



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**IDENTIFIKASI DAN PERBAIKAN GANGGUAN  
PADA PUTARAN POMPA OLI MESIN SEPEDA MOTOR  
DENGAN METODE SIX SIGMA**

**SKRIPSI**

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

**FIRMAN SYAHRONI GUSTAMAN  
0706200655**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
DESEMBER 2009**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Firman Syahroni Gustaman**

**NPM : 0706200655**

**Tanda tangan :**

**Tanggal : 20 Desember 2009**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Firman Syahroni Gustaman  
NPM : 0706200655  
Program studi : Teknik Industri  
Judul skripsi : Identifikasi dan perbaikan gangguan putaran pada pompa Oli mesin sepeda motor dengan metode six sigma.

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr.Ir. T.Yuri M.Z.,MEngSc ( ..... )  
Penguji : Ir.Amar Rachman MEIM ( ..... )  
Penguji : Ir.Isti Surjandari.,Ph.D ( ..... )  
Penguji : Ir.Fauzia Dianawati.,Msi ( ..... )

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 21 Desember 2009

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nyalah penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana Teknik Jurusan Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis telah berusaha untuk menyelesaikan skripsi ini dengan semaksimal mungkin dan atas bantuan berbagai pihak, sehingga bisa terselesaikan sesuai dengan rencana. Akhirnya atas terselesainya skripsi ini, penulis 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. Ayah dan ibu serta seluruh anggota keluarga dan kerabat penulis yang telah memberikan dukungan moral dan doa;
3. Kau yang jauh disana namun selalu dekat dihatiku, doa dan semangatmu selalu menyertaiku.
4. Rekan-rekan kerja di Divisi Procurement Engineering dan Divisi Quality Technology PT. Astra Honda Motor yang telah banyak membantu penulis dalam memberikan akses data seluas-luasnya yang penulis perlukan;
5. Rekan-rekan mahasiswa teknik industri program ekstensi kelas Depok angkatan 2007 yang selalu bekerja sama dan berdiskusi dengan penulis dalam penyelesaian skripsi ini;
6. Dan semua pihak yang penulis tidak bisa sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Semoga semua amal kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dibalas oleh Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan memiliki keterbatasan. Namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Jakarta, 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 : Firman Syahroni Gustaman  
NPM : 0706200655  
Program Studi : Teknik Industri  
Departemen : Teknik Industri  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

### **Identifikasi dan Perbaikan Gangguan pada Putaran Pompa Oli Mesin Sepeda Motor dengan Metode Six Sigma**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola 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 : Jakarta  
Pada tanggal : 21 Desember 2009  
Yang menyatakan

(Firman Syahroni Gustaman)

## ABSTRAK

Nama : Firman Syahroni Gustaman  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul : Identifikasi dan Perbaikan Gangguan Putaran pada Pompa Oli Mesin Sepeda Motor dengan Metode Six Sigma

Skripsi ini bertujuan untuk mendapatkan solusi dan alternatif perbaikan masalah kasus repair engine dikarenakan terjadinya gangguan pada putaran pompa oli yang akan berdampak pada temperatur mesin motor yang panas (over heat) yang bisa menyebabkan kerusakan pada komponen part engine lainnya

Metode yang digunakan digunakan adalah *Six Sigma* yang terdiri dari tahapan *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC). Aktivitas yang dilakukan pada tahap *define* adalah identifikasi masalah, menentukan *Critical To Quality* (CTQ), *Logic Tree Diagram*, SIPOC diagram. Tahap *measure* melakukan pemetaan proses, pengukuran terhadap kemampuan proses (Cp). Tahap *analyze* melakukan analisa terhadap kemungkinan-kemungkinan yang menyebabkan masalah dengan diagram tulang ikan (sebab akibat), *Failure Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA). Tahap *improve* melakukan perbaikan dari hasil-hasil analisa penyebab masalah. Tahap *control* melakukan monitoring terhadap perbaikan-perbaikan yang telah dilakukan, dengan menggunakan *Statistical Process Control* (SPC).

Dari tahapan perbaikan diatas didapatkan faktor yang mempengaruhi terjadinya gangguan pada putaran pompa olir adalah adanya penyimpangan pada concentricity spindle cam chain dan juga cacat pada permukaan diameter 8 dan 9 dari spindle. Berdasarkan tahap perbaikan yang dilakukan, metode six sigma sangat efektif dalam menyelesaikan masalah diatas ini diidentifikasi dengan naiknya nilai indeks kemampuan proses (Cp), menurunnya angka kegagalan proses dalam *Part Per Million* (PPM) dan naiknya nilai sigma level.

Kata kunci :  
Pompa Oli tersendat, *Spindle cam chain*, *Six Sigma*, *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC)

## ABSTRACT

Name : Firman Syahroni Gustaman  
Study Program : Industrial Engineering  
Title : Identification and Corective Action on Stucked Oil pump  
of Motorcycle Engine Using Six Sigma Method.

The purpose of this final project is to get the solution and the alternative corrective actions on repair engine claim's that cause of problem in oil pump wheeling. This problem has negative effects on engine temperature (engine over heat) that can appear damaged to the other engine component.

The method used in analyzing and solving the problem is Six Sigma, which includes the phases of Define, Measure, Analyze, Improve, Control (DMAIC). The activities on Define phase are problem identification, Critical to Quality decision making, logic Tree Diagram and SIPOC Diagram formulation. The next step is Measure phase, hich involves the activities of process mapping and Capability Process Index (Cp) measurement. The third step is Analyze phase. The activities done on this step are potential problem analysis using Fishbone diagram (cause and effect diagram), Failure Tree Analysis (FTA) and Failure Mode Effect and Analysis (FMEA). The phase is followed by Improve phase, including the activities of corrective action execution on the basis of potential problem analysis done on prior step. The final step is Activity Control phase; that is performing the monitoring action to the improvement outcome, using Statistical Process Control (SPC).

The conclusion obtained from doing those former activities is that the factors causing the stucked oil pump wheeling problem are concentricity of spindle cam chain out of specification and scrath on the surface diameter 8 and 9 spindle cam chain. Due to the completion of problem identification and corrective action, it can be concluded that six sigma method is very effective on problem solving. It is indicated by the increase of capability index value (Cp), the decrease of defect process index value in parts per million (PPM) and the increase of sigma level value.

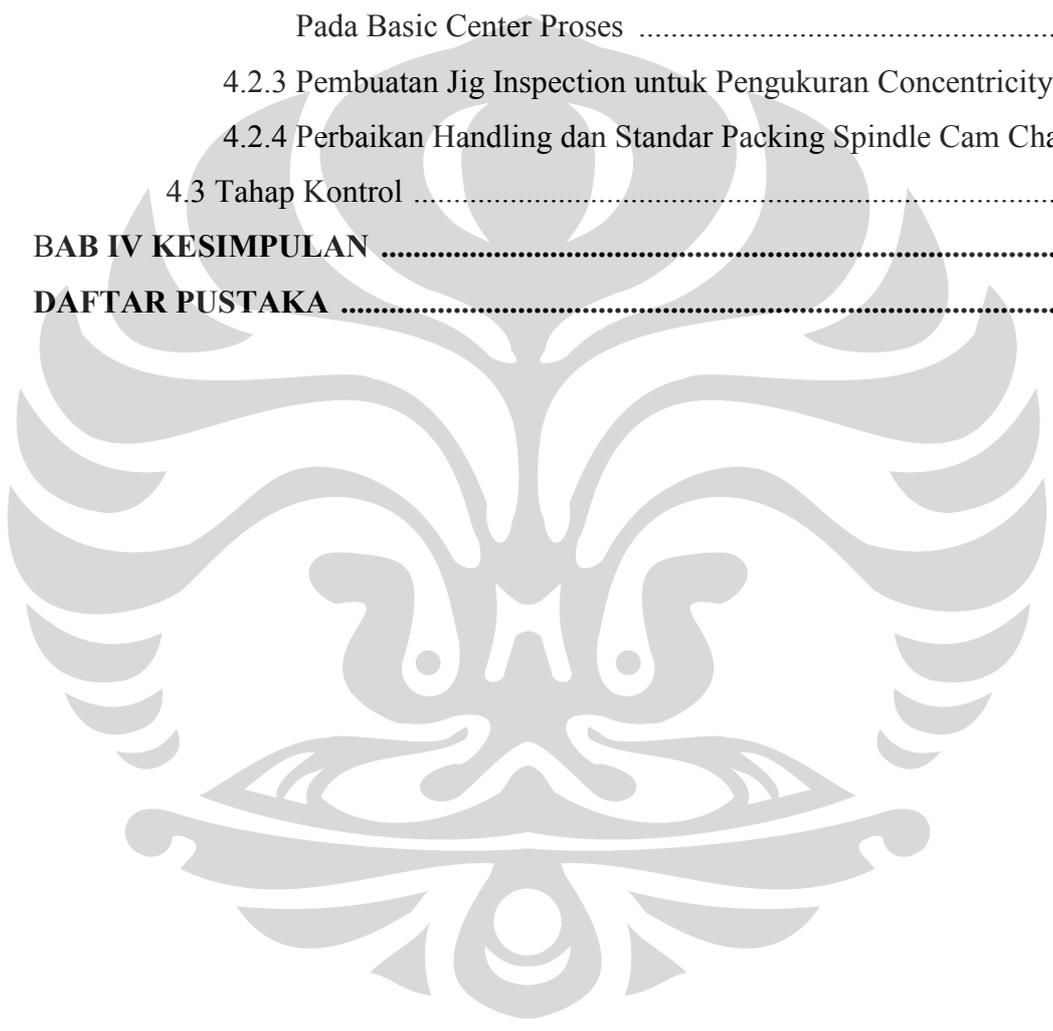
Keywords :  
Stucked Oil Pump, Spindle Cam Chain, Six Sigma, Define, Measure, Analyze, improve, control (DMAIC)

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Halaman Pernyataan Orisinalitas .....	ii
Halaman Pengesahan .....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir Untuk Kepentingan Akademis .....	v
Abstrak .....	vi
Daftar Isi .....	viii
Daftar Tabel .....	xi
Daftar Gambar .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah .....	2
1.3 Perumusan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	5
1.6 Metodologi Penelitian .....	5
1.7 Sistematika Penulisan .....	7
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Pengertian Six Sigma .....	8
2.2 Sejarah Singkat dan Konsep Six Sigma .....	9
2.3 Faktor Penting dalam Implementasi Six Sigma .....	11
2.4 Manfaat dan Keunggulan Six Sigma .....	12
2.5 Tahapan DMAIC .....	14
2.5.1 Define .....	14
2.5.2 Measure .....	17
2.5.2.1 Kapabilitas Proses (Cp) .....	18
2.5.2.2 Indeks Kapabilitas Proses (Cpk) .....	21
2.5.2.3 Hubungan antara Cp, Cpk dan Level Sigma .....	23
2.5.2.4 Transformasi Z .....	24
2.5.3 Analisis (Analyze) .....	26

2.5.3.1 Metode Pemilihan Faktor-faktor .....	26
2.5.3.2 Diagram sebab akibat .....	27
2.5.3.3 Failure Mode and Effect Analysis .....	28
2.5.4 Improve .....	33
2.5.5 Kontrol .....	33
<b>BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA</b>	
3.1 Definisi Masalah ( Define ) .....	36
3.1.1 Logic Tree Diagram Penyebab Gangguan pada Putran Pompa Oli .....	37
3.1.2 Data Repair Engine .....	38
3.1.3 Supplier, Input, Process, Output, Customer Diagram .....	40
3.1.4 Indikasi Penyebab Pompa Oli Tersendat .....	41
3.2 Tahap Pengukuran (Measure) .....	41
3.2.1 Pengukuran Lubang Dudukan Spindle pada Crank Case R .....	42
3.2.1.1 Peta Proses Machining Crank Case R .....	43
3.2.1.2 Pengukuran Kemampuan Proses (Cp) Machining Crank Case R .....	43
3.2.2 Pengukuran Lubang Dudukan Spindle pada Crank Case L .....	45
3.2.2.1 Pemetaan Proses Machining Crank Case L .....	45
3.2.2.2 Pengukuran Kemampuan Proses (Cp) Machning Crank Case L .....	46
3.2.3 Pengukuran Dimensi Spindle Cam Chain .....	48
3.2.3.1 Pemetaan Proses Spindle Cam Chain .....	50
3.2.3.2 Pengukuran Kemampuan Proses Spindle Cam Chain .....	51
3.2.4 Pengecekan Kondisi Putaran Pompa Oli .....	52
<b>BAB IV ANALISA DAN PERBAIKAN GANGGUAN PUTARAN POMPA OLI MESIN</b>	
4.1 Tahap Analisa (Analyze) .....	54
4.1.1 Analisa Concentricity Spindle Cam Chain Over Standar .....	55
4.1.1.1 Analisa Proses Spindle Cam Chain Guide .....	55

4.1.1.2 Diagram Sebab Akibat Concentricity Spindle Cam Chain Over Standar dan Cacat .....	59
4.1.1.3 Failure Tree Analysis (FTA) Spindle Cam Chain .....	60
4.1.1.4 Failure Mode Effect and Analysis (FMEA) .....	60
4.2 Tahap Perbaikan ( Improve ) .....	62
4.2.1 Perbaikan Basic Center Proses Grinding .....	63
4.2.2 Pengukuran Kemampuan Proses Grinding Setelah Perbaikan Pada Basic Center Proses .....	63
4.2.3 Pembuatan Jig Inspection untuk Pengukuran Concentricity .....	64
4.2.4 Perbaikan Handling dan Standar Packing Spindle Cam Chain ...	65
4.3 Tahap Kontrol .....	66
<b>BAB IV KESIMPULAN .....</b>	<b>68</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>69</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Yield dan DPMO .....	9
Tabel 2.2 Hubungan antara Cp dengan Kapabilitas Proses .....	19
Tabel 2.3 Nilai Chart Faktor .....	20
Tabel 2.4 Hubungan antara Cp, Cpk dan Sigma Level .....	24
Tabel 2.5 Short Term Capability & Long Term Capability .....	26
Tabel 2.6 Form FMEA .....	29
Tabel 2.7 Panduan Merangking Severity .....	30
Tabel 2.8 Panduan Merangking Detection .....	31
Tabel 2.9 Panduan Merangking Occurrence .....	32
Tabel 3.1 Data Repair Engine .....	38
Tabel 3.2 Rekap Data Repair Engine yang disebabkan pompa oli tersendat .....	39
Tabel 3.3 Penyebab Pompa Oli Tersendat .....	41
Tabel 3.4 Data Ukur Spindle Cam Chain .....	48
Tabel 3.5 Data Pengecekan Putaran Pompa Oli .....	53
Tabel 4.1 Analisa Teknis Penyebab Gangguan Putaran Pompa Oli .....	54
Tabel 4.2 Perbandingan Hasil Pengukuran Dial Indikator dengan panjang Indikator yang berbeda.....	58
Tabel 4.3 FMEA Proses Grinding dan Packing Spindle Cam Chain.....	61
Tabel 4.4 Analisa Penyebab Gangguan Putaran Pompa Oli (metode 5-Why) .....	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Posisi Pemasangan Pompa Oli pada Mesin .....	2
Gambar 1.2	Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
Gambar 1.3	Metode Penelitian.....	6
Gambar 2.1	Kosep Six Sigma .....	10
Gambar 2.2	Perusahaan Pengguna Six Sigma .....	14
Gambar 2.3	Contoh Diagram SIPOC.....	16
Gambar 2.4	Contoh Logic Tree Diagram .....	17
Gambar 2.5	Lebar Sebaran Proses dan Lebar Spesifikasi.....	18
Gambar 2.6	Pengaruh Nilai Deviasi terhadap $C_p$ .....	19
Gambar 2.7	Nilai $C_{pk}$ .....	22
Gambar 2.8	Formula Perhitungan $C_p$ dan $C_{pk}$ .....	23
Gambar 2.9	Konsep dari Nilai Z .....	24
Gambar 2.10	Transformasi Nilai Z .....	25
Gambar 2.11	Diagram Tulang Ikan .....	28
Gambar 2.12	Konsep FMEA .....	30
Gambar 2.13	Control Chart.....	35
Gambar 3.1	Posisi Pemasangan Pompa Oli pada Engine Motor .....	36
Gambar 3.2	Proses Assy Pemasangan Spindle dan Oil Pump .....	36
Gambar 3.3	Logic Tree Diagram Penyebab Tersendatnya Putaran Pompa Oli .....	37
Gambar 3.4	Part yang Berhubungan dengan Kinerja Pompa Oli .....	38
Gambar 3.5	Grafik repair engine akibat putaran pompa oli tersendat .....	39
Gambar 3.6	Diagram SIPOC .....	40
Gambar 3.7	Ilustrasi Crank Case R .....	42
Gambar 3.8	Posisi Lubang Dudukan Spindle .....	42
Gambar 3.9	Peta Proses Machining Crank Case R .....	43
Gambar 3.10	Grafik data $C_p, C_{pk}$ , diameter 9 crank case R .....	44
Gambar 3.11	Crank Case L .....	45
Gambar 3.12	Peta Proses Machining Crank Case L .....	45
Gambar 3.13	Posisi lubang diameter 8 dudukan spindle .....	46

Gambar 3.14 Grafik data Cp,Cpk diameter 8 Crank Case L .....	47
Gambar 3.15 Spindle Cam Chain .....	48
Gambar 3.16 Posisi cacat pada spindle .....	49
Gambar 3.17 Proses Handling spindle .....	49
Gambar 3.18 Peta proses Spindle Cam chain .....	50
Gambar 3.19 Grafik data Cp, Cpk Concentricity Spindle .....	51
Gambar 3.20 Ilustrasi Pompa Oli .....	52
Gambar 4.1 Critical Proses Spindle Cam Chain .....	56
Gambar 4.2 Ilustrasi Metode inspection spindle cam chain .....	57
Gambar 4.3 Dial Indikator .....	57
Gambar 4.4 Proses Handling dan Packing Spindle .....	58
Gambar 4.5 Diagram sebab akibat masalah spindle .....	59
Gambar 4.6 Failure Tree Analysis Spindle Cam Chain.....	60
Gambar 4.7 Ilustrasi basic center proses grinding .....	63
Gambar 4.8 Kemampuan Proses Poin concentricity setelah perbaikan .....	64
Gambar 4.9 Perbandingan Metode pengecekan concentricity sebelum Dan sesudah perbaikan .....	65
Gambar 4.10 Perbaikan pada proses handling dan packing spindle .....	65

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan meningkatnya pasar otomotif di Indonesia khususnya pada industri sepeda motor mendorong bermunculannya produsen baru. Hal ini telah meningkatkan persaingan pada industri sepeda motor. Untuk dapat bertahan dalam persaingan tersebut setiap perusahaan harus dapat mengoptimalkan sistem-sistem yang ada didalamnya. Optimalisasi tersebut dapat dilakukan dengan melakukan perbaikan secara berkesinambungan ( continuous improvement ) pada kinerja sistem. Salah satunya adalah sistem pengontrolan kualitas.

Salah satu metode peningkatan kualitas yang banyak diterapkan pada dunia industri adalah metode *six sigma*. Awal tahun 1980-an, metode six sigma mulai diperkenalkan aplikasinya pada manufaktur oleh Motorola dan secara bertahap diaplikasikan juga pada sektor bisnis lain seperti perbankan, hotel, rumah sakit, dan sektor lainnya ( Mayor , 2003 ). Tidak hanya Motorola, tetapi banyak perusahaan besar seperti General Electric, Texas instrument, Allied signal, Eastman Kodak, GenCorp, siebe plc juga menerapkan six sigma ( Murphy, 1998 )

Pendekatan six sigma didasarkan atas teori kualitas jepang seperti : Total Quality Management (TQM), Kaizen, dan Quality Control Cycle (QCC) yang sering diaplikasikan pada proses manufaktur. Motorola mulai menerapkan six sigma pada tahun 1982 ketika program peningkatan kualitas mulai diimplementasikan secara terfokus pada proses manufaktur dengan target mereduksi biaya kualitas sebesar setengahnya. Usaha mereduksi biaya merupakan titik awal untuk melakukan perbaikan dan desain produk secara kontinu dengan menfokuskan pada desain kualitas dan sejumlah tools kualitas yang baru bagi karyawan.

Tingginya permintaan konsumen akan sepeda motor mewajibkan pihak produsen untuk meningkatkan kapasitas produksinya. Namun kadang pihak perusahaan sering mengabaikan kontrol kualitas sehingga sering terjadi proses repair

yang mengakibatkan target produksi tidak tercapai. Tingginya jumlah repair akan berdampak pada menurunnya part OK yang dihasilkan serta menambah cycle time untuk proses repair.

Salah satu jenis repair yang terjadi pada proses assembling engine dan membutuhkan penanganan yang serius adalah masalah pompa oli macet. Dampak yang diakibatkan jika pompa oli macet pada mesin motor antara lain :

- Sirkulasi oli tidak berjalan normal
- Mesin menjadi panas ( over heat )
- Suara mesin tidak normal ( noise )



Gambar 1.1 Posisi pemasangan pompa oli pada mesin

## 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Masalah utama pada penelitian ini adalah tingginya jumlah engine repair yang disebabkan oleh pompa oli macet. Dari hasil analisa terhadap kasus tersebut didapat beberapa permasalahan yang diindikasikan menjadi penyebab utama dari pompa oli macet yaitu antara lain :

### 1. Proses assembling yang tidak sempurna

- Pemasangan spindle cam chain yang tidak senter pada crank case.
- Pengencangan spindle yang tidak tepat sehingga menyebabkan terjadinya cacat

2. Adanya spindle cam chain dengan dimensi menyimpang dan cacat yang terpasang pada unit engine.

- Handling packing yang tidak baik.
- Jig inspection (pokayoke ) yg ada belum sempurna sehingga masih memungkinkan adanya part NG yg lolos.
- Kesalahan pemakaian toleransi alat ukur ( dial gauge ) pada proses inspection

3. Crank case R dan L bermasalah yang disebabkan diameter lubang dudukan spindle cam chain out of spec sehingga menyebabkan terjadinya gesekan antara spindle cam chain dan crank case yang berakibat putaran *oil pump* tidak *smooth*.

Hal-hal diatas diidentifikasi sebagai penyebab masalah terjadinya putaran pompa oli yang tidak sempurna.

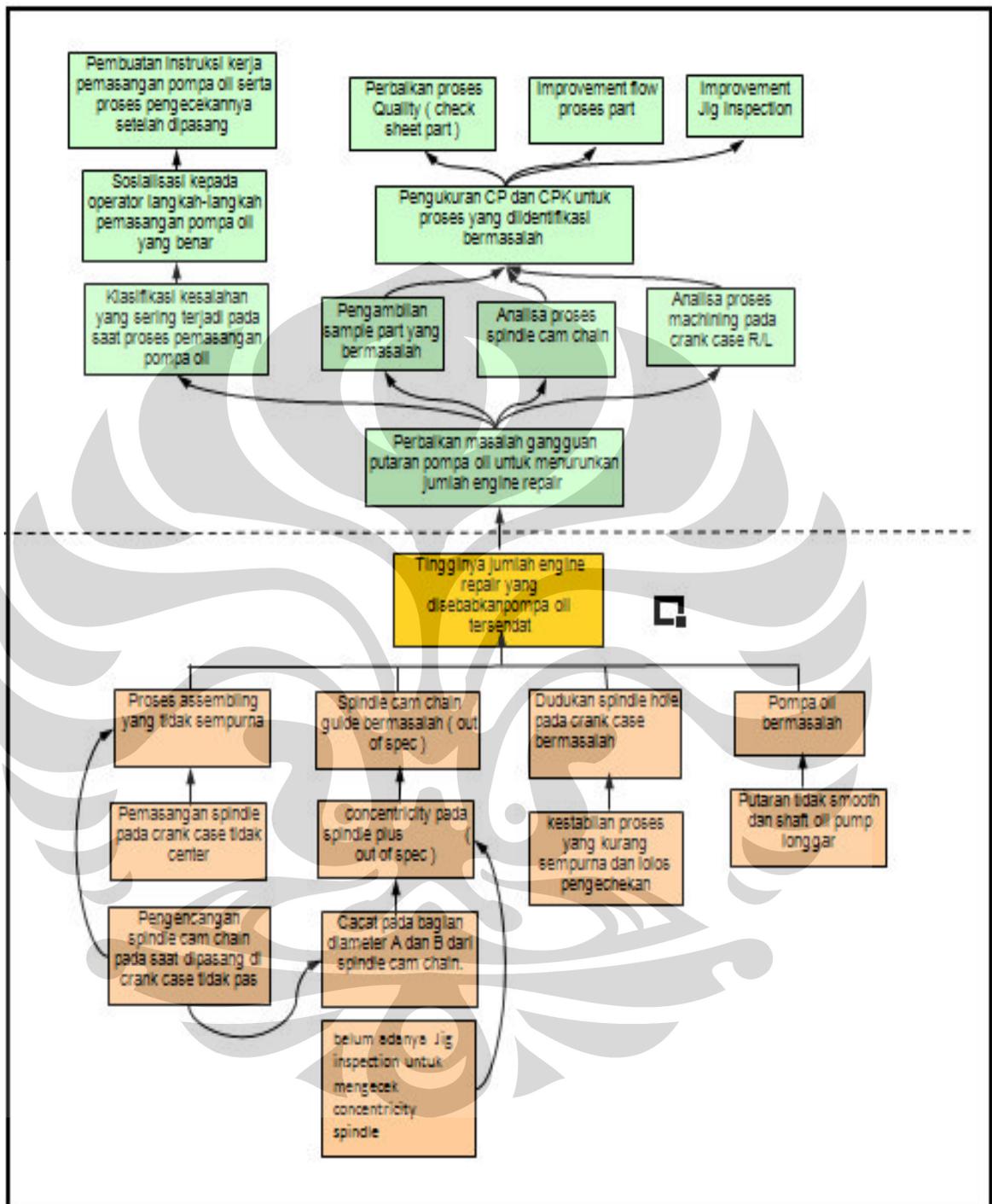
Adapun aktivitas perbaikan dari indikasi penyebab masalah diatas antara lain :

- Pengambilan sample dari unit engine yang mengalami masalah dan dilakukan analisa secara menyeluruh.
- Melakukan analisa proses terhadap part-part yang diindikasikan bermasalah.
- Melakukan analisa dan perubahan pada metode handling terutama pada standar packing pada part yang diindikasikan bermasalah.
- Mendesain ulang jig inspection untuk mencegah terjadinya part NG lolos proses.

Selain perbaikan secara teknis juga dilakukan perbaikan nonteknis seperti pembuatan intruksi kerja pemasangan spindle pada unit engine dan intruksi kerja pengecekan concentricity pada proses manufaktur spindle cam chain.

### 1.3 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah aplikasi six sigma untuk menurunkan jumlah engine repair yang disebabkan oleh putaran pompa oli yang tidak smooth ( halus ), dimana putaran pompa oli ini berpengaruh pada sirkulasi oli di mesin yang mana jika terganggu akan berdampak *engine over heat* dan kerusakan pada komponen engine lainnya.



Gambar 1.2 Diagram keterkaitan masalah

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini antara lain :

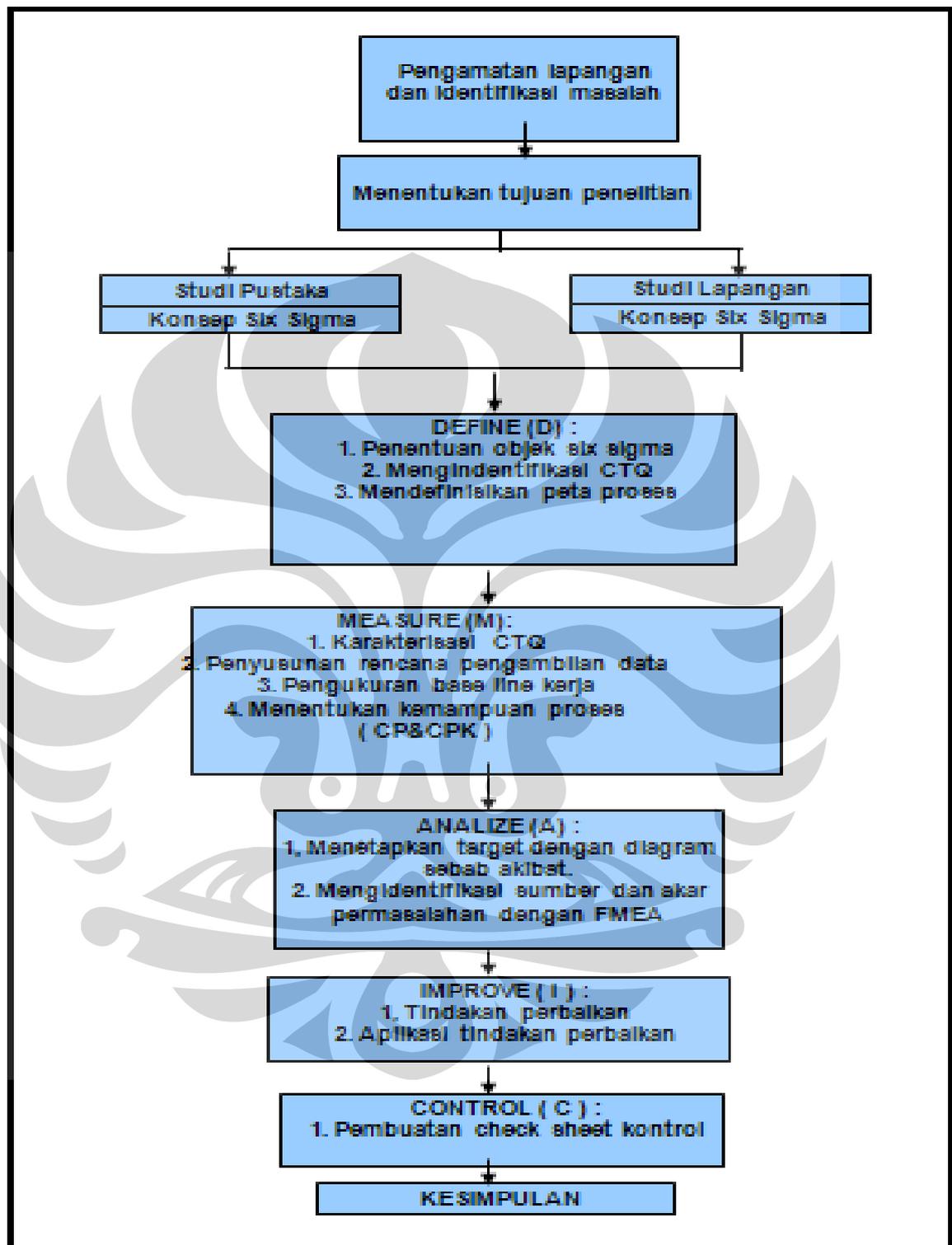
- Dapat mengidentifikasi akar penyebab dari gangguan pada putaran pompa oli mesin sepeda motor.
- Mendapatkan alternatif perbaikan ( *orective action* ) dari hasil identifikasi yang telah dilakukan.
- Melakukan perbaikan ( *improvement* ) terhadap faktor-faktor penyebab dan yang mempengaruhi terjadinya masalah pada putaran pompa oli mesin.

#### 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

- Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode six sigma.
- Kondisi lingkungan tidak mempengaruhi pada saat pengetesan maupun pengambilan data ukur.
- Analisa dilakukan pada pompa oli ( oil pump ) beserta part-part yang terkait dengan mekanisme kerjanya.
- Faktor biaya dalam pengambilan data dan pengetesan part diabaikan.
- Penelitian dan pengambilan data diambil dari salah satu kasus yang terjadi di line assy engine PT. Astra Honda Motor.

#### 1.6 Metodologi Penelitian

Untuk mempermudah pemahaman dan menstrukturkan konsep penelitian ini, penulis membagi proses penelitian ini menjadi beberapa tahap. Tahapan tersebut dapat dilihat pada diagram dibawah ini.



Gambar 1.3 Metode penelitian

## 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

### **BAB I   Pendahuluan**

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian yang ingin dicapai, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan yang digunakan.

### **BAB II   Landasan Teori**

Bab ini berisi teori yang dijadikan landasan dalam penelitian, baik pengetahuan maupun konsep dari literatur yang ada sesuai dengan pembahasan yang dilakukan. Dalam hal ini, meliputi sejarah *six sigma*, konsep-konsep dasar dan ruang lingkup *six sigma*, *basic quality control six sigma* yang disertai teori dan juga rumus dasar dari ilmu statistika. Selain itu juga menjabarkan dari langkah-langkah teori DMAIC ( *define, measure, analyze, improve and control* )

### **BAB III   Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Bab ini berisi data-data claim repair engine yang disebabkan terganggunya putaran oli mesin dari line produksi, kemudian membuat analisa penyebab masalah yang meliputi identifikasi CTQ, pemetaan proses, penghitungan nilai Cp dan Cpk dari proses tersebut.

### **BAB IV   Analisa dan Perbaikan Masalah**

Bab ini membahas mengenai langkah perbaikan dari hasil analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya yang meliputi perancangan suatu jig inspection ( pokayoke ) dan juga perubahan parameter proses.

### **BAB V   Kesimpulan**

Dalam bab terakhir ini, disajikan kesimpulan dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran baik untuk perusahaan maupun pengembangan penelitian yang lebih lanjut.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Pengertian Six Sigma

Menurut beberapa ahli, *Six Sigma* dapat diartikan sebagai berikut :

1. *Six Sigma* merupakan suatu metode atau teknik pengendalian dan peningkatan kualitas dramatik yang merupakan terobosan baru dalam bidang manajemen kualitas.<sup>1</sup>
2. *Six Sigma* adalah sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan, dan memaksimalkan sukses bisnis. *Six Sigma* secara unik dikendalikan oleh pemahaman yang kuat terhadap fakta, data, dan analisis statistik, serta perhatian yang cermat untuk mengelola, memperbaiki, dan menanamkan proses bisnis.<sup>2</sup>
3. *Six Sigma* adalah konsep statistik yang mengukur suatu proses yang berkaitan dengan cacat. *Six Sigma* pun merupakan falsafah manajemen yang berfokus untuk menghapus cacat dengan cara menekankan pemahaman, pengukuran, dan perbaikan proses.

Berdasarkan pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa *Six Sigma* merupakan suatu metode atau teknik dalam hal pengendalian dan peningkatan produk dimana sistem ini sangat komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan, dan memaksimalkan kesuksesan suatu usaha.

Simbol sigma ( $\sigma$ ) dalam statistik dikenal sebagai standar deviasi, yaitu suatu nilai yang menyatakan simpangan terhadap nilai tengah. Suatu proses dikatakan baik apabila berjalan pada suatu rentang ( range ) yang telah ditetapkan. Rentang tersebut memiliki batas, yakni batas atas ( *USL – upper specification limit* ) dan batas bawah ( *LSL – lower specification limit* ). Proses yang terjadi diluar rentang tersebut maka

---

<sup>1</sup> Vincent Gaspersz”Pedoman Implementasi Program Six Sigma”  
( Jakarta:PT.Gramedia Utama, 2002).

<sup>2</sup> Peter S.Pande”The Six Sigma Way” (New York:McGraw-Hill,2000)

dianggap cacat ( defect ). Proses 6 $\sigma$  berarti proses yang hanya menghasilkan 3,4 DPMO ( Defects Per Million Opportunities ).

Tabel 2.1 Perbandingan yield dan DPMO

Yield (probabilitas tanpa cacat)	DPMO (defect permillion opportunity)	Sigma
30.9 %	690.000	1
69.2 %	308.000	2
93.3 %	66.800	3
99.4 %	6.210	4
99.98 %	320	5
99.9997	3.4	6

Sumber : Vincent Gasvert, Pedoman implementasi six sigma,2002

*Six sigma* merupakan pendekatan menyeluruh untuk menyelesaikan masalah dengan berfokus kepada pengendalian produk atau proses sehingga sepanjang waktu dapat memenuhi persyaratan dari produk atau proses tersebut. Metode ini diterapkan melalui beberapa tahapan , yaitu : *define* , *measure*, *analyze*, *improve* dan *control* ( DMAIC ).

## 2.2 Sejarah singkat dan konsep six sigma

Adalah Carl Frederic Gauss ( 1777-1885 ) yang pertama kali memperkenalkan konsep kurva normal dalam bidang statistik. Konsep ini kemudian dikembangkan oleh Walter Shewart ditahun 1920 yang menjelaskan 3 sigma dari nilai rata-rata ( mean ) mengindikasikan perlunya perbaikan dalam suatu proses.

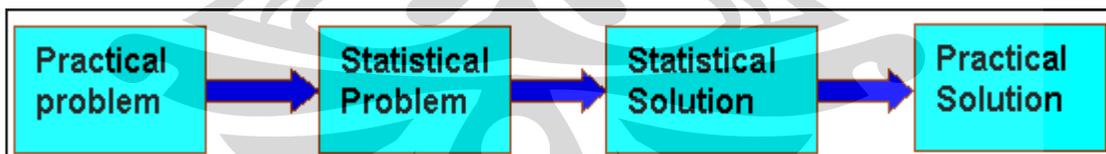
Pada akhir tahun 1970, Dr. Mikel Harry, seorang insinyur senior pada *Motorola's Government Electronics Group* (GEG) memulai percobaan untuk melakukan *problem solving* dengan menggunakan analisa statistik. Dengan menggunakan cara tsb, GEG mulai menunjukkan peningkatan yang dramatis: produk didisain dan diproduksi lebih cepat dgn biaya yg lebih murah. Metoda tsb kemudian ia tuliskan dalam sebuah

makalah berjudul "The Strategic Vision for Accelerating Six Sigma Within Motorola". Dr. Mikel Harry kemudian dibantu oleh Richard Schroeder, seorang mantan executive Motorola, menyusun suatu konsep change management yang didasarkan pada data. Hasil dari kerja sama tersebut adalah sebuah alat pengukuran kualitas yg sederhana yg kemudian menjadi filosofi kemajuan bisnis, yg dikenal dengan nama Six Sigma.

Menurut Peter Pande dkk dalam bukunya *The Six Sigma Way: Team Fieldbook*, ada enam komponen utama konsep Six Sigma :

1. Benar-benar mengutamakan pelanggan.
2. Manajemen yang berdasarkan data dan fakta.
3. Fokus pada proses.
4. Manajemen yang proaktif.
5. Kolaborasi tanpa batas.
6. Selalu mengejar kesempurnaan.

Konsep dasar Six Sigma banyak sekali diambil dari Total Quality Management (TQM) dan Statistical Process Control (SPC) dimana dua konsep besar ini diawali oleh pemikiran-pemikiran Shewhart, Juran, Deming, Crosby dan Ishikawa. Dari segi waktu, bisa dikatakan Six Sigma adalah hasil evolusi terakhir dari quality improvement yang berkembang sejak tahun 1940-an.



Gambar 2.1. Konsep six sigma

Apabila konsep six sigma akan diterapkan dalam bidang manufacturing, perhatikan enam aspek berikut :

1. Identifikasi karakteristik produk yang akan memuaskan pelanggan ( sesuai kebutuhan dan ekspektasi pelanggan ).

2. Mengklasifikasikan semua karakteristik kualitas itu sebagai CTQ ( critical to quality ) individual.
3. Menentukan apakah setiap CTQ itu dapat dikendalikan melalui pengendalian material, mesin, proses-proses kerja dan lain-lain.
4. Menentukan batas maksimum toleransi untuk setiap CTQ sesuai yang diinginkan pelanggan ( menentukan nilai USL dan LSL dari setiap CTQ )
5. Menentukan maksimum variasi proses untuk setiap CTQ ( menentukan nilai maksimum standar deviasi untuk setiap CTQ )
6. Mengubah desain produk dan/ atau proses sedemikian rupa agar mampu mencapai nilai target Six Sigma.

### **2.3 Faktor penting dalam implementasi six sigma**

Berikut ini adalah faktor-faktor yang penting didalam implementasi six sigma :

1. Dukungan dari Top level. Six sigma menawarkan pencapaian yg terukur yg tidak akan mampu ditolak oleh pemimpin perusahaan, yang dikerjakan oleh seorang super star yg sangat tahu apa yg harus dilakukan di bidangnya (Black Belt, Project Champion, Executive Champion).
2. Tim yang hebat. Para Executive Champion, Deployment Champions, Project Champions, Master Black Belts, Black Belts, dan Green Belts adalah orang-orang yg terlatih dengan baik untuk mengerjakan proyek Six Sigma.
3. Training yg berbeda dgn yg pernah ada. Anggota proyek Six Sigma adalah mereka yg pernah ditraining secara khusus dengan biaya antara \$15,000-\$25,000 per Black Belt, yg akan dibayar melalui saving yg didapat dari setiap proyek Six Sigma
4. Alat ukur yg baru, dengan menggunakan DPMO (Defects Per Million Opportunities) yang berhubungan erat dgn Critical to Quality (CTQ) yg diukur berdasarkan persepsi customer, yg bisa dibandingkan antar departemen atau divisi dalam satu perusahaan

5. Tradisi perusahaan yg baru, yaitu mempromosikan usaha untuk melakukan peningkatan kualitas secara terus menerus.

#### **2.4 Manfaat dan keunggulan six sigma**

Menurut Peter Pande (2002), terdapat beberapa manfaat Six Sigma bagi perusahaan yaitu :

- a) Menghasilkan sukses yang berkelanjutan. Cara untuk melanjutkan dan tetap menguasai pertumbuhan sebuah pasar yang aman adalah dengan terus menerus berinovasi dan membuat kembali organisasi. Six Sigma menciptakan keahlian dan budaya untuk terus menerus bangkit kembali.
- b) Mengatur tujuan kinerja untuk setiap orang. Dalam sebuah perusahaan, membuat setiap orang bekerja dalam arah yang sama dan berfokus satu tujuan bersama. Masing-masing fungsi, unit bisnis, dan individu mempunyai sasaran dan target yang berbeda-beda. Sekalipun demikian, ada hal yang dimiliki oleh semua orang di dalam maupun di luar perusahaan. Six Sigma menggunakan hal tersebut untuk menciptakan sebuah tujuan yang konsisten.
- c) Memperkuat nilai pada pelanggan. Dengan persaingan yang ketat di setiap industri, biaya pengiriman produk dan jasa yang bermutu ataupun bebas cacat tidaklah menjamin sukses. Fokus pada pelanggan dan merencanakan bagaimana mengirimkannya kepada mereka secara menguntungkan.
- d) Mempercepat tingkat perbaikan. Dengan teknologi informasi yang menentukan kecepatan langkah, maka harapan pelanggan terhadap perbaikannya semakin nyata. Perusahaan yang tercepat melakukan perbaikan, kemungkinan besar akan memenangkan persaingan, dengan menjamin alat-alat dan ide-ide dari banyak disiplin ilmu.
- e) Mempromosikan pembelajaran. *Six Sigma* merupakan suatu pendekatan yang meningkatkan dan mempercepat perkembangan dan penyebaran ide-ide baru di sebuah organisasi keseluruhan. Orang-orang yang terlatih dengan keahlian dalam banyak proses serta bagaimana mengelola dan memperbaiki proses, dapat dipindah ke devisi lain dengan kemampuan untuk menerapkan proses dengan lebih cepat.

- f) Melakukan perubahan strategi. Memperkenalkan produk baru, meluncurkan kerja sama baru, memasuki pasar baru, merupakan aktivitas-aktivitas bisnis sehari-hari yang biasa dilakukan oleh perusahaan. Dengan lebih memahami proses dan prosedur perusahaan, akan memberikan kemampuan yang lebih besar untuk melakukan penyesuaian kecil maupun penyesuaian besar.

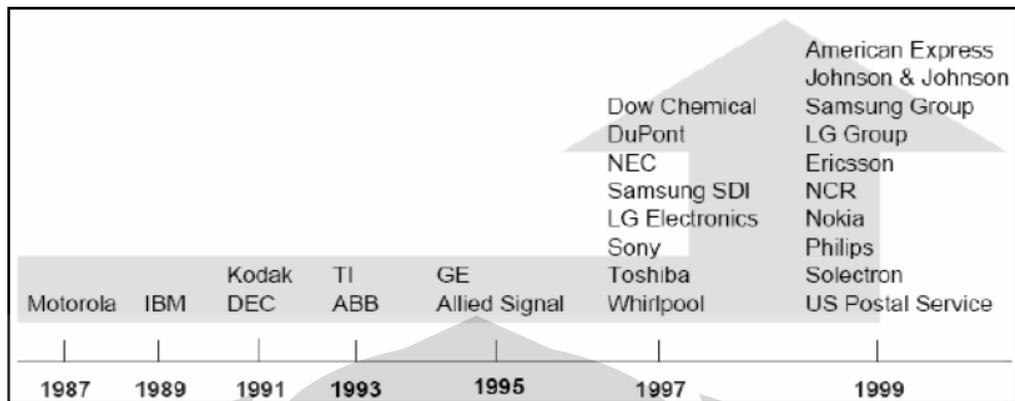
*Six Sigma* merupakan solusi bagi perusahaan untuk meningkatkan kinerjanya dalam memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan dan sebagai strategi bisnis yang menitikberatkan fokus kegiatan atau proses usaha pada penciptaan value produk dan jasa yang mendekati sempurna. Tujuan utama yang ingin dicapai six sigma selalu berusaha meningkatkan kepuasan pelanggan melalui pengurangan tingkat kesalahan (*defect*) dan waktu siklus.<sup>1</sup>

Six Sigma memiliki keunggulan, secara konseptual keunggulannya adalah sebagai berikut : (Pande et.al, 2002 ) :

1. Terdapat atau adanya hubungan ke lini dasar bisnis dan personal, dimana penempatan manajemen proses, perbaikan dan pengukuran kedalam tindakan sebagai bagian dari tanggungjawab sehari-hari terutama menajer produksi.
2. Kepemimpinan dibarisan depan, dimana kesiapan bagi sebuah perusahaan untuk masuk ke dalam six sigma adalah hanya ketika orang-orang atasnya membuat suatu keputusan bahwa perusabahan adalah penting bagi sukses terus menerus.
3. Mengadaptasi alat dan tingkat kekakuan lingkungan, dimana penggunaan alat dan pendekatan yang mendatangkan hasil dengan kemudahan dan kesederhanaan paling besar.
4. Six Sigma merupakan suatu perubahan inkremental eksponensial, dimana perbaikan kecil maupun besar adalah bagian penting dari siklus bisnis.

---

<sup>1</sup> Vincent Gaspersz”Pedoman Implementasi Program Sis Sigma ( Jakarta: PT.Gramedia Utama,2002)



Gambar 2.2 Perusahaan pengguna six sigma

## 2.5 Tahapan DMAIC

*Define, Measure, Analyze, Improve and Control* ( DMAIC ). Merupakan proses untuk peningkatan terus-menerus menuju target six sigma. DMAIC dilakukan secara sistematis, berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta ( *systematic, scientific and fact based* ). Proses closed-loop ini ( DMAIC ) menghilangkan langkah-langkah proses yang tidak produktif, sering berfokus pada pengukuran-pengukuran baru, dan menerapkan teknologi untuk peningkatan kualitas menuju target *six sigma*.

### 2.5.1 Define

Tahap *Define* adalah tahap pertama dari proses DMAIC, tahap ini bertujuan untuk menyatukan pendapat dari tim dan sponsor mengenai proyek yang akan dilakukan, baik itu ruang lingkup, tujuan, biaya dan target dari proyek yang akan dilakukan. Tahapan dalam *Define* :

#### 1. Mendefinisikan kriteria pemilihan proyek.

Pemilihan proyek biasanya dilihat dari faktor-faktor penting dalam bisnis (biaya, keuntungan dll) dan ada juga yang didapat dari ide dari berbagai sumber (data proses, informasi penjualan dan pelanggan, opini pekerja dll). Proyek yang akan dipilih untuk diimplementasikan dilihat dari seberapa besar pentingnya proyek terhadap perusahaan dan pelanggan.

## 2. Pembuatan proposal proyek dan pembetukan tim.

Proposal proyek yang berisi tujuan proyek, batas waktu dan tim yang terbentuk.

## 3. Menentukan ruang lingkup proyek.

Ruang lingkup proyek digunakan untuk mengidentifikasi pihak-pihak yang terkait dengan proyek dan akan merasakan dampak dari proyek tersebut. Untuk mengetahui ruang lingkup proyek digunakan diagram SIPOC.

## 4. Mengumpulkan data mengenai VOC (*Voice of Customers*)

Pengumpulan data VOC (*Voice of Customers*) atau keinginan pelanggan terhadap produk yang dihasilkan.

## 5. Peninjauan ulang tahap *Define*

Beberapa tools yang digunakan dalam tahap *define* :

### 1. Brainstorming

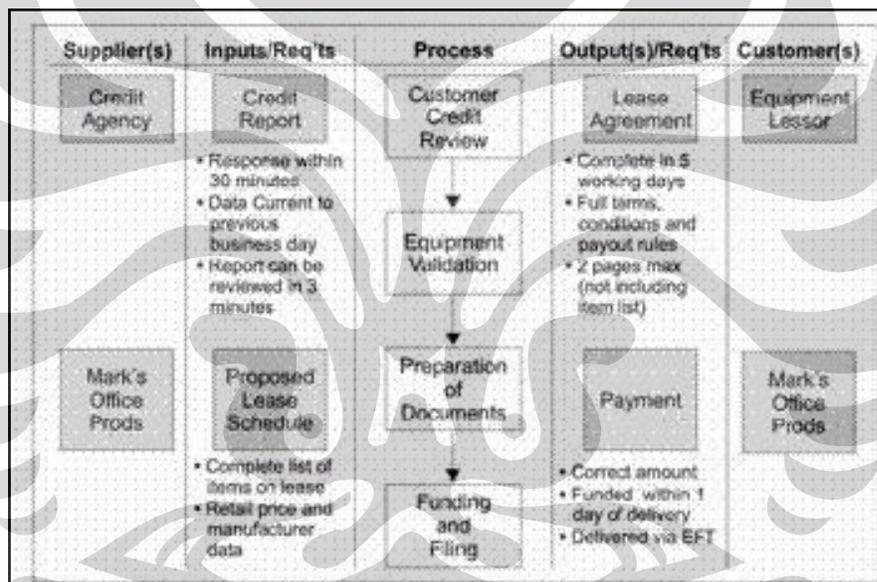
Suatu tools yang digunakan untuk menghasilkan ide dalam jangka waktu yang pendek, brainstorming juga merangsang kreativitas dalam berpikir tetapi tetap mempertimbangkan semua ide yang telah didapat.

### 2. Diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Costumer*)

SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Costumer*) digunakan untuk menunjukkan aktivitas mayor, atau subproses dalam sebuah proses bisnis, bersama-sama dengan kerangka kerja dari proses, yang disajikan dalam *Supplier, Input, Process, Output, Costumer*. Dalam mendefinisikan proses-proses kunci beserta pelanggan yang terlibat dalam suatu proses yang dievaluasi dapat didekati dengan model SIPOC (*supplier-Inputs- Process- Output-Costumer*). Model SIPOC adalah paling banyak digunakan manajemen dalam peningkatan proses. Nama SIPOC merupakan akronim dari lima elemen utama dalam sistem kualitas, yaitu:

- *Suppliers* adalah orang atau kelompok orang yang memberikan informasi kunci, material, atau sumber daya lain kepada proses. Jika suatu proses terdiri dari beberapa sub proses, maka sub proses sebelumnya dapat dianggap sebagai petunjuk pemasok internal (*internal suppliers*).
- *Inputs* adalah segala sesuatu yang diberikan oleh pemasok (*suppliers*) kepada proses.

- *Process* adalah sekumpulan langkah yang mentransformasi-dan secara ideal menambah nilai kepada *inputs* (proses transformasi nilai tambah kepada *inputs*). Suatu proses biasanya terdiri dari beberapa sub-proses.
- *Outputs* adalah produk (barang atau jasa) dari suatu proses. Dalam industri manufaktur *outputs* dapat berupa barang setengah jadi maupun barang jadi (*final product*). Termasuk kedalam *outputs* adalah informasi-informasi kunci dari proses.
- *Customers* adalah orang atau kelompok orang, atau sub proses yang menerima *outputs*. Jika suatu proses terdiri dari beberapa sub proses, maka sub proses sesudahnya dapat dianggap sebagai pelanggan internal (*internal customers*).



Gambar 2.3 contoh diagram SIPOC

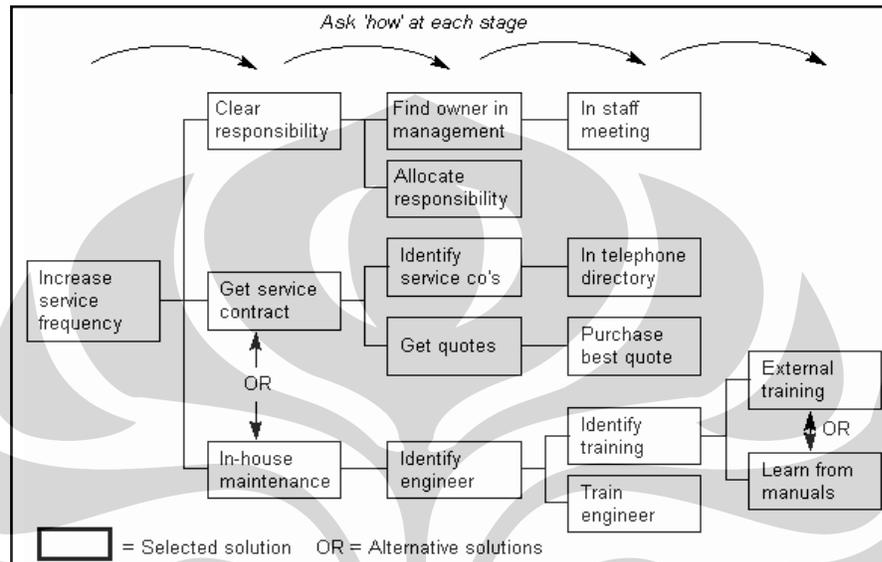
### 3. CTQ ( Critical to quality )

Atribut-attribut yang sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Merupakan elemen dari suatu produk, proses, atau praktek-praktek yang berdampak langsung pada kepuasan pelanggan.

### 4. Logic tree diagram ( diagram pohon )

Diagram pohon adalah suatu metode untuk menemukan akar penyebab masalah. Logic tree atau failure tree analysis ( FTA ) adalah suatu grafik atau diagram analisa

teknik. FTA akan menganalisa semua penyebab terjadinya masalah dan juga menganalisa potensi masalah yang mungkin terjadi. Setiap daftar penyebab masalah akan dianalisa berulang sampai ditemukan akar penyebab masalah. Langkah analisa ini dilakukan dengan metode “5 Why”.



Gambar 2.4 contoh Logic tree diagram

### 2.5.2 Measure

Merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas six sigma. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan dalam tahap measure ( M ), yaitu :

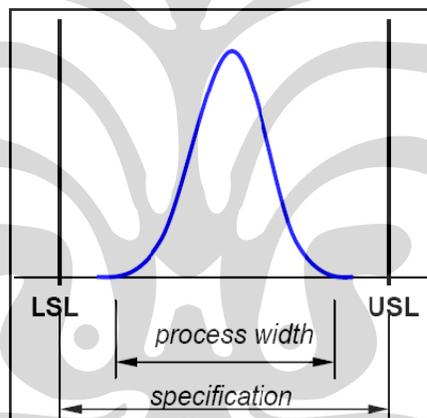
1. Memilih atau menentukan karakteristik kualitas ( CTQ ) kunci yang berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan.
2. Mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, *output*, dan/atau *outcome*.
3. Mengukur kinerja sekarang ( *current performance* ) pada tingkat proses, *output*, dan/atau *outcome* untuk ditetapkan sebagai *baseline* kinerja ( *performance baseline* ) pada awal proyek *six sigma*.

### 2.5.2.1 Kapabilitas Proses ( Cp )

Kapabilitas proses Cp didefinisikan sebagai rasio lebar spesifikasi terhadap sebaran proses, kemampuan proses membandingkan output *in-control process* dengan limit/batas spesifikasi menggunakan *capability indeks*. Nilainya dihitung berdasarkan formula :

$$C_p = \frac{\text{specification width}}{\text{process width}} \dots\dots\dots( 2.1 )$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \dots\dots\dots( 2.2 )$$



Gambar 2.5 lebar sebaran proses dan lebar spesifikasi

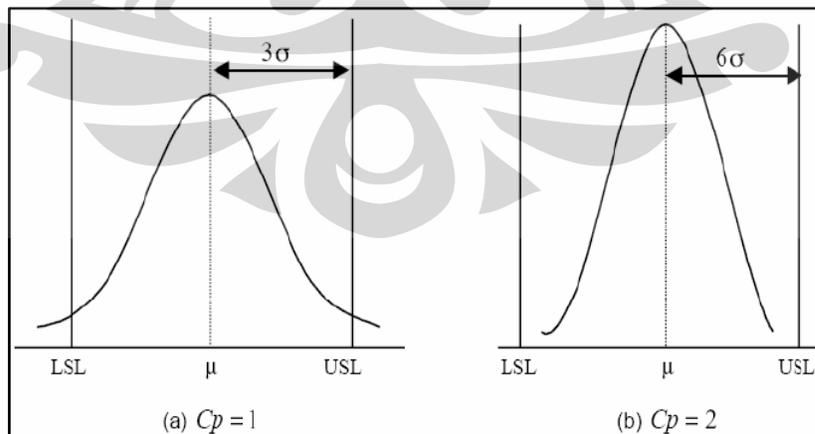
di mana USL = upper specification limit dan LSL = lower specification limit dari CTQ (critical-to-quality) yang ingin dikendalikan, sedangkan  $\sigma$  adalah nilai standar deviasi dari CTQ proses yang sedang dikendalikan itu. Persyaratan asumsi dari penggunaan formula ini adalah bahwa distribusi dari proses harus berdistribusi normal dan nilai rata-rata proses ( $\bar{X}$ ) harus tepat sama dengan nilai target (T), yang berarti nilai  $\bar{X}$  dari proses harus tepat berada di tengah dari interval nilai USL dan LSL.

Jika persyaratan asumsi ini dapat dipenuhi, maka kita boleh menggunakan Tabel dibawah ini sebagai nilai referensi untuk menentukan kapabilitas proses yang sedang dikendalikan itu.

Tabel 2.2 Hubungan antara Cp dan kapabilitas proses

Cp	Kapabilitas proses
0.33	1.0 sigma
0.50	1.5 sigma
0.67	2.0 sigma
0.83	2.5 sigma
1.00	3.0 sigma
1.17	3.5 sigma
1.33	4.0 sigma
1.50	4.5 sigma
1.67	5.0 sigma
1.83	5.5 sigma
2.00	6.0 sigma
2.17	6.5 sigma
2.33	7.0 sigma

Ketika sebaran melebar (banyak variasi), maka nilai Cp kecil, hal tersebut mengindikasikan kemampuan proses rendah. Ketika sebaran proses menyempit (sedikit variasi) maka nilai Cp tinggi, hal ini mengindikasikan kemampuan proses lebih bagus.



Gambar 2.6 pengaruh nilai deviasi terhadap Cp

$$Variance = \frac{\sum_{n=1}^i (X_i + X)^2}{n-1} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$Standar\ deviasi\ (\sigma) = \sqrt{variance} \dots\dots\dots(2.4)$$

Jika menggunakan *Xbar-R Control Chart* dengan subgrup n, maka standar deviasi ( $\sigma$ ) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{R}{d_2} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$R = \frac{R_i}{n} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$d_2$  = nilai konstan yang tergantung dari jumlah subgrup n, nilai didapatkan dari tabel

2.3 dibawah ini

Tabel 2.3 Nilai *chart factor*

Observations in Sample, n	Chart for Averages			Chart for Standard Deviations						Chart for Ranges							
	Factors for Control Limits			Factors for Central Line			Factors for Control Limits			Factors for Central Line		Factors for Control Limits					
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	1/C <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>6</sub>	d <sub>2</sub>	1/d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267	
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.353	0	2.574	
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282	
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114	
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004	
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924	
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864	
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816	
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777	
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744	
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717	
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693	
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672	
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653	
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637	
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622	
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608	
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597	
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585	
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575	
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566	
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557	
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548	
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541	

Sumber : *ASTRA-Q Series* oleh *Astra Management Development Institute*

Cp tidak menghitung pergeseran proses. Hal ini dilakukan dengan asumsi kondisi dianggap ideal ketika proses pada target yang diinginkan, pusat diantara dua batasan spesifikasi.

### 2.5.2.2 Indeks Kapabilitas proses Cpk.

Indeks kapabilitas proses Cp (pembahasan pada point 1 di atas), memiliki keterbatasan, yaitu:

1. indeks Cp tidak dapat digunakan apabila CTQ proses yang akan dikendalikan itu hanya memiliki satu batas spesifikasi (hanya memiliki USL atau LSL saja), dengan kata lain indeks Cp hanya dapat digunakan apabila CTQ proses yang akan dikendalikan itu memiliki dua nilai batas spesifikasi (USL dan LSL)
2. indeks Cp tidak mampu mendeteksi process centering, di mana jika nilai rata-rata proses ( $\bar{X}$ ) tidak tepat sama dengan nilai target (T), maka indeks Cp akan memberikan misleading results (hasil yang salah dalam pembuatan keputusan).

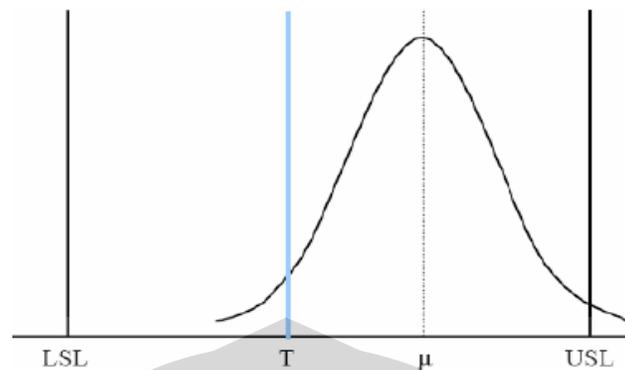
Untuk mengatasi kekurangan dari indeks Cp, maka kita dapat menggunakan indeks Cpk. Bagaimanapun juga, indeks Cpk baru dapat dipergunakan apabila memenuhi persyaratan asumsi bahwa proses yang dikendalikan itu harus berdistribusi normal. Jika persyaratan asumsi dari distribusi normal di atas dapat dipenuhi, maka indeks Cpk dihitung berdasarkan formula berikut :

$$Cpk = Cp ( 1 - k ) \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

$$k = \frac{|\text{target (T)} - \text{process mean } (\mu)|}{\frac{1}{2}(USL - LSL)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Ketika proses sempurna pada target, maka  $k=0$  dan  $Cpk=Cp$ . Cpk akan memuaskan apabila pergeseran data proses tidak jauh dari target (nilai k kecil) dan sebaran proses sekecil mungkin (variasi proses terlalu kecil).



Gambar 2.7 nilai Cpk

$$Cpk = Cp (1 - k) \frac{USL - LSL}{6\sigma} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$Cpk = (1 - k) \frac{|T - \mu|}{\frac{USL - LSL}{2}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Proses dianggap *capable* jika seluruh data pengukuran ada di dalam area batas spesifikasi (*specification limits*). Jika spesifikasi hanya mempunyai satu batas yaitu batas atas saja (*upper*) atau batas bawah saja (*lower*) dan ketika target tidak ditentukan, maka Cp tidak bisa digunakan dan hanya menggunakan Cpk. Penghitungan Cpk sering menggunakan *Capability Process Upper* (CPU) atau *Capability Process Lower* (CPL). CPU adalah toleransi atas dibagi dengan aktual sebaran proses atas. CPL didefinisikan sebagai toleransi bawah sebaran dibagi dengan aktual sebaran proses bawah.

$$Cpk = \frac{|\text{process mean } (\mu) - \text{closer spec limit } \mu|}{3\sigma} \dots\dots\dots(2.11)$$

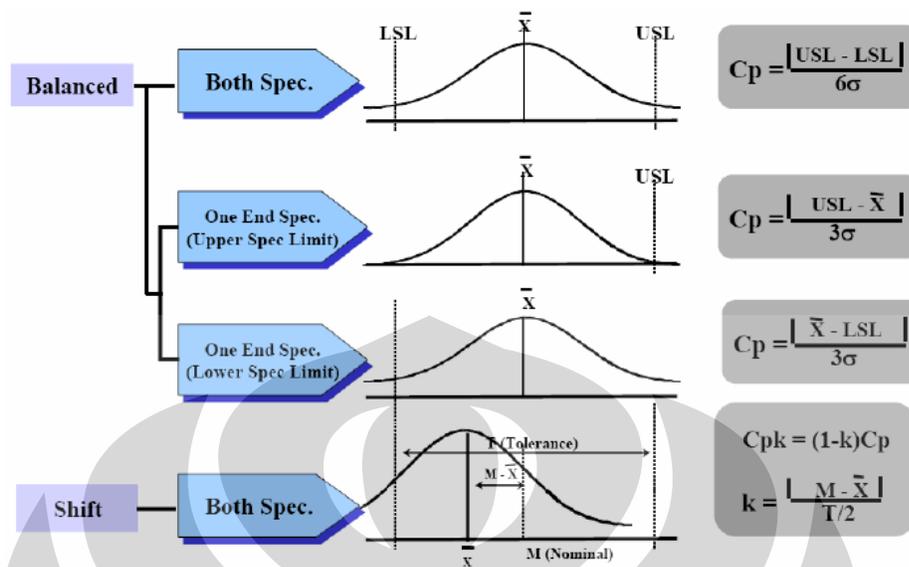
$$Cpu = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$Cpl = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \dots\dots\dots(2.13)$$

Cpk didefinisikan nilai minimum dari CPU atau CPL

$$Cpk = \min ( Cpu, Cpl ) \dots\dots\dots(2.14)$$

Berikut ini gambar yang menunjukkan rumus-rumus Cp yang digunakan sesuai dengan spesifikasi atau toleransi yang ada.



Gambar 2.8 formula perhitungan Cp&Cpk

**2.5.2.3 Hubungan antara Cp, Cpk dan Level Sigma**

Jika rata-rata proses dipusat sebaran dimana  $\mu = T$ , dan  $USL - LSL = 6\sigma$ , kemudian dari rumus Cp, jika nilai  $C_p = 1$  dan jarak dari  $\mu = 3\sigma$ . Sehingga level sigma adalah  $3\sigma$ .

$$\text{Sigma level} = 3 \times C_p \dots\dots\dots(2.15)$$

Untuk *long-term*, jika bias rata proses  $1.5 \sigma$  dan  $C_{pk} = 1$  kemudian level sigma menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Sigma level} &= 3 \times C_{pk} + 1,5 \\ &= 3 \times (C_{pk} + 0,5) \dots\dots\dots(2.16) \end{aligned}$$

Jadi hubungan Cp dan Cpk dalam *long-term* adalah :

$$C_{pk} = C_p - 0,5 \dots\dots\dots(2.17)$$

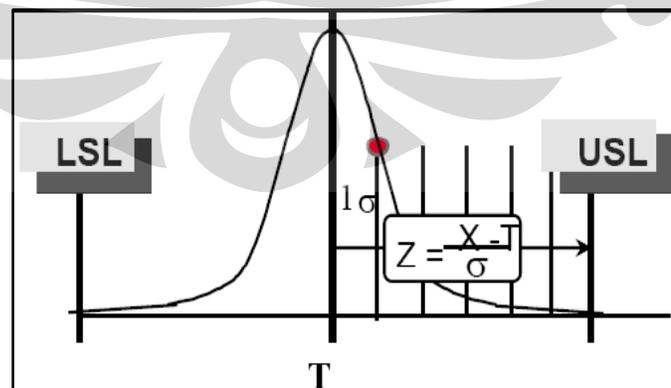
Tabel 2.4 Hubungan Cp,Cpk dan sigma level

$C_p$	$C_{pk}$ (5.1 $\sigma$ shift is allowed)	Quality level
0.50	0.00	1.5 $\sigma$
0.67	0.17	2.0 $\sigma$
0.83	0.33	2.5 $\sigma$
1.00	0.50	3.0 $\sigma$
1.17	0.67	3.5 $\sigma$
1.33	0.83	4.0 $\sigma$
1.50	1.00	4.5 $\sigma$
1.67	1.17	5.0 $\sigma$
1.83	1.33	5.5 $\sigma$
2.00	1.50	6.0 $\sigma$

Sumber : Six Sigma for Quality and Productivity Promotion oleh Sung H. Park

#### 2.5.2.4 Transformasi Z ( Z value )

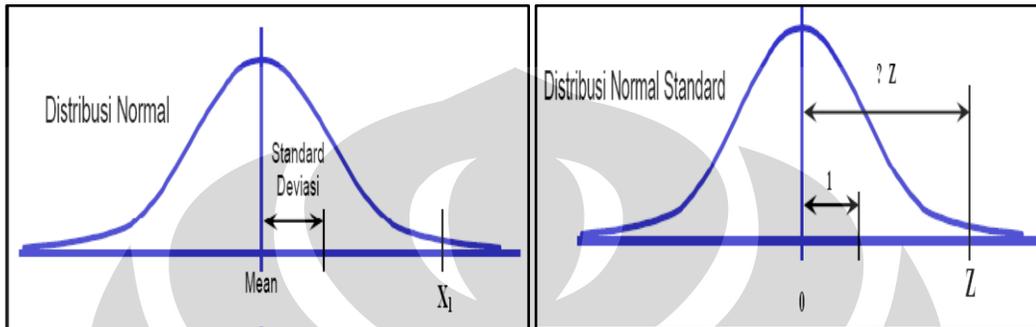
Z merupakan perbandingan Nilai Perbedaan antara X (USL atau LSL) dan target dibagi dengan standard deviation (sigma). Z-Value merupakan Standard terhadap nilai normal untuk Variasi Normal Distribusi sehingga memudahkan untuk analisa statistik. Z-Value adalah bagian dari sigma level. Bila nilai Z adalah 6, ini merupakan 6 sigma level. Dalam satu proses jika standar deviasi menunjukkan 6 yaitu antara Spesifikasi (USL dan LSL) hal tersebut disebut 6  $\sigma$  level,



Gambar 2.9 konsep dari nilai Z

Secara umum rumus Z adalah :

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{x - \bar{x}}{S} \dots\dots\dots(2.18)$$



Gambar 2.10 Transformasi nilai Z

Karakteristik dari nilai Z :

1. Transformasi ini menghasilkan suatu nilai dari suatu distribusi dimana  $Mean = 0$  dan  $\sigma = 1$ , seperti Gambar 2.9 Transformasi Z.
2. Nilai dari Z mengindikasikan seberapa jauh sebuah data ( $x$ ) dari nilai rata-ratanya ( $mean$ ) dalam satuan standard deviasi.
3. Guna memperkirakan *Defect Level* atau estimasi *yield*, kita dapat menggunakan *Lower Spec Limit* (LSL) dan *Upper Spec Limit* (USL) untuk  $x$ .
4. Dengan menggunakan metode ini, dapat mengkalkulasi proporsi dari produk yang keluar dari spesifikasi berdasarkan kondisi proses sekarang.

Nilai Z untuk *Short Term* ( $Z_{st}$ ) diambil dari hasil perhitungan kemampuan proses indeks ( $C_p$ ). Sedangkan untuk nilai Z *Long Term* ( $Z_{lt}$ ) diambil dari nilai  $C_{pk}$  atau nilai  $P_{pk}$  (apabila menggunakan program Minitab). Selisih antara  $Z_{st}$  dan  $Z_{lt}$  menghasilkan Z pergeseran ( $Z_{shift}$ ). Tabel 2.5 menunjukkan perbedaan antara kemampuan proses jangka panjang dengan kemampuan proses jangka pendek.

Tabel 2.5 Short term capability &amp; long term capability

<i>Short Term Capability</i> Kemampuan Jangka Pendek	<i>Long Term Capability</i> Kemampuan Jangka Panjang
1. Menghitung dari data yang diambil dalam periode waktu pendek yang tidak ada pengaruh luar terhadap proses	1. Menghitung dari data yang diambil pada periode yang cukup panjang yang bisa saja ada pengaruh factor luar terhadap suatu proses
2. $Z_{st}$ ( $\sigma_{st}$ ); $C_p$	2. $Z_{lt}$ ( $\sigma_{lt}$ ); $C_{pk}$ atau $P_{pk}$ (Minitab)
3. 3. Butuh teknologi untuk perbaikan kemampuan proses pada kondisi yang optimum.	3. 3. Perlu teknologi dan pengendalian untuk perbaikan
4. 6 sigma : $Z_{st}=6$ , $C_p=2$	4. 6 sigma : $Z_{lt}=4.5$ , $C_{pk}=1.5$
5. $Z_{st} = 3 \times C_p$	6. $Z_{lt} = 3 \times C_{pk}$ atau $3 \times P_{pk}$ (Minitab)

Sumber : *ASTRA-Q Series* oleh *Astra Management Development Institute*

### 2.5.3 Analisis ( Analyze )

Tahap *analyze* (analisis) merupakan metode untuk mencari pemilihan faktor-faktor dominan, menentukan kemampuan proses, dan mengidentifikasi sumber variasi.

*Tools-tools* yang biasa digunakan dalam tahap ini antara lain adalah :

1. Metode pemilihan faktor-faktor .
2. Diagram sebab akibat atau diagram tulang ikan ( fish bone diagram ).
3. *Failure Mode and Effect Analysis* ( FMEA ).

#### 2.5.3.1 Metode pemilihan faktor-faktor.

Metode pemilihan faktor-faktor merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan masalah untuk mengarahkan terhadap faktor-faktor penyebab masalah. Metode pemilihan faktor-faktor penyebab tersebut antara lain adalah :

1. Brainstorming
2. Logic tree diagram

## 1. Brainstorming

Untuk mengungkap ide-ide dengan cepat. Jenis-jenis Brainstorming *Free Wheeling*, *Round Robin*, *Card Method*, seperti dijelaskan dibawah ini.

- *Free Wheeling* : Semua anggota tim proyek memberikan ide-ide mereka dalam sebuah obrolan.
- *Round Robin* : Semua anggota tim proyek memberikan ide-ide mereka secara berputar bergiliran.
- *Card Method* : Mencatat ide-ide dari setiap anggota tim proyek dalam secarik kertas tanpa diskusi.

## 2. Logic Tree (*Structure Tree*, *Why Because*)

*Logic Tree* untuk menemukan faktor-faktor (X) yang mempengaruhi CTQ (Y) pada fase analisis dalam *six sigma*. Dapat membuat *Logic Tree* dengan mengatur kategori-kategori utama di sebelah kiri. Perhatikan prinsip-prinsip MECE (*Mutually Exclusive and Collective Exhaustive*).

### 2.5.3.2 Diagram sebab akibat atau diagram tulang ikan ( fish bone diagram )

Diagram ini digunakan untuk menggambarkan hubungan antara sebab dan akibat dari suatu kegiatan. Dengan diagram Ishikawa kita dapat menjabarkan banyak sekali semua penyebab, mulai dari penyebab yang paling dekat dengan akibat (masalah), sampai penyebab yang tidak dekat dengan akibat (masalah). Diagram Ishikawa biasa juga disebut sebagai diagram Tulang Ikan (*Fish Bone Chart*) karena melihat bentuk dari anak panah yang menyerupai tulang ikan.

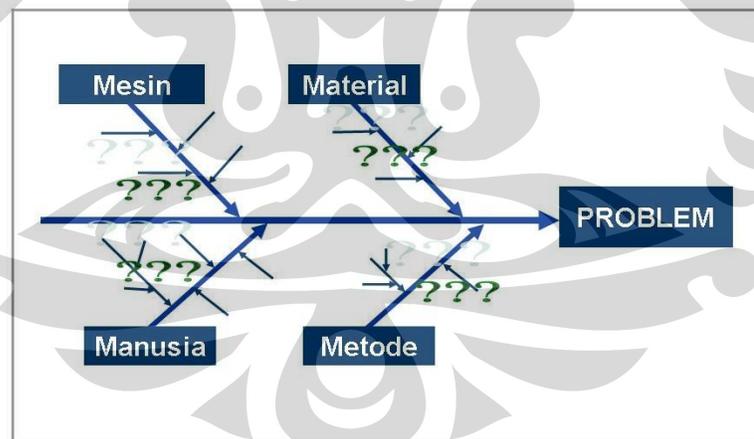
Untuk memudahkan dalam menginventarisasi semua penyebab yang berpengaruh terhadap akibat (masalah) dengan menggunakan diagram Ishikawa harus mempertimbangkan faktor 4M dan 1L yaitu : Mesin, Material, Metode (cara), *Man* (orang) dan Lingkungan, yang ditempatkan pada tulang ikan yang pertama.

Untuk menguraikan lebih dalam lagi semua penyebab, sebaiknya menggunakan metode sumbang saran (*brain storming*), karena semakin banyak informasi yang dikumpulkan, semakin baik hasilnya. Selain itu dengan metode bertanya “mengapa” yang berulang bisa mengefektifkan dalam menguraikan semua penyebab yang berpengaruh terhadap akibat, baik langsung maupun tidak langsung. Pertanyaan

“mengapa” ini bisa dihentikan, jika dirasakan pertanyaan “mengapa” tersebut sudah tidak diperlukan karena sudah terbayang suatu tindakan penanggulangan dari penyebab tersebut.

Langkah Pembuatan Diagram Sebab Akibat, sebagai berikut :

1. Tentukan masalah / sesuatu yang akan diperbaiki / diamati , usahakan adanya ukuran untuk masalah tersebut sehingga perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilakukan. Gambarkan panah dengan kotak di ujung kanannya dan tuliskan masalah / sesuatu yang akan di perbaiki / diamati itu dalam kotak.
2. Cari faktor-faktor utama yang berpengaruh atau mempunyai akibat pada masalah atau sesuatu tersebut. Tuliskan dalam kotak yang telah dibuat diatas dan dibawah panah yang ada kemudian tarik panah diantara kotak
3. Cari lebih lanjut, faktor-faktor yang lebih terinci yang berpengaruh atau mempunyai akibat pada faktor utama tersebut. Tulis faktor-faktor tersebut dikiri-kanan panah penghubung tadi dan buatlah panah dibawah faktor tersebut menuju garis penghubung.



Gambar 2.11 diagram tulang ikan

### 2.5.3.3 Failure Mode and Effect Analysis ( FMEA )

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah pendekatan analitis yang ditujukan untuk pencegahan masalah melalui penentuan prioritas potensial masalah dan

penanganannya. Dapat dikatakan juga bahwa FMEA adalah suatu sistem garis petunjuk, sebuah proses dan bentuk identifikasi dan prioritas terhadap potensial kegagalan dan masalah yang mungkin terjadi pada sebuah proses tersebut, yang perlu diperbaiki. Metode FMEA sudah banyak diaplikasikan dalam lingkungan *six sigma* pada kondisi untuk mencari masalah yang tidak hanya yang terjadi pada proses kerja dan perbaikan saja, tetapi juga dalam hal aktivitas pengumpulan data, suara pelanggan (Voice of Customer) dan prosedur.

Keunggulan dari FMEA antara lain :

1. Mencegah kegagalan yang mungkin terjadi dan jaminan pengurangan biaya.
2. Memperbaiki fungsi produk beserta kelemahannya.
3. Dapat mengurangi masalah yang terjadi pada proses manufaktur.
4. Mengurangi masalah proses bisnis.

Tabel 2.6 Form FMEA

Process/Product : _____		Prepared : _____		Page of : _____						
Responsib : _____		FMEA Date (Orig) : _____		Rev : _____						
No	Process Function (Step)	Potensial Failure Modes (Process defect)	Process Failure Effects	SEV	Class	Potensial causes of Failure	OCC	Current Process Control	DET	RPN

Sumber : *ASTRA-Q Series* oleh Astra Management Development Institute

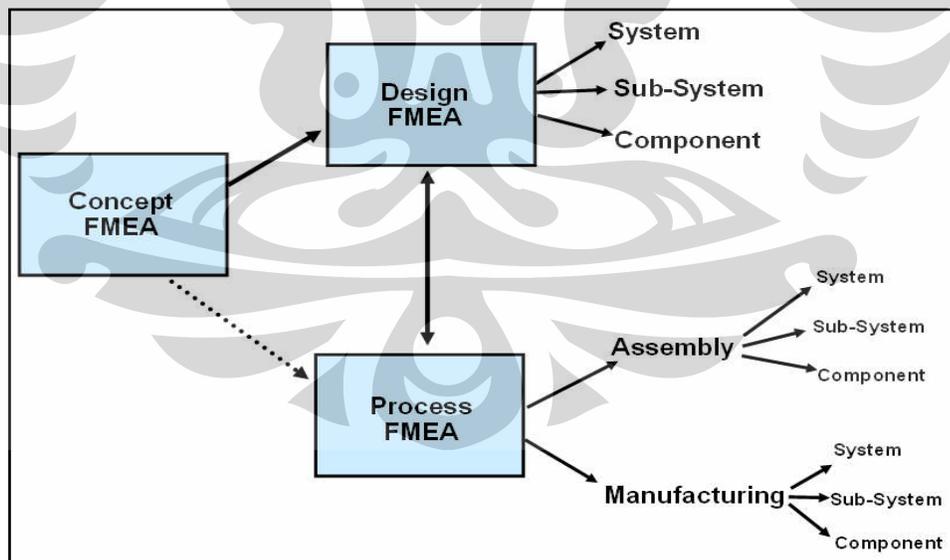
*Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), potensi kegagalan atau cacat diranking berdasarkan angka prioritas resiko atau *Risk Priority Number* (RPN) dari 1 sampai 1000 dan RPN dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\mathbf{RPN = SEVERITY \times OCCURRENCE \times DETECTION \dots\dots\dots(2.19)}$$

Dimana :

- Severity adalah kegagalan yg berpengaruh terhadap pelanggan.
- Occurrence adalah estimasi kemungkinan penyebab spesifik yang muncul.
- Detection adalah kemungkinan proses saat ini atau pengendalian desaian yang akan mendeteksi penyebab kegagalan.

Nilai prioritas resiko yang terdiri dari severity, occurrence dan detection dapat dilihat nilainya dari tabel dibawah ini :



Gambar 2.12 Konsep FMEA

Tabel 2.7 Panduan merangking *severity*

<b>Effect</b>	<b>Criteria : Severity of Effect Defined</b>	<b>Rank</b>
<i>Hazardous : Without warning</i>	<i>May endanger operator. Failure mode effects safe vehicle operation and/ or involves non-compliance with goverment regulation. Failure will occure Without warning.</i>	10
<i>Hazardous : with warning</i>	<i>May endanger operator. Failure mode effects safe vehicle operation and/or ivolves non-compliance with goverment regulation. Failure will occure With warning.</i>	9
<i>Very High</i>	<i>Major disruption to production line, 100% product may have to be scrapped. Vehicles/item inoperable, loss primary function. Customer very dissatisfied.</i>	8
<i>High</i>	<i>Minor disruption to production line. Product may have be sorted and a portion ( less than 100%) scrapped. Vehicle operable, but a reduced level of performance. Customer dissatisfied.</i>	7
<i>Moderate</i>	<i>Minor disruption to production line. A portion ( less than 100% ) may have to be scrapped (no sorting ).Vehicle/item operable but some confort/convenience item(s) inoperable. Customer discomfort.</i>	6
<i>Low</i>	<i>Minor disruption to production line. 100% of product may have to be reworked. Vehicle/item operable, but some confort/convenience item(s) operable at reduced levl of performance. Customer experiences some dissatis faction.</i>	5
<i>Very low</i>	<i>Minor disruption to production line. The product may have to be sorted and portion ( less than 100%) reworked. Fit/finish/squeak/ rattle item does not conform. Defected noticed by most customer</i>	4
<i>Minor</i>	<i>Minor disruption to line. A portion ( less than 100%) of the product may have to be reworked on-line but out of station. Fit/finish/ squeak/rattle item does not conform. Detect noticed by averaged customer</i>	3
<i>Very Minor</i>	<i>Minor disruption to line. A portion ( less than 100%) of the product may have to be reworked on-line but in the station. Fit/finish/squeak/ rattle item does not conform. Defected noticed by dicriminating customer</i>	2
<i>None</i>	No effect	1

Sumber : *Potential Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) oleh Chrysler, Ford and General Motors*

Tabel 2.8 Panduan merangking *detection*

<b>Detection</b>	<b>Criteria : Likelihood the existence of a defect will be detected by test content before product advances to next or subsequent process, or before part or component leaves the manufacturing line</b>	<b>Rank</b>
<i>Almost Impossible</i>	<i>No known control (s), available to detect failure mode</i>	<i>10</i>
<i>very remote</i>	<i>Very remote likelihood that current control(s) will detect failure mode</i>	<i>9</i>
<i>Remote</i>	<i>Remote likelihood that current control(s) will detect failure mode</i>	<i>8</i>
<i>Very Low</i>	<i>Very low likelihood that current control(s) will detect failure mode</i>	<i>7</i>
<i>Low</i>	<i>Low likelihood that current control(s) will detect failure mode</i>	<i>6</i>
<i>Moderate</i>	<i>Moderate likelihood that current control(s) will detect failure mode</i>	<i>5</i>
<i>Moderate</i>	<i>Moderate high likelihood that current control(s) will detect</i>	<i>4</i>
<i>High</i>	<i>Failure mode</i>	
<i>High</i>	<i>High likelihood that current control(s) will detect failure mode</i>	<i>3</i>
<i>Very High</i>	<i>Very High likelihood that current control(s) will detect failure mode</i>	<i>2</i>
<i>Almost certain</i>	<i>Current control(s) is very almost certain to detect the failure mode. Reliable detection controls are known.</i>	<i>1</i>

Sumber : *Potential Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) oleh Chrysler, Ford and General Motors*

Tabel 2.9 Panduang merangking *Occurrence*

<i>Probability of Failure</i>	<i>Possible Failure Rate</i>	<i>Cpk</i>	<i>Rank</i>
<i>Very high : Failure almost inevitable</i>	$\geq 1$ in 2	$< 0.33$	10
	1 in 3	$\geq 0.33$	9
<i>High : Generally associated with processes similar to previous processes that have often failed</i>	1 in 8	$\geq 0.51$	8
	1 in 20	$\geq 0.67$	7
<i>Moderate : Generally associated with processes similar to previous processes with have experienced occasional failures, but not in major proportions</i>	1 in 80	$\geq 0.83$	6
	1 in 400	$\geq 1.00$	5
	1 in 2,000	$\geq 1.17$	4
<i>Low : Isolated failures associated with similar processes</i>	1 in 15,000	$\geq 1.33$	3
<i>Very low : Only isolated failures associated with almost identical proceses</i>	1 in 150,000	$\geq 1.50$	2
<i>Remote : Failure is unlikely. No failures ever associated with almost identical processes</i>	$\leq 1$ in 1,500,000	$\geq 1.67$	1

Sumber : *Potential Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) oleh Chrysler, Ford and General Motors*

### 2.5.3 Improve ( perbaikan )

Kegiatan yang utama dalam tahap *improve* atau perbaikan adalah membuat ide-ide perbaikan terhadap faktor-faktor yang telah ditemukan dalam tahap Analisis *improve the critical factors*. Untuk memilih *tools* (alat-alat) *improve* yang sesuai pada kebanyakan masalah didapatkan dari *tools* dasar yang meliputi :

- Optimalisasi aliran proses.
- *work out, benchmarking, best practices* dan *brainstorming*.
- *Eksperimen* atau simulasi.
- Standarisasi proses.

### 2.5.4 Kontrol

Aktivitas utama dalam tahap *Control* adalah menjaga dan mempertahankan kondisi dari hasil ide-ide perbaikan *maintain the ideas*. *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)*.

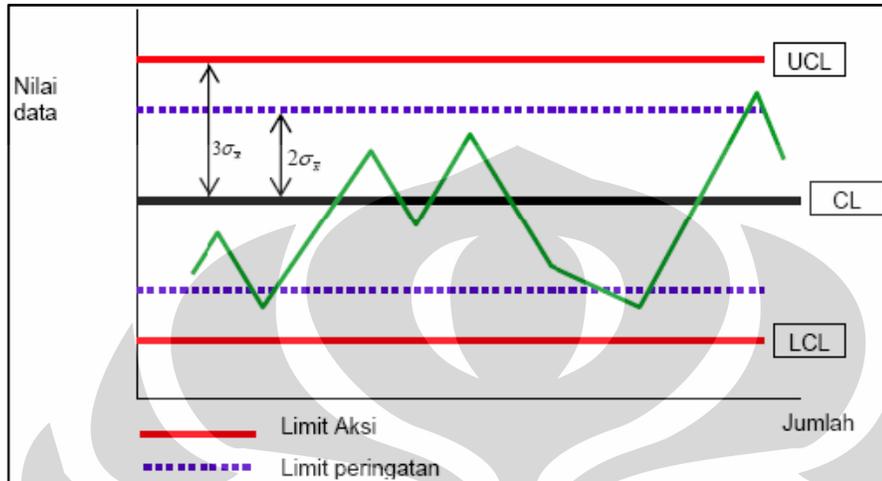
Tools SPC yang dipakai untuk pengontrolan proses yang sering dipakai adalah bagan kendali (*Control Chart*). Bagan pengendali merupakan grafik garis dengan mencantumkan batas maksimum yang merupakan batas daerah pengendalian. Bagan ini menunjukkan perubahan data dari waktu ke waktu tetapi menunjukkan 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 untuk ini adalah *control chart*.

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

Control chart tersusun dari :

- UCL ( *upper control limit* ) : batas kontrol atas.
- LCL ( *lower control limit* ) : batas kontrol bawah.
- CL ( *center Line* ) : nilai rata-rata dari data.
- *Range* antara UCL dan LCL dari CL sejauh 3 sigma.
- Jika data terletak antara UCL dan LCL menunjukkan proses terkontrol.
- Jika data terletak diluar range UCL dan LCL menunjukkan data tidak terkontrol.

- Dalam hal ini jika kita dapat menemukan penyebab khusus, selanjutnya dihilangkan maka proses menjadi terkontrol.



Gambar 2.13 control chart

#### Limit aksi dan limit peringatan

- Biasanya batas 3 *sigma* limit disebut limit 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.

## BAB III

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 3.1 Definisi Masalah ( Define )

Penentuan CTQ ( critical to quality ) adalah aktifitas utama dalam tahap define atau pendefinisian masalah. Yang menjadi latar belakang masalah dari penelitian ini adalah terjadinya claim dari assy engine mengenai tingginya jumlah engine repair yang diakibatkan terjadinya gangguan pada putaran pompa oli, dimana hal ini akan menyebabkan sirkulasi oli mesin yang tidak lancar yang akan berdampak terjadinya over heat pada engine motor dan jika hal ini sampai terjadi akan berimbas pada komponen engine lainnya yang akan menjadi cepat rusak.



Gambar 3.1 posisi pemasangan pompa oli pada engine motor

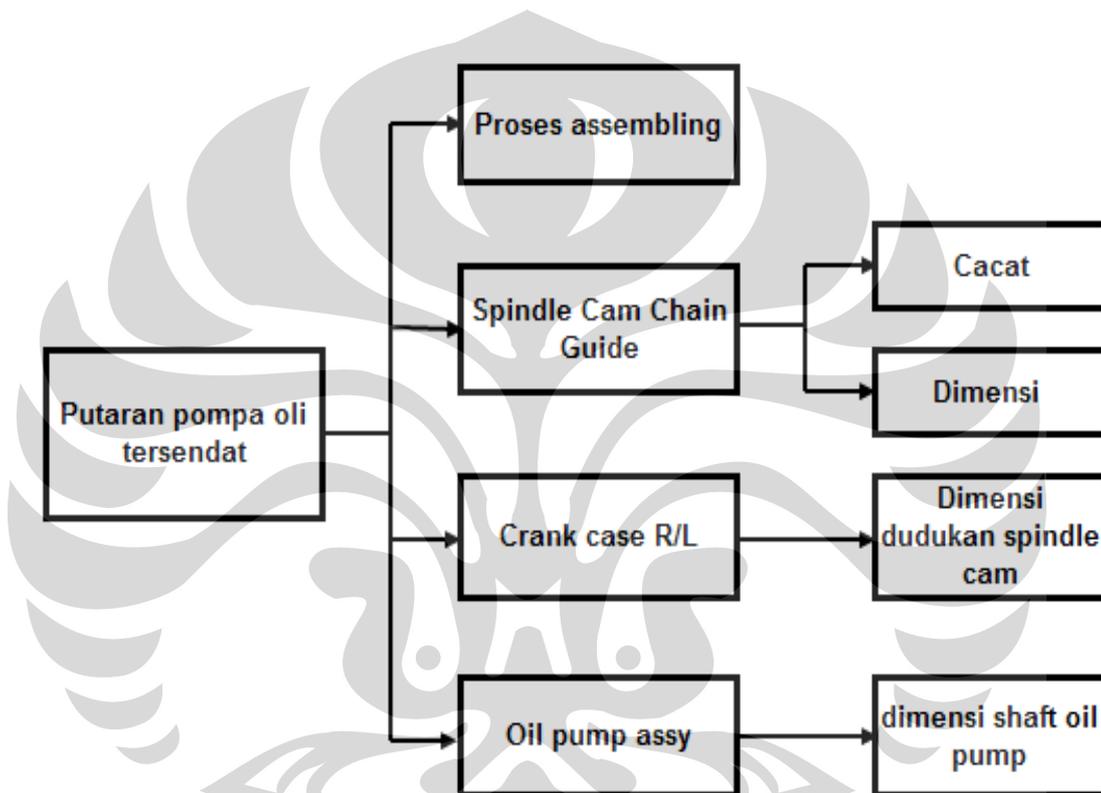


Gambar 3.2 proses assy pemasangan spindle dan oil pump

gambar diatas memperlihatkan ilustrasi posisi pemasangan pompa oli pada mesin sepeda motor serta proses assembling pemasangan spindle cam chain yang diindikasikan sebagai penyebab terjadinya gangguan pada putaran pompa oli.

### 3.1.1 Logic tree diagram penyebab gangguan pada putaran pompa oli

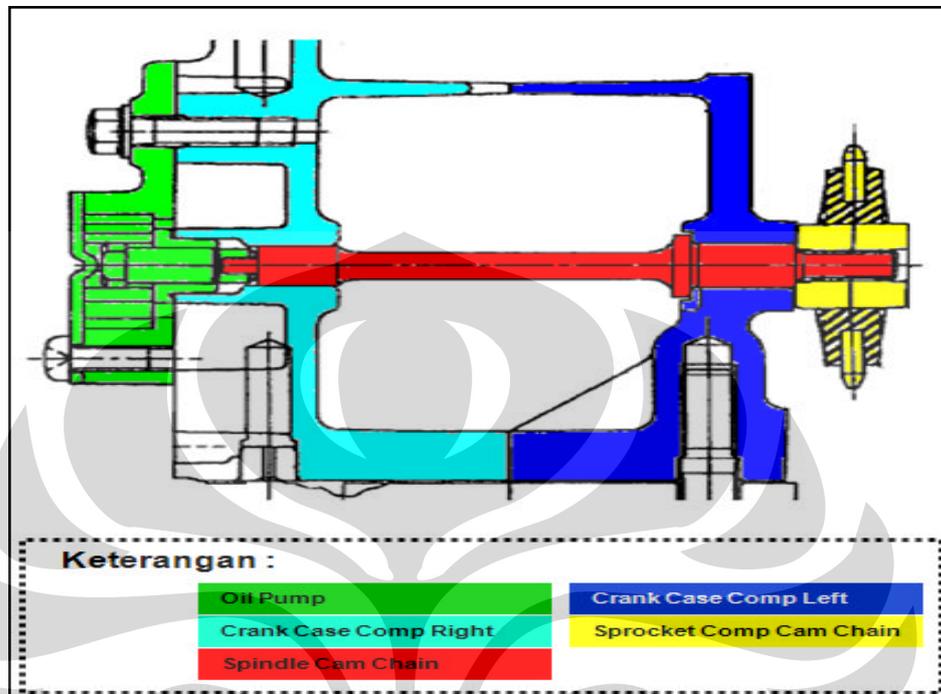
Beberapa kemungkinan yang menjadi penyebab terjadinya gangguan pada putaran pompa oli dapat dilihat pada logic tree diagram dibawah ini.



Gambar 3.3 Logic tree diagram penyebab tersendatnya putaran pompa oli

Dari gambar *logic tree* diatas dapat dilihat ada beberapa kemungkinan penyebab terjadinya gangguan pada putaran pompa oli diantaranya proses assembling yang tidak sempurna dimana bisa menyebabkan terjadinya cacat dan disfungsi pada part, selain itu juga terjadinya kelainan pada part-part lain yang berhubungan dengan pompa oli diantaranya *spindle cam chain guide sprocket*, *crank case right*, *crank case left*, dan *oil pump*. Kemungkinan-kemungkinan ini merupakan analisa awal dari penyebab terjadinya gangguan pada putaran pompa

oli. Analisa awal ini akan dijadikan patokan fokus untuk pengembangan analisa selanjutnya.



Gambar 3. 4 part yang berhubungan dengan kinerja putaran pompa oli.

### 3.1.2 Data Repair Engine

Berdasarkan hasil rekapan data repair engine dari bulan Desember 2008 sampai dengan Agustus 2009, jumlah *engine repair* yang diakibatkan oleh pompa oli tersendat paling tinggi dibandingkan dengan jenis repair engine lainnya. Data repair engine dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.1 Data repair engine

No	Jenis Defect	Bulan ( 2008 - 2009 )								
		Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus
1	Bocor	3	1	3	5	1	4	3	5	2
2	Painting pecah	2	0	3	4	2	0	2	2	0
3	Pompa oli tersendat	45	30	100	125	30	84	94	108	145
4	transmisi macet	0	0	2	0	0	0	0	0	0
5	engine noise	8	6	10	9	3	6	3	9	11

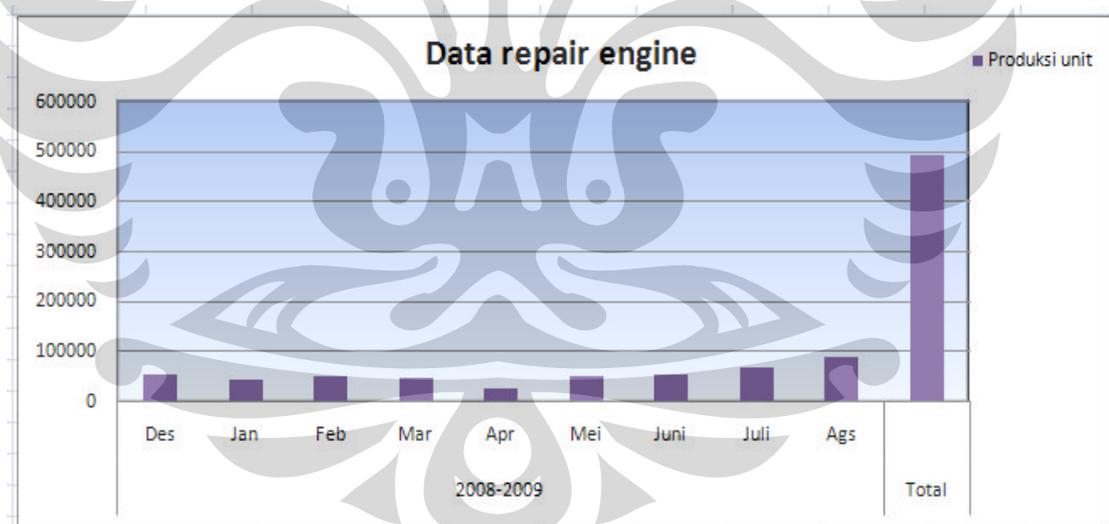
Tingginya jumlah *repair* ini berdampak pada terganggunya kelancaran proses produksi yang pada akhirnya menyebabkan target produksi harian yang tidak

tercapai. Selain itu juga dengan tingginya *repair engine* yang terjadi maka dibutuhkan man power tambahan untuk melakukan repair tersebut sehingga berdampak bertambahnya biaya proses produksi.

Berikut ini adalah data jumlah *repair engine* yang disebabkan pompa oli tersendat dibandingkan dengan total jumlah produksi perbulan dari bulan Desember 2008 sampai dengan Agustus 2009.

Tabel 3.2 Rekapitan data repair engine yang disebabkan pompa oli tersendat

	2008-2009										Total
	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Ags		
Line A	40	30	80	95	25	70	85	96	125	646	
Line B	5	0	20	30	5	14	9	12	20	115	
Total	45	30	100	125	30	84	94	108	145	761	
Produksi unit	54837	44762	52119	49044	27251	50402	54400	68650	89400	490865	
% claim	0,0821%	0,0670%	0,1919%	0,2549%	0,1101%	0,1667%	0,1728%	0,1573%	0,1622%	1,3649%	



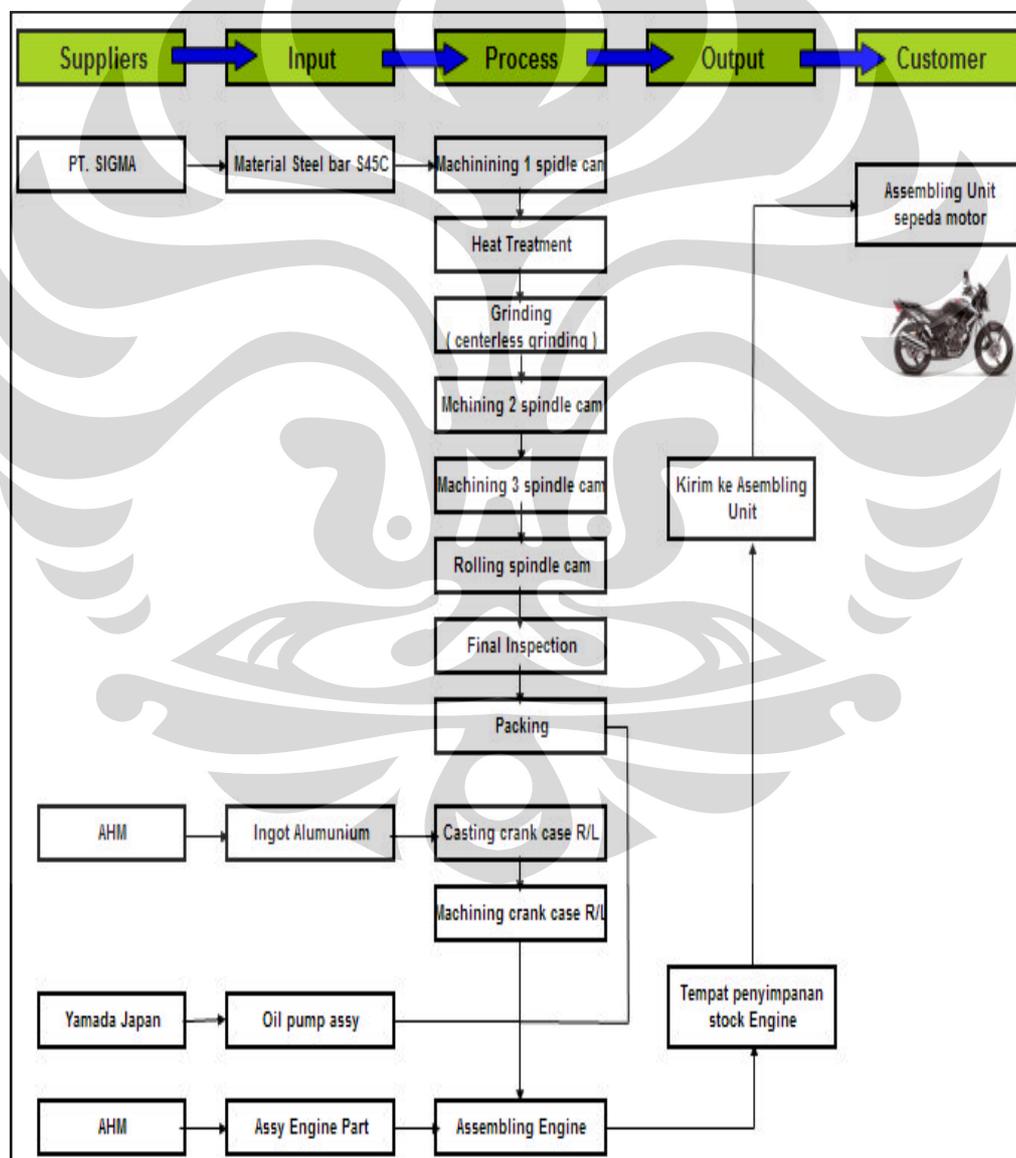
Gambar 3.5 grafik repair engine akibat pompa oli tersendat

Dari data diatas dapat dilihat jumlah *repair engine* sebanding dengan jumlah produksi, dimana pada saat produksi tinggi jumlah *repair engine* juga tinggi. Jumlah *repair engine* tertinggi terjadi pada bulan Agustus sebanyak 145 unit dengan total produksi 89.400 unit motor. Angka repair ini jika dibandingkan dengan total produksi sangatlah kecil namun sangat mengganggu kelancaran

proses produksi dikarenakan proses repair membutuhkan waktu yg cukup lama. *Repair* dilakukan dengan cara membongkar engine seperti pada tahap awal proses *assembling*.

### 3.1.3 Supplier, Input, Process, Output, Customers ( SIPOC ) diagram

Untuk mendefinisikan proses dari pompa oli ( *oil pump* ) serta *part-part* yang terkait dengan pompa oli mulai dari supplier material, proses produksi, *assy engine* sampai dengan *assy unit motor* maka dibuat peta *Suppliers, Input, Process, Output, Customer* ( SIPOC ) diagram. Adapun diagramnya seperti terlihat dibawah ini.



Gambar 3.6 Diagram SIPOC

### 3.1.4 Indikasi Penyebab Pompa Oli Tersendat.

Berdasarkan data yang ada, secara teknis beberapa kemungkinan yang menyebabkan terjadinya pompa oli tersendat adalah *part-part* yang berhubungan dengan sistem kerja dari pompa oli, adapun part-partnya adalah seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.3 penyebab pompa oli tersendat

No	Part	Indikasi masalah
1	Spindle cam chain	cacat pada bagian diameter 8 dan diameter 9 dimensi <i>concentricity over</i> standar
2	Crank case Right	Dimensi lubang dudukan spindle <i>over</i> standar
3	Crank case Left	Dimensi lubang dudukan spindle <i>over</i> standar
4	oil pump assy	putaran tidak <i>smooth</i>

Sedangkan untuk aspek non teknis penyebab dari putaran pompa oli yang tersendat adalah proses *assembling* dari pemasangan *spindle* yang tidak sempurna, dimana proses ini bisa menyebabkan kerusakan atau cacat pada *spindle* sehingga merubah dimensi dan menyimpang dari standar. Cacat itu sendiri diakibatkan dari benturan antara *impact* yang digunakan operator pada saat pemasangan *spindle* pada *crank case*.

### 3.2 Tahap Pengukuran ( *Measure* )

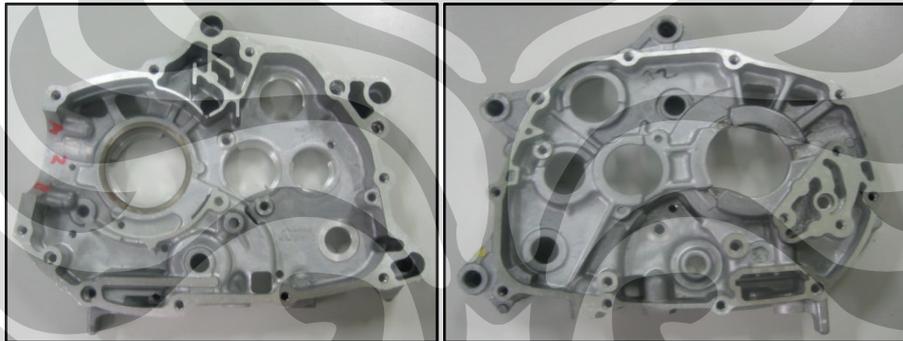
Pada tahapan yang kedua ini yaitu tahap pengukuran ( *measure* ) kegiatan utama yang dilakukan adalah menghitung kondisi kemampuan proses ( *capability* proses dimana *output* yang dihasilkan adalah nilai, Cp, Cpk, PPM dan sigma level. Namun sebelum melakukan perhitungan terlebih dahulu dilakukan pemetaan proses guna menentukan *critical point* dari proses yang akan dihitung kemampuan prosesnya. Adapun kemampuan proses yang akan dihitung adalah :

1. Dimensi lubang dudukan *spindle Crank case R*
2. Dimensi lubang dudukan *spindle Crank case L*
3. *Concentricity* dari *spindle cam chain guide sprocket*.

### 3.2.1 Pegukuran lubang dudukan spindle pada crank case R

Pada pengukuran dimensi crank case ini aktivitas yang dilakukan adalah menghitung kondisi kemampuan proses (*capability proses*) yang mempengaruhi terhadap dimensi dari lubang dudukan *spindle* pada *crank case R*. Adapun urutan aktivitas yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pemetaan proses *machining* dari *crank case R* dalam bentuk *operation process chart* ( OPC ).
2. Melakukan perhitungan kemampuan proses.



Gambar 3.7 ilustrasi crank case R

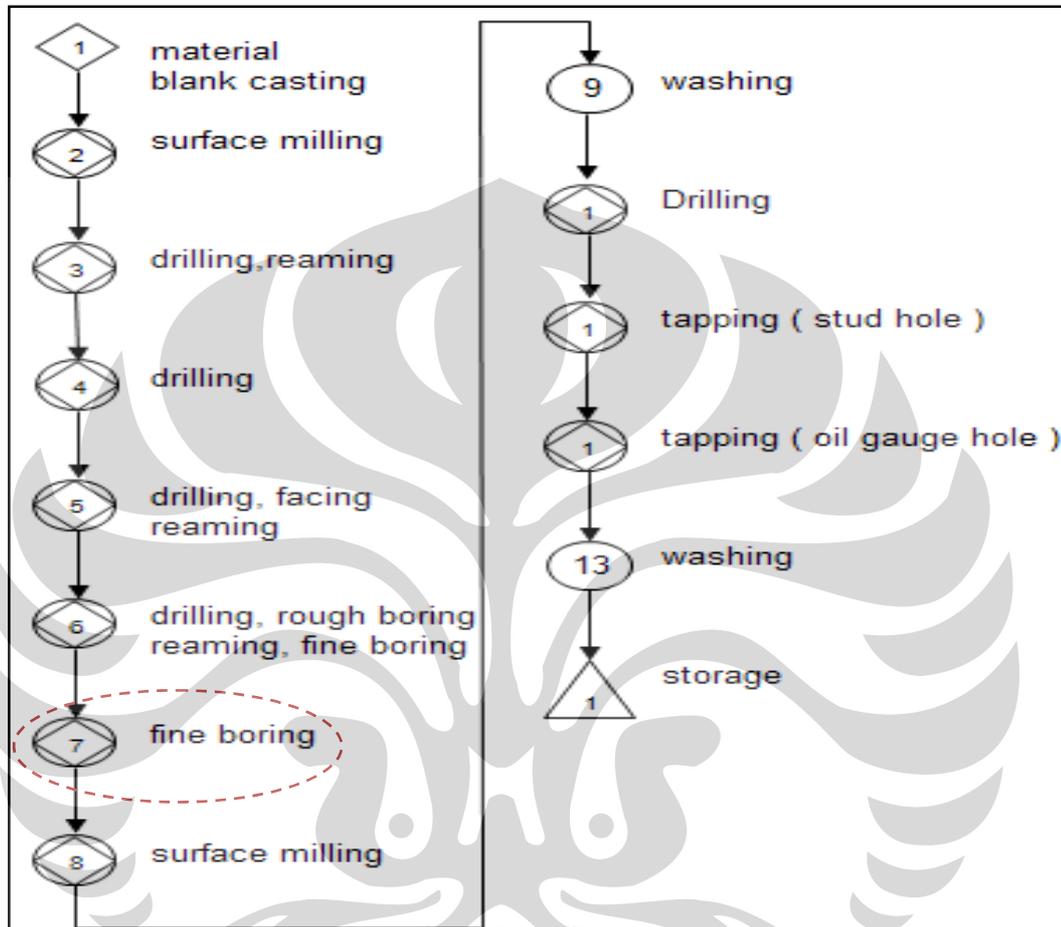
Critical poin dari crank case R adalah pada lubang diameter  $9 + 0,015$  mm. Lubang ini adalah tempat dudukan spindle cam chain yang berfungsi sebagai poros penggerak dari pompa oli. Jika terjadi penyimpangan dimensi pada diameter 9 ini maka akan mempengaruhi kinerja dari pompa oli.



Gambar 3.8 posisi lubang dudukan spindle

### 3.2.1.1 Peta Proses Machining Crank Case R

Pemetaan proses machining dari crank case R dalam bentuk *operational process chart* ( OPC ), terlihat seperti dibawah ini.



Gambar 3.9 peta proses machining crank case R

### 3.2.1.2 Pengukuran Kemampuan Proses ( Cp ) Crank Case R

Pengukuran kemampuan proses yang dilakukan adalah pada proses pembentukan dimensi lubang untuk dudukan *spindle cam chain* dan jika kita lihat pada pemetaan proses *machining crank case R* seperti yang terlihat pada gambar 3.8 maka proses yang diukur kemampuannya adalah proses 7 yaitu proses fine boring. Keterangan hasil berdasarkan nilai Cp dan Cpk adalah sebagai berikut:

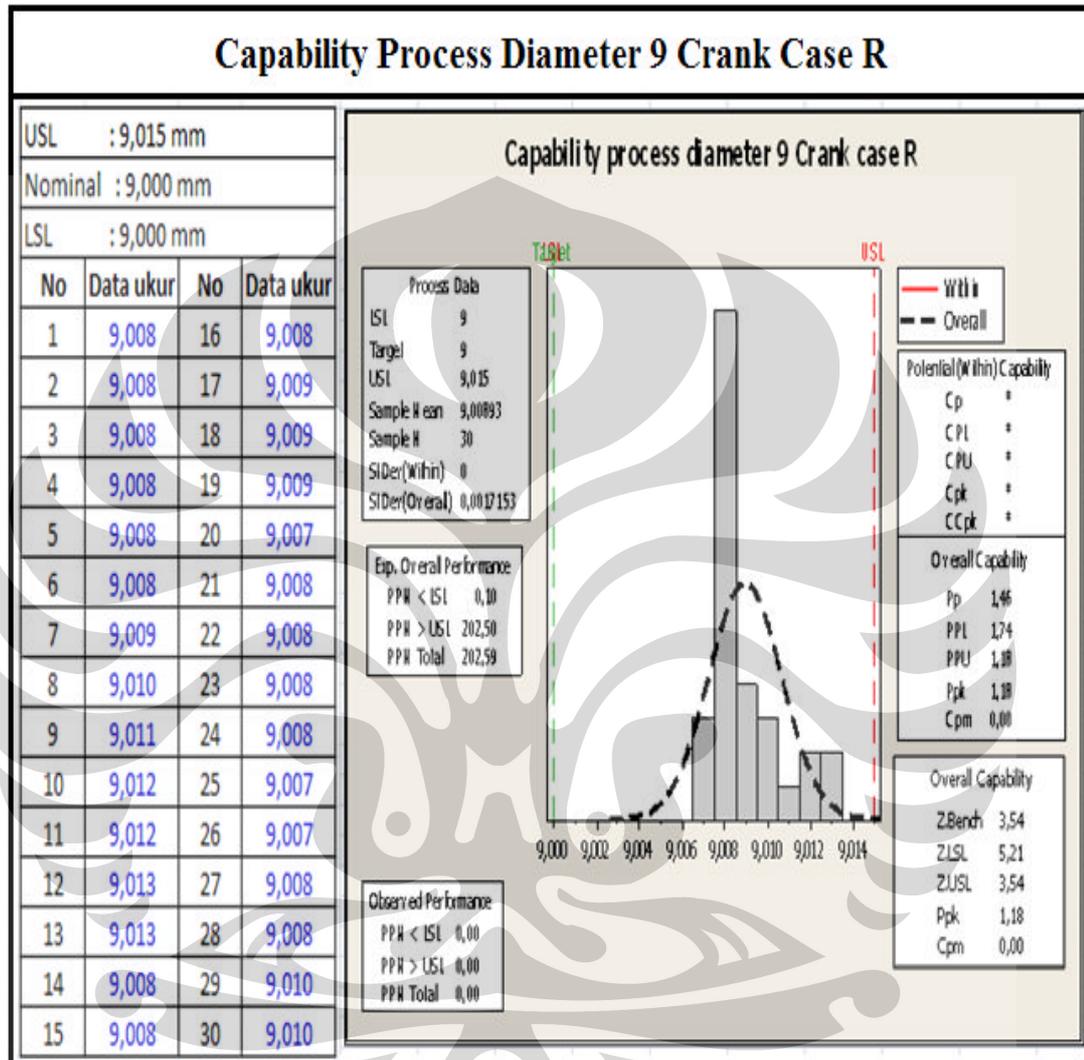
Proses tidak baik : Cp atau Cpk < 0,67

Proses cukup : 0,67 < Cp atau Cpk < 1

Proses baik :  $1 < C_p$  atau  $C_{pk} < 1,33$

Proses sangat baik :  $C_p$  atau  $C_{pk} > 1,33$

Proses perhitungan  $C_p$  dan  $C_{pk}$  menggunakan *software minitab* 14 dan hasilnya terlihat seperti dibawah ini.



Gambar 3.10 Grafik data  $C_p$ ,  $C_{pk}$  diameter 9 Crank case R

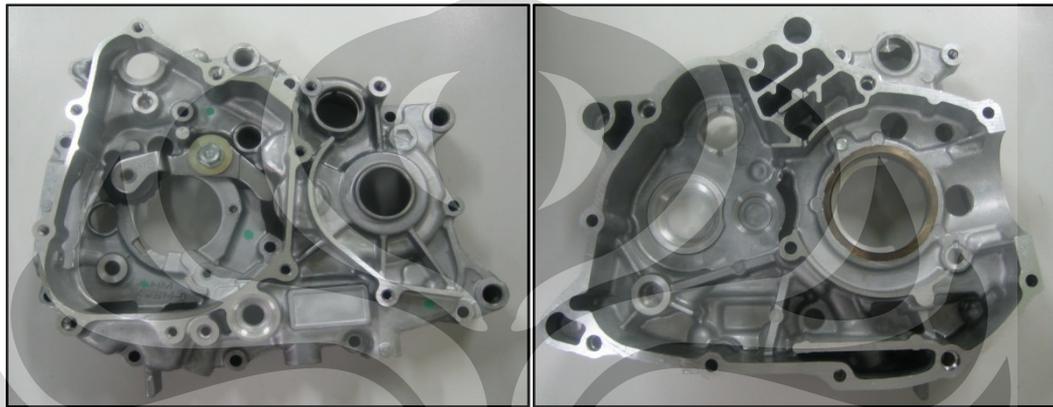
Berdasarkan grafik diatas didapat nilai :

- Pp : 1,46
- Ppk : 1,18
- PPM total : 202.59
- Sigma level : 3,54
- Hasil : Proses sangat baik.

### 3.2.2 Pengukuran Lubang Dudukan Spindle Crank Case L (diameter 8 mm )

Langkah pada tahap pengukuran dimensi lubang dudukan spindle pada *crank case L* ini adalah sebagai berikut :

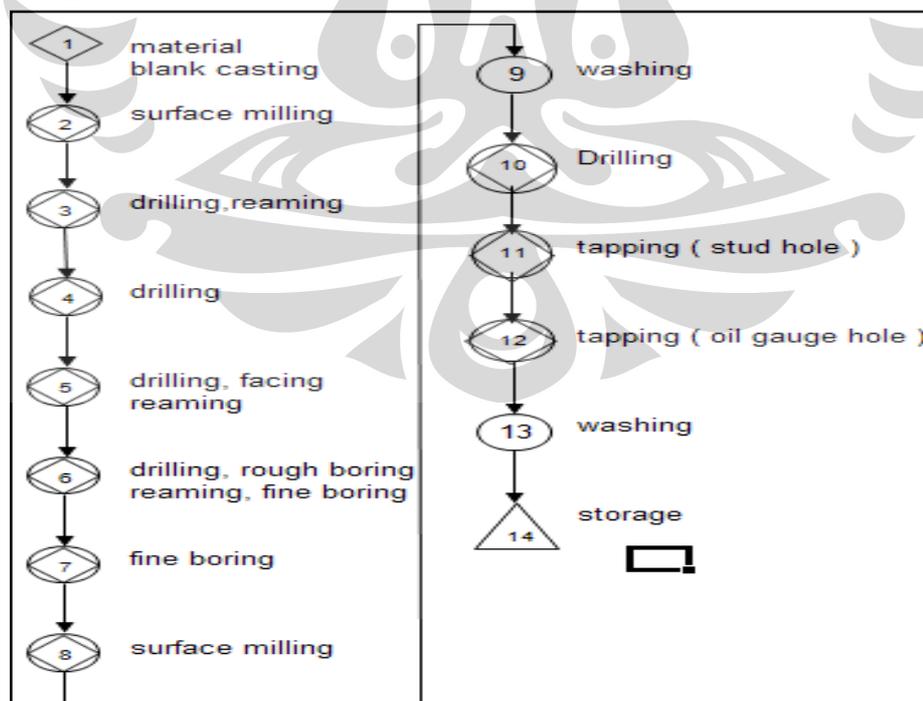
1. Pemetaan proses *machining* dari crank case L.
2. Pengukuran kemampuan proses dari *machining crank case L*.



Gambar 3.11 crank case L

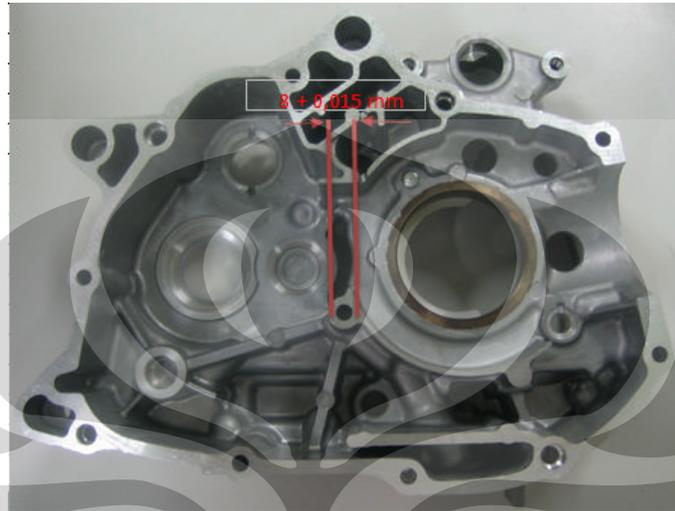
#### 3.2.2.1 Pemetaan Proses Crank Case L

Berikut ini adalah *mapping* proses untuk *crank case L* :



Gambar 3.12 Peta proses *machining crank case L*

Dari gambar pemetaan proses *machining crank case L* diatas *critical* proses yang berpengaruh terhadap kinerja putaran pompa oli adalah proses 7 *fine boring*, dimana proses ini adalah pembentukan lubang dudukan *spindle cam chain*, dengan ukuran  $8 + 0,015$  mm.



Gambar 3.13 posisi lubang diameter 8 dudukan spindle

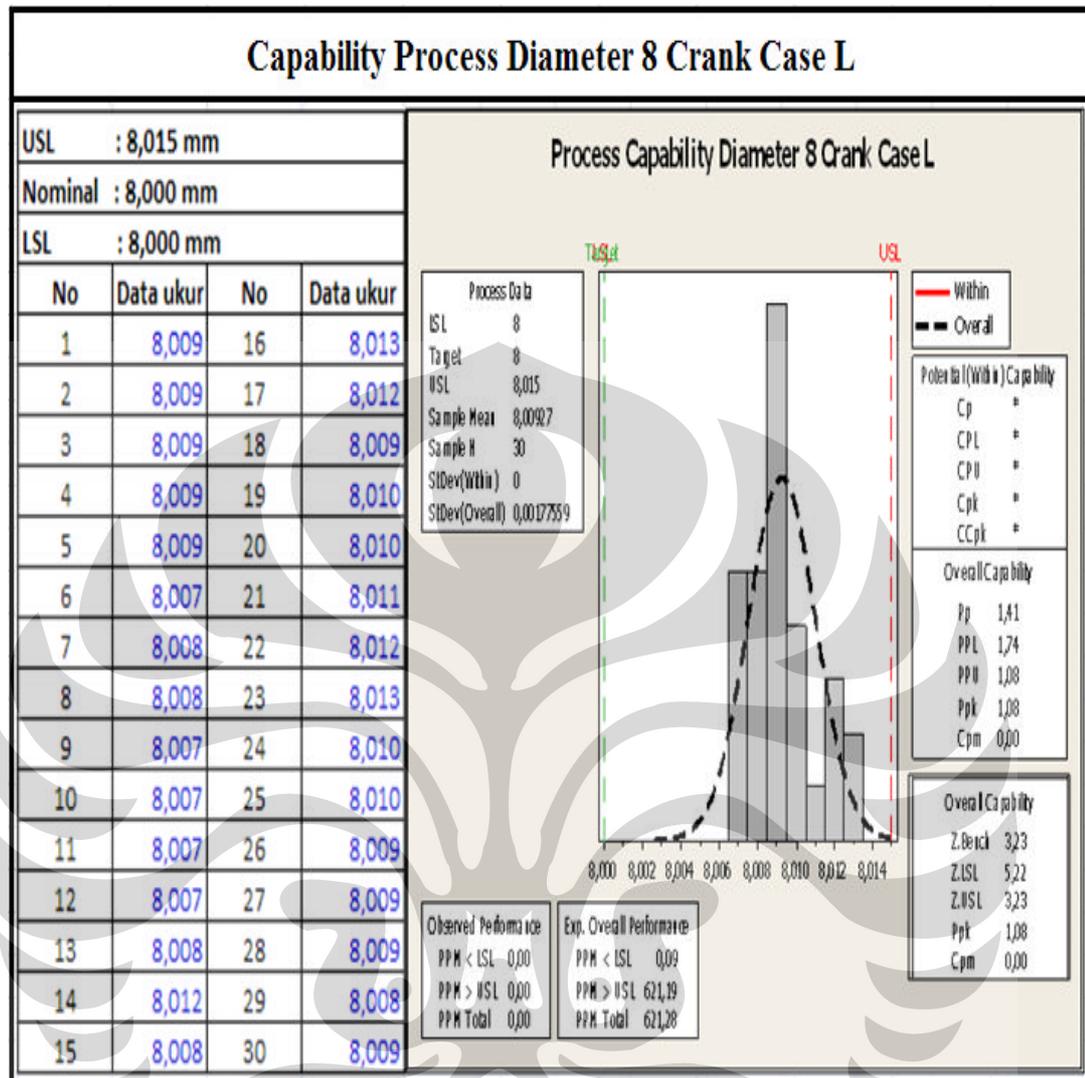
Lubang diameter 8 mm pada *crank case* ini merupakan *critical point* pada kinerja putaran pompa oli dimana lubang ini berfungsi sebagai dudukan *spindle* sebagai poros putaran dari pompa oli, dan jika terjadi penyimpangan dimensi pada point ini akan berdampak langsung pada kinerja pompa oli.

### 3.2.2.2 Pengukuran kemampuan proses ( Cp ) machining crank case L

Pengukuran kemampuan proses dilakukan pada proses 7 yaitu pada proses *fine boring* seperti terlihat pada peta proses. berikut ini adalah keterangan dari hasil pengukuran Cp dan Cpk.

Proses tidak baik	: Cp atau Cpk < 0,67
Proses cukup	: 0,67 < Cp atau Cpk < 1
Proses baik	: 1 < Cp atau Cpk < 1,33
Proses sangat baik	: Cp atau Cpk > 1,33

Perhitungan Cp dan Cpk dilakukan dengan menggunakan bantuan *software minitab* 14, dan hasilnya seperti dibawah ini.



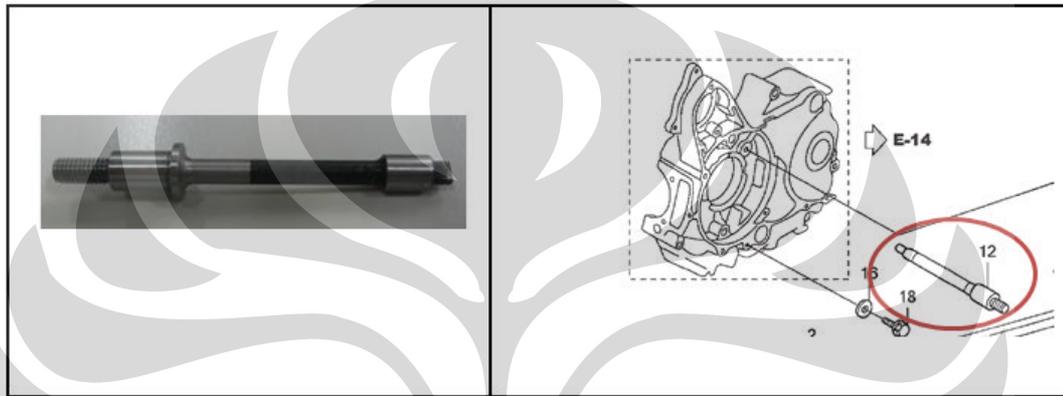
Gambar 3. 14 Grafik data Cp, Cpk diameter 8 crank case L

Berdasarkan grafik diatas didapat nilai sebagai berikut :

- Pp : 1,41  
 Ppk : 1,08  
 PPM total : 62128  
 Sigma level : 3,23  
 Hasil : Proses sangat baik

### 3.2.3 Pengukuran Dimensi Spindle Cam Chain

Spindle cam chain adalah part yang berfungsi sebagai poros penggerak dari pompa oli, dimana part ini menghubungkan pompa oli dengan *sprocket cam chain*. Putaran sprocket cam chain sendiri dihasilkan dari gerakan *crank shaft* atau poros engkol mesin. Gerakan memutar *crank shaft* ini kemudian akan ditransmisikan melalui *cam chain* (rantai) pada *sprocket cam chain* sehingga pada akhirnya akan menggerakkan spindle dan pompa oli.



Gambar 3.15 Spindle cam chain

Pengukuran dilakukan terhadap part yang diambil dari engine yang di claim bermasalah pada putaran pompa olinya dan juga part yang lain dengan nomor lot produksi yang sama.

Berikut ini adalah data pengukuran dimensi *spindle* yang diambil dari *engine* yang mengalami masalah pada putaran pompa olinya :

Tabel 3.4 Data ukur dimensi spindle cam chain

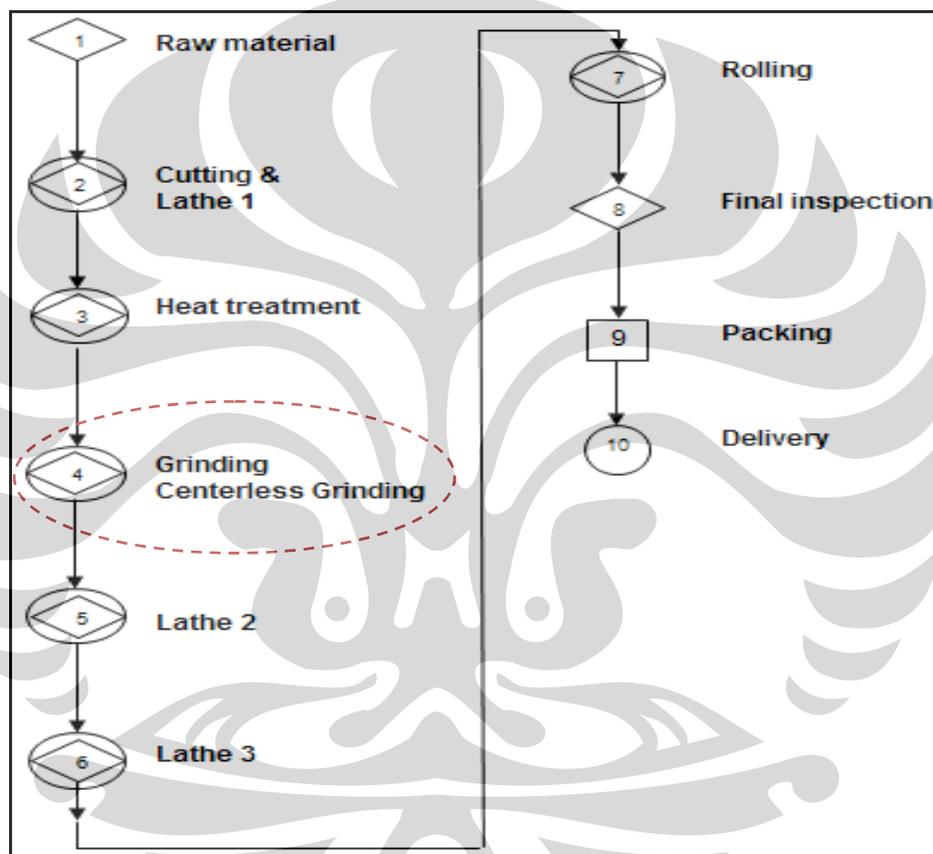
Poin	standard	actual sample																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Dia 8	-0,028	7,975	7,977	7,986	7,978	7,981	7,977	7,985	7,982	7,981	7,979	7,977	7,980	7,983	7,981	7,989	7,977	7,978	7,982	7,978	7,981
	-0,013																				
Dia 9	-0,028	8,977	8,981	8,978	8,977	8,978	8,975	8,977	8,978	8,977	8,975	8,978	8,977	8,983	8,981	8,978	8,977	8,981	8,979	8,980	8,979
	-0,013																				
concentricity	max 0,050	0,11	0,03	0,08	0,015	0,04	0,14	0,1	0,01	0,2	0,09	0,09	0,05	0,08	0,04	0,28	0,15	0,04	0,05	0,12	0,12
Judgement		NG	OK	NG	NG	OK	NG	NG	OK	NG	NG	NG	OK	NG	OK	NG	NG	OK	OK	NG	NG



Dari gambar proses *handling spindle* diatas dapat dilihat potensi terjadinya cacat diakibatkan karena terjadinya benturan antar part pada saat proses *washing*. Selain itu juga kondisi *packing* yang hanya ditumpuk pada kantong plastik memungkinkan terjadinya benturan sesama part akibat getaran pada saat proses pengiriman.

### 3.2.3.1 Pemetaan Proses Spindle Cam Chain

Berikut ini adalah peta proses dari spindle cam chain :



Gambar 3.18 Peta proses spindle cam chain

Dari peta proses diatas dapat dilihat critical proses yang mempengaruhi kinerja dari putaran pompa oli yaitu proses 4 *grinding centerless* dimana proses ini adalah proses pembentukan dimensi diameter 8, diameter 9 dan concentricity dari spindle cam chain.

Terjadinya penyimpangan pada poin concentricity disebabkan adanya pergeseran dari basic center proses akibat dari hanya salah satu ujung yang dijadikan sebagai basic acuan pegangan sehingga pada saat proses *grinding*

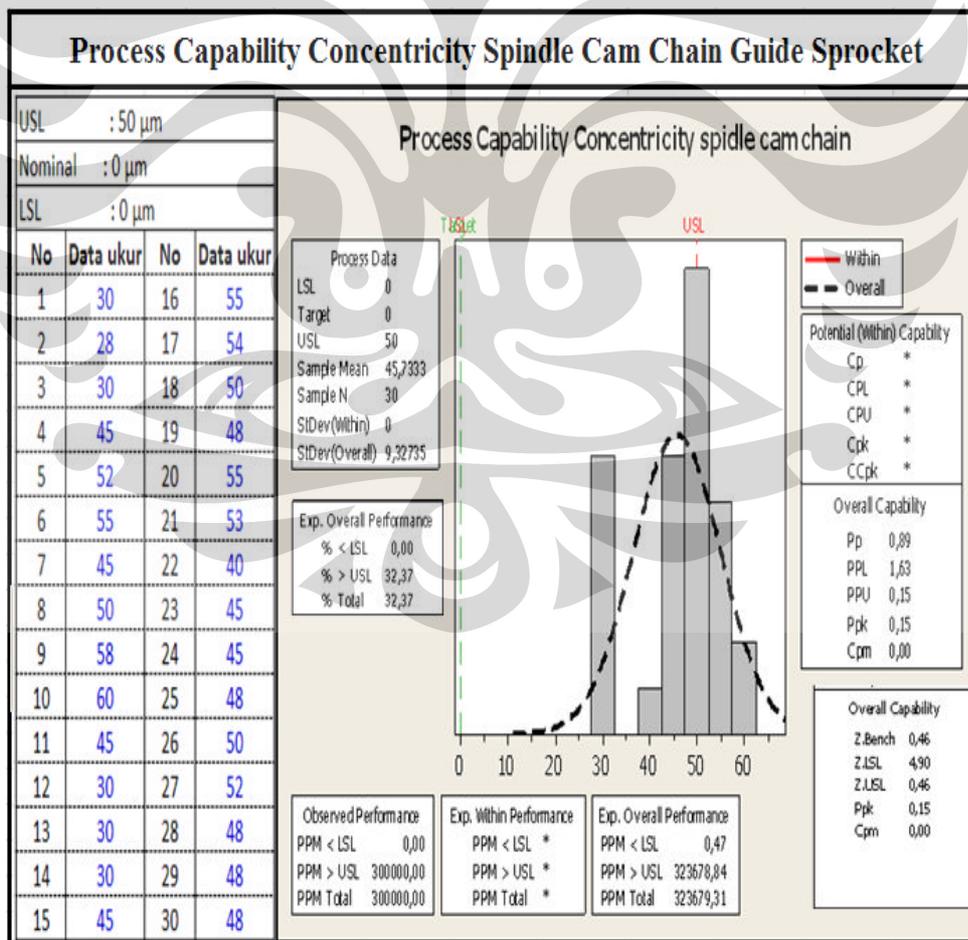
berlangsung, gesekan antara batu gerinda dengan part akan menyebabkan pergeseran basic center proses hal inilah yang menjadi sebab utama poin concentricity menyimpang dari standar.

### 3.2.3.2 Pengukuran Kemampuan Proses Spindle Cam Chain

Pengukuran kemampuan proses dilakukan pada proses 4 yaitu proses *centerless grinding*. Dimana tahap proses ini adalah proses pembentukan untuk diameter 8, diameter 9 dan concentricity dari spindle cam chain. Namun yang akan diukur kemampuan prosesnya hanya untuk poin concentricity saja dikarenakan dari data yang ada untuk poin diameter 8 dan 9 dinyatakan OK.

Berikut ini adalah keterangan dari hasil pengukuran Cp dan Cpk.

- Proses tidak baik : Cp atau Cpk < 0,67  
 Proses cukup : 0,67 < Cp atau Cpk < 1  
 Proses baik : 1 < Cp atau Cpk < 1,33  
 Proses sangat baik : Cp atau Cpk > 1,33



Gambar 3.19 grafik data Cp,Cpk concentricity spindle

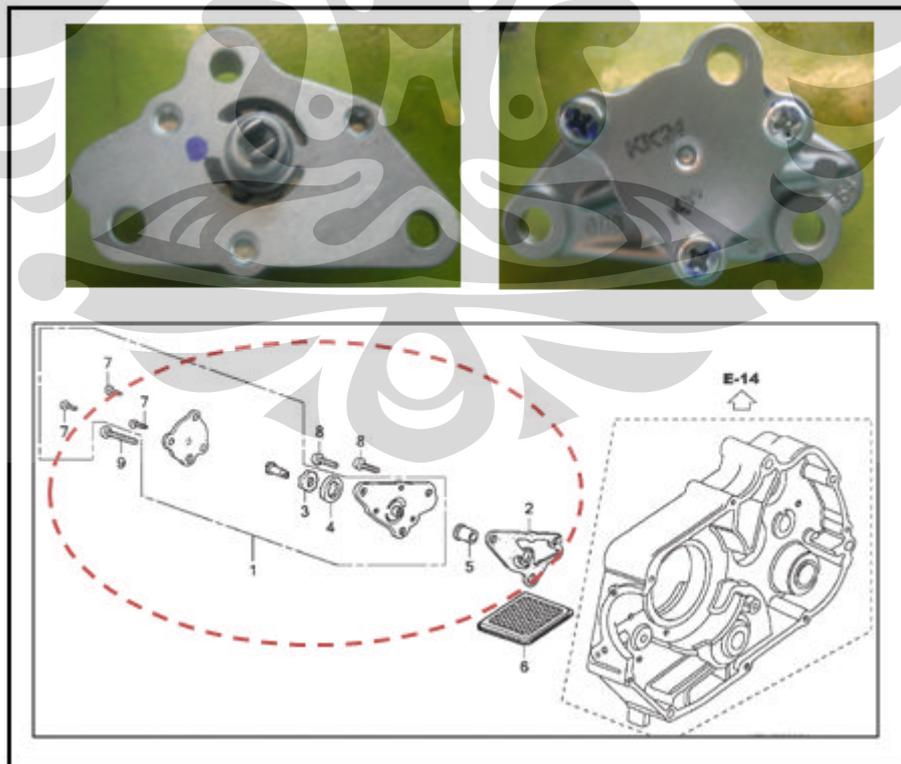
Dari grafik diatas didapat nilai sebagai berikut :

Pp : 0.89  
 Ppk : 0.15  
 PPM total : 323679,31  
 Sigma level : 0.46  
 Hasil : Proses tidak baik

### 3.2.4 Pengecekan Kondisi Putaran Pompa Oli

Pompa oli merupakan komponen terpenting dalam sistem sirkulasi oli pada mesin sepeda motor, karena komponen ini adalah penggerak utama pada sistem sirkulasi oli mesin. Jika putarannya terganggu maka sirkulasi oli mesin akan mengalami masalah.

Pengecekan kondisi putaran pompa oli dilakukan pada engine yang mengalami masalah ( engine repair ). Dalam pengecekan part ini tidak dilakukan pengukuran kemampuan proses dan pemetan proses ( *process mapping* ) dikarenakan part ini masih diimpor dari Yamada Jepang sehingga proses *manufacturing* tidak bisa untuk dianalisa dan jika terjadi masalah pada part ini makan akan langsgug di reject atau claim pada pembuat part ini.



Gambar 3.20 Ilustrasi pompa oli

Berikut ini adalah hasil pengecekan kondisi putaran pompa oli dari beberapa *engine* yang mengalami masalah pada putaran pompa olinya :

Tabel 3.5 Data pengecekan putaran pompa oli

No sample	Kondisi putaran		No sample	Kondisi putaran	
	OK	NG		OK	NG
1	x		16	x	
2	x		17	x	
3	x		18	x	
4	x		19	x	
5	x		20	x	
6	x		21	x	
7	x		22	x	
8	x		23	x	
9	x		24	x	
10	x		25	x	
11	x		26	x	
12	x		27	x	
13	x		28	x	
14	x		29	x	
15	x		30	x	

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa kondisi putaran pompa oli sebelum di assy dengan komponen lainnya kondisi putarannya tidak bermasalah atau OK. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa kondisi putaran pompa oli OK dan tidak diperlukan analisa lebih lanjut.

**BAB IV**  
**ANALISA DAN PERBAIKAN**  
**GANGGUAN PUTARAN POMPA OLI MESIN**

**4.1 Tahap Analisa ( *Analyze* )**

Pada tahap analisa ini aktivitas utama yang dilakukan adalah menentukan faktor-faktor penyebab terjadinya gangguan atau tersendatnya putaran pompa oli mesin sepeda motor berdasarkan data-data yang didapat dari tahap sebelumnya yaitu tahapan *measurement*. Berikut ini adalah analisa teknis berdasarkan hasil pengukuran dan pengecekan komponen part yang mempengaruhi kinerja putaran pompa oli.

Tabel 4.1 Analisa teknis penyebab gangguan putaran pompa oli

Masalah utama	Komponen Part yang diindikasikan bermasalah	Hasil ukur	Keterangan	
Putaran pompa oli terganggu/tersendat	Crank case R → Dimensi lubang dudukan spindle ( dia 9 mm)	OK	Hasil pengukuran dari part claim	
	Crank case L → Dimensi lubang dudukan spindle ( dia 8 mm)	OK	Hasil pengukuran dari part claim	
	Spindle cam chain guide →	concentricity dia 8 dan 9 spindle	NG	Hasil pengukuran dari part claim
		Kondisi visual dari diameter 8 dan 9	NG	Hasil pengecekan dari part claim
	Pompa oli ( oil pump ) → kondisi putaran sebelum di assy	OK	Hasil pengecekan dari part claim	

Untuk menyelesaikan permasalahan gangguan putaran pada pompa oli berdasarkan pada tabel analisa teknis diatas, maka pada tahap *analyze* ini *tools* utama yang akan digunakan yaitu :

- Diagram sebab akibat (*fish bone diagram* )
- *Failure tree analysis* ( FTA )

- *Failure Mode and Effect Analysis ( FMEA )*

#### **4.1.1 Analisa *Concentricity Spindle Cam Chain over standard***

Spindle cam chain adalah komponen part yang berperan sangat penting dalam kinerja putaran pompa oli. Part ini berfungsi sebagai poros penggerak pompa oli, dimana melalui spindle ini putaran spocket cam chain akan ditransmisikan untuk memutar pompa oli yang pada akhirnya putaran pompa oli ini akan mensirkulasikan oli keseluruhan bagian mesin.

Apabila ada salah satu dimensi dari spindle yang menyimpang dari standar yang ada maka akan berdampak buruk pada sistem sirkulasi oli mesin. Poin *concentricity* yaitu kesejajaran antara diameter dalam dengan diameter luar dari spindle, jika poin ini menyimpang dari standar ( max 0,050 mm ) maka permukaan spindle pada bagian diameter 8 dan 9 akan bergesekan dengan dudukannya yaitu lubang pada crank case R dan L. Gesekan ini akan menyebabkan gangguan pada putaran pompa oli atau dengan kata lain putaran pompa oli menjadi tersendat-sendat.

*Concentricity spindle* adalah satu dimensi yang harus dijaga karena poin ini merupakan salah satu poin kritis dari part ini. Penyimpangan pada poin ini akan berdampak fatal pada sirkulasi oli mesin dimana jika sirkulasi oli mesin terganggu akan berdampak pada komponen mesin lainnya.

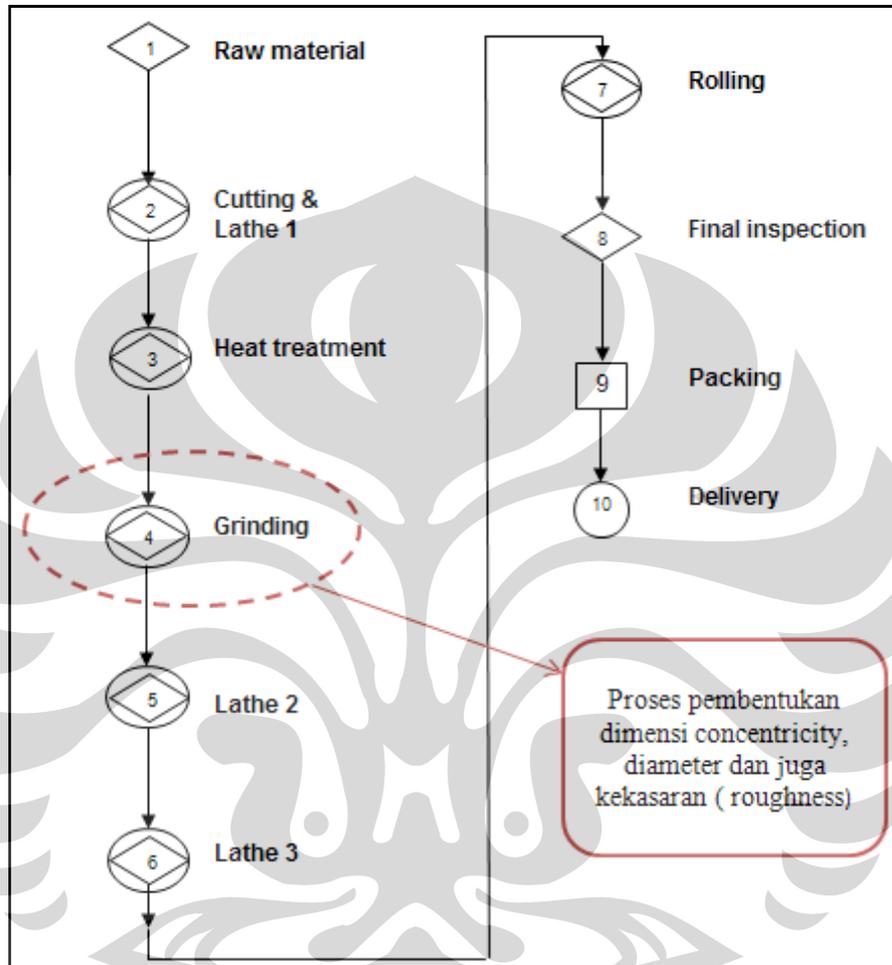
##### **4.1.1.1 Analisa Proses *Spindle Cam Chain Guide***

Berdasarkan hasil pengukuran pada tahapan *measurement* faktor yang bermasalah pada spindle yaitu terjadinya penyimpangan pada dimensi *concentricity* dan juga visual yang cacat pada *spindle*.

Pembentukan dimensi *concentricity* pada *spindle* dilakukan pada proses grinding, dimana pada proses ini selain untuk membentuk *concentricity* juga untuk pembentukan diameter dan kekasaran ( *roughness* ). Penyimpangan *concentricity* terjadi akibat terjadinya pergeseran pada basic center proses, hal ini terjadi akibat hanya salah satu ujung dari spindle yang dijadikan center dengan cara dicekam sehingga pada saat proses grinding berlangsung memungkinkan terjadinya

perubahan posisi basic center proses karena kurang kuatnya pengekaman dalam menahan posisi center agar tidak berubah.

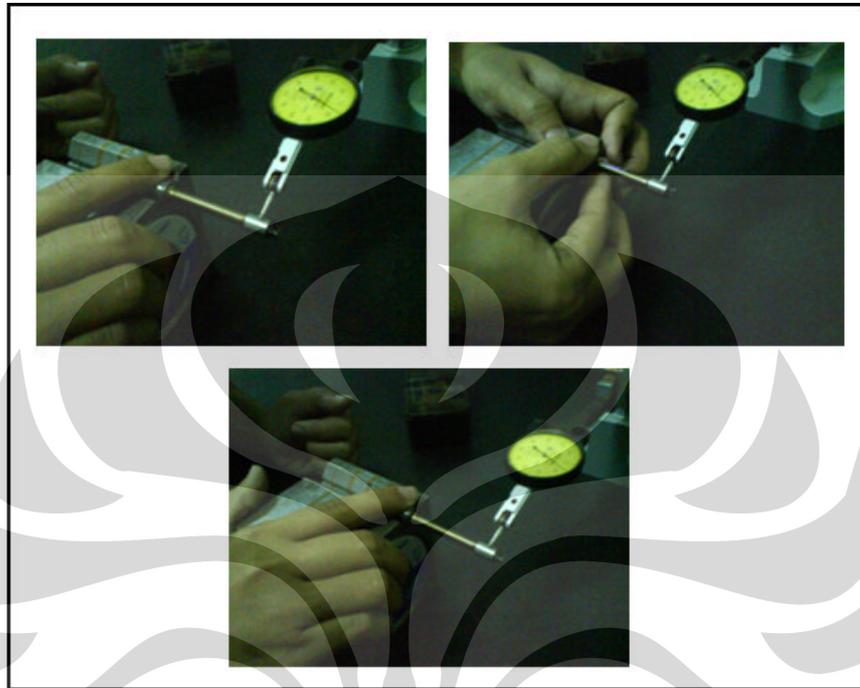
Berikut ini adalah *flow process machining* dari *spindle cam chain guide*.



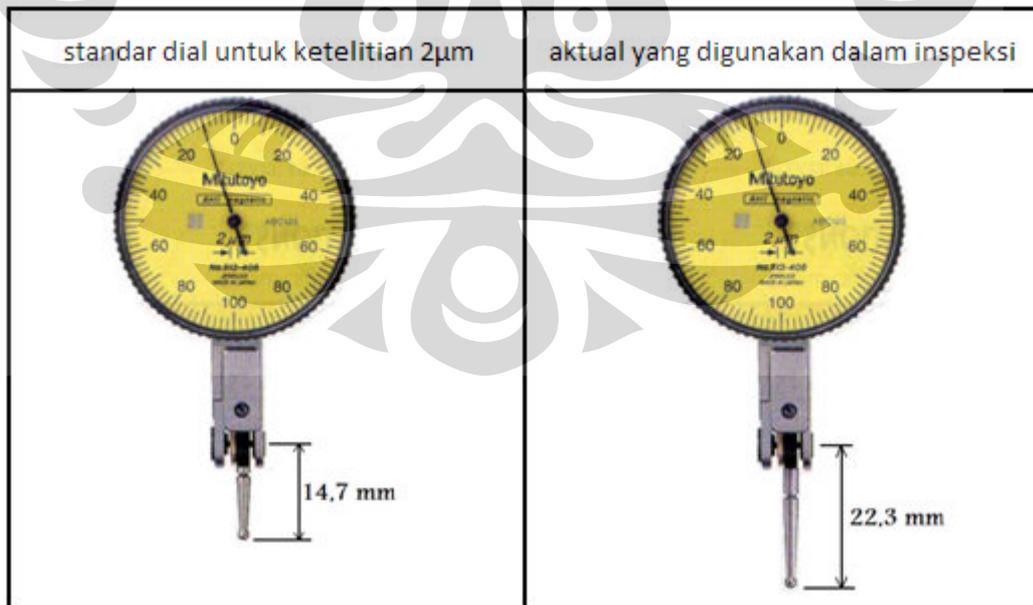
Gambar 4.1 critical process spindle cam chain

Faktor lain yang menyebabkan terjadinya penyimpangan pada dimensi *concentricity* dan lolos hingga terpasang pada unit *engine* sepeda motor adalah metode pengecekan yang tidak akurat dan tidak adanya *jig inspection* yang dapat mengecek poin *concentricity* dari spindle ini. Selama ini proses inspeksi yang dilakukan dengan menggunakan sebuah *magnetic V block* dan juga *dial* indikator yang digerakan secara manual oleh operator. Hal ini dirasa tidak akurat dikarenakan gerakan setiap operator akan berbeda sehingga akan menghasilkan data ukur yang berbeda pula. Selain itu juga panjang *identor* dari *dial* indikator

yang digunakan yaitu 22,3 mm sehingga menghasilkan data ukur yang lebih kecil, seharusnya untuk dial indikator dengan ketelitian  $2\mu\text{m}$  maka standar panjang *identor* yang digunakan adalah 14,7 mm.



Gambar 4.2 ilustrasi metode inspection concentricity spindle



Gambar 4.3 dial indikator

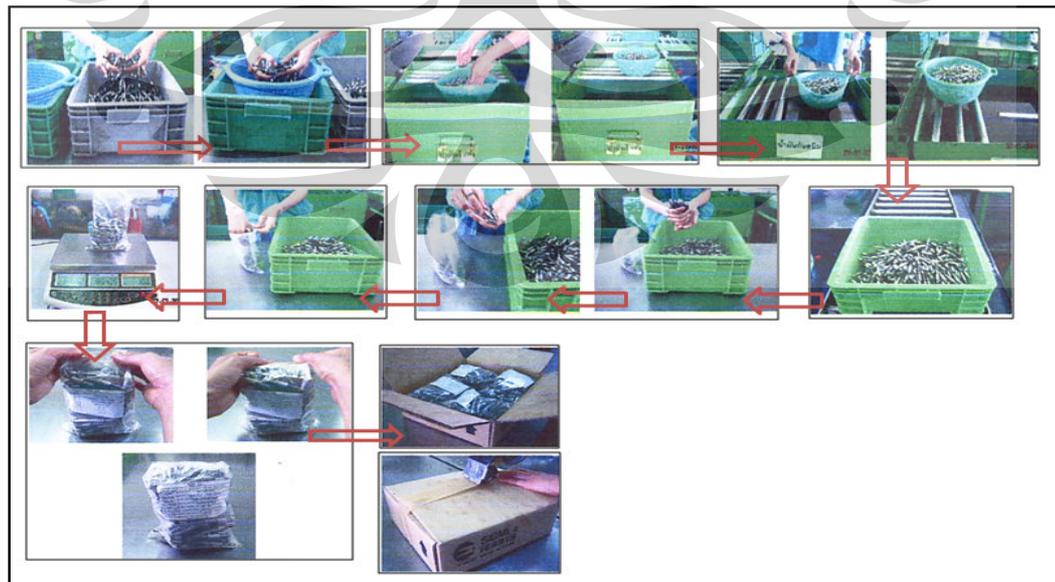
Perbedaan panjang identor akan menghasilkan data pengukuran yang berbeda, *identor* yg lebih panjang ( 22,3 mm ) akan menghasilkan hasil ukur yang lebih kecil, namun bila kita bandingkan pengukurannya dengan hasil ukur dari CMM ( *coordinat measure machine* ) sebagai acuan maka hasilnya sangat jauh melenceng, berbeda untuk dial dengan *identor* yang lebih pendek ( 14,7 mm ) hasil pengukurannya lebih mendekati hasil ukur dari CMM.

Berikut ini adalah tabel perbandingan hasil pengukuran antara dial dengan panjang identor 22,3 mm dengan dial dengan panjang identor 14,7 mm.

Tabel 4.2 Perbandingan hasil pengukuran dial indikator dengan panjang identor yang berbeda

No sample	Hasil pengukuran	
	Identor 22,3 mm	Identor 14,7 mm
1	10 $\mu\text{m}$	14,3 $\mu\text{m}$
2	20 $\mu\text{m}$	28,6 $\mu\text{m}$
3	30 $\mu\text{m}$	42,8 $\mu\text{m}$
4	40 $\mu\text{m}$	57,1 $\mu\text{m}$
5	50 $\mu\text{m}$	71,4 $\mu\text{m}$

Masalah lain yang terjadi *spindle* adalah adanya cacat pada permukaan diameter 8 dan 9 dari spindle yang terjadi pada saat proses handling. Berikut ini adalah proses *handling* dan *packing* dari *spindle cam chain guide*.

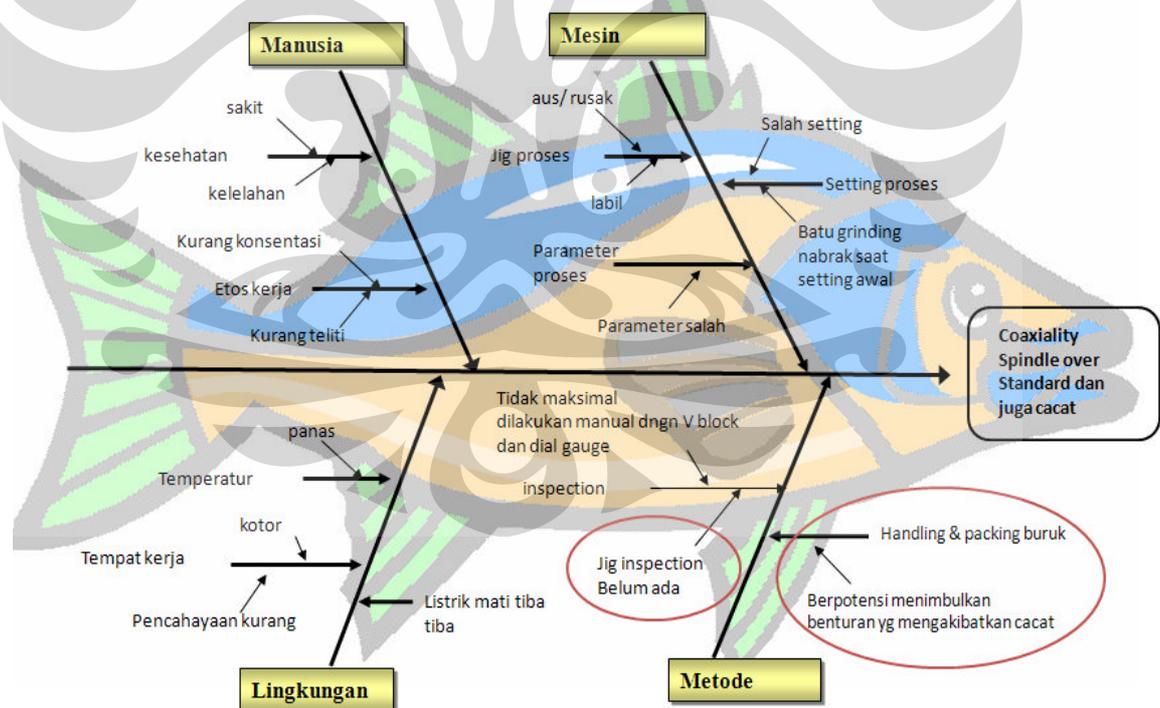


Gambar 4.4 Proses handling & packing spindle

Dari gambar proses handling dan packing spindle diatas dapat dilihat potensi terjadinya cacat dapat terjadi pada saat proses pemberian cairan antirust dimana part dicampur begitu saja dalam satu box yang memungkinkan terjadinya benturan sesama part sehingga menimbulkan cacat. Selain itu juga standar packing yang digunakan berpotensi meyebabkan terjadinya cacat pada part, dimana part hanya ditumpuk dalam kantong plastik. Getaran yang terjadi pada saat part ini dikirim ke customer akan menyebabkan terjadinya benturan antar part yang akan menimbulkan cacat, seharusnya tiap part dipisahkan dengan suatu partisi yang akan menghindarkan terjadinya benturan jika terjadi suatu guncangan atau getaran.

#### 4.1.1.2 Diagram Sebab Akibat ( *fish bone diagram* ) *Concentricity Spindle Over Standard dan Cacat.*

Berikut ini adalah *fish bone diagram* untuk masalah yang terjadi pada *spindle cam chain*.

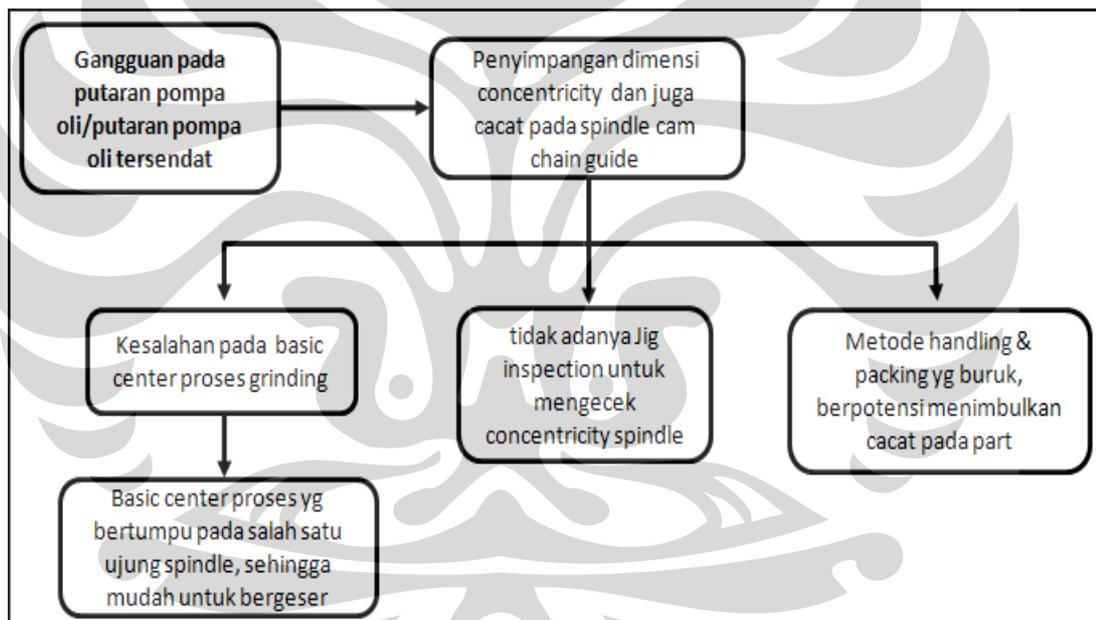


Gambar 4.5 Diagram sebab akibat untuk masalah spindle

Berdasarkan diagram sebab akibat diatas faktor-faktor dominan yang mempengaruhi terjadinya penyimpangan pada concentricity spindle adalah pada metode inspection yang masih manual dengan menggunakan magnetic V block dan juga belum adanya *jig inspection* yang dapat mendeteksi penyimpangan *concentricity* 100%. Selain itu juga faktor dominan yang menyebabkan terjadinya cacat adalah pada metode *handling* dan *packing* yang buruk dimana berpotensi menyebabkan benturan antar part yang berakibat terjadinya cacat.

#### 4.1.1.3 Failure Tree Analysis ( FTA ) Spindle Cam Chain

Berikut ini adalah *failure tree analysis* untuk masalah yang terjadi pada *spindle cam chain guide*.



Gambar 4.6 *Failure tree analysis spindle cam chain*

#### 4.1.1.4 Failure Mode and Effect Analysis ( FMEA )

Failure Mode and Effect Analysis ( FMEA ) digunakan untuk melihat proses bagian mana yang paling dominan mengasilkan kegagalan-kegagalan proses pembuatan spindle cam chain guide. Berdasarkan data dan analisa yang telah dilakukan, perhitungan FMEA dari proses pembuatan spindle adalah sebagai berikut :

$$RPN = SEV \times OCC \times DET$$

- RPN (*risk priority number*) : kalkulasi angka resiko untuk suatu failure mode, nomor ini digunakan untuk menempatkan prioritas pada hal yang memerlukan rencana kualitas tambahan.
- SEV (*severity*) kepelikan : seberapa penting pengaruh dari akibat (effect) terhadap pelanggan (internal ataupun eksternal).
- OCC (occurrence) kejadian : bagaimana kemungkinan sebab (*cause*) dari *failure mode* akan terjadi.
- DET (detection)/ deteksi : bagaimana sistem yang ada mendeteksi sebab (*cause*) atau *failure mode* apabila kejadian berlangsung.

Tabel 4.3 FMEA Proses *grinding* dan *packing spindle cam chain*

No	Process step (Function)	Potential Failure Mode (process defect)	Potential Failure effect	SEV	Potential Causes	OCC	Current Control	DET	RPN
<i>Grinding</i>									
1	Diameter 8 mm	Diameter plus	Spindle cam chain tidak bisa di assy dengan crank case L	8	batu gerinda tumpul, setting salah	4	Inspeksi periodik	4	128
		Diameter minus	Spindle cam chain longgar setelah diassy dengan crank case L, fungsi tidak akan maksimal	8	setting salah, feeding speed terlalu cepat	4	Inspeksi periodik	4	128
	Diameter 9 mm	Diameter plus	Spindle cam chain tidak bisa di assy dengan crank case R	8	batu gerinda tumpul, setting salah	4	Inspeksi periodik	4	128
		Diameter minus	Spindle cam chain longgar setelah diassy dengan crank case R, fungsi tidak akan maksimal	8	setting salah, feeding speed terlalu cepat	4	Inspeksi periodik	4	128
	Kekasaran(roughness) area permukaan diameter 8 dan 9 mm	Kekasaran out of tolerance	spindle cam chain sulit assy dengan crank case	8	batu gerinda tumpul,feeding speed terlalu cepat	4	Inspeksi periodik	4	128
	Concentricity diameter 8 dan 9 spindle cam chain	Concentricity out of tolerance	Putaran pompa oli terganggu, putaran tersendat-sendat	8	basic center proses salah	8	manual check dengan Magnetic V block dan dial indikator	10	640
<i>Handling &amp; Packing</i>									
2	Scrath	Permukaan pada diameter 8 dan 9 tergores	Spindle sulit di assy dengan crank case, gangguan pada putaran pompa oli	8	Handling dan standar packing buruk	7	Cek visual	4	224

## 4.2 Tahap Perbaikan ( improve )

Fokus utama dalam tahap *improve* ( perbaikan ) adalah membuat ide-ide perbaikan terhadap faktor-faktor penyebab masalah yang dijelaskan pada tahap analisa. Berdasarkan tabel FMEA yang telah dibuat berikut tabel analisa teknis dengan metode *5-why* dan prioritas perbaikan berdasarkan dari nilai RPN (*risk priority number*) yang menyebabkan terjadinya gangguan pada putaran pompa oli.

Tabel 4.4 Analisa penyebab gangguan putaran pompa oli (metode 5-Why)

Gejala	Mengapa ?	Mengapa ?	Mengapa ?	Mengapa ?	RP N
Terjadinya gangguan pada putaran pompa oli / putaran pompa oli tersendat	Concentricity spindle out of tolerance	Terjadi perubahan basic center proses	basic center proses bertumpu pada salah satu ujung spindle	belum adanya Jig inspection untuk mengecek concentricity	640
	Permukaan diameter 8 dan 9 spindle cacat	terjadi benturan antar part pada saat proses handling dan packing	Part ditumpuk tanpa adanya partisi pemisah pencegah benturan	Packing ditumpuk pada kantong plastik	224

Berdasarkan tabel diatas maka aktivitas perbaikan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

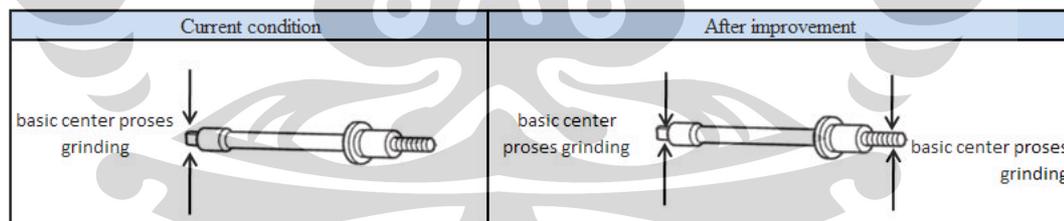
1. Merubah *basic center* proses *grinding* yang sebelumnya hanya pada salah satu ujung dari spindle menjadi kedua ujung spindle, dengan begitu pergeseran *basic center* proses dapat diminimalisir.
2. Pengukuran kemampuan proses ( *capability process* ) setelah melakukan perbaikan pada *basic center* proses *grinding*.
3. Pembuatan *Jig inspection* untuk mengecek poin *concentricity* secara 100% setelah proses *grinding*.
4. Perubahan metode *handling spindle* dan juga pembuatan standar *packing* baru dengan menggunakan *traypack* guna mencegah terjadinya benturan antar part yang berpotensi menimbulkan cacat.

#### 4.2.1 Perbaikan *Basic Center* Proses *Grinding*

Proses grinding merupakan proses yang penting pada tahapan proses pembuatan spindle. Pada proses ini dimana poin *concentricity* dari *spindle* akan dibentuk. Jika basic center yang digunakan pada proses grinding ini tidak tepat maka akan menyebabkan terjadinya penyimpangan pada nilai *concentricity*. *Basic center* yang digunakan sebelumnya adalah pada salah satu ujung dari *spindle*, dimana kondisi ini telah menyebabkan terjadinya penyimpangan pada nilai *concentricity*. Berdasarkan pengukuran pada tahap measurement didapatkan hasil sebagai berikut :

Pp	Ppk	PPM Total	Sigma level	Hasil	Keputusan
0.89	0.15	323679,31	0.46 sigma	Proses tidak baik	NG

Perbaikan yang dilakukan pada proses grinding adalah dengan menjadikan kedua bagian ujung dari *spindle* sebagai *basic center* proses *grinding*. Dengan pencekaman dilakukan pada kedua sisi diharapkan lebih kuat dan dapat menghindari terjadinya pergeseran basic center pada saat proses berlangsung.

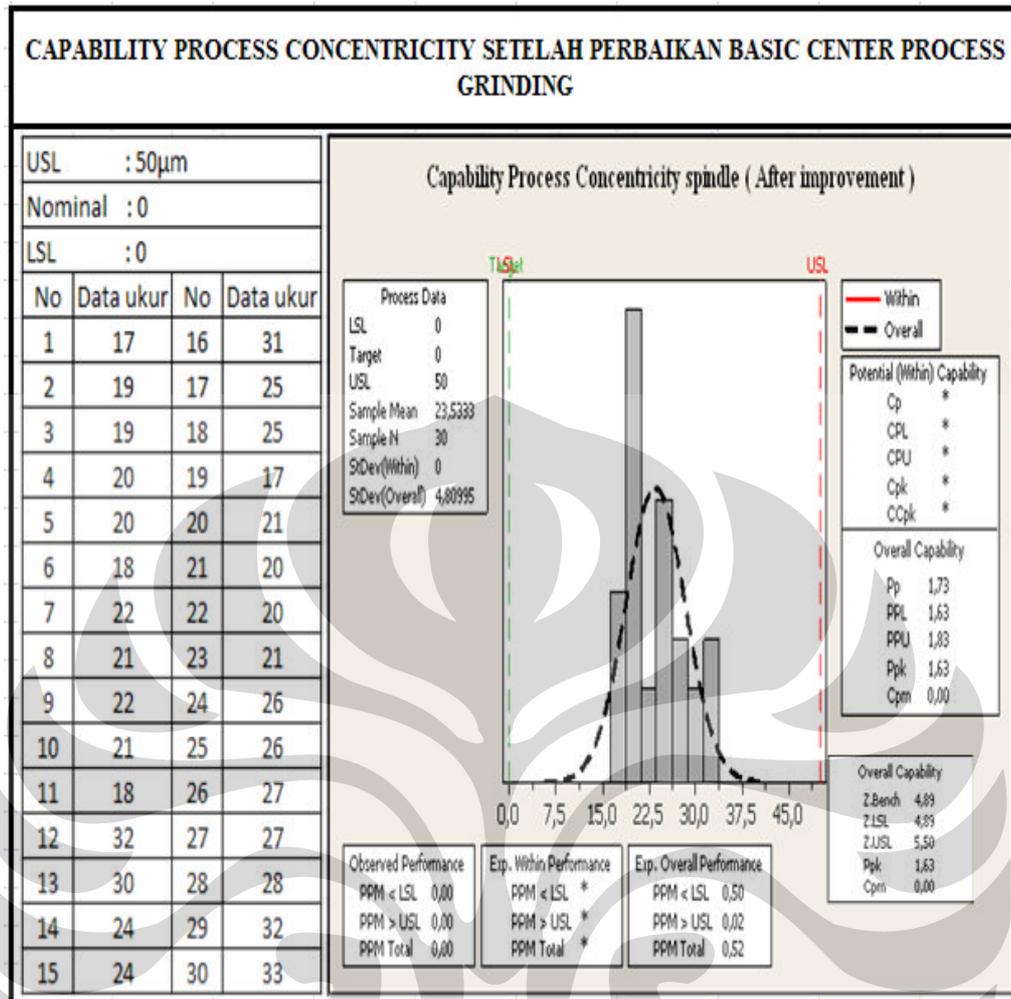


Gambar 4.7 Ilustrasi basic center proses grinding

#### 4.2.2 Pengukuran Kemampuan Proses Grinding setelah Perbaikan pada Basic Center Proses.

Setelah melakukan perbaikan pada basic center proses grinding, langkah selanjutnya adalah mengukur kemampuan prosesnya, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah perbaikan yang dilakukan sudah tepat dan memberikan suatu dampak yang lebih baik.

Berikut ini adalah grafik data kemampuan proses hasil perbaikan :



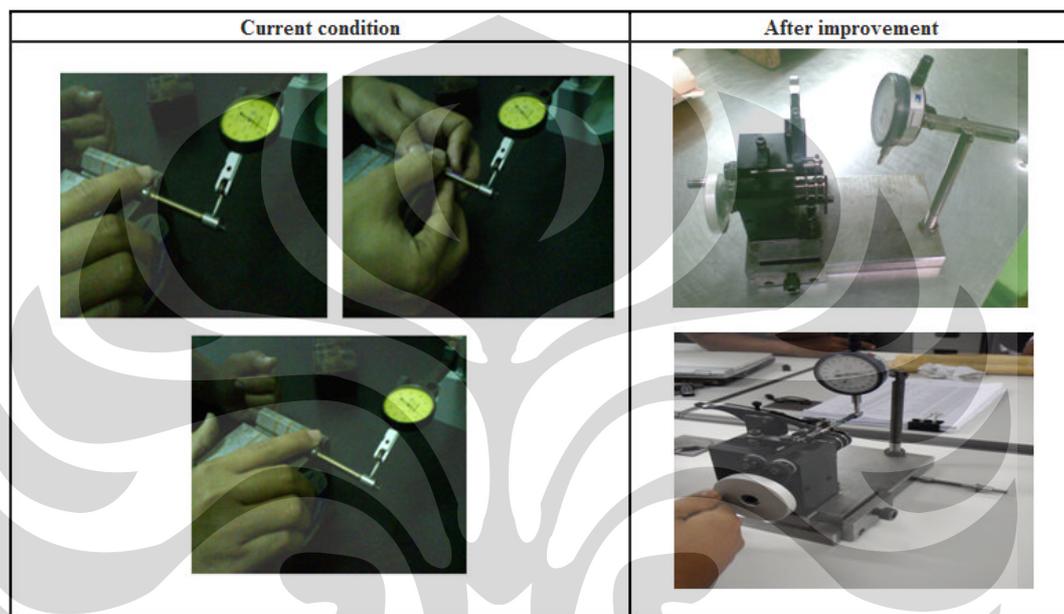
Gambar 4.8 Kemampuan proses point concentricity setelah perbaikan

Dari grafik diatas setelah mengalami perbaikan maka didapat nilai Pp dan Ppk yang meningkat yaitu menjadi 1.73 dan dengan nilai sigma level 4.89 dan PPM total 0,52. Jika dibandingkan dengan nilai Pp awal yang hanya 0,89 dengan sigma level 0,46 terjadi kenaikan yang sangat tinggi sekali dan bila dikaitkan dengan kondisi *control chart* ( X-R chart ) dimana kondisi sebaran titik-titik yang berada berdekatan dengan *center line* maka hal ini dapat diasumsikan 2 hal yang berbeda, yang pertama perbaikan yang telah dilakukan mengurangi jumlah sebaran data sehingga menghasilkan nilai Cp dan Cpk yang lebih baik. Yang kedua adanya kesalahan pengambilan data akibat alat ukur yang kurang presisi ataupun rusak sehingga terjadinya kesalahan pada saat pengolahan data.

#### 4.2.3 Pembuatan Jig Inspection untuk Pengukuran Concentricity

Sebagai jaminan proses *quality* dari *spindle cam chain* telah mengalami perbaikan maka dibuatlah sebuah *jig inspection* untuk mengecek nilai

*concentricity* dari *spindle* secara keseluruhan ( cek 100% ). Hal ini guna mencegah adanya part yang menyimpang dari segi dimensi ( poin *concentricity* ) terkirim hingga ke *customer*. Dimana sebelumnya hal ini dilakukan dengan menggunakan bantuan magnetic V block dan juga dial indikator secara manual yang dirasa tidak akurat.



Gambar 4.9 perbandingan metode pengecekan *concentricity* sebelum dan sesudah perbaikan proses

Dengan adanya jig inspection tersebut maka inspeksi poin *concentricity* dapat dilakukan secara 100% sehingga dapat mencegah adanya part NG yang lolos hingga ke *customer*.

#### 4.2.4 Perbaikan Handling dan Standar Packing Spindle Cam Chain

Berikut ini adalah ilustrasi perbaikan yang dilakukan pada tahap proses handling dan juga *packing* dari *spindle cam chain*.



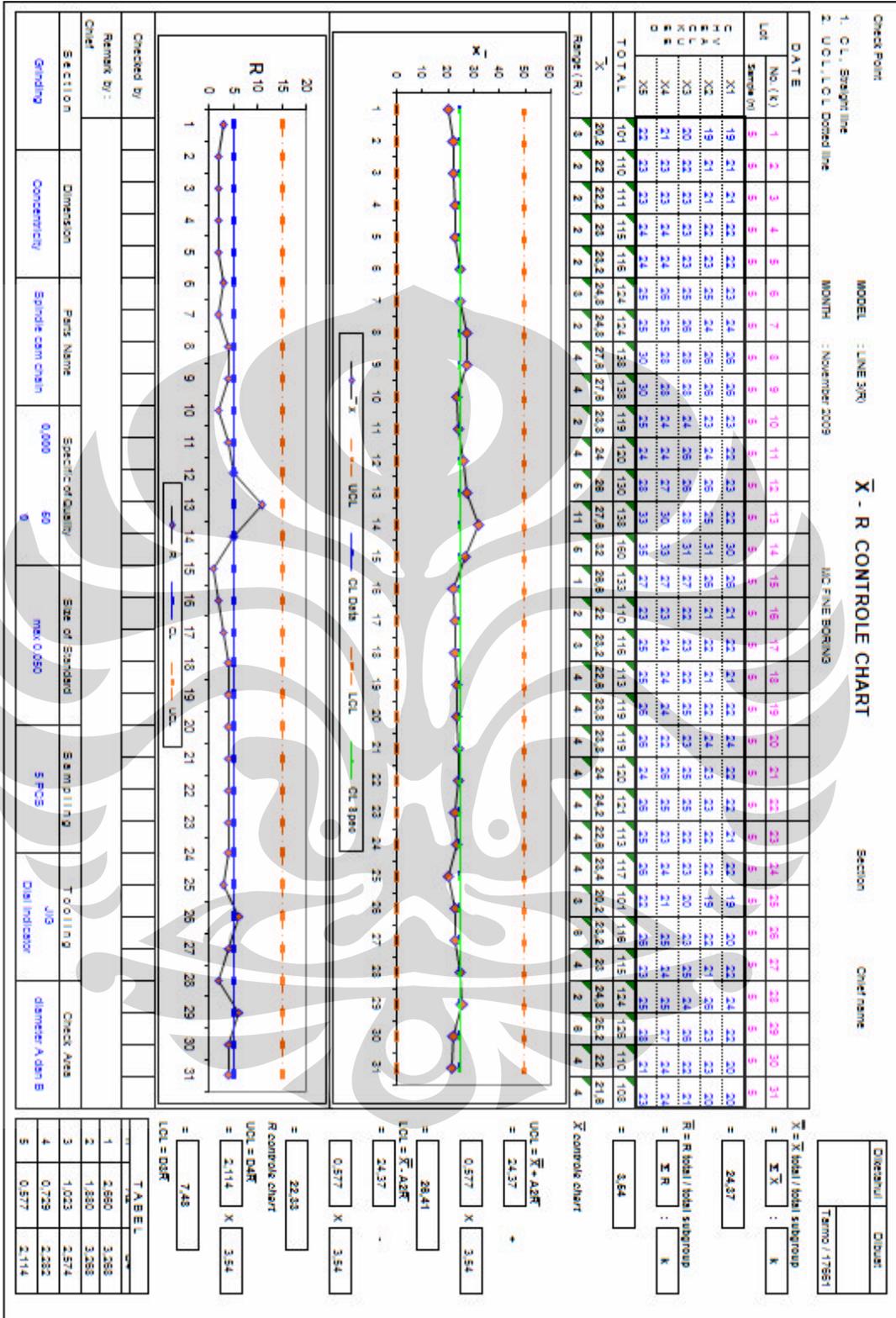
Gambar 4. 10 Perbaikan pada proses *handling dan packing*

Berdasarkan gambar diatas, perbaikan yang dilakukan pada saat *handling* yaitu dengan membuat sekat-sekat pada *box*, sehingga penempatan spindle pada saat proses pemberian antirust tidak ditumpuk seperti sebelumnya, hal ini akan menghindarkan spindle dari benturan sesama part dan mengurangi potensi terjadinya cacat.

Sedangkan pada proses *packing*, *improvement* yang dilakukan adalah dengan merubah standar *packing* dimana sebelumnya *packing spindle* hanya ditumpuk pada kantong plastik sehingga berpotensi terjadinya benturan sesama part yang akan menyebabkan cacat. Setelah perbaikan standar *packing spindle* menggunakan *traypack*, dimana spindle akan disusun satu demi satu pada *traypack* tersebut dengan posisi berlawanan, hal ini akan mencegah terjadinya benturan sesama spindle akibat guncangan atau getaran yang ditimbulkan pada saat proses pengiriman sehingga akan meminimalisir terjadinya cacat.

### 4.3 Tahap Kontrol ( Control )

Aktivitas utama dalam tahap *control* (kontrol) adalah menjaga dan mempertahankan kondisi dari hasil perbaikan. kontrol proses yang dilakukan menggunakan tools dari SPC (*Statistical Process Control*), dengan menggunakan *X-R Control Chart*. Point yang dikontrol yaitu *Concentricity* pada *spindle* seperti terlihat pada tabel 4.5 dibawah ini



## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- ✓ Penyimpangan *point concentricity* dan juga cacat pada spindle cam chain teridentifikasi sebagai penyebab utama terjadinya gangguan pada putaran pompa oli mesin sepeda motor.
- ✓ Aktivitas perbaikan yang telah dilakukan mampu menaikkan kemampuan proses dari part yang diindikasikan bermasalah dimana nilai  $C_p$  yang didapat sebesar 1.73 dari semula 0.89, naiknya sigma level menjadi 4.89 dan menurunnya PPM total untuk reject part menjadi 0.52.
- ✓ Pengecekan dengan menggunakan jig inspection lebih efektif dalam mencegah lolosnya part NG dibandingkan dengan cara manual yang menggunakan magnetic V block.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Astra Management Development Institute, "*Astra Six Sigma Green Belt Program*", Astra-Q Series 2001.
2. Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motor Corporation, "*Potential Failure Mode and Effect Analysis*", AIAG, 1995.
3. Sung H. Park "*Six Sigma for Quality and Productivity Promotion*", published by Asian Productivity Organization, 2003.
4. Vincent Gaspersz., "*Pedoman Implementasi Program SIX SIGMA*", PT Gramedia Utama, Jakarta, 2002

