

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PADA KECACATAN PRODUK
KOMPONEN *TRENDGATE BED-HIGH LOW LINK BUSH*DENGAN METODE
SIX SIGMA DAN FMEA (*FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS*)
(Studi Kasus di PT. Mega Andalan Kalasan)**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh:

Nama : Novia Ariani
No.Mahasiswa : 11522404

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016**

PENGAKUAN

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan setiap satuannya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari terbukti pengakuan saya tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang saya terima untuk ditarik kembali oleh universitas islam indonesia.

Yogyakarta, 12 april 2016



Novia Ariani

11522404

LEMBAR SURAT SELESAI PENELITIAN


PT. MEGA ANDALAN KALASAN
(ENGINEERING & MANUFACTURING COMPANY)

Marketing Office : Rasuna Office Park SO-02, Komp. Rasuna Epocentrum,
 Jl. HR. Rasuna Said, Jakarta 12960, Indonesia
 Phone : (021) 83700555; Fax. : (021) 83700335; E-mail : mak@cbn.net.id

Warehouse : Jl. Gunung Sahari Raya 51/55, Jakarta 10610, Indonesia
 Phone : (021) 4202118; Fax. : (021) 4205368, 4204871

SURAT KETERANGAN

No. : 009/MAK/KET/IV/2016

Yang bertanda tangan dibawah ini menerangkan bahwa :

Nama	: Novia Ariani
NIM	: 11522404
Program Studi	: Teknik Industri
Institusi	: Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian Tugas Akhir (TA) di perusahaan kami, PT. Mega Andalan Kalasan yang bergerak dalam bidang Industri Peralatan Rumah Sakit selama 3 (tiga) bulan terhitung mulai tanggal 15 Februari 2016 sampai 29 April 2016 dengan predikat cukup/baik/memuaskan*. Lembar penilaian terlampir.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 29 April 2016

Corporate Secretary,
 Kepala Unit TC PT. MAK

Ir. H. Susanto, M.Sc.
 MAK 0100149

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PADA KECACATAN PRODUK
KOMPONEN TRENDGATE BED-HIGH LOW LINK BUSH DENGAN METODE SIX
SIGMA DAN FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS)**

(Studi Kasus di PT. Mega Andalan Kalasan)

TUGAS AKHIR

Dosen Pembimbing Tugas Akhir


Drs. H. Muhammad Ibnu Mastur, MSIE 26/4/2016

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PADA KECACATAN PRODUK KOMPONEN *TRENDGATE BED-HIGH LOW LINKBUSH* DENGAN METODE *SIX SIGMA* DAN *FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS)*

(Studi Kasus di PT. Mega Andalan Kalasan)

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Novia Ariani
FAK/JURUSAN : FTI/ Teknik Industri

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana strata-1 Teknik Industri

Yogyakarta, 20 Juli 2016

Tim Penguji

Drs. H. Muhammad Ibnu Mastur, MSIE

Ketua

Ir. Sunarvo, MP

Anggota I

Dian Janari, ST., MT.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri
Universitas Islam Indonesia



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan rasa syukur tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

Almarhum Ayah dan almarhumah ibu tercinta, dan bundaku tercinta yang selalu mendo'akanku, menyayangiku, memberiku motivasi, dan semua kebaikan yang telah diberikan kepadaku seperti orang tuaku sendiri. Serta kakak dan adikku, keluargaku, dan saudaraku yang selalu mendo'akan dan memberiku semangat.

HALAMAN MOTTO

إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّى يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ

“sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan mereka sendiri”. (QS.ar-ra’d: 11)

وَالَّذِينَ جَاهَدُوا فِينَا لَنَهْدِيَنَّهُمْ سُبُلَنَا وَإِنَّ اللَّهَ لَمَعَ الْمُحْسِنِينَ

“Dan orang-orang yang berjihad untuk (mencari keridhaan) Kami, kami tunjukkan kepada mereka jalan-jalan kami. Dan sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang berbuat baik”. (QS. al-ankabuut: 69)

إِنَّا كَذَلِكَ نَجْزِي الْمُحْسِنِينَ

“sungguh, demikianlah kami memberi balasan kepada orang-orang yang berbuat baik”. (QS.As-saffat: 80)

KATA PENGANTAR



Assalamua'alaikum wr.wb

Alhamdulillah rabbil'alamiin dengan izin Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang disusun guna untuk memenuhi persyaratan untuk mendapatkan gelar program studi sarjana strata-1 Teknik Industri Fakultas teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Salawat dan salam kepada junjungan nabi muhammad SAW serta penerusnya yang telah membawa Islam kepada seluruh umat manusia.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, bimbingan serta kesempatan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dekan fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Bapak Imam Djati Widodo, Drs.,M.Eng.
2. Ketua Prodi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia, Bapak Yuli Agusti Rochman, S.T.,M.Eng.
3. Dosen pembimbing Bapak Drs. H. Mumammad Ibnu Mastur, MSIE.
4. Pembimbing penelitian Bapak Muhammad Taufiq selaku Kepala Unit Mega Andalan *Plastic-part and Painting* (MAPP).
5. Kedua orang tua tercinta, saudara kandung kakak dan adik yang tidak pernah berhenti mendo'akan serta selalu memberi bimbingan, arahan dan ajaran tentang hidup demi keberhasilan dan kesuksesan.
6. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Semoga segala kebaikan yang telah diberikan, mendapatkan balasan dari Allah SWT dengan yang lebih baik. Akhir kata, mahon maaf atas segala kekurangan dan semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca terutama bagi rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Indusri Universitas Islam Indonesia, amiin yaa robbal'alamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 12 April 2016

Penulis

Novia Ariani

DAFTAR ISI

PENGAKUAN	ii
LEMBAR SURAT SELESAI PENELITIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu (Kajian Induktif).....	7
2.2 Dasar Teori (Kajian Deduktif).....	8
2.2.1 Kualitas (<i>Quality</i>)	8
2.2.2 Perngertian <i>Quality Control</i> (Pengendalian Kualitas).....	11
2.2.3 Konsep Six-Sigma	12
2.2.4 Metodologi Sigma.....	15
2.3 Tools Six Sigma.....	16
2.3.1 <i>CTQ (Critical To Quality)</i>	16
2.3.2 <i>SIPOC (Supplier-Input-Process-Customers)</i>	17
2.3.3 Diagram Pareto	18
2.3.4 Fishbone Diagram	19
2.3.5 Peta Kendali (Control Chart)	20
2.3.5.1 Peta kontrol variabel	22
2.3.5.2 Peta kontrol atribut.....	25
2.3.6 DPMO dan Tingkat Sigma.....	26

2.3.7 DPMO dan Tingkat Sigma untuk Data Atribut	26
2.3.8 DPMO dan Tingkat Sigma untuk Data Variabel	27
2.3.9 Kapabilitas Proses	31
2.3.10 Indeks Performansi Kane (Cpk).....	32
2.3.11 Indeks Kapabilitas Proses (Cpmk).....	33
2.3.12 Stabilitas Proses	33
2.4 FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>).....	35
2.5 Tindakan untuk Peningkatan Kualitas Six-Sigma	36
BAB III METODE PENELITIAN	38
3.1 Studi Pustaka.....	38
3.2 Objek Penelitian.....	38
3.3 Identifikasi Masalah dan Tujuan Penelitian.....	39
3.4 Pengumpulan Data	39
3.4.1 Metode Pengumpulan Data.....	39
3.4.2 Jenis Data Yang Digunakan.....	39
3.5 Pengolahan Data	40
3.6 Analisis	43
3.7 Kesimpulan dan Saran	44
3.8 Diagram Alir Penelitian	44
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	46
4.1 Pengumpulan Data	46
4.1.1 Sejarah Singkat PT. Mega Andalan Kalasan	46
4.1.2 Undang-undang PT. Mega Andalan Kalasan.....	46
4.1.3 Struktur Organisasi PT. Mega Andalan Kalasan	47
4.1.4 Tinjauan Produksi	50
4.1.4.1 Bahan Baku	50
4.1.4.2 Mesin dan Peralatan	51
4.1.4.3 Proses Produksi	51
4.2 Pengolahan Data	54
4.2.1 Tahap <i>Define</i> (Pendefinisian).....	54
4.2.1.1 Menentukan diagram SIPOC	55
4.2.1.2 Pembuatan Peta Aliran Proses	58
4.2.2 Tahap <i>Measure</i> (Pengukuran).....	61
4.2.2.1 Menentukan <i>Critical To Quality (CTQ)</i>	61
4.2.2.2 Data Atribut.....	61
4.2.2.2.1 Pembuatan diagram Pareto.....	62

4.2.2.2.2 Perhitungan data atribut	64
4.2.2.2.3 Pembuatan peta kendali p	69
4.2.2.3 Data Variabel	71
4.2.2.3.1 Perhitungan Data Variabel	71
1. Variabel Diameter Lingkaran Luar	73
2. Variabel Diameter Lingkaran Dalam	81
3. Variabel Ketebalan Permukaan Lingkaran	87
4.2.2.3.2 Menentukan Stabilitas dan Kapabilitas Proses	93
1. Variabel Diameter Lingkaran Luar	93
2. Variabel Diameter Lingkaran Dalam	95
3. Variabel Ketebalan Permukaan Lingkaran	97
BAB V PEMBAHASAN	100
5.1 Tahap <i>Analyze</i> (Analisis)	100
5.1.1 Analisis Data Atribut	101
5.1.1.1 Analisis Keterkendalian Proses	101
5.1.1.2 Analisis Jenis Cacat Produk Terbesar	102
5.1.1.3 Analisis DPMO Dan Tingkat Sigma Data Atribut	102
5.1.2 Analisis Data Variabel	103
5.1.2.1 Analisis Keterkendalian Proses	103
5.1.2.2 Mengukur DPMO Dan Tingkat Sigma Data Variabel	104
5.1.2.3 Hubungan Tingkat Sigma Data Atribut Dan Variabel	105
5.1.2.4 Analisis Stabilitas & Kapabilitas Proses	106
5.1.3 Mengidentifikasi Sumber Penyebab Kecacatan Produk	111
5.1.4 Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)	114
5.2 Tahap <i>Improve</i> (Peningkatan)	115
5.3 Tahap <i>Control</i> (Pengawasan)	117
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	118
6.1 KESIMPULAN	118
6.2 SARAN	119
DAFTAR PUSTAKA	120
LAMPIRAN	122

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Filosofi Kualitas	9
Tabel 2.2 Perbedaan <i>True</i> 6-Sigma Dengan Motorola 6-Sigma	13
Tabel 2.3 Daftar Nilai Faktor Untuk Batas Peta Kendali	24
Tabel 2.4 Contoh Perhitungan DPMO Dan Tingkat Sigma Data Atribut	26
Tabel 2.5 Contoh Perhitungan Data Variabel Dengan Dua Batas Spesifikasi....	28
Tabel 2.6 Contoh Perhitungan Data Variabel Dengan Satu Batas Spesifikasi ...	29
Tabel 4.1 Data Jenis Cacat Atribut High Low Link Bush	62
Tabel 4.2 Jumlah Frekuensi Jenis Cacat High Low Link Bush	63
Tabel 4.3 Pengolahan Data Atribut Perhitungan DPMO Dan Tingkat Sigma....	64
Tabel 4.4 Perhitungan DPMO Dan Tingkat Sigma Data Atribut	68
Tabel 4.5 Data Pengolahan Peta Kendali P.....	69
Tabel 4.6 Batas Toleransi Variabel Komponen High Low Link Bush	72
Tabel 4.7 Pengolahan Data Variabel Diameter Lingkaran Luar.....	73
Tabel 4.8 Perhitungan DPMO Dan Tingkat Sigma Diameter Lingkaran Luar ..	78
Tabel 4.9 Pengolahan Data Variabel Diameter Lingkaran Dalam.....	81
Tabel 4.10 Perhitungan DPMO Dan Tingkat Sigma Diameter Lingkaran Dalam	84
Tabel 4.11 Pengolahan Data Variabel Ketebalan Permukaan Lingkaran	87
Tabel 4.12 Perhitungan DPMO Dan Tingkat Sigma Ketebalan Permukaan Lingkaran	90
Tabel 5.1 Nilai Tingkat Sigma Dan DPMO.....	102
Tabel 5.2 Hasil Peta Kendali X-Bar Data Variabel	103
Tabel 5.3 Nilai DPMO Dan Tingkat Sigma Data Variabel	104
Tabel 5.4 Kapabilitas Proses Produksi Komponen High Low Link Bush.....	106
Tabel 5.5 Uji Hipotesis Chi-Kuadrat Data Variabel	110
Tabel 5.6 Formulir FMEA Cacat Lembab	114
Tabel 5.7 Tindakan Perbaikan Dengan 5W+1H Untuk Cacat Lembab.....	116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konsep <i>Six Sigma</i> Motorola.....	13
Gambar 2.2 Contoh CTQ <i>Tree</i>	16
Gambar 2.3 Contoh Diagram SIPOC.....	17
Gambar 2.4 Contoh Diagram Pareto.....	18
Gambar 2.5 Contoh Fishbone Diagram	20
Gambar 2.6 Diagram Alir Penggunaan Peta Kontrol	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT.MAK.....	48
Gambar 4.2 Struktur Organisasi Unit MAPP.....	49
Gambar 4.3 Kertas Kerja Produksi High Low Link Bush	52
Gambar 4.4 Komponen High Low Link Bush.....	54
Gambar 4.5 Diagram SIPOC Produksi High Low Link Bush	56
Gambar 4.6 Diagram SIPOC Produk PT.MAK.....	57
Gambar 4.7 Peta Aliran Proses Produksi High Low Link Bush.....	58
Gambar 4.8 Diagram Pareto Jenis Cacat Komponen High Low Link Bush.....	63
Gambar 4.9 Grafik DPMO Data Atribut.....	67
Gambar 4.10 Grafik Tingkat Sigma Data Atribut.....	67
Gambar 4.11 Grafik Peta Kendali P Data Atribut	70
Gambar 4.12 Ukuran Spesifikasi Variabel High Low Link Bush	71
Gambar 4.13 Grafik DPMO Variabel Diameter Lingkaran Luar	76
Gambar 4.14 Grafik Tingkat Sigma Variabel Diameter Lingkaran Luar	77
Gambar 4.15 Grafik DPMO Variabel Diameter Lingkaran Dalam	83
Gambar 4.16 Grafik Tingkat Sigma Variabel Diameter Lingkaran Dalam.....	84
Gambar 4.17 Grafik DPMO Variabel Ketebalan Permukaan Lingkaran	89
Gambar 4.18 Grafik Tingkat Sigma Variabel Ketebalan Permukaan Lingkaran.....	90
Gambar 4.19 Grafik Peta Kendali X-Bar Variabel Diameter Lingkaran Luar ...	94
Gambar 4.20 Grafik Peta Kendali X-Bar Variabel Diameter Lingkaran Dalam	96
Gambar 4.21 Grafik Peta Kendali X-Bar Variabel Ketebalan Permukaan Lingkaran	98
Gambar 5.1 Kurva Chi-Kuadrat.....	107
Gambar 5.2 Diagram <i>Fishbone</i> Cacat Lembab.....	112

ABSTRAK

PT Mega Andalan kalasan adalah perusahaan yang memproduksi peralatan rumah sakit (hospital equipment) salah satunya adalah produk trendgate bed dengan salah satu komponennya adalah high low link bush. Dalam proses produksi komponen high low link bush masih terdapat produk cacat yaitu kempot dan lembab. Oleh karena itu, perlu adanya upaya peningkatan perbaikan kualitas agar perusahaan dapat bersaing dengan perusahaan-perusahaan global. Salah satu model perbaikan peningkatan kualitas untuk mengurangi produk cacat adalah program Six Sigma dengan metode DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control).

Penelitian ini mengkaji data atribut dan data variabel berupa diameter lingkaran luar, diameter lingkaran dalam, dan ketebalan permukaan lingkaran. Pada tahap define dilakukan identifikasi suatu permasalahan menggunakan diagram SIPOC dan diagram OPC. Tahap measure yaitu tahap pengukuran proses produksi dengan menentukan Critical To Quality (CTQ) dan menghitung nilai DPMO dan tingkat sigma. Tahap analyze yaitu menganalisis kapabilitas proses produksi, stabilitas proses dengan uji hipotesis chi kuadrat, dan keterkendalian proses dengan peta kendali X-bar peta serta menghitung proporsi cacat dengan kendali p. Analisis cacat terbesar menggunakan diagram Pareto dan akar penyebab cacat dikaji menggunakan diagram Fishbone. Akar penyebab cacat yang telah diketahui dianalisis dengan metode FMEA untuk mengetahui tingkat kegagalan potensial. Tahap improve dilakukan dengan metode 5W dan 1H. Hasil menunjukkan bahwa kapabilitas proses produksi cukup baik akan tetapi kondisi proses belum stabil untuk variabel diameter lingkaran luar dengan tingkat sigma yang dihasilkan sebesar 2,25 dan DPMO sebanyak 226627, dan ketebalan permukaan lingkaran, dengan tingkat sigma yang dihasilkan sebesar 4,95 dan DPMO sebanyak 280, sedangkan variabel diameter lingkaran dalam stabil dengan tingkat sigma yang dihasilkan sebesar 1,35 dan DPMO sebanyak 559618. Berdasarkan diagram Pareto, cacat lembab merupakan cacat yang sering terjadi pada komponen high low link bush dan akar penyebabnya adalah faktor manusia yaitu tingkat keahlian kurang, dan faktor metode yaitu tidak ada SOP tertulis. Dari hasil analisis perhitungan FMEA nilai RPN tertinggi berada pada faktor operator, dengan kegagalan potensial yang disebabkan oleh tingkat keahlian kurang. Berdasarkan metode Six Sigma, usulan perbaikan bagi perusahaan untuk mengurangi kecacatan produk komponen high low link bush yaitu mengkaji ulang dalam settingan parameter mesin dengan mendokumentasikan secara tertulis dikarenakan operator kurang ahli dalam mensetting parameter settingan mesin sehingga operator kurang mengetahui kapan seharusnya mesin bisa dijalankan untuk proses injeksi, dan menerapkan prosedur SOP secara tertulis dan melakukan pengawasan terhadap karyawan terkait SOP.

Kata kunci: Six Sigma, DMAIC, High low link bush

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persaingan perusahaan pada era globalisasi ini semakin ketat baik di bidang jasa maupun manufaktur. Dengan adanya persaingan tersebut membuat perusahaan mencari berbagai alternatif untuk memenangkan persaingan, mendapatkan profit yang tinggi dan memberikan kepuasan pelanggan. Untuk mencapai tujuan tersebut maka perusahaan harus meninjau kembali apakah internal perusahaan pada proses produksi memiliki problem atau tidak. Jika dalam proses produksi terdapat problem maka indikator yang mudah didapat adalah kecacatan produk. Jumlah cacat menunjukkan bahwa adanya problem yang besar dalam proses produksi.

Dalam dunia industri kecacatan produk merupakan problem atau permasalahan yang perlu diperhatikan oleh perusahaan. Oleh karena itu banyak cara yang dapat dilakukan oleh perusahaan untuk mengurangi terjadinya kecacatan. Dengan mengurangi dan meminimalisir jumlah cacat maka nilai efisiensi operator dan mesin akan meningkat sehingga upaya untuk mendapatkan profit sebanyak-banyaknya akan tercapai. Dengan mendapat profit yang tinggi maka akan mudah dalam memenangkan persaingan industri. Persaingan tidak hanya terjadi dalam industri internal atau pasar lokal saja akan tetapi pasar dunia juga merebut pasar yang sama dengan memiliki produk kompetitif, harga terjangkau, dan jaminan kualitas.

Menurut (Hansen dan Mowen, 2001) produk cacat adalah produk yang tidak memenuhi spesifikasinya. Hal ini berarti juga tidak sesuai dengan standar kualitas yang

telah ditetapkan. Produk cacat yang terjadi selama proses produksi mengacu pada produk yang tidak diterima oleh konsumen. Produk cacat adalah produk yang tidak memenuhi standar mutu yang telah ditentukan tetapi dengan mengeluarkan biaya pengerjaan kembali untuk memperbaikinya, produk tersebut secara ekonomis dapat disempurnakan lagi menjadi produk yang lebih baik lagi (Mulyadi, 1999). Klasifikasi produk cacat dibagi menjadi 2 yaitu kecacatan mayor dan kecacatan minor. Kecacatan mayor merupakan tingkat kecacatan yang berpengaruh besar terhadap penurunan kualitas produk dan jika dilakukan perbaikan tidak sepenuhnya menjadi produk dengan kualitas yang baik. Kecacatan minor merupakan kecacatan pada produk barang yang bersifat ringan serta tidak berpengaruh besar terhadap penurunan kualitas barang, kecacatan yang terjadi tidak dirasakan penurunan kualitasnya pada konsumen.

Pengaruh produk cacat pada perusahaan berdampak pada kualitas produk, image perusahaan, dan kepuasan konsumen. Semakin banyak produk cacat yang dihasilkan maka semakin rendah tingkat kualitas produk, hal ini didasarkan pada semakin tinggiterjadinya cacat produk maka akan muncul tindakan inspeksi, rework, reject dan sebagainya.

Menurut *The American Society Of Quality Control*, kualitas adalah keseluruhan ciri-ciri dan karakteristik dari suatu produk atau layanan menyangkut kemampuan untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan yang telah ditentukan atau yang bersifat laten. Sedangkan menurut filsafat Jepang kualitas adalah “zero defect” mengerjakan pertama kali dengan benar. Adapun menurut salah satu pakar kualitas yaitu juran mendefinisikan kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan konsumen (Evans dan Dean 2003: purnama 2006). Menurut Feigenbaum, A.V (1961) kata kualitas yang berorientasi pada kepuasan konsumen tidak harus mempunyai arti “yang terbaik” dalam dunia industri, melainkan kualitas berarti lebih baik dalam memuaskan kebutuhan konsumen. Sedangkan dalam orientasi pada proses produksi kualitas adalah kesesuaian spesifikasi dari desain produk yang telah ditetapkan produsen. Oleh karena itu perusahaan dapat melakukan pengendalian kualitas untuk menghasilkan produk sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Pengendalian kualitas merupakan aktivitas keteknikan dan manajemen, yang dengan aktivitas itu diukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan, dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila

ada perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dengan yang standart. Ini berarti bahwa proses produksi harus stabil dan mampu beroperasi semua produk dapat menghasilkan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Menurut (Gasperz, 2005), pengendalian kualitas adalah suatu teknik dan aktivitas/ tindakan yang terencana yang dilakukan untuk mencapai, mempertahankan dan meningkatkan kualitas suatu produk dan jasa agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan dapat memenuhi kepuasan konsumen. Standar kualitas yang dimaksudkan adalah bahan baku, proses produksi, dan produk jadi (Nasution, 2005).

Six sigma Salah satu metode pengendalian dan peningkatan kualitas yang digunakan dalam memperbaiki proses yang difokuskan pada usaha mengurangi cacat, yang memiliki kemungkinan 3,4 kegagalan per satu juta kesempatan (*Defect Per Million Opportunities-DPMO*) untuk setiap transaksi produk. Jika dapat mengukur berapa banyak cacat yang ada dalam suatu proses, maka secara sistematis dapat mengatasi bagaimana menekan dan menempatkan diri dekat dengan *zero defect* (Gaspersz, 2002).

PT. Mega Andalan kalasan merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pembuatan peralatan rumah sakit (Hospital Equipment). Perusahaan ini masih mengalami berbagai permasalahan pada proses produksi. Hal ini dibuktikan bahwa di Unit Mega Andalan Plastic-part and Painting (MAPP) yang memproduksi komponen plastik salah satunya produk *Trendgate Bed* yaitu komponen *High Low Link bush* dalam 27 kali injeksi diketahui 194 mengalami cacat dari 10617 produk. Dengan adanya kecacatan produk tersebut dapat menyebabkan kualitas produk menurun. Maka dari itu perlu dilakukan perbaikan kualitas dengan mencari akar masalah yang terjadi khususnya pada komponen High low link bush, sehingga nantinya dapat mengurangi dan mencegah kembali terjadinya kecacatan produk.

Untuk mengatasi permasalahan diatas, perlunya suatu metode yang tepat untuk mencari akar dari penyebab kecacatan untuk penurunan jumlah cacat produk pada perusahaan ini khususnya pada unit Mega Andalan *Plastict-part and Painting*(MAPP) . Metode yang dapat digunakan untuk perbaikan kualitas produk yaitu dengan metode Six sigma dan FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*). Penggunaan metode Six Sigma diharapkan mampu untuk mengidentifikasi permasalahan kecacatan produk/ kegagalan produk pada proses produksi komponen high low link bush dengan penerapan langkah-langkah DMAIC (*Define, Maesure, Analyze, Improve, And Control*) sebagai kunci

pemecahan masalah dalam Six Sigma. Penggunaan metode FMEA itu sendiri akan dapat mengidentifikasi potensi kegagalan yang timbul dalam proses produksi komponen *High Low Link Bush* dengan tujuan untuk meminimalkan resiko kegagalan produksi (Gaspersz, V. 2012). Seberapa serius kondisi yang diakibatkan jika terjadi kegagalan, tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan dan metode apa yang sudah diterapkan untuk mengantisipasi kegagalan tersebut merupakan dasar untuk menentukan komponen penting untuk dilakukan tindakan perbaikan.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, penulis difokuskan untuk menemukan solusi atas permasalahan pada perusahaan, sehingga dapat diangkat judul yaitu: “Analisis Pengendalian Kualitas Pada Kecacatan Produk Komponen *Trendgate Bed–High Low Link Bush* Dengan Metode Six Sigma Dan FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*) di PT. Mega Andalan Kalasan”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang sudah dipaparkan, rumusan masalah yang dapat diangkat dalam penelitian ini adalah:

Bagaimana kondisi proses produksi komponen high low link bush berdasarkan hasil analisis nilai DPMO, tingkat sigma, stabilitas dan kapabilitas proses (Cpm). Dan faktor-faktor apa saja yang menyebabkan cacat produk? dan bagaimana solusinya?

1.3 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian, terdapat batasan-batasan yang harus dijadikan pedoman dalam melakukan penelitian ini agar lebih terarah, mudah dipahami serta topik yang dibahas tidak meluas, yaitu antara lain:

1. Penelitian dilakukan di PT. Mega Andalan Kalasan pada unit Mega Andalan Plastic-part Painting (MAPP) mulai tanggal 15 februari 2016 sampai dengan 29 april 2016.
2. Pengambilan data dilakukan berdasarkan data historis perusahaan, pengamatan secara langsung, dan hasil wawancara pihak terkait.
3. Penelitian difokuskan pada pengendalian dan perbaikan kualitas pada produk cacat komponen high low link bush.

4. Data yang diambil untuk perhitungan adalah data produksi, data produk cacat, data atribut, dan variabel pada komponen *high low link bush*.
5. Tidak membahas komponen biaya.

1.4 Tujuan penelitian

Mencari tahu bagaimana kondisi proses produksi komponen high low link bush berdasarkan hasil analisis nilai DPMO, tingkat sigma, stabilitas dan kapabilitas proses (Cpm). Dan mencari faktor-faktor apa saja yang menyebabkan cacat produk. Kemudian memberikan usulan perbaikan upaya meningkatkan kualitas produk.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini bagi perusahaan khususnya di unit Mega Andalan *Plastict-part and Painting* (MAPP) yaitu dapat menjadi pertimbangan untuk mengambil kebijakan dalam upaya perbaikan pada produk cacat sehingga perusahaan dapat menurunkan tingkat kecacatan produk.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dibuat untuk membantu memberi gambaran umum tentang penelitian yang akan dilakukan. Secara garis besar, sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II KAJIAN LITERATUR

Berisi tentang studi pustaka dan landasan teori, yaitu memuat kajian literatur induktif dan deduktif yang dapat membuktikan bahwa penelitian ini memenuhi syarat dan kriteria yang telah ditetapkan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang dipakai dalam penelitian ini, yang memuat studi pustaka, obyek penelitian, data yang digunakan, kerangka dan bagan alir penelitian secara ringkas dan jelas.

BAB IV PENGUMPULAN DATA DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini sebagai acuan untuk pembahasan pada bab selanjutnya, yang Berisi tentang data-data yang dikumpulkan dan proses pengolahan data yang dapat ditampilkan dengan grafik dan tabel.

BAB V PEMBAHASAN

Menyajikan pembahasan hasil dari pengolahan data yang diperoleh dalam penelitian ini yang disesuaikan dengan masalah penelitian dan tujuan penelitian sehingga dapat memberikan rekomendasi.

BAB VI PENUTUP

Memuat kesimpulan dari hasil penelitian yang dibahas dan saran sebagai acuan yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat semua sumber kepustakaan yang digunakan dalam penelitian, baik berupa buku, jurnal, maupun sumber-sumber kepustakaan yang lainnya.

LAMPIRAN

daftar tabel dan daftar gambar yang terkait dengan studi kasus penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu (Kajian Induktif)

Pada kajian induktif berisi beberapa penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini yaitu tentang perbaikan kualitas (*Quality Improvement*) dengan menggunakan metode lean-sigma. Dengan penelitian sebelumnya diharapkan dapat menjadi acuan atau referensi bagi peneliti dalam mengembangkan penelitian ini.

Pada penelitian yang berjudul “DMAIC Six Sigma Definition and an Analytical Implementation: Car Industry Case Studies” oleh Yasamin Eslami, Matin Mohaghegh, dan Alessandro Brun (2014), yang menjadi obyek penelitian adalah penjaminan produk dan peningkatan produk pada industri mobil. Penelitian ini menggunakan metode six sigma dengan menggunakan DMAIC dan DFSS. DMAIC bertujuan untuk meningkatkan proses produksi, sedangkan DFSS ditujukan untuk menghasilkan produk baru, layanan atau proses. Penelitian ini mencoba untuk menyelidiki secara mendalam peran DMAIC dan implementasinya dalam perbaikan terus-menerus dengan six sigma. Tujuan yang paling penting dari penelitian tersebut adalah untuk menjamin kualitas dan juga volume produk.

Kemudian selanjutnya adalah penelitian yang berjudul “Aplikasi Six Sigma Untuk Menganalisis Faktor-faktor Penyebab Kecacatan Produk Crumb Rubber Sir 20 Pada PT. XYZ” oleh Ivan Vitho, Elisabeth Ginting, dan Anizar (2013). Pada penelitian ini yang menjadi obyek penelitian adalah produk cacat, karena di lapangan produksi masih banyak ditemukan produk cacat hingga bisa mencapai angka 20% pada akhir proses produksi yang mengakibatkan perusahaan mengalami kerugian. Penelitian ini

dilakukan untuk menganalisis faktor-faktor dominan penyebab kecacatan produk crumb rubber SIR 20 dengan menggunakan metode DMAIC (define, measure, analyze, improve and control) Six Sigma. Hasil penelitian menunjukkan faktor dominan penyebab kecacatan adalah faktor kadar PRI. Dari hasil FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) didapat penyebab kecacatan bahan baku berkualitas rendah adalah karena banyak mengandung kotoran (remah kayu, tanah dan lainnya), proses pencucian kurang bersih karena menggunakan air yang kotor serta proses penjemuran dan pengeringan kurang baik dengan waktu yang relatif cepat (kurang dari 7 hari). Usulan perbaikan untuk mengatasi permasalahan yang ada pada rantai produksi adalah melakukan seleksi bahan baku yang ketat dengan memperhatikan tingkat kotoran yang terkandung pada bahan baku, melakukan pencucian dengan menggunakan air yang bersih, melakukan proses penjemuran yang sempurna yaitu selama 7 sampai 12 hari, dan pemeriksaan secara berkala pada mesin.

2.2 Dasar Teori (Kajian Deduktif)

2.2.1 Kualitas (*Quality*)

Menurut Ariani, Wahyu 1999 (Hayu, 2013) Kualitas sangat penting bagi sebuah produk, baik berupa produk barang maupun jasa. Hal-hal yang sangat penting bagi produsen berkaitan dengan produk adalah kualitas, biaya dan produktivitas. Kualitas adalah kemampuan dari suatu produk atau jasa yang secara konsisten memenuhi harapan dari konsumen. Dengan demikian kualitas adalah satusatunya hal yang paling penting bagi kedua belah pihak. Dalam banyak kasus, konsep kualitas berbeda antara pabrikan/produsen dan pelanggan/konsumen.

Dalam Evans dan Dean 2003 (Purnama, 2006) disebutkan sebuah studi terhadap para manajer 86 perusahaan di wilayah Amerika timur dilakukan untuk mengetahui jawaban mereka mengenai definisi kualitas, hasilnya diperoleh variasi definisi kualitas, yaitu:

- a. *Perfection*
- b. *Consistency*
- c. *Eliminating waste*
- d. *Speed of delivery*
- e. *Compliance with policies and procedures*

- f. *Providing a good, usable product*
- g. *Doing it right the first time*
- h. *Delighting or pleasing customers*
- i. *Total customer service and satisfaction*

Purnama, (2006) Menurut *The American Society Of Quality Control*, kualitas adalah keseluruhan ciri-ciri dan karakteristik dari suatu produk atau layanan menyangkut kemampuan untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan yang telah ditentukan atau yang bersifat laten (Evans dan Dean 2003). Sedangkan menurut filsafat Jepang kualitas adalah “zero defect” mengerjakan pertama kali dengan benar. Beberapa definisi kualitas yang dikembangkan oleh tiga pakar kualitas, yaitu Crosby, Deming, dan Juran. Adapun perbandingan filosofi kualitas tiga pakar kualitas pada tabel 2.1 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. perbandingan filosofi kualitas

	Crosby	Deming	Juran
Definisi kualitas	Kesesuaian dengan persyaratan	Derajat keseragaman produk yang bisa diprediksi dan tergantung pada biaya rendah an pasar	Kesesuaian dengan penggunaan (memuaskan kebutuhan konsumen)

Sumber : Chase, et al. (2004)

Garvin 2001 (Hayu,2013) Lima pendekatan perspektif kualitas yang dapat digunakan oleh para praktisi bisnis, yaitu:

1. *Transcendental Approach*

Kualitas dalam pendekatan ini adalah sesuatu yang dapat dirasakan, tetapi sulit didefinisikan dan dioperasikan maupun diukur. Perspektif ini umumnya diterapkan dalam karya seni musik, seni tari, seni drama dan seni rupa. Perspektif ini sangat sulit untuk dijadikan sebagai dasar perencanaan dalam manajemen kualitas.

2. *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.

3. *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 merupakan produk yang berkualitas paling tinggi. Pandangan yang subjektif ini mengakibatkan konsumen yang berbeda memiliki kebutuhan dan keinginan yang berbeda pula, sehingga kualitas bagi seseorang adalah kepuasan maksimum yang dapat dirasakannya.

4. *Manufacturing-based Approach*

Kualitas dalam pendekatan ini bersifat supply-based atau dari sudut pandang produsen yang mendefinisikan kualitas sebagai sesuatu yang sesuai dengan persyaratannya dan prosedur. Pendekatan ini berfokus pada kesesuaian spesifikasi yang ditetapkan perusahaan secara internal. Oleh karena itu, yang menentukan kualitas adalah standar-standar yang ditetapkan perusahaan, dan bukan konsumen yang menggunakannya.

5. *Value-based Approach*

Kualitas dalam pendekatan ini adalah memandang kualitas dari segi nilai dan harga. Oleh karena itu kualitas dalam pandangan ini bersifat relatif, sehingga produk yang memiliki kualitas paling tinggi belum tentu produk yang paling bernilai. Produk yang paling bernilai adalah produk yang tepat beli (Hayu, 2013).

Menurut Garvin (1996) dalam (Purnama, 2006) untuk melihat kualitas produk manufaktur terdapat 8 dimensi yang bisa digunakan, yaitu:

1. *Performance* adalah karakteristik utama dari suatu produk yang tercermin dari kemampuan produk dalam menjalankan fungsi utama.
2. *Feature* adalah karakteristik pelengkap yang membedakan suatu produk dengan produk yang lain dan bisa memberi kesan berbeda.
3. *Reliability* adalah keandalan suatu produk jika digunakan selama waktu tertentu.
4. *Conformance* adalah kesesuaian produk dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

5. *Durability* adalah tingkat keawetan produk yang digambarkan dengan umur ekonomis produk atau seberapa lama produk memberi manfaat ekonomis.
6. *Serviceability* adalah kemudahan dalam perawatan produk, kemudahan menemukan pusat-pusat reparasi jika produk mengalami kerusakan, dan kemudahan mendapatkan suku cadang jika ada suku cadang yang perlu diganti.
7. *Aesthetic* adalah nilai keindahan atau daya tarik produk, bagaimana daya tarik produk.
8. *Perceived* adalah reputasi produk atau citra produk.

2.2.2 Pengertian *Quality Control* (pengendalian Kualitas)

Hana, wiwik, khamim (2015) Pengendalian kualitas mempunyai peran penting dalam keberlangsungan hidup perusahaan jasa atau manufaktur. Hal ini disebabkan kualitas merupakan faktor penentu kepuasan konsumen terhadap produk yang dihasilkan oleh perusahaan. Selain itu, kualitas merupakan salah satu alat untuk memenangkan persaingan produk di pasar. Oleh karena itu, untuk menjaga agar produk yang dihasilkan mempunyai karakteristik sesuai dengan yang direncanakan serta sesuai dengan keinginan konsumen, maka perlu dilakukan pengendalian kualitas secara teristematis melalui berbagai metode.

Adapun pengertian pengendalian menurut para ahli adalah sebagai berikut :

1. Menurut Sofjan Assauri (1998:25), pengendalian dan pengawasan adalah kegiatan yang dilakukan untuk menjamin agar kepastian produksi dan operasi yang dilaksanakan sesuai dengan apa yang direncanakan dan apabila terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut dapat dikoreksi sehingga apa yang diharapkan dapat tercapai.
2. Menurut Vincent Gasperz (2005:480), pengendalian adalah kegiatan yang dilakukan untuk memantau aktivitas dan memastikan kinerja sebenarnya yang dilakukan telah sesuai dengan yang direncanakan.

Selanjutnya, pengertian pengendalian kualitas dalam arti menyeluruh adalah sebagai berikut :

1. Menurut Sofjan Assauri (1998:210) adalah pengendalian kualitas merupakan usaha untuk mempertahankan mutu/kualitas barang yang dihasilkan, agar sesuai

dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan pimpinan perusahaan.

2. Menurut Vincent Gasperz (2005:480), pengendalian kualitas adalah teknik dan aktivitas operasional yang digunakan untuk memenuhi standar kualitas yang diharapkan.

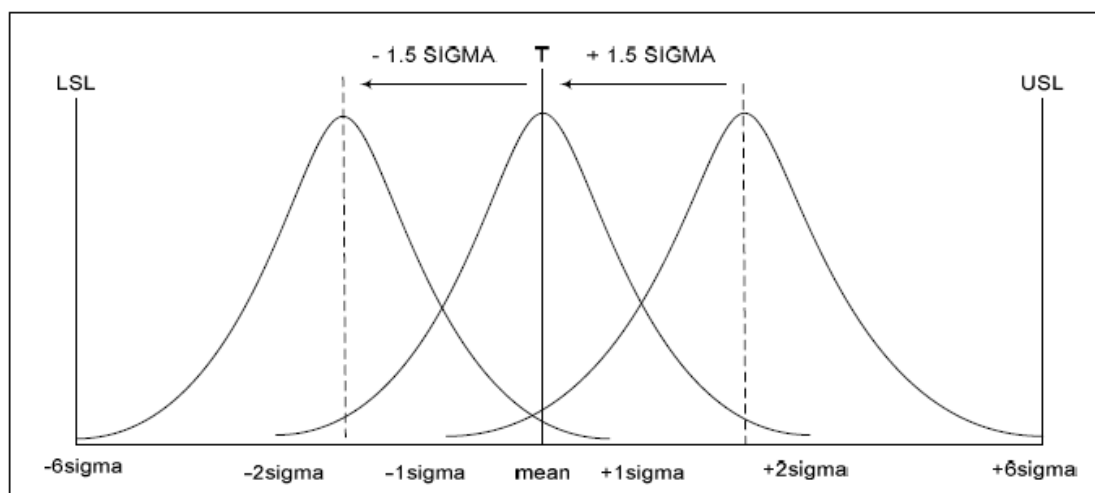
Berdasarkan pengertian di atas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pengendalian kualitas adalah suatu teknik dan aktivitas/tindakan yang terencana yang dilakukan untuk mencapai, mempertahankan, dan meningkatkan kualitas suatu produk dan jasa agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan dapat memenuhi kepuasan konsumen.

2.2.3 Konsep Six-Sigma

Six Sigma merupakan suatu metode untuk peningkatan kualitas dalam memperbaiki proses yang difokuskan pada usaha mengurangi cacat, yang memiliki kemungkinan 3,4 kegagalan per satu juta kesempatan (*Defect Per Million Opportunities-DPMO*) untuk setiap transaksi produk. Jika dapat mengukur berapa banyak cacat yang ada dalam suatu proses, maka secara sistematis dapat mengatasi bagaimana menekan dan menempatkan diri dekat dengan *zero defect* (Gaspersz, 2002).

Secara sudut pandang statistik six sigma merupakan suatu visi peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagala per sejuta kesempatan (DPMO) untuk setiap transaksi produk barang/ jasa. Dengan upaya giat menuju kesempurnaan kegagalan nol (*zero defect*) (gaspersz, 2002).

Berdasarkan pendekatan pengendalian proses six sigma motorola bahwa mengizinkan adanya pergeseran nilai rata-rata sebesar $\pm 1,5$ sigma, sehingga akan menghasilkan 3,4 DPMO. Dengan demikian berdasarkan konsep six sigma motorola, berlaku toleransi penyimpangan $\mu = T \pm 1,5 \sigma$. Disini μ merupakan nilai rata-rata (mean) dari proses, sedangkan σ merupakan ukuran variasi proses. Perlu diketahui bahwa konsep six sigma motorola dengan pergeseran nilai rata-rata (*mean*) dari proses yang diizinkan sebesar 1,5 sigma adalah hal yang berbeda dari konsep six sigma dalam distribusi normal yang umum dipahami selama ini yang tidak mengizinkan pergeseran dalam nilai tara-rata dari proses (Gaspersz-2002). Perbedaan tersebut ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Gambar 2.1 Konsep *Six Sigma* motorolaTabel 2.2 Perbedaan *True* 6-Sigma Dengan 6-Sigma Motorola

True Process (Normal Centered)	6-Sigma Distribution		Motorola's Process (Normal Distribution Shifted 1,5 Sigma)		
Batas spesifikasi (LSL-USL)	Presentase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL)	DPMO	Batas spesifikasi (LSL-USL)	Prsesntase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL)	DPMO
± 1 sigma	68,27%	317.300	± 1 sigma	30,8538%	691.462
± 2 sigma	95,45%	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

Six sigma motorola merupakan terombosan baru dalam bidang manajemen kualitas. Konsep ini sudah diterapkan oleh motorola sejak tahun 1986 yang digunakan untuk mengurangi cacat (*defect*) , dan meimplementasikan konsep six sigma telah mampu

mencapai tingkat kualitas 3,4 DPMO. Beberapa keberhasilan motorola yang patut dicatat dari aplikasi program six sigma adalah sebagai berikut:

1. peningkatan produktivitas rata-rata 12,3% per tahun
2. penurunan COPQ (*cost of poor quality*) lebih dari 84%
3. eliminasi kegagalan dalam proses sekitar 99,7%
4. penghematan biaya manufakturing lebih dari \$11 miliar
5. peningkatan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata 17% dalam penerimaan, keuntungan, dan harga saham motorola.

Dalam aplikasi konsep six sigma ada 6 (enam) aspek yang perlu diperhatikan yaitu:

1. indentifikasi pelanggan anda
2. indentifikasi produk anda
3. indentifikasi kebutuhan anda dalam memproduksi produk untuk pelanggan anda
4. definisikan proses anda
5. hindari kesalahan dalam proses anda dan hilangkan semua pemborosan yang ada
6. tingkatkan proses anda secara terus-menerus menuju target six sigma.

Apabila aplikasi six sigma akan diterapkan dalam bidang manufacturing, maka ada 6 hal yang perlu diperhatikan, yaitu sebagai berikut:

1. indentifikasi karakteristik produk yang akan memuaskan pelanggan anda yaitu sesuai kebutuhan dan ekspektasi pelanggan.
2. Mengklasifikasikan semua karakteristik kualitas itu sebagai CTQ individual.
3. Menentukan apakah setiap CTQ itu dapat dikendalikan melalui pengendalian material, mesin, proses-proses kerja, dll.
4. Menentukan batas maksimum toleransi untuk setiap CTQ sesuai yang diinginkan pelanggan.
5. Menentukan maksimum variasi atau nilai maksimum standar deviasi proses untuk setiap CTQ.
6. Mengubah desain produk dan proses sedemikian rupa agar mampu mencapai nilai target six sigma, yang berarti memiliki indeks kemampuan proses, C_{pm} minimum sama dengan dua ($C_{pm} \geq 2$).

2.2.4 Metodologi Sigma

Metodologi pendukung dalam six sigma adalah DMAIC, yaitu metodologi penyelesaian masalah yang merupakan singkatan dari *Define* (Merumuskan), *Measure* (Mengukur), *Analyze* (Menganalisis), *Improvement* (Meningkatkan/Memperbaiki), dan *Control* (Mengendalikan) yang berguna untuk menggabungkan bermacam-macam perangkat statistik serta pendekatan perbaikan proses lainnya (James R. Evans, William M. Lindsay, 2007).

1. *Define*

Perumusan (*Define*) merupakan langkah pertama dalam penyelesaian masalah yang harus dilakukan yaitu mendefinisikan masalah. Maka peneliti harus merumuskan permasalahan yang akan di selesaikan dan memilih masalah yang akan diatasi. Fase perumusan masalah juga harus menjawab isu-isu manajemen proyek seperti apa saja yang harus dilakukan, oleh siapa, dan kapan.

2. *Measure*

Pengukuran (*Measure*) merupakan fase proses DMAIC yang fokus pada bagaimana cara mengukur proses internal yang mempengaruhi CTQ (critical to quality) dan berfokus pada pemahaman kinerja proses yang dipilih untuk diperbaiki pada saat ini, serta pengumpulan semua data yang dibutuhkan untuk analisis.

3. *Analyze*

Analisis (*analyze*) merupakan pemeriksaan terhadap proses, fakta, dan data untuk mendapatkan pemahaman mengenai mengapa suatu permasalahan terjadi dan dimana terdapat kesempatan untuk melakukan perbaikan. Fase analisis dari DMAIC ini berfokus pada pertanyaan mengapa cacat, kesalahan, atau variasi yang berlebihan terjadi.

4. *Improve*

Peningkatan (*improve*) merupakan fase proses dari DMAIC yang digunakan untuk menghilangkan atau memecahkan masalah serta memperbaiki kinerja pengukuran variabel x sehingga memperbaiki CTQ.

5. *Control*

Pengendalian (*control*) merupakan aktivitas untuk memastikan agar perbaikan proyek terjaga melalui pemantauan tolak ukur kinerja utama dan CTQ. fase

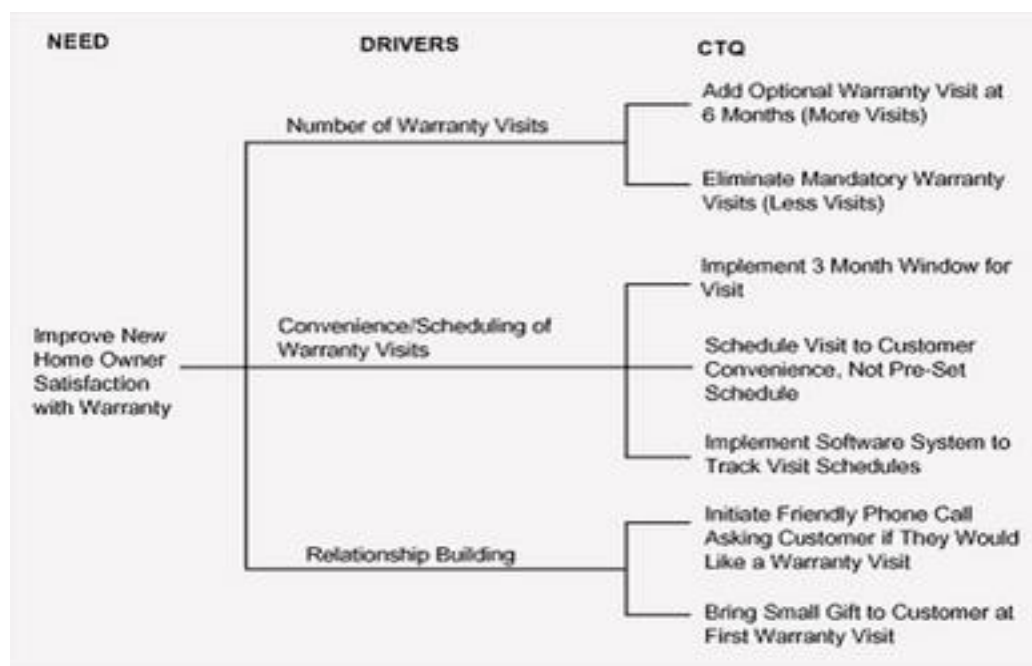
pengendalian juga berfokus pada bagaimana menjaga perbaikan agar terus berlangsung.

2.3 Tools Six Sigma

dalam six sigma ada beberapa pengertian yang dapat didefinisikan, tetapi yang perlu dipahami bahwa six sigma adalah sebuah referensi *tool* untuk mengurangi jumlah cacat. Namun, six sigma memiliki beberapa *tools Quality* yang lebih insentif yang mampu digunakan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks. Beberapa *tool* yang digunakan dalam six sigma adalah sebagai berikut:

2.3.1 CTQ (Critical To Quality)

Merupakan elemen dari suatu produk, proses, atau praktek-praktek yang berdampak langsung pada kepuasan pelanggan. CTQ suatu atribut yang berkaitan dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan (Gaspersz, 2002). Contoh CTQ Tree:



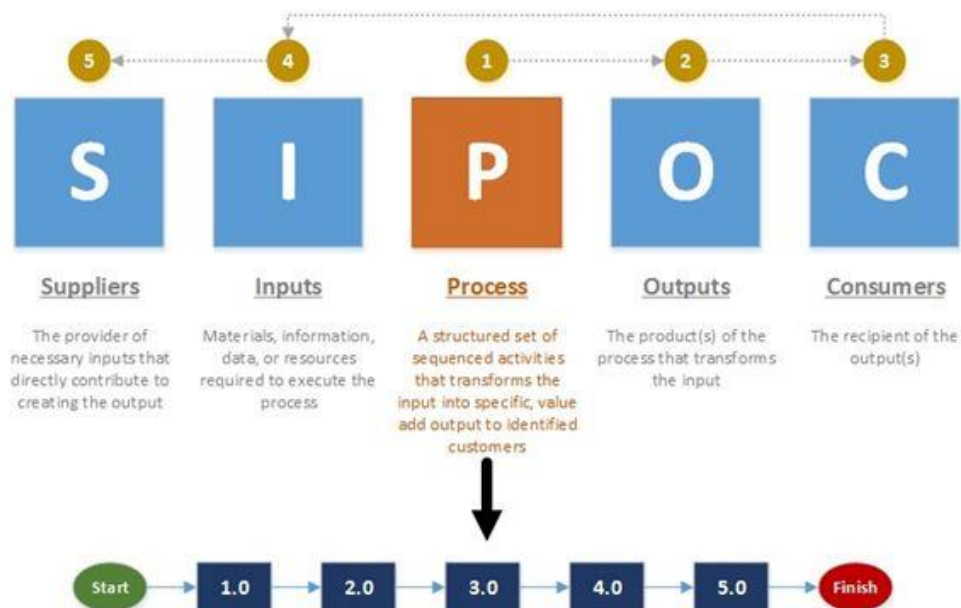
Gambar 2.2 contoh CTQ Tree

2.3.2 SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customers*)

SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customers*) merupakan suatu alat (*tool*) yang digunakan dalam manajemen dan peningkatan proses, digunakan untuk mengidentifikasi seluruh elemen yang relevan dalam suatu proses perbaikan (*improvement*) sebelum proses dilakukan. Adapun penjelasan lima elemen yang terdapat pada SIPOC sebagai berikut (Gaspersz, 2002):

1. *Supplier* adalah sekelompok orang yang memberikan informasi, material, atau sumber daya lain kepada proses.
2. *Input* adalah segala sesuatu yang diberikan oleh pemasok (*suppliers*) kepada proses.
3. *Process* adalah sekumpulan langkah yang mentransformasi secara ideal, menambah nilai kepada input dan suatu proses tersebut terbiasanya terdiri dari beberapa sub proses.
4. *Output* adalah hasil dari suatu proses yang menghasilkan suatu produk barang/ jasa.
5. *Customer* adalah orang atau sekelompok orang, atau sub proses yang menerima *outputs*.

Contoh diagram SIPOC:



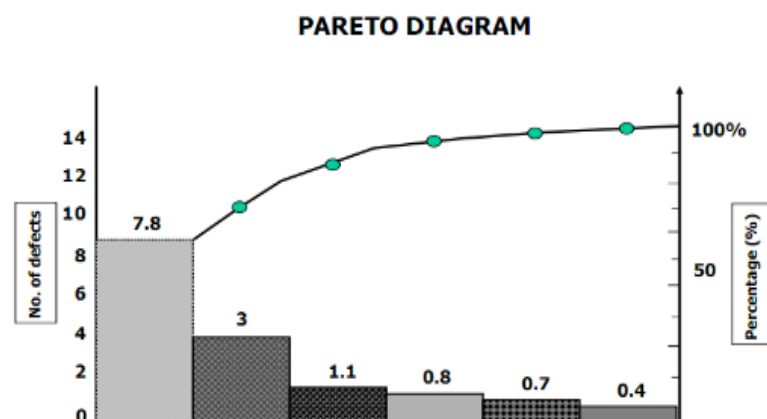
Gambar 2.3 contoh diagram SIPOC

2.3.3 Diagram Pareto

Diagram pareto merupakan diagram batang yang menggambarkan proporsi faktor yang berpengaruh terhadap produk dan jasa. karena menurut pareto, dengan menyelesaikan 20% masalah utama dapat meningkatkan hasil 80 %.

Diagram pareto adalah alat yang digunakan dalam peningkatan kualitas untuk memprioritaskan proyek-proyek untuk perbaikan, memprioritaskan penyiapan tim tindakan perbaikan untuk memecahkan masalah, mengidentifikasi produk dengan keluhan yang paling diterima, mengidentifikasi penyebab paling sering untuk penolakan atau untuk tujuan sejenis lainnya. Diagram pareto pertama kali diperkenalkan oleh Alfredo Pareto dan digunakan pertama kali oleh Joseph Juran. Diagram pareto merupakan sebuah metode untuk mengelola kesalahan, masalah, atau cacat untuk membantu memusatkan perhatian pada usaha penyelesaian masalah. Dengan memakai diagram pareto, dapat terlihat masalah mana yang dominan sehingga dapat mengetahui prioritas penyelesain masalah. Fungsi Diagram pareto adalah untuk mengidentifikasi atau menyeleksi masalah utama untuk peningkatan kualitas dari yang paling besar ke yang paling kecil. (Render dan Heizer, 2005, p266).

Sedangkan menurut Vincent (1998, p53) Diagram Pareto adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian.



Pareto Diagram showing the break-down of Defects

Annexure - 1

Gambar 2.4 Contoh Diagram Pareto

Adapun Penyusunan Diagram Pareto meliputi 6 (enam) langkah, yaitu:

1. Menentukan metode atau arti dari pengklasifikasian data, misalnya berdasarkan masalah, penyebab jenis ketidaksesuaian, dan sebagainya.
2. Menentukan satuan yang digunakan untuk membuat urutan karakteristik-karakteristik tersebut, misalnyarupiah, frekuensi, unit, dan sebagainya.
3. Mengumpulkan data sesuai dengan interval waktu yang telah ditentukan.
4. Merangkum data dan membuat rangking kategori data tersebut dari yaang terbesar hingga yang terkecil.
5. Menghitung frekuensi kumulatif atau persentase kumulatif yang digunakan.
6. Menggambar diagram batang, menunjukkan tingkat kepentingan relatif masing-masing masalah. Mengidentifikasi beberapa hal yang penting untuk mendapat perhatian.

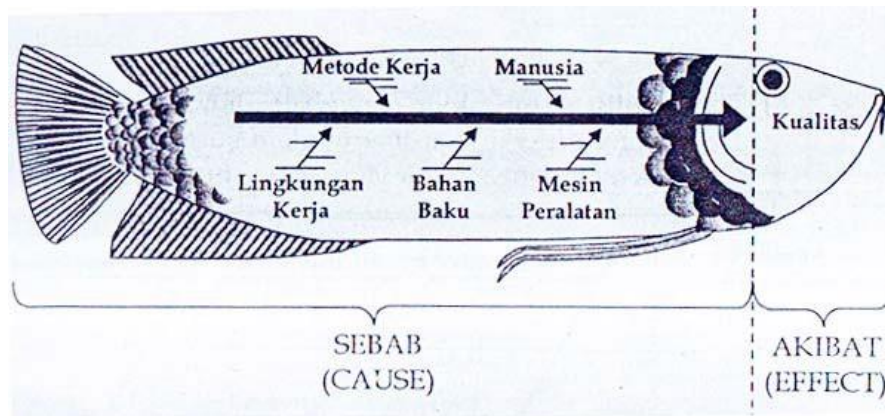
2.3.4 Fishbone Diagram

Diagram sebab akibat adalah suatu alat yang berguna untuk mengidentifikasi penyebab dan sub penyebab masalah, terkadang disebut sebagai diagram tulang ikan (fishbone diagram) atau diagram ishikawa. Diagram ini juga dapat menampilkan akar penyebab suatu masalah pada suatu situasi dalam beberapa kategori yang terkait. Untuk membuat diagram sebab akibat, digunakan beberapa alat perbaikan lainnya seperti brainstorming, survei, dan lain-lain (al-assaf, 2009).

Diagram sebab akibat digunakan untuk mengidentifikasi penyebab masalah yang mungkin terjadi, sehingga pengumpulan data dan analisis lebih lanjut dapat dilaksanakan (James R. Evans, Wiliam M. Lindsay, 2007). Adapun tahapan yang dilakukan dalam menyusun diagram sebab akibat adalah sebagai berikut (Eddy Herjanto):

1. Menentukan masalah/ akibat yang akan dicari penyebabnya yang dituliskan diujung tulang utama/ dikepala ikan.
2. Menentukan kelompok faktor-faktor penyebab utama yang mungkin menjadi penyebab masalah tersebut yang dituliskan pada masing-masing kotak yang berada pada cabang.

3. Tulis faktor-faktor penyebab yang lebih rinci yang dapat menjadi faktor penyebab masalah yang akan dianalisis pada setiap cabang.
4. Melakukan analisis dengan membandingkan data/ keadaan dengan persyaratan untuk setiap faktor dalam hubungannya dengan akibat atau masalah, sehingga dapat diketahui penyebab utama yang mengakibatkan terjadinya masalah yang akan diamati.



Gambar 2.5 Contoh *Fisbone* Diagram

2.3.5 Peta Kendali (Control Chart)

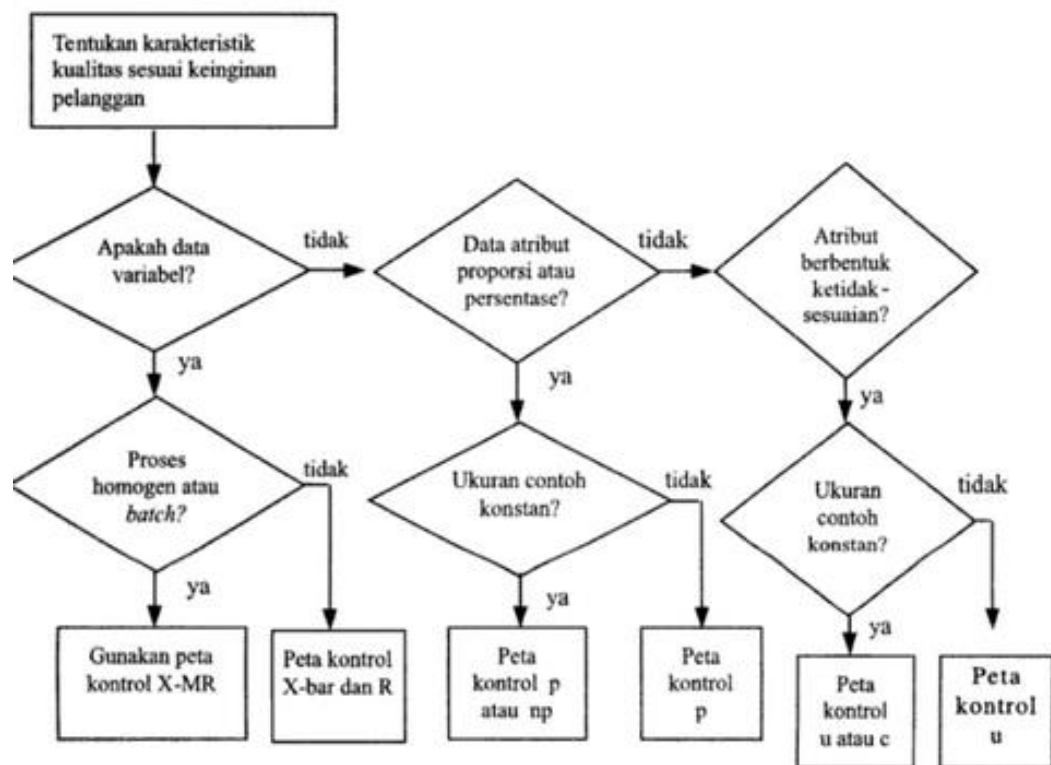
Control Charts (peta kendali) yaitu untuk memonitor dan mengevaluasi apakah proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistika atau tidak sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas.

Peta kontrol digunakan untuk mengetahui data tingkatan kualitas produk terhadap kecacatan produk terhadap waktu yang ada. Tujuannya untuk mendapatkan keseragaman kualitas sehingga jika terjadi peningkatan grafik (jumlah cacat lebih) maka perlu dilakukan perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*). Tujuan utama *Control Chart* adalah untuk mengetahui apakah ada keragaman yang dapat dihindarkan dalam proses.

Data adalah cacatan tentang suatu baik yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif yang dipergunakan sebagai petunjuk untuk mengambil tindakan yang tepat berdasarkan fakta. Dalam konteks pengendalian proses statistikal dikenal dua jenis data, yaitu (Gaspersz, 2002):

1. Data Atribut adalah data kualitatif yang dihitung untuk keperluan pencacatan dan analisis. Contoh dari data atribut karakteristik kualitas adalah: ketiadaan label pada kemasan produk, kesalahan proses administrasi buku tabungan nasabah, banyaknya jenis cacat produk, dll. Data atribut biasanya diperoleh dalam bentuk unit ketidaksesuaian terhadap spesifikasi kualitas yang ditetapkan.
2. Data Variabel adalah data kuantitatif yang diukur untuk keperluan pencacatan dan analisis. Data variabel bersifat kontinu. Contoh data variabel karakteristik kualitas adalah: diameter pipa, ketebalan produk kayu lapis, konsentrasi elektrolit dalam persen, ukuran-ukuran berat, panjang, lebar, tinggi diameter, volume, dll.

Peta kontrol dapat diklasifikasikan kedalam dua tipe umum. Apabila karakteristik kualitas dapat diukur dan dinyatakan dalam bilangan maka disebut peta kontrol variabel, yang terdiri dari peta kendali $\bar{x}$ dan peta kendali R. Karakteristik kualitas yang tidak dapat dengan mudah dinyatakan secara numerik dan diperoleh dalam bentuk ketidaksesuaian dengan spesifikasi atribut yang ditetapkan disebut peta kontrol atribut, yang biasanya dipergunakan pada peta kontrol p, np, c dan u. Penentuan batas kendali dalam peta kontrol tergantung pada penggunaan peta kontrol untuk mengontrol produk dengan karakteristik tertentu (Marimin, tanpa tahun).



Gambar 2.6 Diagram Alir Penggunaan Peta Kontrol

2.3.5.1 Peta kontrol variabel

Peta kontrol variabel digunakan untuk mengendalikan kualitas produk selama proses produksi yang bersifat variabel dan dapat diukur. Seperti berat, ketebalan, panjang volume, diameter. Peta kontrol variabel biasanya digunakan untuk pengendalian proses yang didominasi oleh mesin. Terdapat dua peta kendali pada peta kontrol variabel yaitu peta kendali $\bar{x}$ dan peta kendali R.

Langkah-langkah untuk membangun peta kendali $\bar{x}$ dan peta kendali R adalah sebagai berikut:

- Peta Kendali $\bar{x}$

Peta kendali $\bar{x}$ digunakan untuk menjelaskan perubahan-perubahan yang terjadi dalam ukuran rata-rata dari suatu proses.

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data biasanya dilakukan dengan melakukan sampling per periode. Data yang dikumpulkan >100 data, kemudian bagi

menjadi 20 sampai 25 sub grup dan masing-masing sub grup terdiri dari 4 atau 5 data.

2. Menghitung Rata-Rata

Menghitung rata-rata dari setiap sub-grup tersebut.

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

3. Menghitung Rata-Rata Total

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

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

Dimana k merupakan jumlah data dari setiap sub-grup.

4. Menghitung Range (R)

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

$$R = X_{(terbesar)} - X_{(terkecil)}$$

5. Menghitung Rata-Rata Range

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

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_K}{K}$$

6. Menentukan Control Line

a. Central line

Central line merupakan nilai rata-rata total

b. Upper control limit (UCL)

Upper control limit dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$UCL = \bar{X} + A_2 \cdot \bar{R}$$

Dimana: nilai A_2 didapatkan dari tabel nilai faktor untuk batas kendali (3 sigma).

c. Lower control limit (LCL)

Lower control limit dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$LCL = \bar{X} - A_2 \cdot \bar{R}$$

- Peta kendali R

Peta kendali R adalah menjelaskan tentang perubahan-perubahan yang dalam ukuran variasi.

Adapun langkah-langkah pada peta kendali R adalah 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 berikut:

$$UCL = D_4 \cdot \bar{R}$$

Dimana: 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 berikut:

$$LCL = D_3 \cdot \bar{R}$$

Dimana: nilai D_3 didapatkan dari tabel nilai faktor untuk batas kendali.

Tabel 2.3 Daftar Nilai Faktor untuk Batas Peta Kendali

Ukuran Sampel N	Faktor Rata-Rata A_2	Rentang Atas D_4	Rentang Bawah D_3
2	1,880	3,268	0
4	0,729	2,282	0
5	0,577	2,114	0
6	0,483	2,004	0
8	0,373	1,864	0,136

10	0,308	1,777	0,223
12	0,266	1,717	0,283
14	0,235	1,672	0,328
16	0,212	1,637	0,363
18	0,194	1,608	0,391
20	0,180	1,585	0,415

2.3.5.2 Peta kontrol atribut

Pada umumnya data atribut hanya memiliki dua nilai yang berkaitan dengan ya atau tidak, seperti sesuai atau tidak sesuai, berhasil atau gagal, lulus atau tidak lulus, hadir atau tidak hadir, bagus atau jelek, terlambat atau tidak terlambat, dan lain-lain. Data ini dapat dihitung untuk keperluan pencatatan dan analisis.

Peta kontrol p digunakan untuk mengukur proporsi ketidak sesuaian (penyimpangan atau sering disebut cacat) dari *item-item* dalam kelompok yang sedang diinspeksi. Dengan demikian peta kontrol p digunakan untuk mengendalikan proporsi dari *item-item* yang tidak memenuhi syarat spesifikasi kualitas proporsi dari produk yang cacat yang dihasilkan dalam suatu proses.

Langkah-langkah pembuatan peta kontrol p yaitu :

1. Menentukan subgrup
2. Menghitung proporsi cacat pada setiap subgrup

$$P = \frac{X}{n}$$

Keterangan : p = proporsi cacat

x = banyaknya cacat pada subgrup

n = banyaknya jumlah produk yang diamati

3. Menghitung standar deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Keterangan : $\bar{p}$ = rata-rata proporsi cacat

n = banyaknya jumlah produk yang diamati

4. Batas pengendali atas (BPA) dan batas pengendali bawah (BPB)

$$BPA = \bar{p} + 3 \sigma$$

$$BPA = \bar{p} - 3 \sigma$$

2.3.6 DPMO dan Tingkat Sigma

Untuk mengetahui nilai DPMO (*defect per million opportunities*) yaitu kegagalan/ cacat per satu juta kesempatan dan menentukan tingkat sigma, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Gaspersz, 2002):

$$DPMO = \frac{\text{jumlahdefect}}{\text{unityangdiperiksaxdefectopportunity}} \times 1.000.000$$

2.3.7 DPMO dan tingkat sigma untuk Data Atribut

Rumus perhitungan untuk menentukan DPMO (*defect per million opportunities*) dan tingkat sigma untuk data atribut adalah (Gaspersz, 2002):

$$DPMO = \frac{\text{jumlahprodukcacat}}{\text{jumlahunityangdiperiksaxbanyaknyaCTQpotensialpenyebabkecacatan}} \times 1.000.000$$

Perhitungan nilai DPMO dan tingkat sigma untuk data atribut dapat juga dihitung dengan menggunakan microsoft Excel, yaitu sebagai berikut:

$$\text{Nilai Sigma} = \text{normsinv} ((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1.5$$

Berikut contoh perhitungan DPMO (*defect per million opportunities*) dan tingkat sigma untuk data atribut pada pembuatan produk boneka plastik:

Tabel 2.4 Contoh Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma Data Atribut

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin anda ketahui?	-	Pembuatan Boneka
2	Berapa banyak unit produk yang diperiksa?	-	1800
3	Berapa banyak unit produk yang gagal/cacat?	-	207
4	Hitung tingkat kegagalan berdasarkan pada langkah 3?	= (langkah 3) / (langkah 2)	0,115

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
5	Tentukan banyaknya CTQ potensial yang megakibatkan kegagalan	= banyaknya karakteristik CTQ	4
6	Hitung peluang tingkat kegagalan per karakteristik CTQ	= (langkah 4) / (langkah 5)	0,02875
7	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)	= (langkah 6) x 1.000.000	28.750
8	Konversi DPMO (langkah 7) ke dalam nilai sigma dengan menggunakan tabel yang telah ditentukan	-	3,40
9	Buat kesimpulan	-	Kapabilitas sigma adalah 3,40 (rata-rata kinerja industri di Indonesia)

Sumber : (Gaspersz, 2002)

2.3.8 DPMO dan Tingkat Sigma untuk Data Variable

Rumus yang digunakan perhitungan nilai DPMO dan tingkat sigma untuk Data Variable jika menggunakan dua batas spesifikasi yaitu sebagai berikut (Gaspersz, 2002):

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

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

Adapun contoh perhitungan dengan dua batas spesifikasi untuk data variabel pada proses pembuatan pipa adalah:

Tabel 2.5 Contoh Perhitungan Data Variabel Dengan Dua Batas Spesifikasi

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin anda ketahui?	-	Pembuatan Pipa
2	Tentukan nilai batas spesifikasi atas (USL)	USL	45 mm
3	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (LSL)	LSL	35 mm
4	Tentukan nilai spesifikasi target	T	40 mm
5	Berapa nilai rata-rata (<i>mean</i>) proses?	X-bar	37 mm
6	Berapa nilai standar deviasi dari proses?	S	2 mm
7	Hitung kemungkinan cacat yang berada diatas 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 dibawah 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) yang dihasilkan oleh proses diatas	= (langkah 7) + (langkah 8)	158.687
10	Konversi DPMO (langkah 9) ke dalam nilai sigma dengan menggunakan tabel yang telah ditentukan	-	2,50
11	Hitung kemampuan proses diatas dalam ukuran nilai sigma	-	Kapabilitas proses adalah 2,50 sigma (rendah, tidak kompetitif)

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
12	Hitung kapabilitas proses diatas dalam indeks kapabilitas proses	$C_{pm} = \frac{(USL - LSL)}{\{6\sqrt{(X - \bar{x} - T)^2 + S^2}\}}$	0,46 (rendah, tidak kompetitif)

Sumber : (Gaspersz, 2002)

Jika batas spesifikasi yang ditentukan hanya salah satu saja, maka rumus yang digunakan adalah:

- a. Jika kemungkinan cacat berada diatas nilai USL dengan rumus:

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

- b. Jika kemungkinan cacat berada dibawah nilai LSL dengan rumus:

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

Perhitungan nilai DPMO dan tingkat sigma untuk data variabel dapat juga dihitung dengan menggunakan microsoft Excel, yaitu sebagai berikut:

$$= 1000000 - \text{normdist}(-1.5 + \text{NILAISIGMA}) * 1000000$$

Untuk nilai sigma = 2.5, maka digunakan rumus formula yaitu:

$$= 1000000 - \text{normdist}(-1.5 + 2.5) * 1000000$$

Adapun contoh perhitungan dengan satu batas spesifikasi untuk data variabel pada proses industri kimia adalah:

Tabel 2.6 Contoh Perhitungan Data Variabel Dengan Dua Batas Spesifikasi

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin anda ketahui?	-	Proses industri kimia
2	Tentukan nilai batas spesifikasi atas (USL)	USL	10% (nilai maksimum)

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
			toleransi)
3	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (LSL)	LSL	Tidak ada
4	Tentukan nilai spesifikasi target	T	Dibawah 10%
5	Berapa nilai rata-rata (<i>mean</i>) proses?	X-bar	9,8736%
6	Berapa nilai standar deviasi dari proses?	S	0,220124%
7	Hitung kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P[z \geq (USL - \bar{X}) / S] \times 1.000.000$	284,339
8	Hitung kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P[z \leq (LSL - \bar{X}) / S] \times 1.000.000$	Tidak ada (nol)
9	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) yang dihasilkan oleh proses diatas	= (langkah 7) + (langkah 8)	284,339
10	Konversi DPMO (langkah 9) ke dalam nilai sigma dengan menggunakan tabel yang telah ditentukan	-	2,07
11	Hitung kemampuan proses diatas dalam ukuran nilai sigma	-	Kapabilitas proses adalah 2,07 sigma (rata-rata industri di indonesia)
12	Hitung kapabilitas proses diatas dalam indeks kapabilitas proses	$C_{pm} = \frac{(USL - T)}{\{\sqrt[3]{S^2}\}}$	0,076873 (rendah, tidak kompetitif)

2.3.9 Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses (*Process Capability*) adalah kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan output sesuai dengan ekspektasi dan kebutuhan yang diinginkan pelanggan. Kapabilitas proses juga merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan. Proses capability hanya diukur untuk proses stabil, sehingga apabila proses yang dianggap tidak stabil maka harus distabilkan terlebih dahulu.

Indeks kapabilitas proses (C_{pm}) digunakan untuk mengukur tingkat pada suatu output proses yang berada pada nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan. Semakin tinggi nilai C_{pm} menunjukkan bahwa output proses itu semakin mendekati nilai spesifikasi target kualitas yang diinginkan pelanggan, yang berarti bahwa tingkat kegagalan dari proses semakin berkurang menuju target tingkat kegagalan nol (*zero defect oriented*)(Gaspersz, 2002).

Rumus perhitungan Indeks kapabilitas proses (C_{pm}) untuk dua batas spesifikasi (USL-LSL):

$$C_{pm} = \left[\frac{(USL - LSL)}{\sqrt[6]{(\mu - T)^2 + S^2}} \right]$$

Rumus perhitungan Indeks kapabilitas proses (C_{pm}) untuk satu batas spesifikasi (SL):

$$C_{pm} = \left[\frac{(USL - T)}{\sqrt[3]{(S^2)}} \right]$$

Dimana:

C_{pm} = Indeks Kapabilitas Proses

USL = Batas Spesifikasi Atas (*Upper Specifcation Limit*)

LSL = Batas Spesifikasi Bawah (*Lower Specifcation Limit*)

μ = Nilai Rata-Rata (*Mean*)

T = Spesifikasi Target

s = Standar Deviasi

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

- a. $C_{pm} \geq 2$, maka proses dianggap mampu memenuhi target spesifikasi kualitas pelanggan dan dianggap kompetitif.
- b. $1,00 \leq C_{pm} \leq 1,99$ maka proses dianggap cukup mampu, namun perlu upaya untuk peningkatan kualitas menuju tingkat kegagalan nol.
- c. $C_{pm} \leq 1,00$ maka proses dianggap tidak mampu untuk mencapai target kualitas dan tidak kompetitif untuk bersaing dipasar global.

2.3.10 Indeks Performansi Kane (Cpk)

Indeks Performansi Kane (Cpk), digunakan untuk merefleksikan kedekatan nilai rata-rata dari proses saat ini terhadap suatu batas.

Rumus perhitungan Indeks Performansi Kane (Cpk) untuk dua batas spesifikasi (USL-LSL):

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

Rumus perhitungan Indeks Performansi Kane (Cpk) untuk satu batas spesifikasi (SL):

$$Cpk = \text{absolut} \left[\frac{USL - T}{3S} \right]$$

Keterangan:

$\bar{\bar{x}}$ = nilai rata-rata sampel karakteristik ketidaksesuaian dari proses

T = Spesifikasi Target

USL = Batas Spesifikasi Atas

LSL = Batas Spesifikasi Bawah

S = Standar deviasi

2.3.11 Indeks Kapabilitas Proses kane (Cpmk)

Indeks kapabilitas proses kane (Cpmk) digunakan untuk mengukur sampai mana tingkat output berada dalam batas-batas toleransi (batas spesifikasi atas atau bawah yang digunakan konsumen). Adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$Cpmk = \frac{Cpk}{\sqrt{1 + \left(\frac{\bar{X} - T}{S}\right)^2}}$$

Keterangan :

Cpk = minimum {(X-bar-LSL)/3S ; (USL-X-bar)/3S}

$\bar{X}$ = nilai rata-rata sampel dari proses

S = Standar deviasi

T = Spesifikasi target yang diinginkan

Berikut cara melakukan pengujian hipotesis pada Indeks kapabilitas proses kane (Cpmk):

$H_0 : C_{pmk} \leq 1,0$ yaitu proses sangat tidak mampu, maka perlu pembenahan besar-besaran sebelum menerapkan proyek six sigma.

$H_0 : C_{pmk} \geq 1,0$ yaitu proses cukup mampu serta memiliki kesempatan terbaik untuk , menerapkan proyek sx sigma.

2.3.12 Stabilitas Proses

Stabilitas proses dalam program six sigma dapat digunakan untuk mengetahui posisi proses produksi apakah berada dalam stabilitas (*stability*) atau tidak sehingga dapat menghasilkan produk sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Adapun rumus yang dapat digunakan adalah (Gaspersz, 2002):

a. Satu batas spesifikasi (USL-LSL)

1) Membuat hipotesis

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

$$H_1 : \sigma^2 \leq (S_{maks})^2 \text{ (proses stabil)}$$

$$\left\{ \frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} \right\} \geq \div X^2 (\alpha ; n-1) (H_0 \text{ Diterima})$$

$$S_{maks} = \left\{ \frac{1}{(\text{nilai kapabilitas sigma})} \right\} \times \text{absolut (SL-T)}$$

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

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

2) Harga Statistik penguji

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

3) Menentukan besar tingkat sigsinifikan α dengan melihat tabel X^2

$$X^2 [\alpha ; (n-1)]$$

4) Membandingkan X^2_{hitung} dan X^2_{tabel}

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

5) Membuat keputusan

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

b. Dua batas spesifikasi (USL dan LSL)

1) Membuat hipotesis

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

$$H_1 : \sigma^2 \leq (S_{maks})^2 \text{ (proses stabil)}$$

$$\left\{ \frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} \right\} \geq \div X^2 (\alpha ; n-1) (H_0 \text{ Diterima})$$

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

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

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

2) Harga Statistik penguji

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

3) Menentukan besar tingkat sigsinifikan α dengan melihat tabel X^2

$$X^2 [\alpha ; (n-1)]$$

4) Membandingkan X^2_{hitung} dan X^2_{tabel}

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

5) Membuat keputusan

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

Keterangan:

Smax = Nilai batas toleransi maksimum

T = Spesifikasi target yang diinginkan

USL = Batas Spesifikasi Atas

LSL = Batas Spesifikasi Bawah

2.4 FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) adalah metode yang digunakan untuk memeriksa penyebab terjadinya cacat atau kegagalan selama proses produksi, mengetahui dan mengevaluasi prioritas resiko, serta membantu menentukan tindakan yang sesuai untuk menghindari masalah yang teridentifikasi.

Dalam six sigma FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dari akar masalah kualitas. FMEA dapat diterapkan dalam semua bidang baik jasa maupun manufaktur. FMEA adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure modes*) yaitu kecacatan/kegagalan dalam desain dan kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan. Melalui menghilangkan mode kegagalan, FMEA akan meningkatkan keunggulan dari produk dan pelayanan sehingga dapat meningkatkan kepuasan terhadap pelanggan (Gaspersz, 2002).

Adapun pendekatan umum dalam melakukan FMEA sebagai berikut:

1. Identifikasi perbedaan mode kegagalan
2. Menentukan penyebab kegagalan
3. Menentukan pengaruh kegagalan
4. Identifikasi cara mendeteksi kegagalan
5. Menentukan *severity* dari mode kegagalan
6. Derajat kegagalan 1 sd 10 dengan derajat keparahan (*Severity*), antara lain:
 - a. *Minor effect* : 1
 - b. *Low effect* : 2-3

- c. *Moderate effect* : 4-6
 - d. *High effect* : 7-8
 - e. *Very high effect* : 9-10
7. Menentukan frekuensi kejadian probabilitas kegagalan (*Occurence*) 1 sd 10 antara lain:
- a. *Remote (failure is unlikely)* : 1
 - b. *Low (relatively few failure)* : 2-3
 - c. *Moderate (occasional failure)* : 4-6
 - d. *High (repetitive failure)* : 7-8
 - e. *Very high (failure is almost inevitable)* : 9-10
8. Menentukan probabilitas kegagalan dapat dideteksi (*Detection*) antara lain:
- a. *Absolute certainty of non detection* : 1
 - b. *Very low* : 2
 - c. *Low* : 3-4
 - d. *Moderate* : 5-6
 - e. *High* : 7-8
 - f. *Very high* : 9-10
9. Analisis kekritisan mode kegagalan dengan RPN (*risk priority number*)
- $$\text{RPN} = [\text{severity rating}] \times [\text{frekuensi rating}] \times [\text{probabilitas of detection rating}]$$
- $$= \text{severity (S)} \times \text{occurrence (O)} \times \text{detection (D)}$$

2.5 Tindakan Untuk Peningkatan Kualitas Six Sigma

Peningkatan kualitas merupakan proses perbaikan yang bersinambungan. Dalam manajemen kualitas six sigma salah satu konsep yang membantu untuk meningkatkan kualitas. Adapun konsep-konsep lainnya seperti TQC (*Total Quality Control*), TQM (*Total Quality Management*), six sigma dan lain-lain. Pada konsep terdapat metode statistik tertentu untuk mengontrol kualitas dari waktu ke waktu (Holy Igun Yunarto & martinus getty santika, 2005).

Filosofi kaizen mengasumsikan bahwa cara hidup (*way of life*) merupakan kehidupan bekerja, kehidupan sosial, dan kehidupan keluarga yang selalu mengalami perbaikan secara tetap. Strategi kaizen mengatakan bahwa tidak satu hari pun boleh terlewatkan

tanpa perbaikan yang dilakuka dalam perusahaan. Kerena konsep kaizen pada dasarnya adalah perbaikan (*improvement*) secara terus-menerus (hermawan, tanpa tahun).

Dalam menerapkan atau melakukan implementasi terhadap solusi atau rencana tindakan (*Action Plan*) perbaikan kualitas yang efektif, maka dapat mengikuti prinsip 5W+2H (*what, when, where, who, why, how, dan how-much*) (gaspersz, 2002):

1. *What* (apa)?

Apa yang menjadi target utama dalam perbaikan kualitas?

2. *When* (kapan)?

Kapan sebaiknya tindakan perbaikan kualitas diterapkan?

3. *Where* (dimana)?

Dimana tindakan perbaikan akan dilaksanakan?

4. *Who* (siapa)?

Siapa yang bertanggung jawab terhadap implementasi dari tindakan perbaikan tersebut?

5. *Why* (kenapa)?

Kenapa tindakan perbaikan tersebut diutamakan untuk dilakukan?

6. *How* (bagaimana)?

Bagaimana proses yang dilakukan dalam penerapan tindakan perbaikan itu?

7. *How-much* (berapa)?

Berapa besar biaya yang harus dikeluarkan dalam proses penerapan perbaikan dan berapa besar keberhasilan yang diperoleh dalam penerapan perbaikan?

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Pustaka

Pada penelitian ini ada dua macam studi pustaka yang dilakukan yaitu kajian induktif dan kajian deduktif. Kajian induktif adalah kajian pustaka yang bertujuan untuk menjaga keaslian penelitian dan bermanfaat bagi peneliti untuk menjadi topik baru penelitian. Kajian ini diperoleh dari jurnal, proseding, seminar, majalah dan lain sebagainya. Pada kajian induktif, dapat diketahui perkembangan penelitian, batas-batas dan kekurangan penelitian terdahulu. Selain itu dapat diketahui perkembangan metode-metode baru yang dilakukan peneliti lain.

Sedangkan kajian deduktif adalah kajian pustaka yang bertujuan untuk membangun konseptual dengan fenomena-fenomena atau parameter-parameter relevan yang dapat disistematisasi, diklasifikasikan dan dihubungkan sehingga bersifat umum. Kajian deduktif merupakan landasan teori yang dipakai sebagai acuan untuk memecahkan masalah penelitian.

3.2 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Unit MAPP PT. Mega Andalan Kalasan yang beralamat di Jln. Tanjung Tirno No. 34, Km 13 Kalasan, Yogyakarta. Objek yang diambil pada penelitian ini adalah proses produksi di unit MAPP tentang pengendalian dan perbaikan kualitas pada komponen *High Low Link Bush*.

3.3 Identifikasi Masalah dan Tujuan Penelitian

Berdasarkan hasil observasi dan diskusi langsung diperusahaan PT. MAK maka untuk identifikasi masalah dan tujuan masalah peneliti mencari tahu bagaimana kondisi proses produksi komponen high low link bush berdasarkan hasil analisis nilai DPMO, tingkat sigma, Cpm, stabilitas dan kapabilitas proses. Dan faktor-faktor apa saja yang menyebabkan cacat produk, dan bagaimana solusinya.

3.4 Pengumpulan Data

3.4.1 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 yaitu:

a. Wawancara

Wawancara merupakan teknik pengumpulan data dengan melakukan tanya jawab secara langsung dengan narasumber.

b. Kuisioner

Kuisioner merupakan teknik pengumpulan data dengan memberikan beberapa pertanyaan kepada narasumber menggunakan angket tertulis.

c. Pengamatan (observasi)

Observasi merupakan teknik pengumpulan data dengan melakukan pengamatan langsung dilokasi proses produksi.

3.4.2 Jenis data yang digunakan

1. Data Primer

Data Primer merupakan data yang diperoleh melalui observasi atau penelitian langsung terhadap objek yang akan diteliti.

a. Data produksi

b. Data cacat

c. Data atribut yang berisi data produk cacat dari setiap proses produksi pada setiap produk serta jenis cacat yang terjadi pada proses tersebut.

d. Data variabel yang berisi data pengukuran variabel serta batas spesifikasi masing-masing variabel.

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan Riset pustaka yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung melalui sumber yang telah ada yaitu penelitian yang

dilakukan sebelumnya buku, jurnal dan skripsi. Data umum perusahaan antara lain:

- Sejarah perusahaan
- Visi dan misi
- Proses produksi
- Pemasaran
- Manajemen sumber daya
- Struktur organisasi

3.5 Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis apakah produk yang dihasilkan sudah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan atau tidak. Adapun pada pengolahan data metode six sigma yang digunakan untuk mengurangi kecacatan produk upaya perbaikan kualitas dengan menerapkan aplikasi DMAIC (*Define-Mesure-Analyze-Improve-Control*). Pengolahan data yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu:

1. Pengolahan data hasil wawancara dan dokumentasi

Tahap ini data hasil wawancara tentang proses produksi komponen high low link bush dan pertanyaan 5W 1H untuk menganalisis penyebab kecacatan serta data hasil studi pustaka serta dokumen/laporan pendukung dari perusahaan diolah menjadi:

- a. Diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Costumer*)
- b. Peta Aliran Proses

2. Pengolahan data atribut

Data atribut berupa data kecacatan produk, pengolahan data atribut tersebut antara lain:

- a. Penentuan *Critical To Quality (CTQ)*
- b. Pembuatan diagram Pareto
- c. Uji stabilitas proses dengan membuat peta kendali p

Langkah-langkah pembuatan peta kendali p yaitu :

- a. Menentukan subgrup
- b. Menghitung proporsi cacat pada setiap subgrup

$$p = \frac{x}{n}$$

Keterangan : p = proporsi cacat
 x = banyaknya cacat pada subgrup
 n = banyaknya jumlah produk yang diamati

- c. Menghitung standar deviasi (SD)

$$SD = \sigma = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Keterangan : $\bar{p}$ = rata-rata proporsi cacat
 n = rata-rata banyaknya jumlah produk yang diamati

- d. Batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{p} + 3 \sigma$$

$$BKB = \bar{p} - 3 \sigma$$

- e. Perhitungan DPMO dan tingkat *sigma*

Perhitungan DPMO dan tingkat sigma untuk data atribut yaitu

Nilai DPMO untuk data atribut (Gaspersz, 2002) :

$$DPMO = \frac{\text{jumlah barang cacat}}{\text{jumlah unit yang diperiksa} \times \text{CTQ potensial penyebab cacat}} \times 1.000.000$$

Perhitungan tingkat sigma dilakukan dengan menggunakan bantuan program *Microsoft Excel*. Perhitungan tingkat *Sigma* dengan *Microsoft Excel* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus yaitu

$$Normsinv ((1.000.000 - DPMO)/1.000.000) + 1,5$$

3. Pengolahan data variabel

Data variabel dalam penelitian ini terdiri dari 3 jenis variabel yaitu diameter lingkaran luar, diameter lingkaran dalam dan ketebalan permukaan lingkaran data yang diambil memiliki ukuran subgrup sebanyak 5 dengan banyak grup sebesar 27. Data variabel tersebut diolah menjadi antara lain:

1. Perhitungan DPMO dan nilai sigma

Nilai DPMO untuk data variabel (Gaspersz, 2002) :

- a. Jika kemungkinan cacat berada diatas nilai USL (*Upper Specification Limit*)

$$DPMO = P \left[Z \geq \left(\frac{USL - \bar{X}}{s} \right) \right] \times 1000.000$$

- b. Jika kemungkinan cacat di bawah LSL (*Lower Specification Limit*) dengan rumus :

$$DPMO = P \left[Z \leq \left(\frac{LSL - \bar{X}}{s} \right) \right] \times 1000.000$$

Perhitungan tingkat sigma dilakukan dengan menggunakan bantuan program *Microsoft Excel*. Perhitungan tingkat *Sigma* dengan *Microsoft Excel* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus yaitu

$$Normsinv ((1.000.000 - DPMO)/1.000.000) + 1,5$$

2. Uji stabilitas proses

Uji stabilitas proses dilakukan dengan membuat peta kendali $\bar{X}$ -bar dan uji hipotesis chi-kuadrat.

a. Pembuatan peta kontrol $\bar{X}$ -bar

Langkah-langkah pembuatan peta kontrol $\bar{X}$ -bar yaitu :

1. Menghitung batas kendali dari peta kendali $\bar{X}$ yaitu:

Batas Kontrol Atas (BKA)

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

Batas Kontrol Bawah (BKB)

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

Dimana S_{max} merupakan nilai batas toleransi maksimum dengan rumus yaitu

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

2. Uji hipotesis chi-kuadrat

Uji hipotesis chi-kuadrat digunakan untuk mengetahui apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum (S_{max}) pada tingkat kualitas tertentu.

3. Perhitungan kapabilitas proses

Perumusan untuk perhitungan nilai indeks kapabilitas proses (C_{pm}) adalah sebagai

berikut:

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

Indeks performansi Kane (C_{pk}) dengan rumus yaitu

$$C_{pk} = \min \left[\frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3S}, \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3S} \right]$$

Indeks kapabilitas Kane (Cpmk)

$$Cpmk = \frac{Cpk}{\sqrt{1 + \left(\frac{\bar{\bar{X}} - T}{S}\right)^2}}$$

Kriteria dari nilai kapabilitas proses yaitu

- Jika $C_{pm} > 2,00$, maka proses dianggap memenuhi target spesifikasi kualitas pelanggan dan dianggap kompetitif.
- Jika $1,00 \leq C_{pm} \leq 1,99$ maka proses dianggap cukup mampu, namun perlu upaya untuk peningkatan kualitas menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect oriented*).
- Jika $C_{pm} < 1,00$ maka proses dianggap tidak mampu untuk mencapai target kualitas dan tidak kompetitif untuk bersaing di pasaran global.

3.6 Analisis

Analisis pengendalian kualitas komponen high low link bush dengan metode *six sigma* dalam upaya mengurangi kecacatan produk komponen high low link bush yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dengan menentukan data variabel dan data atribut. Metode *six sigma* dilakukan dalam rangka mengurangi kecacatan menuju target 3,4 DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) atau menuju kesempurnaan (*zero defect=kegagalan nol*). Upaya perbaikan dan penentuan DPMO maupun tingkat sigma dilakukan dengan menggunakan model perbaikan DMAIC (*define-measure-analyze-improve-control*).

Pada tahap *define* akan dilakukan identifikasi terhadap suatu permasalahan yang dikaji dengan menggunakan diagram *SIPOC* dan Peta Aliran Proses. Diagram *SIPOC* bertujuan untuk memberikan informasi mengenai *Supplier, Input, Process, Output*, dan *Customer* yang berkaitan dengan kegiatan produksi komponen high low link bush. Peta Aliran Proses digunakan untuk mengetahui aktivitas-aktivitas yang terjadi dalam proses pembuatan komponen high low link bush. Setelah dilakukan identifikasi terkait dengan proses produksi, dilakukan tahap *measure* yaitu tahap pengukuran kinerja proses produksi dan kinerja produk. Tahap *measure* dilakukan dengan menentukan *Critical To Quality (CTQ)* yang digunakan untuk mengetahui probabilitas cacat dan jenis-jenis kecacatan yang mungkin terjadi dalam produksi. Mengukur persentase jenis cacat yang paling sering terjadi menggunakan diagram Pareto dan menghitung DPMO serta tingkat

sigma baik untuk data atribut dan data variabel. Kemudian dilanjutkan dengan tahap *analyze* yaitu menganalisis kondisi stabilitas dan kapabilitas proses produksi komponen high low link bush dan menganalisis akar penyebab terjadinya kecacatan produksi. Uji stabilitas dilakukan dengan menggunakan diagram peta kendali dan uji hipotesis chi-kuadrat, penentuan kapabilitas berupa kapabilitas proses (Cpm), Indeks performansi Kane (Cpk) dan indeks kapabilitas Kane(Cpmk). Penyebab akar permasalahan kecacatan dikaji menggunakan diagram *Fishbone*.

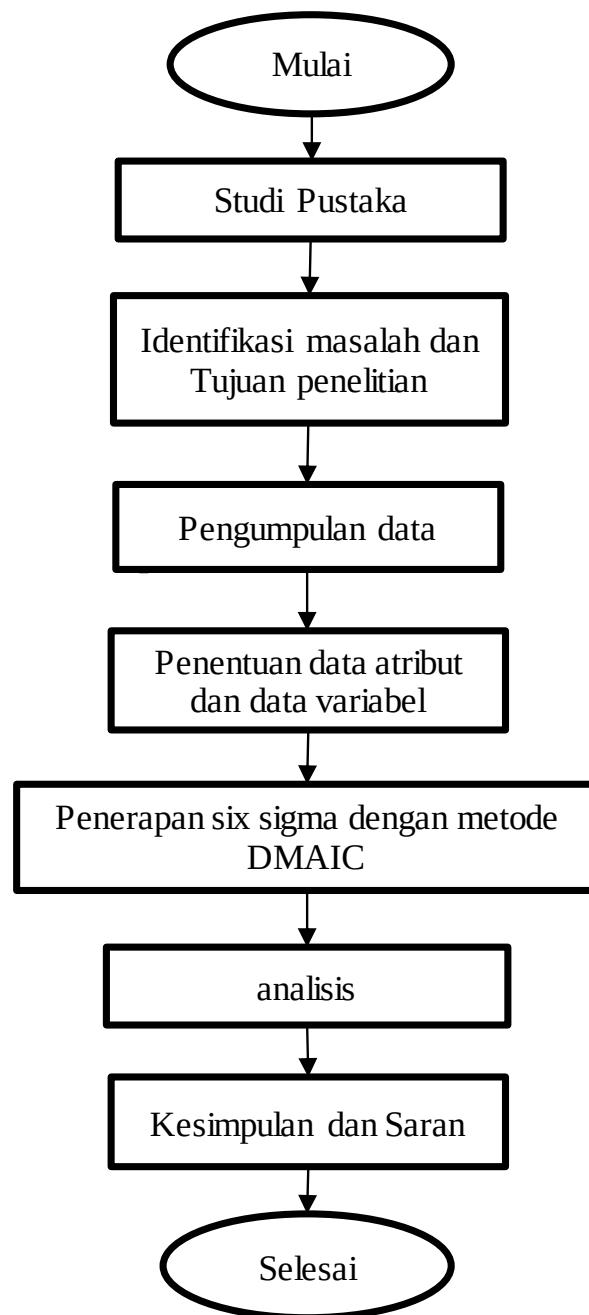
Setelah mengetahui faktor penyebab, maka dilakukan tindakan perbaikan pada tahap *improve* dengan memberikan usulan-usulan sebagai upaya perbaikan kualitas produk dengan menggunakan metode 5W dan 1H. Tahap terakhir, tahap *control* adalah melakukan pengontrolan dari rencana perbaikan yang diusulkan untuk dapat mengurangi kegagalan proses produksi sehingga produk cacat dapat diminimalisir.

3.7 Kesimpulan Dan Saran

Bagian kesimpulan merupakan bagian yang berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengolahan data dan analisis yang telah dirangkum dalam penelitian ini. Sedangkan bagian saran berisi tentang rekomendasi yang diberikan oleh penulis yang bertujuan untuk menjadi masukan untuk perusahaan dan untuk perkembangan penelitian yang akan dilakukanselanjutnya.

3.8 Diagram Alir Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian dapat dijelaskan pada gambar berikut ini:



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Sejarah Singkat PT. Mega Andalan Kalasan

PT. Mega Andalan Kalasan merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur produksi peralatan rumah sakit (*Hospital Equipment*) yang didirikan pada tahun 1988. Sistem produksi pada PT. MAK adalah *make to orde*, yaitu dilakukan produksi jika terdapat pesanan dari *costumer*. PT. MAK terdapat beberapa unit didalamnya salah satunya adalah unit mega andalan *plastic-part and painting* (MAPP) yang memproduksi seluruh komponen-komponen yang berbahan plastik dan menjadi tempat penelitian ini.

4.1.2 Undang- Undang PT. Mega Andalan Kalasan

1. Idiologi Dasar PT. Mega Andalan Kalasan

Menjadi kebanggaan bagi Bangsa Indonesia

2. Visi PT. Mega Andalan Kalasan

Menjadi penggerak utama dalam rangkaian proses menuju indonesia negara industri.

3. Misi PT. Mega Andalan Kalasan

- 1) Menjadi Center Of Excelent dibidang Teknologi Mekanik
- 2) Membangun sentra industri berbasis kompetensi dibidang Teknologi Mekanik
- 3) Menghimpun dan mendaya-gunakan berbagai kemampuan Teknologi yang berserak diberbagai penjuru tanah air

- 4) Membangun citra industri yang memakmurkan masyarakat
- 5) Getting People Fall in Love with MAK

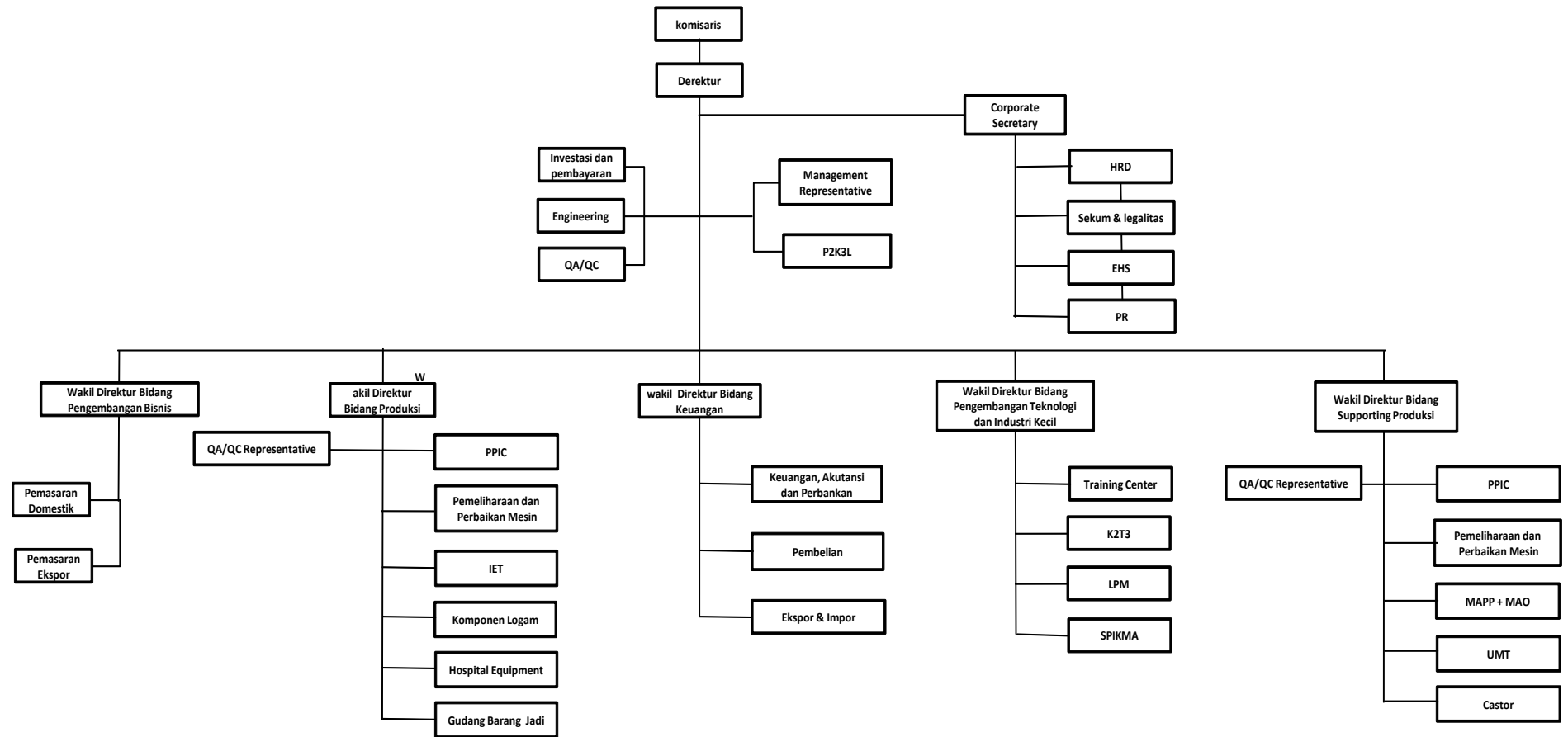
4. Kredo PT. Mega Andalan Kalasan

Kami percaya bahwa;

- 1) Tanggung jawab kami yang pertama adalah kepada konsumen.
- 2) Tanggung jawab kami yang kedua adalah kepada orang-orang yang bekerja kepada kami, pria maupun wanita yang bekerja di pabrik maupun di kantor kami.
- 3) Tanggung jawab kami yang ketiga adalah kepada komunitas dimana kami tinggal.
- 4) Tanggung jawab kami yang keempat dan yang terakhir adalah kepada pemegang saham.

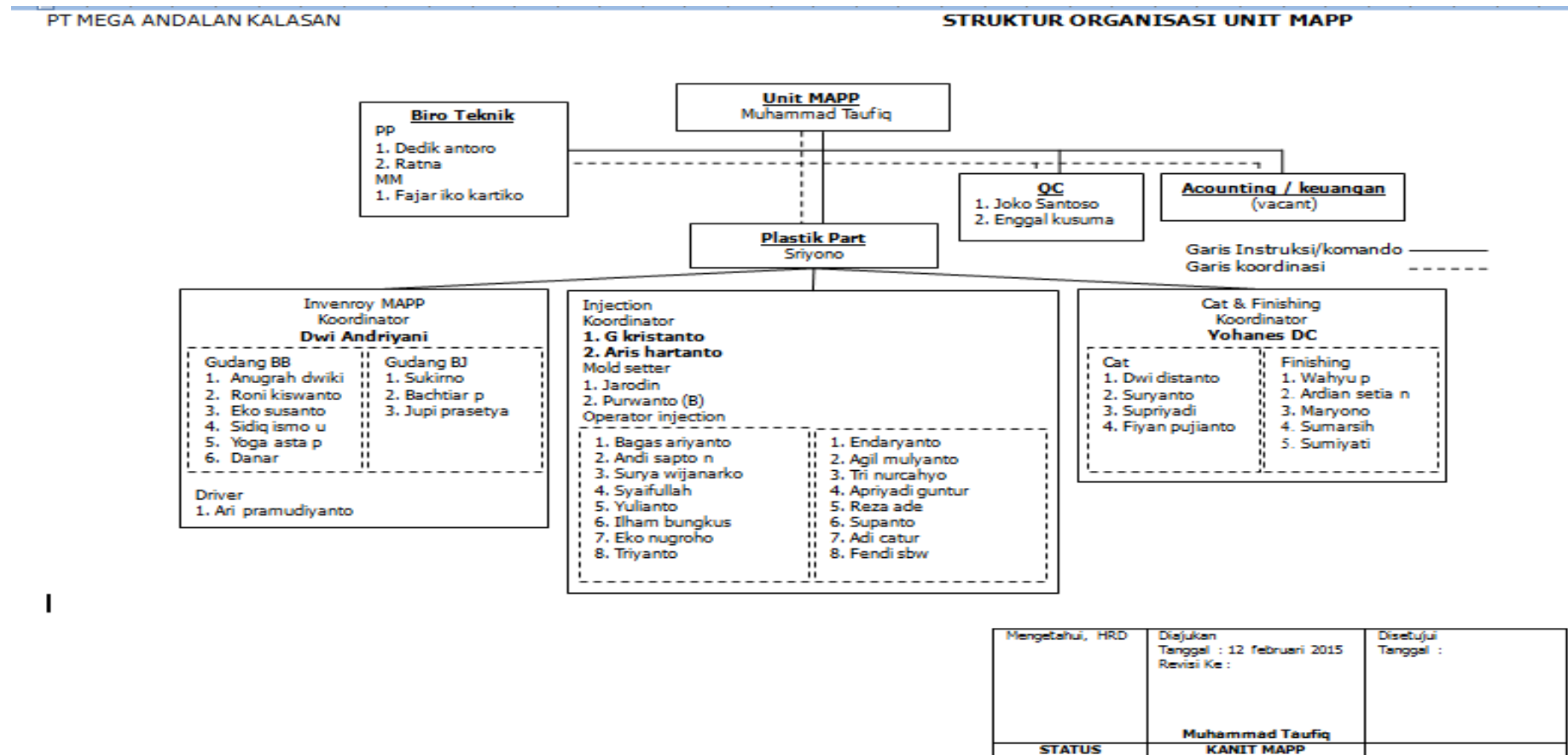
4.1.3 Struktur Organisasi PT. Mega Andalan Kalasan

Struktur Organisasi yang digunakan PT. Mega Andalan Kalasan (MAK) struktur organisasi garis, dimana bentuk organisasi yang didalamnya terdiri dari garis wewenang yang saling menghubungkan langsung secara vertikal antara pimpinan dan bawahan. Berikut adalah gambar struktur organisasi PT. Mega Andalan Kalasan:



Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT. MAK

Adapun struktur organisasi pada unit Mega Andalan Plastic-Part And Painting (MAPP) PT. Mega Andalan Kalasan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2 Struktur Organisasi Unit MAPP

4.1.4 Tinjauan Produksi

4.1.4.1 Bahan Baku

Bahan baku merupakan bahan langsung, yaitu bahan yang membentuk suatu kesatuan yang tidak terpisahkan dari produk jadi. Bahan baku adalah bahan utama atau bahan pokok dan merupakan komponen utama dari suatu produk. Selain itu terdapat bahan penolong/ pendukung yaitu bahan yang ikut berperan dalam proses produksi.

a. Bahan Baku Utama

Pada PT. Mega Andalan Kalasan di unit Mega Andalan *Plastic-part and Painting* terdapat macam-macam jenis bahan baku utama yaitu, seperti ABS, Nylon, Haiton (Global Prene), Polypropylene (PP), Thermopolyurthane (TPU), GF dll. Masing-masing material tersebut memiliki *grade* tertentu untuk jenis dan *spec* materialnya sehingga tidak dapat digunakan untuk semua jenis produk yang akan diproduksi. Masing-masing jenis produk memiliki jenis-jenis material sendiri, tetapi terdapat juga produk yang memakai jenis material yang sama hanya dibedakan dengan perbedaan model dan warna. Dalam proses produksi jika terdapat produk yang reject/ Not Good (NG), maka produk tersebut akan di *recycle* menjadi material untuk diproduksi kembali dengan mesin *crusher*. Adapun bahan yang digunakan untuk produk *High Low Link Bush* yaitu Celcon M90.

b. Bahan Baku Penolong

Bahan baku penolong pada proses injeksi komponen plastik unit mega Andalan *Plastic-part and Painting* (MAPP) berupa biji plastik disebut *master batch* yang berfungsi sebagai perwarna. Ada macam-macam warna *master batch* yang digunakan yaitu gray 9515, gray 9429, gray 9010, brown 7256, ekonomik 5057, biru malam, biru muda, toska, orange, ungu, medilient chili, sicolend red, dll. Adapun pewarna yang digunakan untuk produk *High Low Link Bush* yaitu *Brown 7256*.

4.1.4.2 Mesin Dan Peralatan

Mesin yang digunakan untuk produksi komponen high low link bush adalah mesin injeksi 150 ton. Adapun peralatan yang digunakan adalah:

- Molding
- Kunci ring 26
- Crane
- Pisau Cutter

4.1.4.3 Proses Produksi

Pada proses produksi di unit MAPP PT. Mega Andalan Kalasan memiliki beberapa tahap dalam melakukan proses produksi berdasarkan Kertas Kerja Produksi (KKP). KKP berisi tentang aliran kerja produksi dari proses awal input *raw material* sampai hasil produk jadi yaitu output dan finishing (good product). Berikut contoh gambar kertas kerja produksi (KKP) komponen high low link bush unit MAPP:

PT Mega Andalan Kalasan
Unit Mega Andalan Plastic-parts and Painting

KERTAS KERJA PRODUKSI

QESH

Nama Komponen : High Low Link Bush (851380-2241)		KKP SAP	REL	GI	CNF	GR	TECO
No. KKP Unit : KKP-MAPP/I.16/281		15003	V	V	V	V	V
Tanggal Dikeluarkan : 22-Jan-16							
Jumlah Permintaan : 400 buah							
Jumlah Cavity : 4 buah							
Jumlah Shoot : 100 shoot							
Estimasi Total Cycle Time : 1,7 jam							
Allowance Cycle Time : 0,2 jam							
Estimasi Set Up : 1 jam		53					
Estimasi Total Waktu : 2,8 jam							
Estimasi Selesai Tanggal : 22-Jan-16		1 hari = 15 jam 1 jam 60,0 shot 10,7 0,214					

Mesin	Kode SAP	Kode SAP	Komponen	Kode Mold
150 TD	0J00190708		Z115	S-006

Berat Brutto	45	gram / buah	Estimasi Bahan	Tanggal Ambil	Jumlah Bahan	Opr. Gudang
Bahan :			Celcon M90	17,864 kg	0	Eko S
Bahan :			-	kg	0	Anugerah D
Pewarna :			Brown 7256	0,357 kg	0	Sidiq
Pewarna :				kg		Roni Kaswanto

POS	CATATAN	CYCLE TIME	HASIL PRODUKSI (Termasuk Reject)	REJECT	MULAI Tgl - Jam	SELESAI Tgl - Jam	OPRT.
Injection	Set-up (pasang mold, isi bahan, pre-heating)	45 menit			5/12/16 7:30	5/12/16 8:15	Sriyono
		60 detik / shoot	180 buah	2 buah	16.1.16	26.1.16	FANS
			222 buah	12 buah	13.8.16	15.50	FANS
					23.1.16	27.1.16	
					08.00	09.50	
Post-production (kuras, cleaning, dll)	36 menit			5/12/16 7:30	5/12/16 9:15	Sriyono	
Catatan Interupsi Proses Injection :							

Inspeksi Mandiri	Inspeksi Wama	Awal	Tengah	Akhir	Inspeksi Bentuk	Awal	Tengah	Akhir	Inspeksi Fungsi	Awal	Tengah	Akhir	Inspeksi Lainnya	Awal	Tengah	Akhir
Hasil Produksi : - buah Total Waktu Proses Teoritis : 2,8 jam Efisiensi : Total Reject : - buah Total Waktu Proses Rill : 19,7 jam 14%																

POS	CATATAN	CYCLE TIME	HASIL PRODUKSI	MULAI Tgl - Jam	SELESAI Tgl - Jam	INTERUPSI Jam	Efisiensi	OPRT.	KABAG
Finishing	Target / jam (minimum)	46 buah	59 detik / buah	400 buah	29/1	5/12/16 12:45	6,5	0%	Sriyono
				0 buah	5/12/16 7:15	5/12/16 10:45	6,5	0%	Sriyono
				0 buah	5/12/16 7:15	5/12/16 10:45	6,5	0%	Sriyono
				0 buah	5/12/16 7:15	5/12/16 10:45	6,5	0%	Sriyono
				0 buah	5/12/16 7:15	5/12/16 10:45	6,5	0%	Sriyono
				0 buah	5/12/16 7:15	5/12/16 10:45	6,5	0%	Sriyono

Inspeksi Mandiri	Inspeksi Wama	Awal	Tengah	Akhir	Inspeksi Bentuk	Awal	Tengah	Akhir	Inspeksi Fungsi	Awal	Tengah	Akhir	Inspeksi Lainnya	Awal	Tengah	Akhir
Tanggal KKP Kembali : 3-Dec-15 TTD Biro Teknik / PPIC : dedik antoro F-PRO-IOM2.7 - R1 EIR Date: 11-03-08																

Gambar 4.3 Kertas Kerja Produksi High Low Link Bush

Pada tahap pertama proses produksi komponen high low link bush, dimulai dari bagian persiapan bahan baku berupa biji plastik dan pewarna serta mould yang akan digunakan pada mesin injeksi 150 TD. Kemudian dilanjut dengan

melakukan settingan mesin yang telah ditetapkan yaitu dengan 4 tahap settingan suhu heater yang menjadi standar settingan suhu heater:

- Heater 1 = $140^{\circ}C$
- Heater 2 = $160^{\circ}C$
- Heater 3 = $170^{\circ}C$
- Heater 4 = heater nozzel $180^{\circ}C$

Pada awal proses injeksi settingan suhu heater 3 dan 4 dinaikkan melebihi standar yang telah ditentukan, yaitu suhu heater 3 sebesar $190^{\circ}C$ dan suhu heater 4 sebesar $200^{\circ}C$, dengan memerlukan waktu 15 sampai 20 menit untuk mencapai suhu maksimal pada pemanasan screw. Ketika pada pertengahan proses berlangsung suhu diturunkan kembali sesuai dengan standar yaitu suhu heater 3 sebesar $170^{\circ}C$ dan suhu heater 4 sebesar $180^{\circ}C$, agar hasil produk injeksi tidak mengalami cacat.

Kemudian selanjutnya yaitu trial produksi. Pada tahap ini dilakukan percobaan produksi yaitu melakukan percobaan pada mold yang telah dipasang, jika hasil produksi yang keluar sesuai dengan cetakan maka proses akan dilanjutkan ke tahap produksi, tetapi jika tidak maka moldnya akan *direpair* atau diperbaiki.

Setelah tahap produksi dilakukan, kemudian akan dilakukan inspeksi mandiri dengan memeriksa hasil produksi apakah mengalami reject/cacat atau tidak. Jika produk tidak mengalami reject maka akan dilakukan finishing dengan membersihkan dan memotong *raner* pada produk yang baru di injeksi. Kemudian tahap selanjutnya adalah final inspection yaitu memeriksa produk yang telah difinishing apakah produk sudah layak atau bebas dari kecacatan. Jika produk tersebut memiliki cacat/ *reject* maka produk tersebut akan di daur ulang kembali menjadi bahan baku dengan menggunakan mesin *crusher*. Jika tidak terdapat cacat maka produk akan di simpan digudang komponen.

Berikut merupakan contoh gambar dari hasil jadi dari komponen high low link bush yang diproduksi di unit MAPP.



Gambar 4.4 Komponen *High Low Link Bush*

4.2 Pengolahan Data

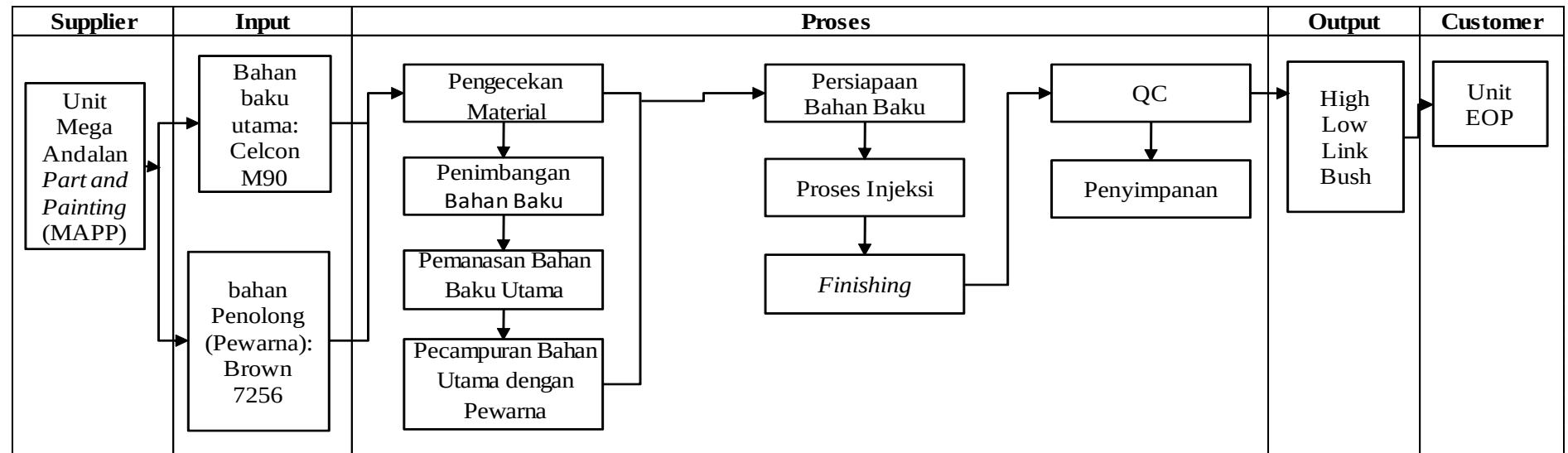
Pada pengolahan data digunakan tahapan DMAIC (*Define – Measure – Analyze – Improve – Control*) yang berfungsi untuk mengetahui faktor penyebab kegagalan atau ketidaksesuaian yang berpengaruh terhadap hasil produksi. Adapun tahapannya sebagai berikut:

4.2.1 Tahap *Define* (Pendefinisian)

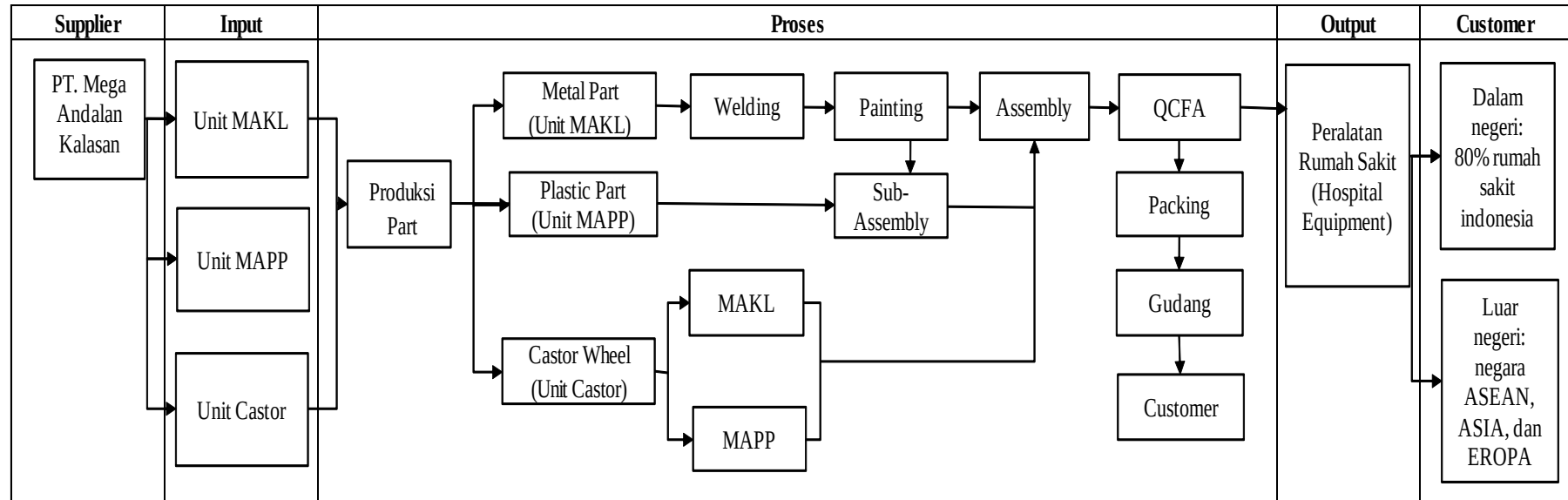
Pada tahap ini mendefinisikan secara formal sasaran peningkatan proses produk yang konsisten dengan permintaan atau kebutuhan customer dan strategi dari perusahaan.

4.2.1.1 Menentukan diagram SIPOC

Diagram SIPOC menggambarkan aktivitas dari produksi mulai dari supplier sampai dengan customer pada komponen high low link bush. Seperti pada gambar berikut:

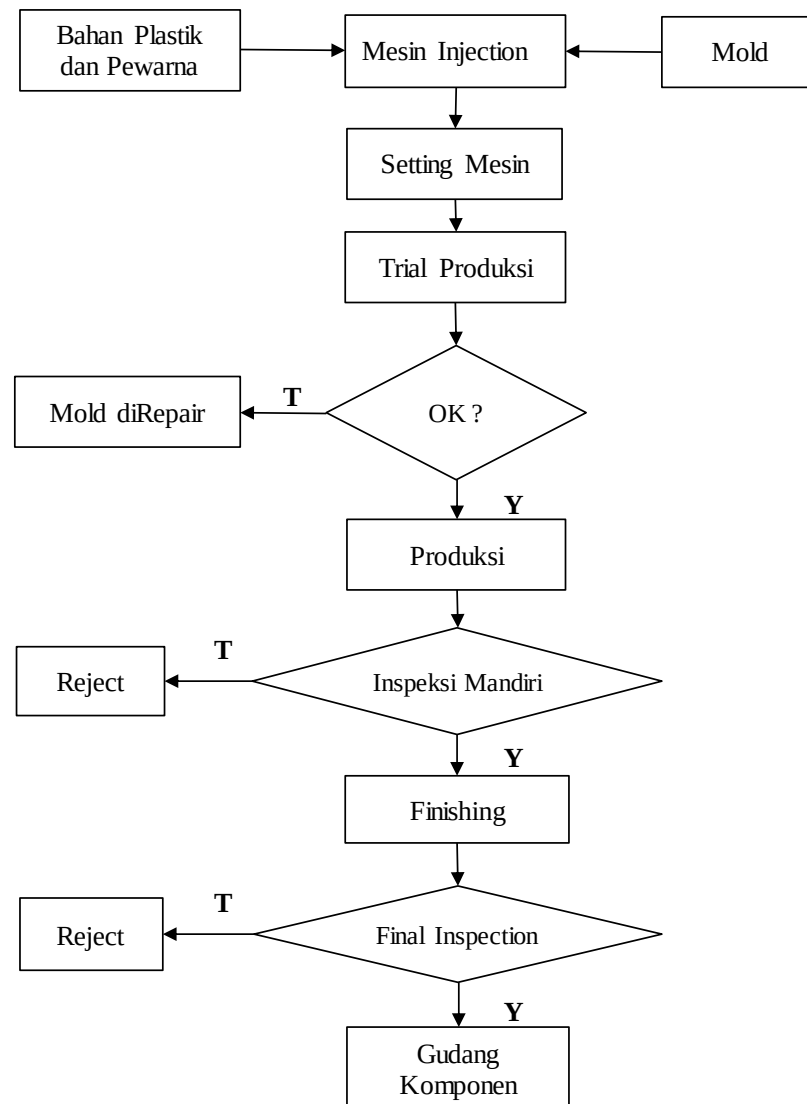


Gambar 4.5 Diagram SIPOC Produksi *High Low Link Bush*



Gambar 4.6 Diagram SIPOC Produk PT. MAK

8.2.1.2 Pembuatan Peta Aliran Proses



Gambar 4.7 Peta Aliran Proses Produksi High Low Link Bush

Proses produksi komponen high low link bush di unit MAPP terdiri dari beberapa tahap, adapun uraian dari aliran proses produksi high low link bush sebagai berikut:

1. Mesin Ijection

Pada tahap awal proses bahan baku utama berupa biji plastik dan bahan pewarna dimasukkan ke dalam *hopper* dimesin inject dengan jumlah sesuai dengan permintaan. Kemudian pemasangan *mold*/cetakan pada mesin inject dengan menggunakan *trolley*/alat pengangkat.

2. Setting Mesin

Pada tahap kedua proses melakukan settingan mesin yaitu settingan parameter mesin dan settingan suhu heater/alat pemanas dengan standar yang telah ditetapkan. Pada proses injeksi komponen high low link bush menggunakan 6 buah mesin 150 ton, dengan memakai mesin yang berbeda maka diperlukan settingan suhu yang berbeda pada setiap mesin. Akan tetapi tetap pada standar suhu dan batas suhu yang sama. Pada mesin injeksi memiliki 6 parameter program settingan mesin yaitu:

- a. *Temperature* (temperatur)
- b. *Injection pressure* (tekanan injeksi)
- c. *Injection speed* (kecepatan injeksi)
- d. *Holding pressure* (memegang tekanan)
- e. *Holding speed* (memegang kecepatan)
- f. *Holding time* (memegang waktu)

Adapun tahapan settingan suhu heater proses injeksi yang menjadi standar settingan suhu heater untuk bahan Celcon M90 sebagai berikut.

- a. Heater 1 = 140°C
- b. Heater 2 = 160°C
- c. Heater 3 = 170°C
- d. Heater 4 = heater nozzel 180°C

Pada awal proses injeksi settingan suhu heater 3 dan 4 dinaikkan melebihi standar yang telah ditentukan, yaitu suhu heater 3 sebesar 190°C dan suhu heater 4 sebesar 200°C , dengan memerlukan waktu 15 sampai 20 menit untuk mencapai suhu maksimal. Ketika pada pertengahan proses berlangsung suhu diturunkan kembali sesuai dengan standar yaitu suhu heater 3 sebesar 170°C dan suhu heater 4 sebesar 180°C , agar hasil produk injeksi tidak mengalami cacat.

Suhu heater nozzel adalah suhu yang berada pada titik lebur yang membuat bahan biji plastik mencair dengan suhu sebesar 180°C . Settingan suhu heater nozzel memiliki batas suhu maksimum dan minimum. Batas maksimum memiliki suhu heater sebesar 190°C sedangkan batas minimum sebesar 170°C . Jika settingan suhu di atas 190°C maka dapat menyebabkan lembab pada produk akhir. Dan jika settingan suhu di bawah 170°C maka dapat menyebabkan biji plastiknya tidak mencair dengan maksimal.

3. Trial Produksi

Pada tahap ini mold dilakukan percobaan produksi yaitu melakukan percobaan pada mold yang telah dipasang pada mesin, jika hasil produksi yang keluar sesuai dengan cetakan maka proses akan dilanjutkan ketahap produksi, tetapi jika tidak maka moldnya akan *direpair* atau diperbaiki.

4. Produksi

Setelah mesin inject sudah siap dijalankan maka dilakukan proses produksi untuk menghasilkan komponen high low link bush.

5. Inspeksi Mandiri

Setelah proses produksi dilakukan kemudian hasil produksi dilakukan inspeksi mandiri yaitu memeriksa hasil produksi apakah mengalami reject/cacat atau tidak. Jika produk tidak mengalami reject maka akan dilakukan finishing.

6. Finishing

Tahap finishing yaitu membersihkan dan memotong *raner* pada produk yang lolos dari inspeksi reject.

7. Final Inspection

Kemudian tahap terakhir adalah final inspection yaitu memeriksa produk yang telah difinishing apakah produk layak atau sudah bebas dari cacat. Jika produk tersebut memiliki cacat/ *reject* maka produk tersebut akan di daur ulang kembali menjadi bahan baku dengan menggunakan mesin *crusher*. Jika tidak terdapat cacat maka produk akan di simpan digudang komponen.

8. Gudang Komponen

produk komponen high low link yang sudah lolos dari final inspection akan disimpan ke gudang yaitu gudang tempat penyimpanan semua komponen-komponen plastik.

4.2.2 Tahap *Measure* (Pengukuran)

4.2.2.1 Menentukan *Critical To Quality* (CTQ)

Penentuan *Critical To Quality* (CTQ) digunakan untuk menentukan apakah produk tersebut cacat atau gagal dengan mengelompokkan karakteristik kualitas dari suatu produk. Dalam penelitian ini karakteristik kualitas yaitu jenis cacat yang terjadi pada hasil produksi. Maka perlu diketahui kriteria kecacatan produk, agar dapat diketahui bahwa produk tersebut gagal atau cacat karena sangat mempengaruhi pada hasil produksi. Adapun *Critical To Quality* potensial pada komponen high low link bush ada 2 jenis, yaitu:

1. Lembab dan,
2. Kempot

4.2.2.2 Data Atribut

Data atribut adalah berisi data produk cacat berserta jenis-jenis cacat yang terdapat pada komponen high low link bush. Jenis-jenis cacat yang terdapat pada komponen high low link bush yaitu jenis cacat lembab dan jenis cacat kempot.

Tabel 4.1 Data Jenis Cacat Atribut *High Low Link Bush*

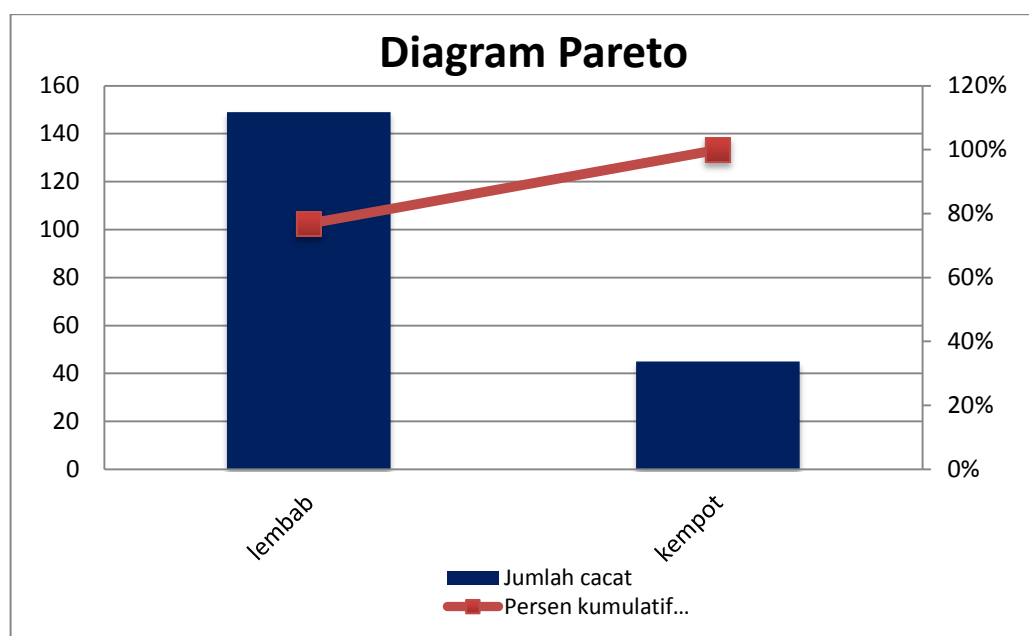
No.	Jenis Cacat	Gambar cacat	Keterangan
1	Kempot		Adalah Jenis cacat pada produk hasil injeksi dengan permukaan produk tidak merata karena dimensi produk tidak penuh. Sehingga produk belum memenuhi ukuran desainnya
2	Lembab		Adalah jenis cacat Produk hasil injeksi tidak mulus, pada permukaan produk berwarna putih-putih karena permukaan produk terkelupas.

4.2.2.2.1 Pembuatan Diagram Pareto

Berdasarkan jumlah *Critical To Quality* (CTQ) potensial yang menyebabkan kegagalan pada komponen high low link bush dapat digambarkan diagram pareto dengan mengetahui jumlah cacat dari jenis-jenis cacat yang terjadi. Data cacat atribut yang digunakan dalam penelitian ini data pada bulan desember dan januari 2016.

Tabel 4.2 Jumlah presentase Frekuensi Jenis Cacat *High Low Link Bush*

No.	Urutan jenis cacat	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Persentase dari total (%)	Persentase kumulatif (%)
1	Lembab	149	149	76,80%	76,80%
2	Kempot	45	194	23,20%	100,00%
Total		194		100,00%	

Gambar 4.8 Diagram Pareto Jenis Cacat Komponen *High Low Link Bush*

Berdasarkan diagram diatas dapat dijelaskan bahwa jenis kecacatan pada komponen high low link bush secara dominan hampir mencapai 80% disebabkan oleh jenis cacat lembab dengan presentase kecacatan mencapai 76,80%. Adapun jenis cacat yang lain adalah jenis cacat kempot dengan presentase kecacatan 23,20%. Maka dari kedua jenis cacat tersebut cacat terbanyak yaitu cacat lembab dapat digunakan sebagai CTQ potensial untuk dianalisis perhitungan selanjutnya.

4.2.2.2.2 Perhitungan data atribut

Tabel 4.3 Pengolahan Data Atribut Perhitungan DPMO Dan Sigma

No	Jumlah Produksi (n)	Jumlah Cacat (x)	Jenis Cacat		Banyaknya CTQ Potensial	Proporsi (p= x/n)	DPMO	Nilai Sigma
			Lembab	Kempot				
1	400	0	0	0	2	0	0	6
2	400	0	0	0	2	0	0	6
3	400	20	12	8	2	0,05	25000	3,459964
4	400	0	0	0	2	0	0	6
5	400	0	0	0	2	0	0	6
6	400	0	0	0	2	0	0	6
7	400	0	0	0	2	0	0	6
8	400	0	0	0	2	0	0	6
9	400	0	0	0	2	0	0	6
10	400	0	0	0	2	0	0	6
11	402	0	0	0	2	0	0	6
12	402	0	0	0	2	0	0	6
13	402	4	3	1	2	0,0099502	4975,124	4,077553
14	403	2	2	0	2	0,0049628	2481,39	4,30944

No	Jumlah Produksi (n)	Jumlah Cacat (x)	Jenis Cacat		Banyaknya CTQ Potensial	Proporsi (p= x/n)	DPMO	Nilai Sigma
			Lembab	Kempot				
15	402	0	0	0	2	0	0	6
16	402	9	7	2	2	0,0223881	11194,03	3,783719
17	435	11	8	3	2	0,0252874	12643,68	3,736984
18	402	0	0	0	2	0	0	6
19	402	2	2	0	2	0,0049751	2487,562	4,30864
20	402	3	0	3	2	0,0074627	3731,343	4,17546
21	403	20	13	7	2	0,0496278	24813,9	3,463158
22	402	15	9	6	2	0,0373134	18656,72	3,582318
23	402	14	10	4	2	0,0348259	17412,94	3,610377
24	402	4	4	0	2	0,0099502	4975,124	4,077553
25	402	17	11	6	2	0,0422886	21144,28	3,530669
26	402	54	54	0	2	0,1343284	67164,18	2,997249
27	150	19	14	5	2	0,1266667	63333,33	3,02738
Proses					2	0,0182725		
Jumlah	10617	194	149	45		0,5600272		

Berikut ini contoh dari dari perhitungan DPMO dan sigma dari masing-masing sampel 3:

$$\text{Proporsi} = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah Produksi}} = \frac{20}{400} = 0,05$$

$$\text{DPMO} = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah Produksi} \times \text{CTQ}} \times 1000000 = \frac{20}{400 \times 2} \times 1000000 = 25000$$

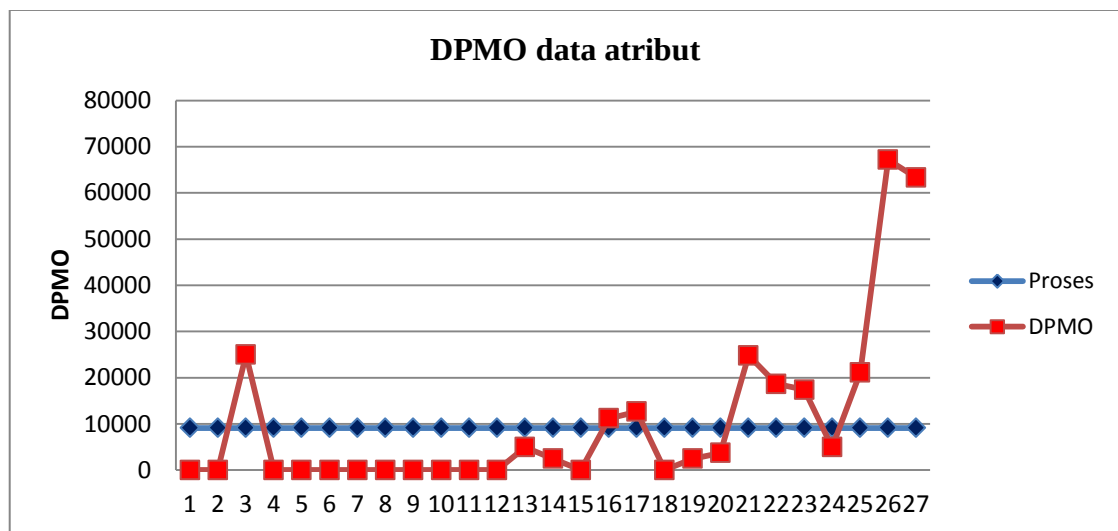
Adapun Rumus Perhitungan Proses Secara Keseluruhan Yaitu:

$$\text{Proporsi} = \frac{\text{Jumlah Cacat Keseluruhan}}{\text{Jumlah Produksi Keseluruhan}} = \frac{194}{10617} = 0,018272582$$

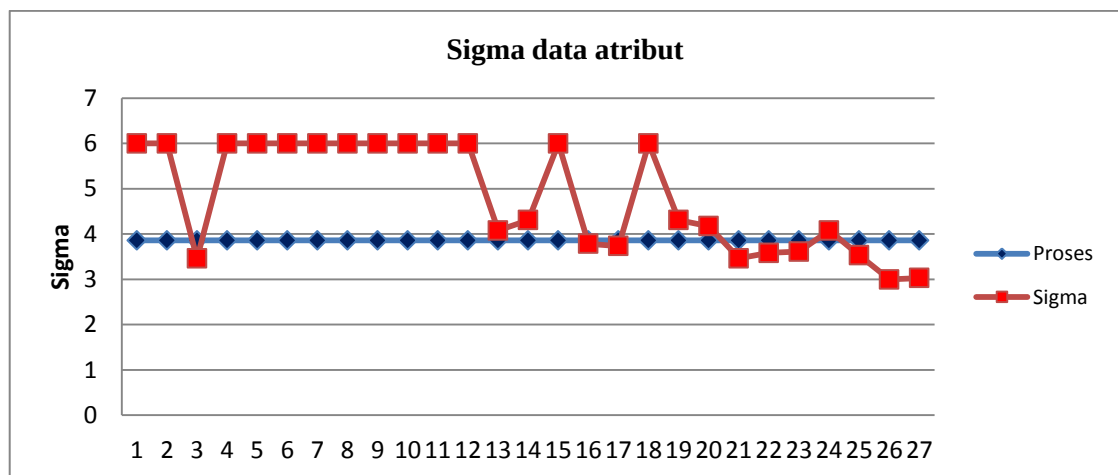
$$\text{DPMO} = \frac{\text{Jumlah Cacat Keseluruhan}}{\text{Jumlah Produksi Keseluruhan} \times \text{CTQ}} \times 1000000$$

$$= \frac{194}{10617 \times 2} \times 1000000 = 9136,291$$

Hasil dari nilai DPMO dan tingkat sigma data atribut dapat gambarkan pada grafik berikut.



Gambar 4.9 Grafik DPMO Data Atribut



Gambar 4.10 Grafik Tingkat Sigma Data Atribut

Dari gambar 4.8 dan 4.9 diatas dari kecacatan komponen high low link bush yang dihasilkan oleh data atribut dapat diketahui bahwa nilai DPMO belum konsisten untuk menuju ke defect 3,4 untuk setiap satu juta kesempatan, dan nilai tingkat sigma ke 6,

nilai yang dihasilkan masih bervariasi naik turun. Apabila suatu proses dikendalikan secara terus menerus, maka dapat menurunkan nilai DPMO dan nilai sigma akan meningkat secara terus menerus untuk menuju target DPMO dan tingkat sigma.

Untuk memperkirakan nilai kapabilitas proses untuk data atribut dapat dilakukan dengan cara melihat perhitungan DPMO dan tingkat sigma pada tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.4 Perhitungan DPMO Dan Tingkat Sigma Data Atribut

No.	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1.	Proses apa yang ingin anda ketahui?		Pembuatan komponen high low link bush
2.	Berapa banyak produk yang dikerjakan melalui proses?	n	10617
3.	Berapa banyak produk yang cacat/gagal?	x	194
4.	Hitung tingkat cacat berdasarkan langkah 3	Langkah 3/langkah 2	0,018273
5.	Tentukan banyaknya CTQ potensial yang dapat mengakibatkan cacat	Banyaknya karakteristik CTQ	2
6.	Hitung peluang tingkat cacat per karakteristik CTQ	Langkah 4/langkah 5	0,009136
7.	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)	Langkah 6 x 1000.000	9136,291
8.	Konversi DPMO (langkah 7) ke dalam nilai sigma	Microsoft Excel : $\text{Normsinv}((1.000.000 - \text{DPMO})/1.000.000) + 1,5$	3,860048
9.	Buat Kesimpulan		Kapabilitas sigma adalah 3,86

4.2.2.2.3 Pembuatan peta kendali P

Tabel 4.5 Data Pengolahan Peta Kendali P

No	Jumlah Produksi	Jumlah Cacat	Proporsi	SD	USL	LSL
1	400	0	0	0	0	0
2	400	0	0	0	0	0
3	400	20	0,05	0,010897	0,082692	0,017308
4	400	0	0	0	0	0
5	400	0	0	0	0	0
6	400	0	0	0	0	0
7	400	0	0	0	0	0
8	400	0	0	0	0	0
9	400	0	0	0	0	0
10	400	0	0	0	0	0
11	402	0	0	0	0	0
12	402	0	0	0	0	0
13	402	4	0,00995	0,00495	0,024801	0
14	403	2	0,004963	0,0035	0,015464	0
15	402	0	0	0	0	0
16	402	9	0,022388	0,007379	0,044524	0,000252
17	435	11	0,025287	0,007527	0,04787	0,002705
18	402	0	0	0	0	0
19	402	2	0,004975	0,003509	0,015503	0
20	402	3	0,007463	0,004292	0,02034	0
21	403	20	0,049628	0,010818	0,082083	0,017173
22	402	15	0,037313	0,009453	0,065672	0,008955
23	402	14	0,034826	0,009144	0,062258	0,007394
24	402	4	0,00995	0,00495	0,024801	0
25	402	17	0,042289	0,010037	0,0724	0,012177
26	402	54	0,134328	0,017008	0,185352	0,083305
27	150	19	0,126667	0,027157	0,208136	0,045197
Proses			0,0182725			

Peta kendali p dibuat dengan menentukan batas spesifikasi atas (USL) dan batas spesifikasi bawah (LSL). Berdasarkan data tabel 4.10 diatas dapat dihitung standar deviasi (SD), batas spesifikasi atas (USL) dan batas spesifikasi bawah (LSL) dari masing-masing sub-grup. Adapun contoh perhitungan dari sub-grup 3 seperti berikut:

$$\text{Standar deviasi (SD)} = \sigma = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_1}}$$

$$\begin{aligned} \text{SD} = \sigma &= \sqrt{\frac{0,05(1-0,05)}{400}} \\ &= 0,010897 \end{aligned}$$

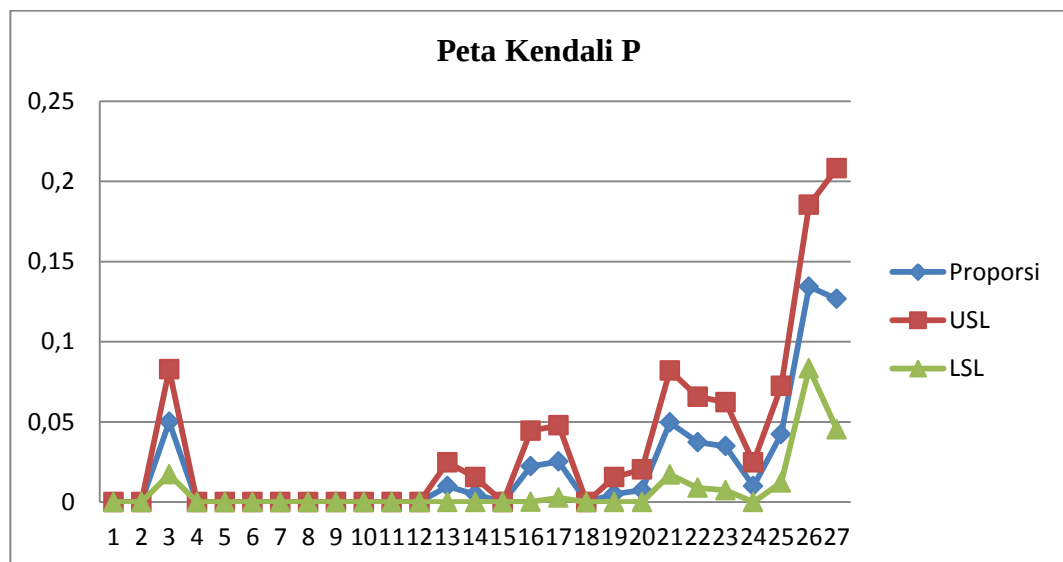
$$\begin{aligned} \text{USL} &= \bar{p} + 3.\sigma \\ &= 0,05 + (3 \times 0,010897) \\ &= 0,082692 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LSL} &= \bar{p} - 3.\sigma \\ &= 0,05 - (3 \times 0,010897) \\ &= 0,017308 \end{aligned}$$

Keterangan : $\bar{p}$ = Taksiranproporsi cacat

n = banyaknya jumlah produk yang diamati

σ = standar deviasi



Gambar 4.11 Grafik Peta Kendali P Data Atribut

Berdasarkan gambar peta kendali P diatas menunjukkan bahwa tidak terdapat titik-titik yang berada diluar batas kendali atau *out of control*. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa proses produksi komponen high low link bush dalam keadaan terkendali. Akan tetapi titik-titik proporsi mendekati

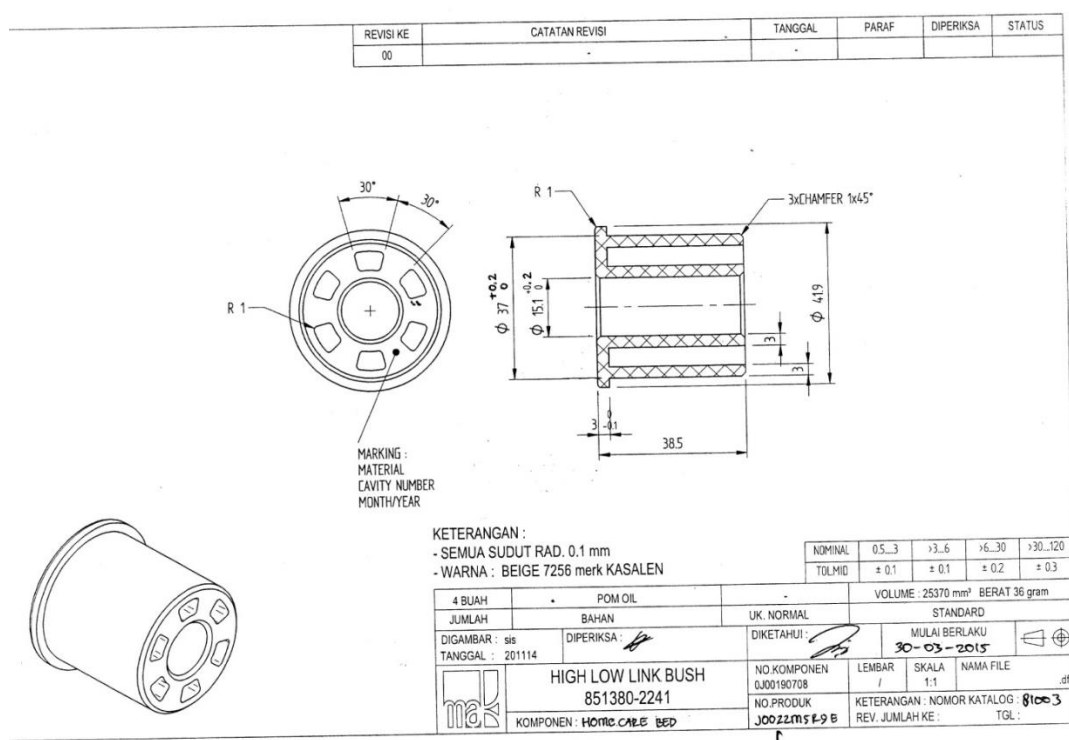
batas kendali dan sama dengan batas kendali, maka dari itu perlu ditinjau kembali dan dilakukan perbaikan agar dapat mengurangi potensi kegagalan produk akibat terjadinya cacat.

4.2.2.3 Data variabel

Data variabel adalah data yang berisi data pengukuran variabel dari batas masing-masing spesifikasi variabel, yaitu diameter lingkaran luar, diameter lingkaran dalam, dan ketebalan lingkaran.

4.2.2.3.1 Perhitungan data variabel

Perhitungan variabel berdasarkan pada pengukuran dimensi pada spesifikasi masing-masing variabel. Berikut gambar dimensi pada spesifikasi variabel komponen High Low Link Bush:



Gambar 4.12 Ukuran Spesifikasi Variabel Komponen High Low Link Bush

Pada variabel diameter lingkaran luar dan variabel diameter lingkaran dalam untuk *Lower Specification Limit* (LSL) berukuran sama dengan target yaitu diameter lingkaran

luar 37 dan diameter lingkaran dalam 15,1. Dikerenakan jika batas bawahnya kurang dari target maka bisa menyebabkan kelonggaran pada pipa ketika komponen high low link bush dipasang kedalam pipa. Adapun komponen high low link bush berfungsi sebagai engsel pada produk *Trendgate Bed*. Sedangkan variabel ketebalan permukaan lingkaran memiliki nilai LSL yaitu 2,9 dan nilai USL berukuran sama dengan target yaitu 3, karena ketebalan permukaan lingkaran sangat berpengaruh pada komponen luar lainnya yang ada pada trendgate bed, jika ketebalan permukaan lingkaran memiliki batas atas maka akan terjadi kerusakan pada komponen jika komponen dipaksakan masuk kedalam pipa pada proses perakitan, yang disebabkan ketebalan permukaan lingkaran tidak sesuai dengan target. Tetapi jika ketebalan permukaan lingkaran memiliki batas bawah maka komponen masih bisa di pasang kedalam pipa. Adapun batas toleransi berdasarkan spesifikasi Variabel pada komponen High Low Link Bush dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Batas Toleransi Variabel Komponen High Low Link Bush

No.	Variabel	LSL (mm)	USL (mm)	Target (mm)	Toleransi (mm)
1	Diameter Lingkaran Luar	37	37,2	37,2	-0,2
2	Diameter Lingkaran Dalam	15,1	15,3	15,1	0,2
3	Ketebalan permukaan lingkaran	2,9	3	3	-0,1

1. Variabel diameter lingkaran luar

a. Pengukuran Variabel diameter Lingkaran Luar

Tabel 4.7 Pegolahan Data Variabel diameter Lingkaran Luar

No.	X1	X2	X3	X4	X5	jumlah	X-bar	R	S (R/d2)	DPMO	sigma
1	37,12	37	37	37,14	37,08	185,34	37,068	0,14	0,060189	129287	2,62977
2	37	37	37,2	37	37,26	185,46	37,092	0,26	0,111178	205241	2,32304
3	37,16	37,28	37	37	37	185,44	37,088	0,28	0,120379	232381	2,23103
4	37,26	37	37,18	37,24	37,26	185,94	37,188	0,26	0,111178	46296,7	3,18187
5	37	37,3	37	37	37,08	185,38	37,076	0,3	0,128977	277846	2,08925
6	37,04	37,02	37	37,02	37,04	185,12	37,024	0,04	0,017197	81417,9	2,8956
7	37	37,06	37	37,28	36,72	185,06	37,012	0,56	0,240757	480124	1,54984
8	37,02	37,04	36,78	37,26	37,02	185,12	37,024	0,48	0,206363	453707	1,6163
9	37,22	37,26	37,36	37,36	37,14	186,34	37,268	0,22	0,094583	2302,17	4,33348
10	37,24	37,26	37,1	37	37,08	185,68	37,136	0,26	0,111178	111864	2,71667
11	37	37,2	37	37	37	185,2	37,04	0,2	0,085985	320894	1,9652
12	37	37,22	37,16	37,02	37	185,4	37,08	0,22	0,094583	198828	2,34582

No.	X1	X2	X3	X4	X5	jumlah	X-bar	R	S (R/d2)	DPMO	sigma
13	37	37,18	37,24	37,06	37,02	185,5	37,1	0,24	0,103182	166232	2,46916
14	37	37,1	37,24	37	36,7	185,04	37,008	0,54	0,232159	486255	1,53446
15	37,06	37	37,22	36,8	37,06	185,14	37,028	0,42	0,180568	438385	1,65507
16	37,06	37	37,1	37,06	37	185,22	37,044	0,1	0,042992	153050	2,52344
17	37,22	37,16	37,04	37	37	185,42	37,084	0,22	0,094583	187242	2,38811
18	37,16	37	37,26	37,04	37,06	185,52	37,104	0,26	0,111178	176083	2,4304
19	37	37	37	37,1	37	185,1	37,02	0,1	0,042992	320894	1,9652
20	37	37,1	37	37	37,18	185,28	37,056	0,18	0,077386	234642	2,22364
21	37,18	37,26	37	37,18	37	185,62	37,124	0,26	0,111178	133646	2,60932
22	37,18	37	37	37,28	37,28	185,74	37,148	0,28	0,120379	109451	2,72945
23	37	37,2	37,18	37	37	185,38	37,076	0,2	0,085985	188381	2,38388
24	37,18	37	37,12	37	37,16	185,46	37,092	0,18	0,077386	117251	2,68884
25	37	37	37,22	37	37,1	185,32	37,064	0,22	0,094583	249313	2,17665
26	37,06	37	37	37	37	185,06	37,012	0,06	0,025795	320894	1,9652
27	37,24	37	37	37	37	185,24	37,048	0,24	0,103182	320894	1,9652
Jumlah						5005,52	1001,104	6,72	2,889086	6142803	63,5859
Proses							37,07793	0,248889	0,107003		

Berikut contoh dari perhitungan dari masing-masing sub grup 1, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata (mean)} = \bar{X} &= \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5}{\text{Jumlah Sampel}} \\ &= \frac{37,12 + 37 + 37 + 37,14 + 37,08}{5} \\ &= \frac{185,34}{5}\end{aligned}$$

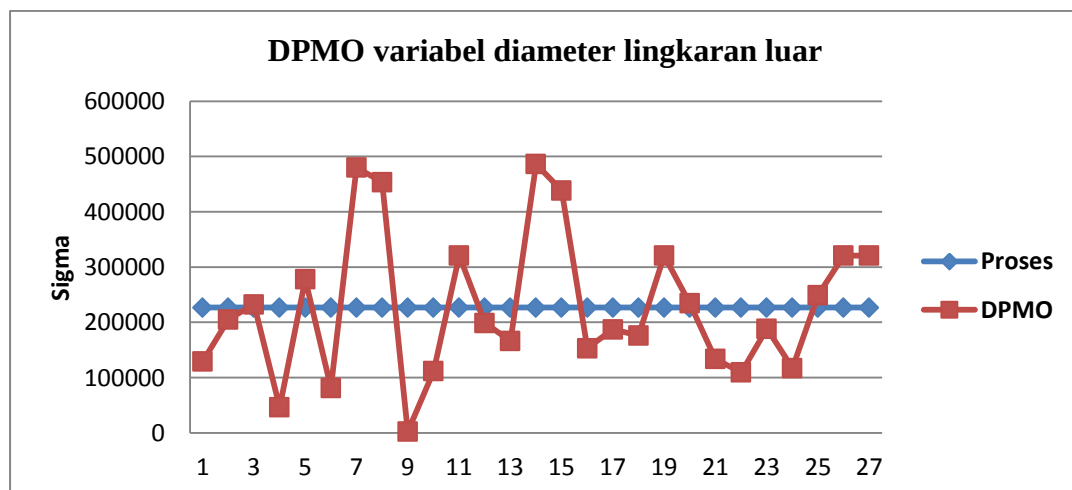
$$= 37,068$$

$$\begin{aligned}\text{Range} = R &= X_{(\text{terbesar})} - X_{(\text{terkecil})} \\ &= 37,14 - 37 \\ &= 0,14\end{aligned}$$

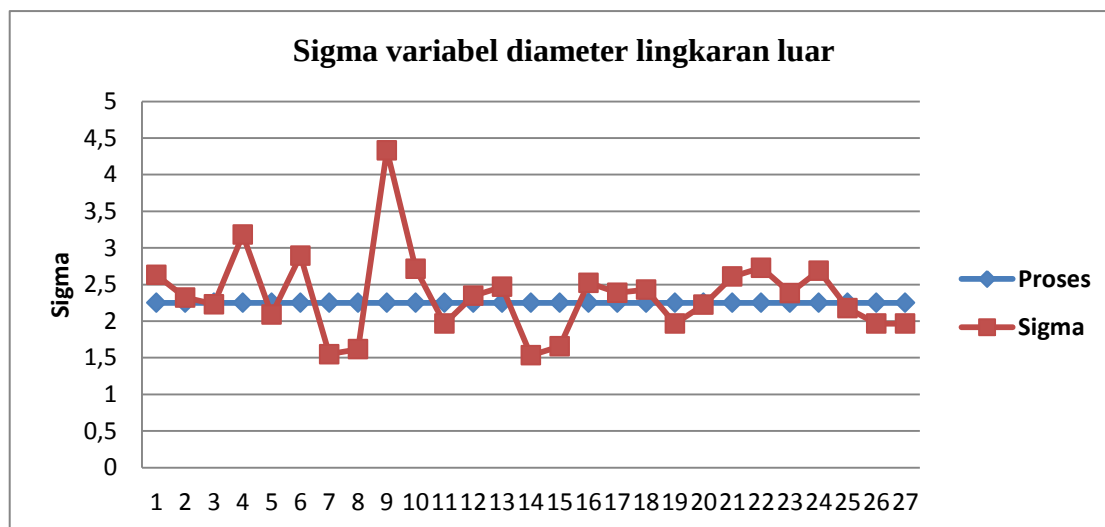
$$\begin{aligned}\text{Standar Deviasi} = S &= \frac{R}{d_2} \\ &= \frac{0,14}{2,326} \\ &= 0,060189\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{DPMO} &= \left[P \left[Z \geq \left(\frac{USL - \bar{X} - bar}{s} \right) \right] \times 1000.000 \right] \\ &= \left[P \left[Z \geq \left(\frac{37,2 - 37,068}{0,060189} \right) \right] \times 1000.000 \right] \\ &= [P(Z \geq 2,193091)] \times 1000.000 \\ &= (0,984222 \times 1000.000) \\ &= 129287\end{aligned}$$

Hasil dari nilai DPMO dan tingkat sigma variabel diameter lingkaran luar dapat gambarkan pada grafik berikut.



Gambar 4.13 Grafik DPMO Variabel diameter Lingkaran Luar



Gambar 4.14 Grafik Tingkat Sigma Variabel diameter Lingkaran Luar

Berdasarkan gambar 4.13 dan 4.14 diatas dapat diketahui bahwa nilai DPMO dan nilai tingkat sigma yang dihasilkan oleh data variabel diameter lingkaran luar masih bervariasi naik turun yaitu belum konsisten untuk menuju ke tingkat kualitas 3,4 (*zero defect*) untuk setiap satu juta kesempatan, dan nilai sigma ke tingkat 6 sigma. Apabila suatu proses dikendalikan secara terus menerus, maka dapat menurunkan nilai DPMO dan nilai sigma akan meningkat secara terus menerus untuk menuju bebas cacat (*zero defect*) dengan nilai DPMO sebesar 3,4 dan tingkat sigma sebesar 6 sigma. Apabila suatu proses dikendalikan secara terus menerus, maka dapat menurunkan nilai DPMO dan nilai sigma akan meningkat secara terus menerus.

Untuk memperkirakan nilai kapabilitas proses untuk data variabel diameter lingkaran luar dapat dilakukan dengan cara melihat perhitungan DPMO dan tingkat sigma pada tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8 perhitungan DPMO dan Tingkat sigma diameter lingkaran luar

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin anda ketahui?		Pembuatan komponen high low link bush
2	Tentukan nilai batas spesifikasi atas (USL)	USL	Tidak ada (sama dengan target)
3	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (LSL)	LSL	37
4	Tentukan nilai spesifikasi target	T	37,2 mm
5	Berapa nilai rata-rata (<i>mean</i>) proses?	$\bar{\bar{X}}$	37,07793
6	Berapa nilai standar deviasi dari proses?	S	0,107003
7	Hitung kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO)	-	Tidak ada
8	Hitung kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P[z \leq (LSL - \bar{\bar{X}}) / S] \times 1.000.000$	226627
9	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) yang dihasilkan oleh proses diatas	= (langkah 7) + (langkah 8)	226627

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
10	Konversi DPMO (langkah 9) ke dalam nilai sigma	<i>Microsoft Excel :</i> $Normsinv ((1.000.000 - \text{DPMO})/1.000.000) + 1,5$	2,25
11	Hitung kemampuan proses diatas dalam ukuran nilai sigma		Kapabilitas proses adalah 2,25 sigma
12	Hitung kapabilitas proses diatas dalam indeks kapabilitas proses	$C_{pm} = \text{absolut} \left(\frac{USL - T}{\sqrt[3]{S^2}} \right)$	0,88736 (rendah, tidak kompetitif)

Dengan rumus perhitungan proses secara keseluruhan yaitu:

$$\text{Rata-rata (mean) proses} = \bar{X} = \frac{\sum X - bar}{27} = \frac{1001,104}{27} = 37,07793$$

$$\text{Rata-rata range proses} = \bar{R} = \frac{\sum R}{27} = \frac{6,72}{27} = 0,248889$$

$$\text{Standar deviasi} = S = \frac{\bar{R}}{d2} = \frac{0,248889}{2,326} = 0,107003$$

Kemungkinan cacat diatas USL dan dibawah LSL per satu juta kesempatan yaitu:

$$\begin{aligned} \text{DPMO} &= \left[P \left[Z \geq \left(\frac{LSL - \bar{X}}{S} \right) \right] \times 1000.000 \right] \\ &= \left[P \left[Z \leq \left(\frac{37 - 37,07793}{0,10700319} \right) \right] \times 1000.000 \right] \\ &= [P(Z \leq -0,728296)] \times 1000.000 \\ &= (0,226627 \times 1000.000) \end{aligned}$$

Indeks kapabilitas proses

$$C_{pm} = \text{absolut} \left(\frac{LSL - T}{\sqrt[3]{S^2}} \right)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{37 - 37,2}{\sqrt[3]{(0,10700319)^2}} \\ &= \frac{0,2}{0,225388187} \\ &= 0,88736 \end{aligned}$$

2. Variabel diameter Lingkaran Dalam

a. Pengukuran Variabel diameter Lingkaran dalam

Tabel 4.9 Pegolahan Data Variabel diameter Lingkaran Dalam

No.	X1	X2	X3	X4	X5	jumlah	X-bar	R	S (R/d2)	DPMO	sigma
1	15,3	15,4	15,38	15,4	15,3	76,78	15,356	0,1	0,042992	903637	0,19744
2	15,2	15,38	15,32	15,28	15,34	76,52	15,304	0,18	0,077386	520612	1,44831
3	15,52	15,36	15,4	15,4	15,1	76,78	15,356	0,42	0,180568	621770	1,18987
4	15,22	15,38	15,38	15,28	15,44	76,7	15,34	0,22	0,094583	663819	1,07709
5	15,26	15,32	15,38	15,28	15,32	76,56	15,312	0,12	0,051591	591964	1,2674
6	15,28	15,34	15,28	15,3	15,22	76,42	15,284	0,12	0,051591	621770	1,18987
7	15,24	15,22	15,24	15,26	15,28	76,24	15,248	0,06	0,025795	978093	0
8	15,02	15,26	15,28	15,32	15,36	76,24	15,248	0,34	0,146174	638983	1,14426
9	15,32	15,2	15,26	15,38	15,3	76,46	15,292	0,18	0,077386	541168	1,39662
10	15,3	15,38	15,24	15,34	15,38	76,64	15,328	0,14	0,060189	679106	1,0348
11	15,28	15,3	15,32	15,4	15,26	76,56	15,312	0,14	0,060189	579014	1,30063
12	15,3	15,38	15,4	15,34	15,34	76,76	15,352	0,1	0,042992	886768	0,29048
13	15,4	15,32	15,3	15,48	15,3	76,8	15,36	0,18	0,077386	780928	0,72467
14	15,38	15,4	15,5	15,36	15,26	76,9	15,38	0,24	0,103182	780928	0,72467
15	15,36	15,36	15,4	15,26	15,26	76,64	15,328	0,14	0,060189	679106	1,0348
16	15,34	15,4	15,36	15,36	15,42	61,52	15,38	0,08	0,034394	989991	0
17	15,4	15,38	15,4	15,32	15,34	76,84	15,368	0,08	0,034394	975985	0
18	15,36	15,42	15,38	15,4	15,36	76,92	15,384	0,06	0,025795	999436	0
19	15,3	15,24	15,46	15,34	15,26	76,6	15,32	0,22	0,094583	583734	1,28855
20	15,26	15,3	15,4	15,34	15,1	76,4	15,28	0,3	0,128977	561615	1,34493

No.	X1	X2	X3	X4	X5	jumlah	X-bar	R	S (R/d2)	DPMO	sigma
21	15,38	15,34	15,3	15,36	15,3	76,68	15,336	0,08	0,034394	852381	0,4533
22	15,34	15,26	15,38	15,3	15,36	76,64	15,328	0,12	0,051591	706343	0,95727
23	15,2	15,3	15,36	15,2	15,2	76,26	15,252	0,16	0,068788	757348	0,8022
24	15,2	15,26	15,28	15,3	15,3	76,34	15,268	0,1	0,042992	771658	0,75568
25	15,3	15,24	15,2	15,16	15,3	76,2	15,24	0,14	0,060189	840583	0,50314
26	15,1	15,24	15,2	15,2	15,24	75,98	15,196	0,14	0,060189	957995	0
27	15,26	15,3	15,18	15,28	15,26	76,28	15,256	0,12	0,051591	803133	0,64714
jumlah						2051,66	413,408	4,28	1,840073	2E+07	20,7731
Proses							15,31141	0,158519	0,068151		

Berikut contoh dari perhitungan dari masing-masing sub grup 1, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata (mean)} &= \bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5}{\text{Jumlah Sampel}} \\
 &= \frac{15,3 + 15,4 + 15,38 + 15,4 + 15,3}{5} \\
 &= \frac{76,78}{5} \\
 &= 15,356
 \end{aligned}$$

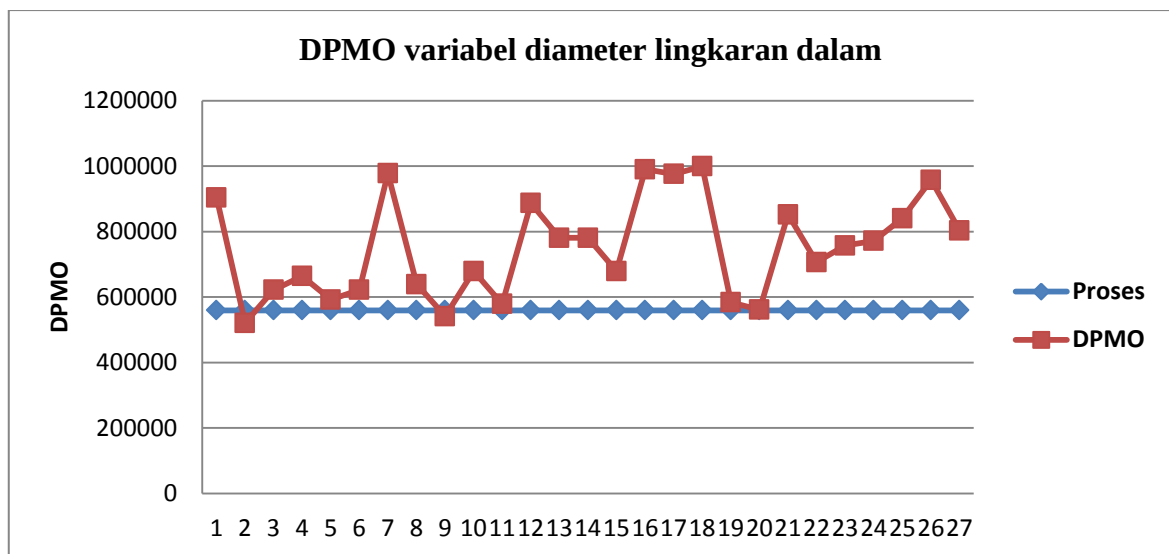
$$\begin{aligned}
 \text{Range} = R &= X_{(\text{terbesar})} - X_{(\text{terkecil})} \\
 &= 15,4 - 15,3 \\
 &= 0,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Standar Deviasi} = S &= \frac{R}{d_2} \\
 &= \frac{0,1}{2,326}
 \end{aligned}$$

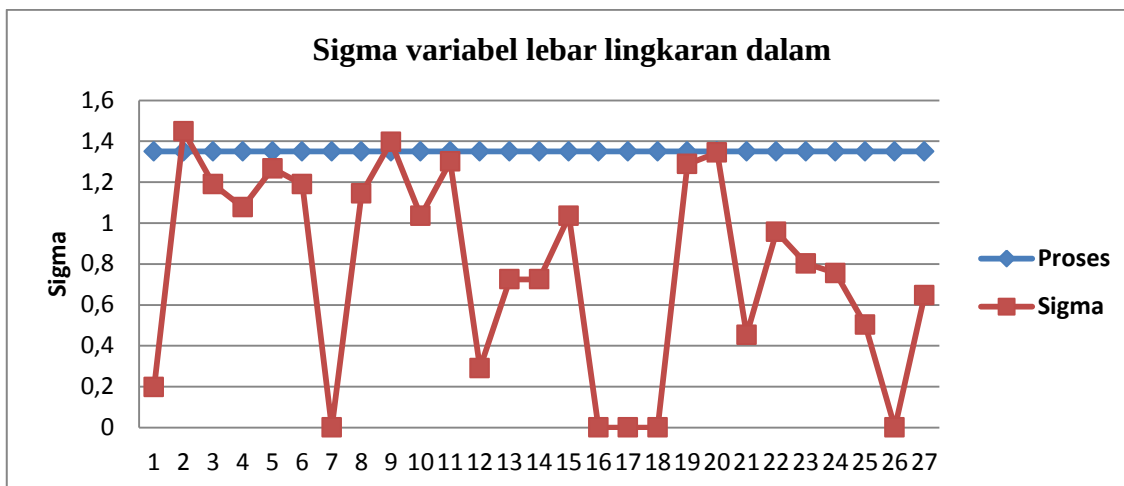
$$= 0,042992$$

$$\begin{aligned} \text{DPMO} &= \left[P \left[Z \geq \left(\frac{USL - \bar{X} - bar}{s} \right) \right] \times 1000.000 \right] \\ &= \left[P \left[Z \geq \left(\frac{15,3 - 15,356}{0,04299235} \right) \right] \times 1000.000 \right] \\ &= [1 - P(Z \geq -1,30464664)] \times 1000.000 \\ &= (1 - 0,088508) \times 1000.000 \\ &= 903637 \end{aligned}$$

Hasil dari nilai DPMO dan tingkat sigma variabel diameter lingkaran dalam dapat gambarkan pada grafik berikut.



Gambar 4.15 Grafik DPMO Variabel diameter Lingkaran Dalam



Gambar 4.16 Grafik Tingkat Sigma Variabel diameter Lingkaran Dalam

Berdasarkan gambar 4.15 dan 4.16 diatas dapat diketahui bahwa nilai DPMO dan nilai tingkat sigma yang dihasilkan oleh data variabel diameter lingkaran dalam masih bervariasi naik turun yaitu belum konsisten untuk menuju ke tingkat kualitas 3,4 (*zero defect*) untuk setiap satu juta kesempatan, dan nilai sigma ke tingkat 6 sigma. Apabila suatu proses dikendalikan secara terus menerus, maka dapat menurunkan nilai DPMO dan nilai sigma akan meningkat secara terus menerus untuk menuju bebas cacat (*zero defect*) dengan nilai DPMO sebesar 3,4 dan tingkat sigma sebesar 6 sigma. Apabila suatu proses dikendalikan secara terus menerus, maka dapat menurunkan nilai DPMO dan nilai sigma akan meningkat secara terus menerus.

Untuk memperkirakan nilai kapabilitas proses untuk data variabel diameter lingkaran dalam dapat dilakukan dengan cara melihat perhitungan DPMO dan tingkat sigma pada tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.10 Perhitungan DPMO Dan Tingkat Sigma Diameter Lingkaran Dalam

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin anda ketahui?		Pembuatan komponen high low link bush
2	Tentukan nilai batas spesifikasi atas (USL)	USL	15,3 mm

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
3	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (LSL)	LSL	Tidak ada (sama dengan target)
4	Tentukan nilai spesifikasi target	T	15,1 mm
5	Berapa nilai rata-rata (<i>mean</i>) proses?	$\bar{\bar{X}}$	15,31141
6	Berapa nilai standar deviasi dari proses?	S	0,068151
7	Hitung kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P[z \geq (USL - \bar{\bar{X}}) / S] \times 1.000.000$	440382
8	Hitung kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO)	Tidak perlu dilakukan	Tidak ada
9	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) yang dihasilkan oleh proses diatas	= (langkah 7) + (langkah 8)	559618
10	Konversi DPMO (langkah 9) ke dalam nilai sigma	<i>Microsoft Excel :</i> $Normsinv ((1.000.000 - DPMO)/1.000.000) + 1,5$	1,35
11	Hitung kemampuan proses diatas dalam ukuran nilai sigma		Kapabilitas proses adalah 1,35 sigma

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
12	Hitung kapabilitas proses diatas dalam indeks kapabilitas proses	$C_{pm} = \text{absolut} \left(\frac{USL - T}{\sqrt[3]{S^2}} \right)$	1,19871 (rendah, tidak kompetitif)

Dengan rumus perhitungan proses secara keseluruhan yaitu:

$$\text{Rata-rata (mean) proses} = \bar{X} = \frac{\sum X - \text{bar}}{27} = \frac{413,408}{27} = 15,31141$$

$$\text{Rata-rata range proses} = \bar{R} = \frac{\sum R}{27} = \frac{4,28}{27} = 0,158519$$

$$\text{Standar deviasi} = S = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,158519}{2,326} = 0,068151$$

Kemungkinan cacat diatas USL dan dibawah LSL per satu juta kesempatan yaitu:

$$\begin{aligned} \text{DPMO} &= \left[P \left[Z \geq \left(\frac{USL - \bar{X}}{S} \right) \right] \times 1000.000 \right] \\ &= \left[P \left[Z \leq \left(\frac{15,3 - 15,31141}{0,06815084} \right) \right] \times 1000.000 \right] \\ &= [1 - P(Z \leq -0,167422)] \times 1000.000 \\ &= (1 - 0,440382) \times 1000.000 \\ &= (0,559618 \times 1000.000) \\ &= 559618 \end{aligned}$$

Indeks kapabilitas proses

$$\begin{aligned} C_{pm} &= \text{absolut} \left(\frac{USL - T}{\sqrt[3]{S^2}} \right) \\ &= \frac{15,3 - 15,1}{\sqrt[3]{(0,068151)^2}} \\ &= \frac{0,2}{0,166845} \\ &= 1,19871 \end{aligned}$$

3. Variabel Ketebalan Permukaan Lingkaran

a. Pengukuran Variabel ketebalan permukaan Lingkaran

Tabel 4.11 Pegolahan Data Variabel Ketebalan Permukaan Lingkaran

No.	X1	X2	X3	X4	X5	jumlah	X-bar	R	S (R/d2)	DPMO	sigma
1	3	3	3	3	3	15	3	0	0	0	6
2	3	3	3	3	3	15	3	0	0	0	6
3	3	3	3	3	3,02	15,02	3,004	0,02	0,008598	0	6
4	3,02	3	3,02	3	3	15,04	3,008	0,02	0,008598	0	6
5	3,02	3	3	3	3,04	15,06	3,012	0,04	0,017197	3,7E-05	6
6	3	3,02	3	3	3	15,02	3,004	0,02	0,008598	0	6
7	3,02	3,02	3	3	3,14	15,18	3,036	0,14	0,060189	11925	3,75954
8	3,02	3,02	3	3	3,06	15,1	3,02	0,06	0,025795	1,64373	6
9	3	3,02	3	3	3	15,02	3,004	0,02	0,008598	0	6
10	3,01	3	3,02	3	3	15,03	3,006	0,02	0,008598	0	6
11	3	3,02	3	3,02	3	15,04	3,008	0,02	0,008598	0	6
12	3	3	3,04	3	3,02	15,06	3,012	0,04	0,017197	3,7E-05	6
13	3,1	3,02	3	3,06	3	15,18	3,036	0,1	0,042992	779,815	4,66335
14	3	3,08	3	3	3,02	15,1	3,02	0,08	0,034394	242,422	4,98899
15	3	3	3,04	3	3,1	15,14	3,028	0,1	0,042992	1454,12	4,47727
16	3	3,04	3	3	3	15,04	3,008	0,04	0,017197	0,00017	6
17	3,04	3	3	3	3	15,04	3,008	0,04	0,017197	0,00017	6
18	3	3,06	3	3	3	15,06	3,012	0,06	0,025795	7,06416	5,84186
19	3,04	3	3	3	3,06	15,1	3,02	0,06	0,025795	1,64373	6

No.	X1	X2	X3	X4	X5	jumlah	X-bar	R	S (R/d2)	DPMO	sigma
20	3	3	3	3,04	3,08	15,12	3,024	0,08	0,034394	155,901	5,10529
21	3,08	3	3,1	3	3	15,18	3,036	0,1	0,042992	779,815	4,66335
22	3	3	3,06	3	3	15,06	3,012	0,06	0,025795	7,06416	5,84186
23	3	3	3	3	3	15	3	0	0	0	6
24	3	3	3	3	3	15	3	0	0	0	6
25	3	3	3	3	3,04	15,04	3,008	0,04	0,017197	0,00017	6
26	3	3,04	3,08	3	3	15,12	3,024	0,08	0,034394	155,901	5,10529
27	3	3	3	3	3	15	3	0	0	0	6
jumlah						406,75	81,35	1,24	0,533105	15510,4	152,447
Proses							3,012963	0,045926	0,019745		

Berikut contoh dari perhitungan dari masing-masing sub grup 7, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata (mean)} = \bar{X} &= \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5}{\text{Jumlah Sampel}} \\
 &= \frac{3,02 + 3,02 + 3 + 3 + 3,14}{5} \\
 &= \frac{15,18}{5} \\
 &= 3,036
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Range} = R &= X_{(\text{terbesar})} - X_{(\text{terkecil})} \\
 &= 3,14 - 3 \\
 &= 0,14
 \end{aligned}$$

$$\text{Standar Deviasi} = S = \frac{R}{d_2}$$

$$= \frac{0,14}{2,326}$$

$$= 0,060189$$

$$\text{DPMO} = \left[P \left[Z \leq \left(\frac{LSL - \bar{X} - bar}{s} \right) \right] \times 1000.000 \right]$$

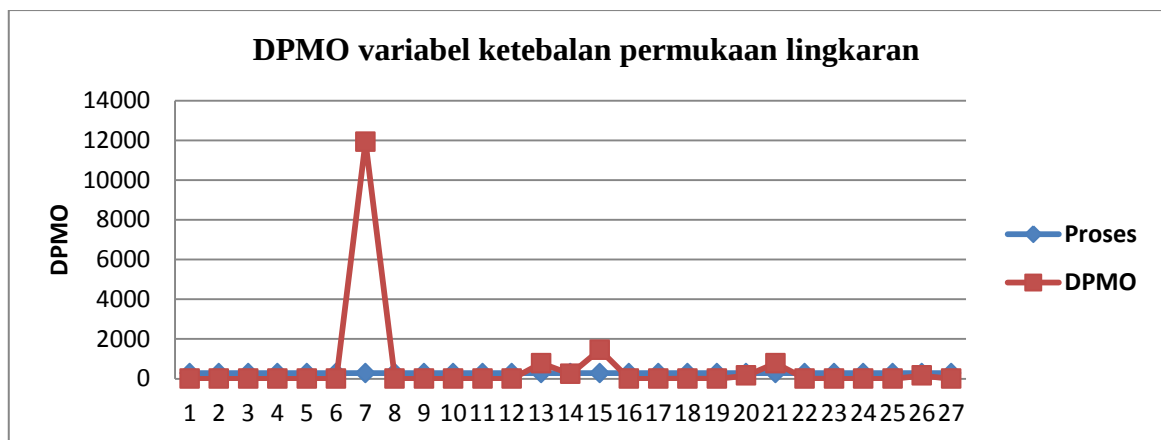
$$= \left[P \left[Z \leq \left(\frac{2,9 - 3,036}{0,060189} \right) \right] \times 1000.000 \right]$$

$$= [P(Z \leq -2,259538)] \times 1000.000$$

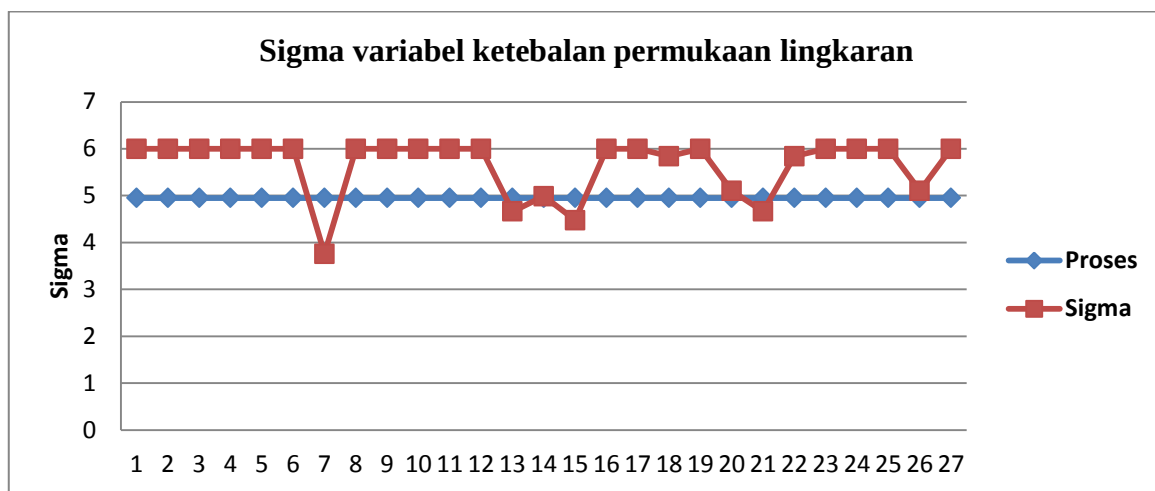
$$= (0,011925 \times 1000.000)$$

$$= 11925$$

Hasil dari nilai DPMO dan tingkat sigma variabel ketebalan permukaan lingkaran dapat gambarkan pada grafik berikut.



Gambar 4.17 Grafik DPMO Variabel Ketebalan Permukaan Lingkaran



Gambar 4.18 Grafik Tingkat Sigma Variabel Ketebalan Permukaan Lingkaran

Berdasarkan gambar 4.17 dan 4.18 diatas dapat diketahui bahwa nilai DPMO dan nilai tingkat sigma yang dihasilkan oleh data variabel ketebalan permukaan lingkaran komponen high low link belum konsisten, nilai yang dihasilkan masih bervariasi naik turun. Apabila suatu proses dikendalikan secara terus menerus, maka dapat menurunkan nilai DPMO dan nilai sigma akan meningkat secara terus menerus.

Untuk memperkirakan nilai kapabilitas proses untuk data variabel lebar lingkaran dalam dapat dilakukan dengan cara melihat perhitungan DPMO dan tingkat sigma pada tabel 4.20 dibawah ini.

Tabel 4.12 Perhitungan DPMO Dan Tingkat Sigma Ketebalan Permukaan Lingkaran

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang ingin anda ketahui?		Pembuatan komponen high low link bush
2	Tentukan nilai batas spesifikasi atas (USL)	USL	Tidak ada (sama

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
			dengan target)
3	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (LSL)	LSL	2,9 mm
4	Tentukan nilai spesifikasi target	T	3 mm
5	Berapa nilai rata-rata (<i>mean</i>) proses?	X-bar	3,012963
6	Berapa nilai standar deviasi dari proses?	S	0,019745
7	Hitung kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO)	Tidak perlu dilakukan	Tidak ada
8	Hitung kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO)	$P[z \leq (LSL - X\text{-bar}) / S] \times 1.000.000$	280
9	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) yang dihasilkan oleh proses diatas	= (langkah 7) + (langkah 8)	280
10	Konversi DPMO (langkah 9) ke dalam nilai sigma	<i>Microsoft Excel :</i> $Normsinv ((1.000.000 - DPMO)/1.000.000) + 1,5$	4,950283
11	Hitung kemampuan proses diatas dalam ukuran nilai sigma		Kapabilitas proses adalah 4,95sigma

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
12	Hitung kapabilitas proses diatas dalam indeks kapabilitas proses	$C_{pm} = \text{absolut} \left(\frac{LSL - T}{\sqrt[3]{S^2}} \right)$	1,368885 (rendah, tidak kompetitif)

Dengan rumus perhitungan proses secara keseluruhan yaitu:

$$\text{Rata-rata (mean) proses} = \bar{X} = \frac{\sum X - bar}{27} = \frac{81,35}{27} = 3,012963$$

$$\text{Rata-rata range proses} = \bar{R} = \frac{\sum R}{27} = \frac{1,24}{27} = 0,045926$$

$$\text{Standar deviasi} = S = \frac{\bar{R}}{d2} = \frac{0,045926}{2,326} = 0,01974464$$

Kemungkinan cacat dibawah LSL per satu juta kesempatan yaitu:

$$\begin{aligned} \text{DPMO} &= \left[P \left[Z \leq \left(\frac{LSL - \bar{X}}{S} \right) \right] \times 1000.000 \right] \\ &= \left[P \left[Z \leq \left(\frac{2,9 - 3,012963}{0,01974464} \right) \right] \times 1000.000 \right] \\ &= [P(Z \leq -5,72119)] \times 1000.000 \\ &= (0,000280) \times 1000.000 \\ &= 280 \end{aligned}$$

Indeks kapabilitas proses

$$\begin{aligned} C_{pm} &= \text{absolut} \left(\frac{LSL - T}{\sqrt[3]{S^2}} \right) \\ &= \frac{2,9 - 3}{\sqrt[3]{(0,019745^2)}} \\ &= \frac{0,1}{0,073052} \end{aligned}$$

$$= 1,368886$$

4.2.2.3.2 Menentukan Stabilitas dan Kapabilitas Proses

1. Variabel Lebar Lingkaran Luar

a. Stabilitas Proses

Untuk mengetahui stabilitas proses dapat menggunakan peta kendali X-bar dengan cara mendefinisikan batas-batas pengendaliannya. Berdasarkan data Tabel 4. dapat digunakan sebagai data dalam melakukan perhitungan sebagai berikut:

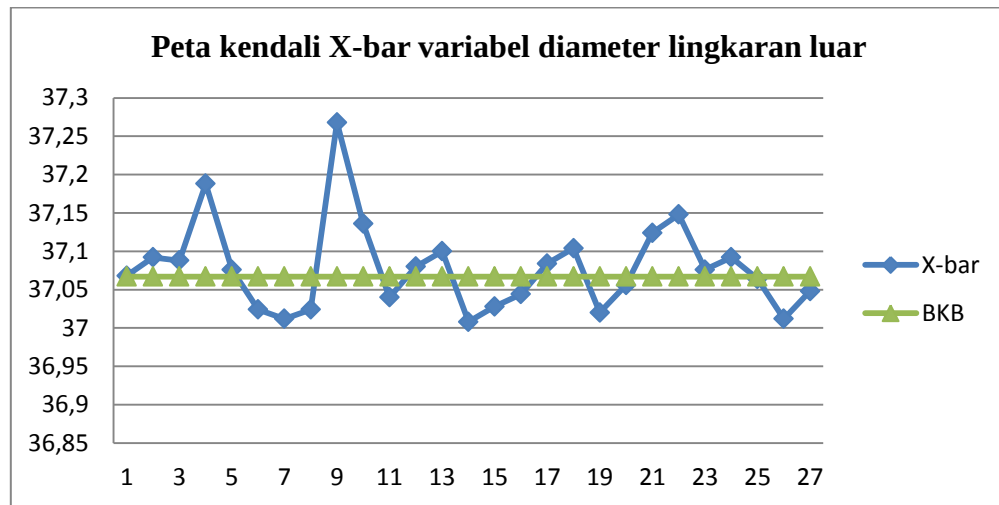
Nilai batas toleransi maksimum yaitu

$$\begin{aligned} S_{max} &= \left[\frac{1}{\text{nilai kapabilitas sigma}} \right] \times \text{absolut } (LSL - T) \\ &= \left[\frac{1}{2,25} \right] \times (37 - 37,2) \\ &= 0,4444 \times 0,2 \\ &= 0,0889 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} USL &= T + 1,5S_{max} \\ &= 37,2 + (1,5 \times 0,0889) \\ &= 37,333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LSL &= T - 1,5S_{max} \\ &= 37,2 - (1,5 \times 0,0889) \\ &= 37,067 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai USL dan LSL diatas maka dapat digunakan untuk menggambarkan peta kendali X-bar untuk variabel lebar lingkaran luar dapat dilihat pada gambar 4. Berikut ini:



Gambar 4.19 Grafik Peta Kendali X-Bar Variabel Diameter Lingkaran Luar

Grafik peta kendali rata-rata X-bar diatas, dapat disimpulkan bahwa variabel diameter lingkaran luar dalam keadaan belum terkendali karena masih ada proses yang harga rata-ratanya berada diluar batas pengendali.

b. Indeks Performansi Kane (Cpk)

$$\begin{aligned}
 Cpk &= \text{absolut} \left[\frac{LSL - T}{3S} \right] \\
 &= \left[\frac{LSL - T}{3S} \right] \\
 &= \frac{37 - 37,2}{3 \times 0,107003} \\
 &= \frac{0,2}{0,321009} \\
 &= 0,62303
 \end{aligned}$$

c. Indeks Kapabilitas Proses Kane (Cpmk)

$$\begin{aligned}
C_{pmk} &= \frac{C_{pk}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\bar{\bar{X}} - T}{S}\right)^2}} \\
C_{pmk} &= \frac{0,62303}{\sqrt{1 + \left(\frac{37,07793 - 37,2}{0,107003}\right)^2}} \\
&= 1 + \frac{0,62303}{\sqrt{\left(\frac{-0,12207}{0,107003}\right)^2}} \\
&= 0,00201
\end{aligned}$$

2. Variabel Lebar Lingkaran Dalam

a. Stabilitas Proses

Untuk mengetahui stabilitas proses dapat menggunakan peta kendali X-bar dengan cara mendefinisikan batas-batas pengendaliannya. Berdasarkan data Tabel 4. dapat digunakan sebagai data dalam melakukan perhitungan sebagai berikut:

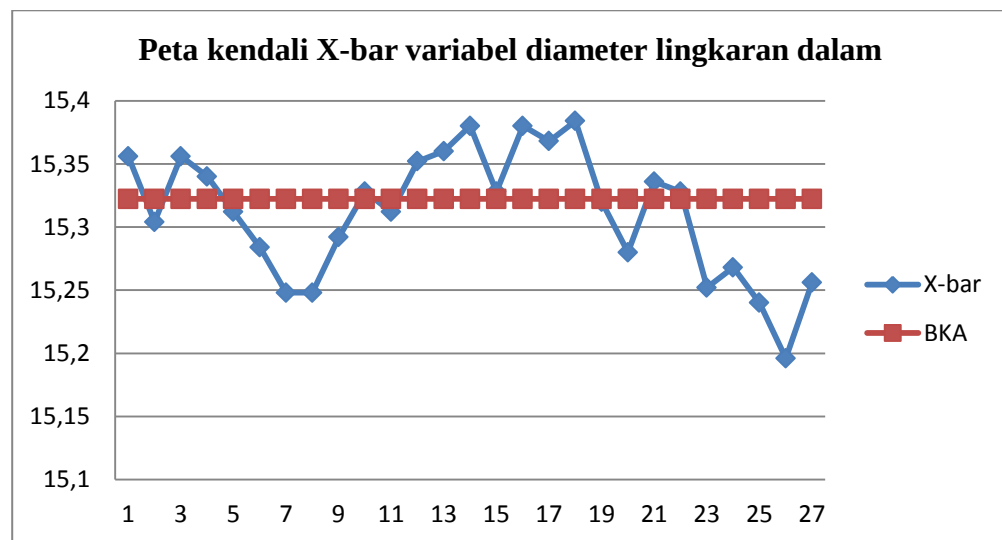
Nilai batas toleransi maksimum yaitu

$$\begin{aligned}
S_{max} &= \left[\frac{1}{\text{nilai kapabilitas sigma}} \right] \times \text{absolut } (USL - T) \\
&= \left[\frac{1}{1,35} \right] \times (15,3 - 15,1) \\
&= 0,740740 \times 0,2 \\
&= 0,148148
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
BKA &= T + 1,5S_{max} \\
&= 15,1 + (1,5 \times 0,148148) \\
&= 15,32222
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
BKB &= T - 1,5S_{max} \\
&= 15,1 - (1,5 \times 0,148148) \\
&= 14,87778
\end{aligned}$$

Berdasarkan nilai BKB dan BKA diatas maka dapat digunakan untuk menggambarkan peta kendali X-bar untuk variabel diameter lingkaran dalam dapat dilihat pada gambar 4. Berikut ini:



Gambar 4.20 Grafik Peta Kendali X-Bar Variabel Diameter Lingkaran Dalam

Grafik peta kendali rata-rata X-bardiatas, dapat disimpulkan bahwa variabel diameter lingkaran dalam dalam keadaan tidak terkendali karena ada beberapa proses yang harga rata-ratanya berada diluar batas pengendali atas.

b. Indeks Performansi Kane (Cpk)

$$\begin{aligned}
 Cpk &= \text{absolut} \left[\frac{USL - T}{3S} \right] \\
 &= \left[\frac{USL - T}{3S} \right] \\
 &= \frac{15,3 - 15,1}{3 \times 0,068151} \\
 &= \frac{0,2}{0,204453}
 \end{aligned}$$

$$= 0,97822$$

c. Indeks Kapabilitas Proses Kane (Cpmk)

$$\begin{aligned}
 Cpmk &= \frac{Cpk}{\sqrt{1 + \left(\frac{\bar{\bar{X}} - T}{S}\right)^2}} \\
 Cpmk &= \frac{0,978222}{\sqrt{1 + \left(\frac{15,31141 - 15,1}{0,068151}\right)^2}} \\
 &= \frac{0,978222}{206,2583} \\
 &= 0,00474
 \end{aligned}$$

3. Variabel Ketebalan Permukaan Lingkaran

a. Stabilitas Proses

Untuk mengetahui stabilitas proses dapat menggunakan peta kendali X-bar dengan cara mendefinisikan batas-batas pengendaliannya. Berdasarkan data Tabel 4. dapat digunakan sebagai data dalam melakukan perhitungan sebagai berikut:

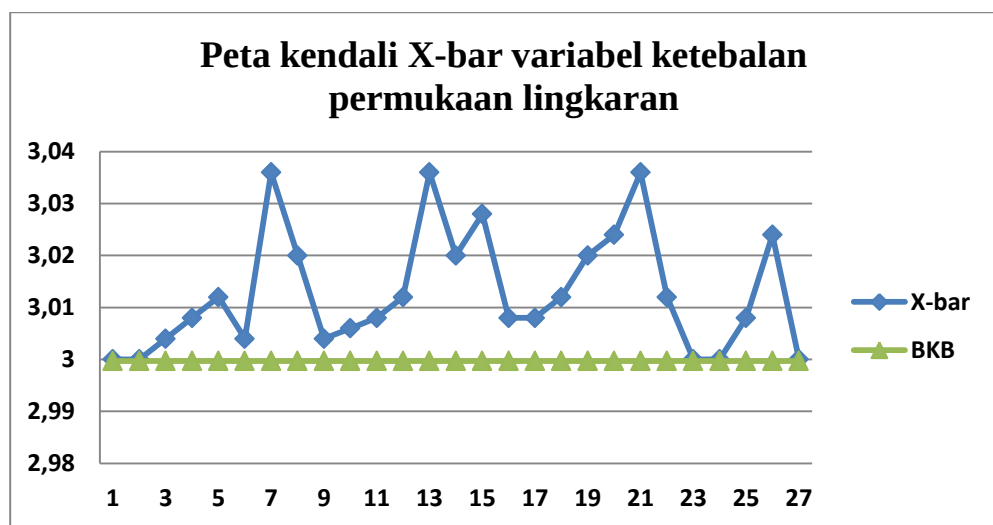
Nilai batas toleransi maksimum yaitu

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= \left[\frac{1}{\text{nilai kapabilitas sigma}} \right] \times \text{absolut } (LSL - T) \\
 &= \left[\frac{1}{4,95} \right] \times (2,9 - 3) \\
 &= 0,20202 \times 0,1 \\
 &= 0,020202
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BKA &= T + 1,5S_{max} \\
 &= 3 + (1,5 \times 0,020202) \\
 &= 3,030303
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BKB &= T - 1,5S_{max} \\
 &= 3 - (1,5 \times 0,020202) \\
 &= 2,969697
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai BKB dan BKA diatas maka dapat digunakan untuk menggambarkan peta kendali X-bar untuk variabel ketebalan permukaan lingkaran dalam dapat dilihat pada gambar 4. Berikut ini:



Gambar 4.21 Grafik Peta kendali X-bar variabel ketebalan permukaan lingkaran

Grafik peta kendali rata-rata X-bar diatas, dapat disimpulkan bahwa variabel ketebalan permukaan lingkaran dalam keadaan terkendali karena semua proses harga rata-ratanya tidak berada diluar batas pengendali.

b. Indeks Performansi Kane (Cpk)

$$Cpk = \text{absolut} \left[\frac{LSL - T}{3S} \right]$$

$$\begin{aligned}
&= \left[\frac{2,9 - 3}{3 \times 0,019745} \right] \\
&= \frac{0,1}{0,059234} \\
&= 1,68822
\end{aligned}$$

c. Indeks Kapabilitas Proses Kane (Cpmk)

$$\begin{aligned}
Cpmk &= \frac{cpk}{\sqrt{1 + \left(\frac{\bar{X} - T}{S}\right)^2}} \\
Cpmk &= \frac{1,688222}{\sqrt{1 + \left(\frac{3,012963 - 3}{0,019744636}\right)^2}} \\
&= \frac{1,688222}{148,9304} \\
&= 0,011336
\end{aligned}$$

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Tahap Analisa (*Analize*)

PT. Mega Andalan Kalasan merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur produksi peralatan rumah sakit (*Hospital Equipment*).Sistem produksi pada PT. MAK adalah *make to orde*,yaitu dilakukan produksi jika terdapat pesanan dari *costumer*.Saat ini PT. MAK menjadi sebuah group perusahaan dan wadah MAK Group Indonesia, yang terdiri dari 4 site plan. Pabrik 1 digunakan sebagai tempat pembuatan *Hospital Equipment* dan unit komponen logam (KL). Pabrik II dan III berada pada satu tempat, PT.KIMAK dan MAMI (Mega Andalan Motor Industri) yang bergabung di area Mega Andalan Technopark (MAT). PT.KIMAK terdapat unit castor, unit *Machinery tools* (UMT), unit *Export Oriented product* (EOP) dan unit mega andalan *plastic-part and painting* (MAPP). PT. MAMI yang berada di satu area digunakan sebagai tempat pembuatan dan perakitan sepeda motor nasional Indonesia yang berlabel (MAK) *Technologies*.Pabrik IV yakni SPIK-MA (Sentra Pengembangan Industri Kecil Mega Andalan Kalasan). Adapun penelitian ini dilakukan pada unit MAPP yang memproduksi seluruh komponen-komponen berbahan plastik. Pada penelitian ini hanya mengkaji salah satu dari komponen plastik yaitu komponen High low link bush dari produk *Trendgate Bed*.

Pada penelitian ini untuk aktivitas proses produksi komponen high low lnk bush menggunakan digram SIPOC (*supplier, input, process, dan costumer*). berdasarkan

diagram SIPOC pada gambar 4. terlihat bahwa unit MAPP (mega andalan plastic-part and painting) sebagai supplier pada pembuatan komponen high low link bush. Adapun input/bahan yang digunakan untuk produksi komponen high low link bush yaitu Celcon M90 yaitu sebagai bahan utama, sedangkan bahan penolong atau pewarna digunakan pewarna Brown 7256. Kmponen high low link bush sebagai hasil output yang diperoleh melalui proses produksi dari awal sampai akhir yaitu dari persiapan bahan baku sampai dengan produk jadi yang sudah di lakukan pngendalian kualitas (*quality control*) dibawa ke tempat penyimpanan yaitu gudang yang. Costumer komponen high low link bush adalah unit EOP (*Export Oriented product*) yaitu unit pembuatan produk *Trendgate Bed* yang khusus di expor ke jepang.

5.1.1 Analisis Data Atribut

5.1.1.1 Analisis Keterkendalian Proses

Analisis keterkendalian proses pada data atribut dilakukan dengan membuat peta kendali p. Adapun peta kendali p dibuat dengan tujuan untuk mengetahui apakah proses produksi komponen high low link bush berada pada keadaan terkendali atau tidak. Proses dapat dikatakan terkendali jika titik-titik data pada grafik berada diantara batas kendali atas dan batas kendali bawah. Dari hasil perhitungan peta kendali P dapat dilihat pada gambar 4.11 grafik peta kendali P data atribut menunjukkan bahwa tidak ada titik-titik yang berada diluar batas kendali atau *out of control* baik itu kendali atas maupun bawah, dengan nilai proporsi proses sebesar 0,0182725. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa proses produksi komponen high low link bush dalam keadaan terkendali. Akan tetepi dikarenakan ada titik nilai proporsi yang sejajar dengan batas kendali dan mendekati batas kendali, maka dari itu diharapkan dilakukan perbaikan agar dapat mengurangi potensi kegagalan produk akibat terjadinya cacat. Cacat yang dominan terjadi pada produk high low link bush dapat dikaji lebih lanjut dengan menggunakan diagram pareto.

5.1.1.2 Analisis Jenis Cacat Produk Terbesar

Analisis jenis cacat yang sering terjadi pada proses produksi komponen high low link bush dapat dilakukan dengan diagram pareto dengan jumlah CTQ yang telah ditetapkan berdasarkan jumlah jenis cacat yang terjadi. Berdasarkan diagram pareto pada gambar 4.8 dapat dijelaskan bahwa jenis kecacatan pada komponen high low link bush secara dominan hampir mencapai 80% yaitu yang disebabkan oleh jenis cacat lembab dengan presentase kecacatan mencapai 76,80%. Adapun jenis cacat yang lain adalah jenis cacat kempot dengan presentase kecacatan 23,20%. Maka dari kedua jenis cacat tersebut dapat digunakan sebagai karakteristik kualitas (CTQ) potensial untuk mengetahui tingkat kualitas dari komponen high low link bush berdasarkan data atribut dapat dikaji dengan perhitungan nilai DPMO dan tingkat sigma.

5.1.1.3 Analisis DPMO Dan Tingkat Sigma Data Atribut

Berdasarkan perhitungan nilai DPMO dan tingkat sigma untuk data atribut pada tabel 4.4, dengan nilai DPMO proses sebesar 9136,291 dan tingkat sigma sebesar 3,86. Maka dari gambar 4.9 dan 4.10 dapat diketahui bahwa nilai DPMO dari kecacatan komponen high low link bush yang dihasilkan oleh data atribut belum konsisten untuk menuju ke tingkat kualitas 3,4 (zero defect) untuk setiap satu juta kesempatan, dan nilai sigma ke tingkat 6 sigma. Nilai yang dihasilkan masih bervariasi naik turun. Apabila suatu proses dikendalikan secara terus menerus, maka dapat menurunkan nilai DPMO dan nilai sigma akan meningkat secara terus menerus untuk menuju bebas cacat (zero defect) dengan nilai DPMO sebesar 3,4 dan tingkat sigma sebesar 6 sigma. Adapun keterangan nilai tingkat sigma dan DPMO dari perusahaan-perusahaan di dunia dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 nilai tingkat sigma dan DPMO

Tingkat pencapaian sigma	DPMO
1-sigma	691.462

Tingkat pencapaian sigma	DPMO
2-sigma	308.538 (rata-rata industri indonesia)
3-sigma	66.807
4-sigma	6.210 (rata-rata industri USA)
5-sigma	233 (rata-rata industri jepang)
6-sigma	3,4 (industri kelas dunia)

Berdasarkan tabel 5.1 diatas dapat diketahui bahwa nilai tingkat sigma dan DPMO dari kecacatan komponen high low link bush yang dihasilkan oleh data atribut dengan tingkat sigma sebesar 3,86 dan nilai DPMO sebesar 9136,291, maka dapat dikategorikan dalam tingkat sigma dan DPMO dari perusahaan-perusahaan di dunia bahwa berada dibawah rata-rata industri USA dan diatas rata-rata industri indonesia.

5.1.2 Analisis Data Variabel

5.1.2.1 Analisis Keterkendalian Proses

Analisis keterkendalian proses pada data variabel dilakukan dengan membuat peta kendali rata-rata ($\bar{X}$ -bar) dengan tujuan untuk mengetahui apakah proses produksi komponen high low link bush berada pada keadaan terkendali atau tidak. Pembuatan peta kendali rata-rata $\bar{X}$ -bar untuk menganalisis keterkendalian proses pada variabel diameter lingkaran luar, diameter lingkaran dalam, dan ketebalan permukaan lingkaran. Hasil dari peta kendali rata-rata $\bar{X}$ -bar dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5.2 hasil peta kendali $\bar{X}$ -bar data variabel

No	Variabel	Jumlah titik diluar batas	Keterangan
1	Diameter lingkaran luar	11	Tidak terkendali
2	Diameter lingkaran dalam	10	Tidak terkendali
3	Ketebalan permukaan lingkaran	0	Terkendali

Tabel 5.3 menunjukkan bahwa pada peta kendali X-bar dari keseluruhan variabel yang diukur yaitu variabel diameter lingkaran luar, diameter lingkaran luar masih terdapat titik-titik data x-bar yang yang melewati batas kendali pada variabel tersebut, sehingga proses produksi variabel tersebut dapat dikatakan belum terkendali. Sedangkan variabel ketebalan tidak terdapat titik-titik data x-bar yang yang melewati batas kendali, sehingga proses proses produksi variabel permukaan lingkaran dapat dikatakan terkendali. Dengan adanya variabel masih berada pada keadaan tidak terkendali maka dapat menyebabkan terjadinya kecacatan produk. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian dan perbaikan terhadap proses produksi komponen high low link bush untuk mencegah terjadinya kecacatan produk.

5.1.2.2 Analisis DPMO Dan Tingkat Sigma Data Variabel

Hasil dari perhitungan nilai DPMO dan tingkat sigma secara keseluruhan data variabel dari masing-masing variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Nilai DPMO Dan Tingkat Sigma Data Variabel

No	Variabel	DPMO	Tingkat Sigma
1	Diameter lingkaran luar	226627	2,25
2	Diameter lingkaran dalam	559618	1,35
3	Ketebalan permukaan lingkaran	280	4,95

Dari hasil perhitungan keseluruhan variabel dapat dilihat pada tabel 5.2 bahwa nilai DPMO terbesar dihasilkan oleh variabel diameter lingkaran dalam dengan nilai sebesar 559618 dengan tingkat sigma 1,35. Sedangkan nilai DPMO terkecil dihasilkan oleh variabel ketebalan permukaan lingkaran dengan nilai sebesar 280 dengan tingkat sigma terbesar yaitu 4,95. Berdasarkan nilai tingkat sigma dan DPMO dari perusahaan-perusahaan di dunia dapat dilihat pada tabel 5.1. bahwa variabel ketebalan permukaan lingkaran dengan nilai tingkat sigma sebesar 4,95 dan nilai DPMO sebesar 280, maka

dapat dikatakan termasuk dalam kategori rata-rata industri USA. Sedangkan variabel diameter lingkaran luar dengan nilai tingkat sigma sebesar 2,25 dan nilai DPMO sebesar 226627, maka dapat dikatakan termasuk dalam kategori rata-rata industri Indonesia. Dan variabel diameter lingkaran dalam dengan nilai tingkat sigma sebesar 1,35 dan nilai DPMO sebesar 5596818, maka dapat dikatakan termasuk dalam kategori dibawah rata-rata industri Indonesia.

Berdasarkan nilai DPMO dan tingkat sigma secara keseluruhan variabel dapat dikatakan bahwa perusahaan PT. MAK sangat baik bersaing dengan perusahaan di Indonesia tetapi belum kompetitif untuk bersaing dengan perusahaan global.

Dari grafik DPMO dan tingkat sigma dari keseluruhan variabel yang dipaparkan pada gambar 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, dan 4.18 dapat dijelaskan bahwa nilai yang dihasilkan masih bervariasi naik turun. Maka hasil ini menunjukkan bahwa proses produksi komponen high low link bush belum konsisten untuk menuju ke tingkat kualitas 3,4 (*zero defect*) untuk setiap satu juta kesempatan, dan nilai sigma ke tingkat 6 sigma. Apabila suatu proses dikendalikan secara terus menerus, maka dapat menurunkan nilai DPMO dan nilai sigma akan meningkat secara terus menerus untuk menuju bebas cacat (*zero defect*) dengan nilai DPMO sebesar 3,4 dan tingkat sigma sebesar 6 sigma.

5.1.2.3 Hubungan Tingkat Sigma Data Atribut Dan Variabel

Pada penelitian ini tingkat sigma yang dihasilkan data atribut yaitu sebesar 3,86 dan tingkat sigma yang dihasilkan data variabel oleh masing-masing variabel yaitu untuk variabel diameter lingkaran luar sebesar 2,25, untuk variabel diameter lingkaran dalam sebesar 1,35 dan untuk variabel ketebalan permukaan lingkaran sebesar 4,95. Berdasarkan nilai tingkat sigma pada atribut dan variabel dapat dilihat bahwa tingkat sigma data atribut lebih besar dari tingkat sigma variabel diameter lingkaran luar dan variabel diameter lingkaran dalam, akan tetapi lebih kecil dari variabel ketebalan permukaan lingkaran. Dikarenakan pada variabel diameter lingkaran luar dan variabel

diameter lingkaran dalam sering terjadi kecacatan yaitu lembab dan kempot, yang menjadi data cacat atribut.

5.1.2.4 Analisis Stabilitas Dan Kapabilitas Proses

Hasil rakapitulasi kapabilitas proses dari perhitungan pada setiap variabel dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Kapabilitas Proses Produksi Komponen High Low Link Bush

No	Variabel	Cpm	Cpk	Cpmk
1	Diameter lingkaran luar	0,88736	0,62303	0,00201
2	Diameter lingkaran dalam	1,19871	0,97822	0,00474
3	Ketebalan permukaan lingkaran	1,36889	1,36882	0,01134

Berdasarkan tabel 5.4 dapat dijelaskan bahwa untuk variabel diameter lingkaran luar menghasilkan nilai kapabilitas proses (Cpm) yaitu $Cpm \leq 1,00$. Hasil ini menunjukkan bahwa proses dianggap tidak cukup mampu untuk mencapai target kualitas dan tidak kompetitif.

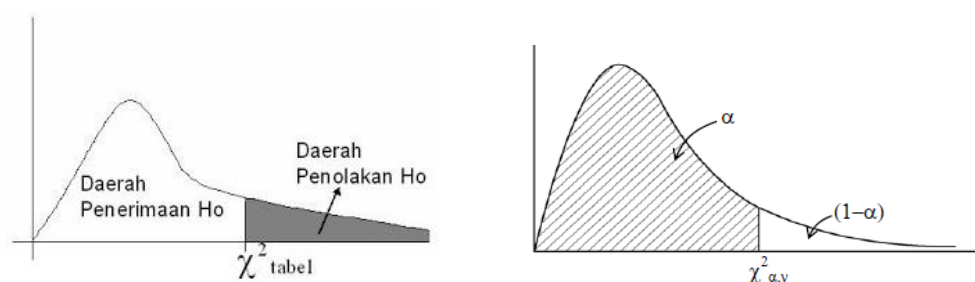
Sedangkan untuk variabel diameter lingkaran dalam dan variabel ketebalan permukaan lingkaran menghasilkan nilai kapabilitas proses (Cpm) yaitu $1,00 \leq Cpm \leq 1,99$. Hasil ini menunjukkan bahwa proses dianggap cukup mampu untuk mencapai target kualitas, namun perlu upaya untuk peningkatan kualitas menuju tingkat kegagalan nol.

Kemudian untuk Indeks Performansi Kane (Cpk) variabel diameter lingkaran luar dan variabel diameter lingkaran dalam memiliki nilai $Cpk < 1$, hasil ini menunjukkan bahwa proses pada variabel ini dianggap belum cukup mampu untuk memenuhi spesifikasi yang diinginkan costomer. Sedangkan variabel ketebalan permukaan lingkaran memiliki nilai $Cpk > 1$, hasil ini menunjukkan bahwa proses pada variabel ini dianggap cukup

mampu untuk memenuhi spesifikasi yang diinginkan customer, namun perlu upaya untuk peningkatan kualitas menuju tingkat kegagalan nol.

Untuk nilai Indeks Kapabilitas Proses kane (Cpmk) ketiga variabel yaitu variabel diameter lingkaran luar dan variabel diameter lingkaran dalam, dan variabel diameter lingkaran luar dan variabel diameter lingkaran dalam memiliki nilai < 1 , hasil ini menunjukkan bahwa ketiga proses variabel ini belum mampu untuk memenuhi spesifikasi yang diinginkan customer.

Dari hasil perhitungan sebelumnya mengatakan bahwa proses produksi komponen high low link bush dianggap belum terkendali karena terdapat titik yang masih bervariasi naik turun, sehingga menyebabkan terjadinya cacat produk. Variasi proses produksi tersebut dapat dikaji lebih lanjut yang berkaitan dengan batas toleransi maksimum standar deviasi (Smax) yang dilakukan pada tingkat sigma proses pada masing-masing variabel dengan uji hipotesis chi-kuadrat. Uji hipotesis chi-kuadrat dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis kestabilan proses produksi komponen high low link bush yang ditinjau dari segi variasi proses terhadap toleransi maksimum standar deviasi yang dilakukan pada tingkat sigma proses masing-masing variabel. Berikut uji hipotesis chi kuadrat untuk satu batas spesifikasi yang dilakukan pada masing-masing variabel dengan memakai tabel chi-kuadrat berikut;



Gambar 5.1 Kurva Chi-Kuadrat

a. Variabel diameter lingkaran luar

Diketahui:

Nilai $S_{max} = 0,0889$

$S = 0,107003$

Dengan uji hipotesis chi-kuadrat dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuat hipotesis

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

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

2. Menghitung nilai chi-kuadrat (χ^2_{hitung})

$$\begin{aligned}\chi^2_{hitung} &= \left\{ \frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} \right\} \\ &= \left\{ \frac{(135-1) \times (0,107003)^2}{(0,0889)^2} \right\} \\ &= 194,130\end{aligned}$$

3. Mencari nilai chi-kuadrat tabel pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,95$

$$\chi^2_{tabel} = (0,95 ; 135-1)$$

$$\chi^2_{tabel} = (0,95 ; 134) = 77,929$$

4. Membandingkan nilai χ^2_{hitung} dengan χ^2_{tabel}

$$\chi^2_{hitung} = 194,130 > \chi^2_{tabel} = 77,929$$

5. Membuat keputusan

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{tabel}$ maka H_0 diterima. Hal ini berarti bahwa proses tidak stabil.

b. Variabel diameter lingkaran dalam

Diketahui:

Nilai $S_{max} = 0,148148$

$S = 0,068151$

Dengan uji hipotesis chi-kuadrat dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuat hipotesis

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

$$H_1 : \sigma^2 \leq (S_{max})^2 \rightarrow \text{proses stabil}$$

2. Menghitung nilai chi-kuadrat (χ^2_{hitung})

$$\begin{aligned}\chi^2_{hitung} &= \left\{ \frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} \right\} \\ &= \left\{ \frac{(135-1) \times (0,068151)^2}{(0,148148)^2} \right\} \\ &= 28,356\end{aligned}$$

3. Mencari nilai chi-kuadrat tabel pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,95$

$$\chi^2_{tabel} = (0,95 ; 135-1)$$

$$\chi^2_{tabel} = (0,95 ; 134) = 77,929$$

4. Membandingkan nilai χ^2_{hitung} dengan χ^2_{tabel}

$$\chi^2_{hitung} = 28,356 < \chi^2_{tabel} = 77,929$$

5. Membuat keputusan

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa

$\chi^2_{hitung} < \chi^2_{tabel}$ maka H_0 ditolak. Hal ini berarti bahwa proses stabil.

- c. Variabel ketebalan permukaan lingkaran

Diketahui:

$$\text{Nilai } S_{max} = 0,020202$$

$$S = 0,01974$$

Dengan uji hipotesis chi-kuadrat dengan langkah-langkah sebagai berikut:

6. Membuat hipotesis

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

$$H_1 : \sigma^2 \leq (S_{max})^2 \rightarrow \text{proses stabil}$$

7. Menghitung nilai chi-kuadrat (χ^2_{hitung})

$$\begin{aligned}\chi^2_{hitung} &= \left\{ \frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} \right\} \\ &= \left\{ \frac{(135-1) \times (0,01974)^2}{(0,020202)^2} \right\} \\ &= 127,941\end{aligned}$$

8. Mencari nilai chi-kuadrat tabel pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,95$

$$x^2_{\text{tabel}} = (0,95 ; 135-1)$$

$$x^2_{\text{tabel}} = (0,95 ; 134) = 77,929$$

9. Membandingkan nilai x^2_{hitung} dengan x^2_{tabel}

$$x^2_{\text{hitung}} = 127,941 > x^2_{\text{tabel}} = 77,929$$

10. Membuat keputusan

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa $x^2_{\text{hitung}} > x^2_{\text{tabel}}$ maka H_0 diterima. Hal ini berarti bahwa proses tidak stabil.

Hasil rekapitulasi uji stabilitas dari ketiga variabel yang dikaji dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut.

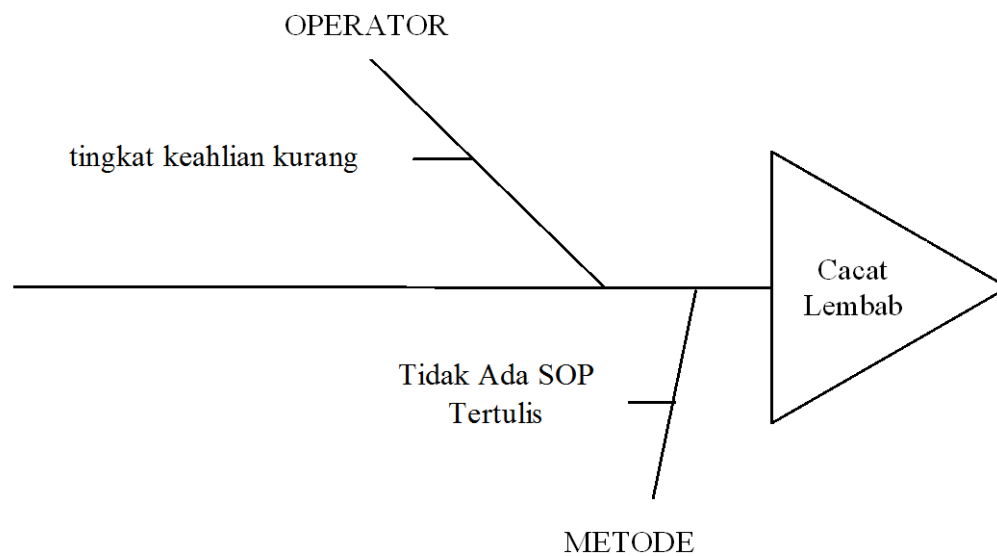
Tabel 5.5 Uji Hipotesis Chi-Kuadrat Data Variabel

No	Variabel	Chi-kuadrat hitung (x^2_{hitung})	Chi-kuadrat tabel (x^2_{tabel})	perbandingan	Keterangan
1	Diameter lingkaran luar	194,130	77,929	$x^2_{\text{hitung}} > x^2_{\text{tabel}}$	Tidak stabil
2	Diameter lingkaran dalam	28,356	77,929	$x^2_{\text{hitung}} < x^2_{\text{tabel}}$	Stabil
3	Ketebalan permukaan lingkaran	127,941	77,929	$x^2_{\text{hitung}} > x^2_{\text{tabel}}$	Tidak stabil

Uji hipotesis dilakukan pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,95$ dengan $n = 135$. Hasil dari uji hipotesis menunjukkan bahwa proses produksi komponen high low link bush untuk variabel diameter lingkaran luar dan ketebalan permukaan lingkaran tidak stabil. Sedangkan untuk variabel diameter lingkaran dalam memiliki nilai proses stabil. Ketidakstabilan proses produksi ini disebabkan karena tidak terkendalinya proses produksi yang digambarkan dalam peta kendali rata-rata X-bar dengan variasi proses telah melewati batas toleransi maksimum standar deviasi pada tingkat sigma proses masing-masing variabel. Dengan adanya variasi/cacat yang terjadi hal ini menunjukkan bahwa proses belum mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan batas-batas spesifikasi yang telah ditentukan.

5.1.3 Mengidentifikasi Sumber Penyebab Kecacatan Produk

Untuk mengidentifikasi sumber penyebab kecacatan komponen high low link bush berdasarkan jenis cacat yang sering terjadi pada produk. Adapun jenis-jenis cacat yang terjadi yaitu cacat lembab dan kempot. Diantara kedua jenis cacat tersebut jenis cacat yang sering terjadi adalah jenis cacat lembab. Setelah diketahui jenis cacat yang sering terjadi, maka perlu mengambil langkah-langkah perbaikan untuk mencegah timbulnya produk cacat yang serupa. Sebagai alat bantu untuk mengidentifikasi sumber penyebab terjadinya produk cacat tersebut, digunakan diagram sebab akibat atau *fishbone*. Penggunaan diagram *fishbone* untuk menelusuri sumber penyebab kecacatan yang paling dominan yaitu lembab maka dapat dilihat pada gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.2 Diagram Fishbone Cacat Lembab

Berdasarkan hasil *Fishbone diagram* diatas bahwa akar penyebab kecacatan produk komponen high low link bush dipengaruhi oleh 2 faktor, yaitu faktor opearator dan metode.

1. Manusia

Yang bertugas untuk settingan parameter mesin pada proses injeksi adalah koordinator dan moldseter. Hal ini dikarenakan hanya moldseter dan bagian tool yang melakukan *trial* molding. Jadi, yang mengetahui data standar parameter settingan mesin hanya moldseter dan koordinator. Hal ini sebabkan belum adanya data parameter secara tertulis yang dapat menjadikan acuan bagi operator sebagai pemula. Oleh karena itu operator belum mengetahui standar parameter settingan mesin secara tertulis.

2. Metode

Cacat lembab dapat terjadi salah satunya disebabkan oleh faktor metode yaitu tidak ada SOP secara tertulis khususnya dalam mengoperasikan mesin injeksi. Operator

menjalankan mesin ketika settingan parameter mesin masih belum sesuai dengan standar dan suhu heater mesin masih terlalu panas. Hal ini dapat dibuktikan dengan terjadinya cacat lembab akibat suhu heater mesin diatas batas kendali yaitu 190°C . Adapun tahapan settingan suhu heater proses injeksi yang menjadi standar settingan suhu heater untuk bahan Celcon M90 sebagai berikut.

- a. Heater 1 = 140°C
- b. Heater 2 = 160°C
- c. Heater 3 = 170°C
- d. Heater 4 = heater nozzel 180°C

Pada awal proses injeksi settingan suhu heater 3 dan 4 dinaikkan melebihi standar yang telah ditentukan, yaitu suhu heater 3 sebesar 190°C dan suhu heater 4 sebesar 200°C , dengan memerlukan waktu 15 sampai 20 menit untuk mencapai suhu maksimal. Ketika pada pertengahan proses berlangsung suhu diturunkan kembali sesuai dengan standar yaitu suhu heater 3 sebesar 170°C dan suhu heater 4 sebesar 180°C , agar hasil produk injeksi tidak mengalami cacat.

Suhu heater nozzel adalah suhu yang membuat bahan Celcon M90 berada pada titik lebur atau mencair dengan suhu sebesar 180°C . Settingan suhu heater nozzel memiliki batas suhu maksimum dan minimum. Batas maksimum memiliki suhu heater sebesar 190°C sedangkan batas minimum sebesar 170°C . Jika settingan suhu diatas 190°C maka dapat menyebabkan lembab pada produk akhir. Dan jika settingan suhu dibawah 170°C maka dapat menyebabkan biji plastiknya tidak mencair dengan maksimal. Pada proses injeksi komponen high low link bush menggunakan 6 buah mesin 150 ton, dengan memakai mesin yang berbeda maka diperlukan settingan suhu yang berbeda pada setiap mesin. Akan tetapi tetap pada standar suhu dan batas suhu yang sama. Pada mesin injeksi memiliki 6 parameter program settingan mesin yaitu:

- 1. *Temperature* (temperatur)
- 2. *Injection pressure* (tekanan injeksi)
- 3. *Injection speed* (kecepatan injeksi)

4. *Holding pressure* (memegang tekanan)
5. *Holding speed* (memegang kecepatan)
6. *Holding time* (memegang waktu)

5.1.4 *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)*

Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) dihasilkan melalui hasil analisis dari diagram fishbone yang dinilai berdasarkan interview pada operator khususnya dibagian produksi komponen high low link bush. *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)* digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kegagalan yang terjadi pada produk dan mengurutkan tersebut berdasarkan nilai RPN paling tinggi yang harus dilakukan perbaikan terlebih dahulu untuk cacat lembab dengan menggunakan tabel formulir FMEA.

Tabel 5.6 formulir FMEA cacat lembab

<i>Severity (S)</i> = tingkat keparahan					
<i>Occurence (O)</i> = probabilitas kegagalan muncul					
<i>Detection (O)</i> = probabilitas kegagalan dapat dideteksi					
RPN (<i>Risk Priority Number</i>) = $Severity (S) \times Occurrence (O) \times Detection (D)$					
CTQ	<i>Potential Cause</i>	Nilai			RPN
		S	O	D	
Cacat	Tingkat keahlian kurang	5	3	3	45
Lembab	Tidak ada SOP secara tertulis	5	2	3	30

Dari hasil perhitungan FMEA pada cacat lembab menunjukkan bahwa nilai RPN tertinggi pertama berada pada modus kegagalan potensial dari Tingkat keahlian kurang dengan nilai RPN sebesar 45. Masalah ini menunjukkan bahwa derajat keparahan

(*severity* (S)) memiliki nilai sebesar 5 yang berarti cukup parah (*moderate effect*). Kemudian peluang kegagalan muncul (*ccurance* (O)) memiliki nilai sebesar 3 yang berarti lemah (*Low (relatively few failure)*). Dan peluang kegagalan dapat terdeteksi (*detection* (D)) memiliki nilai sebesar 3 yang berarti lemah (*low*).

Untuk nilai RPN tertinggi kedua berada pada modus kegagalan potensial dari Tidak ada SOP secara tertulis dengan nilai RPN sebesar 30. Masalah ini menunjukkan bahwa derajat keparahan (*severity* (S)) memiliki nilai sebesar 5 yang berarti cukup parah (*moderate effect*). Kemudian peluang kegagalan muncul (*ccurance* (O)) memiliki nilai sebesar 2 yang berarti lemah (*Low (relatively few failure)*). Dan peluang kegagalan dapat terdeteksi (*detection* (D)) memiliki nilai sebesar 3 yang berarti lemah (*low*).

5.2 Tahap *Improve* (Peningkatan)

Setelah mengidentifikasi dan menganalisis faktor penyebab terjadinya produk cacat, maka perlu melakukan peningkatan (*improve*) guna untuk menghilangkan atau memecahkan masalah yang terjadi yaitu produk cacat serta memperbaiki kinerja pada proses produksi, sehingga dapat memperbaiki tingkat kegagalan/cacat produk dengan menggunakan metode 5W+1H (*What, Why, Who, Where, When* dan *How*). Tindakan perbaikan dapat dilakukan dengan menggunakan metode 5W+1H berdasarkan urutan dari faktor kegagalan potensial yang merupakan hasil dari analisis metode FMEA.

Adapun tindakan perbaikan yang dapat dilakukan untuk faktor penyebab cacat lembab dapat dilihat dalam tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.7 Tindakan Perbaikan dengan 5W+1H untuk Cacat Lembab

5W+1H	Deskripsi
<i>What ?</i>	Apa penyebab terjadinya cacat lembab? Penyebab terjadinya cacat lembab pada produksi komponen high low link bush disebabkan adanya ketidaksempurnaan pada proses produksi yang mengakibatkan ketidakstabilan pada proses sehingga menjadi penyebab cacat lembab pada produk yang dihasilkan.
<i>Why ?</i>	Mengapa rencana perbaikan perlu dilakukan? karena proses produksibelum stabil, kapabilitas proses masih rendah dan nilai sigma masih rendah artinya tingkat kecacatan produk masih besar akibat proses belum terkelola dengan baik sehingga dengan perencanaan perbaikan diharapkan dapat digunakan untuk mengurangi cacat, sehingga produk yang dihasilkan memenuhi target spesifikasi dan proses produksi berjalan dengan stabil serta kapabilitas produksi dapat meningkat.
<i>Where ?</i>	Dimana tindakan perbaikan dilakukan? perbaikan ini akan dilakukan pada lini produksiyang mempunyai tingkat kecacatan potensial yaitu pada tahap mulai proses injeksi yaitu pada settingan parameter mesin.
<i>When ?</i>	Kapan tindakan perbaikan dilakukan? perbaikan ini akan dilakukan secepatnya, setelah mengetahui tingkat kapabilitas dan stabilitas proses produksi serta faktor-faktor penyebab cacat.

5W+1H	Deskripsi
<i>Who ?</i>	Siapa yang melakukan tindakan perbaikan? Tindakan perbaikan dilakukan oleh pihak manajemen yang terkait proses produksi.
<i>How ?</i>	Bagaimana cara tindakan perbaikan dilakukan? a. Pemberian pelatihan-pelatihan kepada pekerja yang kurang ahli terutama karyawan kontrak. b. Manajemen melakukan kontrol secara penuh setiap kecacatan yang terjadi di bagian produksi.

5.3 Tahap *Control* (Pengawasan)

Pada tahap ini akan diberikan konsep pengendalian sehingga diharapkan apabila terjadi suatu masalah maka dapat dengan segera diatasi, dan diharapkan masalah yang ada tidak terulang kembali. Konsep pengendalian yang diberikan pada dasarnya berupa intruksi kerja atau petunjuk kerja pada saat melakukan proses produksi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dari penelitian ini maka dapat diambil kesimpulan bahwa kondisi proses produksi komponen high low link bush dengan menggunakan metode DMAIC sebagai berikut:

1. Variabel diameter lingkaran luar menghasilkan nilai DPMO sebesar 226627 dengan tingkat sigma 2,25 dan nilai kapabilitas proses (C_{pm}) sebesar 0,088736. Dan variabel ketebalan permukaan lingkaran menghasilkan nilai DPMO sebesar 280 dengan tingkat sigma 4,95 dan nilai kapabilitas proses (C_{pm}) sebesar 1,36889. Hasil kedua variabel ini menunjukkan bahwa nilai DPMO masih bervariasi naik turun. Dengan ini dapat dikatakan bahwa proses produksi untuk kedua variabel tersebut belum konsisten untuk menuju ke tingkat kualitas 3,4 (*zero defect*) setiap satu juta kesempatan dan nilai sigma ke tingkat 6. Variabel diameter lingkaran luar memiliki kapabilitas proses (C_{pm}) $0,088736 < 1,00$ maka dapat dikatakan kapabilitas prosesnya belum stabil masih rendah dan tidak kompetitif. Akan tetapi variabel ketebalan permukaan lingkaran memiliki kapabilitas proses (C_{pm}) yaitu $1,00 \leq 1,36889 \leq 1,99$ maka dapat dikatakan kapabilitas prosesnya belum stabil masih rendah tetapi dianggap cukup mampu mencapai target kualitas, namun perlu upaya untuk peningkatan kualitas menuju tingkat kegagalan nol.

2. Variabel diameter lingkaran dalam menghasilkan nilai DPMO sebesar 559618 dengan tingkat sigma 1,35 dan nilai kapabilitas proses (C_{pm}) sebesar 1,19871. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai DPMO masih bervariasi naik turun. Dengan ini dapat dikatakan bahwa proses produksi untuk variabel diameter lingkaran dalam belum konsisten untuk menuju ke tingkat kualitas 3,4 (*zero defect*) setiap satu juta kesempatan dan nilai sigma ke tingkat 6. Akan tetapi prosesnya sudah stabil dan dianggap cukup mampu mencapai target kualitas, namun perlu upaya untuk peningkatan kualitas menuju tingkat kegagalan nol.
3. Faktor-faktor yang menyebabkan cacat lembab pada komponen high low link bush adalah faktor manusia yaitu tingkat keahlian kurang, dan faktor metode yaitu tidak ada SOP tertulis. Dari hasil analisis perhitungan FMEA nilai RPN tertinggi berada pada faktor operator, dengan kegagalan potensial yang disebabkan oleh pengurusan tingkat keahlian kurang.
4. Usulan perbaikan proses produksi komponen high low link bush hasil analisis *six sigma* untuk mencapai tingkat cacat nol meliputi: mengkaji ulang dalam settingan parameter mesin dengan mendokumentasikan secara tertulis dikarenakan operator kurang ahli dalam mensetting parameter settingan mesin sehingga operator kurang mengetahui kapan seharusnya mesin bisa dijalankan untuk proses injeksi, dan menerapkan prosedur SOP secara tertulis dan melakukan pengawasan terhadap karyawan terkait SOP.

6.2 SARAN

Sebaiknya perusahaan perlu adanya pembahasan lebih lanjut mengenai kondisi proses produksi setelah adanya perbaikan khususnya pada proses produksi komponen high low link bush yang di tinjau dari akar penyebab cacat produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Assaf, A.F., 2009. *Mutu pelayanan kesehatan: perspektif internasional*. kedokteran EGC, jakarta.
- Assauri., Sofjan., 1998. *Manajemen operasi dan produksi*. Jakarta, LP FE UI.
- Delvis Agusman., Ahmad., Rusli Tan., 2010. *Perbaikan Kualitas Pada Proses Pengisian Produk Handbody Lotion Sachet 4 Ml Di Pt. X Dengan Metode Fuzzy Failure Mode And Effect Analysis*. Jurnal Ilmiah
- Dinda Shinta Rahmaditya., 2014. *Pengendalian Kualitas Pada Proses Produksi Cold Rolled Coil Menggunakan Six Sigma Berdasarkan Nilai Cost Of Poor Quality, Studi Kasus: Unit Ctm Pabrik Cold Rolling Mill Di Pt. Krakatau Steel Cilegon*. Jurnal Ilmiah, Yogyakarta
- Hansen., Mowen., 2001. *Manajemen Biaya, Edisi Bahasa Indonesia, Buku Dua, Edisi Pertama*. Jakarta: Salemba Empat.
- Herjanto Eddy., tanpa tahun. *Manajemen Operasi: Edisi Ketiga*. Grasindo, jakarta
- Holy icun yunarto., martinus getty santika., 2005. *Business concepts implementation series in inventory management*. Pt elix media komputindo, jakarta
- James R. Evans., william M. Lindsay., 2007. *Pengantar six sigma: an intriduction to six sigma & process improvement*. Salemba Empat, jakarta
- Kartika Hayu., 2013. *Analisis Pengendalian Kualitas Produk Cpe Film Dengan Metode Statistical Process Control Pada PT. Msi*. Jurnal Ilmiah
- Kartajaya Hermawan., tanpa tahun. *Marketing klasik indonesia*. Mizan, Markplus&Co
- Marimin., tanpa tahun. *Teknik Aplikasi pengambilan keputusan kriteria majemuk*. Grasindo, jakarta
- Nasution., M. Nur., 2005. *Manajemen mutu terpadu: Total quality management*. Jakarta : Ghalia Indonesia.
- Nursya'bani Purnama., 2006. *Manajemen Kualitas: Perpektif Global*. Ekonisia, Yogyakarta
- Nailatis Shofia., Mustafid., Sudarno., 2015. *Kajian Six Sigma Dalam Pengendalian Kualitas Pada Bagian Pengecekan Produk Dvd Players Pt X*. Jurnal Ilmiah
- Sutalaksana., 1979. *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: ITB.
- Vincent Gaspersz., 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- VincentGasperz., 2005. *Total quality management*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaa Utama
- Vincent Gaspersz., 2006. *Continous Cost Reduction Through Lean-Sigma Approach: Strategi Dramatik Reduksi Biaya Dan Pemborosan Menggunakan Pendekatan Lean-Sigma*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Vincent Gaspersz., 2007. *Lean Six Sigma For Manufacturing And Service Industries: Strategi Dramatik Reduksi Cacat/Kesalahan, Biaya, Inventori, Dan Lead Time Dalam Waktu Kurang Dari 6 Bulan*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

LAMPIRAN

Daftar nilai kritis untuk Distribusi Khi-Kuadrat

Derajat Bebas (n)	Tingkat Signifikansi (α)											
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,90	0,80	0,20	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00039	0,0002	0,0010	0,0039	0,0158	0,0642	1,6424	2,7055	3,8415	5,0239	6,6349	7,8794
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,1026	0,2107	0,4463	3,2189	4,6052	5,9915	7,3778	9,2104	12,8381
3	0,0717	0,1148	0,2158	0,3518	0,5844	1,0052	4,6416	6,2514	7,8147	9,3484	11,3449	14,8602
4	0,2070	0,2971	0,4844	0,7107	1,0636	1,6488	5,9886	7,7794	9,4877	11,1433	13,2767	16,7496
5	0,4118	0,5543	0,8312	1,1455	1,6103	2,3425	7,2893	9,2363	11,0705	12,8325	15,0863	20,2777
6	0,6757	0,8721	1,2373	1,6354	2,2041	3,0701	8,5581	10,6446	12,5916	14,4494	16,8119	21,9549
7	0,9893	1,2390	1,6899	2,1673	2,8331	3,8223	9,8032	12,0170	14,0671	16,0128	18,4753	23,5893
8	1,3444	1,6465	2,1797	2,7326	3,4895	4,5936	11,0301	13,3616	15,5073	17,5345	20,0902	26,7569
9	1,7349	2,0879	2,7004	3,3251	4,1682	5,3801	12,2421	14,6837	16,9190	19,0228	21,6660	28,2997
10	2,1558	2,5582	3,2470	3,9403	4,8652	6,1791	13,4420	15,9872	18,3070	20,4832	23,2093	29,8193
11	2,6032	3,0535	3,8157	4,5748	5,5778	6,9887	14,6314	17,2750	19,6752	21,9200	24,7250	31,3194
12	3,0738	3,5706	4,4038	5,2260	6,3038	7,8073	15,8120	18,5493	21,0261	23,3367	26,2170	32,8015
13	3,5650	4,1069	5,0087	5,8919	7,0415	8,6339	16,9848	19,8119	22,3620	24,7356	27,6882	34,2671
14	4,0747	4,6604	5,6287	6,5706	7,7895	9,4673	18,1508	21,0641	23,6848	26,1189	29,1412	37,1564
15	4,6009	5,2294	6,2621	7,2609	8,5468	10,3070	19,3107	22,3071	24,9958	27,4884	30,5780	38,5821
16	5,1422	5,8122	6,9077	7,9616	9,3122	11,1521	20,4651	23,5418	26,2962	28,8453	31,9999	39,9969
17	5,6973	6,4077	7,5642	8,6718	10,0852	12,0023	21,6146	24,7690	27,5871	30,1910	33,4087	41,4009
18	6,2648	7,0149	8,2307	9,3904	10,8649	12,8570	22,7595	25,9894	28,8693	31,5264	34,8052	42,7957
19	6,8439	7,6327	8,9065	10,1170	11,6509	13,7158	23,9004	27,2036	30,1435	32,8523	36,1908	44,1814
20	7,4338	8,2604	9,5908	10,8508	12,4426	14,5784	25,0375	28,4120	31,4104	34,1696	37,5663	46,9280
21	8,0336	8,8972	10,2829	11,5913	13,2396	15,4446	26,1711	29,6151	32,6706	35,4789	38,9322	48,2898
22	8,6427	9,5425	10,9823	12,3380	14,0415	16,3140	27,3015	30,8133	33,9245	36,7807	40,2894	49,6450
23	9,2604	10,1957	11,6885	13,0905	14,8480	17,1865	28,4288	32,0069	35,1725	38,0756	41,6383	50,9936
24	9,8862	10,8563	12,4011	13,8484	15,6587	18,0618	29,5533	33,1962	36,4150	39,3641	42,9798	52,3355
25	10,5196	11,5240	13,1197	14,6114	16,4734	18,9397	30,6752	34,3816	37,6525	40,6465	44,3140	53,6719
26	11,1602	12,1982	13,8439	15,3792	17,2919	19,8202	31,7946	35,5632	38,8851	41,9231	45,6416	55,0025
27	11,8077	12,8785	14,5734	16,1514	18,1139	20,7030	32,9117	36,7412	40,1133	43,1945	46,9628	56,3280
28	12,4613	13,5647	15,3079	16,9279	18,9392	21,5880	34,0266	37,9159	41,3372	44,4608	48,2782	58,9637
29	13,1211	14,2564	16,0471	17,7084	19,7677	22,4751	35,1394	39,0875	42,5569	45,7223	49,5878	60,2746
30	13,7867	14,9535	16,7908	18,4927	20,5992	23,3641	36,2502	40,2560	43,7730	46,9792	50,8922	61,5811
35	17,1917	18,5089	20,5694	22,4650	24,7966	27,8359	41,7780	46,0588	49,8018	53,2033	57,3420	68,0526
40	20,7066	22,1642	24,4331	26,5093	29,0505	32,3449	47,2685	51,8050	55,7585	59,3417	63,6908	75,7039
45	24,3110	25,9012	28,3662	30,6123	33,3504	36,8844	52,7288	57,5053	61,6562	65,4101	69,9569	82,0006
50	27,9908	29,7067	32,3574	34,7642	37,6886	41,4492	58,1638	63,1671	67,5048	71,4202	76,1538	89,4770
55	31,7349	33,5705	36,3981	38,9581	42,0596	46,0356	63,5772	68,7962	73,3115	77,3804	82,2920	95,6492
60	35,5344	37,4848	40,4817	43,1880	46,4589	50,6406	68,9721	74,3970	79,0820	83,2977	88,3794	101,7757
65	39,3832	41,4436	44,6030	47,4496	50,8829	55,2620	74,3506	79,9730	84,8206	89,1772	94,4220	109,0742
70	43,2753	45,4417	48,7575	51,7393	55,3289	59,8978	79,7147	85,5270	90,5313	95,0231	100,4251	115,1163
75	47,2061	49,4751	52,9419	56,0541	59,7946	64,5466	85,0658	91,0615	96,2167	100,8393	106,3929	122,3244
80	51,1719	53,5400	57,1532	60,3915	64,2778	69,2070	90,4053	96,5782	101,8795	106,6285	112,3288	128,2987
85	55,1695	57,6339	61,3888	64,7494	68,7771	73,8779	95,7343	102,0789	107,5217	112,3933	118,2356	134,2466
90	59,1963	61,7540	65,6466	69,1260	73,2911	78,5584	101,0537	107,5650	113,1452	118,1359	124,1162	141,3509
95	63,2495	65,8983	69,9249	73,5198	77,8184	83,2478	106,3643	113,0377	118,7516	123,8580	129,9725	147,2468
100	67,3275	70,0650	74,2219	77,9294	82,3581	87,9453	111,6667	118,4980	124,3421	129,5613	135,8069	153,1215

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gasperz (2002)

Daftar Nilai-nilai untuk Pendugaan Standar Deviasi

Ukuran Contoh (n)	Nilai-nilai d_2 Untuk Pendugaan S
2	1,128
3	1,693
4	2,059
5	2,326
6	2,534
7	2,704
8	2,847
9	2,970
10	3,078
11	3,173
12	3,258
13	3,336
14	3,407
15	3,472
16	3,532
17	3,588
18	3,640
19	3,689
20	3,735
21	3,778
22	3,819
23	3,858
24	3,895
25	3,931
30	4,086
40	4,322
50	4,498
60	4,639
70	4,755
80	4,854
90	4,939
100	5,015

Bahan Utama Komponen High Low Link Bush (Celcon M90)



Bahan pewarna Komponen High Low Link Bush (Brown 7256)



Mesin injeksi komponen high low link bush



Molding Komponen High Low Link Bush



Proses injeksi komponen high low link bush



Proses Finishing



Produk Cacat



Cacat Lembab

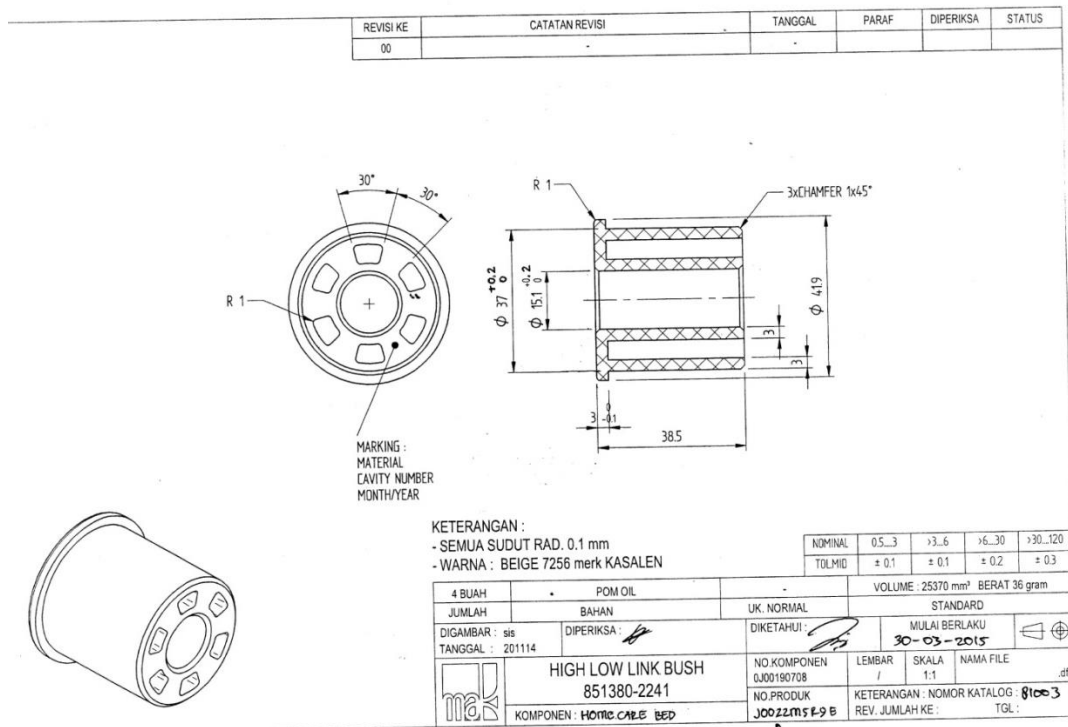


Cacat Kempot

Produk Jadi Hasil Finishing

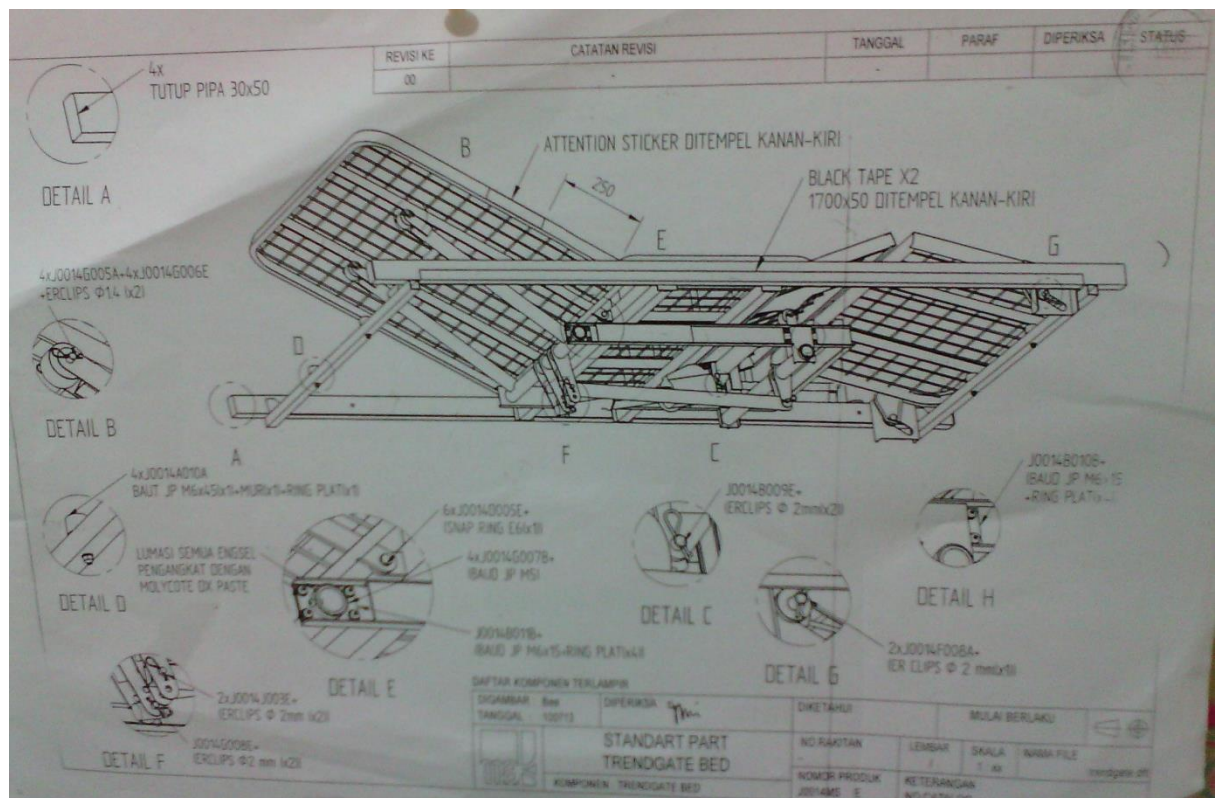


Produk Trendgate Bed



Ukuran Spesifikasi Variabel Komponen High Low Link Bush





Ukuran Spesifikasi Variabel Produk Trendgate Bed