


Gambar 2.4 cause and effect diagram

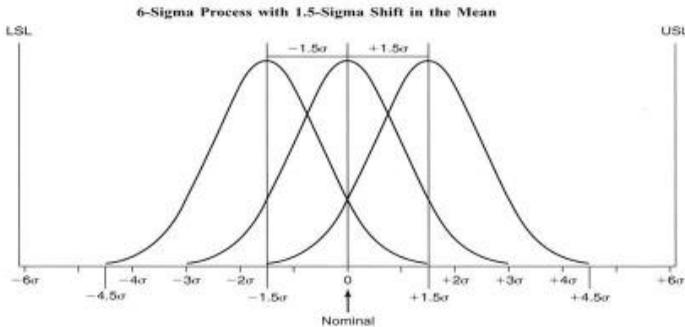
Sumber: Girish (2013)

### 2.1.8 Pengertian Six Sigma

Menurut (Montgomery, 2009: h. 28-29) bahwa pada awalnya ada dua jenis program *Six Sigma* yang dipakai dalam dunia industri yaitu *Six Sigma* program Motorola dan *Six Sigma* program kualitas. *Six Sigma* program Motorola, dikembangkan oleh Motorola di tahun 1980an menggunakan *Six Sigma* yang diperoleh dari kurva distribusi normal yang berpusat pada target atau nilai *mean* (lihat gambar 2.5), sedangkan *Six Sigma* program kualitas menggunakan kurva distribusi normal dengan rata-rata yang bergeser sebesar  $\pm 1,5$  sigma dari target atau nilai *nominal* (lihat gambar 2.6). *Six sigma* program Motorola menghasilkan limit hingga 2 *parts per billion defectives* atau 2 bagian per milyar kegagalan atau 0,002 ppm (*parts per million*) kegagalan. Sedangkan *Six Sigma* kualitas (lihat Gambar 2.6) hanya menkondisikan 3,4 bagian per juta kegagalan atau 3,4 ppm kegagalan.



Gambar 2.5 Six Sigma Motorola



Gambar 2.6 Six Sigma Kualitas

*Six Sigma* memiliki arti yaitu tujuan yang hampir sempurna dalam memenuhi persyaratan pelanggan. Pada dasarnya, definisi ini juga akurat karena istilah *Six Sigma* sendiri merujuk kepada target kinerja operasi yang diukur secara statistik dengan hanya 3,4 cacat (*defect*) untuk setiap juta aktivitas atau peluang/kesempatan (Pande, 2003). Jadi *Six Sigma* merupakan metode atau teknik pengendalian dan peningkatan kualitas dramatis yang merupakan terobosan baru dalam bidang manajemen kualitas.

Pada dasarnya pelanggan akan merasa puas apabila mereka menerima nilai yang diharapkan. Apabila produk diproses

Karya ilmiah Milik Perpustakaan Universitas Katolik Darma Cendika. Hanya dipergunakan untuk keperluan pendidikan dan penelitian. Segala bentuk pelanggaran/plagiasi akan dituntut sesuai dengan undang-undang yang berlaku.



pada tingkat kualitas *Six Sigma*, maka perusahaan boleh mengharapkan bahwa 99,99966% dari apa yang diharapkan pelanggan akan ada dalam produk itu.

Menurut Pande terdapat lima langkah dasar yang perlu diperhatikan dalam penerapan konsep *Six Sigma*, yaitu (Pande, 2003):

1. Mengidentifikasi proses-proses inti dan para pelanggan kunci.
2. Menentukan persyaratan pelanggan.
3. Mengukur kinerja saat ini.
4. Memprioritaskan, menganalisis, dan mengimplementasikan perbaikan.
5. Mengelola proses-proses untuk kinerja *Six Sigma*.

### 2.1.9 Tahap-tahap Implementasi

Menurut Syukron (Syukron, 2013) bahwa *six sigma* memerlukan tahapan implementasi, dan tahapan itu terdiri lima langkah yaitu menggunakan metode DMAIC atau *Define, Measure, Analyze, Improve and Control*.

#### 1. Menetapkan (*Define*)

Langkah awal dalam pelaksanaan metodologi *Six Sigma* adalah proses *define*, dimana manajemen perusahaan yaitu pimpinan perusahaan harus mengidentifikasi secara jelas problem-problem yang dihadapi. Kedua, memilih sebuah tindakan alternatif sebagai proyek yang dapat menyelesaikan problem atau mencegah meluasnya problem. Ketiga, perusahaan perlu merumuskan parameter keberhasilan proyek yang ditetapkan, menyangkut luasnya masalah, sasaran-sasaran yang akan dicapai, sumber daya yang tersedia dan biaya yang akan timbul. Sebelum suatu produk dapat dinyatakan sebagai cacat atau gagal, maka kriteria yang berkaitan dengan kegagalan atau kecacatan harus didefinisikan terlebih dahulu. Dalam terminologi *Six sigma*, kriteria karakteristik kualitas yang menimbulkan dan atau memiliki potensi untuk menimbulkan kegagalan atau kecacatan itu disebut sebagai *Critical to Quality* (CTQ) potensial yang menimbulkan kegagalan atau kecacatan (Gaspersz, 2002).



## 2. Mengukur (*Measure*)

Tahap *Measure* berkaitan dengan pengumpulan informasi mengenai kondisi saat ini dan melakukan pengukuran atau studi kemampuan proses yang ada saat ini. Hasil pengukuran menghasilkan nilai matriks yang menunjukkan kemampuan proses saat ini dan dijadikan sebuah tolak ukur perusahaan dalam melakukan tindakan perbaikan. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan dalam tahap *measure* (Gasperz, 2002) yaitu:

- 1) Mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, *output*, dan *outcome*.
- 2) Mengukur performa sekarang (*current performance*) pada tingkat proses *output*, dan *outcomes* untuk ditetapkan sebagai *baseline* performa (*performance baseline*) pada awal proyek *six sigma*.
  - a) Pada fase *measure* dilakukan perhitungan level sigma dan *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) yang merupakan *baseline* kinerja dalam *six sigma* dan dapat dikonversikan dalam level sigma (Gasperz, 2002). DPMO merupakan ukuran ke gagalannya yang dihitung berdasarkan banyaknya kegagalan per satu juta kesempatan. Target yang ingin dicapai adalah adanya kegagalan produk sebesar 3,4 tiap satu juta kesempatan.

DPMO dapat dihitung dengan rumus: Persamaan...2.1

$$\text{Dengan Nilai DPMO} = \frac{\text{banyaknya produk cacat}}{\text{jumlah produk yang diproduksi} \times \text{CTQ}}$$

Indeks  $C_p$  dapat dijadikan indikator pada tingkat kapabilitas berapa sigma jika proses yang sedang dikendalikan itu beroperasi. Konversi hubungan antara  $C_p$ , kapabilitas sigma dan DPMO dapat dilihat pada Tabel 2.1



**Tabel 2.1** Tingkat Pencapaian *Sigma*

Tingkat pencapaian sigma	DPMO	COPQ
1 Sigma	691,462 (sangat tidak kompetitif)	Tidak dapat dihitung
2 Sigma	308.536 (rata-rata industri Indonesia)	Tidak dapat dihitung
3 Sigma	66.807	25-40 % dari penjualan
4 Sigma	6.210 (rata-rata industry USA)	15-25 % dari penjualan
5 Sigma	233	5-15% dari penjualan
6 Sigma	3,4 (Industri kelas Dunia)	< 1 % dari penjualan
Setiap peningkatan atau pergeseran 1 sigma memberikan peningkatan keuntungan sekitar 10% dari penjualan		

Sumber: Gaspersz (2002)

b) Analisis kapabilitas data atribut

Keberhasilan implementasi program peningkatan kualitas *six sigma* ditunjukkan melalui peningkatan proses dalam menghasilkan produk menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect*). Kapabilitas proses merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses tersebut mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan.

Perhitungan indeks kapabilitas proses ( $C_p$ ) dilakukan untuk mengetahui apakah proses saat ini telah dianggap mampu atau tidak. Perhitungan indeks kapabilitas proses untuk data atribut dapat dihitung dengan rumus (Park, 2003). Untuk mendapatkan indeks kapabilitas proses pada data atribut adalah menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_p = \frac{\text{level sigma}}{3} \qquad \text{Persamaan.....2.2}$$

Sumber: Park (2003)

Karya Ilmiah Milik Perpustakaan Universitas Katolik Darma Cendika. Hanya dipergunakan untuk keperluan pendidikan dan penelitian. Segala bentuk pelanggaran/plagiasi akan dituntut sesuai dengan undang-undang yang berlaku.



Apabila  $C_p < 1,00$  maka status proses industri dianggap sangat tidak mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol (*zero defect oriented*). Apabila  $1,00 \leq C_p \leq 1,99$  maka kapabilitas proses berada pada tidak sampai cukup mampu sehingga perlu peningkatan proses guna menuju target kegagalan nol. Apabila  $2,00 \geq C_p$  maka proses itu sangat mampu memenuhi spesifikasi target kualitas yang ditetapkan pelanggan dengan tingkat kegagalan mendekati nol (*zero defect*).

### 3. Menganalisis (*Analyze*)

Merupakan langkah operasional yang ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Ada beberapa hal yang harus dilakukan pada tahap ini yaitu:

- a) Menentukan stabilitas dan kapabilitas/kemampuan proses

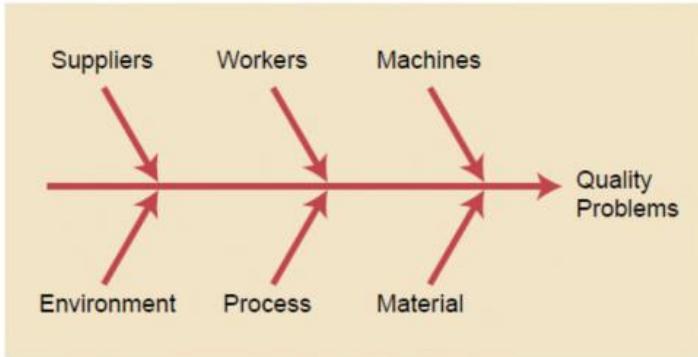
Proses industri dipandang sebagai suatu peningkatan terus menerus (*continuous improvement*) yang dimulai dari sederet siklus sejak adanya ide-ide untuk menghasilkan suatu produk (barang atau jasa), pengembangan produk, proses produksi/operasi, sampai kepada distribusi kepada pelanggan. Target *Six Sigma* adalah membawa proses industri yang memiliki stabilitas dan kemampuan sehingga mencapai *zero defect*. Dalam menentukan apakah suatu proses berada dalam kondisi stabil dan mampu akan dibutuhkan alat-alat statistik sebagai sarana analisis. Pemahaman yang baik tentang metode-metode statistik dan perilaku proses industri akan meningkatkan kinerja sistem industri secara terus-menerus menuju tercapainya *zero defect*.

- b) Menetapkan target kinerja dari karakteristik kualitas (CTQ) kunci Secara konseptual, penetapan target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma* merupakan hal yang sangat penting dan harus mengikuti prinsip SMART, yaitu sebagai berikut:



- 1) *Specific*, yaitu target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma* harus bersifat spesifik dan dinyatakan secara tegas.
  - 2) *Measureable*, target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma* harus dapat diukur menggunakan indikator pengukuran (matriks) yang tepat, guna mengevaluasi keberhasilan, peninjauan ulang, dan tindakan perbaikan di waktu mendatang.
  - 3) *Achievable*, target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma* harus dapat dicapai melalui usaha-usaha yang menantang (*challenging efforts*).
  - 4) *Results-oriented*, target kinerja dalam proyek peningkatan *Six Sigma* harus berfokus pada hasil-hasil berupa peningkatan kinerja yang telah didefinisikan dan ditetapkan sebelumnya.
  - 5) *Time-bound*, target kinerja dalam proyek peningkatan *Six Sigma* harus menetapkan batas waktu pencapaian target kinerja dari setiap karakteristik kualitas (CTQ).
- c) Mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab masalah kualitas. Untuk mengidentifikasi masalah dan menemukan sumber penyebab masalah kualitas, digunakan alat analisis diagram sebab akibat (lihat Gambar 2.7) atau diagram tulang ikan. Diagram ini membentuk cara-cara membuat produk-produk yang lebih baik dan mencapai hasilnya.





**Gambar 2.7** Diagram Sebab-Akibat

Sumber penyebab masalah kualitas yang ditemukan berdasarkan prinsip 7M, yaitu (Gaspersz, 2001) :

- 1) *Manpower* (tenaga kerja), berkaitan dengan kekurangan dalam pengetahuan, kekurangan dalam ketrampilan dasar, akibat lain yang berkaitan dengan mental dan fisik, kelelahan, stres, ketidakpedulian, dan lain-lain.
- 2) *Machines* (mesin dan peralatan), berkaitan dengan tidak ada sistem perawatan preventif terhadap mesin dan peralatan produksi, termasuk fasilitas dan peralatan lain tidak sesuai dengan spesifikasi tugas, tidak dikalibrasi, terlalu rumit, terlalu panas, dan lain-lain.
- 3) *Methods* (metode kerja), berkaitan dengan tidak adanya prosedur dan metode kerja yang benar, tidak jelas, tidak diketahui, tidak terstandarisasi, tidak cocok, dan lain-lain.
- 4) *Materials* (bahan baku dan bahan penolong), berkaitan dengan tidak adanya spesifikasi kualitas dari bahan baku dan bahan penolong yang ditetapkan, tidak adanya penanganan efektif terhadap bahan baku dan bahan penolong, dan lain-lain.
- 5) *Media*, berkaitan dengan tempat dan waktu kerja yang tidak memperhatikan aspek-aspek keberhasilan, kesehatan dan keselamatan kerja, dan lingkungan kerja yang tidak kondusif, kekurangan dalam lampu penerangan, ventilasi yang buruk, kebisingan yang berlebihan, dan lain-lain.

- 6) *Motivation* (motivasi), berkaitan dengan tidak adanya semangat kerja yang benar dan profesional, yang dalam hal ini disebabkan oleh sistem balas jasa dan penghargaan yang tidak adil kepada tenaga kerja.
- 7) *Money* (keuangan), berkaitan dengan tidak adanya dukungan finansial yang mantap guna memperlancar proyek peningkatan kualitas *Six Sigma* yang direncanakan.

#### 4. Memperbaiki (*Improve*)

Pada langkah ini diterapkan suatu rencana tindakan untuk melaksanakan peningkatan kualitas *Six Sigma*. Rencana tersebut mendeskripsikan tentang alokasi sumber daya serta prioritas atau alternatif yang dilakukan. Tim peningkatan kualitas *Six Sigma* harus memutuskan target yang akan dicapai, alasan tindakan tersebut dilakukan, kapan rencana tersebut dilaksanakan, siapa penanggung jawab tim, bagaimana melaksanakan program itu dan berapa biaya yang perlu dialokasikan seta manfaat positif dari dilaksanakannya rencana atau program tersebut. Tim proyek perbaikan *Six Sigma* harus mengidentifikasi sumber-sumber dan akar yang menjadi penyebab masalah kualitas sekaligus memonitor efektifitas dari program perbaikan yang dilakukan secara terusmenerus. Program-program perbaikan dapat dilakukan dengan menggunakan *quality tools* seperti *cause-effect diagram*, 5W-1H, Poka Yoke, FTA ataupun FMEA. Dalam penelitian ini penulis memilih bentuk perbaikan yaitu program-program FMEA dan FTA.

#### 5. Mengendalikan (*Control*)

Kegiatan kendali (*control*) adalah merupakan tahap operasional terakhir dalam upaya peningkatan kualitas berdasarkan metode *Six Sigma*. Pada tahap ini hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktik-praktik terbaik yang sukses dalam peningkatan proses distandarisasi dan disebarluaskan. Prosedur baku kemudian didokumentasikan dan dijadikan sebagai pedoman standar, serta kepemilikan dan tanggung jawab pemeliharaan dokumen tersebut diserahkan



dari tim kepada pemilik atau penanggung jawab proses. Terdapat dua alasan dalam melakukan standarisasi proses, yaitu:

- I. Apabila tindakan peningkatan kualitas atau solusi masalah itu tidak distandarisasi, terdapat kemungkinan bahwa setelah periode waktu tertentu, manajemen dan karyawan akan menggunakan kembali cara kerja yang lama sehingga memunculkan kembali masalah sama dalam proses tersebut.
- II. Apabila tindakan peningkatan kualitas atau solusi masalah itu tidak distandarisasi dan didokumentasikan, maka terdapat kemungkinan setelah periode waktu tertentu apabila terjadi pergantian manajemen dan karyawan, orang baru akan menggunakan cara kerja yang akan memunculkan kembali masalah yang sudah pernah terselesaikan oleh manajemen dan karyawan sebelumnya.

#### 2.1.10 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

FMEA (*failure mode and effect analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi luar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu.

FMEA merupakan salah satu alat dari *Six Sigma* untuk mengidentifikasi sumber-sumber atau penyebab dari suatu masalah kualitas. Menurut Chrysler (1995), FMEA dapat dilakukan dengan cara:

1. Mengenali dan mengevaluasi kegagalan potensi suatu produk dan efeknya.



2. Mengidentifikasi tindakan yang bias menghilangkan atau mengurangi kesempatan dari kegagalan potensi terjadi.
3. Pencatatan proses (*document the process*).

Sedangkan manfaat FMEA adalah sebagai berikut.

1. Hemat biaya. Karena sistematis maka penyelesaiannya tertuju pada *potensial causes* (penyebab yang potensial) sebuah kegagalan atau kesalahan.
2. Hemat waktu, karena lebih tepat pada sasaran.

Kegunaan FMEA adalah sebagai berikut:

1. Ketika diperlukan tindakan pencegahan sebelum masalah terjadi
2. Ketika ingin mengetahui alat deteksi yang ada jika terjadi kegagalan
3. Pemakaian proses baru
4. Perubahan atau pergantian komponen peralatan
5. Pindahan komponen atau proses ke arah baru

Pembuatan FMEA dilakukan dengan tujuan untuk menganalisa kegagalan proses yang potensial dan mengevaluasi kegagalan tersebut. Setiap terjadinya kecacatan atau kerusakan, maka dicari nilai RPN-nya kemudian nilai RPN tersebut disusun dari nilai yang

paling besar. Inilah yang merupakan penyebab utama dari permasalahan yang dihadapi. Nilai RPN didapatkan dari perkalian dari nilai *severity*, *occurance*, dan *detection* dari setiap permasalahan yang ada. RPN adalah indikator kekritisian untuk menentukan tindakan koreksi yang sesuai dengan moda-kegagalan. RPN digunakan oleh banyak prosedur FMEA untuk menaksir resiko menggunakan tiga kriteria berikut

1. Keparahan efek (*severity*) Sef - seberapa serius efek akhirnya?
2. Kejadian penyebab (*occurence*) occ - bagaimana penyebab terjadi dan akibatnya dalam moda kegagalan



3. Deteksi penyebab (*detection*) det – bagaimana kegagalan atau penyebab dapat dideteksi sebelum mencapai ke konsumen?

Angka prioritas RPN merupakan hasil kali rating keparahan, kejadian, dan deteksi. Angka ini hanyalah menunjukkan ranking atau urutan definisi desain sistem. Berikut adalah cara perhitungan nilai RPN

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection \quad \text{Persamaan...2.3}$$

Nilai RPN yang tinggi akan membantu memberikan pertimbangan untuk tindakan korektif pada setiap kegagalan. Penentuan rating deteksi dilakukan dengan melihat efektifitas metode deteksi dalam mendeteksi penyebab kegagalan yang potensial. Yang dimaksudkan metode deteksi adalah metode yang digunakan untuk mendeteksi potensi kegagalan dan terjadinya kegagalan setelah kegagalan terjadi. Kemampuan metode dalam mendeteksi potensi kegagalan dan terjadinya kegagalan akan menentukan ratingnya. Semakin besar kemungkinan kemampuan deteksinya semakin kecil ratingnya.

### 2.1.10.1 Tahapan Pembuatan FMEA

Berikut adalah tahapan-tahapan pembuatan FMEA antara lain:

1. Penentuan metode kegagalan yang potensial pada setiap proses metode. Mode kegagalan dapat berupa penyebab terhadap potensi kegagalan pada proses selanjutnya atau dampak dari proses sebelumnya. Terdapat empat jenis model kegagalan dalam FMEA. Keempat jenis tersebut yaitu:
  1. *No Functional*: Proses tidak dapat berfungsi secara total.
  2. *Partial/over function*: tidak memenuhi spesifikasi secara keseluruhan.
  3. *Intermitten function*: memenuhi spesifikasi tetapi tidak dapat berfungsi penuh karena ada faktor luar, misalnya temperatur, kelembapan, dan lingkungan.



4. *Unintended function*: interaksi beberapa bagian atau elemen yang telah benar secara individu, tetapi tidak menghasilkan informasi yang diinginkan jika disatukan.

2. Penentuan nilai *Severity* (S)

*Severity* adalah langkah pertama untuk menganalisa resiko yaitu menghitung seberapa besar dampak/intensitas kejadian mempengaruhi *output* proses. Dampak tersebut dirangking mulai dari skala 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk.

**Tabel 2.2 Rating Severity**

Rating	Deskripsi	Kriteria
1	<i>None</i>	Tidak disadari oleh pelanggan dan tidak berpengaruh pada produk atau proses
2	<i>Very Minor</i>	Kegagalan kemungkinan dapat menyebabkan konsekuensi secara minor, namun kemungkinan hal tersebut untuk terjadi sangat kecil
3	<i>Minor</i>	Kegagalan merupakan gangguan kecil namun tidak menyebabkan penurunan performa
4	<i>Very Low</i>	Kegagalan dapat menimbulkan <i>minor performance loss</i>
5	<i>Low</i>	Kegagalan mempengaruhi performa produk/proses sehingga dapat menyebabkan adanya complain
6	<i>Moderate</i>	Kegagalan dapat menyebabkan kerusakan parsial pada produk/proses
7	<i>High</i>	Kegagalan dapat menyebabkan ketidakpuasan konsumen secara Signifikan

8	<i>Very High</i>	Kegagalan menyebabkan produk/proses tidak dapat dioperasikan atau diperbaiki
9	<i>Extremly High</i>	Kegagalan dapat menyebabkan pelanggaran peraturan pemerintah
10	<i>Dangerously High</i>	Kegagalan dapat menyebabkan cedera fisik bagi pengguna atau Pekerja

Sumber: Jp Russell & Associates (2010)

3. Penentuan nilai *Occurance* (O)

*Occurance* adalah kemungkinan bahwa penyebab tersebut terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa produksi. Dengan memperkirakan kemungkinan *Occurance* pada skala 1 sampai 10. Dimana setiap ranking memiliki kriteria tersendiri yang dijelaskan pada Tabel 2.3

**Tabel 2.3** Kriteria *Occurance*

Ranking	Kriteria	<i>Occurance</i>
1	Tidak mungkin bahwa penyebab ini yang mengakibatkan mode kegagalan	1 dalam 1.000.000
2	Kegagalan jarang terjadi	1 dalam 20.000
3		1 dalam 4.000
4		1 dalam 1.000
5	Kegagalan agak mungkin terjadi	1 dalam 400
6		1 dalam 80
7		1 dalam 40
8	Kegagalan sangat mungkin terjadi	1 dalam 20
9	Dapat dipastikan kegagalan terjadi	1 dalam 8
10		1 dalam 2

Sumber: Gasperz (2002)

4. Penentuan Nilai *Detection* (D)

Nilai *Detection* diasosiasikan dengan pengendalian saat ini. *Detection* adalah pengukuran terhadap kemampuan

Karya Ilmiah Milik Perpustakaan Universitas Katolik Darma Cendika. Hanya dipergunakan untuk keperluan pendidikan dan penelitian. Segala bentuk pelanggaran/plagiasi akan dituntut sesuai dengan undang-undang yang berlaku.



mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Proses penilaian ditunjukkan pada Tabel 2.4

**Tabel 2.4** Nilai *Detection*

Deteksi	Kemungkinan Deteksi oleh Kontrol	Rank
Hampir tidak mungkin	Pengecekan hampir tidak mendeteksi kegagalan	10
Sangat sedikit kemungkinan	Sangat kecil kemungkinan untuk pengecekan bisa mendeteksi kegagalan	9
Sedikit kemungkinan	Kecil kemungkinan untuk pengecekan bisa mendeteksi kegagalan	8
Sangat rendah	Pengecekan mempunyai peluang yang rendah untuk mendeteksi kegagalan	7
Rendah	Pengecekan kemungkinan mendeteksi kegagalan	6
Cukup	Pengecekan kemungkinan mendeteksi kegagalan	5
Cukup tinggi	Pengecekan kemungkinan cukup besar mendeteksi Kegagalan	4
Tinggi	Pengecekan kemungkinan besar mendeteksi Kegagalan	3
Sangat tinggi	Pengecekan hampir pasti dapat mendeteksi Kegagalan	2
Hampir pasti	Pengecekan pasti dapat mendeteksi kegagalan	1

Sumber: *Cayman Business System, Failure Mode and Effect Analysis* (2002:81)

### 2.1.11 FTA (*Fault Tree Analysis*)

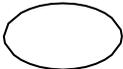
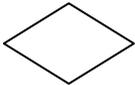
*Fault tree analysis* dapat dideskripsikan sebagai teknik analitis, menganalisis lingkungan dan operasi untuk menemukan jalan/ solusi dari masalah-masalah yang muncul. FTA merupakan model grafik dari variasi paralel dan kombinasi kesalahan yang



muncul sebagai hasil dari pendefinisian masalah yang ada. Kesalahan bisa disebabkan oleh kesalahan *hardware*, *human error* atau kejadian lainnya. FTA memperlihatkan hubungan logika dari penyebab dasar yang menjadi penyebab masalah yang merupakan penyebab utama yang berada diatas (*Fault Tree Handbook*,1981; IV-1)

FTA memiliki simbol-simbol khusus dalam pembuatannya. Simbol-simbol dan pengertiannya dapat dilihat pada Tabel 2.5

**Tabel 2.5** Simbol FTA

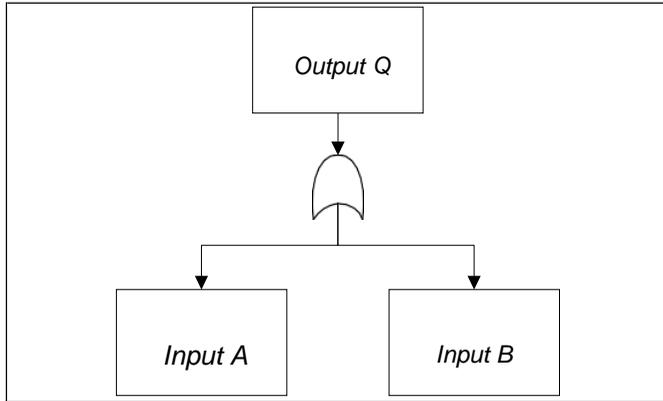
Simbol	Arti
	<i>Basic Event</i> Dasar inisiasi kesalahan yang tidak membutuhkan pengembangan yang lebih jauh
	<i>Conditioning Eventy</i> Kondisi specifiy yang dapat diterapkan ke berbagai gerbang logika.
	<i>Undevelopment Event</i> <i>Event</i> yang tidak dapat dikembangkan lagi karena informasi tidak tersedia.
	<i>Extenal Event</i> <i>Event</i> yang diekspektasikan muncul
	Gerbang <i>AND</i> Kesalahan muncul akibat semua input masalah yang terjadi.
	Gerbang <i>OR</i> Kesalahan muncul akibat salah satu input masalah yang terjadi.

Terdapat dua gerbang dalam pembuatan FTA yaitu gerbang “AND” dan gerbang “OR”. Gerbang *OR* digunakan untuk menunjukkan bahwa event output akan muncul jika salah satu

Karya Ilmiah Milik Perpustakaan Universitas Katolik Darma Cendika. Hanya dipergunakan untuk keperluan pendidikan dan penelitian. Segala bentuk pelanggaran/plagiasi akan dituntut sesuai dengan undang-undang yang berlaku.

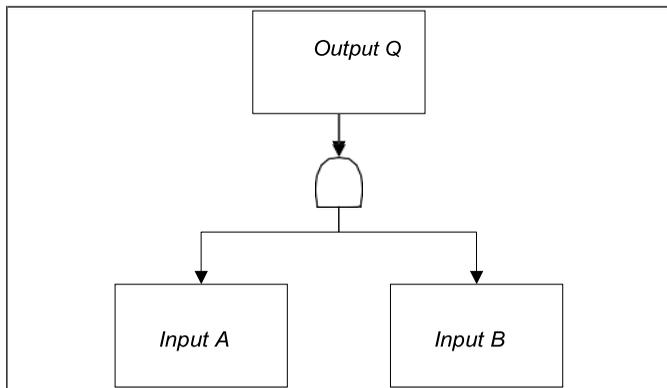


atau lebih *event input* muncul. Terdapat beberapa *event input* pada gerbang *OR*. Gambar 2.8 menunjukkan dua *event input* pada gerbang *OR* yaitu *event input* A dan B serta *output* Q. *Output* Q terjadi jika *input* A terjadi atau *input* B terjadi atau keduanya terjadi. (*Fault Tree Handbook*,1981; IV-4)



**Gambar 2.8** Gerbang *OR*

Gerbang *AND* digunakan untuk menunjukkan bahwa *output* akan muncul jika semua input terjadi. Terdapat kemungkinan beberapa input terjadi pada gerbang *AND*. Gambar 2.9 menunjukkan dua yaitu *input events* A dan b, dan *output event* Q. *Output* Q akan terjadi jika kedua *event* A dan B terjadi. (*Fault Tree Handbook*,1981; IV-6)



Gambar 2.9 Gerbang AND

2.2 Peneliti Terdahulu

Penelitian terdahulu memaparkan beberapa metode dan objek yang sama ataupun berbeda objek dan ditempat yang sama. Disamping itu peneliti-peneliti terdahulu dapat digunakan sebagai sumber referensi, dapat dilihat pada table 2.6 berikut ini :

Tabel 2.6 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Keterangan
1	Zulfikar Muhamad	2018	Analisis Kecacatan Proses Pengelasan <i>Offshore</i> pada Bagian <i>Pile</i> Dengan Metode <i>Six Sigma</i>	Menganalisis kecacatan pada proses pengelasan pada <i>joint pile</i> dan bertujuan untuk menemukan faktor penyebab terjadinya kecacatan dengan metode <i>six sigma</i>

Karya Ilmiah Milik Perpustakaan Universitas Katolik Darma Cendika. Hanya dipergunakan untuk keperluan pendidikan dan penelitian. Segala bentuk pelanggaran/plagiasi akan dituntut sesuai dengan undang-undang yang berlaku.



2	Muham mad Nur Mulianto , DKK	2015	ANALISIS PENYEBAB <i>DEFECT</i> KAPAL MOTOR (KM) PAGERUNGAN PADA BAGIAN <i>HULL</i> <i>CONSTRUCTION</i> (HC) DENGAN METODE <i>FAILURE MODE</i> <i>AND</i> <i>EFFECT</i> (FMEA) DAN <i>FAULT</i> <i>TREE ANALYSIS</i> (FTA)	Menganalisis penyebab kecacatan dan jenis cacat Kapal Motor pada bagian <i>hull construction</i> dengan memakai metode FMEA dan FTA
3	Moch Amin Irwanto	2017	Analisis Kapabilitas Proses Pengelasan pada Pembuatan Kapal SSV2 PT. PAL Indonesia	Menganalisis dan untuk mengetahui kapabilitas proses pengelasan pada kapal SSV2 dengan menggunakan <i>demerit</i> <i>control chart</i> , pareto diagram, Ishikawa Diagram dan <i>Cost of</i> <i>damage</i> untuk mengetahui biaya tambahan yang timbul oleh sambungan cacat



4	Selfy Atika Sary	2015	Analisis Pengendalian Kualitas Terhadap Proses <i>Welding</i> (pengelasan) pada pembuatan Kapal Chemical Tanker/Duplek M000259 Di PT PAL Indonesia	Menganalisis pengendalian kualitas pada proses <i>Welding</i> dan untuk mengetahui biaya perbaikan Kapal Duplex M000259 apabila pada prosesnya terjadi cacat dengan metode diagram sebab akibat, diagram pareto, peta kendali demerit dan peta kendali u
5	Penulis ini	2019	ANALISIS <i>DEFECT RATE</i> PENGELASAN DAN PENANGGULANGANNYA DENGAN METODE <i>SIX SIGMA</i> , FMEA DAN FTA	Menganalisis <i>defect</i> pengelasan dan bertujuan untuk menemukan faktor penyebab terjadinya kecacatan dengan metode <i>Six sigma</i> dengan konsep DMAIC dengan pendekatan FMEA dan FTA

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

Karya Ilmiah Milik Perpustakaan Universitas Katolik Darma Cendika. Hanya dipergunakan untuk keperluan pendidikan dan penelitian. Segala bentuk pelanggaran/plagiasi akan dituntut sesuai dengan undang-undang yang berlaku.

