

**PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK END BRACKET 3F DENGAN
MENGUNAKAN METODE SIX SIGMA
(Studi Kasus di PT Suyuti Sido Maju)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Industri**



**Nama : Rizka Mahendra Putra Aji
No. Mahasiswa : 09 522 090**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016**

PERNYATAAN KEASLIAN

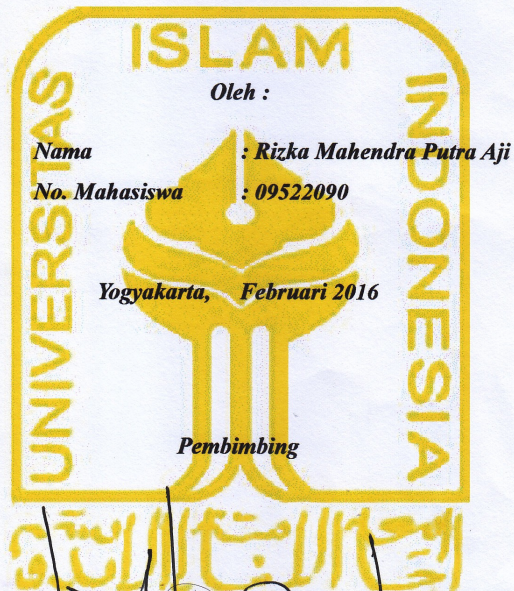
Demi Allah saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, Februari 2016



**PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK END BRACKET 3F
DENGAN MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA
(Studi Kasus di PT Suyuti Sido Maju)**

TUGAS AKHIR



Drs. H. M. Ibnu Mastur, MSIE

23/2/2016

PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK END BRACKET 3F DENGAN
MENGUNAKAN METODE SIX SIGMA
(Studi Kasus di PT Suyuti Sido Maju)
TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Rizka Mahendra Putra Aji
No. Mahasiswa : 09522090

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai
Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata – 1
Teknik Industri

Yogyakarta, 31 Maret 2016

Tim Penguji

Drs. H. M. Ibnu Mastur, MSIE

Ketua

Ir. Ali Parkhan, MT

Anggota I

Vikha Indira Asri, ST., M.T

Anggota II

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Industri
Universitas Islam Indonesia



Yuli Agusti Rochman S.T., M.Eng.



PT. SUYUTI SIDO MAJU

CAST IRON INDUSTRIES

FACTORY & OFFICE : Jl. Tegalsari 001, Ngawonggo, Ceper, Klaten 57465 Jawa Tengah - Indonesia. Phone : 0272 - 551916, Facsimile : 0272 - 552200



No Sertifikat 10-KM-3710-2

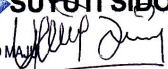
SURAT KETERANGAN

No. : 020/SSM/AK/II/16

Yang bertanda tangan dibawah ini kami.
atas nama Direktur PT. Suyuti Sido Maju yang beralamat di Tegalsari
RT 38/16 Ngawonggo Ceper Klaten
Menerangkan bahwa :

Nama : RIZKA MAHENDRA PUTRA AJI
Alamat : Turen Sardonoarjo Ngaglik Sleman Rt 01Rw 01
N I M : 09522090
Mahasiswa : Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Telah melakukan penelitian Tugas Akhir Pengendalian Kualitas Produk
di perusahaan kami sejak bulan Desember 2015 sampai selesai
Demikian surat keterangan ini dibuat agar dapat digunakan sebagaimana
mestinya.

Klaten, 23 Januari 2016
PT. SUYUTI SIDO MAJU

PT. SUYUTI SIDO MAJU

Yusuf Umardani ST, MT

PERSEMBAHAN

Sebagai rasa syukur dan terima kasih, maka skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua serta kedua kakak-kakak tersayang atas segala doa, kasih sayang, dan semangat untuk keberhasilan saya, sehingga laporan TA ini dapat terselesaikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.

MOTTO

وَأَتَاكُمْ مِنْ كُلِّ مَا سَأَلْتُمُوهُ ۚ وَإِنْ تَعُدُّوا نِعْمَتَ اللَّهِ لَا تَحْصُوهَا ۚ إِنَّ الْإِنْسَانَ لَظَلُومٌ كَفَّارٌ

Dan Dia telah memberikan kepadamu dan segala apa yang kamu mohonkan kepada-Nya. Dan jika kamu menghitung nikmat Allah, tidaklah dapat kamu menghinggakannya. Sesungguhnya manusia itu sangat zalim dan sangat mengingkari (nikmat Allah).

(QS. Ibrahim : 34)

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوا فِي الْمَجَالِسِ فَافْسَحُوا يَفْسَحِ اللَّهُ لَكُمْ ۚ وَإِذَا قِيلَ انشُزُوا فَانْشُزُوا ۚ يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ ۚ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ

Wahai Orang-orang yang beriman, apabila dikatakan kepada kalian “ Luaskanlah tempat duduk “ di dalam Majelis-majlis maka luaskanlah(untuk orang lain), Maka Allah SWT akan meluaskan Untuk kalian, dan apabila dikatakan “berdirilah kalian” maka berdirilah, Allah mengangkat derajat orang-orang yang beriman dan orang-orang yang berilmu beberapa derajat, Allah maha mengetahui atas apa-apa yang kalian kerjakan.

(QS. Al-Mujadilah ayat 11)

KATA PENGANTAR



Assalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan hidayah, kesempatan, dan kemudahan kepada kita semua dalam menjalankan amanah yang menjadi tanggung jawab kita. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga dan para sahabatnya

Atas karunia dan pertolongan dari Allah SWT, Tugas Akhir dengan judul “Pengendalian Kualitas Produk End Bracket 3F Dengan Menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus : PT Suyuti Sido Maju)” dapat berjalan dengan lancar dan dapat terselesaikan dengan baik, sampai dengan tersusunnya laporan akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini tidak lepas dari bimbingan, dorongan dan bantuan baik materi maupun non materi dari berbagai pihak, sehingga penulisan Tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Oleh karena itu perkenankanlah penulis menghaturkan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng,Sc, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Yuli Agusti Rochman S.T., M.Eng., selaku Ketua Prodi Teknik Industri serta pengurus Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Drs. H. M. Ibnu Mastur, MSIE. Dosen Pembimbing yang telah memberikan bantuan dan arahnya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Yusuf Umardani, ST, MT. Direktur Utama Prosduksi PT Suyuti Sido Maju
Selaku pembimbing lapangan
5. Ayah, Ibu, dan kedua Kakakku yang senantiasa memberi doa, bantuan, dan kasih sayang yang tiada hentinya.

6. Semua pihak yang sudah berpartisipasi dan memberi dukungan baik materi maupun non materi yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Semoga segala bantuan, bimbingan dan pengajaran yang telah diberikan kepada saya mendapatkan balasan dari Allah SWT. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakatuh

Yogyakarta, 23 Feb 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGAKUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	xi
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1.
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II. KAJIAN LITERATUR	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Pengertian Kualitas.....	8
2.2.2 Pengendalian Kualitas.....	10
2.3 Konsep Six Sigma.....	11

2.3.1 Metodologi Six Sigma.....	11
2.3.2 Tools Dalam Six Sigma.....	14
2.3.3 Analisis Tingkat Sigma.....	21
2.3.4 Kapabilitas Proses.....	29
2.3.5 Fishbone Diagram.....	30
2.4 Perbaikan Berkesinambungan.....	31
BAB III. METODE PENELITIAN	34
3.1 Objek Penelitian.....	34
3.2 Studi Pustaka.....	34
3.3 Jenis Dan Metode Pengumpulan Data.....	34
3.4 Pengolahan Data.....	35
3.5 Analisis Data.....	36
3.6 Kesimpulan Dan Saran.....	36
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	37
BAB IV. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	38
4.1 Profil Perusahaan.....	38
4.1.1 Tinjauan Singkat Perusahaan.....	38
4.1.2 Sistem Produksi Perusahaan.....	40
4.2 Pengumpulan Data.....	45
4.3 Pengolahan Data.....	45
4.3.1 Define.....	45
4.3.2 Measure.....	49
4.3.3 Analyze.....	65
BAB V. PEMBAHASAN	69
5.1 Analisis Data Variabel.....	69
5.2 Analisis Data Atribut.....	70

5.3 Analisis Kapabilitas Proses.....	70
5.4 Tahap Improve.....	71
5.5 Pengembangan Rencana Dengan 5W+1H.....	74
5.6 Analisis Stabilitas Proses.....	75
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	77
6.1 Kesimpulan.....	77
6.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan True six sigma dengan Motorola six sigma.....	13
Tabel 2.2 Contoh Perhitungan Data Atribut.....	21
Tabel 2.3 Perhitungan Dengan Dua Batas Spesifikasi.....	23
Tabel 2.4 Perhitungan Dengan Satu Batas Spesifikasi.....	25
Tabel 4.1 Spesifikasi Produk End Bracket 3F.....	49
Tabel 4.2 Data Variabel Diameter Luar.....	49
Tabel 4.3 Data Variabel Diameter Dalam.....	50
Tabel 4.4 Pengolahan Data Untuk Variabel Diameter Luar.....	51
Tabel 4.5 Perhitungan DPMO dan Sigma Untuk Variabel Diameter Luar.....	52
Tabel 4.6 Perhitungan Untuk Proses keseluruhan Diameter Luar.....	54
Tabel 4.7 Pengolahan Data Untuk Variabel Diamater Dalam.....	56
Tabel 4.8 Perhitungan DPMO dan Sigma Untuk Variabel Diameter Dalam.....	57
Tabel 4.9 Perhitungan Untuk Proses Secara Keseluruhan Diamater Dalam.....	59
Tabel 4.10 Analisis Jenis kesalahan End Bracket 3F.....	61
Tabel 4.11 Kapabilitas Proses Data Atribut.....	61
Tabel 4.12 Kapabilitas Sigma dan DPMO Atribut End Bracket 3F.....	63
Tabel 5.1 Hasil Indeks Kapabilitas Proses.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Six Sigma.....	12
Gambar 2.2 Diagram SIPOC.....	15
Gambar 2.3 Diagram Pareto.....	17
Gambar 2.4 Diagram Sebab Akibat.....	31
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	37
Gambar 4.1 Layout PT Suyuti Sido Maju.....	39
Gambar 4.2 Proses Pengecoran PT Suyuti Sido Maju.....	41
Gambar 4.3 Diagram SIPOC.....	46
Gambar 4.4 Peta Aliran Proses.....	48
Gambar 4.5 Grafik Nilai DPMO Untuk Diameter Luar.....	53
Gambar 4.6 Grafik Nilai Sigma Untuk Diamater Luar.....	53
Gambar 4.7 Grafik Nilai DPMO Untuk Diameter Dalam.....	58
Gambar 4.8 Grafik Nilai Sigma Untuk Diameter Luar.....	58
Gambar 4.9 Diagtam Pareto Data Atribut.....	61
Gambar 4.10 Grafik Pola DPMO Atribut End Bracker 3F.....	64
Gambar 4.11 Grafik Pola Sigma End Bracket 3F.....	64
Gambar 4.12 Grafik pengendalian $\bar{x}^2$ Diameter luar.....	66
Gambar 4.13 Grafik pengendalian $\bar{x}^2$ Diameter Dalam.....	68
Gambar 5.1 Fishbone Diagram Atribut Cuil.....	71
Gambar 5.2 Fishbone Diagram Variabel Diamater Dalam.....	73

ABSTRAK

PT Suyuti Sido Maju adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang pengecoran Besi. Produk End Bracket series merupakan produk yang diproduksi sepanjang tahun oleh PT Suyuti Sido Maju dengan permintaan 2 Ton setiap minggunya. Pada periode bulan Oktober-November dari 15,7 Ton produksi End Bracket series terdapat 2,3 Ton produk reject. Dari total produk End Bracket series yang ditolak tersebut, prosentase produk End bracket 3F dalam kisaran 32%, End Bracket 3S 19%, End Bracket 5F 11%, End Bracket 5S 17%, End Bracket 7S 9% dan End Bracket 9F 12%. Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diangkat yaitu apa faktor-faktor penyebab terjadinya produk cacat, berapa tingkat sigma yang dicapai perusahaan dan bagaimana upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas produk. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Six Sigma dimana metode ini digunakan untuk mengukur tingkat kecacatan dengan pendekatan DMAIC. Dari hasil penelitian, pada data atribut terdapat 4 jenis CTQ yaitu : Cuil (46,903%); Cetakan tidak sempurna (35,398%); Cetakan terlalu keras (11,504%); Rongga dalam (6,195%). Nilai DPMO untuk kecacatan atribut adalah sebesar 61951,75 dengan nilai sigma 3.04, yang merupakan rata-rata standar industri Indonesia. Pada data variabel terdapat diameter luar dan diameter dalam yang menjadi kunci kualitas. Spesifikasi Diameter luar adalah 21cm dengan batas toleransi sebesar $\pm 0,10$ cm, sedangkan untuk target spesifikasi diameter dalam adalah sebesar 7,5cm dengan toleransi $\pm 0,05$ cm. Dari hasil perhitungan diameter luar diperoleh hasil DPMO 8486,943; nilai sigma 3,89; nilai Cpm 1,379; dan nilai Cpmk 0,631. Hasil perhitungan diameter dalam diperoleh nilai DPMO 30.301,13; nilai sigma 3,38; nilai Cpm 0,897; nilai Cpmk 0,0001.

Kata Kunci : DPMO, Six Sigma, Kualitas

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan perkembangan teknologi dan informasi mengakibatkan munculnya pergeseran cara pandang dalam pelaksanaan perdagangan baik perdagangan regional maupun perdagangan internasional. Pasar bebas bukan merupakan topik yang baru dalam menyikapi perkembangan teknologi dan informasi. Dalam sektor industri, menghadapi semakin tingginya tingkat kualitas untuk memenuhi permintaan pasar, perusahaan memerlukan perhatian penuh dalam menjaga kualitas produk. Perhatian pada kualitas memberikan dampak positif kepada bisnis melalui dua cara yaitu dampak terhadap biaya-biaya produksi dan dampak terhadap pendapatan (Gaspersz, 2002) . Dimana biaya kualitas merupakan biaya yang bertambah atau terjadi untuk mencegah dan meningkatkan kualitas sebagai hasil dari tidak tercapainya spesifikasi produk yang telah ditentukan (Hermawan, 2010)

Perusahaan harus benar-benar dapat memahami apa yang dibutuhkan konsumen atas suatu produk yang akan dihasilkan (Truner, 2003). Pengelolaan kualitas dapat membantu dalam membangun strategi yang berguna dalam menentukan diferensiasi, biaya rendah, dan respon perusahaan terhadap permintaan. Perbaikan kualitas dapat membantu perusahaan meningkatkan penjualan dan mengurangi biaya-biaya, dimana keduanya dapat meningkatkan profitabilitas. Peningkatan penjualan biasanya terjadi sebagai kecepatan perusahaan merespon peningkatan atau penurunan harga jual, dan meningkatkan reputasi perusahaan untuk produk yang berkualitas. Sama halnya, peningkatan kualitas dapat menurunkan biaya saat perusahaan ingin meningkatkan produktifitas, menurunkan pengerjaan kembali , menurunkan scrap (barang sisa) dan biaya garansi.

Kualitas memengaruhi keseluruhan organisasi mulai dari pemasok sampai pelanggan dan mulai dari desain produk sampai pemeliharaan. Strategi kualitas yang berhasil dimulai dari budaya organisasi yang menumbuhkan kualitas, diikuti

dengan pemahaman atas prinsip-prinsip kualitas yang melibatkan karyawan dalam aktivitas-aktivitas tertentu untuk mengimplementasikan kualitas.

PT Suyuti Sido Maju adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang pengecoran Besi. Proses produksi yang dilakukan mencakup dalam peleburan besi, pencetakan hingga machining. Terdapat beberapa jenis produk yang dihasilkan diantaranya End bracket series, Fan, Winart, komponen kompor gas dan lain sebagainya. Produk End Bracket series merupakan produk yang diproduksi sepanjang tahun oleh PT Suyuti Sido Maju dengan permintaan 2 Ton setiap minggunya. Pada periode bulan Oktober-November dari 15,7 Ton produksi End Bracket series terdapat 2,3 Ton produk *reject*. Dari total produk End Bracket series yang ditolak tersebut, prosentase produk End bracket 3F dalam kisaran 32%, End Bracket 3S 19%, End Bracket 5F 11%, End Bracket 5S 17%, End Bracket 7S 9% dan End Bracket 9F 12%. Karena tingginya produk yang ditolak untuk produk End Bracket 3F maka pengukuran tingkat kualitas dibutuhkan untuk mengetahui penyebab tingginya kecacatan produk End Bracket 3F serta mengukur sejauh mana PT. Suyuti Sido maju dapat memenuhi standar kualitas End Bracket 3F yang telah ditetapkan .

Dalam penelitian ini peneliti akan menggunakan metode *six sigma*. Penelitian ini bertujuan untuk membantu perusahaan dalam menekan tingkat cacat produk yang terjadi pada proses produksi. Untuk mengurangi tingkat cacat produk akan dianalisis dengan menggunakan metode *Six Sigma*. *Six Sigma* adalah suatu metodologi sistematis yang berfokus pada faktor kunci yang mengendalikan performansi suatu proses, mengaturnya pada tingkat yang paling baik dan menjaganya agar tetap pada level tersebut.. *Six sigma* dapat dijadikan ukuran kinerja sistem industri yang memungkinkan perusahaan melakukan peningkatan yang luar biasa dengan terobosan strategi yang aktual. *Six sigma* juga dapat dipandang sebagai pengendalian proses industri yang berfokus pada pelanggan dengan memperhatikan kemampuan proses. Pencapaian *six sigma* hanya terdapat 3,4 cacat per sejuta kesempatan. Semakin tinggi target sigma yang dicapai maka kinerja sistem industri semakin membaik. Metode *Six Sigma* dapat digunakan untuk perbaikan kualitas dengan memperbaiki proses yang difokuskan pada usaha mengurangi variasi proses sekaligus mengurangi tingkat kecacatan produk dengan menggunakan alat bantu statistik dan *problem solving tools* yang diidentifikasi akar

peyebab masalah yang menjadi sumber kecacatan guna memperoleh langkah-langkah perbaikan yang perlu dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diangkat yaitu apa yang menjadi faktor-faktor penyebab terjadinya produk cacat, berapa tingkat sigma yang dicapai perusahaan untuk produk End Bracket 3F dan bagaimana upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas produk.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada:

1. Jenis produk yang akan diteliti adalah End Bracket 3F
2. Objek penelitian dilakukan pada bagian *Quality Control*
3. Pengukuran performansi kualitas dilakukan pada tingkat proses
4. Data jumlah cacat yang diambil untuk perhitungan nilai sigma produk cacat adalah data jumlah cacat pada bulan Desember 2015 – januari 2016
5. Tidak dilakukan perhitungan biaya kualitas
6. Faktor yang diamati adalah faktor penyebab terjadinya kecacatan pada produk

1.4 Tujuan Penelitian

Dari permasalahan yang dijabarkan diatas, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya kecacatan produk End Bracket 3 F
2. Memberikan usulan perbaikan dan pengendalian kualitas untuk meningkatkan kualitas produk. End Bracket 3F
3. Menganalisis capaian tingkat sigma yang diperoleh perusahaan untuk produk End Bracker 3F

1.5 Maanfaat penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perusahaan, yaitu :

1. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kecacatan.
2. Menemukan solusi dari faktor penyebab kecacatan
3. Mengetahui nilai sigma pengendalian kualitas perusahaan

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Berisi tentang studi pustaka dan landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini. Selain itu, menyajikan ringkasan mengenai hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh peneliti lain yang memiliki hubungan dengan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Memuat metode penelitian yang dipakai, kerangka dan bagan alir dari penelitian yang dilakukan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Berisi uraian tentang data-data yang diperoleh dan proses pengolahan data yang dapat ditampilkan melalui tabel dan grafik. Bab ini akan menjadi acuan untuk pembahasan hasil yang akan ditulis pada BAB V.

BAB V PEMBAHASAN

menyajikan pembahasan hasil yang diperoleh dalam penelitian dan kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian sehingga dapat menghasilkan rekomendasi.

BAB VI PENUTUP

Memuat kesimpulan penelitian dan saran untuk penelitian yang selanjutnya.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang menggunakan metode Six sigma dalam pengendalian kualitas produk :

Sigit Hermawan, 2010. *Analisis Penerapan ISO 9001:2000 Dengan Six Sigma Berbasis Biaya Kualitas Pada PT Honda Precision Parts Manufacturing*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui peran ISO 9001:2000 pada perusahaan yang telah mengaplikasikan pendekatan biaya kualitas six sigma. ISO 9001:2000 digunakan untuk menentukan efek biaya pada level kualitas. Dimana biaya kualitas merupakan biaya yang bertambah atau terjadi untuk mencegah dan meningkatkan kualitas sebagai hasil dari tidak tercapainya spesifikasi produk yang telah ditentukan. Alat analisa yang digunakan pada pendekatan six sigma adalah jumlah cacat tiap tahun pada setiap departemen produksi, sehingga dapat mengetahui departemen yang paling sering melakukan kesalahan dibandingkan dengan total produksi, kedepannya departemen tersebut dijadikan objek penelitian. Disamping biaya kualitas departemen yang memiliki kecacatan paling tinggi akan dianalisis untuk menentukan total efektifitas dari departemen tersebut. Hasil dari penelitian ini sukses mengaplikasikan ISO 9001:2001 pada PT Honda Precision Parts Manufacturing yang diukur menggunakan six sigma dimana pendekatan sigma meningkat pada tahun 2004-2009. Sedangkan biaya kualitas itu sendiri meningkat pada biaya pencegahan dan penilaian produk. Hal ini menunjukkan peningkatan dalam konteks kualitas berjalan dengan baik. Dari informasi diatas, dapat disimpulkan bahwa peningkatan sigma dan peningkatan biaya pencegahan dan penilaian produk tidak dapat dipisahkan dari peran pengaplikasian ISO 9001:2000. Hal ini merupakan bukti bahwa peningkatan yang dilakukan terutama pada konsep

ISO 9001:2000 akan menyebabkan peningkatan biaya dari beberapa komponen dalam perhitungan biaya kualitas, namun peningkatan yang terjadi dapat mempengaruhi penurunan produksi barang NG atau cacat yang pada puncaknya mengurangi keseluruhan biaya kualitas.

Wisnubroto. P dan Rukmana A, 2011. *Pengendalian Kualitas Produk Dengan Pendekatan Six Sigma dan Analisis Kaizen Serta New Seven Tools Sebagai Usaha Pengurangan Kecacatan Produk*. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis data suatu perusahaan berdasarkan produk cacat yang ada dengan pendekatan Six Sigma dan Analisis Kaizen serta New Seven Tools. Hasil Six Sigma berupa pengukuran baseline kinerja perusahaan pada tahap pengukuran yaitu perusahaan pada kondisi 4,055 sigma dengan DPMO 5.310. Pada tahap analisis dibuat Peta Kontrol, Diagram Pareto serta membuat Fish Bone diagram untuk mengetahui faktor-faktor penyebab kecacatan. Pada tahap Improve dilakukan pengembangan rencana tindakan dengan pendekatan Kaizen yang meliputi konsep Five-M Checklist, 5W+1H (What, Why, Where, When, Who, How) dan Five Step Plan dengan hasil utama rencana tindakan perbaikan terutama pada pekerja, mesin, material, metode dan lingkungan, Analisis New Seven Tools dalam penyelesaian masalah pada TQM (Total Quality Management) akan mengarahkan terjadinya perbaikan berkelanjutan melalui PDCA (Plan, Do, Check, Action).

Dr. Quamrul H. Mazumder, 2014. *Applying Six Sigma In Higher Education Quality Improvement*. Kualitas dalam pendidikan tinggi menjadi isu yang penting karena terus meningkatnya permintaan terhadap pemegang saham dan lingkungan yang kompetitif. Walaupun six sigma telah berhasil digunakan dalam peningkatan produk dan jasa dalam lingkungan bisnis, konsep tersebut belum diadaptasikan dalam pendidikan tinggi. Untuk meningkatkan pemahaman dalam bagaimana six sigma dan digunakan dalam peningkatan proses pendidikan tinggi terhadap kualitas pencapaian. Banyak model dapat digunakan. Dasar six sigma seperti peningkatan proses, control, *lean manufacturing*, *failure mode* dan efek analisis cepat membantu dalam pengembangan fondasi yang kokoh kualitas proses pendidikan tinggi. Peta proses dengan SIPOC (*supply, inour, process, output, customer*), analisis sebab akibat, FMEA (*Failure mode and effects analysis*) pada pendidikan tinggi telah dikembangkan dan diperkenalkan. Alat-alat ini digunakan oleh institusi pendidikan tinggi untuk lebih memahami proses pendidikan tinggi dan bagaimana hal tersebut

dapat berkembang untuk memenuhi tujuan kualitas.

Joko Susetyo, 2011. *Aplikasi Six Sigma DMAIC dan Kaizen Sebagai Metode Pengendalian dan Perbaikan Kualitas Produk*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui proses berdasarkan produk cacat yang ada, dengan pendekatan six sigma yang kemudian dilakukan pengendalian dengan menganalisis penyebab kecacatan menggunakan seven tools serta mengupayakan perbaikan berkesinambungan dengan alat implementasi kaizen five step-plan, 5w+1H, dan five-M checklist. Setelah dilakukan pengolahan data didapat nilai DPMO sebesar 4509,384 yang dapat diartikan bahwa dari satu juta kesempatan akan terdapat 4509,384 kemungkinan produk yang dihasilkan cacat. Perusahaan berada pada tingkat 4.11 sigma dengan CTQ yang paling banyak menimbulkan cacat yaitu dek sebesar 20,76 dari total cacat 22517. Dari hasil analisis maka dapat disimpulkan bahwa penyebab utama kecacatan adalah faktor manusia dan berdasarkan alat-alat implementasi kaizen maka kebijakan utama yang harus dijalankan oleh pihak perusahaan yaitu pengawasan atau kontrol yang lebih ketat di segala bidang.

Lila Ayudyaswara, Suparno, 2015. *Aplikasi Pendekatan Lean Six sigma Untuk Meningkatkan Kualitas Kue Malkiest di PT. X*. PT. X adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang *food and bevarages*, dimana efektifitas dan efisiensi merupakan hal yang sangat penting dengan memperhatikan kualitas produk. Upaya efisiensi dapat dilakukan dengan cara meminimalisasi pemborosan (*waste*) yang terjadi. Besarnya jumlah pemborosan yang terjadi akan mengakibatkan terganggunya aktifitas fisik maupun aliran informasi yang kemudian akan berdampak terhadap tingginya biaya operasional dan ketepatan waktu pemenuhan permintaan konsumen serta kualitas produk menjadi tidak sesuai dengan harapan konsumen. Oleh karena itu diperlukan sebuah pendekatan untuk mengeliminasi pemborosan yang terjadi dan melakukan perbaikan kualitas dengan menggunakan pendekatan *Six Sigma*. Pemborosan diidentifikasi dengan kuesioner *seven waste*, lalu dilakukan pemetaan secara detail dengan VALSAT dan dianalisa akar penyebabnya. Dalam penelitian ini diperoleh kinerja PT.X dalam memproduksi kue malkist dengan level *sigma* sebelum perbaikan adalah 4.35 sigma, dimana nilai ini merupakan standar kinerja industri secara internasional. Pemborosan yang sering terjadi di area produksi adalah pemborosan yang palinh sering terjadi adalah *Defect* (22,75%), *Transportation* (20,68%) dan *Waiting* (13,10%).

Penyebab utama masalah kualitas adalah banyaknya kue gosong dan banyaknya terdapat *waiting in process* (WIP) yang tidak memiliki nilai tambah bagi produk. *Value added ratio* (VAR) sebelum perbaikan sebesar 77,67 % dengan total keseluruhan proses sebesar 376,75 menit sedangkan setelah penerapan perbaikan nilai VAR meningkat sebesar 252,73% dengan total keseluruhan proses 332,25 menit.

Berdasarkan Penelitian diatas, data yang dipergunakan merupakan data atribut yang hanya mendefinisikan kualitas secara umum. Pada penelitian ini peneliti akan mencoba mengukur data atribut dan variabel serta menggunakan fishbone dan 5W+1H dalam menganalisis tingkat variansi yang terjadi

2.2 Dasar teori

2.2.1 Pengertian Kualitas

Menurut Feigenbaun (1989) kata kualitas yang berorientasi pada kepuasan konsumen tidak harus mempunyai arti “yang terbaik” dalam dunia industri, melainkan kualitas adalah kesesuaian spesifikasi dari desain produk yang telah ditetapkan konsumen. Kualitas dalam konteks peningkatan adalah bagaimana baiknya kualitas suatu produk (barang/jasa) memenuhi spesifikasi (persyaratan) dan toleransi yang ditetapkan oleh bagian desain dan pengembangan dari suatu perusahaan (Gaspersz, 2002). Prinsip-prinsip yang merupakan landasan filosofi six sigma, yaitu :

a. Fokus pada pelanggan

Pelanggan merupakan penilai utama kualitas. Persepsi mengenai nilai dan kepuasan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang terjadi selama waktu pembelian, kepemilikan, dan jasa pelayanan pelanggan. Untuk memenuhi tuntutan ini, upaya sebuah perusahaan tidak tebatasi dari sekedar mematuhi spesifikasi produk, mengurangi kecacatan atau melayani keluhan pelanggan. Upaya yang dilakukan termasuk mendesain produk baru yang dapat memenuhi kepuasan pelanggan, serta respon yang cepat terhadap permintaan pasar dan pelanggan. Salah satu aspek dasar dari metodologi six sigma adalah mengidentifikasi CTQ (*critical to quality*) yang menentukan kepuasan pelanggan. Pengumpulan informasi yang dibutuhkan pelanggan merupakan aktivitas penting dalam proses produksi barang maupun jasa. Apabila CTQ tidak dapat terpenuhi maka

perusahaan perlu membangun sistem pengukuran yang dapat memfasilitasi pemenuhan kebutuhan pelanggan.

b. Partisipasi dan kerja sama semua individu didalam perusahaan

Six sigma bergantung pada partisipasi dan kerja sama karyawan pada setiap tingkatan paling bawah hingga manajemen tingkat atas untuk memahami masalah-masalah bisnis, menemukan sumber permasalahan, menghasilkan solusi untuk perbaikan, dan mengimplementasikannya. Salah satu karakter dari six sigma adalah terciptanya hierarki perbaikan proses menggunakan pendekatan analogi tingkatan beladiri yang dilengkapi dengan perangkat serta pengetahuan untuk melakukan perbaikan yang signifikan dalam kinerja bisnis.

c. Fokus pada proses yang didukung oleh perbaikan dan pembelajaran secara terus menerus.

Proses merupakan hal yang paling dasar dalam six sigma, karena proses merupakan serangkaian aktivitas yang ditujukan untuk mencapai beberapa hasil tertentu. Cara pandang yang melihat proses secara keseluruhan akan menyatukan semua aktivitas yang penting serta meningkatkan pengetahuan kita mengenai keseluruhan sistem. Waktu respon, kualitas, dan tujuan produktivitas harus dipertimbangkan secara bersamaan. Fokus pada proses akan mendukung upaya perbaikan secara terus-menerus dengan cara memahami sinergi dan mengenali sumber masalah yang sebenarnya.

Peningkatan kualitas merupakan hasil dari perkembangan teknologi dan bukan dari upaya perbaikan berkelanjutan. Orientasi dari kualitas suatu produk adalah kepuasan pelanggan, toleransi berarti penetapan oleh bagian desain untuk menentukan nilai minimum dan maksimum yang diizinkan produk untuk bekerja secara memadai. Menurut Garvin (1984) terdapat lima perspektif terhadap kualitas produk, yaitu :

a. *Transcendental Approach*

Kualitas dalam pendekatan ini adalah sesuatu yang dapat dirasakan, tetapi sulit didefinisikan dan dioperasionalkan maupun diukur

b. *Product-based Approach*

Kualitas dalam pendekatan ini adalah suatu karakteristik atau atribut yang dapat diukur. Perbedaan kualitas mencerminkan adanya perbedaan atribut yang dimiliki produk secara objektif, tetapi pendekatan ini tidak dapat

menjelaskan perbedaan dalam selera dan preferensi individual.

c. *User-based approach*

Kualitas dalam pendekatan ini didasarkan pada pemikiran bahwa kualitas tergantung pada orang yang memandangnya, dan produk yang paling memuaskan preferensi seseorang atau cocok dengan selera (fitnes for used) merupakan produk yang berkualitas paling tinggi

d. *Manufacturing-based approach*

Kualitas dalam pendekatan ini adalah bersifat supply-based atau dari sudut pandang produsen yang mendefinisikan kualitas sebagai sesuatu yang sesuai dengan persyaratan dan prosedur. Pendekatan ini berfokus pada kesesuaian spesifikasi yang ditetapkan perusahaan secara internal.

e. *Value-based approach*

kualitas yang dilihat dari segi nilai dan harga, yang juga didefinisikan sebagai affordable ascellence. Affordable ascellence merupakan cara pandang dimana produk yang memiliki kualitas paling tinggi tidak menentukan nilai produk dimata konsumen, namun produk yang mempunyai nilai untuk memenuhi kebutuhan yang akan dibeli.

2.2.2 Pengendalian kualitas

Pengendalian kualitas adalah aktivitas keteknikan dan manajemen, dimana dengan aktivitas itu dapat diukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan persyaratan yang telah ditetapkan dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila ada perbedaaan antara penampilan yang sebenarnya dengan standar. (Montgomery, 1996). Kualitas dalam konteks peningkatan adalah bagaimana baiknya kualitas suatu produk (barang/jasa) memenuhi spesifikasi dan toleransi yang ditetapkan oleh bagian desain dan pengembangan dari suatu perusahaan. Toleransi berarti penetapan oleh bagian desain untuk menetapkan nialai minimum dan maksimum yang diizinkan untuk produk agar bekerja secara memadai. Ada beberapa pengertian pengendalian kualitas :

- a. Pengendalian kualitas adalah suatu aktifitas untuk menjaga dan mengarahkan agar kualitas produk perusahaan dapat dipertahankan sebagaimana telah direncanakan (Ahyari,1990)
- b. Pengendalian kualitas adalah merencanakan dan melaksanakan cara yang paling

ekonomis untuk membuat sebuah barang yang akan bermanfaat dan memuaskan tuntutan konsumen secara maksimal (Assauri,1999)

- c. Pengendalian kualitas merupakan alat penting bagi manajemen untuk memperbaiki kualitas produk bila diperlukan, mempertahankan kualitas yang sudah tinggi dan mengurangi jumlah barang yang rusak (Reksohadiprojo,2000)

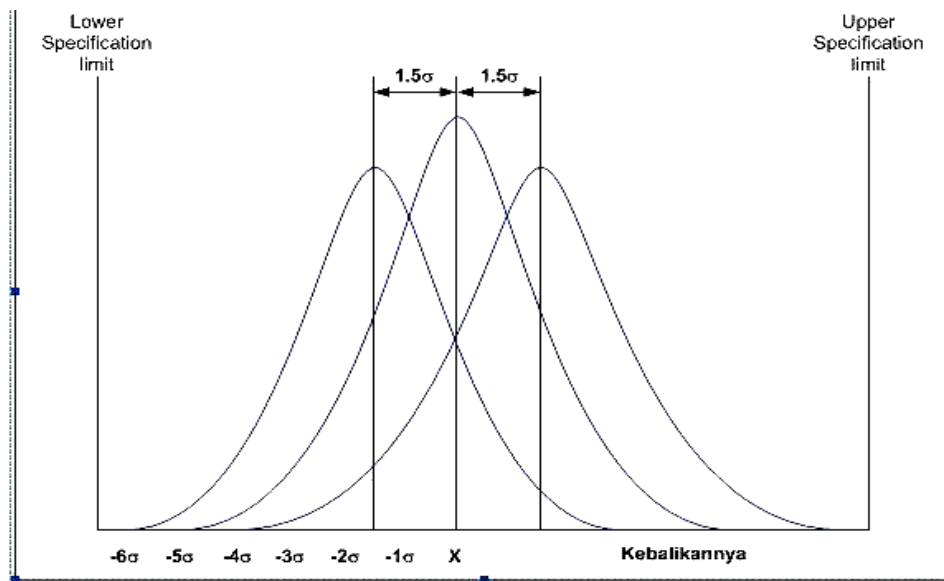
2.3 Konsep six sigma

2.3.1 Metodologi Six Sigma

Six Sigma merupakan cara pendekatan kualitas terhadap *Total Quality Management (TQM)*. *TQM* menekankan pada upaya peningkatan terus-menerus berdasarkan kesadaran mandiri dari manajemen. Six Sigma merupakan salah satu metode alternatif dalam prinsip-prinsip pengendalian kualitas yang merupakan terobosan dalam bidang manajemen kualitas (Gaspersz, 2005). Six Sigma dapat dijadikan ukuran kinerja sistem industri yang memungkinkan perusahaan melakukan penekanan kecacatan produk. Nilai sigma dapat diartikan seberapa sering cacat yang mungkin terjadi. Jika semakin tinggi tingkat sigma maka semakin kecil toleransi yang diberikan pada kecacatan sehingga semakin tinggi kapabilitas proses, menjadikan proses tersebut menjadi semakin baik.

Pengertian Six Sigma menurut Vincent Gaspersz (2005) dari bukunya yang berjudul *pedoman Implementasi Program Six Sigma terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA dan HACPP* adalah suatu visi peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) untuk setiap transaksi produk (barang maupun jasa), upaya giat menuju kesempurnaan (*zero defect*).

Konsep ini berasal dari konsep spesifikasi desain di bidang manufaktur serta kemampuan suatu proses untuk mencapai spesifikasi tersebut. Dari perspektif pengukuran 6-sigma menunjukkan tingkatan kualitas, dimana ketidaksesuaian hasil produk dengan standar kualitas berjumlah 3,4 cacat per satu juta kemungkinan. Tingkatan kualitas 6-sigma adalah tingkat setara dengan variasi proses sejumlah setengah hari dari yang ditoleransikan oleh tahap desain dan dalam waktu yang sama memberikan kesempatan agar rata-rata produksi bergeser sebesar 1,5 deviasi standar dari target



Gambar 2.1 Grafik six sigma

Pada gambar 2.1, wilayah dibawah ekor kurva bergeser diluar wilayah six sigma (baik atas maupun dibawah batas toleransi) hanya berukuran 0,0000034 atau 3,4 per satu juta. Jika rata-rata suatu proses dapat dikontrol agar bergeser paling banyak 1,5 deviasi standar dari target, maka diharapkan cacat hanya terjadi sejumlah 3,4 per satu juta kejadian.

Tabel 2.1 Perbedaan True 6-sigma dengan Motorola 6-sigma

True-6 sigma Process			Motorola 6-sigma Process		
Batas Spesifikasi (LSL-USL)	Presentase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL)	DPMO	Batas Spesifikasi (LSL-USL)	Presentase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL)	DPMO
± 1-sigma	68,27%	317.300	± 1-sigma	30,8538%	691.462
± 2-sigma	95,54%	45.500	± 2-sigma	69,1462%	308.538
± 3-sigma	99,73%	2.700	± 3-sigma	93,3193%	66.807
± 4-sigma	99,9937%	63	± 4-sigma	99,3790%	6.210
± 5-sigma	99,999943%	0,57	± 5-sigma	99,9767%	233
± 6-sigma	99,9999998%	0,002	± 6-sigma	99,99966%	3,4

Pada tabel 2.1 menunjukan Konsep *Six Sigma* Motorola dengan pergeseran nilai rata-rata dari proses (*mean*) mengizinkan pergeseran sebesar 1,5 Sigma, berbeda

dengan konsep dasar *Six Sigma* dalam distribusi normal yang umum dimana tidak mengizinkan pergeseran dalam nilai rata-rata (*mean*) dari proses.

Definisi TQM dalam *Six Sigma* adalah program yang direncanakan untuk mengurangi cacat untuk mengurangi biaya, menghemat waktu, dan meningkatkan kepuasan pelanggan (Heizer dan Render, 2015). Perbaikan *Six Sigma* dikenal dengan DMAIC (*Defines, Measure, Analyze, Improves, Control*).

Menurut Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Roland R Cavanagh (2003) dalam bukunya yang berjudul *The Six Sigma Way*, pengertian DMAIC adalah sebagai berikut :

- a. *Define* (mendefinisikan), merupakan fase yang pertama *DMAIC* yang menentukan masalah atau peluang, proses dan persyaratan pelanggan. Pada fase ini isu manajemen proyek seperti apa yang harus dilakukan, oleh siapa, dan kapan harus dapat didefinisikan.
- b. *Measure* (mengukur), merupakan fase kedua dari *DMAIC*, di mana ukuran-ukuran kunci diidentifikasi dan data dikumpulkan, disusun dan dijadikan evaluasi terhadap karakteristik khusus dan atau tingkat kinerja berdasarkan data yang telah diamati. Terdapat tiga aspek penting yang perlu diperhatikan dalam fase ini, yaitu : (1) menentukan kunci kualitas yang berhubungan langsung dengan kebutuhan pelanggan. (2) pengembangan rencana untuk pengumpulan data yang dapat diukur pada tingkat proses, output, dan outcome. (3) pengukuran kinerja saat ini mulai dari tingkat proses, output, dan outcome yang selanjutnya dijadikan patokan kinerja awal pada proyek *six sigma*.
- c. *Analyze* (menganalisis), fase *DMAIC* di mana detail proses diperiksa dengan cermat untuk peluang-peluang perbaikan. Kegiatan yang dilaksanakan pada fase ini diantaranya : (1) menentukan stabilitas kemampuan suatu proses, (2) menentukan target dari kunci kualitas (CTQ) yang akan ditingkatkan dalam proyek *six sigma*, (3) mengidentifikasi sumber cacat produk, (4) mengkonversi jumlah kegagalan kedalam *cost of poor quality*.
- d. *Improve* (memperbaiki), fase dari *DMAIC* di mana solusi-solusi dan ide-ide secara kreatif dibuat dan diputuskan.
- e. *Control* (mengendalikan), *control* merupakan fase terakhir dari *DMAIC*, merupakan konsep statistik yang mengindikasikan bahwa sebuah proses beroperasi di dalam *range* variasi yang diharapkan

Suatu proses dengan nilai sigma yang lebih tinggi akan mempunyai cacat yang lebih sedikit baik jumlah ataupun jenisnya.

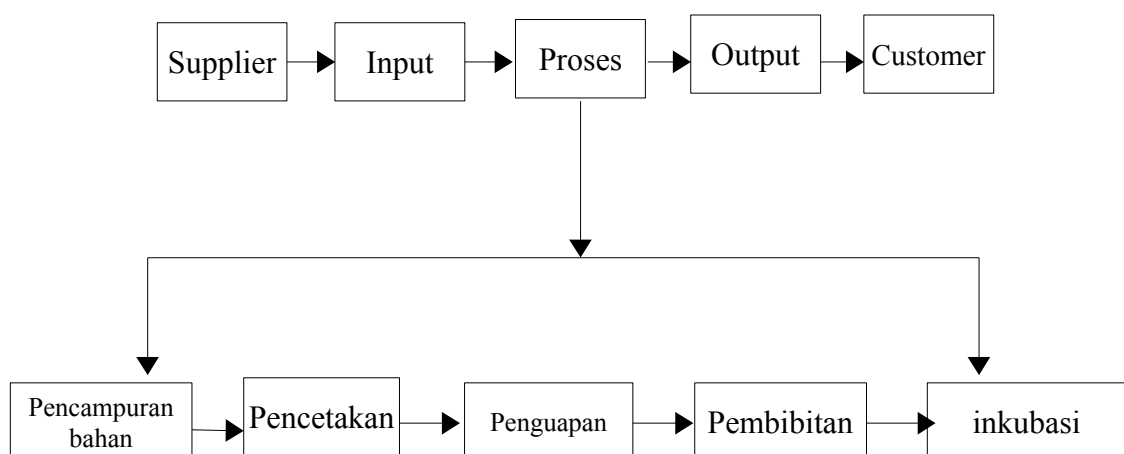
2.3.2 Tools dalam Six Sigma

Dalam Six Sigma terdapat beberapa tools yang digunakan untuk menganalisis proses produksi, yaitu :

1. SIPOC

Dalam SIPOC terdapat lima elemen utama yaitu Supplier, Input, Proses, Output, Customer.

- Supplier; merupakan elemen yang memegang peran dalam memenuhi kebutuhan bahan baku untuk melaksanakan kegiatan produksi perusahaan
- Input; pemeriksaan bahan baku yang masuk kedalam inventori perusahaan untuk dilakukan pengecekan kualitas bahan guna kesesuaian standar bahan yang telah ditetapkan
- Proses; tahapan pengolahan bahan baku yang masuk untuk diproses melalui tahapan-tahapan tertentu sesuai dengan prosedur dan kebijakan perusahaan.
- output; hasil dari proses produksi dipantau akan kualitas produknya sesuai dengan standar yang telah ditetapkan perusahaan
- Customer; elemen penerima hasil produksi dan merupakan elemen penting dalam penilaian hasil produk



Gambar 2.2 Diagram SIPOC

2. karakteristik Kualitas (CTQ)

Karakteristik kualitas (Critical to Quality) adalah atribut-atribut yang sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan. CTQ merupakan elemen produk, proses, maupun kegiatan-kegiatan yang berdampak langsung pada kepuasan pelanggan. Menurut Vincent Gaspersz (2002), pemahaman akan CTQ pelanggan akan membantu untuk menyeleksi proyek-proyek six sigma yang terpenting. Identifikasi CTQ membutuhkan pemahaman akan *voice of the customer*, yaitu kebutuhan pelanggan yang diekspresikan dengan cara penyampaian dan bahasa pelanggan itu sendiri. karakteristik kualitas kunci (CTQ) yang telah ditetapkan haruslah berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan, yang diturunkan secara langsung dari persyaratan-persyaratan output dan pelayanan. Memenuhi kebutuhan pelanggan bukanlah batas minimum yang dibutuhkan suatu bisnis untuk terus beroperasi. Untuk dapat berkompetisi dengan baik, perusahaan diharapkan dapat memberikan faktor pengejut yang dapat memberikan kepuasan pelanggan. Dalam sistem klasifikasi Kano, penyebab ketidakpuasan dan penyebab kepuasan dapat ditemukan dengan menggunakan riset pemasaran yang dilaksanakan secara rutin. Menurut Noriaki Kano, CTQ dapat diklasifikasikan kedalam tiga kategori:

- a. Penyebab ketidakpuasan sesuatu yang diharapkan didalam suatu produk atau jasa : Faktor kepuasan yang harus dipenuhi untuk mendapatkan perhatian pelanggan dalam memenuhi kebutuhannya. Kebutuhan ini tidak diminta langsung oleh pelanggan tetapi diharapkan ada dalam produk, apabila fitur-fitur ini tidak ada, maka pelanggan akan merasa tidak puas.
- b. Penyebab kepuasan : Sesuatu yang diinginkan pelanggan, kebutuhan yang tidak diungkapkan secara langsung namun kebutuhan ini akan menciptakan kepuasan.
- c. Pembuat senang : Fitur baru atau inovatif yang tidak diharapkan oleh pelanggan. Adanya fitur yang tidak diharapkan menghasilkan persepsi kualitas yang lebih tinggi

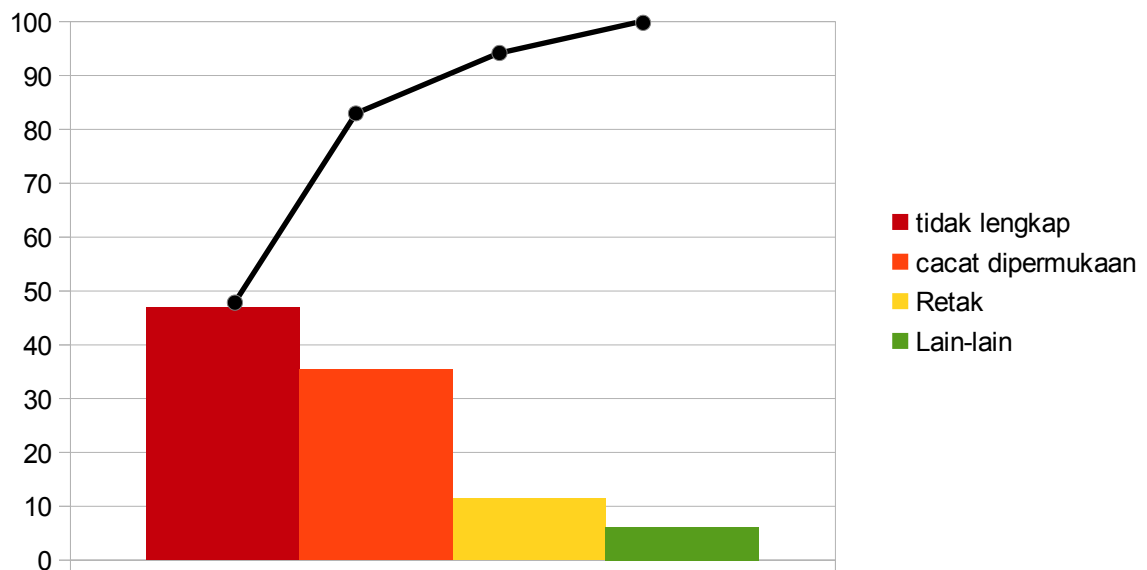
3. Diagram Pareto

Distribusi Pareto adalah salah satu jenis distribusi dimana sifat-sifat yang

diobservasi diurutkan dari frekuensi terbesar hingga terkecil. Sedangkan diagram pareto merupakan histogram data yang mengurutkan data dari frekuensi terbesar hingga terkecil. Penyusunan ini dapat membantu peneliti untuk dapat menemukan permasalahan yang paling penting sehingga dapat segera ditangani berdasarkan ranking permasalahannya. Dengan menggunakan diagram pareto, masalah yang paling penting yang mempengaruhi kegiatan peningkatan kualitas menjadi lebih mudah teridentifikasi dan memberi petunjuk dalam pengalokasian sumber daya guna menyelesaikan masalah. Dalam penyusunan diagram pareto terdapat enam langkah yang perlu dilakukan, yaitu:

- a. Menemukan metode atau arti dari pengklasifikasian data, misalnya berdasarkan masalah, penyebab, jenis ketidaksesuaian, dan lain-lain.
- b. Menemukan satuan yang digunakan untuk membuat urutan karakteristik-karakteristik tersebut, contohnya : rupiah, unit, frekuensi dll.
- c. mengumpulkan data sesuai dengan interval waktu yang telah ditentukan
- d. merangkum data dan membuat rangking kategori data tersebut dari yang terbesar hingga terkecil.
- e. menghitung frekuensi kumulatif atau presentase kumulatif yang digunakan
- f. menggambar diagram batang, yang menunjukkan tingkat relatif dari setiap masalah. Mengidentifikasi beberapa hal penting untuk dijadikan perhatian utama.

Analisis pareto sering kali digunakan untuk menganalisis data yang dikumpulkan di lembar pemeriksaan. Dari data tersebut dapat digambarkan dalam sebuah histogram.



Gambar 2.3 Diagram Pareto

Masalah-masalah yang paling signifikan atau memiliki biaya yang paling tinggi akan segera tampak. Diagram pareto juga dapat menunjukkan dampak program-program perbaikan seiring waktu

4. Peta Pengendali (Control Chart)

Ketidakseragaman dalam operasional dapat menimbulkan perbedaan dalam kualitas produk yang dihasilkan, ketidakseragaman tersebut dikenal dengan variasi. Terdapat dua jenis variasi berdasarkan sumber penyebabnya, yaitu :

- a. Variasi penyebab khusus, merupakan kejadian-kejadian diluar sistem manajemen kualitas yang mempengaruhi variasi dalam sistem tersebut. Data mengambil pola-pola tak acak sehingga dapat ditentukan sebab mereka tidak selalu aktif tetapi memiliki pengaruh yang lebih kuat sehingga menyebabkan timbulnya variasi ini. Hal tersebut ditandai dengan titik-titik pengamatan yang melewati batas-batas yang didefinisikan.
- b. Variasi penyebab umum, adalah kejadian dalam sistem manajemen kualitas atau yang melekat pada proses yang sedang terjadi dan

menyebabkan timbulnya variasi dalam sistem tersebut beserta hasil-hasilnya. Data mengambil penyebab acak atau penyebab sistem karena selalu melekat pada sistem manajemen kualitas, untuk menghilangkannya harus ditelusuri elemen-elemen dalam sistem itu dan hanya pihak manajemen yang dapat memperbaikinya. Hal ini dikarenakan pihak manajemen yang mempunyai kendali dari sistem manajemen kualitas dan ditandai dengan titik-titik pengamatan yang berada dalam batas-batas pengendalian yang didefinisikan.

Peta kontrol berfungsi untuk menghilangkan variasi tidak normal melalui pemisahan variasi penyebab umum dan variasi penyebab khusus. Dalam statistik terdapat dua jenis data, yaitu :

- a. Data variabel : terjadi apabila karakteristik kualitas dapat diukur dan dinyatakan dalam bilangan, untuk menggambarkan karakteristik dengan ukuran tengah dan ukuran variabilitas. Karakteristik kualitas atribut-atribut sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan (temperatur, volume, tekanan dll). Grafik $\bar{x}$ digunakan untuk pengendalian nilai tengah dan grafik berdasarkan rentang sampel atau deviasi standar sampel digunakan untuk mengendalikan variabilitas.
- b. Data atribut : merupakan grafik pengendali untuk karakteristik kualitas yang tidak dapat diukur dengan skala kuantitatif dan untuk penilaian tiap unit produk sebagai kesesuaian dengan standar produk. Contoh dari data atribut adalah kesalahan proses administrasi, banyak karakteristik cacat pada produk.

5. Menghitung rata-rata dari setiap sub-grup tersebut.

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{n} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

n : jumlah anggota sampel

x : sampel

$\bar{x}$: rata-rata sampel

Hitung rata-rata total dengan cara membagi jumlah total rata-rata sub-grup tersebut dengan jumlah dari sub-grup.

$$\bar{\bar{x}} = \frac{(\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k)}{k} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

$\bar{x}$: rata-rata sampel

$\bar{\bar{x}}$: rata-rata proses

k : jumlah sampel

6. Menghitung *Range* (R)

Nilai range dihitung dengan cara mengurangkan antara nilai maksimal dengan nilai minimal pada data sub-grup tersebut.

$$R = X_{(terbesar)} - X_{(terkecil)} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

R : Range sampel

$X_{(terbesar)}$: nilai sampel terbesar

$X_{(terkecil)}$: nilai sampel terkecil

Menghitung rata-rata range dengan membagi total dari R dengan membagi jumlah sub-grup k.

$$\bar{R} = \frac{(R_1 + R_2 + \dots + R_k)}{k} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

k : jumlah sampel

R : Range sampel

$\bar{R}$: rata-rata range sampel

7. *Upper Control Limit (UCL)*

Upper control limit dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

UCL : Batas kontrol atas

$\bar{\bar{x}}$: rata-rata proses

$\bar{R}$: rata-rata range sampel

nilai A_2 didapatkan dari table nilai faktor untuk batas kendali (3 sigma).

8. *Lower Control Limit (LCL)*

Lower control limit dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

LCL : Batas kontrol atas

$\bar{\bar{x}}$: rata-rata proses

$\bar{R}$: rata-rata range sampel

nilai A_2 didapatkan dari table nilai faktor untuk batas kendali (3 sigma).

9. Peta Kendali R

Peta Kendali R memiliki langkah-langkah yang hampir sama dengan langkah-langkah pada peta kendali $\bar{\bar{x}}$, sedangkan nilai batas kendalinya sebagai berikut :

a. *Central Line*

Central line merupakan nilai rata-rata total

b. *Upper Control Limit (UCL)*

Upper Control Limit dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$UCL = (D_4) \cdot \bar{R} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

UCL : batas kontrol atas

$\bar{R}$: rata-rata range sampel

nilai D_4 didapatkan dari tabel nilai faktor untuk batas kendali (3 sigma).

c. *Lower Control Limit (LCL)*

Lower Control Limit dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$LCL = (D_3) \cdot \bar{R} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

LCL : batas kontrol atas

$\bar{R}$: rata-rata range sampel

nilai D_3 didapatkan dari tabel nilai faktor untuk batas kendali

2.3.3 Analisis Tingkat Sigma

Analisis tingkat sigma bertujuan untuk mengetahui level perusahaan dalam standard six sigma. Untuk mengetahui tingkatan tersebut perlu dilakukan perhitungan terhadap nilai DPMO (defect per million opportunity). Defect merupakan kegagalan untuk memenuhi kunci kualitas yang dikehendaki pelanggan, sedangkan defect per million opportunity (DPMO) merupakan ukuran kegagalan yang dihitung rangkaian pengukuran kualitas six sigma, yang menunjukkan kegagalan per satu juta kesempatan.

Tabel 2.2 Contoh Perhitungan Data Atribut

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin diketahui?	-	<i>Billing dan Charging</i>
2	Berapa banyak unit transaksi yang dikerenakan?	-	1.283
3	Berapa banyak unit yang gagal?	-	145
4	Hitung cacat berdasarkan Langkah 3	(langkah 3) / (langkah 2)	0,113
5	Tentukan banyaknya CTQ potensial yang dapat menyebabkan cacat	banyaknya karakteristik	24
6	Hitung peluang tingkat cacat per karakteristik CTQ	(Langkah 4) / (Langkah 5)	0,004708

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
7	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)	$(\text{Langkah 6}) \times 1.000.000$	4,708
8	Konversi nilai DPMO (Langkah 7) ke dalam nilai sigma (menggunakan tabel)	-	4,09-4,10
9	Buat Kesimpulan		Kapabilitas Sigma adalah 4,10 (rata-rata kinerja industri di Amerika Serikat)

Untuk rumus perhitungan untuk data variabel dua batas (batas atas dan batas bawah) menggunakan rumus :

untuk batas atas (USL) digunakan :

$$P \left[Z \geq \left(\frac{USL - \bar{x}}{s} \right) \right] \times 1.000.000 \dots\dots\dots(9)$$

untuk batas bawah (LSL) digunakan :

$$P \left[Z \leq \left(\frac{LSL - \bar{x}}{s} \right) \right] \times 1.000.000 \dots\dots\dots(10)$$

Tabel 2.3 Perhitungan dengan Dua Batas Spesifikasi

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin diketahui?	-	Pembuatan Pipa
2	Tentukan nilai batas spesifikasi atas (USL)	USL	45 mm

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
3	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (LSL)	LSL	35 mm
4	Tentukan nilai spesifikasi target	T	40 mm
5	Berapa nilai rata-rata proses?	X-bar	37 mm
6	Berapa nilai standar deviasi dari proses?	S	2 mm
7	Hitung kemungkinan cacat yang berada di atas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P [z \geq (USL - X\text{-bar}) / S] \times 1.000.000$	32
8	Hitung kemungkinan cacat yang berada di bawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P [z \leq (LSL - X\text{-bar}) / S] \times 1.000.000$	158.655
9	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)	(Langkah 7) + (Langkah 8)	158.687
10	Konversi DPMO (langkah 9) ke dalam nilai sigma (lihat tabel)	-	2,50

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
11	Hitung kemampuan proses di atas dalam ukuran nilai Sigma	-	Kapabilitas prses adalah 2,50 Sigma (rendah,tidak kompetitif)
12	Hitung kapabilitas proses di atas dalam indeks kapabilitas proses	$C_{pm} = (USL - LSL) / \{6\sqrt{(X\text{-bar} - T)^2 + S^2}\}$	0,46 (rendah, tidak kompetitif)

Jika batas spesifikasi hanya memiliki satu batas atas atau batas bawah saja, maka digunakan rumus berikut :

untuk batas atas (USL) digunakan :

$$P [Z \geq \text{absolut}(\frac{(USL - \bar{x})}{s})] \times 1.000.000 \dots \dots \dots (11)$$

untuk batas bawah (LSL) digunakan :

$$P [Z \leq \text{absolut}(\frac{(LSL - \bar{x})}{s})] \times 1.000.000 \dots \dots \dots (12)$$

Tabel 2.4 perhitungan dengan satu batas spesifikasi

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin diketahui?	-	<i>Proses industri polywood</i>
2	Tentukan nilai batas spesifikasi atas (USL)	USL	14% (nilai maksimum MC)
3	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (LSL)	LSL	Tidak ada
4	Tentukan nilai spesifikasi target	T	Dibawah 14%
5	Berapa nilai rata-rata proses?	X-bar	12,57%

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
6	Berapa nilai standar deviasi dari proses?	S	1,182287%
7	Hitung kemungkinan cacat yang berada di atas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P [z \geq (\text{absolute-X-bar}) / S] \times 1.000.000$	113140
8	Hitung kemungkinan cacat yang berada di bawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO)	Tidak perlu di gunakan	Nol
9	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempata (DPMO)	(Langkah 7) + (Langkah 8)	113140
10	Konversi DPMO (langkah 9) ke dalam nilai sigma (lihat tabel)	-	2,71
11	Hitung kemampuan proses di atas dalam ukuran nilai Sigma	-	Kapabilitas prses adalah 2,71 Sigma (rata-rata industri di indonesia)

a. Stabilitas Proses

Stabilitas proses dalam analisis *Six Sigma* digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi yang ada berada dalam stabilitas (*stability*) untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Berikut beberapa rumus yang digunakan (Vincent Gaspersz, 2002) :

1. Satu batas spesifikasi (USL atau LSL)

Membuat Hipotesis

$$H_0: \sigma^2 \geq (S_{max})^2 \text{ (Proses tidak stabil)}$$

$$H_1: \sigma^2 < (S_{max})^2 \text{ (Proses stabil)}$$

$$\frac{((n-1)S^2)}{(S_{max})^2} \geq \lambda^2(\sigma; N-1) \text{ (} H_0 \text{ Diterima)}$$

$$\frac{((n-1)S^2)}{(S_{max})^2} < \lambda^2(\sigma; N-1) \text{ (} H_0 \text{ Ditolak)}$$

$$S_{max} = \left[\frac{1}{(\text{nilai kapabilitas sigma})} \right] x \text{ absolute } (SL - T) \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan :

S_{max} : standar deviasi maximum

SL-T : batas kontrol

$$UCL = T + 1,5 (S_{maks}) \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan :

UCL : Batas kontrol atas

T : Target

S_{max} : standar deviasi maximum

$$LCL = T - 1,5 (S_{maks}) \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan :

UCL : Batas kontrol atas

T : Target

S_{max} : standar deviasi maximum

Harga Statistik Penguji

$$X^2_{hitung} = \frac{((n-1)S^2)}{(S_{max})^2} \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan :

n : jumlah sampel

S : standar deviasi

S_{max} : standar deviasi maximum

Menentukan besar tingkat signifikansi α dengan melihat tabel $\bar{x}$

$$x^2[\sigma ; (n-1)]$$

Membandingkan x_{hitung}^2 dan x_{tabel}^2

$$x_{hitung}^2 > x_{tabel}^2$$

Membuat Keputusan

$$x_{hitung}^2 > x_{tabel}^2 \text{ maka } (H_0 \text{ Diterima})$$

2. Dua batas spesifikasi (USL dan LSL)

Membuat Hipotesis

$$H_0: \sigma^2 \geq (S_{max})^2 \text{ (Proses tidak stabil)}$$

$$H_1: \sigma^2 < (S_{max})^2 \text{ (Proses stabil)}$$

$$\frac{((n-1)S^2)}{(S_{max})^2} \geq \lambda^2(\sigma; N-1) \quad (H_0 \text{ Diterima})$$

$$\frac{((n-1)S^2)}{(S_{max})^2} < \lambda^2(\sigma; N-1) \quad (H_0 \text{ Ditolak})$$

$$S_{max} = \left[\frac{1}{(2 \times \text{nilai kapabilitas sigma})} \right] x (USL - LSL) \dots\dots\dots(17)$$

Keterangan :

S_{max} : standar deviasi maximum

USL : batas kontrol atas

LSL : batas kontrol bawah

$$UCL = T + (1,5 \times S_{max}) \dots\dots\dots(18)$$

UCL : Batas kontrol atas

T : Target

S_{max} : standar deviasi maximum

$$LCL = T - (1,5 \times S_{max}) \dots\dots\dots(19)$$

UCL : Batas kontrol atas

T : Target

S_{max} : standar deviasi maximum

Harga Statistik Penguji

$$X^2_{hitung} = \frac{((n-1)S^2)}{(S_{max})^2} \dots\dots\dots(20)$$

Keterangan :

n : jumlah sampel

S : standar deviasi

S_{max} : standar deviasi maximum

Menentukan besar tingkat signifikansi α dengan melihat tabel $\bar{x}$

$$x^2[\sigma ; (n-1)]$$

Membandingkan x^2_{hitung} dan x^2_{tabel}

$$x^2_{hitung} > x^2_{tabel}$$

Membuat Keputusan

$$x^2_{hitung} > x^2_{tabel} \text{ maka } (H_0 \text{ Diterima})$$

2.3.4 Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses merupakan kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan output sesuai dengan ekspektasi atau kebutuhan yang diinginkan dan biasanya dinyatakan dalam indeks kapabilitas proses. Kapabilitas proses merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan spesifikasi produk sesuai standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Indeks kapabilitas proses (C) digunakan untuk mengukur sampai tingkat dimana output proses berada pada nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan pelanggan. Semakin tinggi nilai Cpm menunjukkan bahwa output proses semakin mendekati target kualitas yang diinginkan. Hal itu juga berarti bahwa tingkat kegagalan dari proses semakin berkurang menuju tingkat kegagalan nol. :

$$Cpm = \frac{(USL - LSL)}{(6\sqrt{((\bar{x} - T)^2 + S^2)})} \dots\dots\dots(21)$$

Keterangan :

USL : batas kontrol atas

LSL : batas kontrol bawah

T : target

S : standar deviasi

$\bar{x}$: rata-rata proses

Dalam upaya peningkatan kualitas six sigma, biasanya digunakan aturan sebagai berikut :

$C_{pm} \geq 2$, maka proses dianggap memenuhi target spesifikasi kualitas pelanggan dan dianggap kompetitif.

$1,00 \leq C_{pm} \leq 1,99$ maka proses dianggap cukup mampu, namun perlu upaya untuk peningkatkan kualitas menuju tingkat kegagalan nol.

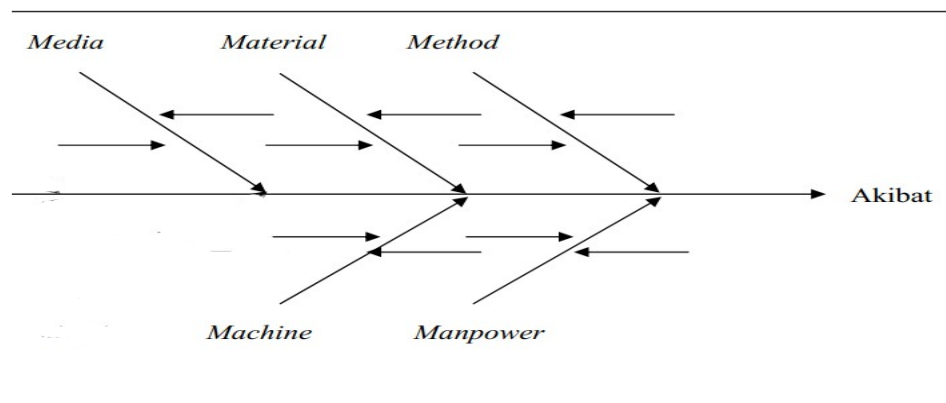
$C_{pm} \leq 1$, maka proses dianggap tidak mampu untuk mencapai target kualitas dan tidak kompetitif untuk bersaing di pasaran global.

2.3.5 Fishbone Diagram

Untuk mengidentifikasi masalah dan menemukan sumber penyebab masalah kualitas, digunakan alat analisis diagram sebab akibat (*fishbone diagram*). Diagram ini membentuk cara-cara membuat produk-produk yang lebih baik dan mencapai hasilnya. Sumber penyebab masalah kualitas yang ditemukan berdasar konsep 5M, yaitu : (Gaspersz, 2005)

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

kebisingan yang berlebihan, dll



Gambar 2.4. Diagram sebab akibat

2.4 Perbaikan berkesinambungan

Kaizen merupakan istilah dari jepang yang berasal dari akta kai (perubahan) dan zen (baik). Kaizen merupakan upaya untuk memperbaiki atau membuat yang lebih baik, suatu perubahan atau perbaikan yang kecil tidak akan terlihat sebagai perubahan yang berarti sampai siklus tersebut dilaksanakan berulang-ulang dan selalu ada perbaikan yang dibuat. Dari definisi diatas kaizen dapat diartikan sebagai *continuous improvement*. Melakukan hal-hal kecil dengan lebih baik, menetapkan dan mencapai standar yang lebih tinggi. Berikut adalah alat implementasi dari Kaizen :

1. Kaizen Checklist

salah satu cara untuk mengidentifikasi masalah yang dapat menggambarkan peluang bagi perbaikan adalah menggunakan daftar (*checklist*) terhadap faktor-faktor yang besar kemungkinannya membutuhkan perbaikan. faktor-faktor tersebut terdiri dari : tenaga kerja, teknik kerja, metode kerja, prosedur kerja, waktu, fasilitas, peralatan, sistem, software, alat-alat, material, layout pabrik, volume produksi, persediaan, paradigma (pola berfikir),

2. Kaizen Five Step Plan

Prinsip 5S digunakan untuk menciptakan dan memelihara agar tempat kerja menjadi teratur, bersih, aman, dan memiliki kinerja tinggi, 5S merupakan landasan utama dalam menjalankan program peningkatan terus-menerus. Zero defect, meminimalkan biaya, dan menciptakan tempat kerja yang aman. Menurut

Vincent Gaspersz (2007) 5S merupakan pendekatan sistematis untuk meningkatkan lingkungan kerja, proses-proses dan produk dengan melibatkan karyawan di lantai pabrik atau lini produksi maupun di kantor. 5S merupakan akronim dari Seiri, Seiton, Seiso, Seikatsu, Shisuke.

a. *Seiri (sort)*

memisahkan barang yang tidak dibutuhkan dan barang yang dibutuhkan, kemudian membuang barang-barang yang tidak digunakan lagi dalam pelaksanaan tugas atau aktifitas di tempat kerja.

b. *Seiton (Stabilize, straighten, set in order, simply)*

menyimpan barang-barang yang diperlukan di tempat yang tepat agar memudahkan pengambilan jika akan diambil.

c. *Seiso (shine, sweep)*

menjaga dan memelihara tempat kerja agar rapi dan bersih

d. *seikatsu (standardize)*

melakukan standarisasi terhadap praktek 3S sebelumnya agar tercipta konsistensi dalam penerapannya

e. *Shisuke (Sustain, self discipline)*

membuat agar kedisiplinan menjadi suatu kebiasaan dengan mengikuti prosedur-prosedur yang telah ditetapkan.

3. 5W+1H

Panduan pertanyaan dengan menggunakan 5W+1H digunakan sebagai alat manajemen dalam berbagai lingkungan. 5W+1h terdiri dari *Who, What, Where, When, Why, How*.

a. *What ?(Apa)?*

Apa yang menjadi target utama dari perbaikan atau peningkatan kualitas?

b. *Why? (Mengapa)?*

Mengapa rencana tindakan itu diperlukan?

c. *Where? (Dimana)?*

Dimana rencana tindakan itu akan dilaksanakan?

d. *When? (Kapan)?*

Kapan aktivitas rencana tindakan itu akan terbaik dilaksanakan?

e. *Who? (Siapa)?*

Siapa yang akan mengerjakan aktivitas rencana tindakan itu?

f. *How?* (Bagaimana)?

Bagaimana mengerjakan aktivitas rencana tindakan itu?

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Pada Penelitian ini akan di lakukan di PT. Suyuti Sido Maju, Ceper, Klaten. Obyek penelitian yang di ambil adalah produksi End Bracket 3F PT Suyuti Sido Maju untuk menanalisis kecacatan yang terjadi.

3.2 Studi Pustaka

Studi pustaka yang dilakukan ada dua jenis yaitu studi pustaka induktif deduktif. Kajian induktif adalah kajian pustaka yang bermakna untuk menjaga keaslian penelitian dan yang diawali dengan menjelaskan permasalahan-permasalahan khusus yang diakhiri dengan kesimpulan yang berupa pernyataan umum. Kajian ini diperoleh dari jurnal, seminar yang tertera dalam Bab II. Pada kajian induktif dapat diketahui perkembangan penelitian dan batas-batas penelitian terdahulu. Kajian deduktif membangun konseptual yang mana fenomena-fenomena atau parameter-parameter yang relevan, diklasifikasikan dan dihubung-hubungkan sehingga bersifat umum. Kajian deduktif merupakan landasan teori yang dipakai sebagai acuan untuk memecahkan masalah penelitian yang juga tertera pada Bab II.

3.3 Jenis dan Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder :

- a. Data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh peneliti secara langsung dari sumbernya. Terdapat dua cara untuk memperoleh data tersebut, yaitu:

1. Observasi

Merupakan metode yang dilakukan dengan cara pengamatan langsung ke objek penelitian untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan secara aktual.

2. Wawancara

Merupakan pengumpulan data dengan melakukan tanya jawab langsung pada pihak yang berkompeten tentang masalah yang terkait dengan penelitian.

b. Data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan dari berbagai sumber yang telah ada (peneliti sebagai tangan kedua). Metode ini biasanya dilakukan dengan melakukan penelitian kepustakaan yaitu memperoleh data melalui buku-buku literatur, jurnal dan literatur lain yang relevan dengan penelitian. Data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut :

1. Data proses produksi atau Data jumlah produk dalam periode tertentu.
2. Data umum perusahaan yang berisi informasi mengenai kondisi perusahaan seperti tenaga kerja, bahan baku, mesin, metode kerja, dan lingkungan tempat kerja.
3. Data atribut yang berisi data produk cacat dari setiap proses serta jenis cacat yang terjadi pada proses tersebut.
4. Data penyebab banyaknya jumlah produk cacat atau rendahnya kapabilitas proses. Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan dan juga interview langsung terhadap pengawas lapangan.

3.4 Pengolahan Data

Analisis pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara observasi langsung dan menganalisis apakah produk yang dihasilkan sudah memenuhi standar yang ditetapkan perusahaan atau belum. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Diagram Pareto
2. Peta Kendali
3. DPMO dan tingkat sigma
4. Kapabilitas proses

5. Diagram fishbone
6. Rencana perbaikan dengan 5w+1h

3.5 Analisis data

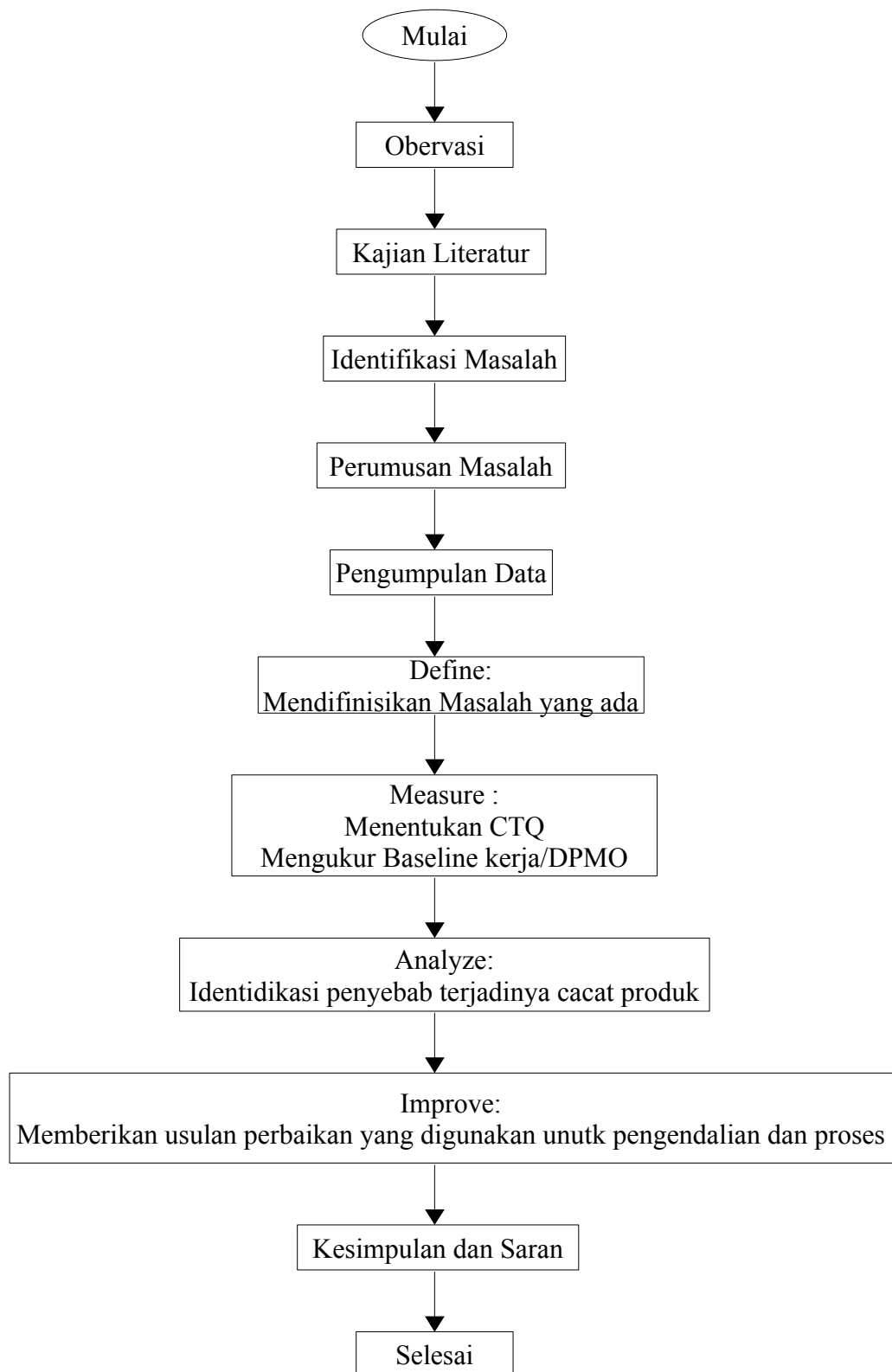
Data yang telah diolah akan dianalisa dengan menggunakan fishbone diagram, dimana diagram tersebut memiliki kegunaan untuk memetakan penyebab dari kemungkinan persoalan serta akibat yang ditimbulkannya. Pada fishbone diagram juga akan dilakukan pengidentifikasian permasalahan terjadinya kecacatan pada produk dan menemukan solusi potensialnya.

3.6 Kesimpulan dan saran

Bagian ini merupakan penutup yang berisikan kesimpulan berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan. Penarikan kesimpulan berguna dalam merangkum hasil penelitian dan membuktikan hipotesis yang ada, sedangkan saran berupa rekomendasi untuk pengembangan penelitian agar ilmu teknik industri dapat berkembang.

3.7 Diagram alir penelitian

Dalam penelitian diperlukan penyusunan langkah-langkah penelitian guna mempermudah penyusunan laporan penelitian. Langkah-langkah penelitian tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flowchart penelitian

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Profil Perusahaan

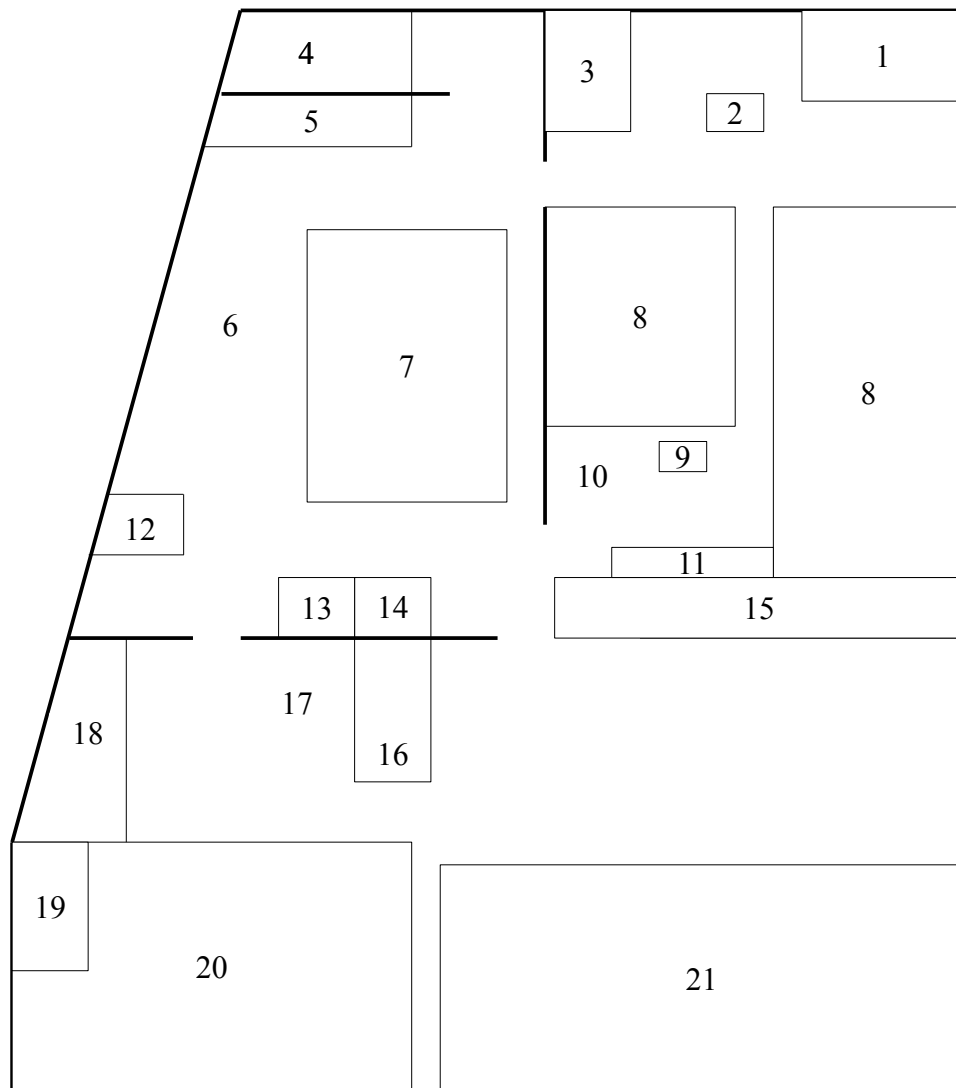
4.1.1 Tinjauan singkat perusahaan

PT. Suyuti Sido Maju merupakan salah satu perusahaan pengecoran logam yang terletak di daerah Tegalsari, Ngawonggo, Ceper, Klaten. PT. Suyuti Sido Maju bergerak di bidang pengecoran logam (*Foundry*) dan permesinan (*machinery*) dengan produk yang dihasilkan berupa besi cor kelabu. Sebelumnya perusahaan ini merupakan sebuah *home industry* yang dikelola oleh keluarga Bapak Suyuti. Kemudian PT Suyuti Sido Maju resmi menjadi perusahaan Perseroan Terbatas pada tahun 1984 dengan akte pendirian notaris No. 862/DAL/LDII/VII/84, dengan direktur Bapak Santoso Budi Raharjo.

PT. Suyuti Sido Maju telah menjalin kerja sama dengan industri besar nasional dengan membuat komponen beberapa diantaranya adalah :

- a. Komponen alat berat untuk PT Natra Raya, yaitu *Counterweigh* dan *clamp*.
- b. Komponen pompa listrik untuk PT. National Gobel, yaitu : *Casing Pump*, *Casing Ajector*, *Casing Liner*, *Suction Flange*, *Pressure Flange*, pipa joint
- c. Komponen pompa industri untuk PT. Ebara Indonesia, antara lain : *discharge elbow*, *Gland*, *Bearing Cover*, *Suction Cover*
- d. Komponen generator listrik untuk PT Denyo Indonesia, yaitu *End Bracket* dan *Fan*
- e. Komponen Kompor gas untuk PT. Covina Industri Italindo, yaitu *Head burner* dan *bross cup*
- f. Komponen ring teromol rem sepeda motor Honda.

Berikut *Layout* PT. Suyuti Sido Maju :



Gambar 4.1 Layout PT. Suyuti Sido Maju

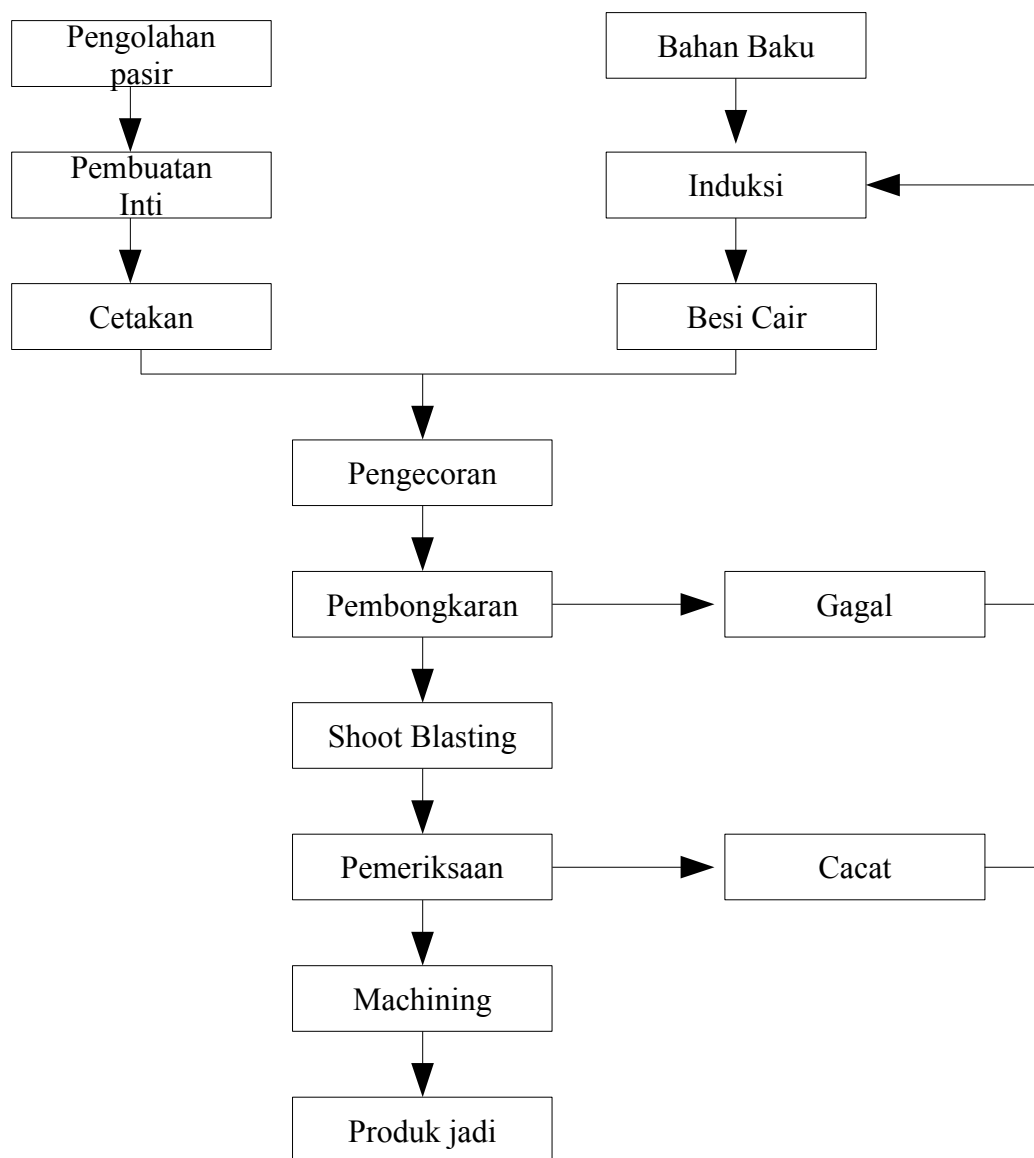
Keterangan :

1. Instalasi Tanur Induksi
2. Kupola
3. Tempat material siap pakai
4. Circulating water
5. Kamar mandi dan WC
6. Tempat pembuatan inti
7. Tempat penyimpanan material

8. Daerah pembuatan cetakan
9. Alat penyaring pasir
10. Alat penggiling pasir
11. Tempat penyimpanan pasir kuarsa
12. Mushola
13. shoot blasting dengan benda digantung
14. Gudang
15. Bengkel
16. Kantor
17. Tempat penyimpanan produk jadi
18. shoot blasting (*Tumbling*) dengan benda diputar
19. Patternmaking
20. Machining
21. Rumah.

4.1.2 Sistem Produksi Perusahaan

Pengecoran logam adalah proses penuangan logam yang dicairkan kedalam cetakan kemudian dibiarkan mendingin dan membeku. Pengecoran meliputi beberapa proses antara yaitu :



Gambar 4.2 Proses Pengecoran PT. Suyuti Sido Maju

a. Pembuatan pola

Pola yang dipergunakan untuk pembuatan cetakan benda coran dapat digolongkan menjadi pola logam dan pola kayu. Bahan – bahan yang digunakan untuk membuat pola adalah kayu, resin atau logam. Untuk pola yang dibuat dari bahan resin, hanya resin peoksid yang banyak dipakai.

Pola logam digunakan agar dapat menjaga ketelitian ukuran benda coran, terutama dalam produksi masal, sehingga unsur pola bisa lebih tahan lama dan produktifitas lebih tinggi. Pola kayu dapat dibuat dengan biaya murah,

pembuatannya cepat dan pengolahan lebih mudah dibandingkan dengan pola logam, tetapi kurang tahan lama jika dibandingkan dengan pola cetakan dari logam. Pada pemilihan macam pola harus diperhatikan produktivitas, kualitas coran dan harga pola.

Pola dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu pola tunggal dan pola belahan. Pola tunggal dibentuk serupa dengan corannya sedangkan pola belahan adalah pola yang dibelah ditengahnya untuk memudahkan pembuatan cetakan. Pola belahan disebut juga cup dan drag.

b. Pembuatan inti

Inti adalah suatu bentuk dari pasir yang dipasang pada rongga cetakan untuk mencetak pengisian logam pada bagian yang seharusnya berbentuk lubang atau berbentuk rongga dalam suatu coran. Inti dapat dibuat dengan menggunakan tangan dan dapat juga dibuat dengan mesin. Di PT. Suyuti Sido Maju, inti dibuat dengan menggunakan tangan dengan bahan dari resin, kemudian resin dimasukkan ke dalam kotak yang terbuat dari logam dan dibakar. Setelah dipanaskan resin mengeras dan menjadi inti yang berwarna kuning.

c. Pembuatan cetakan

Sebagian besar produksi yang dihasilkan dari industri pengecoran menggunakan cetakan pasir. Cetakan pasir dibuat dari *green sand*, *dry sand*, *core sand*, *cement-bonded sand* dan *shell-molding sand*. Disebut *green sand* karena menunjukkan uap lembab. *Green sand* merupakan campuran dari pasir silika, tanah lempung, dan air.

Selain dari cetakan pasir dapat juga digunakan cetakan logam yang dibuat melalui proses permesinan dan biasanya untuk mesin *die-casting*. Cetakan pasir dibuat dengan tangan atau dapat juga dibuat dengan mesin guncang, cetakan dengan mesin pendesak, cetakan dengan mesin guncang-desak, cetakan dengan mesin tekanan tinggi, cetakan dengan mesin desak-tiup dan cetakan dengan pelempar pasir

Di PT. Suyuti Sido Maju cetakan yang digunakan adalah cetakan *green sand* yang dibuat dengan tangan. *Green sand* yang digunakan terdiri dari campuran pasir kuarsa (70%), bentonit (10%) dan air (20%). PT. Suyuti Sido Maju juga memiliki cetakan mesin guncang-desak sebanyak 4 unit.

d. Bahan baku

Bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan besi cor kelabu pada umumnya terdiri atas *pig iron 30%, cast scrap 40%, remelt 20%* dan *steel scrap 10%*.

e. Peleburan dalam tanur induksi

PT. Suyuti Sido Maju didalam proses pengecoran menggunakan tanur induksi dengan spesifikasi : daya 500kW, voltase 1550 Volt, frekuensi 500-1500 Hz dan dapat menghasilkan 180 kg besi cair/jam dengan kapasitas yang dimiliki, tanur induksi dapat menghasilkan 4 ton besi cair untuk setiap kali pemuatan dan waktu yang dibutuhkan kurang lebih 8 – 9 jam. PT. Suyuti Sido Maju memiliki 2 unit tanur induksi dimana salah satu tanur digunakan untuk menghasilkan baja.

Tanur induksi yang berbentuk kursibel terdiri dari batu tahan api yang melapisi bagian luar dan bagian bawah dan dililiti kumparan koil dari tembaga yang dihubungkan ke arus listrik bertegangan tinggi. Koil tersebut dilengkapi dengan pendingin air. Sebelum dilakukan peleburan, tanur induksi dipanaskan terlebih dahulu selama 10 menit kemudian bahan baku dimasukkan secara bertahap kedalam tanur. Setelah memasukan bahan baku dilakukan pengadukan untuk mempercepat proses peleburan. Pada tahap akhir peleburan, slag yang terjadi dibuang terlebih dahulu. Keuntungan tanur induksi adalah sebagai berikut :

1. memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam jumlah komposisi logam yang kecil sekalipun
2. mempunyai laju peleburan yang tinggi , biasanya sekitar 1 jam
3. pengaturan suhu sangat mudah dilakukan dan cepat dengan jangkauan yang lebar.
4. kualitas logam yang dihasilkan cukup tinggi dan bebas dari hidrogen dan nitrogen hasil proses kimia.
5. biaya operasi lebih murah dibandingkan metode yang lain
6. bebas dari polusi udara

Sedangkan beberapa kerugian tanur induksi antara lain :

1. biaya investasi yang mahal
2. tidak ada proses perbaikan (refining process) pada waktu peleburan karena dipermukaan terdapat kerak yang mengambang
3. tidak bisa mengambil sampel contoh besi yang dileburkan karena cepatnya waktu peleburan.

f. Proses penuangan

Besi cair yang dihasilkan tanur dituang ke dalam ladell yang telah dilapisi bata tahan api. Pada proses ini dilakukan inokulasi. Inokulasi adalah penambahan logam lain atau paduan kedalam cairan besi sebelum dituangkan. Jumlah penambahannya sangat kecil sehingga tidak sampai mengubah komposisi kimia besi cair. Tujuan dari inokulasi adalah :

1. membentuk inti-inti pembekuan agar pembekuan terarah dan terkendali
2. penyebaran grafit yang merata
3. memperbaiki sifat-sifat mekanik, yaitu meningkatkan kekuatan tarik dan menurunkan kekerasan, serta memberikan struktur yang seragam tak tergantung pada tebal coran

Cara penambahan inokulan cukup dipercikan kedalam ladell berisi besi cair yang akan dituangkan kedalam cetakan dan bisa juga ditempatkan di dasar ladell yang akan diisi cairan logam.

g. Pembersihan

setelah dilakukan pembongkaran saluran masuk, saluran turun, saluran pengalir yang terbentuk pada saat proses pengecoran, dan inti dilepaskan dari benda coran, pasir yang melekat dipermukaan benda coran dibersihkan dengan cara *shoot blasting*. Benda coran dimasukan kedalam mesin putar yang digerakan dengan motor listrik. Pada saat mesin berputar material abrasif yaitu bola kecil dengan diameter 2mm dimasukan kedalam mesin. Kipas yang ada didalam mesin menghembuskan material abrasif sehingga mengikis pasir yang melekat di permukaan benda coran.

h. Pemeriksaan coran

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kualitas dari benda coran terhadap kemungkinan adanya cacat pengecoran. Di PT Suyuti Sido Maju pemeriksaan benda coran dilakukan secara visual. Bila dari hasil pengamatan ditemukan adanya cacat pada benda coran, maka benda coran tersebut akan dilebur kembali.

i. Machining dan finishing

Produk coran yang tidak memiliki cacat dilakukan tahap finishing. Finishing ini meliputi machining untuk pembuatan dimensi dari benda coran, penghalusan permukaan dan pengecatan. Di PT Suyuti Sido Maju proses finishing didukung dengan peralatan mesin bubut sejumlah 17 unit, mesin gerinda sejumlah 9 unit,

mesin scrap sejumlah 1 unit, mesin bos sejumlah 14 unit, dan mesin pemotong pelat sejumlah 1 unit.

4.2 Pengumpulan Data

Data yang akan diteliti adalah data variabel Diameter luar End Bracket 3F dan Diameter dalam End Bracker 3F pada bulan Desember 2015 - Januari 2016.

4.3 Pengolahan Data

4.3.1 *Define*

a. Pernyataan Masalah

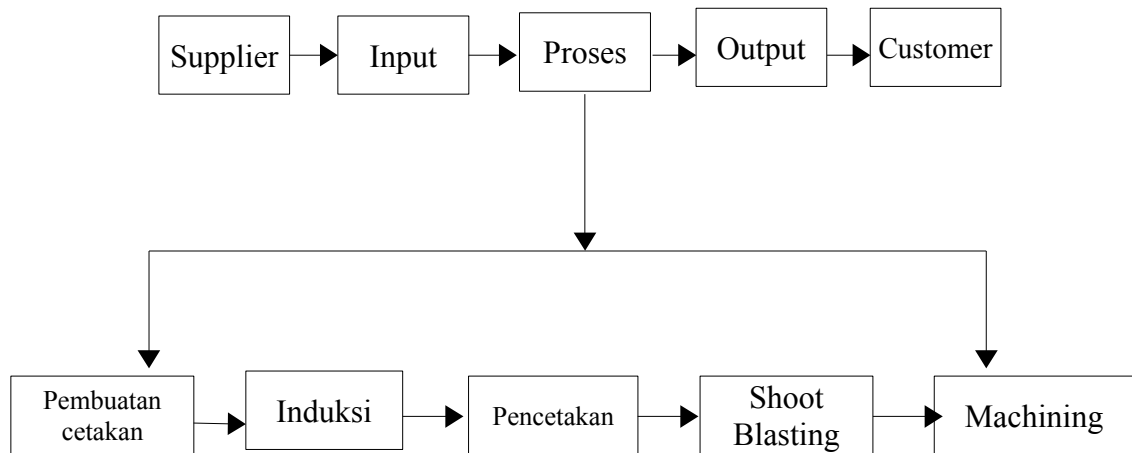
PT Suyuti Sido Maju sudah menerapkan beberapa spesifikasi standar kualitas untuk produk-produk yang dihasilkan, sehingga perlu diukur seberapa besar tingkat pemenuhan standar yang ada dilapangan dengan standar yang sudah ditetapkan.

b. Tujuan

Untuk mengukur tingkat keberhasilan perusahaan dalam memenuhi standar produk yang telah ditetapkan serta meningkatkan kualitas dan stabilitas proses produksi.

c. Diagram SIPOC dan Pemetaan Proses

Untuk mendefinisikan aktivitas proses yang terjadi dari *supplier* material sampai menjadi produk jadi maka digunakan diagram SIPOC. Hal ini dibutuhkan karena penelitian ini berkaitan dengan proses produksi



Gambar 4.3 Diagram SIPOC

Dengan deskripsi dari diagram SIPOC diatas adalah sebagai berikut :

1. supplier.

Supplier dari perusahaan PT Suyuti Sido Maju adalah Koperasi Pengecoran dan Penjual besi tua independen yang berada di daerah Tegalsari

2. Input

Bahan baku utama yang digunakan oleh PT Suyuti Sido Maju adalah besi tua cor

3. Proses

Proses produksi pada PT Suyuti Sido Maju meliputi :

a. Pembuatan cetakan

Pola yang dipergunakan untuk pembuatan cetakan benda coran dapat digolongkan menjadi pola logam dan pola kayu. Bahan – bahan yang digunakan untuk membuat pola adalah kayu dan menggunakan cetakan pasir *Green sand*

b. Induksi

PT. Suyuti Sido Maju didalam proses pengecoran menggunakan tanur induksi dengan spesifikasi : daya 500kW, voltase 1550 Volt, frekuensi 500-1500 Hz dan dapat menghasilkan 180 kg besi cair/jam dengan kapasitas yang dimiliki, tanur induksi dapat menghasilkan 4 ton besi cair untuk setiap kali pemuatan dan waktu yang dibutuhkan kurang lebih 8 – 9 jam

d. Shoot Blasting

Pada mesin shoot blasting material abrasif yaitu bola kecil dengan diameter 2mm dimasukan kedalam mesin. Kipas yang ada didalam mesin

menghembuskan material abrasif sehingga mengikis pasir yang melekat di permukaan benda coran

e. Machining

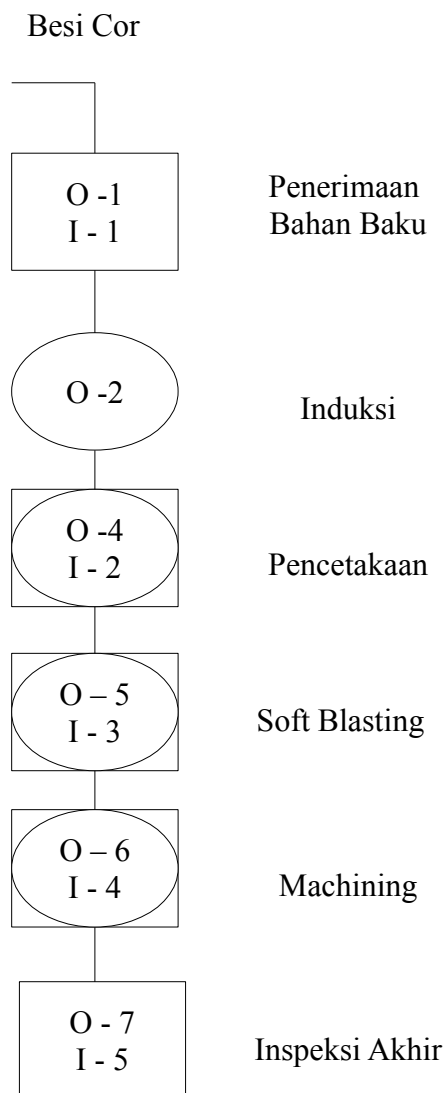
Produk coran yang tidak memiliki cacat dilakukan tahap finishing. Finishing ini meliputi machining untuk pembuatan dimensi dari benda coran, penghalusan permukaan

4. Output

Output yang dihasilkan adalah Bracket End 3F

5. Customer

Bracket End 3F dikirim kepada kontraktor yang bersangkutan yaitu PT Denyo Indonesia



Pada Gambar 4.4 merupakan peta aliran proses pengecoran logam pada PT. Suyuti Sido Maju. Pada penerimaan bahan baku dilakukan inspeksi berat besi tua yang disesuaikan dengan pemesanan yang dilakukan. Jumlah berat besi yang sudah sesuai dilakukan proses induksi yang selanjutnya dicetak pada cetakan yang sudah dibuat. Hasil cetakan akan diperiksa kesesuaiannya dengan desain perusahaan. Produk cetakan yang lolos inspeksi akan melalui proses soft blasting untuk membersihkan pasir dan diinspeksi tingkat kebersihan dan cacat yang terjadi. Produk yang lolos akan diproses dengan mesin milling pada bagian machining yang kemudian diperiksa kesesuaian ukuran desain.

4.3.2 Tahap Measure

a. Data Variabel

Berikut variabel Diameter luar dan Diameter dalam End Bracket 3F. Spesifikasi standar dari masing-masing variabel tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Spesifikasi Produk End Bracker 3F

No	Variabel	LSL	Target	USL	Toleransi
1	Diameter luar	20.9	21	21.1	± 0.1
2	Diameter dalam	7.7	7.75	7.8	± 0.05

Tabel 4.2 Data Variabel Diameter luar

NO	X1	X2	n = 5		
	X1	X2	X3	X4	X5
1	21.01	21.01	20.97	20.95	20.94
2	20.95	21.03	20.97	20.97	21.04
3	20.98	20.99	20.94	20.96	21.03
4	20.97	20.96	20.99	21.04	20.99
5	20.96	21.04	20.94	20.97	20.92
6	20.97	21.01	20.93	21.02	21
7	20.93	20.96	20.97	21.03	20.96
8	20.99	20.96	21.01	20.95	20.96
9	21.02	21.01	20.97	20.99	20.94
10	20.99	20.93	20.96	20.95	20.96
11	21.02	20.98	20.96	20.98	20.97
12	20.94	21.01	21	20.99	21.03
13	20.99	20.94	21.01	20.95	20.96
14	20.92	20.95	21	20.93	20.94
15	20.95	20.97	20.97	21.01	20.96
16	21.01	20.93	20.94	20.96	20.97
17	20.94	20.96	20.99	20.96	20.97
18	20.95	20.97	20.97	20.98	21.03
19	20.98	21.02	20.97	20.98	21.03
20	20.96	20.98	20.92	20.99	20.98
21	20.93	20.96	20.94	21	20.97
22	20.97	21.01	20.96	20.99	21.03
23	21	20.99	21.02	21.01	20.97
24	20.91	20.96	20.99	20.95	20.99
25	20.98	21.04	20.98	21	20.96
26	20.97	20.97	20.97	21.03	20.98
27	20.95	21	20.95	20.97	20.99
28	21.03	21.01	20.97	20.96	20.95
29	20.98	20.94	20.92	20.96	20.94
30	20.94	21.02	20.99	20.96	20.93

Tabel 4.3 Data Variabel Diameter dalam

No	X1	X2	n=5		
			X3	X4	X5
1	7.74	7.76	7.75	7.75	7.72
2	7.73	7.71	7.73	7.75	7.74
3	7.76	7.75	7.7	7.74	7.76
4	7.71	7.73	7.7	7.72	7.73
5	7.73	7.74	7.72	7.71	7.71
6	7.72	7.71	7.7	7.74	7.72
7	7.72	7.75	7.73	7.72	7.71
8	7.72	7.7	7.72	7.72	7.7
9	7.74	7.71	7.71	7.75	7.72
10	7.73	7.76	7.74	7.71	7.72
11	7.72	7.77	7.73	7.73	7.72
12	7.7	7.73	7.73	7.74	7.72
13	7.72	7.71	7.74	7.72	7.72
14	7.74	7.75	7.76	7.72	7.73
15	7.72	7.75	7.7	7.73	7.72
16	7.71	7.74	7.73	7.74	7.76
17	7.73	7.74	7.72	7.75	7.73
18	7.76	7.74	7.73	7.74	7.74
19	7.72	7.71	7.71	7.71	7.73
20	7.74	7.7	7.72	7.73	7.71
21	7.77	7.74	7.75	7.74	7.73
22	7.73	7.74	7.76	7.72	7.72
23	7.73	7.74	7.76	7.75	7.75
24	7.7	7.74	7.77	7.74	7.73
25	7.76	7.71	7.74	7.73	7.71
26	7.74	7.73	7.75	7.74	7.72
27	7.74	7.72	7.73	7.71	7.73
28	7.75	7.76	7.73	7.73	7.72
29	7.72	7.74	7.76	7.73	7.73
30	7.73	7.75	7.76	7.76	7.76

b. Pengukuran Pada Tingkat Output dan Proses

Perhitungan yang dilakukan menggunakan variabel Diameter luar dan Diameter dalam dengan target spesifikasi yang telah ditentukan.

1. Variabel Diameter luar

Pada proses pengukuran untuk variabel ini dilakukan dengan menggunakan alat jangka sorong

Pengukuran Variabel Diameter luar dengan LSL = 20.90cm , USL = 21.10cm, dan Target = 21cm

Tabel 4.4 Pengolahan Data untuk Variabel Diameter luar

NO	n = 5					Xbar	R	S
	X1	X2	X3	X4	X5			
1	21.01	21.01	20.97	20.95	20.94	20.976	0.070	0.030
2	20.95	21.03	20.97	20.97	21.04	20.992	0.090	0.039
3	20.98	20.99	20.94	20.96	21.03	20.980	0.090	0.039
4	20.97	20.96	20.99	21.04	20.99	20.990	0.080	0.034
5	20.96	21.04	20.94	20.97	20.92	20.966	0.120	0.052
6	20.97	21.01	20.93	21.02	21	20.986	0.090	0.039
7	20.93	20.96	20.97	21.03	20.96	20.970	0.100	0.043
8	20.99	20.96	21.01	20.95	20.96	20.974	0.060	0.026
9	21.02	21.01	20.97	20.99	20.94	20.986	0.080	0.034
10	20.99	20.93	20.96	20.95	20.96	20.958	0.060	0.026
11	21.02	20.98	20.96	20.98	20.97	20.982	0.060	0.026
12	20.94	21.01	21	20.99	21.03	20.994	0.090	0.039
13	20.99	20.94	21.01	20.95	20.96	20.970	0.070	0.030
14	20.92	20.95	21	20.93	20.94	20.948	0.080	0.034
15	20.95	20.97	20.97	21.01	20.96	20.972	0.060	0.026
16	21.01	20.93	20.94	20.96	20.97	20.962	0.080	0.034
17	20.94	20.96	20.99	20.96	20.97	20.964	0.050	0.021
18	20.95	20.97	20.97	20.98	21.03	20.980	0.080	0.034
19	20.98	21.02	20.97	20.98	21.03	20.996	0.060	0.026
20	20.96	20.98	20.92	20.99	20.98	20.966	0.070	0.030
21	20.93	20.96	20.94	21	20.97	20.960	0.070	0.030
22	20.97	21.01	20.96	20.99	21.03	20.992	0.070	0.030
23	21	20.99	21.02	21.01	20.97	20.998	0.050	0.021
24	20.91	20.96	20.99	20.95	20.99	20.960	0.080	0.034
25	20.98	21.04	20.98	21	20.96	20.992	0.080	0.034
26	20.97	20.97	20.97	21.03	20.98	20.984	0.060	0.026
27	20.95	21	20.95	20.97	20.99	20.972	0.050	0.021
28	21.03	21.01	20.97	20.96	20.95	20.984	0.080	0.034
29	20.98	20.94	20.92	20.96	20.94	20.948	0.060	0.026
30	20.94	21.02	20.99	20.96	20.93	20.968	0.090	0.039
Jumlah						629.270	2.230	0.959
Proses						20.976	0.074	0.032

Perhitungan untuk proses secara keseluruhan :

$$\text{Rata-rata (mean) proses} = \bar{\bar{x}} = \frac{\sum X_i}{30} = 629.270 / 30 = 20.976$$

$$\text{Range Proses} = \bar{R} / 30 = 2.230 / 30 = 0.074$$

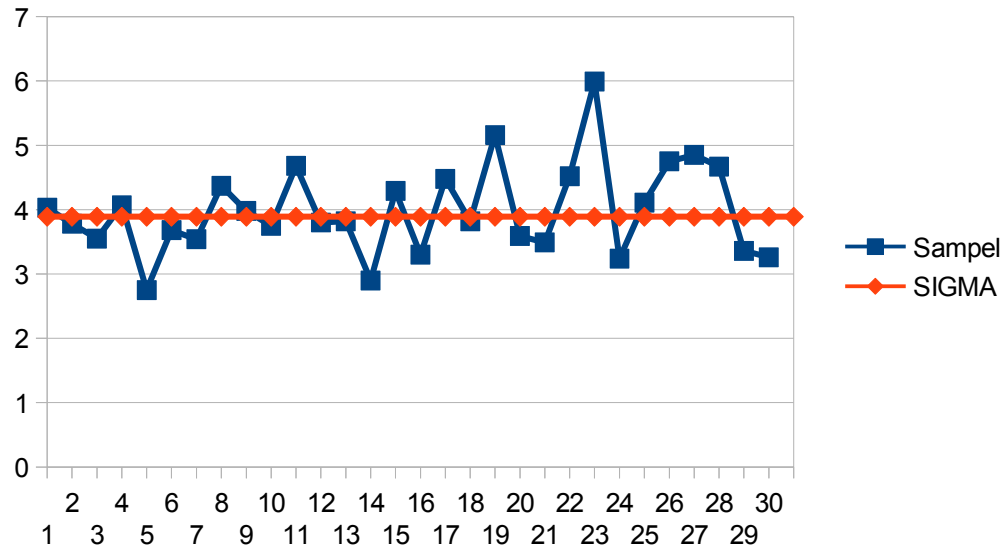
$$\text{Standar Deviasi Proses S} = \bar{R} / d_2 = 0.074 / 2.326 = 0.032$$

Nilai d_2 untuk ukuran $n = 5$ adalah 2.326 (lampiran)

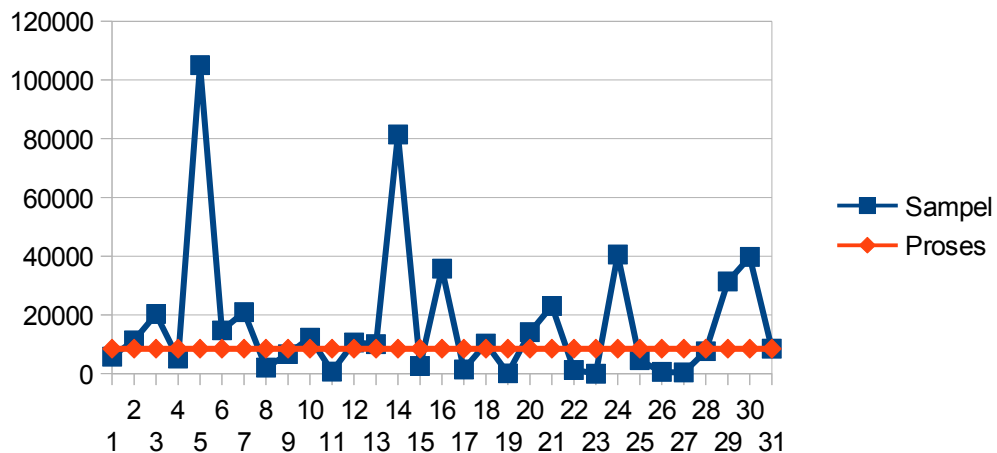
Tabel 4.5 Perhitungan DPMO dan Sigma untuk Variabel Diameter luar

No	Xbar	R	S	DPMO	SIGMA
1	20.976	0.070	0.030	5797.719	4.03
2	20.992	0.090	0.039	11336.409	3.78
3	20.980	0.090	0.039	20304.174	3.55
4	20.990	0.080	0.034	5129.888	4.07
5	20.966	0.120	0.052	105092.796	2.75
6	20.986	0.090	0.039	14728.817	3.68
7	20.970	0.080	0.034	20991.355	3.54
8	20.974	0.060	0.026	2061.114	4.37
9	20.986	0.080	0.034	6660.736	3.98
10	20.958	0.060	0.026	12273.243	3.75
11	20.982	0.060	0.026	741.648	4.68
12	20.994	0.090	0.039	10638.913	3.8
13	20.970	0.070	0.030	10017.087	3.82
14	20.948	0.080	0.034	81422.440	2.9
15	20.972	0.060	0.026	2625.999	4.29
16	20.962	0.080	0.034	35751.658	3.3
17	20.964	0.050	0.021	1454.092	4.48
18	20.980	0.080	0.034	10251.691	3.82
19	20.996	0.060	0.026	126.666	5.16
20	20.966	0.070	0.030	14154.843	3.59
21	20.960	0.070	0.030	23093.287	3.49
22	20.992	0.070	0.030	1283.889	4.52
23	20.998	0.050	0.021	3.613	5.99
24	20.960	0.080	0.034	40559.427	3.24
25	20.992	0.080	0.034	4582.028	4.11
26	20.984	0.060	0.026	567.620	4.75
27	20.972	0.050	0.021	404.877	4.85
28	20.984	0.080	0.034	7669.182	4.67
29	20.948	0.060	0.026	31386.215	3.36
30	20.968	0.090	0.039	39746.006	3.26
Proses	20.976	0.074	0.032	8486.943	3.89

Dari hasil tabel diatas diperoleh berbagai macam nilai DPMO dan Sigma yang muncul, bila di konversikan ke dalam grafik maka grafik yang dihasilkan adalah sebagai berikut :



Gambar 4.5 Grafik Nilai DPMO untuk Diameter luar



Gambar 4.6 Grafik Nilai Sigma untuk Diameter luar

Dari kedua gambar grafik diatas, dapat diketahui bahwa pola DPMO dan pencapaian tingkat sigma yang dihasilkan oleh data variabel Diameter luar masih bervariasi di sepanjang periode. Jika suatu proses dikendalikan terus menerus maka akan menunjukkan pola DPMO yang terus menurun sepanjang waktu dan pola kapabilitas sigma yang meningkat. Sebagai *baseline* kinerja, dapat digunakan $DPMO = 8486.943$ dan kapabilitas sigma = 3.89

Tabel 4.6 Perhitungan untuk proses secara keseluruhan Diameter luar

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses yang ingin diketahui	-	Diameter luar
2	Nilai spesifikasi atas	USL	21.1
3	Nilai spesifikasi target	T	21
4	Nilai spesifikasi bawah	LSL	20.90
5	Nilai rata-rata proses	Xbar	20.976
6	Nilai standar deviasi proses	S	0.032
7	Kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL	$P \left[Z \geq \left(\frac{USL - \bar{x}}{s} \right) \right] \times 1.000.000$	42.473
8	Kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL	$P \left[Z \leq \left(\frac{LSL - \bar{x}}{s} \right) \right] \times 1.000.000$	8443.719
9	DPMO proses	Langkah 7 + langkah 8	8486.192
10	Konversi DPMO proses ke nilai sigm	-	3.89
11	Hitung kemampuan proses dalam ukuran nilai sigm	-	Kapabilitas proses adalah -sigma 3.87 (rata-rata industri Indonesia)
12	Kapabilitas proses	$\frac{(USL - LSL)}{(6 \sqrt{((\bar{x} - T)^2 + S^2)})}$	1.379

DPMO Untuk Ukuran Produk < LSL:

$$\begin{aligned}
 LSL &= P \left[Z \leq \frac{(LSL - \bar{x})}{s} \right] \times 1.000.000 \\
 &= P \left[Z \leq \left(\frac{20.90 - 20.976}{0.032} \right) \right] \times 1.000.000 \\
 &= P [Z \leq (-2.389)] \times 1.000.000 \\
 &= (0.008443719) \times 1.000.000 \\
 &= 8443.719
 \end{aligned}$$

DPMO Untuk Ukuran Produk > USL:

$$USL = P \left[Z \geq \frac{(USL - \bar{x})}{s} \right] \times 1.000.000$$

$$\begin{aligned}
&= P \left[Z \geq \left(\frac{21.10 - 20.976}{0.032} \right) \right] \times 1.000.000 \\
&= P \left[Z \geq (3.925) \right] \times 1.000.000 \\
&= 1 - P \left(z \leq 3.925 \right) \times 1.000.000 \\
&= 1 - 0.9999575 \times 1.000.000 \\
&= 42.473 \\
\text{DPMO Proses} &= (\text{DPMO} > \text{USL}) + (\text{DPMO} < \text{LSL}) \\
&= 42.473 + 8443.719 \\
&= 8486.192
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Cpm} &= \frac{(USL - LSL)}{(6 \sqrt{((\bar{x} - T)^2 + S^2)})} \\
&= \left[\frac{(21.10 - 20.90)}{((6 \sqrt{(20.976 - 21)^2 + 0.032^2}))} \right] \\
&= 1.379
\end{aligned}$$

Dari Hasil perhitungan Cpm diatas diketahui bahwa nilai Cpm adalah 1.379 atau $1.00 \leq \text{Cpm} \leq 1.99$, sehingga dapat diketahui bahwa variabel proses Diameter luar sudah cukup mampu, namun masih diperlukan upaya peningkatan kualitas.

2. Variabel Diameter dalam

Pada proses pengendalian kualitas untuk variabel ini dilakukan dengan menggunakan alat jangka sorong

Pengukuran Variabel Diameter dalam dengan LSL =7.8cm , USL =7.70 , dan Target = 7.75cm

Tabel 4.7 Pengolahan Data untuk Variabel Diameter dalam

No	n = 5					Xbar	R	S
	X1	X2	X3	X4	X5			
1	7.74	7.76	7.75	7.75	7.72	7.744	0.040	0.017
2	7.73	7.71	7.73	7.75	7.74	7.732	0.040	0.017
3	7.76	7.75	7.7	7.74	7.76	7.742	0.060	0.026
4	7.71	7.73	7.7	7.72	7.73	7.718	0.030	0.013
5	7.73	7.74	7.72	7.71	7.71	7.722	0.030	0.013
6	7.72	7.71	7.7	7.74	7.72	7.718	0.040	0.017
7	7.72	7.75	7.73	7.72	7.71	7.726	0.040	0.017
8	7.72	7.7	7.72	7.72	7.7	7.712	0.020	0.009
9	7.74	7.71	7.71	7.75	7.72	7.726	0.040	0.017
10	7.73	7.76	7.74	7.71	7.72	7.732	0.050	0.021
11	7.72	7.77	7.73	7.73	7.72	7.734	0.050	0.021
12	7.7	7.73	7.73	7.74	7.72	7.724	0.040	0.017
13	7.72	7.71	7.74	7.72	7.72	7.722	0.030	0.013
14	7.74	7.75	7.76	7.72	7.73	7.740	0.040	0.017
15	7.72	7.75	7.7	7.73	7.72	7.724	0.050	0.021
16	7.71	7.74	7.73	7.74	7.76	7.736	0.050	0.021
17	7.73	7.74	7.72	7.75	7.73	7.734	0.030	0.013
18	7.76	7.74	7.73	7.74	7.74	7.742	0.030	0.013
19	7.72	7.71	7.71	7.71	7.73	7.716	0.020	0.009
20	7.74	7.7	7.72	7.73	7.71	7.720	0.040	0.017
21	7.77	7.74	7.75	7.74	7.73	7.746	0.040	0.017
22	7.73	7.74	7.76	7.72	7.72	7.734	0.040	0.017
23	7.73	7.74	7.76	7.75	7.75	7.746	0.030	0.013
24	7.7	7.74	7.77	7.74	7.73	7.736	0.070	0.030
25	7.76	7.71	7.74	7.73	7.71	7.730	0.050	0.021
26	7.74	7.73	7.75	7.74	7.72	7.736	0.030	0.013
27	7.74	7.72	7.73	7.71	7.73	7.726	0.030	0.013
28	7.75	7.76	7.73	7.73	7.72	7.738	0.040	0.017
29	7.72	7.74	7.76	7.73	7.73	7.736	0.040	0.017
30	7.73	7.75	7.76	7.76	7.76	7.752	0.030	0.013
JUMLAH						231.944	1.170	0.503
PROSES						7.731	0.039	0.017

Perhitungan untuk proses secara keseluruhan :

$$\text{Rata-rata (mean) proses} = \bar{\bar{x}} = \frac{\sum X_i}{30} = 231.944/30 = 7.731$$

$$\text{Range Proses} = \bar{R}/30 = 1.17/30 = 0.0039$$

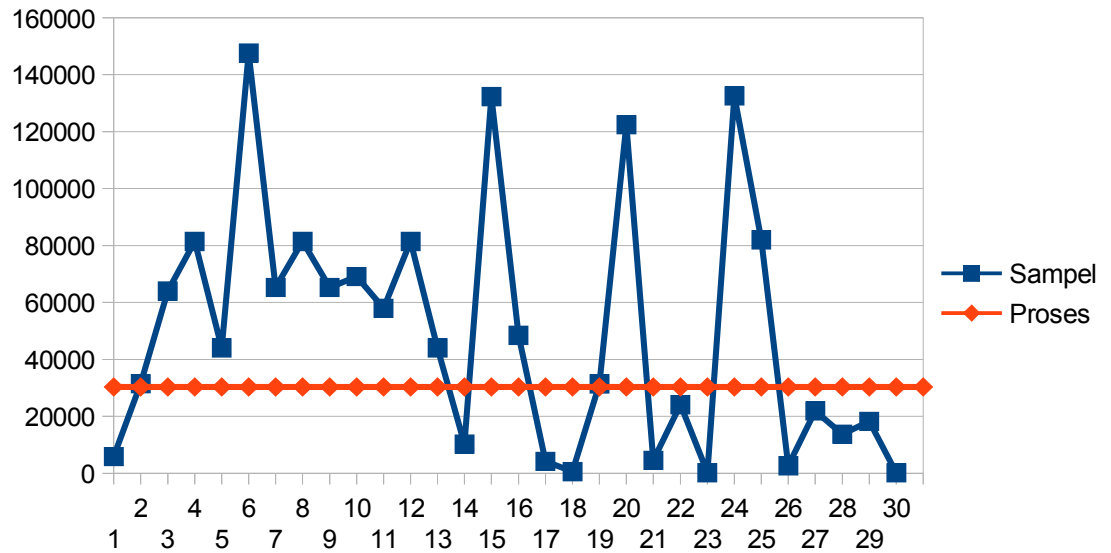
$$\text{Standar Deviasi Proses S} = \bar{R}/d_2 = 0.0039/2.326 = 0.017$$

Nilai d_2 untuk ukuran $n = 5$ adalah 2.326 (lampiran)

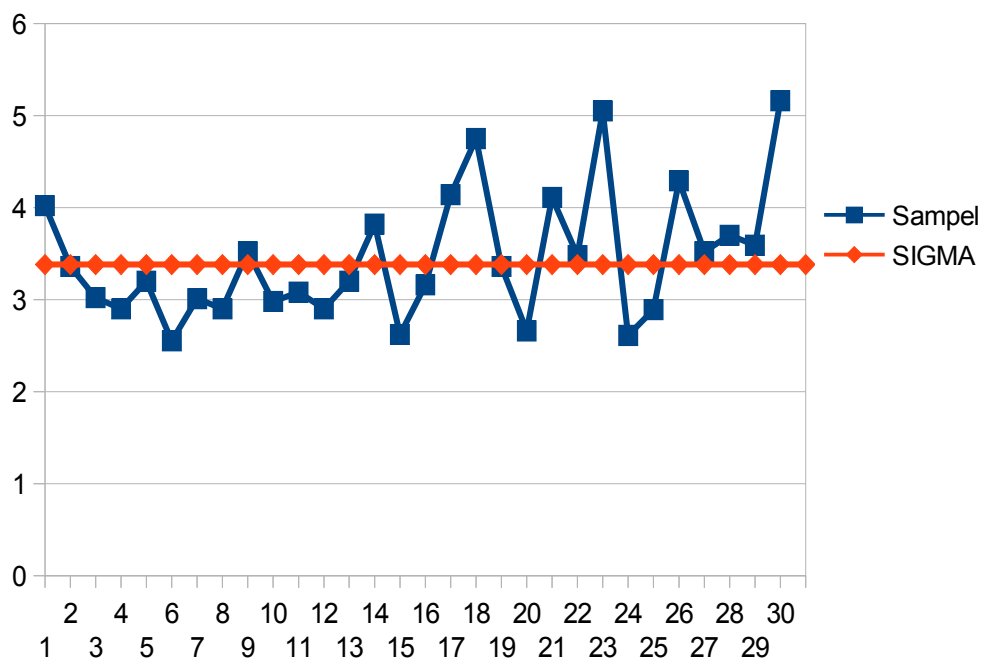
Tabel 4.8 Perhitungan DPMO dan Sigma untuk Variabel Diameter dalam

No	Xbar	R	S	DPMO	SIGMA
1	7.744	0.04	0.017	5818.903	4.02
2	7.732	0.04	0.017	31424.608	3.36
3	7.742	0.06	0.026	64014.467	3.02
4	7.718	0.03	0.013	81417.491	2.9
5	7.722	0.03	0.013	44028.871	3.2
6	7.718	0.04	0.017	147619.911	2.55
7	7.726	0.04	0.017	65288.073	3.01
8	7.712	0.02	0.009	81417.491	2.9
9	7.726	0.04	0.017	65288.073	3.52
10	7.732	0.05	0.021	69070.893	2.98
11	7.734	0.05	0.021	57930.468	3.08
12	7.724	0.04	0.017	81422.440	2.9
13	7.722	0.03	0.013	44028.871	3.2
14	7.74	0.04	0.017	10251.691	3.82
15	7.724	0.05	0.021	132311.850	2.62
16	7.736	0.05	0.021	48448.682	3.16
17	7.734	0.03	0.013	4192.994	4.14
18	7.742	0.03	0.013	567.620	4.75
19	7.716	0.02	0.009	31386.213	3.36
20	7.72	0.04	0.017	122416.395	2.66
21	7.746	0.04	0.017	4582.028	4.11
22	7.734	0.04	0.017	24077.209	3.48
23	7.746	0.03	0.013	195.013	5.05
24	7.736	0.07	0.030	132529.165	2.61
25	7.73	0.05	0.021	81981.665	2.89
26	7.736	0.03	0.013	2625.999	4.29
27	7.726	0.03	0.013	21906.965	3.52
28	7.738	0.04	0.017	13718.891	3.7
29	7.736	0.04	0.017	18255.713	3.59
30	7.752	0.03	0.013	126.666	5.16
Proses	7.731	0.039	0.017	30301.130	3.380

Dari hasil tabel diatas diperoleh berbagai macam nilai DPMO dan Sigma yang muncul, bila di konversikan ke dalam grafik maka grafik yang dihasilkan adalah sebagai berikut :



Gambar 4.7 Grafik Nilai DPMO untuk Diameter dalam



Gambar 4.8 Grafik Nilai Sigma untuk Diameter dalam

Dari grafik diatas diketahui bahwa pola DPMO dan pencapaian tingkat sigma yang dihasilkan oleh data atribut bervariasi di sepanjang periode. Jika

suatu proses dikendalikan terus menerus maka akan menunjukkan pola DPMO yang terus menurun sepanjang waktu dan pola kapabilitas sigma yang meningkat. Sebagai *baseline* kinerja, dapat digunakan DPMO = 30301 dan kapabilitas sigma = 3.38

Tabel 4.9 Perhitungan untuk proses secara keseluruhan Diameter dalam

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses yang ingin diketahui	-	Diameter dalam
2	Nilai spesifikasi atas	USL	7.80
3	Nilai spesifikasi bawah	T	7.75
4	Nilai spesifikasi target	USL	7.70
5	Nilai rata-rata proses	Xbar	7.731
6	Nilai standar deviasi proses	S	0.017
7	Kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL	$P \left[Z \geq \left(\frac{USL - \bar{X}}{S} \right) \right] \times 1.000.000$	21.812
8	Kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL	$P \left[Z \leq \left(\frac{LSL - \bar{X}}{S} \right) \right] \times 1.000.000$	30279.318
9	DPMO proses	Langkah 7 + langkah 8	30301.130
10	Konversi DPMO proses ke nilai sigma	-	3.38
11	Hitung kemampuan proses dalam ukuran nilai sigma	-	Kapabilitas proses adalah 3.38-sigma (rata-rata industri Indonesia)
12	Kapabilitas proses	$\frac{(USL - LSL)}{(6 \sqrt{((\bar{x} - T)^2 + S^2)})}$	0.897

DPMO Untuk Ukuran Produk < LSL:

$$LSL = P \left[Z \leq \left(\frac{LSL - \bar{x}}{s} \right) \right] \times 1.000.000$$

$$= P \left[Z \leq \left(\frac{(7.70 - 7.731)}{0.017} \right) \right] \times 1.000.000$$

$$= P \left[Z \leq (-1.876) \right] \times 1.000.000$$

$$= (0.030279318) \times 1.000.000$$

$$= 30279.318$$

DPMO Untuk Ukuran Produk > USL:

$$USL = P \left[Z \geq \frac{(USL - \bar{x})}{s} \right] \times 1.000.000$$

$$= P \left[Z \geq \left(\frac{(7.80 - 7.731)}{0.017} \right) \right] \times 1.000.000$$

$$= P [Z \geq (4.087)] \times 1.000.000$$

$$= 1 - P (z \leq 4.087) \times 1.000.000$$

$$= 1 - 0.99997818 \times 1.000.000$$

$$= 21.812$$

$$DPMO \text{ Proses} = (DPMO > USL) + (DPMO < LSL)$$

$$= 21.812 + 30279.318$$

$$= 30301.130$$

$$\begin{aligned} Cpm &= \frac{(USL - LSL)}{(6\sqrt{((\bar{x} - T)^2 + S^2)})} \\ &= \frac{(7.8 - 7.70)}{((6\sqrt{(7.731 - 7.75)^2 + 0.017^2}))} \\ &= 0.897 \end{aligned}$$

Dari hasil Cpm diatas yaitu 0.897 atau $Cpm \leq 1$, maka proses dalam variabel Diameter dalam kurang mampu untuk mencapai target kualitas dan tidak kompetitif di pasaran global

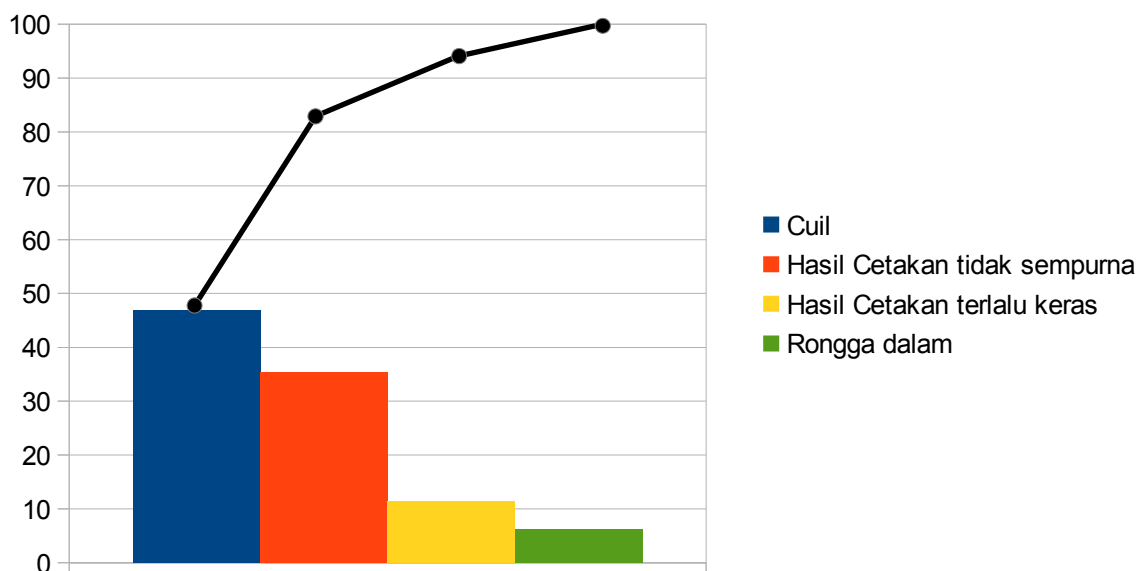
c. Data Atribut

Terdapat 4 klasifikasi jenis kesalahan atribut End Bracket 3F, yaitu : rongga dalam, Hasil cetakan yang terlalu keras, ketidaksempurnaan hasil cetakan, dan cuil. Berikut data hasil pengamatan :

Tabel 4.10 Analisis jenis kesalahan End Bracket 3F

Urutan Jenis kesalahan	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Persentase dari total (%)	Persentase kumulatif (%)
Cuil	53	53	46.903	46.903
Cetakan tidak sempurna	40	93	35.398	82.301
Cetakan terlalu keras	13	106	11.504	93.805
Rongga dalam	7	113	6.195	100.000
Total	113	-	100.000	-

Dari hasil tersebut maka dapat dilihat dalam tabel pareto :



Gambar 4.9 diagram pareto data atribut

Tabel 4.11 Kapabilitas Proses data atribut

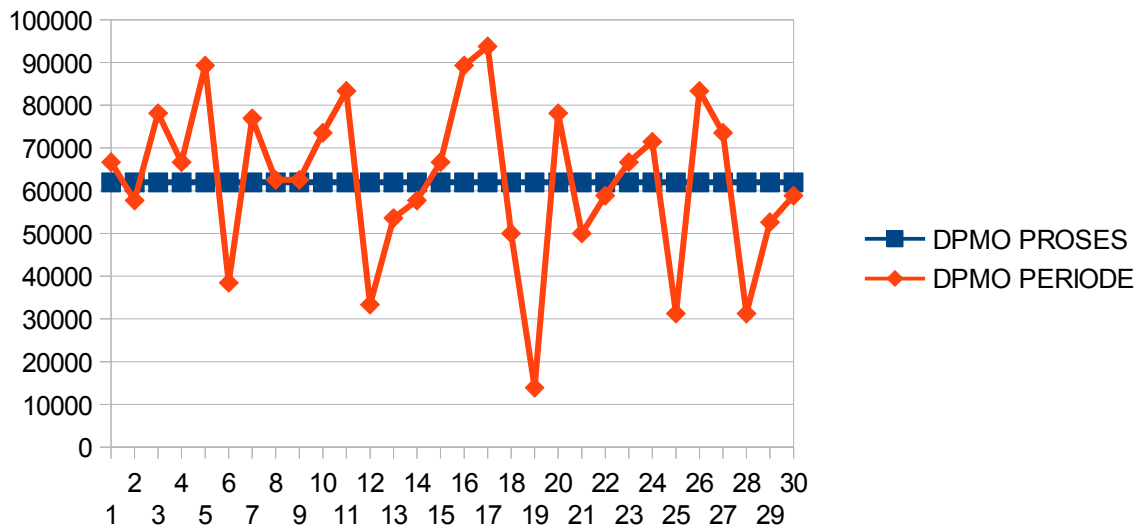
Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin diketahui	-	Ketidaksesuaian End Bracket 3F
2	Banyak Unit yang diperiksa	-	456

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
3	Berapa banyak unit yang gagal	-	113
4	Hitung cacat berdasarkan Langkah 3	(langkah 3) / (langkah 2)	0.2478
5	Tentukan banyaknya CTQ potensial yang dapat menyebabkan cacat	banyaknya karakteristik CTQ	4
6	Hitung peluang tingkat cacat per karakteristik CTQ	(Langkah 4) / (Langkah 5)	0.06195175
7	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)	(Langkah 6) $\times$ 1.000.000	61951.75
8	Konversi nilai DPMO (Langkah 7) ke dalam nilai sigma (menggunakan tabel)	-	3.04
9	Buat Kesimpulan		Kapabilitas Sigma adalah 3.04 (rata-rata kinerja industri di Indonesia)

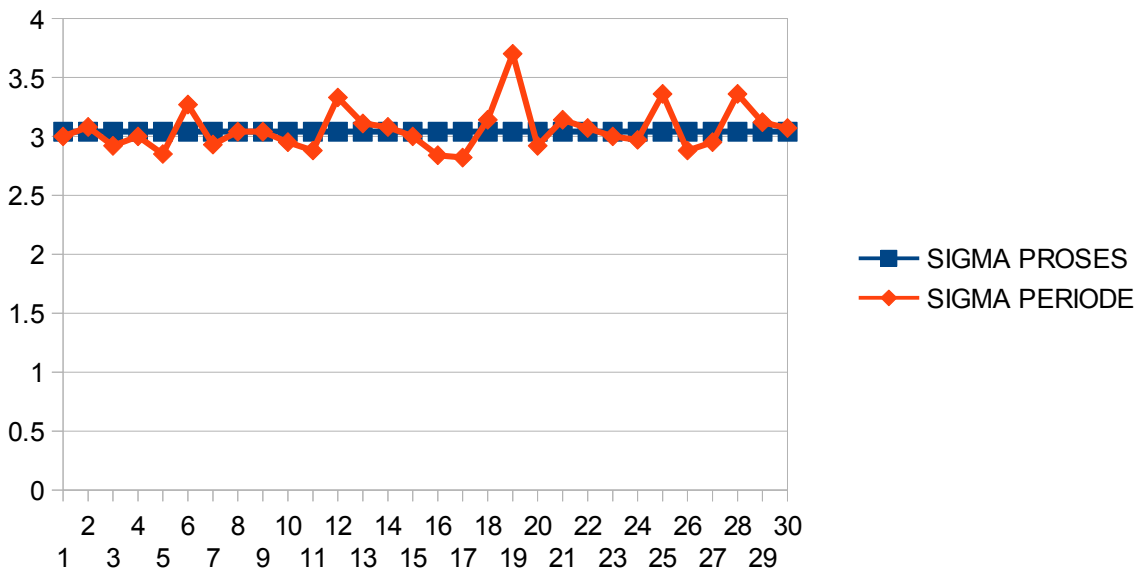
Tabel 4.12 Kapabilitas Sigma dan DPMO atribut End Bracket 3F

No	Produk	Cacat	CTQ	DPMO	SIGMA
1	15	4	4	66666.667	3
2	13	3	4	57692.308	3.08
3	16	5	4	78125.000	2.92
4	15	4	4	66666.667	3
5	14	5	4	89285.714	2.85
6	13	2	4	38461.538	3.27
7	13	4	4	76923.077	2.93
8	12	3	4	62500.000	3.04
9	16	4	4	62500.000	3.04
10	17	5	4	73529.412	2.95
11	15	5	4	83333.333	2.88
12	15	2	4	33333.333	3.33
13	14	3	4	53571.429	3.11
14	13	3	4	57692.308	3.08
15	15	4	4	66666.667	3
16	14	5	4	89285.714	2.84
17	16	6	4	93750.000	2.82
18	15	3	4	50000.000	3.14
19	18	1	4	13888.889	3.7
20	16	5	4	78125.000	2.92
21	15	3	4	50000.000	3.14
22	17	4	4	58823.529	3.07
23	15	4	4	66666.667	3
24	14	4	4	71428.571	2.97
25	16	2	4	31250.000	3.36
26	15	5	4	83333.333	2.88
27	17	5	4	73529.412	2.95
28	16	2	4	31250.000	3.36
29	19	4	4	52631.579	3.12
30	17	4	4	58823.529	3.07
Jumlah	456	113	4	61951.754	3.04

Dari hasil tabel diatas diperoleh berbagai macam nilai DPMO dan Sigma yang muncul, bila di konversikan ke dalam grafik maka grafik yang dihasilkan adalah sebagai berikut :



Gambar 4.10 Grafik Pola DPMO Atribut End Bracket 3F



Gambar 4.11 Grafik Pola Sigma Atribut End Bracket 3F

Dari grafik diatas diketahui bahwa pola DPMO dan pencapaian tingkat sigma yang dihasilkan oleh data atribut bervariasi di sepanjang periode. Jika suatu proses dikendalikan terus menerus maka akan menunjukkan pola DPMO yang terus menurun sepanjang waktu dan pola kapabilitas sigma yang meningkat. Sebagai *baseline* kinerja, dapat digunakan DPMO = 62000 dan kapabilitas sigma = 3.04

4.3.3 Analyze

a. Stabilitas dan Kapabilitas rata-rata proses data variabel

1. Variabel Diameter luar

Untuk mengetahui stabilitas proses produksi dapat menggunakan peta control dengan mendefinisikan batas-batas pengendaliannya.

$$UCL = T + 1,5 S_{max}$$

$$LCL = T - 1,5 S_{max}$$

$$\text{Nilai Sigma} = 3.89$$

$$USL = 21.10$$

$$T = 21$$

$$LSL = 20.90$$

$$S = 0.032$$

$$x^2 = 20.976$$

Maka nilai batas toleransi maksimum adalah :

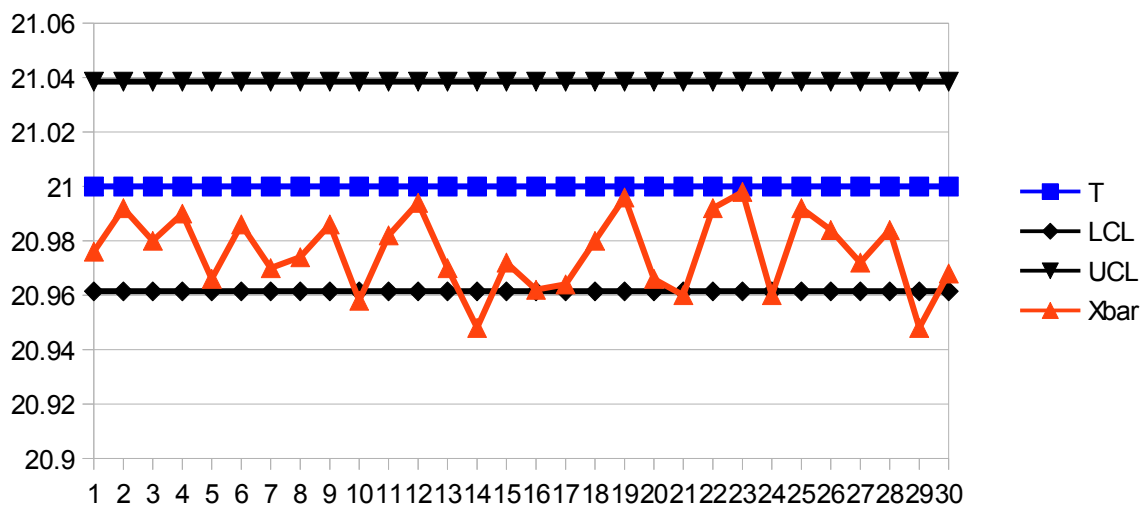
$$S_{max} = \left[\left(\frac{1}{(2 \times \text{nilai kapabilitas sigma})} \right) x (USL - LSL) \right]$$

$$= \left[\left(\frac{1}{(2 \times 3.89)} \right) x (21.10 - 20.90) \right]$$

$$= 0.026$$

$$UCL = T + 1,5 S_{max} = 21 + (1,5 \times 0.026) = 21.039$$

$$LCL = T - 1,5 S_{max} = 21 - (1,5 \times 0.026) = 20.961$$



Gambar 4.12 Grafik Pengendali x^2 Diameter luar Six Sigma Motorola

Dari gambar grafik yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa Diameter luar masih dalam tidak terkendali karena terdapat titik yang berada dibawah batas LCL

Untuk mengetahui kapabilitas proses produksi

$$\begin{aligned} Cpk &= \text{minimum} \left[\frac{(USL - \bar{x})}{3s}, \frac{(\bar{x} - LSL)}{3s} \right] \\ &= \text{minimum} \left[\left(\frac{21.10 - 20.976}{(3 \times 0.032)} \right), \left(\frac{20.976 - 20.90}{(3 \times 0.032)} \right) \right] \\ &= \text{minimum} [1.309, 0.796] \\ &= 0.796 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cpmk &= \frac{Cpk}{\sqrt{1 + ((\bar{x} - T)/S)^2}} \\ &= \frac{0.796}{\sqrt{1 + ((20.976 - 21)/0.032)^2}} \\ &= 0.631 \end{aligned}$$

Dari nilai Cpmk yang didapatkan dari perhitungan kedua variabel, hasil yang didapatkan bernilai < 1.00 yang dapat diartikan bahwa proses tersebut belum dapat memenuhi spesifikasi standar minimal yang telah ditetapkan.

2. Variabel Diameter dalam

Untuk mengetahui stabilitas proses produksi dapat menggunakan peta control dengan mendefinisikan batas-batas pengendaliannya.

$$UCL = T + 1,5 S_{max}$$

$$LCL = T - 1,5 S_{max}$$

$$\text{Nilai Sigma} = 3.38$$

$$USL = 7.80$$

$$T = 7.75$$

$$LSL = 7.70$$

$$S = 0.017$$

$$x^2 = 7.731$$

Maka nilai batas toleransi maksimum adalah :

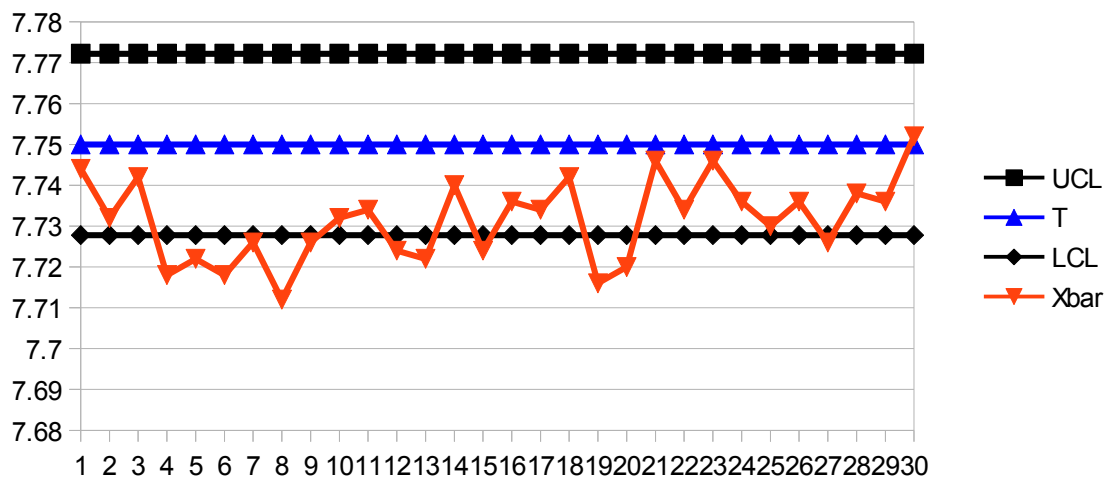
$$S_{max} = \left[\frac{1}{(2 \times \text{nilai kapabilitas sigma})} \right] \times (USL - LSL)$$

$$= \left(\frac{1}{(2 \times 3.38)} \right) \times (7.80 - 7.70)$$

$$= 0.015$$

$$UCL = T + 1,5 S_{max} = 7.75 + (1,5 \times 0.015) = 7.772$$

$$LCL = T - 1,5 S_{max} = 7.75 - (1,5 \times 0.015) = 7.728$$



Gambar 4.13 Grafik Pengendali $\bar{x}$ Diameter Six Sigma Motorola

Dari gambar grafik yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa Diameter dalam masih dalam keadaan tidak terkendali karena terdapat titik yang berada dibawah batas LCL

Untuk mengetahui kapabilitas proses produksi

$$Cpk = \text{minimum} \left[\frac{(USL - \bar{x})}{3s}, \frac{(\bar{x} - LSL)}{3s} \right]$$

$$= \text{minimum} \left[\left(\frac{(7.80 - 7.731)}{(3(0.017))} \right), \left(\frac{(7.731 - 7.70)}{(3(0.017))} \right) \right]$$

$$= \text{minimum} [0.0004 ; 0.0002]$$

$$= 0.0002$$

$$Cpmk = \frac{Cpk}{\sqrt{(1 + ((\bar{x} - T)/S)^2)}}$$

$$= \frac{0.0002}{\sqrt{(1+((7.731-7.75)/0.017)^2)}}$$

$$= 0.00012$$

Dari nilai Cpmk yang didapatkan dari perhitungan kedua variabel, hasil yang didapatkan bernilai < 1.00 yang dapat diartikan bahwa proses tersebut belum dapat memenuhi spesifikasi standar minimal yang telah ditetapkan.

BAB V

PEMBAHASAN

PT Suyuti Sido Maju merupakan perusahaan yang bergerak di bidang peleburan dan pengecoran besi. Terdapat berbagai macam jenis produk yang diproduksi oleh PT Suyuti Sido Maju, salah satu diantaranya adalah End Bracket 3F.

5.1 Analisis Data Variabel

Data variabel yang digunakan adalah Diameter luar dan Diameter dalam. Dari variabel tersebut diperoleh hasil sebagai berikut :

a. Variabel Diameter luar

Dari hasil perhitungan sebelumnya diketahui bahwa untuk data Diameter luar diperoleh nilai DPMO sebesar 8486.943 dan berada pada tingkat 3.89-sigma. Hasil tersebut menunjukkan pada proses milling Diameter luar terdapat 8486.943 cacat per satu juta produk dan PT Suyuti Sido Maju berada pada tingkat 3.89 sigma yang merupakan rata-rata industri Indonesia.

b. Variabel Diameter dalam

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan untuk data Diameter dalam diperoleh nilai DPMO sebesar 30301.13 dan berada pada tingkat 3.38-sigma. Hasil tersebut menunjukkan pada proses milling Diameter dalam terdapat 30301.13 cacat per satu juta produk dan PT Suyuti Sido Maju berada pada tingkat 3.38 sigma yang merupakan rata-rata industri Indonesia

5.2 Analisi Data Atribut

Dari hasil penelitian diketahui bahwa terdapat 4 jenis CTQ atribut yang menyebabkan kesalahan produk End Bracket 3F, yaitu : rongga dalam, Hasil cetakan yang terlalu keras, ketidaksempurnaan hasil cetakan, dan cuil. Dari keempat

CTQ tersebut cuil memiliki kontribusi terbesar terhadap terjadinya kesalahan dengan persentase jumlah kesalahan sebesar 46.903%, diikuti dengan Hasil cetakan tidak sempurna sebesar 35.398%, Hasil cetakan terlalu keras 11.504%, dan Rongga dalam sebesar 6.195%. Dari gambar 4.8 dan gambar 4.9 menunjukkan pola DPMO dari kecacatan produk dan pencapaian Sigma yang belum konsisten, masih bervariasi sepanjang periode produksi, sekaligus menunjukkan bahwa masih perlu perbaikan dalam pengelolaannya. Jika proses dikendalikan terus menerus maka akan menunjukkan pola DPMO yang terus menurun sepanjang waktu dan pola kapabilitas sigma yang meningkat. Sebagai *baseline* kinerja, dapat digunakan $DPMO = 61951.75$ dan kapabilitas sigma = 3.04

5.3 Analisis Kapabilitas Proses

Hasil perhitungan indeks kapabilitas proses yang dilakukan sebagai berikut :

Tabel 5.1 Hasil Indeks Kapabilitas Proses

No	Variabel	Cpm	Cpmk	Spesifikasi	Ketentuan
1	Diameter luar	1.379	0.631	21cm $\pm$ 0.10cm	< 1, sangat tidak mampu 1.0 $\geq$ 1.99 , proses cukup mampu
2	Diameter dalam	0.897	0.0001	7.75cm $\pm$ 0.05cm	> 2, Proses sangat mampu

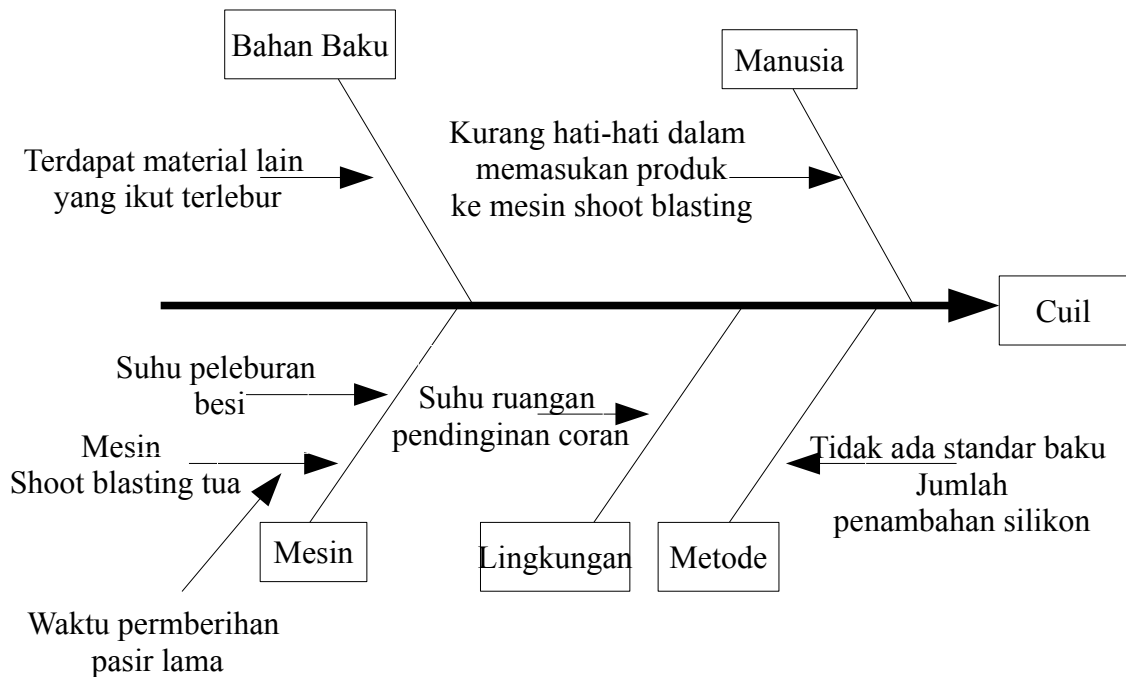
Berdasarkan tabel di atas nilai Cpm untuk variabel Diameter luar bernilai 1.379 atau > 1.00 yang berarti bahwa proses tersebut mampu dalam memenuhi spesifikasi target yang ditentukan, sedangkan untuk variabel Diameter dalam bernilai 0.897 atau < 1.00 sehingga dapat dikatakan bahwa proses tersebut belum mampu untuk memenuhi spesifikasi target yang ditentukan. Dari nilai Cpmk yang didapatkan dari perhitungan kedua variabel, hasil yang didapatkan bernilai < 1.00 yang dapat diartikan bahwa proses tersebut belum dapat memenuhi spesifikasi standar minimal yang telah ditetapkan. Berdasarkan Hasil perhitungan Cpm dan Cpmk diatas maka dapat dikatakan bahwa PT Suyuti Sido Maju belum mampu bersaing di pasar Global dan perlu dilakukan upaya peningkatan kualitas untuk dapat memperbaiki capaian spesifikasi kualitas yang telah ditetapkan sebelumnya. Untuk meningkatkan

kapabilitas proses perusahaan harus dapat mengurangi variasi-variasi yang menyebabkan ketidakstabilan pada proses produksi. Dalam melakukan upaya perbaikan, peta kendali dapat dijadikan sebagai tolak ukur dalam perbaikan ke depan.

5. 4 Tahap Improve

a. Mengidentifikasi sumber kecacatan data atribut

Terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya cuil pada produk End Bracket 3F. Dari hasil pengamatan dan wawancara dilapangan dapat dilakukan identifikasi penyebab ketidak sesuaian dengan menggunakan *Fishbone* diagram.



Gambar 5.1 Fishbone diagram atribut cuil

1. Mesin

Berdasarkan pengamatan dilapangan, alat produksi pada bagian Shoot Blasting yang di gunakan oleh PT. Suyuti Sido Maju sudah sangat tua yang menyebabkan waktu pembersihan lebih lama dan kurang bersih. Semakin lama produk dibersihkan dengan shoot blasting maka akan semakin besar kemungkinan cacat cuil terjadi akibat benturan antar produk saat proses shoot blasting. Sehingga perlu dilakukan peremajaan mesin shoot blasting yang

disesuaikan dengan urgensi dan kapabilitas perusahaan. Selain itu perlu juga dilakukan pengecekan suhu mesin induksi yang digunakan untuk meleburkan besi. Karena Bentuk, ukuran maupun sebaran grafit sangat dipengaruhi oleh kondisi-kondisi peleburan maupun pendinginan.

2. Manusia

Dalam melakukan pembersihan produk hasil pengecoran ke mesin shoot blasting, operator melemparkan produk kedalam mesin shoot blasting sehingga terdapat kemungkinan terjadi cacat cuil.

3. Bahan baku

Terdapatnya material asing seperti kain dan oli pada bahan baku yang akan dilebur akan menyebabkan tidak sesuainya hasil coran dengan harapan perusahaan.

4. Lingkungan

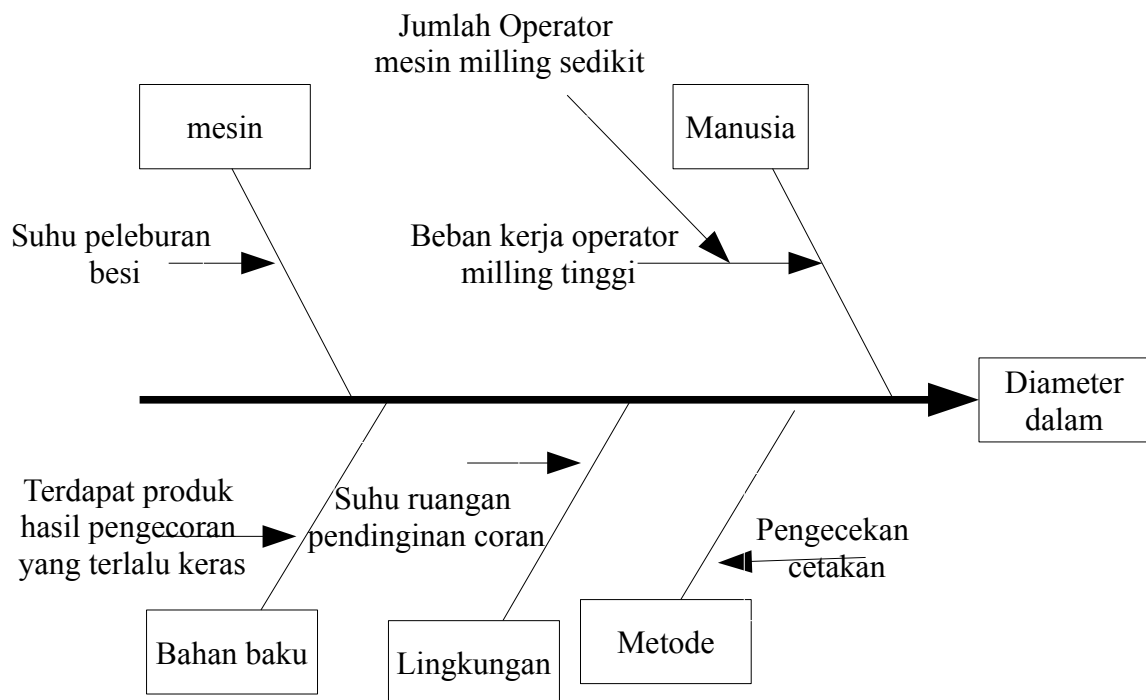
Suhu ruangan yang digunakan untuk pendinginan akan mempengaruhi bentuk, ukuran maupun sebaran grafit hasil coran. Suhu ruangan pada proses pembekuan tercatat berada pada kisaran $24^{\circ}C - 27^{\circ}C$ sedangkan suhu optimal untuk proses pembekuan logam adalah pada suhu ruangan ($20^{\circ}C - 25^{\circ}C$).

5. Metode

Tidak ada standar baku jumlah bahan tambahan silikon yang harus dicampurkan pada besi cair sebelum pengecoran, dimana penambahan silikon akan mempengaruhi tingkat kekerasan hasil pengecoran.

b. Mengidentifikasi sumber kecacatan data variabel

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi ketidaksesuaian ukuran diameter dalam End Bracket 3F dengan target ukuran yang telah ditetapkan PT Suyuti Sido Maju. Dari hasil pengamatan dilapangan dapat dilakukan identifikasi penyebab ketidak sesuaian dengan menggunakan *Fishbone* diagram.



Gambar 5.2 Fishbone diagram variabel diameter dalam

1. Manusia

Tingginya beban kerja operator mesin milling yang dikarenakan oleh kurang optimalnya jumlah pekerja yang mengoperasikan mesin milling membuat akurasi proses pembubutan berkurang.

2. Bahan Baku

Terdapat produk setengah jadi yang terlalu keras sehingga menambah waktu pengerjaan dan akurasi proses milling.

3. Mesin

Bentuk, ukuran maupun sebaran grafit besi cor kelabu sangat dipengaruhi oleh kondisi-kondisi peleburan maupun pendinginan. Sehingga perlu dilakukan pengecekan terhadap suhu mesin induksi untuk mendapatkan kualitas coran yang diharapkan.

4. Lingkungan

Suhu ruangan yang digunakan untuk pendinginan akan mempengaruhi bentuk, ukuran maupun sebaran grafit hasil coran. Suhu ruangan pada proses pembekuan tercatat berada pada kisaran 24C-27C sedangkan suhu

optimal untuk proses pembekuan logam adalah pada suhu ruangan (20C-25C).

5. Metode

Tidak adanya pengecekan ukuran cetakan secara berkala sehingga tidak diketahui tingkat pergeseran ukuran cetakan dalam kurun waktu tertentu

5.5 Pengembangan Rencana Tindakan Dengan 5W+1H

Pada tahapan ini diterapkan suatu rencana tindakan peningkatan kualitas melalui perbaikan terhadap sumber-sumber penyebab terjadinya produk cacat dengan menggunakan metode 5W+1H (*What, Why, Where, Who, When, How*)

- a. What? (apa penyebab terjadinya ketidaksesuaian spesifikasi produk dengan spesifikasi target yang telah ditetapkan?)

Ketidaksesuaian produk dengan standar spesifikasi dikarenakan metode pengecoran, mesin shoot blasting yang bekerja kurang optimal dan beban kerja operator mesin milling yang tinggi sehingga mengakibatkan ketidakstabilan proses

- b. Why? (mengapa perlu dilakukan perbaikan?)

Perbaikan perlu dilaksanakan untuk mengurangi jumlah variasi ketidaksesuaian produk dan diharapkan produk yang dihasilkan dapat memenuhi target spesifikasi.

- c. Where? (dimana perlu dilakukan tindakan perbaikan?)

Tindakan perbaikan perlu dilakukan pada bagian finishing, shoot blasting dan pengecoran.

- d. When? (kapan rencana perbaikan ini akan dilaksanakan?)

Rencana tindakan dilaksanakan setelah mengetahui urgensi dan kapabilitas perusahaan dalam melakukan rencana perbaikan

- e. Who? (siapa yang akan melaksanakan rencana perbaikan?)

Penanggung jawab pada rencana perbaikan ini adalah semua pihak yang terkait dengan proses produksi hingga finishing.

- f. How? (Bagaimana cara melakukannya?)

Menambah operator mesin milling, peremajaan mesin shoot blasting, mengevaluasi metode pengecoran.

5.6 Analisis Stabilitas Proses

a. Diameter luar

Dengan menggunakan pengujian hipotesis berikut :

$$H_0: \sigma^2 \geq (s_{max})^2 \text{ atau } H_0: \sigma^2 \geq (0.026)^2 = 0.0007 \rightarrow \text{proses tidak stabil.}$$

$$H_1: \sigma^2 < (s_{max})^2 \text{ atau } H_1: \sigma^2 < (0.026)^2 = 0.0007 \rightarrow \text{proses stabil.}$$

Jika $x^2_{hitung} \geq \chi^2_{(\sigma^2; n-1)}$, maka H_0 diterima; sedangkan jika

$x^2_{hitung} < \chi^2_{(\sigma^2; n-1)}$, maka H_0 ditolak

$$x^2_{hitung} = \frac{((n-1)s^2)}{(S_{max})^2} = \frac{((150-1)0.032^2)}{0.0007} = 226.156$$

Menentukan besar tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ dengan melihat tabel x^2 didapat:

$$x^2 [0,05 ; (150-1)] = 124,342$$

Membandingkan x^2_{hitung} dan x^2_{tabel}

$$x^2_{hitung} = 226.156 > x^2_{tabel} = 124,342$$

Karena nilai $x^2_{hitung} > x^2_{tabel}$ maka H_0 diterima, sehingga kita dapat menyimpulkan bahwa pada tingkat signifikansi 0.05 proses belum stabil dan perusahaan harus melakukan reduksi variasi proses yang ada.

b. Diameter dalam

Dengan menggunakan pengujian hipotesis berikut :

$$H_0: \sigma^2 \geq (s_{max})^2 \text{ atau } H_0: \sigma^2 \geq (0.015)^2 = 0.0002 \rightarrow \text{proses tidak stabil.}$$

$$H_1: \sigma^2 < (s_{max})^2 \text{ atau } H_1: \sigma^2 < (0.015)^2 = 0.0002 \rightarrow \text{proses stabil.}$$

Jika $x^2_{hitung} \geq \chi^2_{(\sigma^2; n-1)}$, maka H_0 diterima; sedangkan jika

$x^2_{hitung} < \chi^2_{(\sigma^2; n-1)}$, maka H_0 ditolak

$$x^2_{hitung} = \frac{((n-1)s^2)}{(S_{max})^2} = \frac{((150-1)0.017^2)}{0.0002} = 191.420$$

Menentukan besar tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ dengan melihat tabel x^2 didapat:

$$x^2 [0,05 ; (150-1)] = 124,342$$

Membandingkan χ^2_{hitung} dan χ^2_{tabel}

$$\chi^2_{hitung} = 191.420 > \chi^2_{tabel} = 124,342$$

Karena nilai $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{tabel}$ maka H_0 diterima, sehingga kita dapat menyimpulkan bahwa pada tingkat signifikansi 0.05 proses belum stabil dan perusahaan harus melakukan reduksi variasi proses yang ada.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis data adalah :

Atribut kecacatan End Bracket 3F adalah Cuil (46.903%), Hasil cetakan tidak sempurna (35.398%), Hasil cetakan terlalu keras (11.504%), dan rongga dalam (6.195%) dengan tingkat sigma 3.04. Variabel Diameter dalam berada pada tingkat 3.38-sigma dan Variabel Diameter Luar berada pada tingkat 3.89-sigma.

Terdapat lima faktor yang menyebabkan tingginya tingkat variasi yaitu : faktor mesin, faktor manusia, faktor metode, faktor bahan baku, dan faktor lingkungan. Faktor mesin merupakan faktor utama terjadinya kecacatan atribut cuil. Kurang optimalnya performansi mesin shootblasting yang disebabkan oleh kebocoran material abrasif. Kebocoran ini menyebabkan pembersihan produk menjadi lebih lama serta benturan antar produk selama proses shootblasting memperbesar kemungkinan terjadinya cacat cuil. Faktor manusia menjadi penyebab utama ketidaksesuaian ukuran diameter luar dan diameter dalam produk. Tingginya beban kerja operator mesin milling yang hanya berjumlah satu orang menyebabkan turunya ketelitian operator pada proses pembubutan. Faktor metode, tidak adanya standar baku jumlah penambahan silikon menyebabkan tingginya variasi tingkat kekerasan produk Faktor bahan baku, bahan baku besi tua yang akan dilebur seringkali ditemukan bahan lain seperti oli, plastik, kain yang mengakibatkan tingkat sebaran grafit hasil cetakan tidak rata. Faktor lingkungan, Suhu ruangan yang digunakan untuk pendinginan akan mempengaruhi bentuk, ukuran maupun sebaran grafit hasil coran. Suhu ruangan pada proses pembekuan tercatat berada pada kisaran $24^{\circ}C - 27^{\circ}C$ sedangkan suhu optimal untuk proses pembekuan

logam adalah pada suhu ruangan ($20^{\circ}C - 25^{\circ}C$).

Upaya yang dapat dilakukan dalam peningkatan kualitas produk adalah dengan melakukan peremajaan mesin shoot blasting, serta diharapkan operator mesin shoot blasting untuk dapat lebih hati-hati dalam memasukan produk kedalam mesin. Pada bagian pengecoran perlu diperhatikan standar penambahan bahan tambahan silikon untuk mengevaluasi tingkat kekerasan hasil pengecoran. Pada proses peleburan besi cor perlu diperhatikan suhu saat peleburan besi, pemeriksaan kebersihan besi dari material asing seperti kain dan oli pada bahan baku yang akan dilebur akan menyebabkan tidak sesuai hasil coran dengan harapan perusahaan.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan adalah :

- a. Melakukan peremajaan mesin shoot blasting dengan melihat urgensi dan kapabilitas perusahaan saat ini.
- b. Menambah operator mesin milling untuk mengurangi beban kerja operator yang sudah ada dan meningkatkan akurasi proses milling.
- c. Membuat standarisasi penambahan silikon dan pengecekan cetakan secara berkala
- d. Bagi peneliti yang ingin melanjutkan dan mengembangkan penelitian ini dapat melakukan analisis *Lean Six Sigma* dan perhitungan *Cost of Poor Quality* untuk mengetahui secara pasti biaya *waste* yang dialami perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyari, 1990. *Manajemen Produksi. Edisi keempat. Jilid kedua*. Yogyakarta : BPFE.
- Ayudiyaswara, L. Suparno. 2015. *Aplikasi Pendekatan Lean Six sigma Untuk Meningkatkan Kualitas Kue Malkiest di PT. X*. Surabaya : ITS.
- Assauri, 1999. *Manajemen Produksi. Edisi Revisi*. Jakarta : LPFEUI.
- Baradita , A.P. 2011. *Analisis Kualitas Produk Sepatu Boot Dengan Metode Six Sigma di PT. Wangta Agung Surabaya*. Jawa Timur : UPN “Veteran”.
- Cronemyr. P. 2007. *Six Sigma, Action research with some contribution to theories and methods*. Swedia : Chalmers University Of Technology.
- Djunaidi. M, Suryadamawan. V.A. 2013. *Pengendalian Dan perbaikan kualitas Produk Kawat Baja Dengan Metode Aplikasi Six Sigma (DMAIC) Dan Kaizen (5W+1H) Pada Divisi Wire Rod Mill*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Feigenbaun, A.V. 1989. *Kendali Mutu Terpadu, Jilid I*. Jakarta : Erlangga
- Garvin, D. 1984. *What does product quality really mean?*. Sloan Management Review 26, no. 1: 25-43.
- Gaspersz, Vincent. 1997. *Manajemen Kualitas Penerapan Konsep-Konsep Kualitas dalam Manajemen Bisnis Total*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, Vincent. 2002. *Metode Analisis untuk Peningkatan Kualitas*, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, Vincent. 2005. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001, 2000, MBNQA dan HACCP*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, Vincent. 2007. *Lean Sigma For Manufacturing and Service Industries*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hermawan, Sigit. 2010. *Analisis Penerapan ISO 9001:2000 Dengan Six Sigma Berbasis Biaya Kualitas Pada PT Honda Precision Parts Manufacturing*. Jurnal Bisma, Vol 4 No 1.
- Heizer,J, Render B. 2015 *Manajemen Operasi*. Jakarta : Salemba Empat

- Izzati, U.I, Astuti. R. Putri. S. 2013. *Analisis Pengendalian Kualitas Proses Produksi Susu Bubuk Dengan Metode Lean Six Sigma*.
- Mazumder. Quamrul H. 2014. *Applying Six Sigma In Higher Education Quality Improvement*. Indianapolis : ASEE Annual Conference & Exposition.
- Montgomery, Douglas C, 1996, *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Pande, Neumann, Roland R.Cavanagh. 2003. *The Six sigma Way Bagaimana GE, Motorola & Perusahaan Terkenal Lainnya Mengasah Kinerja Mereka*. Yogyakarta : ANDI.
- Putri, C.,F. 2011. *Pengukuran Kinerja Dengan Metode Balance Scorecard dan Six Sigma*. Vol.19 No.1
- Pyzdek, Thomas, 2003. *The Six Sigma Handbook* . NewYork : Mc. Graw-Hill.
- Reksohadiprojo, Soekanto & Indriyo GitoSudarmo. 2000. *Manajemen Produksi*. Edisi keempat. Yogyakarta : BPFE.
- Sokovic. M, Pavletic. D, Krulcic. E. 2006. *Six Sigma Process Improvements In Automotive Parts Production*. JAMME Vol. 19 Issue 1.
- Susetyo, Joko 2011. *Aplikasi Six Sigma DMAIC Dan Kaizen Sebagai Metode Pengendalian Dan Perbaikan Kualitas Produk*. Jurnal Teknologi. Volume 4 No.1 61-53. Institut sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta
- Turner, C Wayne. 2003. *Pengantar Teknik dan Sistem Industri*. Jakarta : PT. Guna Widya
- Wahyani. W, Chobir. A, Rahmanto, D. 2010. *Penerapan Metode Six Sigma Dengan Konsep DMAIC Sebagai Alat Pengendalian Kualitas*. Surabaya.
- Wisnubroto, P. Rukamana, A. 2011 *Pengendalian Kualitas Produk Dengan Pendekatan Six Sigma dan Analisis Kaizen Sera New Seven Tools Sebagai Usaha Pengurangan Kecacatan Produk..* Yogyakarta : AKPRIND.

LAMPIRAN

Tabel nilai D2 :

		<i>m</i> = # samples in plotted group													
<i>g</i> = # plotted groups		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	1	1.41	1.91	2.24	2.48	2.67	2.83	2.96	3.08	3.18	3.27	3.35	3.42	3.49	3.55
	2	1.28	1.81	2.15	2.4	2.6	2.77	2.91	3.02	3.13	3.22	3.30	3.38	3.45	3.51
	3	1.23	1.77	2.12	2.38	2.58	2.75	2.89	3.01	3.11	3.21	3.29	3.37	3.43	3.50
	4	1.21	1.75	2.11	2.37	2.57	2.74	2.88	3.00	3.10	3.20	3.28	3.36	3.43	3.49
	5	1.19	1.74	2.1	2.36	2.56	2.73	2.87	2.99	3.10	3.19	3.28	3.35	3.42	3.49
	6	1.18	1.73	2.09	2.35	2.56	2.73	2.87	2.99	3.10	3.19	3.27	3.35	3.42	3.49
	7	1.17	1.73	2.09	2.35	2.55	2.72	2.87	2.99	3.10	3.19	3.27	3.35	3.42	3.48
	8	1.17	1.72	2.08	2.35	2.55	2.72	2.87	2.98	3.09	3.19	3.27	3.35	3.42	3.48
	9	1.16	1.72	2.08	2.34	2.55	2.72	2.86	2.98	3.09	3.18	3.27	3.35	3.42	3.48
	10	1.16	1.72	2.08	2.34	2.55	2.72	2.86	2.98	3.09	3.18	3.27	3.34	3.42	3.48
	11	1.16	1.71	2.08	2.34	2.55	2.72	2.86	2.98	3.09	3.18	3.27	3.34	3.41	3.48
	12	1.15	1.71	2.07	2.34	2.55	2.72	2.85	2.98	3.09	3.18	3.27	3.34	3.41	3.48
	13	1.15	1.71	2.07	2.34	2.55	2.71	2.85	2.98	3.09	3.18	3.27	3.34	3.41	3.48
	14	1.15	1.71	2.07	2.34	2.54	2.71	2.85	2.98	3.08	3.18	3.27	3.34	3.41	3.48
	15	1.15	1.71	2.07	2.34	2.54	2.71	2.85	2.98	3.08	3.18	3.26	3.34	3.41	3.48
	>15	1.128	1.693	2.059	2.326	2.534	2.704	2.847	2.970	3.078	3.173	3.258	3.336	3.407	3.472

Tabel Data Atribut End Bracket 3F :

Urutan Jenis kesalahan	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Persentase dari total (%)	Persentase kumulatif (%)
Cuil	53	53	46.903	46.903
Cetakan tidak sempurna	40	93	35.398	82.301
Cetakan terlalu keras	13	106	11.504	93.805
Rongga dalam	7	113	6.195	100.000
Total	113	-	100.000	-

Tabel Spesifikasi Data Variabel End Bracket 3F :

No	Variabel	LSL	Target	USL	Toleransi
----	----------	-----	--------	-----	-----------

1	Diameter luar	20.9	21	21.1	± 0.1
2	Diameter dalam	7.7	7.75	7.8	± 0.05

Tabel Data Variabel Diameter Luar :

NO	n = 5				
	X1	X2	X3	X4	X5
1	21.01	21.01	20.97	20.95	20.94
2	20.95	21.03	20.97	20.97	21.04
3	20.98	20.99	20.94	20.96	21.03
4	20.97	20.96	20.99	21.04	20.99
5	20.96	21.04	20.94	20.97	20.92
6	20.97	21.01	20.93	21.02	21
7	20.93	20.96	20.97	21.03	20.96
8	20.99	20.96	21.01	20.95	20.96
9	21.02	21.01	20.97	20.99	20.94
10	20.99	20.93	20.96	20.95	20.96
11	21.02	20.98	20.96	20.98	20.97
12	20.94	21.01	21	20.99	21.03
13	20.99	20.94	21.01	20.95	20.96
14	20.92	20.95	21	20.93	20.94
15	20.95	20.97	20.97	21.01	20.96
16	21.01	20.93	20.94	20.96	20.97
17	20.94	20.96	20.99	20.96	20.97
18	20.95	20.97	20.97	20.98	21.03
19	20.98	21.02	20.97	20.98	21.03
20	20.96	20.98	20.92	20.99	20.98
21	20.93	20.96	20.94	21	20.97
22	20.97	21.01	20.96	20.99	21.03
23	21	20.99	21.02	21.01	20.97
24	20.91	20.96	20.99	20.95	20.99
25	20.98	21.04	20.98	21	20.96
26	20.97	20.97	20.97	21.03	20.98
27	20.95	21	20.95	20.97	20.99
28	21.03	21.01	20.97	20.96	20.95
29	20.98	20.94	20.92	20.96	20.94
30	20.94	21.02	20.99	20.96	20.93

Tabel Data Variabel Diameter Dalam :

No	n=5				
	X1	X2	X3	X4	X5
1	7.74	7.76	7.75	7.75	7.72
2	7.73	7.71	7.73	7.75	7.74
3	7.76	7.75	7.7	7.74	7.76
4	7.71	7.73	7.7	7.72	7.73
5	7.73	7.74	7.72	7.71	7.71
6	7.72	7.71	7.7	7.74	7.72
7	7.72	7.75	7.73	7.72	7.71
8	7.72	7.7	7.72	7.72	7.7
9	7.74	7.71	7.71	7.75	7.72
10	7.73	7.76	7.74	7.71	7.72
11	7.72	7.77	7.73	7.73	7.72
12	7.7	7.73	7.73	7.74	7.72
13	7.72	7.71	7.74	7.72	7.72
14	7.74	7.75	7.76	7.72	7.73
15	7.72	7.75	7.7	7.73	7.72
16	7.71	7.74	7.73	7.74	7.76
17	7.73	7.74	7.72	7.75	7.73
18	7.76	7.74	7.73	7.74	7.74
19	7.72	7.71	7.71	7.71	7.73
20	7.74	7.7	7.72	7.73	7.71
21	7.77	7.74	7.75	7.74	7.73
22	7.73	7.74	7.76	7.72	7.72
23	7.73	7.74	7.76	7.75	7.75
24	7.7	7.74	7.77	7.74	7.73
25	7.76	7.71	7.74	7.73	7.71
26	7.74	7.73	7.75	7.74	7.72
27	7.74	7.72	7.73	7.71	7.73
28	7.75	7.76	7.73	7.73	7.72
29	7.72	7.74	7.76	7.73	7.73
30	7.73	7.75	7.76	7.76	7.76