



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENINGKATAN KUALITAS  
PADA PROSES MARKING TEMBAGA**

**SKRIPSI**

**FERDIAN HERMAWAN  
0706201052**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
DESEMBER 2009**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENINGKATAN KUALITAS  
PADA PROSES MARKING TEMBAGA**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
sarjana teknik**

**FERDIAN HERMAWAN  
0706201052**

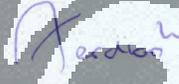
**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
DESEMBER 2009**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Ferdian Hermawan**

**NPM : 0706201052**

**Tanda Tangan : **

**Tanggal : Desember 2009**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Ferdian Hermawan  
NPM : 0706201052  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : Peningkatan Kualitas pada Proses Marking Tembaga

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing	: Dr.Ir.T.Yuri M.Zagloei, MEngSc	(.....)
Penguji	: Ir. Erlinda Muslim, MEE	(.....)
Penguji	: Farizal, Ph.D	(.....)
Penguji	: Ir. Rahmat Nurcahyo, MEngSc	(.....)

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : Desember 2009

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nyalah skripsi ini dapat diselesaikan. Penyusunan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan, dukungan dan bimbingan dari beberapa pihak dari masa perkuliahan sampai dengan penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr.Ir.T.Yuri M.Zagloel, MEngSc. Selaku ketua jurusan Teknik Industri dan dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Armand Omar Moeis S.T., M.Sc. Selaku pembimbing akademis atas dukungan dan nasehatnya selama masa kuliah;
3. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan dukungan doa, nasehat dan segala pengorbanannya hingga anaknya dapat menyelesaikan skripsi ini;
4. Kepada Diani Safitri yang Insya Allah menjadi pendamping hidupku, yang telah memeberikan waktu dan doanya untuk membantu menyelesaikan skripsi ini;
5. Teman seperjuangan kantorku Imanullah, yang telah mengorbankan waktunya untuk memberi masukan terhadap skripsiku;
6. Teman-teman di AREVA-TD dan produksi yang telah memberikan waktunya dalam pengumpulan data skripsiku;
7. Semua teman-teman di TIUI 07 Ekstensi Salemba atas waktunya dalam membantu dan memeberikan semangat selama penulisan skripsiku.

Akhir kata, penulis berharap bahwa Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan saudara-saudara semua. Dan semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Desember 2009  
Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

### TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fedian Hermawan  
NPM : 0706201052  
Program Studi : Teknik Industri  
Departemen : Teknik Industri  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : **PENINGKATAN KUALITAS PADA PROSES MARKING TEMBAGA** beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : Desember 2009  
Yang menyatakan



## ABSTRAK

Nama : Ferdian Hermawan  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul : Peningkatan Kualitas pada Proses Marking Tembaga

Skripsi ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas pada proses *marking* tembaga dan mencari akar permasalahan serta solusi untuk mengatasi *reject part* tembaga pada proses *marking*.

Tahapan metode yang digunakan dalam skripsi ini menggunakan tahapan metode *Six Sigma* yaitu DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Didalam upaya peningkatan kualitas menggunakan tahapan DMAIC pada proses *marking* tembaga dilakukan perbaikan dengan menggunakan *Jig marking*, dimana *improvement* ini dapat menaikkan level kemampuan proses ( $C_p$  dan  $C_{pk}$ ) menjadi lebih baik dari level  $C_p = 0.61$  menjadi  $C_p = 1.14$ , dan  $C_{pk} = 0.59$  menjadi  $C_{pk} = 1.07$ .

Kata Kunci:  
Peningkatan kualitas proses *marking*, *Six Sigma*, DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), kapabilitas proses,  $C_p$ ,  $C_{pk}$ .

## ABSTRACT

Name : Ferdian Hermawan  
Study Program : Industrial Engineering  
Title : Quality improvement In Copper Marking Process

The Purpose of this project is to improve the quality of the marking process of copper. And find the root causes and solutions from reject parts of copper in the process of marking.

Stages of the method used in this final project using the method stages of Six Sigma DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). In efforts to improve the quality of the DMAIC phases using the marking process is improved copper by using *Jig marking*, where this improvement can increase the level of process capability ( $C_p$  and  $C_{pk}$ ) to be better. Than the level of  $C_p = 0.61$  to be  $C_p=1.14$ , and  $C_{pk} = 0.59$  to be 1.07.

Key Words:  
Quality improvement in marking process, *Six Sigma*, DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), capability process,  $C_p$ ,  $C_{pk}$ .

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.1.1 Proses Marking Pada Part Riser Tembaga.....	2
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	3
1.3 Rumusan Permasalahan.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Batasan Permasalahan.....	5
1.6 Metodologi Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
<b>BAB 2 LANDASAN TEORI.....</b>	<b>7</b>
2.1 Konsep Mengenai Kualitas.....	7
2.1.1 Pengertian Kualitas.....	7
2.1.2 Variasi.....	8
2.2 Pengertian Six Sigma.....	9
2.2.1 Perspektif Statistik.....	9
2.2.2 Perspektif Metodologi.....	10
2.3 Konsep dan Sejarah Six Sigma.....	11
2.4 Keunggulan Six Sigma.....	12
2.5 Metodologi Penerapan Six Sigma.....	13
2.6 Tools dalam Six Sigma.....	14
2.6.1 Tools pada Tahap Define.....	14
2.6.1.1 Histogram Distribusi.....	14
2.6.1.2 Diagram SIPOC dan Pemetaan Proses.....	15
2.6.1.3 Diagram Pareto.....	16
2.6.1.4 Critical to Quality (CTQ'S) Tree.....	16
2.6.1.5 Perhitungan nilai DPU, DPMO/PPM, dan Sigma Level.....	17
2.6.2 Tools pada Tahap Measure.....	18
2.6.2.1 Logic Tree (Digram Pohon).....	18
2.6.2.2 Analisis Sistem Pengukuran (Gage R&R Study).....	18
2.6.2.3 Analisis Kapabilitas Proses.....	20
2.6.3 Tools pada Tahap Analyze.....	22
2.6.3.1 Cause & Effect Diagram.....	22
2.6.3.2 Analysis of Variance (ANOVA).....	23
2.6.3.3 Two-Sample T.....	23
2.6.4 Tools pada Tahap Improve.....	24
2.6.5 Tools pada Tahap Control.....	25

<b>BAB 3 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>	<b>27</b>
3.1 Tahap Define .....	27
3.1.1 Latar Belakang Masalah.....	27
3.1.2 Diagram SIPOC dan Pemetaan Proses.....	28
3.1.3 Diagram Pareto.....	30
3.1.4 Pernyataan Masalah .....	30
3.1.5 Pernyataan Tujuan.....	30
3.1.6 Critical to Quality (CTQ'S) Tree .....	31
3.1.7 Nilai Sigma Level Perusahaan Kondisi Saat Ini pada Proses Marking	31
3.2 Tahap Measure .....	32
3.2.1 Logic Tree Diagram Defect Marking Tembaga.....	32
3.2.2 Analisis Sistem Pengukuran (Gage R&R Study) Copper Bar .....	33
3.2.3 Pengukuran Kapabilitas Proses Copper Bar.....	36
<b>BAB 4 ANALISA DAN PERBAIKAN DEFECT TEMBAGA .....</b>	<b>39</b>
4.1 Tahap Analyze (Analisa).....	39
4.1.1 Identifikasi Defect dengan Cause & Effect Diagram.....	39
4.1.2 Memeriksa Kegagalan Proses yang Potensial dan Mengevaluasi Prioritas Resiko dengan ANOVA & Two-Sample T.....	40
4.1.2.1 Melakukan Analisa Perbandingan Hasil Pengukuran Antara Operator Baru dan Lama Menggunakan Anova.....	40
4.1.2.2 Melakukan Analisa Perbandingan Hasil Pengukuran Antara Alat Ukur Meteran Dan Penggaris Menggunakan Two-Sample T.....	42
4.1.3 Kesimpulan Analisa Untuk Mencari Faktor Utama yang perlu Dilakukan Improvement .....	44
4.2 Tahap Improve (Perbaikan).....	45
4.2.1 Design dan Pembuatan Jig Marking .....	45
4.2.2 Pengukuran Kemampuan Proses Setelah tahap Perbaikan .....	46
4.2.3 Membandingkan Kemampuan Proses Antara Alat Bantu yang dibuat (Jig) dengan Alat Ukur Meteran dan Penggaris.....	47
4.2.3.1 Membandingkan Kemampuan Proses Antara Alat Ukur Meteran dengan Jig.....	48
4.2.3.2 Membandingkan Kemampuan Proses Antara Alat Ukur Penggaris dengan Jig.....	48
4.3 Tahap Control (Kontrol) .....	49
<b>BAB 5 KESIMPULAN .....</b>	<b>52</b>
5.1 Kesimpulan .....	52
5.2 Saran.....	52
<b>DAFTAR REFERENSI.....</b>	<b>53</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel konversi nilai Sigma .....	17
Tabel 3.1 Data Defect Tembaga Periode Juli-September 2009 .....	27
Tabel 3.2 Data defect Proses selama tiga bulan (Pcs).....	30
Tabel 3.3 Data Pengukuran .....	33
Tabel 3.4 Data Hasil Pengukuran.....	35
Tabel 3.5 Data Pengukuran Kapabilitas Proses .....	36
Tabel 4.1 Data Pengukuran Antar Operator.....	41
Tabel 4.2 Data hasil Pengukuran Antara Operator .....	42
Tabel 4.3 Data Perbedaan Alat Ukur .....	43
Tabel 4.4 Data hasil Pengukuran Perbedaan Alat Ukur.....	44
Tabel 4.5 Kesimpulan Analisa Terhadap Perbedaan Operator dan Alat Ukur .....	45
Tabel 4.6 Data Perbedaan Alat ukur Meteran, Penggaris, dan Jig.....	46
Tabel 4.7 Control Chart Setelah menggunakan Jig.....	50



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ilustrasi Defect Marking Tembaga.....	2
Gambar 1.2 Proses Marking Part Riser Tembaga.....	3
Gambar 1.3 Diagram Keterkaitan Permasalahan.....	4
Gambar 2.1 Six Sigma definisi Motorola.....	10
Gambar 2.2 Perspektif Metodologi.....	10
Gambar 2.3 Grafik Histogram.....	14
Gambar 2.4 Contoh Digram SIPOC.....	15
Gambar 2.5 Simbol Standar Pemetaan Proses.....	15
Gambar 2.6 Contoh Diagram Pareto.....	16
Gambar 2.7 <i>Six Sigma Calculator</i> .....	18
Gambar 2.8 Proses dengan Kapabilitas Tinggi.....	20
Gambar 2.9 Proses Dengan Kapabilitas Hampir Tidak Cukup.....	21
Gambar 2.10 Proses Dengan Tidak Memiliki Kapabilitas.....	21
Gambar 2.11 Contoh Cause & Effect Diagram.....	23
Gambar 2.12 Bagan Kendali/Control Chart.....	26
Gambar 3.1 Grafik Defect Tembaga Periode Juli-September 2009.....	27
Gambar 3.2 Diagram SIPOC <i>Copper Bar</i> .....	28
Gambar 3.3 Proses Copper Bar.....	29
Gambar 3.4 Diagram Pareto Proses Copper Bar.....	30
Gambar 3.5 CTQ Proses Marking.....	31
Gambar 3.6 Perhitungan Sigma level Proses Marking Saat Ini.....	32
Gambar 3.7 Logic Tree Defect Marking Tembaga.....	33
Gambar 3.8 Gage R&R Pengukuran.....	35
Gambar 3.9 Nilai Cp & Cpk Proses Marking Saat Ini.....	37
Gambar 3.10 Z.Bench Proses Marking Saat Ini.....	38
Gambar 4.1 <i>Cause and Effect Diagram</i> Defect Tembaga.....	39
Gambar 4.2 Boxplot Pengukuran Antara Operator.....	42
Gambar 4.3 Boxplot Pengukuran Antara Alat Ukur.....	44
Gambar 4.4 Design Jig Marking.....	45
Gambar 4.5 Kapabilitas Proses Setelah Perbaikan.....	47
Gambar 4.6 Boxplot Meteran dengan Jig.....	48
Gambar 4.7 Boxplot Penggaris dengan Jig.....	49
Gambar 4.8 Control Charts lubang Diameter 5.5mm dengan Jarak 46mm.....	51

# BAB 1

## PENDAHULUAN

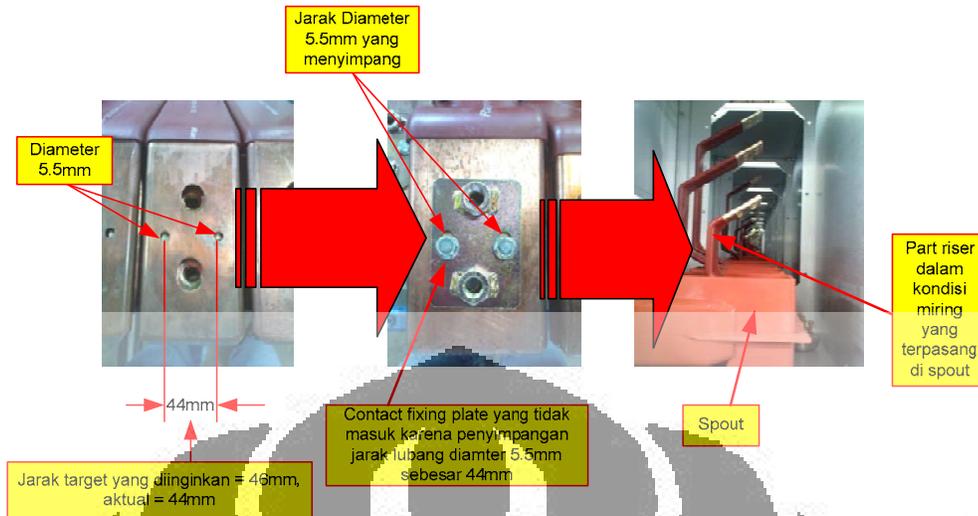
### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Kualitas merupakan faktor yang terpenting untuk industri jika ingin tetap *survive* dalam persaingan bisnis yang makin kompetitif. Dalam era kompetisi global saat ini, banyak perusahaan yang mencari alternatif keunggulan kompetisi agar dapat meningkatkan keuntungan perusahaan. Misalnya meningkatkan kualitas agar produk yang dihasilkan dapat laku di pasaran dan menghindari dari pekerjaan ulang (*rework*) dan cacat part yang tinggi.

Peningkatan kualitas secara berkesinambungan adalah hal yang mutlak diperlukan untuk memenangkan persaingan industri. Dengan tahapan metode *six sigma* proses yang tidak dapat menambah nilai di mata konsumen dapat teridentifikasi, serta variasi dari proses dapat diminimalisasi sehingga mengurangi cacat pada produk yang sampai ke konsumen, dan biaya akibat kualitas yang buruk dapat dikurangi.

PT AREVA T&D yang merupakan perusahaan multinasional yang bergerak dalam bidang transmisi dan distribusi listrik di Indonesia yang memfokuskan diri pada pembuatan panel-panel listrik selalu berusaha meningkatkan kualitas secara berkesinambungan dan melakukan efisiensi-efisiensi diberbagai sisi, salah satunya adalah dengan menghindari dan mengurangi *reject part* tembaga dari akibat kesalahan proses yang terjadi.

Banyaknya masalah yang timbul pada proses *marking* khususnya pada proses *marking* tembaga di PT AREVA T&D menyebabkan kualitas dari hasil pembuatan *part* yang dibuat dari bahan tembaga menjadi menurun, yang mengakibatkan pemakaian material tembaga meningkat. Sehingga *cost* material tembaga menjadi tinggi. Gambar 1.1 di bawah menjelaskan *part riser* yang mengalami *defect marking* yang selanjutnya akan dilakukan analisa.



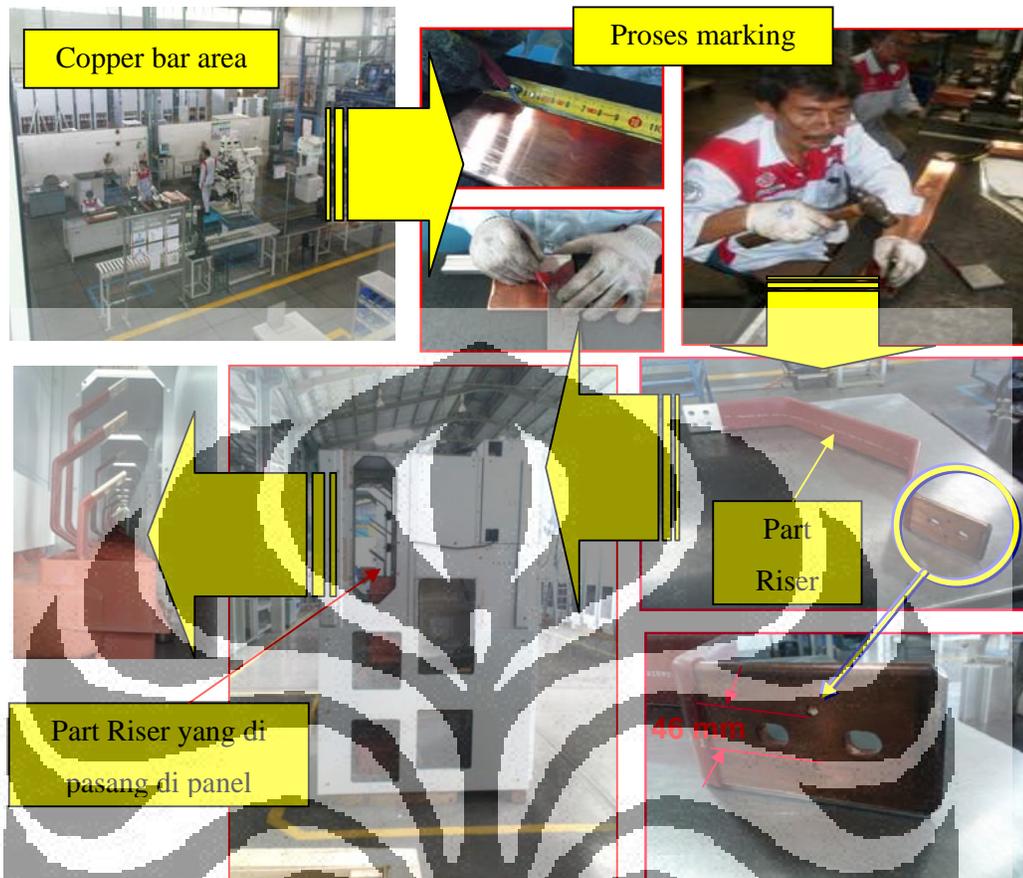
**Gambar 1.1** Ilustrasi Defect Marking Tembaga

Pada gambar 1.1 terlihat bahwa *part riser* tembaga mengalami kesulitan ketika di pasang di *spout*, sehingga *part riser* terpasang miring di *spout* yang disebabkan oleh penyimpangan jarak lubang yang tidak sesuai dengan target yang diinginkan yaitu 46mm. Sedangkan kondisi aktual jarak dimensi yang diperoleh adalah sebesar 44mm.

Dari latar belakang permasalahan tersebut, maka skripsi ini diberi judul Peningkatan kualitas pada proses *marking* tembaga.

### 1.1.1 Proses Marking Pada Part Riser Tembaga

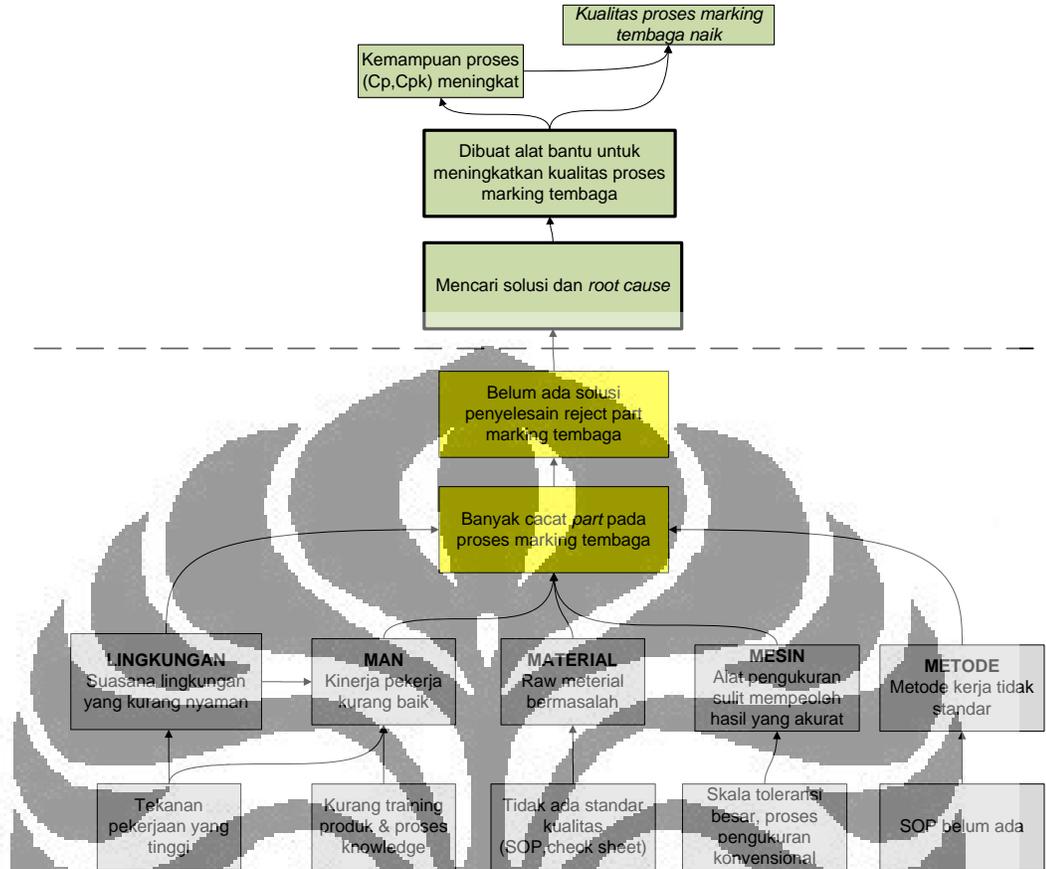
Proses *marking* tembaga adalah proses penandaan atau penggoresan material batangan tembaga. Setelah dilakukan proses pemotongan pada batangan tembaga selanjutnya dilakukan proses *marking* yang bertujuan untuk memberikan tanda pada batangan tembaga agar mudah dalam proses *punching* atau proses *bending*. Penelitian ini difokuskan kepada proses *marking* pada batangan tembaga untuk menghasilkan lubang. Dan fokus *part* yang diteliti adalah *part riser* tembaga yang sering mengalami permasalahan. Gambar 1.2 menjelaskan proses *marking part riser* yang dilakukan di daerah *copper bar*.



Gambar 1.2 Proses Marking Part Riser Tembaga

### 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Banyaknya cacat yang timbul pada proses *marking* tembaga merupakan hal yang melatar belakangi penelitian ini. Banyak sekali faktor yang mempengaruhi kualitas produk sehubungan dengan cacat pada proses *marking* tembaga. Maka digunakanlah konsep 4M (*Manpower, Material, Machine, Methode*) dan 1E (*Environment*), untuk mengidentifikasi keterkaitan permasalahan yang terjadi.



Gambar 1.3 Diagram Keterkaitan Permasalahan

### 1.3 Rumusan Permasalahan

Mengacu pada latar belakang dan diagram keterkaitan diatas, maka masalah yang terjadi disebabkan oleh belum adanya cara penyelesaian mengatasi *reject marking part* tembaga. Maka di dalam penelitian ini dilakukan pencarian akar permasalahan dan mencari solusi untuk menyelesaikan masalah yang ada.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan di PT AREVA T&D bertujuan untuk mencari akar permasalahan dan solusi *reject* proses *marking* tembaga.

### 1.5 Batasan Permasalahan

Agar pelaksanaan dan hasil dari penelitian lebih fokus dan sesuai dengan tujuan serta terbatasnya waktu, maka penelitian ini hanya akan dibatasi pada analisa dari proses *marking* tembaga batangan pada *part riser*.

Adapun batasan-batasan yang dilakukan adalah :

1. Penelitian hanya dilakukan di area *copper bar* di Departemen produksi PT AREVA T&D.
2. Data penelitian diperoleh dari hasil pengamatan rutin yang dilakukan oleh operator pada periode bulan Juli-September 2009.
3. Pada tahap *improvement dan control*, penelitian dilakukan hanya untuk memberikan masukan perbaikan kepada pihak perusahaan, hal ini dilakukan mengingat keterbatasan waktu dalam penelitian.
4. Pada tahap analisa tidak memperhitungkan cost yang terjadi.

### 1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan topik penulisan sesuai dengan permasalahan yang ada di perusahaan.
- b. Menentukan tujuan dari penelitian.
- c. Melakukan studi literatur.
- d. Penerapan metode *six sigma* yang terdiri dari 5 tahap penyelesaian masalah yaitu :
  1. *Define* adalah tahap pendefinisian permasalahan kualitas yang akan diselesaikan, penentuan ruang lingkup proyek atau proses yang diperbaiki dan target kualitas yang ingin dicapai pada periode yang akan datang.
  2. *Measure* adalah tahap pengukuran kapabilitas proses yang berjalan saat ini.
  3. *Analyze* adalah tahap analisis kemampuan proses, identifikasi

faktor-faktor penyebab permasalahan dan analisis kendala-kendala utama yang harus dihadapi.

4. *Improve* adalah tahap perbaikan proses mulai dari pengembangan ide untuk mengeliminasi akar penyebab permasalahan, desain proses baru hingga implementasi.
5. *Control* adalah tahap pengendalian (monitoring) proses setelah perbaikan untuk memastikan bahwa penyebab permasalahan tidak terulang kembali.

### 1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian ini dibagi menjadi 5 bagian yang dapat dipaparkan sebagai berikut:

Bab pertama. Pendahuluan, membahas latar belakang dilakukannya penelitian, diagram keterkaitan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab kedua. Landasan teori, membahas teori - teori yang digunakan sebagai dasar dilakukannya penelitian ini.

Bab ketiga. Pengumpulan dan pengolahan data, dan penerapan metodologi *Six Sigma* pada tahap *define dan measure*.

Bab keempat. Analisa dan perbaikan, dan penerapan metodologi *Six Sigma* pada tahap *analyze, improve dan control*.

Bab kelima. Kesimpulan, merangkum keseluruhan dari proses penelitian yang menjadi kesimpulan yang dapat digunakan sebagai pertimbangan kebijakan perusahaan. Dan pada pada bab ini juga diberikan saran untuk pengembangan penelitian serupa di masa depan.

## BAB 2

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Konsep Mengenai Kualitas

##### 2.1.1 Pengertian Kualitas

Prinsip kualitas mencakup bidang yang luas, bukan hanya dalam industri manufaktur, tapi juga industri jasa. Kualitas biasa digunakan untuk mendeskripsikan kemampuan suatu produk atau jasa dalam memenuhi kebutuhan penggunaannya atau bahkan melebihi yang diharapkan.

Kualitas dapat didefinisikan menurut beberapa pendekatan yaitu<sup>1</sup>:

1. *Transcendent Approach*

Menurut pendekatan ini kualitas merupakan pencapaian standar tertinggi dibandingkan dengan yang buruk.

2. *Product Based Approach*

Pendekatan ini menganggap fitur-fitur atau atribut spesifik dari suatu produk yang dapat diukur sebagai indikator kualitas. Perbedaan kualitas dilihat dari perbedaan atribut yang dimilikinya.

3. *User Based Approach*

Pendekatan ini mendefinisikan kualitas sebagai kesesuaian terhadap pemakaian (*fitness for use*). Pengguna adalah pihak yang menentukan kualitas suatu produk. Dengan kata lain, kualitas berarti dapat memenuhi harapan penggunaannya.

4. *Manufacturing Based Approach*

Menurut pendekatan ini kualitas dipandang sebagai kesesuaian dengan standar spesifikasi yang sudah ditetapkan. Definisi berdasarkan pendekatan ini menguntungkan karena mampu menghasilkan standar kualitas yang dapat diukur secara objektif dan mengurangi biaya kualitas.

5. *Value Based Approach*

Pendekatan ini mendefinisikan kualitas sebagai tingkat mutu istimewa pada harga yang dapat diterima, dan kontrol terhadap variabilitas dapat dilakukan pada biaya yang terjangkau. Di mata *customer*, kualitas yang lebih tinggi

---

<sup>1</sup> Rao et al, *Total Quality Management, A Cross Functional Perspective*, John Wiley & Sons, 1996, hal. 26.

dapat diartikan sebagai perbaikan kualitas tanpa kenaikan biaya atau pengurangan harga tanpa menurunnya kualitas.

Kualitas mempunyai delapan dimensi yang bersifat *independent* dalam arti pandangan melalui salah satu dimensi belum tentu sama hasilnya jika dibandingkan melalui dimensi yang lain. Delapan dimensi tersebut terdiri dari<sup>2</sup>:

1. *Performance* yaitu karakteristik utama produk atau jasa yang biasanya terukur.
2. *Feature* yaitu karakteristik tambahan yang mempertinggi daya tarik produk atau jasa di mata pengguna.
3. *Reliability* yaitu ketahanan suatu produk dalam jangka waktu tertentu.
4. *Conformance* yaitu tingkat ketelitian suatu produk atau jasa dalam memenuhi standar yaitu ditetapkan.
5. *Durability* yaitu lamanya umur pakai produk.
6. *Serviceability* yaitu kecepatan produk diperbaiki jika terjadi kerusakan.
7. *Aesthetics* yaitu dimensi subjektif yang mengindikasikan respon pengguna terhadap suatu produk.
8. *Perceived quality* yaitu dimensi subjektif terhadap barang atau jasa yang berdasarkan ukuran tidak langsung.

### 2.1.2 Variasi

Variasi merupakan penyebab utama terjadinya masalah kualitas. Variasi adalah ketidakseragaman dalam sistem produksi atau operasional sehingga menimbulkan perbedaan dalam kualitas pada output (barang dan jasa) yang dihasilkan<sup>3</sup>. Semua proses, baik manufaktur maupun nonmanufaktur dapat memproduksi hasil yang bervariasi. Variasi memang sulit dihindarkan sama sekali pada proses produksi walaupun demikian tetap harus dikendalikan dan dikurangi.

Variasi *output* dari serangkaian proses dapat terjadi dalam elemen-elemennya yang terdiri dari faktor manusia, mesin, metode, material dan lingkungan. Pada dasarnya dikenal dua sumber penyebab terjadinya variasi, yaitu :

1. *Common causes variation* (penyebab umum)

Penyebab variasi ini adalah faktor-faktor di dalam sistem yang melekat pada proses sehingga sulit dihindari. Contoh penyebab ini adalah variasi bahan

<sup>2</sup> *Ibid.*, hal. 29.

<sup>3</sup> Gaspersz, Vincent, *Statistical Process Control Management Bisnis Total*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991, hal. 28.

baku, temperature ruang yang berubah-ubah, kondisi mesin / peralatan yang dipakai, dan lain-lain.

## 2. *Special causes variation* (penyebab khusus)

Penyebab variasi ini adalah faktor-faktor dari luar sistem yang menyebabkan variasi pada proses sehingga sulit dihindari. Contoh penyebab ini adalah pergantian bahan baku yang mungkin berbeda kualitasnya, kesalahan operator, dan lain-lain.

Pada prinsipnya, sasaran dari pengendalian kualitas adalah mengurangi variasi sebanyak mungkin. Walaupun tidak mungkin dapat dihilangkan sama sekali, variasi dapat direduksi dengan menekan penyebabnya seminimal mungkin.

Variasi yang disebabkan oleh penyebab khusus dapat mengakibatkan proses berjalan tidak stabil. Upaya-upaya menghilangkan variasi penyebab ini akan membawa proses kembali ke dalam batas-batas pengendalian. Oleh sebab itu sebagai tindakan untuk perbaikan proses secara kontinu, variasi penyebab khusus harus lebih dahulu dihilangkan sebelum mereduksi variasi penyebab umum.

## 2.2 Pengertian Six Sigma

*Six Sigma* adalah usaha yang terus menerus untuk mengurangi pemborosan, menurunkan variasi dan mencegah cacat. *six sigma* merupakan sebuah konsep bisnis yang berusaha untuk menjawab permintaan pelanggan terhadap kualitas yang terbaik dan proses bisnis yang tanpa cacat. Kepuasan pelanggan dan peningkatannya menjadi prioritas tertinggi, dan *six sigma* berusaha menghilangkan ketidakpastian pencapaian tujuan bisnis<sup>4</sup>.

*Six sigma* dapat dijelaskan dalam dua perspektif, yaitu perspektif statistik dan perspektif metodologi<sup>5</sup>.

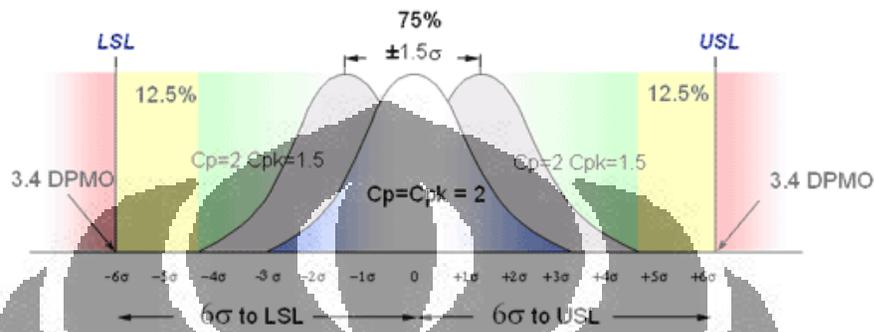
### 2.2.1 Perspektif Statistik

Simbol sigma ( $\sigma$ ) merupakan huruf Yunani.  $\sigma$  dalam statistik dikenal sebagai standar deviasi yang menyatakan nilai simpangan terhadap nilai tengah. Suatu proses dikatakan baik apabila berjalan pada suatu rentang yang telah disepakati. Rentang tersebut memiliki batas, yaitu batas atas, USL (*Upper Specification Limit*) dan batas bawah, LSL (*Lower Specification Limit*). Proses

<sup>4</sup> Hendradi, C. Tri, *Statistik Six Sigma dengan Minitab*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006, hal.2.

<sup>5</sup> *Ibid.*, hal. 2-3.

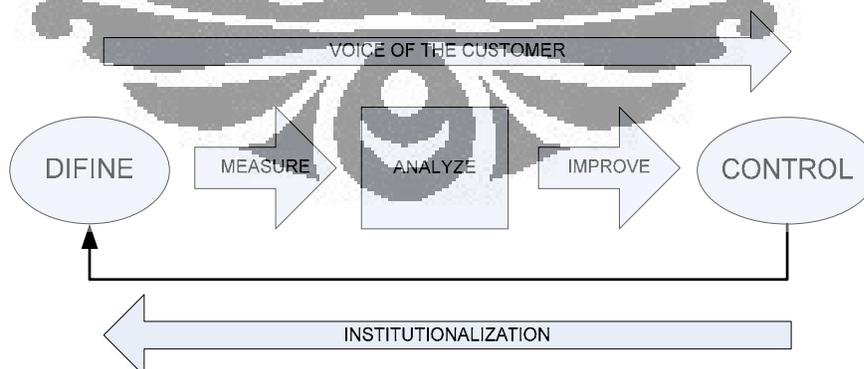
yang terjadi di luar rentang disebut cacat (*defect*). Proses  $6\sigma$  adalah proses yang menghasilkan 3.4 DPMO (*defect per million opportunity*). DPMO tidak hanya sekedar cacat saja, namun merupakan rasio cacat dibandingkan dengan peluang jumlah kemungkinan cacat yang terjadi.



**Gambar 2.1** Six Sigma definisi Motorola

### 2.2.2 Perspektif Metodologi

*Six sigma* merupakan pendekatan menyeluruh untuk menyelesaikan masalah dan peningkatan proses melalui tahap DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). DMAIC merupakan jantung analisis *six sigma* yang menjamin *voice of customer* berjalan dalam keseluruhan proses sehingga produk yang dihasilkan memuaskan pelanggan.



**Gambar 2.2** Perspektif Metodologi

### 2.3 Konsep dan Sejarah Six Sigma

Konsep dasar *six sigma*, menurut Peter Pande, dalam bukunya *The Six Sigma Way : Team Fieldbook*, ada enam komponen utama konsep *six sigma* sebagai strategi bisnis:

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

Sejarah singkat metode *six sigma* adalah sebagai berikut :

- Pada tahun 1980-an : Motorola mengekspor produk-produknya ke Jepang, dan klaim mencapai 20%-30%. Presiden Motorola Bob Galvin, memerintahkan mencari penyebab masalah.
- Pada tahun 1987 : Mike J. Harry, PhD membuat rancangan audit kualitas dengan menggunakan metode *six sigma* (DMAIC) yang dikenal dengan DMAIC *breakthrough*. Metode tersebut menggunakan data yang statistik.
- Pada tahun 1988 : Motorola mendapatkan MBNQA (*Malcolm Baldrige National Quality Award*), sejak itu *six sigma* mengalami revolusi penyebaran.
- Pada tahun 1993 : Mike J. Harry pindah ke ABB dan mulai memelopori penggunaan *six sigma* secara intensif. Dia juga memberikan konsultasi ke berbagai perusahaan di Amerika termasuk GE.

- Pada tahun 1995 : CEO GE, Jack Welch mencanangkan bahwa *six sigma* menjadi kendaraan perusahaan untuk mencapai kualitas terbaik.

## 2.4 Keunggulan Six Sigma

Beberapa keunggulan yang dimiliki *six sigma* diantaranya *six sigma* Fokus pada perbaikan kualitas dengan menggunakan pencegahan cacat (*defect*), pengurangan waktu siklus dan pengurangan biaya. *Six sigma* akan menghapus biaya-biaya yang tidak akan memberikan nilai tambah apapun bagi pelanggan. *Six sigma* sangat fokus pada pelanggan, seperti apa yang dikatakan Jack Welch “*The Best Six Sigma project begin not inside the business it-What is critical to the customer’s success?*”.

Program perbaikan kualitas yang lain memang dapat meningkatkan kualitas tetapi pada umumnya dampaknya terhadap pendapatan perusahaan tidak terlalu terlihat. Organisasi atau perusahaan yang tidak dapat melacak efek peningkatan kualitas terhadap profitabilitas tidak akan tahu perubahan apa yang diperlukan untuk meningkatkan margin keuntungan mereka.

*Tools* yang ada pada *six sigma* hampir serupa dengan yang digunakan pada strategi peningkatan kualitas lainnya. Akan tetapi *six sigma* lebih menekankan aplikasi *tools* tersebut dalam cara yang lebih metodis dan sistematis untuk dapat memperoleh terobosan dalam perbaikan kualitas, sehingga dapat diterapkan baik dalam industri manufaktur maupun jasa.

Mikel Harry dan Richard Schroeder mengatakan bahwa perbedaan antara pendekatan *total quality* sebelumnya dengan konsep *six sigma* hanyalah pada masalah fokus. Program TQM berfokus pada membuat perbaikan pada semua operasi yang tidak terkait, sedangkan *six sigma* berfokus pada membuat perbaikan pada semua operasi dalam semua proses. Dampaknya adalah dengan banyaknya program kualitas pada TQM, akan makan waktu bertahun-tahun sebelum semua operasi meningkat, sementara itu *six sigma* menghasilkan hasil yang lebih cepat dan efektif.

## 2.5 Metodologi Penerapan Six Sigma

Pada prinsipnya, *six sigma* merupakan sebuah filosofi dengan suatu target tertentu yaitu 3,4 *Defect Per Million Opportunities*. Metodologi penerapan yang dilakukan untuk mencapai target tersebut adalah *The Six Sigma Breakthrough Strategy*. *The Six Sigma Breakthrough Strategy* adalah metode sistematis yang menggunakan pengumpulan data dan analisis statistik untuk menentukan sumber-sumber terjadinya variasi dan cara-cara untuk menghilangkannya<sup>6</sup>.

Pendekatan yang digunakan dalam penerapan *six sigma* melibatkan delapan tahap dasar yaitu *Recognize, Define, Measure, Analyze, Improve, Control* dan *Standardize*. Namun tahap tersebut lebih dikenal sebagai DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*) yang merupakan intinya. DMAIC adalah urutan proses yang sangat sistematis dan mengacu pada fakta yang terjadi untuk melakukan perbaikan secara terus menerus. DMAIC merupakan tahapan yang berulang membentuk siklus peningkatan kualitas yang secara kontinu berusaha menghilangkan proses yang tidak perlu. Pada masing-masing tahap inilah diaplikasikan *tools six sigma*.

Berikut ini adalah penjelasan tentang berbagai aktivitas yang dilakukan pada masing-masing tahap dalam *six sigma*<sup>7</sup>:

*Define* adalah tahap pendefinisian permasalahan kualitas yang akan diselesaikan, penentuan ruang lingkup proyek atau proses yang diperbaiki dan target kualitas yang ingin dicapai pada periode yang akan datang.

*Measure* adalah tahap pengukuran kapabilitas proses yang berjalan saat ini.

*Analyze* adalah tahap analisis kemampuan proses, identifikasi faktor-faktor penyebab permasalahan dan analisis kendala-kendala utama yang harus dihadapi.

*Improve* adalah tahap perbaikan proses mulai dari pengembangan ide untuk mengeliminasi akar penyebab permasalahan, desain proses baru hingga implementasi.

<sup>6</sup> Harry, Mikel dan Richard Schroeder, *The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporation*, Doubly Inc, New York, 2000, hal. 10.

<sup>7</sup> Pande, Peter S., Robert P. Neuman dan Roland R. Cavanagh, *The Six Sigma Way*, McGraw-Hill, Inc, New York, 2002, hal. 16.

*Control* adalah tahap pengendalian (monitoring) proses setelah perbaikan untuk memastikan bahwa penyebab permasalahan tidak terulang kembali.

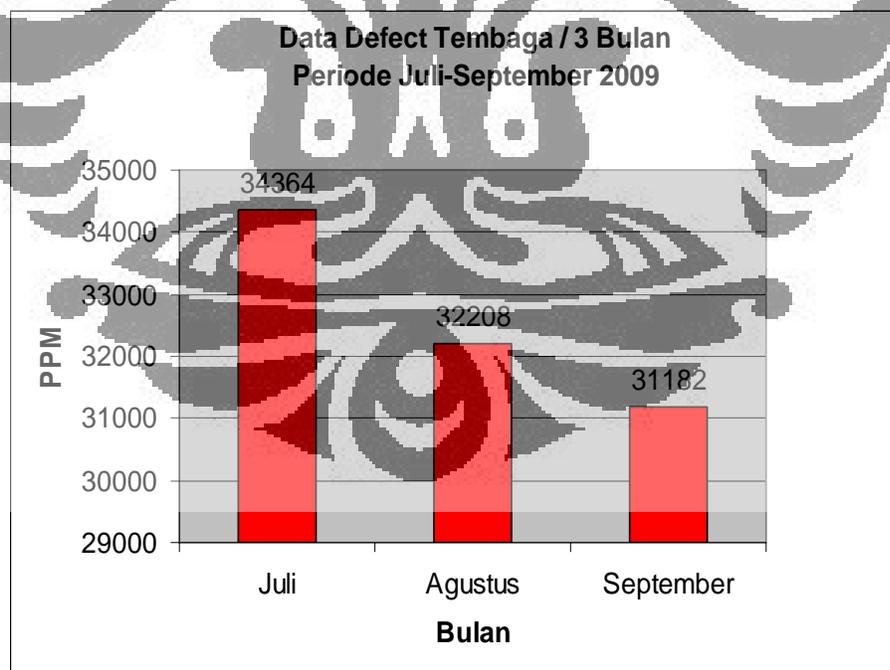
## 2.6 Tools dalam Six Sigma

Penerapan *six sigma* menggunakan metodologi terstruktur dalam lima tahapan proses di mana masing-masing tahapan menggunakan *tools* tertentu. *Tools* yang digunakan dalam *six sigma* pada dasarnya merupakan kombinasi dari berbagai *tools* yang sudah dikenal dalam *Statistical Process Control* (SPC). Jenis-jenis *tools* yang digunakan dalam penerapan *six sigma* cukup banyak dan penggunaannya luas, tidak terbatas pada salah satu tahapan saja. Oleh karena itu sesuai dengan batas permasalahan dan data-data yang akan dianalisis, maka dalam penulisan skripsi ini hanya menggunakan beberapa *tools* yang dianggap paling relevan.

### 2.6.1 Tools pada Tahap Define

#### 2.6.1.1 Histogram Distribusi

Histogram distribusi digunakan untuk memberikan gambaran tentang pola sebaran jenis cacat yang dianalisa.

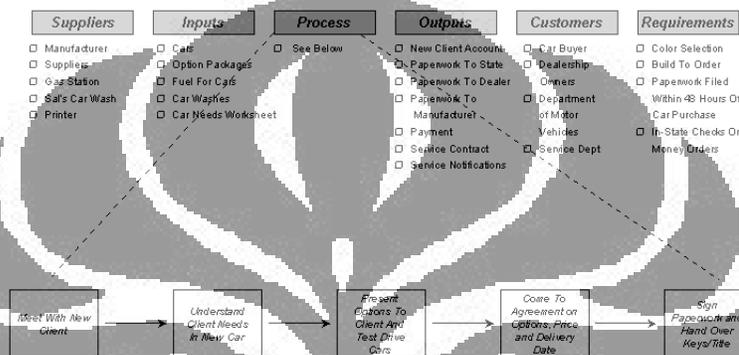


**Gambar 2.3** Grafik Histogram

### 2.6.1.2 Diagram SIPOC dan Pemetaan Proses

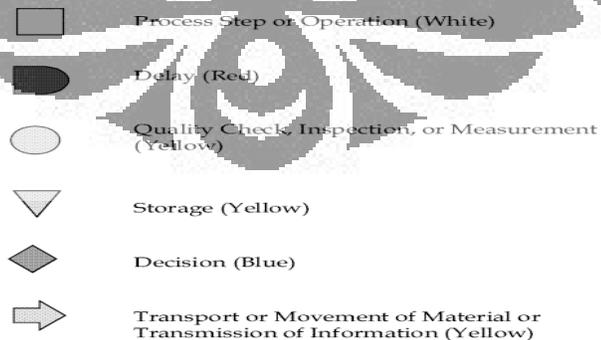
Diagram SIPOC (Suppliers-Input-Process-Output-Customer) adalah diagram yang dapat memberikan perspektif singkat pada langkah-langkah proses tingkat tinggi dalam hubungannya dengan supplier, input, output, dan customer utama<sup>8</sup>. Contoh diagram SIPOC dapat terlihat di gambar 2.4.

SIPOC Diagram *Fictitious Car Dealer Example*



Gambar 2.4 Contoh Diagram SIPOC

Pemetaan proses adalah tools yang digunakan untuk menggambarkan suatu proses dalam bentuk sedemikian rupa sehingga lebih mudah dimengerti dan diperbaiki. Dengan mempelajari pemetaan proses ini dapat didefinisikan langkah-langkah kritis yang perlu diperbaiki dan menentukan usulan perbaikan yang dapat dilakukan. Contoh simbol-simbol pemetaan proses dapat dilihat pada gambar 2.5.



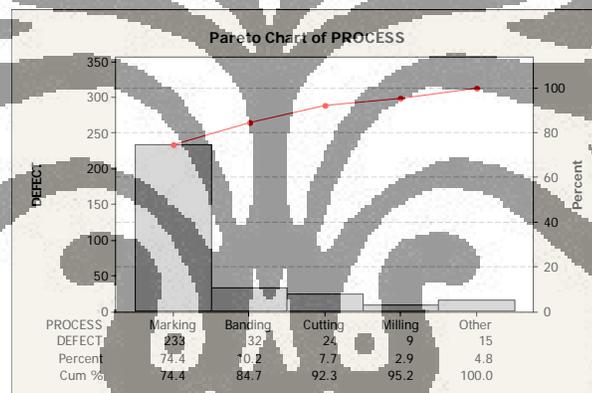
Gambar 2.5 Simbol Standar Pemetaan Proses

<sup>8</sup> *Ibid.*, hal. 114.

### 2.6.1.3 Diagram Pareto

Diagram Pareto terlahir dari prinsip Vilfredo Pareto yang mengatakan bahwa 80% dari defek diakibatkan oleh 20% dari penyebab<sup>9</sup>. Prinsip Vilfredo Pareto ini sering disebut dengan istilah “trivial many and vital few” yang berarti “sepele banyak tetapi penting sekali”. Dalam hal ini 20% dari masalah yang dijadikan contoh di atas adalah “vital few” sedangkan sisanya adalah “trivial many”.

Diagram Pareto digunakan terutama pada saat menentukan dimana harus memfokuskan atau memprioritaskan tindakan perbaikan, yaitu dengan memilih penyebab mana yang harus dihilangkan perusahaan agar dengan tindakan minimal dapat menciptakan hasil yang optimal. Contoh diagram pareto dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Contoh Diagram Pareto

### 2.6.1.4 Critical to Quality (CTQ'S) Tree

*Critical to Quality (CTQ'S) Tree* merupakan karakteristik produk utama yang diinginkan oleh pelanggan. Karakteristik utama yang kritis terhadap kualitas ini biasanya digambarkan dalam sebuah diagram pohon yang disebut *CTQ tree*. *Critical to Quality (CTQ'S)* merupakan elemen dasar dari suatu proses perbaikan. *CTQ'S are the bridge between customer satisfaction and process improvement*. Karakteristik CTQ'S merupakan salah satu pembahasan utama pada tahap pendefinisian masalah (*define*).

<sup>9</sup> Harry, Mikel dan Richard Schroeder, Op Cit., hal. 130.

**2.6.1.5 Perhitungan nilai DPU, DPMO/PPM, dan Sigma Level**

*Defect per Unit* ( DPU ) adalah besaran yang digunakan untuk mengukur proporsi produk cacat per total produk yang dihasilkan. DPMO atau *Defect per Million Opportunity* menunjukkan peluang produk cacat yang dihasilkan dibandingkan peluang kecacatan yang dapat terjadi, kecacatan ini berasal dari elemen-elemen yang terdapat dalam proses (material, metode, mesin dan manusia) dikalikan dengan jumlah produk yang dihasilkan.

$$\text{Tingkat kecacatan per unit(DPU)} = \frac{\text{Jumlah cacat yang ditemukan (defect)}}{\text{jumlah unit produksi}} \dots (2.1)$$

$$\text{DPMO / PPM} = \frac{\text{DPU}}{\text{kemungkinan kesalahan}} \times 1000000 \dots (2.2)$$

Untuk perhitungan sigma level dapat menggunakan tabel konversi nilai sigma atau menggunakan bantuan *Six Sigma calculator*.

**Tabel 2.1** Tabel konversi nilai Sigma

DPMO	Sigma	C <sub>pk</sub>	DPMO	Sigma	C <sub>pk</sub>
3.4	6.0	2.00	66,867	3.0	1.00
5	5.9	1.97	80,757	2.9	0.97
9	5.8	1.93	96,801	2.8	0.93
13	5.7	1.90	115,070	2.7	0.90
21	5.6	1.87	135,668	2.6	0.87
32	5.5	1.83	158,655	2.5	0.83
48	5.4	1.80	184,060	2.4	0.80
72	5.3	1.77	211,855	2.3	0.77
108	5.2	1.73	241,964	2.2	0.73
159	5.1	1.70	274,298	2.1	0.70
233	5.0	1.67	308,538	2.0	0.67
333	4.9	1.63	344,578	1.9	0.63
463	4.8	1.60	382,089	1.8	0.60
627	4.7	1.57	420,740	1.7	0.57
838	4.6	1.53	460,172	1.6	0.53
1,100	4.5	1.50	500,000	1.5	0.50
1,426	4.4	1.47	539,828	1.4	0.47
1,826	4.3	1.43	579,280	1.3	0.43
2,307	4.2	1.40	617,911	1.2	0.40
2,971	4.1	1.37	655,422	1.1	0.37
3,820	4.0	1.33	691,462	1.0	0.33
4,968	3.9	1.30	725,717	0.9	0.30
6,424	3.8	1.27	758,036	0.8	0.27
8,303	3.7	1.23	788,145	0.7	0.23
10,634	3.6	1.20	815,940	0.6	0.20
13,440	3.5	1.17	841,345	0.5	0.17
16,746	3.4	1.13	864,334	0.4	0.13
20,570	3.3	1.10	884,930	0.3	0.10
24,930	3.2	1.07	903,199	0.2	0.07
30,850	3.1	1.03	919,243	0.1	0.03

Input	Value
Total Defects	313
Total Opportunities	9606

Output	Value
Defects Per Million Opportunities (DPMO)	32583.801790
Defects (%)	3.26%
Yield (%)	96.74%
Process Sigma Level	3.34

**Gambar 2.7** *Six Sigma Calculator*

## 2.6.2 Tools pada Tahap Measure

### 2.6.2.1 Logic Tree (Digram Pohon)

*Logic tree* merupakan suatu metode untuk menemukan akar penyebab masalah dan mengungkapkan persoalan secara detail.

### 2.6.2.2 Analisis Sistem Pengukuran (Gage R&R Study)

Masalah yang sering muncul dalam pengukuran adalah variabilitas pengukuran. Umumnya variabilitas pengukuran dinyatakan dalam varian. Varian total suatu pengukuran berasal dari varian yang ditimbulkan produk (*part to part*) dan varian akibat kesalahan pengukuran (*gage*)<sup>10</sup>.

$$\sigma_{\text{total}}^2 = \sigma_{\text{produk}}^2 + \sigma_{\text{gage}}^2 \dots \dots \dots (2.3)$$

Kesalahan sistem pengukuran dapat digolongkan dalam 2 kategori, yaitu akurasi dan presisi.

#### ➤ Akurasi

Akurasi adalah perbedaan antara nilai pengukuran dengan nilai aktual *part*.

Akurasi dalam sistem pengukuran digolongkan dalam tiga komponen, yaitu :

<sup>10</sup> Hendradi, C. Tri, Op Cit., hal. 18.

- *Linearity* – suatu ukuran yang menunjukkan bagaimana ukuran part mempengaruhi akurasi dari sistem pengukuran.
- *Accuracy* – suatu ukuran bias dalam sistem pengukuran. Akurasi merupakan perbedaan antara pengukuran rata-rata yang diamati dengan suatu *master value*.
- *Stability* – suatu ukuran yang menunjukkan bagaimana akuratnya kinerja sistem setiap saat. Stabilitas merupakan total variasi yang terjadi dengan alat ukur tertentu, pada part yang sama, ketika melakukan pengukuran pada suatu karakteristik tunggal setiap saat.

➤ Presisi

Presisi adalah variasi yang dilihat ketika mengukur *part* yang sama secara berulang dengan alat yang sama.

Presisi atau variasi pengukuran dapat dikelompokkan dalam dua komponen, yaitu :

- *Repeatability* – variasi yang disebabkan oleh alat pengukuran.  
*Repeatability* merupakan variasi yang diamati ketika operator yang sama dengan alat ukur yang sama mengukur part yang sama secara berulang.
- *Reproducibility* – variasi yang disebabkan oleh sistem pengukuran.  
*Reproducibility* merupakan variasi yang diamati ketika operator yang berbeda dengan alat ukur yang sama mengukur part yang sama.

Oleh karena itu varian akibat kesalahan sistem pengukuran merupakan komponen dari varian *repeatability* dan varian *reproducibility*<sup>11</sup>.

$$\sigma_{\text{gage}}^2 = \sigma_{\text{repeatability}}^2 + \sigma_{\text{reproducibility}}^2 \dots \dots \dots (2.4)$$

Ukuran variabilitas sering pula ditunjukkan dalam suatu rasio, yaitu rasio presisi dengan toleransi (*precision to tolerance*),  $\frac{P}{T}$ .

$$\frac{P}{T} = \frac{6\sigma_{\text{gage}}}{USL - LSL} \dots \dots \dots (2.5)$$

<sup>11</sup> *Ibid.*, hal. 20.

Dimana :

USL = *Upper Specification Limit*, batas spesifikasi atas

LSL = *Lower Specification Limit*, batas spesifikasi bawah

Ada dua kategori utama *Gage Study*, yaitu *Crossed* dan *Nasted Gage R&R Study*<sup>12</sup>. Penggunaan kedua metode tersebut dibedakan sebagai berikut :

- *Gage R&R Study (Crossed)* – digunakan ketika masing-masing part diukur beberapa kali oleh setiap operator.
- *Gage R&R Study (Nasted)* – digunakan ketika masing-masing part hanya diukur oleh satu operator. Sebagai contoh pada *destructive testing*.

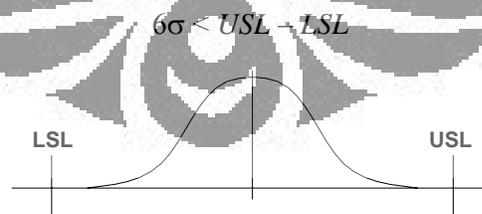
Selanjutnya penilaian repeatability dan reproducibility dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu X and R, dan ANOVA. Metode X and R merinci total variasi dalam tiga kategori : *part-to-part*, *repeatability*, dan *reproducibility*. Metode ANOVA selangkah lebih maju dengan merinci *reproducibility* menjadi dua komponen : operator dan *operator-by-part*.

### 2.6.2.3 Analisis Kapabilitas Proses

Kapabilitas suatu proses menggambarkan seberapa *uniform* proses tersebut. Analisis kapabilitas proses memperbandingkan kinerja suatu proses dengan spesifikasinya. Suatu proses memiliki kapabilitas bila semua nilai variabel yang mungkin jatuh dalam batas spesifikasi<sup>13</sup>.

Ada tiga kondisi kapabilitas proses :

Proses yang memiliki kapabilitas tinggi, yang terjadi bila rentang proses di dalam rentang spesifikasi.



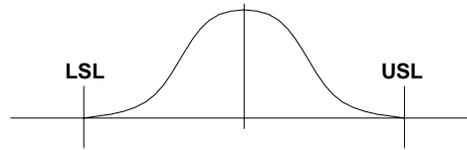
**Gambar 2.8** Proses dengan Kapabilitas Tinggi

<sup>12</sup> *Ibid.*, hal. 20.

<sup>13</sup> *Ibid.*, hal. 34-36.

Proses yang memiliki kapabilitas hampir tidak cukup, yang terjadi bila rentang proses sama dengan rentang spesifikasi.

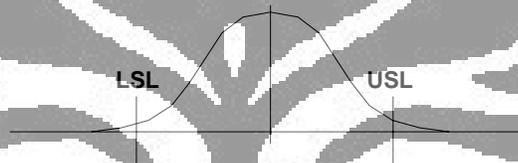
$$6\sigma = USL - LSL$$



**Gambar 2.9** Proses Dengan Kapabilitas Hampir Tidak Cukup

Proses yang tidak memiliki kapabilitas, yang terjadi bila rentang proses lebih besar dibandingkan dengan rentang spesifikasi.

$$6\sigma > USL - LSL$$



**Gambar 2.10** Proses Dengan Tidak Memiliki Kapabilitas  
(Sumber: Statistik Six Sigma dengan Minitab)

#### Macam-macam Capability Index

Ada berbagai macam Capability Index, namun ada tiga yang utama, yaitu (1)  $C_p$ , (2)  $C_{pk}$ , dan (3)  $C_{pm}$ .

1.  $C_p$ : merupakan capability index paling sederhana.  $C_p$  merupakan perbandingan rentang spesifikasi dengan rentang proses. Formula  $C_p$  adalah sbb:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \dots\dots\dots(2.6)$$

2.  $C_{pk}$ : kelemahan utama  $C_p$  adalah kenyataannya sangat sedikit proses yang tetap berpusat pada rata-rata proses. Untuk memperoleh pengukuran akan kinerja proses yang lebih baik, maka harus dipertimbangkan dimana rata-rata proses berlokasi relatif terhadap batas spesifikasi.  $C_{pk}$  mencari jarak terdekat lokasi pusat proses dengan USL atau LSL kemudian dibagi dengan rentang proses.

Formula  $C_{pk}$  adalah sbb :

$$C_{pk} = \min\left(\frac{USL - \mu}{3\sigma} \text{ atau } \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right) \dots\dots\dots(2.7)$$

3.  $C_{pm}$  : sering disebut Taguchi capability index.  $C_{pm}$  dikembangkan di akhir 80-an dan digunakan untuk menghitung kedekatan rata-rata proses dengan target

(T). Formula  $C_{pm}$  adalah sbb:  $C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} \dots\dots\dots(2.8)$

Bila rata-rata proses berada ditengah-tengah batas spesifikasi dan juga tepat pada target, maka  $C_p = C_{pk} = C_{pm}$ .

Keterangan hasil suatu proses berdasarkan nilai Cp & Cpk adalah sebagai berikut<sup>14</sup>:

- Proses tidak baik : Cp atau Cpk < 0.67
- Proses cukup : 0.67 ≤ Cpk atau Cp < 1
- Proses baik : 1 ≤ Cpk atau Cp < 1.33
- Proses sangat baik : Cpk atau Cp ≥ 1.33

## 2.6.3 Tools pada Tahap Analyze

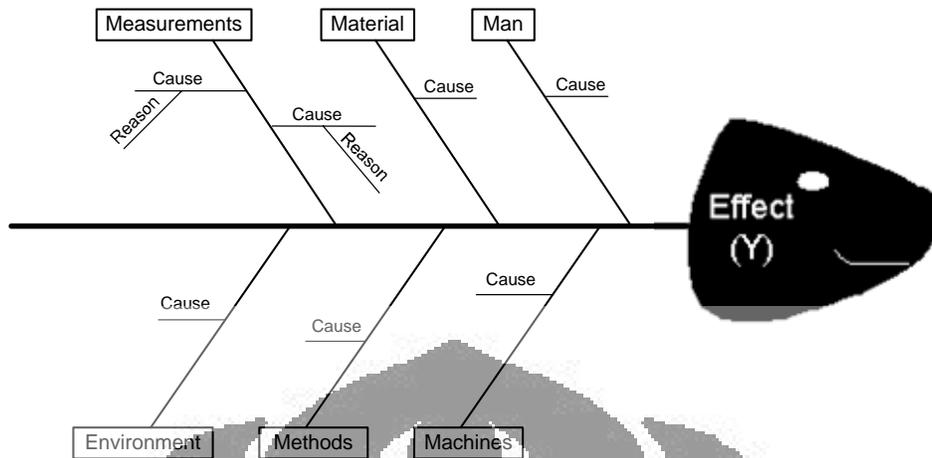
### 2.6.3.1 Cause & Effect Diagram

*Cause & Effect diagram* digunakan untuk mengorganisasi informasi hasil *brainstorming* sebab-sebab suatu masalah. Diagram ini sering disebut juga dengan diagram *fishbone* atau *Ishikawa*. Disebut diagram *fishbone* karena bentuknya yang mirip dengan tulang ikan dan disebut *Ishikawa* untuk menghormati sang penemu<sup>15</sup>.

Hasil *brainstorming* masalah dikelompokkan ke dalam beberapa tema sebab utama. Penggunaan diagram *affinity* dan *tree* sangat membantu dalam pengelompokkan tersebut. Gambar 2.11 menunjukkan contoh *cause & effect diagram*.

<sup>14</sup> Massart, D.L. Vandeginse. Buydens. De jong, S. Lewi, P.J. and Smeyers-Verbeke, J, *The Handbook Of Cheometrics and Qualimetrics Handbook Of Cheometrics and Qualimetrics : Part A*, Elsevier Science, Amsterdam, 1997, hal. 35.

<sup>15</sup> Hendradi, C. Tri, Op Cit., hal. 45.



Gambar 2.11 Contoh Cause & Effect Diagram

2.6.3.2 Analysis of Variance (ANOVA)

Anova digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan variasi yang dipengaruhi oleh suatu faktor uji. Dengan menggunakan ANOVA kita mengasumsikan tidak ada perbedaan variasi pada sampel. ANOVA menggunakan uji hipotesis untuk menentukan apakah ada perbedaan variasi pada sampel dengan menggunakan dua hipotesis yaitu  $H_0$  sebagai hipotesis utama dan  $H_1$  sebagai hipotesis alternatif.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_n \dots\dots\dots(2.9)$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \text{ or } \mu_2 - \mu_n \neq 0 \dots\dots\dots(2.10)$$

Hipotesis tersebut diuji dengan F-test, untuk menentukan apakah akan menolak atau menerima hipotesis tersebut dengan  $\alpha$  adalah banyaknya perlakuan dan N adalah jumlah data yang diobservasi. Kriteria untuk menerima atau menolak adalah sebagai berikut :

Menerima  $H_0$  jika F hitung  $<$  F teoritis (  $F_{\alpha, a-1, N-a}$  ).....(2.11)

menolak  $H_0$  jika F hitung  $\geq$  F teoritis (  $F_{\alpha, a-1, N-a}$  ).....(2.12)

2.6.3.3 Two-Sample T

Two-Sample T adalah uji hipotesis rata-rata pada dua populasi / proses dengan standar deviasi populasi ( $\sigma$ ) tidak diketahui. Nilai kedua rata-rata populasi dibandingkan untuk mengetahui apakah memiliki perbedaan yang signifikan<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> *Ibid.*, hal. 78-79.

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

t = nilai t hitung

$\bar{x}_1$  = nilai rata-rata sampel populasi 1

$\bar{x}_2$  = nilai rata-rata sampel populasi 2

$S_p$  = nilai standar deviasi gabungan

$n_1$  = jumlah sampel populasi 1

$n_2$  = jumlah sampel populasi 2

Cara mencari standar deviasi gabungan adalah sbb:

$$S_p = \sqrt{\frac{S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1)}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

$S_1$  = nilai standar deviasi sampel populasi 1

$S_2$  = nilai standar deviasi sampel populasi 2

#### 2.6.4 Tools pada Tahap Improve

Aktivitas utama dalam tahap *improve* atau perbaikan adalah membuat ide-ide perbaikan terhadap faktor-faktor yang telah ditemukan dalam tahap analisa.

Untuk memilih *tools* (alat-alat) *improve* yang sesuai pada kebanyakan masalah didapatkan dari *tools* yang dasar yang meliputi :

- *Work out, benchmarking, best practices* dan *brainstorming*.
- Eksperimen atau simulasi.
- Standarisasi proses.

#### 2.6.5 Tools pada Tahap Control

Aktivitas utama dalam tahap *control* adalah menjaga dan mempertahankan kondisi dari hasil ide-ide perbaikan.

*Control* merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *six sigma*. Pada tahap ini hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasi dan distandarisasikan hasil perbaikan, serta dilakukan pengendalian, dimana pengendalian proses dengan menggunakan *Statistical Process Control (SPC)*.

*Tools* SPC yang dipakai untuk pengontrolan proses yang sering dipakai adalah bagan kendali (*Control Chart*). Bagan pengendalian merupakan grafik garis dengan mencantumkan batas maksimum yang merupakan batas daerah pengendalian. Bagan ini menunjukkan perubahan data dari waktu ke waktu tetapi menunjukkan penyebab penyimpangan, meskipun adanya penyimpangan itu akan terlihat pada bagan pengendalian tersebut. Bagan kendali berfungsi sebagai alat yang bisa membantu kita dalam melihat apakah proses kita *under control* atau tidak dengan melihat adanya *common cause of variation* atau *special causes of variation*. Alat bantu kita untuk ini adalah *control chart*.

- *Common cause of variation* : variasi yang terjadi karena proses atau sistem itu sendiri.
- *Special causes of variation* : variasi yang terjadi karena faktor eksternal atau dari luar sistem.

*Control chart* tersusun dari :

CL (*Center Line*) : CL nilai rata-rata dari data

UCL (*Upper Control Limit*) : Batas Kontrol Atas

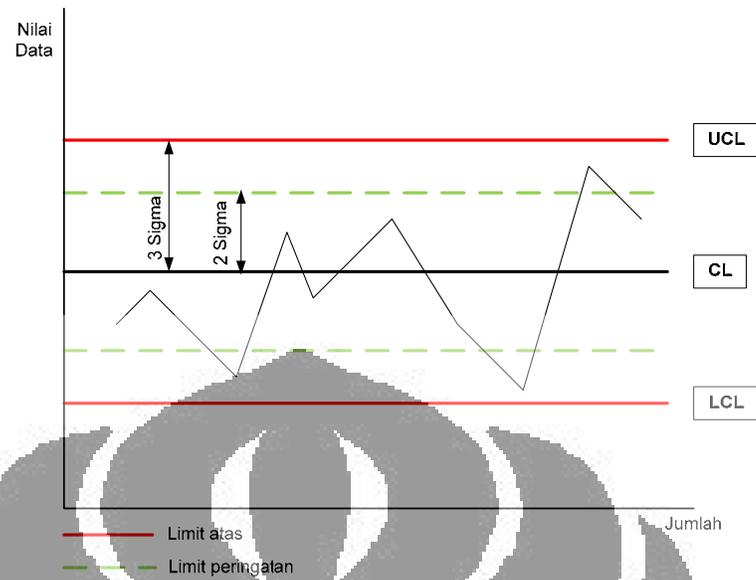
LCL (*Lower Control Limit*) : Batas Kontrol Bawah

Biasanya UCL dan LCL dibuat sejauh 3 sigma dari CL, jika data terletak antara UCL dan LCL maka proses terkontrol, jika data tidak terletak antara UCL dan LCL maka proses tidak terkontrol. Proses menjadi terkontrol bila penyebab-penyebab khusus dapat ditemukan yang selanjutnya dihilangkan.

Batas aksi dan batas peringatan :

Biasanya batas 3 sigma limits aksi. Jika data tidak terletak diantara limit 3 sigma, kita harus menemukan penyebab khusus dan menghilangkannya. Dan dalam hal ini kita harus cepat melakukan aksi.

Biasanya batas 2 sigma adalah limit peringatan. Jika nilai dari suatu data tidak berada diantara limit 2 sigma, mungkin kita beranggapan bahwa hal tersebut disebabkan karena beberapa penyebab. Jadi bila tidak terletak diantara 2 sigma ini merupakan peringatan kepada kita. Gambar diagram kontrol terlihat pada gambar 2.12.



**Gambar 2.12** Bagan Kendali/Control Chart

## BAB 3 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

### 3.1 Tahap Define

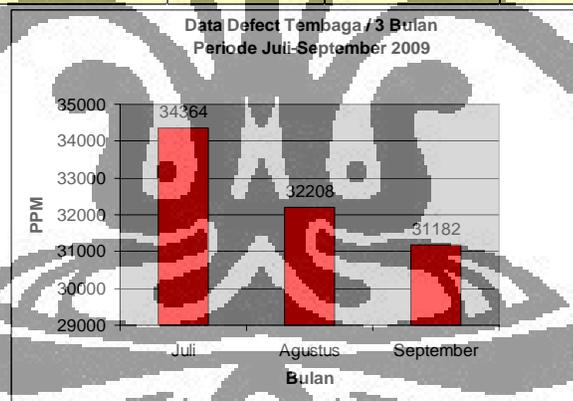
Tahap *define* adalah tahap mengidentifikasi permasalahan secara jelas serta menentukan tujuan dari *project*.

#### 3.1.1 Latar Belakang Masalah

Banyaknya jumlah produk *defect part* tembaga (*copper bar*) menjadi dasar awal mengapa perlunya dilakukan *improvement* pada proses pembentukan part tembaga. Pada tahap ini diambil data *defect* pada periode Juli – September 2009. Pada tabel 3.1 terlihat data jumlah *defect* tembaga.

**Tabel 3.1** Data Defect Tembaga Periode Juli-September 2009

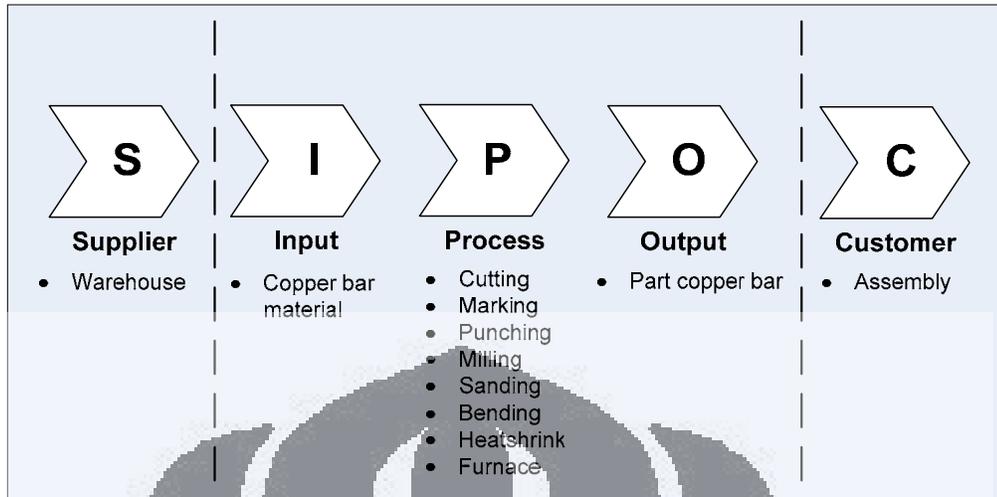
Bulan	Produksi (pcs)	Defect/bln (pcs)	PPM
Juli	3201	110	34364
Agustus	3198	103	32208
September	3207	100	31182
Total	9606	313	32584



**Gambar 3.1** Grafik Defect Tembaga Periode Juli-September 2009

#### 3.1.2 Diagram SIPOC dan Pemetaan Proses

Dari data yang telah diperoleh maka dapat dibuat diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*) dan pemetaan proses pada *copper bar area*. Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 menggambarkan diagram SIPOC dan pemetaan proses kondisi *copper bar area* saat ini.

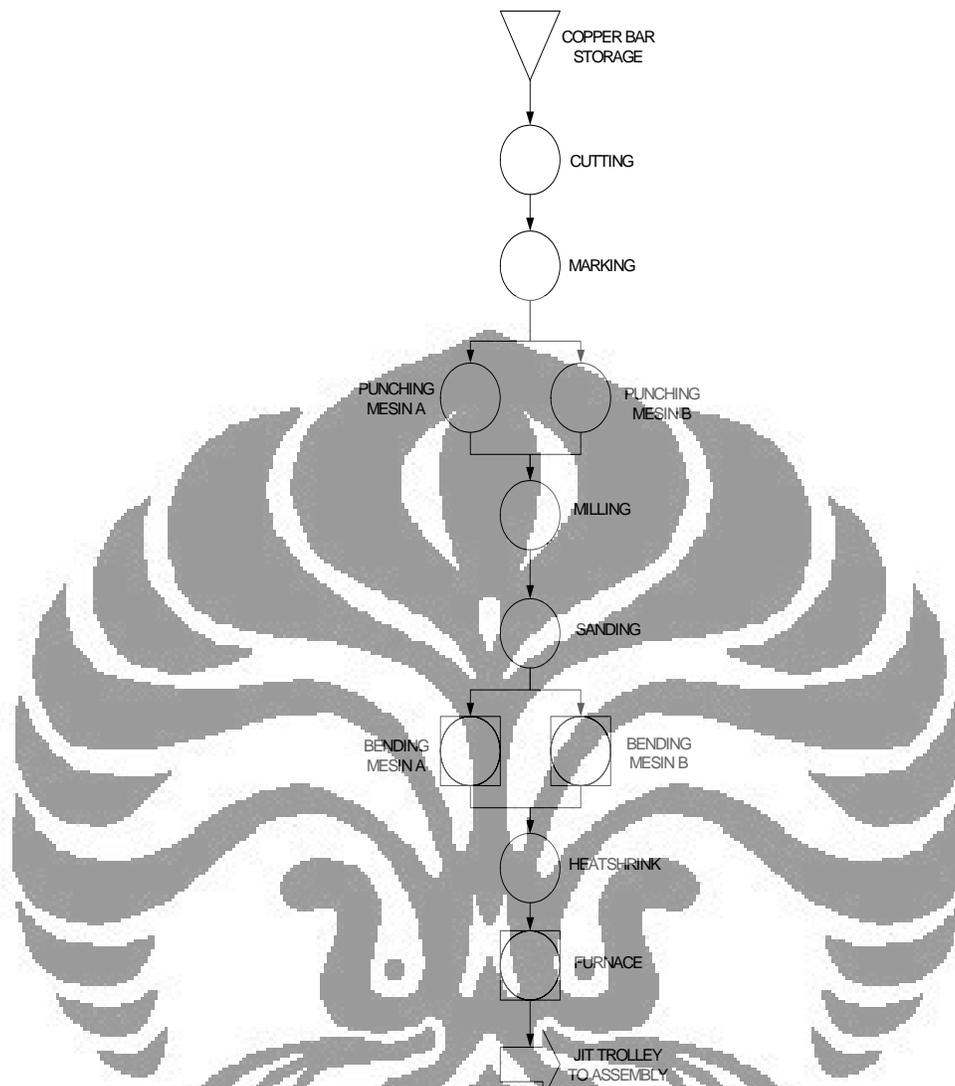


**Gambar 3.2** Diagram SIPOC *Copper Bar*

SIPOC diagram menggambarkan proses yang menjadi fokus dari *project*.

Ada lima elemen dari diagram ini antara lain :

- *Supplier*, dalam proses ini yang menjadi supplier adalah bagian *Warehouse* yang nantinya akan memberikan inputan *material copper bar*.
- *Input*, yang menjadi *input* dalam proses ini adalah *material copper bar*.
- *Process*, dalam pembentukan part tembaga terdiri dari beberapa tahap proses yaitu : *cutting, marking, punching, milling, sanding, bending, heatshrink, furnace*.
- *Output*, yang dihasilkan dari proses pembentukan tembaga adalah *part tembaga*.
- *Customer*, dalam proses ini yang menjadi *customer* part tembaga adalah *next process* yaitu bagian *assembly* (perakitan panel).



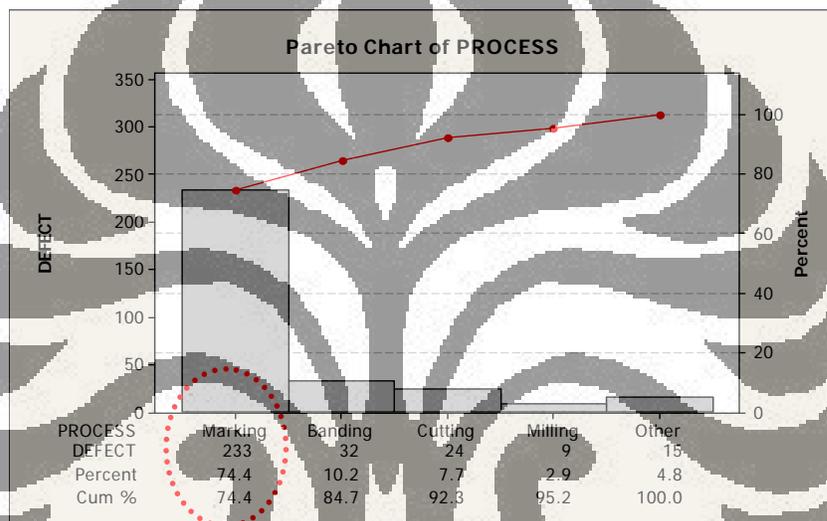
**Gambar 3.3** Proses Copper Bar

### 3.1.3 Diagram Pareto

Untuk mencari penyebab utama masalah yang mengakibatkan *defect* tembaga, maka dibuat diagram Pareto dengan menggunakan data pada tabel 3.2. Gambar 3.4 menunjukkan proses *defect* yang terjadi pada *area copper bar*.

**Tabel 3.2** Data defect Proses selama tiga bulan (Pcs)

<b>Produksi</b>	<b>9606</b>
<b>Defect</b>	<b>313</b>
Cutting	24
<b>Marking</b>	<b>233</b>
Punching	8
Milling	9
Sanding	7
Banding	32
Heatshrink	0
Furnace	0

**Gambar 3.4** Diagram Pareto Proses Copper Bar

Pada gambar dapat dilihat bahwa 74.4% *defect* tembaga terjadi pada *defect marking* dari total *defect*, jadi dalam penelitian ini diambil *defect marking* sebagai fokus untuk penelitian selanjutnya.

### 3.1.4 Pernyataan Masalah

Dari latar belakang masalah dan proses pencarian akar penyebab utama masalah, maka dapat disimpulkan bahwa jenis *defect marking* sebagai penyumbang *defect* yang paling banyak pada proses *part copper bar*.

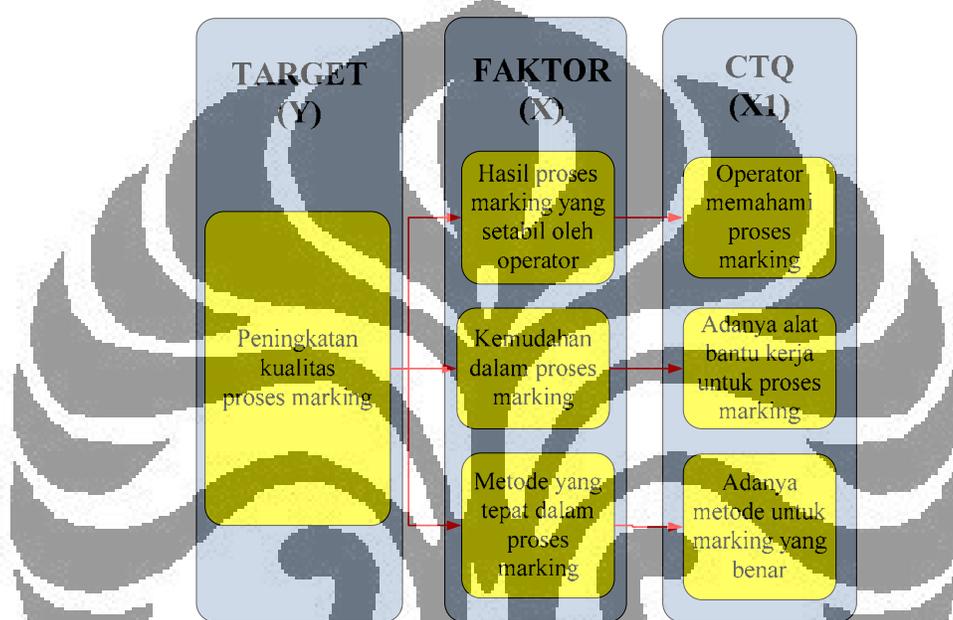
### 3.1.5 Pernyataan Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah dan mencari solusi untuk mengurangi *defect* dengan cara memperbaiki proses yang terkait dengan *defect* tersebut. Dalam hal ini pengurangan *defect*

dilakukan pada proses *marking* tembaga (*copper bar*) yang sering mengalami masalah terhadap lubang diameter 5.5mm yang memiliki jarak 46mm.

### 3.1.6 Critical to Quality (CTQ'S) Tree

CTQ untuk proses *marking* digambarkan dalam tree diagram pada gambar 3.5 yang berisi karakteristik produk yang diinginkan oleh pelanggan. Dengan mengidentifikasi CTQ, faktor –faktor yang mempengaruhi kualitas produk dapat diperbaiki dan memberikan perbaikan terhadap hasil.



Gambar 3.5 CTQ Proses Marking

### 3.1.7 Nilai Sigma Level Perusahaan Kondisi Saat Ini Pada Proses Marking

Berdasarkan data *defect* proses tembaga per 3 bulan pada tabel 3.2 dan CTQ yang diperoleh maka dapat dicari nilai *sigma level* proses *marking* perusahaan pada kondisi saat ini.

$$\text{Tingkat kecacatan per unit (DPU)} = \frac{\text{Jumlah cacat yang ditemukan (defect)}}{\text{jumlah unit produksi}}$$

$$\text{DPU} = 233 / 9606 = 0.024255673$$

$$\text{DPMO / PPM} = \frac{\text{DPU}}{\text{kemungkinan kesalahan}} \times 1000000$$

$$\text{DPMO / PPM} = \frac{0.024255673}{3} \times 1000000 = 8085.22$$

Maka Berdasarkan nilai DPMO / PPM tersebut dapat diperoleh nilai *Sigma level* perusahaan pada kondisi saat ini dengan mengkonversi nilai DPMO menggunakan tabel konversi nilai Sigma atau dengan *Six Sigma Calculator*.

Input	Value
Total Defects	233
Total Opportunities	28818
Defects Per Million Opportunities (DPMO)	8085.2245124
Defects (%)	0.81%
Yield (%)	99.19%
Process Sigma Level	3.91

**Gambar 3.6** Perhitungan Sigma level Proses Marking Saat Ini

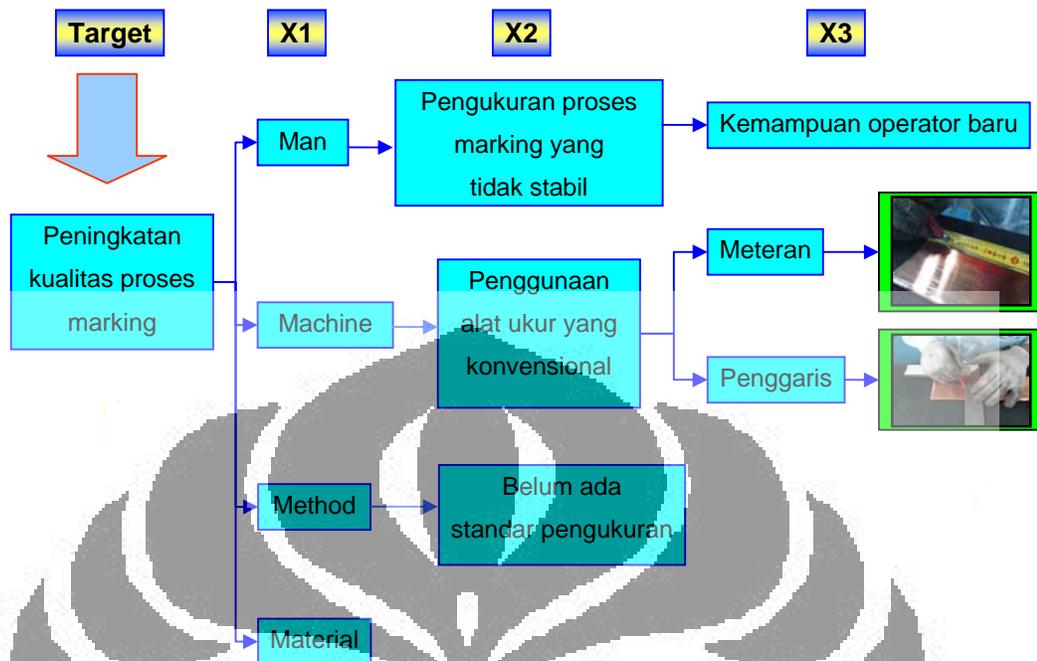
Dari gambar di atas diperoleh nilai Sigma level PT. Areva-T&D pada proses marking yaitu sebesar 3.91, dimana nilai Sigma level ini masih perlu ditingkatkan untuk menaikan level kompetitif perusahaan.

### 3.2 Tahap Measure

Tahap *measure* adalah tahap mengukur kinerja pada saat ini dengan cara mengukur proses yang ada. Pada tahap ini dilakukan penentuan karakteristik kualitas (*critical to quality*) dan melakukan studi kapabilitas proses.

#### 3.2.1 Logic Tree Diagram Defect Marking Tembaga

Pada gambar 3.7 digambarkan penyebab-penyebab masalah yang mengakibatkan *defect marking part* tembaga menggunakan *logic tree diagram* (diagram pohon), yang bertujuan untuk menemukan akar penyebab masalah dan mengungkapkan persoalan secara detail.



Gambar 3.7 Logic Tree Defect Marking Tembaga

### 3.2.2 Analisis Sistem Pengukuran (Gage R&R Study) Copper Bar

Dengan menggunakan data pengukuran yang diperoleh maka dilakukan analisa sistem pengukuran yang terjadi pada saat ini pada *area copper bar*. Yang bertujuan untuk mengetahui apakah sistem pengukuran yang ada pada *area copper bar* sudah dilakukan dengan baik. Tabel 3.3 menunjukkan data pengukuran yang dilakukan pada *area copper bar*.

Tabel 3.3 Data Pengukuran

Pengukuran	Part	Operator	Measurement (mm)	Dimensi drawing (mm)
1	1	1	46	46
2	1	1	46	46
3	1	2	46	46
4	1	2	46	46
5	1	3	46	46
6	1	3	46	46
7	2	1	46	46
8	2	1	46	46
9	2	2	46	46
10	2	2	46	46
11	2	3	46	46
12	2	3	46	46
13	3	1	47	46

**Tabel 3.3** Data Pengukuran

Pengukuran	Part	Operator	Measurement (mm)	Dimensi drawing (mm)
14	3	1	47	46
15	3	2	47	46
16	3	2	47	46
17	3	3	47	46
18	3	3	47	46
19	4	1	46	46
20	4	1	46	46
21	4	2	46	46
22	4	2	46	46
23	4	3	46	46
24	4	3	46	46
25	5	1	46	46
26	5	1	46	46
27	5	2	46	46
28	5	2	46	46
29	5	3	46	46
30	5	3	46	46
31	6	1	47	46
32	6	1	46	46
33	6	2	46	46
34	6	2	46	46
35	6	3	46	46
36	6	3	46	46
37	7	1	46	46
38	7	1	46	46
39	7	2	46	46
40	7	2	46	46
41	7	3	46	46
42	7	3	46	46
43	8	1	46	46
44	8	1	46	46
45	8	2	45	46
46	8	2	46	46
47	8	3	46	46
48	8	3	46	46
49	9	1	46	46
50	9	1	46	46
51	9	2	46	46
52	9	2	46	46
53	9	3	46	46
54	9	3	46	46
55	10	1	46	46
56	10	1	46	46
57	10	2	46	46
58	10	2	46	46
59	10	3	46	46
60	10	3	46	46

Berdasarkan data pengukuran yang diperoleh maka dengan bantuan software Minitab 15 didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 3.4** Data Hasil Pengukuran

**Gage R&R Study - ANOVA Method**

**Two-Way ANOVA Table With Interaction**

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	5.73333	0.637037	20.2353	0.000
Operator	2	0.10000	0.050000	1.5882	0.232
Part * Operator	18	0.56667	0.031481	0.9444	0.539
Repeatability	30	1.00000	0.033333		
Total	59	7.40000			

Alpha to remove interaction term = 0.25

**Two-Way ANOVA Table Without Interaction**

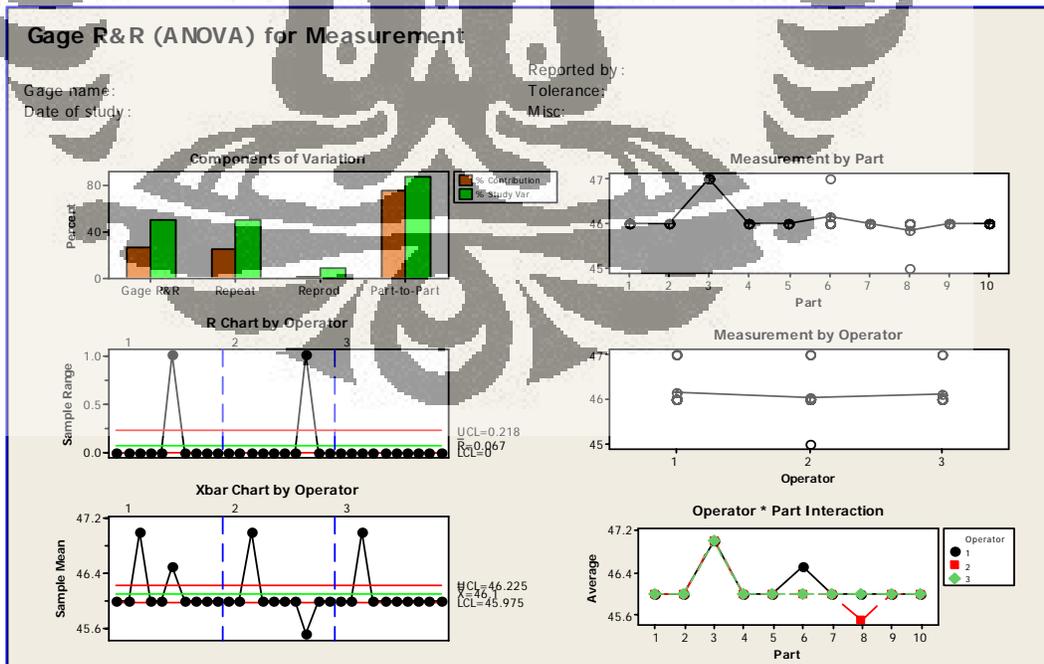
Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	5.73333	0.637037	19.5177	0.000
Operator	2	0.10000	0.050000	1.5319	0.227
Repeatability	48	1.56667	0.032639		
Total	59	7.40000			

**Gage R&R**

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.083507	24.96
Repeatability	0.082639	24.31
Reproducibility	0.000868	0.65
Operator	0.000868	0.65
Part-To-Part	0.100733	75.04
Total Variation	0.134240	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.183049	1.09829	49.96
Repeatability	0.180662	1.08397	49.31
Reproducibility	0.029463	0.17678	8.64
Operator	0.029453	0.17678	8.04
Part-To-Part	0.317385	1.90451	86.63
Total Variation	0.366388	2.19833	100.00

Number of Distinct Categories = 2



**Gambar 3.8** Gage R&R Pengukuran

Dari data hasil pengukuran yang diolah menggunakan *software minitab 15* diperoleh hasil sebagai berikut :

- Nilai p-value pada data tabel session pada interaksi antara part dengan operator =  $0.539 > 0.25$ , maka dapat disimpulkan tidak terjadi interaksi.
- Pada grafik Gage R&R variasi terbesar disumbangkan oleh perbedaan ukuran antara part dengan part dan bukan karena kesalahan sistem pengukuran.

Catatan : Data pengukuran diolah menggunakan 10 part yang sama, terhadap 3 operator yang berbeda dan dilakukan dengan 2 kali pengukuran tiap operator.

Sehingga dari data di atas dapat disimpulkan bahwa :

Tidak ada interaksi part dengan operator. Variasi terbesar terjadi antara part dengan part.

### 3.2.3 Pengukuran Kapabilitas Proses Copper Bar

Pengukuran kemampuan proses *copper bar* dilakukan dengan menggunakan data yang diperoleh dari pengukuran 3 operator seperti yang terlihat pada tabel 3.5.

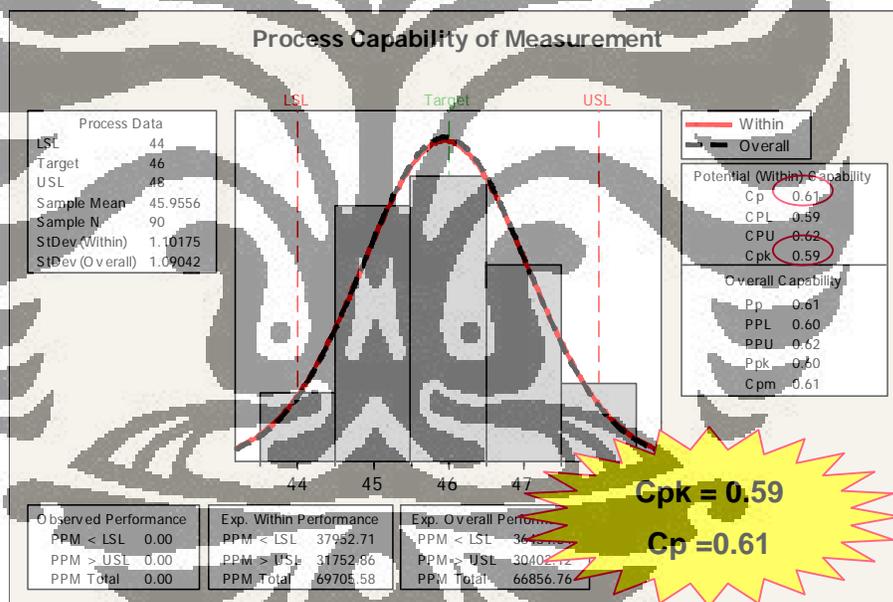
Tabel 3.5 Data Pengukuran Kapabilitas Proses

Jumlah Part	Data antar operator		
	Operator New	Operator 2	Operator 3
1	45	47	46
2	46	46	46
3	48	45	45
4	47	47	46
5	44	47	46
6	45	45	47
7	48	44	45
8	47	45	46
9	46	46	46
10	45	48	47
11	45	45	46
12	44	47	46
13	48	45	47
14	46	46	45
15	45	46	46
16	46	45	45
17	45	45	47
18	44	46	45

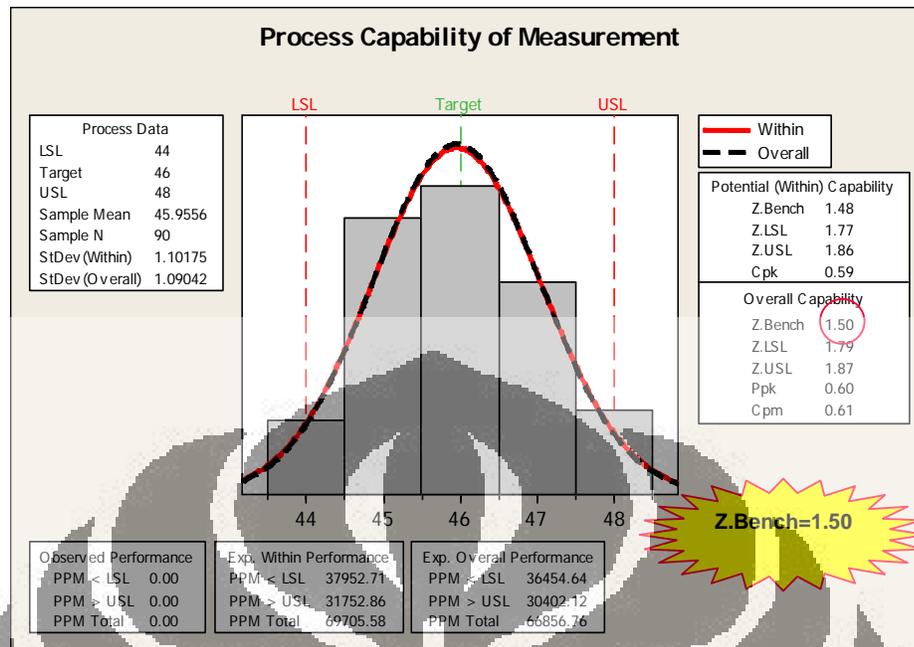
Tabel 3.5 Data Pengukuran Kapabilitas Proses

Data antar operator			
Jumlah Part	Operator New	Operator 2	Operator 3
19	47	46	46
20	45	47	46
21	47	45	46
22	48	47	45
23	46	45	47
24	44	46	48
25	45	46	47
26	47	45	46
27	45	47	46
28	46	48	45
29	44	44	47
30	47	48	46

Berdasarkan data pengukuran yang diperoleh maka dengan bantuan *software Minitab 15* didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 3.9 Nilai Cp &amp; Cpk Proses Marking Saat Ini



**Gambar 3.10 Z.Bench Proses Marking Saat Ini**

Dari data hasil kapabilitas proses yang diolah menggunakan *software minitab 15* diperoleh hasil sebagai berikut :

$$Cp = 0.61$$

$$Cpk = 0.59$$

$$Z. Bench = 1.50$$

Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa maka proses yang terjadi sekarang adalah tidak baik karena :  $Cp$  atau  $Cpk < 0.67$

## BAB 4

### ANALISA DAN PERBAIKAN DEFECT TEMBAGA

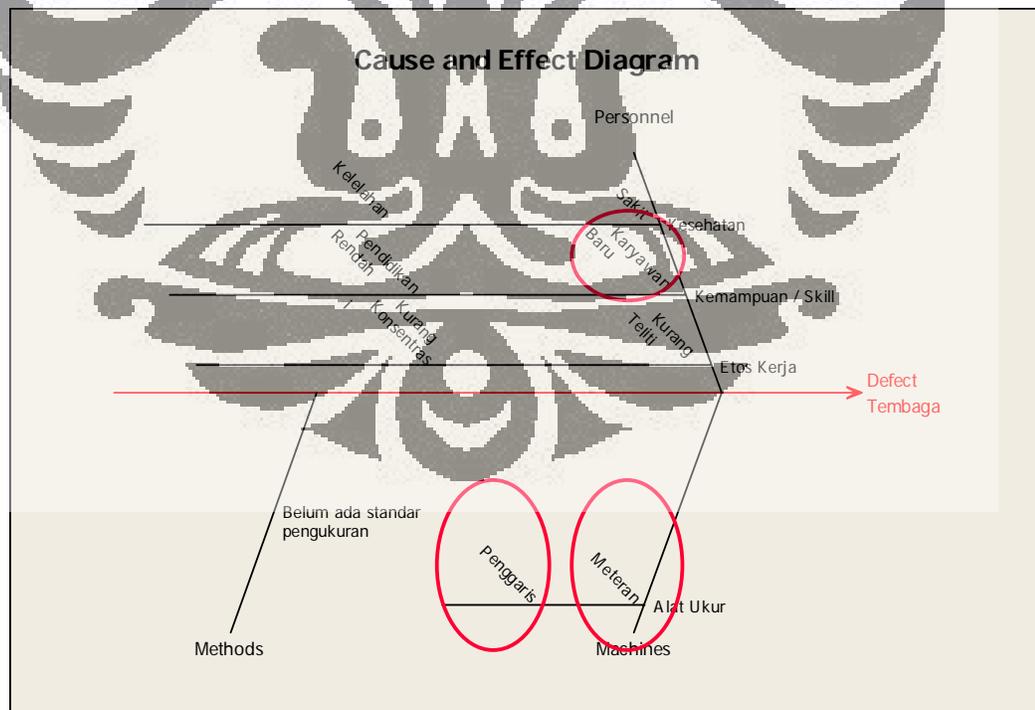
#### 4.1 Tahap Analyze (Anaisa)

Pada tahap ini dilakukan analisa untuk menentukan faktor–faktor yang menyebabkan masalah pada proses *marking* tembaga. *Tools* yang digunakan pada tahap ini adalah :

- *Cause & effect diagram (Fishbone diagram)*
- *Analysis of Variance (ANOVA)*
- *Two-Sample T*

##### 4.1.1 Identifikasi Defect dengan Cause & Effect Diagram

Diagram Sebab akibat untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memiliki kemungkinan (*possible causes*) menyebabkan terjadinya masalah *defect* tembaga pada proses *marking*. Diagram sebab akibat untuk permasalahan *defect* tembaga ditunjukkan pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Cause and Effect Diagram Defect Tembaga

Analisa dengan diagram sebab akibat menghasilkan tiga ( 3 ) faktor yang mungkin menyebabkan terjadinya *defect* tembaga yaitu :

- Faktor *Personnel*, hasil analisa menunjukkan aspek *personnel* sangat mempengaruhi terjadinya *defect* tembaga yaitu kemampuan/skill dari karyawan baru.
- Faktor *Machines*, hasil analisa menunjukkan aspek *Machines* sangat mempengaruhi terjadinya *defect* tembaga yaitu alat ukur yang digunakan, yaitu menggunakan alat ukur meteran dan penggaris.

#### **4.1.2 Memeriksa Kegagalan Proses yang Potensial dan Mengevaluasi Prioritas Resiko dengan ANOVA & Two-Sample T**

Setelah faktor-faktor penyebab terjadinya *defect* tembaga teridentifikasi, selanjutnya dilakukan pendeteksian kegagalan dan evaluasi resiko dengan menggunakan *Anova* dan *two-sample t*. Evaluasi resiko yang disebabkan faktor-faktor tersebut dilakukan untuk mencari faktor penyebab utama yang perlu dilakukan perbaikan. Berdasarkan hasil analisa yang diperoleh dari *diagram cause & effect* didapatkan 2 faktor utama yaitu :

1. Perbedaan antara operator baru dan lama yang dilakukan pengujian dengan menggunakan tools *Anova*.
2. Perbedaan antara alat ukur meteran dan penggaris menggunakan tools *two-sample t*.

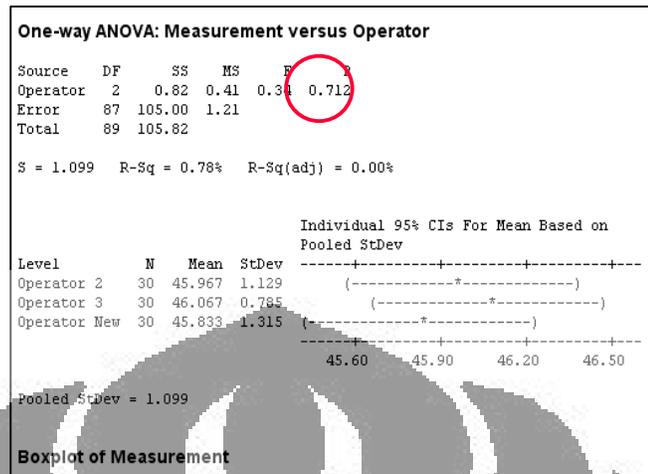
##### **4.1.2.1 Melakukan Analisa Perbandingan Hasil Pengukuran Antara Operator Baru dan Lama Menggunakan Anova**

Data perbandingan pengukuran antara oprator baru dan lama dapat menggunakan data pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Data Pengukuran Antar Operator

Data antar operator			
Jumlah Part	Operator New	Operator 2	Operator 3
1	45	47	46
2	46	46	46
3	48	45	45
4	47	47	46
5	44	47	46
6	45	45	47
7	48	44	45
8	47	45	46
9	46	46	46
10	45	48	47
11	45	45	46
12	44	47	46
13	48	45	47
14	46	46	45
15	45	46	46
16	46	45	45
17	45	45	47
18	44	46	45
19	47	46	46
20	45	47	46
21	47	45	46
22	48	47	45
23	46	45	47
24	44	46	48
25	45	46	47
26	47	45	46
27	45	47	46
28	46	48	45
29	44	44	47
30	47	48	46

Berdasarkan data pengukuran antar operator yang diperoleh maka dengan bantuan *software Minitab 15* didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 4.2** Data hasil Pengukuran Antara Operator**Gambar 4.2** Boxplot Pengukuran Antara Operator

Dari data hasil pengukuran yang diolah menggunakan *software minitab 15* diperoleh hasil sebagai berikut :

- P Value : 0.712  $\rightarrow$  P Value  $>$  0.05, Artinya adalah tidak ada perbedaan antara operator baru dan operator lama.
- Dari grafik Boxplot terlihat bahwa median dan mean antar operator cenderung sama, tetapi untuk operator 3 cenderung lebih baik dari yang lainnya, ini terlihat dari variasinya kecil.

#### 4.1.2.2 Melakukan Analisa Perbandingan Hasil Pengukuran Antara Alat Ukur Meteran Dan Penggaris Menggunakan Two-Sample T

Data perbandingan pengukuran antara alat ukur meteran dan penggaris dapat menggunakan data pada tabel 4.3.

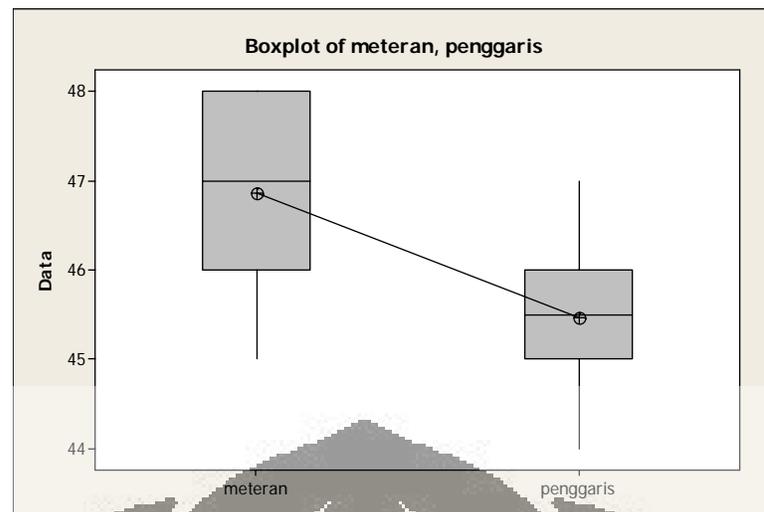
**Tabel 4.3** Data Perbedaan Alat Ukur

Data perbedaan alat ukur		
Jumlah part	Meteran	Penggaris
1	47	46
2	48	46
3	46	46
4	48	45
5	46	46
6	48	45
7	45	45
8	48	46
9	47	46
10	47	44
11	47	46
12	48	45
13	46	47
14	46	45
15	45	46
16	48	45
17	47	46
18	48	45
19	47	45
20	46	45
21	45	46
22	46	44
23	47	46
24	47	45
25	47	45
26	48	46
27	48	46
28	47	45
29	46	46
30	47	45

Berdasarkan data pengukuran antar alat ukur yang diperoleh maka dengan bantuan *software Minitab 15* didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 4.4** Data hasil Pengukuran Perbedaan Alat Ukur

Two-Sample T-Test and CI: meteran, penggaris				
Two-sample T for meteran vs penggaris				
	N	Mean	StDev	SE Mean
meteran	30	46.867	0.973	0.18
penggaris	30	45.467	0.681	0.12
Difference = mu (meteran) - mu (penggaris)				
Estimate for difference: 1.400				
95% CI for difference: (0.965, 1.835)				
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 6.45 P-Value = 0.000 DF = 51				
Boxplot of meteran, penggaris				



**Gambar 4.3** Boxplot Pengukuran Antara Alat Ukur

Dari data hasil pengukuran yang diolah menggunakan software minitab 15 diperoleh hasil sebagai berikut :

- P Value : 0.00  $\rightarrow$  P Value  $<$  0.05, Artinya adalah ada perbedaan antara pengukuran dengan alat ukur meteran dan penggaris.
- Dari grafik boxplot terlihat bahwa alat ukur penggaris lebih baik dari pada meteran, ini terlihat dari variasinya yang kecil dan mendekati nilai tengahnya.

#### 4.1.3 Kesimpulan Analisa Untuk Mencari Faktor Utama yang perlu Dilakukan *Improvement*

Untuk menemukan faktor utama yang perlu diperbaiki maka digunakan tools *Anova* dan *two sample T*, dengan hasil kesimpulan sebagai berikut :

**Tabel 4.5** Kesimpulan Analisa Terhadap Perbedaan Operator dan Alat Ukur

Kesimpulan				
Faktor "X"	Tools	P Value	Hipotesis Result	Conclusion
Antar operator	ANOVA	0.712	Terima H0	Non CTQ
Antar alat ukur	2 sample t	0	Tolak H0	Vital View

Dari data hasil analisa terhadap pengujian perbedaan antar operator dan perbedaan antara alat ukur diperoleh bahwa tidak adanya perbedaan kemampuan skill karyawan baru dengan lama, sedangkan untuk perbedaan alat ukur meteran dan penggaris terdapat perbedaan (terlihat seperti tabel 4.5 di atas), sehingga untuk tahap *improvement* selanjutnya dilakukan *improvement* pada perbedaan hasil antara alat ukur.

## 4.2 Tahap Improve (Perbaikan)

Aktivitas utama dalam tahap *improve* adalah membuat ide perbaikan terhadap faktor utama masalah dalam tahap analisa.

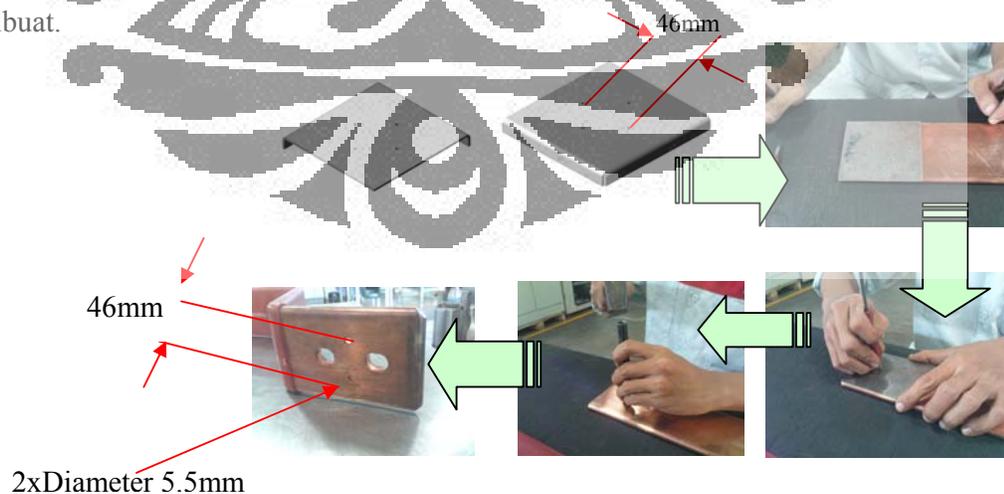
Aktivitas perbaikan yang dilakukan berdasarkan analisa adalah :

- Design dan pembuatan *jig marking* untuk diameter 5.5mm dengan jarak 46mm yang sering mengalami permasalahan.
- Mengukur kemampuan proses (*capability process*) setelah pembuatan alat bantu jig untuk diameter lubang 5.5mm dengan jarak 46mm.
- Membandingkan kemampuan proses antara alat bantu yang dibuat (Jig) dengan alat ukur meteran dan penggaris.

### 4.2.1 Design dan Pembuatan Jig Marking

Untuk mengurangi *reject part* tembaga jarak lubang diameter 5.5mm dengan jarak 46mm dibuat alat bantu untuk operator agar dapat dengan mudah melakukan proses *marking*. Sehingga poses *marking* yang dibuat dapat dilakukan dengan cepat dengan sedikit kesalahan oleh setiap operator. Dengan adanya pembuatan *Jig marking* ini maka penggunaan alat ukur meteran dan penggaris dapat dikurangi.

Jig yang dibuat berasal dari bahan *sheet metal* dengan ketebalan 2mm dengan *design* yang sederhana dan mudah dalam pengoperasiannya dimana fungsi dari Jig ini sebagai cetakan untuk membuat lubang *marking* diameter 5.5mm dengan jarak 46mm. Gambar 4.3 menggambarkan *design* dari *Jig marking* yang dibuat.



**Gambar 4.4** Design Jig Marking

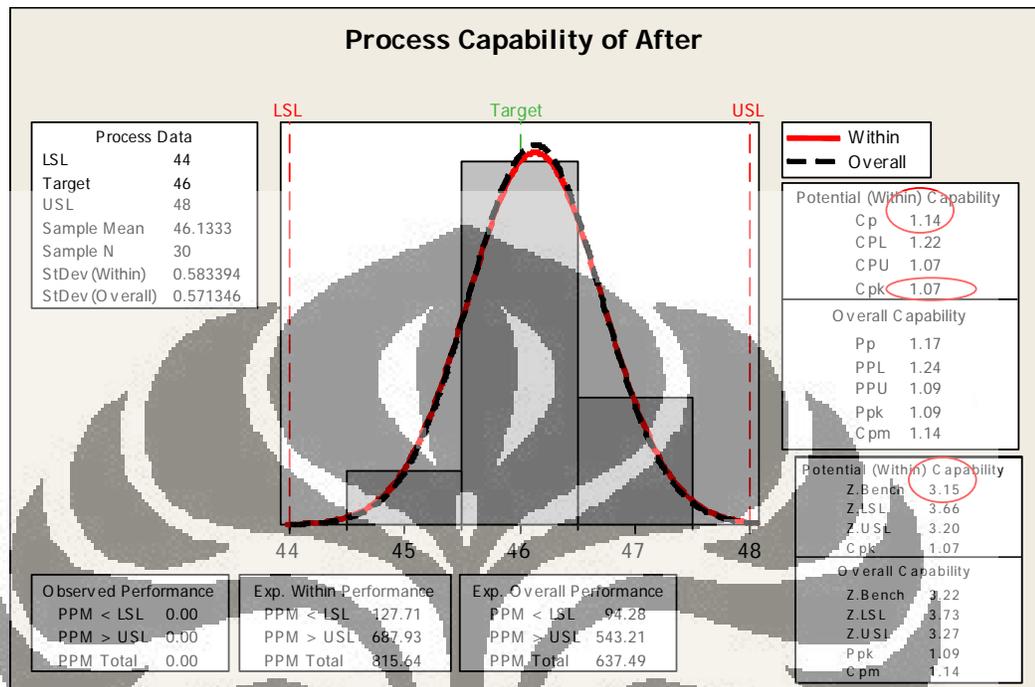
#### 4.2.2 Pengukuran Kemampuan Proses Setelah tahap Perbaikan

Berdasarkan data tabel 4.6 maka dapat diukur kemampuan proses yang terjadi setelah dilakukan proses perbaikan dengan menggunakan *Jig marking*.

**Tabel 4.6** Data Perbedaan Alat ukur Meteran, Penggaris, dan Jig

Data perbedaan alat ukur			
Jumlah part	Meteran	Penggaris	Jig
1	47	46	46
2	48	46	47
3	46	46	46
4	48	45	46
5	46	46	47
6	48	45	46
7	45	45	46
8	48	46	46
9	47	46	45
10	47	44	46
11	47	46	46
12	48	45	46
13	46	47	45
14	46	45	46
15	45	46	47
16	48	45	46
17	47	46	46
18	48	45	46
19	47	45	47
20	46	45	46
21	45	46	46
22	46	44	47
23	47	46	46
24	47	45	46
25	47	45	47
26	48	46	46
27	48	46	45
28	47	45	46
29	46	46	47
30	47	45	46

Berdasarkan data pengukuran yang diperoleh maka dengan bantuan *software Minitab 15* didapatkan hasil sebagai berikut:



**Gambar 4.5** Kapabilitas Proses Setelah Perbaikan

Dari data hasil kapabilitas proses yang diolah menggunakan *software minitab 15* diperoleh hasil sebagai berikut :

Cp = 1.14 , sebelum tahap perbaikan = 0.61

Cpk = 1.07 , sebelum tahap perbaikan = 0.59

Z. Bench = 3.15 , sebelum tahap perbaikan = 1.50

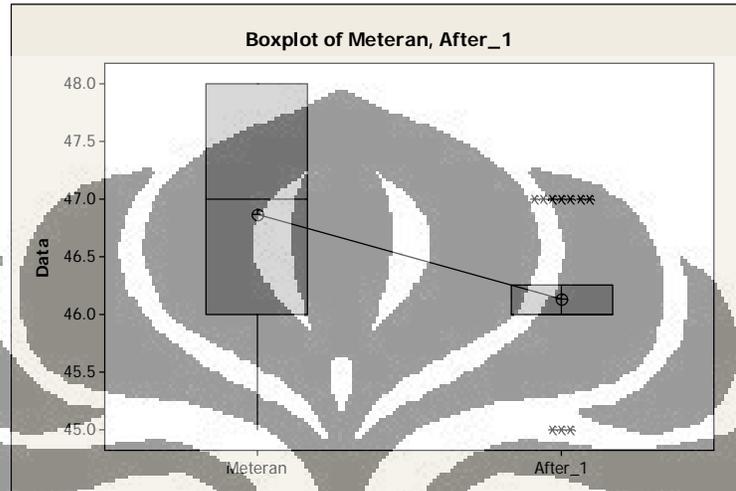
Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa proses yang terjadi setelah perbaikan adalah baik karena  $1 < Cpk$  atau  $Cp < 1.33$ , dan pada tahap perbaikan nilai Cp, Cpk, dan Z.Bench mengalami kenaikan.

#### 4.2.3 Membandingkan Kemampuan Proses Antara Alat Bantu yang dibuat (Jig) dengan Alat Ukur Meteran dan Penggaris

Dalam tahap ini dilakukan perbandingan antara kemampuan proses alat ukur meteran dengan jig dan alat ukur garis dengan jig, guna memastikan perbaikan dengan menggunakan jig menghasilkan kemampuan proses yang lebih baik.

#### 4.2.3.1 Membandingkan Kemampuan Proses Antara Alat Ukur Meteran dengan Jig

Dengan menggunakan data pengukuran pada tabel 4.6 maka dapat diperoleh boxplot antara alat ukur meteran dengan jig yang diolah menggunakan bantuan software Minitab 15

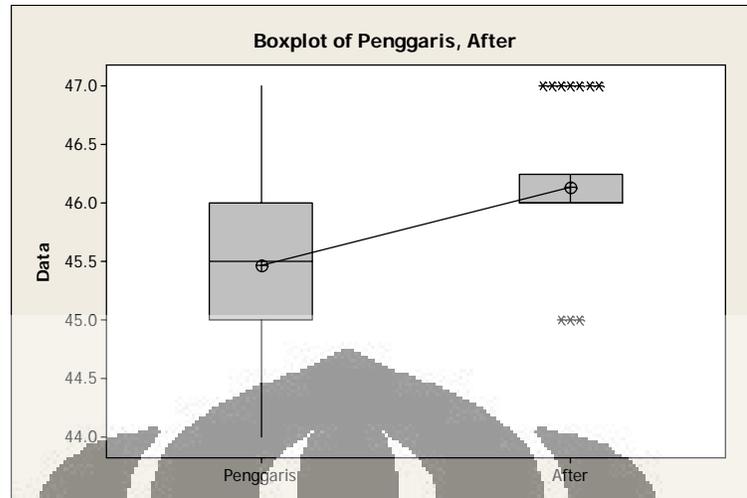


Gambar 4.6 Boxplot Meteran dengan Jig

Dari gambar 4.6 terlihat bahwa kemampuan proses jig lebih memiliki variasi yang lebih kecil dibandingkan dengan alat ukur meteran. Dan kemampuan proses dari jig lebih mendekati nilai target yang dicapai dibandingkan dengan alat ukur meteran.

#### 4.2.3.2 Membandingkan Kemampuan Proses Antara Alat Ukur Penggaris dengan Jig

Dengan menggunakan data pengukuran pada tabel 4.6 maka dapat diperoleh boxplot anantara alat ukur penggaris dengan jig yang diolah menggunakan bantuan software *Minitab 15*



**Gambar 4.7** Boxplot Penggaris dengan Jig

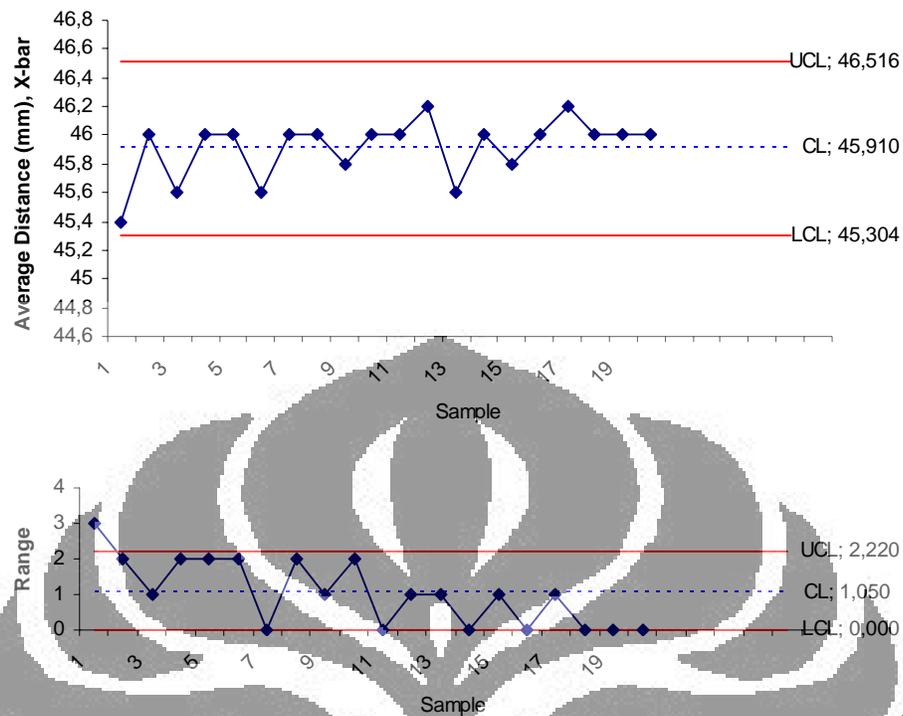
Dari gambar 4.7 terlihat bahwa kemampuan proses jig lebih memiliki variasi yang lebih kecil dibandingkan dengan alat ukur penggaris. Dan kemampuan proses dari jig lebih mendekati nilai target yang dicapai dibandingkan dengan alat ukur penggaris:

#### **4.3 Tahap Control (Kontrol)**

Aktivitas utama dalam tahap *control* (Kontrol) adalah menjaga dan mempertahankan kondisi dari hasil perbaikan. Kontrol proses yang dilakukan dengan menggunakan *tools* X-R Control Charts dan point yang dikontrol adalah 2 kali diameter 5.5mm dengan jarak 46mm. Dengan menggunakan hasil pengukuran pada tabel 4.7 maka dapat dilihat hasil control chart pada gambar 4.8.

Tabel 4.7 Control Chart Setelah menggunakan Jig

VARIABLES CONTROL CHART (Xbar & R)																					
PART NAME (PRODUCT) : RISER					OPERATION (PROCESS) : MARKING PROCESS										PART NO. : SEM101079-01 00						
OPERATOR : RIKO BAHTIAR					MACHINE : MARKING					UNIT OF MEASUREMENTS :mm					SPECIFICATION LIMITS : 44-48						
MONTH : NOVEMBER 2009																					
DATE :		2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	16	17	18	19	20	23	24	25	26	30
SAMPLE MEASUREMENTS	1	46	46	45	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	47	46	46	46
	2	47	47	45	46	46	46	46	45	46	45	46	47	45	46	45	46	46	46	46	46
	3	45	45	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
	4	45	46	46	47	45	44	46	47	46	47	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
	5	44	46	46	45	47	46	46	46	45	46	46	46	45	46	46	46	46	46	46	46
SUM		227	230	228	230	230	228	230	230	229	230	230	231	228	230	229	230	231	230	230	230
AVERAGE, Xbar		45.4	46	45.6	46	46	45.6	46	46	45.8	46	46	46.2	45.6	46	45.8	46	46.2	46	46	46
RANGE, R		3	2	1	2	2	2	0	2	1	2	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0
NOTES :																					



**Gambar 4.8** Control Charts lubang Diameter 5.5mm dengan Jarak 46mm

Dari gambar 4.8 di atas dapat terlihat bahwa proses marking lubang 2 kali diameter 5.5mm dengan jarak 46 mm setelah menggunakan jig, hasilnya masih terletak diantara batas kontrolnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses yang terjadi saat ini masih terkontrol.

## BAB 5 KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan terhadap peningkatan kualitas pada proses *marking* tembaga maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Permasalahan *defect marking* yang terjadi pada *part riser* tembaga disebabkan oleh faktor alat pengukuran (meteran penggaris) yang masih konvensional dalam proses *marking* di *part* tembaga, sehingga operator mengalami kesulitan dalam proses *marking* yang mengakibatkan sering timbul penyimpangan dalam proses *marking*.
2. Peningkatan kualitas pada proses *marking* tembaga dilakukan dengan pembuatan *jig marking* tembaga, yang memperoleh hasil menaikkan nilai  $C_p$  dan  $C_{pk}$  proses *marking*, dari  $C_p = 0.61$  menjadi  $C_p = 1.14$ , dan  $C_{pk} = 0.59$  menjadi  $C_{pk} = 1.07$ .

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis dapat menyarankan kepada peneliti di masa depan sebagai berikut :

1. Peningkatan kualitas pada proses *marking* dapat juga dilakukan dengan pembuatan alat bantu yang digabungkan dengan proses *punching*, sehingga proses untuk menghasilkan *part copper bar* dapat lebih cepat.
2. Perbaikan yang telah dilakukan dapat memperoleh hasil yang lebih baik bila seluruh karyawan dan management AREVA-T&d konsisten menjaga dan mempertahankan kondisi dari hasil perbaikan yang dilakukan.

## DAFTAR REFERENSI

- Pande, Peter S. and Robert P Neuman and Roland R. Cavanaugh. 2002, *The Six Sigma Way Team Fieldbook – An Implementation Guide for Project Improvement Teams*, New York : McGraw-Hill Inc.
- Rao, Ashoket al. 1996, *Total Quality Management, A Cross Functional Perspective*, Canada : John Wiley & Sons Inc.
- Hendradi, C.Tri. 2006, *Statistik Six Sigma dengan Minitab*, Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Harry, Mikel and Richard Schroeder. 2000, *Six Sigma : The Breakthrough Management Strategy Revolutioning. The World's Top Corporation Doubleday*, New York : Doubly Inc.
- Gaspersz, Vincent. 2002, *Pedoman Implementasi Program SIX SIGMA*, Jakarta : PT. Gramedia Utama.
- Eyans, James R. and William M. Lindsay. 2007, *An Introduction to Six Sigma & Process Improvement, Pengantar Six Sigma*, Jakarta : Penerbit Salemba Empat.
- Stagliano, Augustine A. 2005, *Rath & Strong's Six Sigma Advanced Tools Pocket Guide*, Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Massart, D.L. Vandeginse. Buydens. De jong, S. Lewi, P.J. and Smeyers-Verbeke, J. 1997, *Handbook Of Chemometrics and Qualimetrics : Part A*, Amsterdam : Elsevier Science.