

**PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI UNTUK MENURUNKAN JUMLAH
KECACATAN PRODUK DENGAN METODE SIX SIGMA**

(Studi kasus di PT.Madubaru)

TUGAS AKHIR

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



Nama : Mirza Assidiqi
No. Mahasiswa : 12 522 221

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

PERNYATAAN KEASLIAN

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

Yogyakarta, 8 Oktober 2016



Mirza Assidiqi
NIM 12 522 221

SURAT KETERANGAN SELESAI



PT MADUBARU

PG.PS.MADUKISMO

SURAT KETERANGAN

No. : S/43 /DIR/MB/X/2016

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa,

N a m a : Mirza Assidiqi.
N I M : 12522221

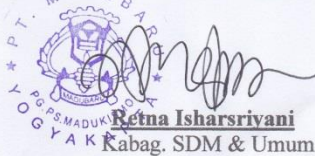
Adalah mahasiswa Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, yang telah selesai melaksanakan penelitian di Bagian Pabrikasi Pabrik Gula Madukismo Yogyakarta mulai tanggal 16 Mei 2016 s/d 16 Juni 2016.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 4 Oktober 2016

a/n, Direktur PT Madubaru

Retna Isharsrivani
Kabag. SDM & Umum



LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI UNTUK MENURUNKAN
JUMLAH KECACATAN PRODUK DENGAN METODE SIX SIGMA**

(Studi kasus di PT.Madubaru)

TUGAS AKHIR

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

Disusun Oleh :

MIRZA ASSIDIQI

NIM. 12 522 221

Yogyakarta, 8 Oktober 2016

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Agus Mansur, S.T., M.Eng.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI UNTUK MENURUNKAN
JUMLAH KECACATAN PRODUK DENGAN METODE SIX SIGMA****(Studi kasus di PT.Madubaru)**

Disusun Oleh :

MIRZA ASSIDIQI**NIM. 12 522 221**

**Telah dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 28 Oktober 2016**

Tim Penguji**Agus Mansur, S.T., M.Eng.Sc.****Ketua****Mohammad Ibnu Mastur, Drs. MSIE.****Anggota I****Vembri Noor Helia, S.T., M.T.****Anggota II**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

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

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya ini untuk Abi M.Hamdani dan Mama Atika sebagai kedua orangtua saya, kakak saya Nadia Hanum, adik saya Hafizh Raihan, kakek saya Alm.Hamid Ussainar dan Alm.Achmad Bahanan, nenek saya Alm.Halimah dan Gamar Babher, seluruh keluarga besarku, Gina Fadhilah dan Group Keluarga Love Ruwet Forever serta keluarga Teknik Industri 2012 yang selalu memberi doa, dukungan dan semangat yang tiada hentinya.

Terimakasih dan doa selalu ku ucapkan untukmu keluargaku yang kucinta dan tersayang. Terimakasih untuk semua semangat, ilmu, pengalaman, dan bantuan yang telah diberikan.

Semoga Allah SWT menjadikan kita semua hamba yang berilmu dan beramal soleh.

Aamiin

HALAMAN MOTTO

وَعَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ قَالَ: وَمَنْ سَلَكَ طَرِيقًا يَلْتَمِسُ
فِيهِ عِلْمًا، سَهَّلَ اللَّهُ لَهُ طَرِيقًا إِلَى الْجَنَّةِ

“Barang siapa menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga.” (H.R Muslim)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat kemurahan-Nya pelaksanaan Tugas Akhir sekaligus penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan sesuai dengan yang diharapkan. Serta tidak lupa sholawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW dan penerusnya yang telah membawa Islam kepada seluruh umat manusia.

Tugas Akhir yang berjudul “Perancangan Perbaikan Kualitas Proses Produksi Untuk Menurunkan Jumlah Kecacatan Produk Dengan Metode *Six Sigma*” ini dibuat dalam rangka memenuhi salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar sarjana Stratum Satu pada jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir, penulis tidak lepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan secara langsung maupun tidak langsung, oleh sebab itu dengan penuh rasa syukur penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Yuli Agusti Rochman, ST., M.Eng Selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Agus Mansur, S.T., M.Eng.Sc yang selalu membimbing, memberikan arahan, saran, dan masukan dalam penyelesaian skripsi.
4. Bapak Purwoto selaku pembimbing lapangan di PT.Madubaru PG Madukismo yang selalu memberikan penjelasan.
5. Kedua orang tua, kakak, adik, dan seluruh keluarga atas segala do'a dan restunya.
6. Teman-teman Teknik Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberi semangat.
7. Semua pihak yang terkait yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Laporan ini.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi seluruh pihak. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini banyak ditemui kekurangan, sehingga dengan kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun.

Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Yogyakarta, 8 Oktober 2016

Mirza Assidiqi

ABSTRAK

Six Sigma merupakan suatu metode atau teknik pengendalian dan peningkatan kualitas dramatik dengan sasaran peningkatan kapabilitas proses untuk mencapai *zero defect* dan menghilangkan variasi yang ada. Metode ini digunakan peneliti di PT. Madubaru Pabrik Gula Madukismo yang merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri manufaktur yang memproduksi Gula Kristal Putih *Superior Head Sugar I* (SHS I) sebagai produk utamanya. Permasalahan yang sedang dihadapi oleh PT. Madubaru PG Madukismo saat ini adalah kualitas pada produk gulanya, tiap tahun selalu mendapatkan gula afkir atau gula yang cacat setelah proses produksi, jumlahnya pun sangat banyak yaitu hingga ratusan ton, seperti pada periode giling tahun 2015 didapatkan sebesar 2.743 kuintal. Pada penelitian ini, perhitungan dilakukan per bulan selama periode giling Mei-Oktober 2015 dan menggunakan data atribut serta variabel. Untuk data atribut hasil penelitian menunjukkan nilai DPMO terbesar yaitu pada bulan Mei sebesar 17.628,34, nilai kapabilitas sigma tertinggi yang diperoleh yaitu pada bulan Agustus sebesar 5,01 sigma, sedangkan untuk data variabel didapatkan DPMO sebesar 36.525,27 dan sigma sebesar 3,29. Sementara hasil dari Indeks Kapabilitas Proses tertinggi yang diperoleh yaitu juga pada bulan Agustus dengan nilai untuk data atribut 0,999 sedangkan untuk data variabel Indeks Kapabilitas Proses (Cpm) sebesar 0,688, Indeks Performansi Kane (Cpk) sebesar 0,603, dan Indeks Kapabilitas Performansi Kane (Cpmk) sebesar 0,519, namun semua nilai Indeks Kapabilitas Proses dari data atribut maupun variabel dari Mei-Oktober adalah < 1 ($C_p < 1$), maka kapabilitas nya rendah, perlu perbaikan proses. Berdasarkan hasil pengendalian kualitas yang telah dilakukan, didapatkan tingkat DPMO yang masih tinggi dan tingkat Kapabilitas Sigma yang masih rendah, serta juga didapatkan tingkat kecacatan gula berwarna kekuningan sebagai cacat yang paling tinggi yaitu 956 Kuintal. Dalam penelitian ini juga dimasukkan data *inventory*, karena dalam hal ini *inventory* adalah bagian dari akibat adanya gula afkir. Berdasarkan metode *Six Sigma* dan *tools* di dalamnya yang telah diimplementasikan dalam penelitian ini, maka kebijakan utama yang harus dijalankan oleh perusahaan yaitu pada saat selesai giling dilakukan pembersihan, pengecekan dan perbaikan pada komponen mesin pada stasiun pemurnian dan penguapan.

Kata kunci: Six Sigma, DPMO, Nilai Kapabilitas Sigma, Gula Kristal Putih, Indeks Kapabilitas Proses.

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| PERNYATAAN KEASLIAN..... | ii |
| SURAT KETERANGAN SELESAI | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING | iv |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI..... | v |
| PERSEMBAHAN | vi |
| HALAMAN MOTTO | vii |
| KATA PENGANTAR..... | viii |
| ABSTRAK | ix |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 5 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA..... | 7 |
| 2.1 Kajian Induktif..... | 7 |
| 2.2 Kajian Deduktif..... | 11 |
| 2.2.1 Kualitas..... | 11 |
| 2.2.2 <i>Six Sigma</i> | 13 |
| 2.2.3 Karakteristik Kualitas (CTQ)..... | 18 |
| 2.2.4 Kapabilitas Proses | 18 |
| 2.2.5 Konsep DMAIC..... | 19 |

| | |
|---|------------|
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 30 |
| 3.1 Objek Penelitian..... | 30 |
| 3.2 Metode Pengumpulan Data..... | 30 |
| 3.3 Kerangka Penelitian..... | 30 |
| 3.3.1 <i>Flowchart</i> | 31 |
| BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA..... | 42 |
| 4.1 Pengumpulan Data..... | 42 |
| 4.1.1 Proses Produksi..... | 42 |
| 4.1.2 Data Produksi Gula Kristal Putih | 47 |
| 4.2 Pengolahan Data | 55 |
| 4.2.1 <i>Define</i> | 55 |
| 4.2.2 <i>Measure</i> | 57 |
| BAB V PEMBAHASAN | 90 |
| 5.1 <i>Analyze</i> | 90 |
| 5.1.1 Menentukan Indeks Kapabilitas Proses Data Atribut..... | 90 |
| 5.1.2 Menentukan Stabilitas dan Kapabilitas Proses Data Variabel Kekentalan Nira II..... | 91 |
| 5.1.3 Identifikasi Sumber Penyebab Kecacatan Produk | 94 |
| 5.2 <i>Improve</i> | 96 |
| 5.3 Identifikasi <i>Critical to Quality</i> (CTQ) / Kriteria Karakteristik Kualitas..... | 97 |
| 5.4 Pengukuran Tingkat Kecacatan Proses dan <i>Output</i> Data Atribut..... | 97 |
| 5.5 Pengukuran Tingkat Kecacatan Proses dan <i>Output</i> Data Variabel..... | 97 |
| BAB VI KESIMPULAN..... | 98 |
| 6.1 Kesimpulan | 98 |
| 6.2 Saran | 99 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 100 |
| LAMPIRAN | 102 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Posisi Peneliti..... | 9 |
| Tabel 2.2 Perbedaan <i>True</i> 6-Sigma dengan Motorola 6-Sigma..... | 15 |
| Tabel 2.3 Konversi Nilai Sigma. | 16 |
| Tabel 2.4 Cara Memperkirakan Kapabilitas Proses Data Variabel | 23 |
| Tabel 2.5 Cara Memperkirakan Kapabilitas Proses Data Atribut | 24 |
| Tabel 4.1 Data Produksi Periode Mei 2015..... | 47 |
| Tabel 4.2 Data Produksi Periode Juni 2015..... | 47 |
| Tabel 4.3 Data Produksi Periode Juli 2015..... | 48 |
| Tabel 4.4 Data Produksi Periode Agustus 2015 | 48 |
| Tabel 4.5 Data Produksi Periode September 2015 | 49 |
| Tabel 4.6 Data Produksi Periode Oktober 2015 | 50 |
| Tabel 4.7 % SHS Diluar Target..... | 50 |
| Tabel 4.8 Data <i>Inventory</i> SHS I dan HS II Mei 2015..... | 51 |
| Tabel 4.9 Data <i>Inventory</i> SHS I dan HS II Juni 2015..... | 51 |
| Tabel 4.10 Data <i>Inventory</i> SHS I dan HS II Juli 2015 | 52 |
| Tabel 4.11 Data <i>Inventory</i> SHS I dan HS II Agustus 2015 | 52 |
| Tabel 4.12 Data <i>Inventory</i> SHS I dan HS II September 2015 | 53 |
| Tabel 4.13 Data <i>Inventory</i> SHS I dan HS II Oktober | 54 |
| Tabel 4.14 Data Produksi Gula (Tidak Mencapai Target)..... | 54 |
| Tabel 4.15 Data Variabel Pengukuran Nira Kental II | 55 |
| Tabel 4.16 Diagram Pareto Persentase Critical to Quality Gula Afkir / Defect..... | 58 |
| Tabel 4.17 Peta Kendali p – Bulan Mei 2015..... | 59 |
| Tabel 4.18 Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma – Bulan Mei 2105..... | 60 |
| Tabel 4.19 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Data Atribut Bulan Mei | 62 |
| Tabel 4.20 Peta Kendali p – Bulan Juni 2015..... | 63 |
| Tabel 4.21 Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma – Bulan Juni 2105..... | 64 |
| Tabel 4.22 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Data Atribut Bulan Juni | 66 |
| Tabel 4.23 Peta Kendali p – Bulan Juli 2015 | 67 |
| Tabel 4.24 Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma – Bulan Juli 2105..... | 68 |
| Tabel 4.25 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Data Atribut Bulan Juli | 70 |
| Tabel 4.26 Peta Kendali p – Bulan Agustus 2015 | 71 |
| Tabel 4.27 Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma – Bulan Agustus 2105 | 72 |
| Tabel 4.28 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Data Atribut Bulan Agustus..... | 74 |
| Tabel 4.29 Peta Kendali p – Bulan September 2015 | 75 |
| Tabel 4.30 Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma – Bulan September 2105 | 77 |
| Tabel 4.31 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Data Atribut Bulan September..... | 78 |
| Tabel 4.32 Peta Kendali p – Bulan Oktober 2015 | 79 |
| Tabel 4.33 Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma – Bulan Oktober 2105 | 80 |
| Tabel 4.34 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Data Atribut Bulan Oktober..... | 82 |
| Tabel 4.35 Pengukuran Nira Kental II..... | 85 |
| Tabel 4.36 Perhitungan DPMO dan Nilai Kapabilitas Sigma Variabel Nira Kental II .. | 85 |
| Tabel 4.37 Perhitungan DPMO dan Kapabilitas Nilai Sigma Variabel Nira Kental II .. | 87 |
| Tabel 4.38 Indeks Kapabilitas Proses (Cp) Gula Afkir | 90 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Konsep Six Sigma Motorola Distribusi Normal Bergeser 1,5 Sigma | 14 |
| Gambar 2.2 Six Sigma dan Perbaikan Proses | 17 |
| Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian | 31 |
| Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Pabrik Gula Madukismo | 46 |
| Gambar 4.2 Diagram SIPOC Divisi Fabrikasi PT.Madubaru | 56 |
| Gambar 4.3 Grafik Produksi Gula Diluar Target | 58 |
| Gambar 4.4 Grafik Peta Kendali p – Bulan Mei | 60 |
| Gambar 4.5 Grafik Tingkat DPMO | 61 |
| Gambar 4.6 Grafik Tingkat Kapabilitas Sigma | 61 |
| Gambar 4.7 Grafik Peta Kendali p – Bulan Juni | 64 |
| Gambar 4.8 Grafik Tingkat DPMO | 65 |
| Gambar 4.9 Grafik Tingkat Kapabilitas Sigma | 66 |
| Gambar 4.10 Grafik Peta Kendali p – Bulan Juli | 68 |
| Gambar 4.11 Grafik Tingkat DPMO | 69 |
| Gambar 4.12 Grafik Tingkat Kapabilitas Sigma | 69 |
| Gambar 4.13 Grafik Peta Kendali p – Bulan Agustus | 72 |
| Gambar 4.14 Grafik Tingkat DPMO | 73 |
| Gambar 4.15 Grafik Tingkat Kapabilitas Sigma | 74 |
| Gambar 4.16 Grafik Peta Kendali p – Bulan September | 76 |
| Gambar 4.17 Grafik Tingkat DPMO | 77 |
| Gambar 4.18 Grafik Tingkat Kapabilitas Sigma | 78 |
| Gambar 4.19 Grafik Peta Kendali p – Bulan Oktober | 80 |
| Gambar 4.20 Grafik Tingkat DPMO | 81 |
| Gambar 4.21 Grafik Tingkat Kapabilitas Sigma | 82 |
| Gambar 4.22 Tingkat Kapabilitas Sigma Periode Mei – Oktober 2015 | 84 |
| Gambar 4.23 Grafik Tingkat DPMO Nira Kental II | 86 |
| Gambar 4.24 Grafik Tingkat Kapabilitas Sigma Nira Kental II | 87 |
| Gambar 4.25 Indeks Kapabilitas Proses (Cp) Gula Afkir | 91 |
| Gambar 4.26 Grafik Peta Kendali X Nira Kental II | 92 |
| Gambar 4.27 <i>Fishbone</i> Diagram Warna Gula Kekuningan | 95 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang memiliki banyak industri manufaktur. Industri manufaktur juga yang menjadikan Indonesia sampai saat ini mampu bersaing dengan negara-negara lain. Industri manufaktur identik dengan sesuatu yang dihasilkannya, yang disebut produk. Sebuah perusahaan tidak dapat menjadi maju apabila tidak didukung dengan hasil produk yang memiliki mutu yang tinggi, oleh karena itu sebuah perusahaan wajib melakukan pengendalian perbaikan mutu / kualitas produk.

Perbaikan kualitas menjadi sesuatu yang vital bagi sebuah perusahaan untuk menunjang kelangsungan hidup sebuah perusahaan tersebut. Salah satu metode yang tepat yaitu Six Sigma DMAIC, melalui penerapan siklus DMAIC (Define, Measure, Improve, Analyze, and Control) dalam Six Sigma, maka Indeks Kapabilitas Proses (Cp) serta *Defect per Million Opportunies* (DPMO) dapat diketahui. Oleh karena itu sangat penting penggunaan metode Six Sigma dalam melakukan perancangan perbaikan kualitas.

Menurut Zulian Yamit (2001) pengendalian kualitas adalah pengendalian kualitas kerja dan proses untuk menciptakan suatu kepuasan pelanggan dalam setiap organisasi. Perusahaan dapat dikatakan berhasil dalam persaingan apabila perusahaan tersebut berhasil mendapatkan dan mempertahankan konsumen bidikan mereka. Pihak konsumen akan dirugikan karena telah membeli produk yang mempunyai mutu atau

kualitas kurang baik, oleh karena itu kualitas telah menjadi bagian yang penting dalam setiap proses produksi. Kualitas sendiri merupakan keseluruhan karakteristik dari produk atau jasa untuk memenuhi kepuasan kepada pelanggan (Dorothea Wahyu Ariani, 2004).

Dalam upaya peningkatan kualitas pada suatu perusahaan maka terlebih dahulu harus mengetahui tingkat kemampuan proses yang telah dimiliki oleh perusahaan tersebut, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana output akhir dari proses itu dapat memenuhi untuk dapat dijadikan dasar untuk melakukan pengendalian dan peningkatan kualitas dari karakteristik output yang diukur (Joko Susetyo et al., 2011). Dengan demikian, produk akhir yang dihasilkan adalah produk yang bebas cacat dan tidak ada lagi pemborosan yang harus dibayar mahal karena produk tersebut harus dibuang atau dilakukan pengerjaan ulang (*rework*).

Harapan pelanggan akan produk yang dihasilkan juga semakin meningkat baik dari segi kuantitas maupun kualitas agar pelanggan mendapatkan kepuasan. Maka setiap perusahaan hendaknya secara terus menerus meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan oleh perusahaannya dengan selalu berusaha untuk meminimalisasi ketidaksesuaian, pemborosan, dan meningkatkan efisiensi dari keseluruhan proses produksi perusahaan. Pada umumnya konsumen akan berasumsi semakin tinggi harga suatu produk, maka kualitas produk tersebut semakin baik. Akan tetapi bila ternyata produk yang dibeli memiliki kualitas yang buruk, maka konsumen akan kecewa dan ada kemungkinan untuk tidak melakukan pembelian kembali pada produk yang sama, dengan demikian perusahaan perlu melakukan perbaikan kualitas secara berkelanjutan (Hanky Fransiscus et al., 2014).

Permasalahan yang sedang dihadapi oleh PT.Madubaru PG Madukismo saat ini adalah kualitas pada produk gulanya, tiap tahun selalu mendapatkan gula afkir atau gula yang cacat setelah proses produksi, jumlahnya pun sangat banyak yaitu hingga ratusan ton, seperti pada periode giling tahun 2015 didapatkan sebesar 2.743 kuintal / 274,3 ton gula afkir (cacat). Walaupun gula afkir tersebut tetap diolah kembali pada proses produksi tahun berikutnya, namun hal tersebut merupakan salah satu masalah terbesar yang mengakibatkan tidak dapat tercapainya target jumlah produksi dari tahun ke tahun

serta menimbulkan biaya yang besar karena harus *rework*. PT. Madubaru saat ini tidak menggunakan metode pengendalian kualitas untuk dapat menurunkan jumlah cacat produknya tersebut. Oleh karena itu penelitian ini menggunakan metode *six sigma* dengan tahapan DMAIC yang sesuai untuk memberikan usulan perbaikan kualitas sehingga dapat menurunkan jumlah gula afkir pada PT. Madubaru.

Untuk dapat mengatasi permasalahan diatas, akan digunakan metodologi Six Sigma yang memiliki 5 langkah yang disebut DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve - Control), dimana di dalam tiap tahapan tersebut digunakan berbagai metode dan alat (*tools*) baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif. Metode ini lebih dikenal sebagai sebuah metode peningkatan kualitas dan strategi bisnis yang tidak menghasilkan cacat (*defect*) melebihi 3,4 per 1 juta kesempatan (Vincent Gaspersz, 2007).

Six Sigma sebagai program kualitas juga sebagai *tool* untuk pemecahan masalah. Six sigma menekankan aplikasi *tool* ini secara metodis dan sistematis yang akan dapat menghasilkan terobosan dalam peningkatan kualitas. Metode yang sistematis ini bersifat generik sehingga dapat diterapkan dalam industri manufaktur.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dalam penelitian yang dilakukan di PT. Madubaru, peneliti menggunakan metode six sigma untuk dapat melakukan analisis pengendalian kualitas produksi guna menurunkan jumlah kecacatan produk, sehingga nantinya diharapkan dapat membawa perbaikan terhadap perusahaan tersebut yaitu pengurangan produk cacat dan perbaikan produktivitas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi pada latar belakang diatas, persoalan yang muncul dalam penelitian akan dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimana hasil pengukuran tingkat DPMO dan Kapabilitas Sigma pada hasil produksi PT. Madubaru ?
- b. Bagaimana tingkat kualitas pada hasil pengukuran terhadap *Critical to Quality* ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

- a. Penelitian ini dilakukan hanya dengan menggunakan konsep *Six Sigma* tanpa *Control*.
- b. Penelitian ini dilakukan di PT. Madubaru PG Madukismo departemen fabrikasi dalam kurun waktu 1 bulan.
- c. Data yang digunakan adalah data historis jumlah produksi, tingkat gula afkir (cacat), *inventory* dan aktivitas produksi di PT. Madubaru selama periode giling Mei-Oktober 2015.
- d. Tidak melakukan perhitungan terhadap biaya, sehingga hanya menggunakan 5W + 1H.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka dapat disusun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

- a. Mengetahui hasil pengukuran tingkat DPMO dan Kapabilitas Sigma pada hasil produksi PT. Madubaru.
- b. Mengetahui tingkat kualitas pada hasil pengukuran terhadap *Critical to Quality*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Bermanfaat bagi keilmuan di bidang Teknik Industri.
2. Menambahkan khasanah ilmu pengetahuan dalam bidang *quality control*, atau ilmu pengetahuan tentang Six Sigma konsep DMAIC.
3. Memberikan solusi terbaik dalam meningkatkan kualitas untuk menurunkan jumlah kecacatan produk.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini ditulis berdasarkan kaidah penulisan ilmiah sesuai dengan sistematika seperti berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang deskripsi pendahuluan kegiatan penelitian, mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan penelitian, tujuan yang ingin dicapai, dan manfaat penelitian serta sistematika penulisan

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini diuraikan tentang teori-teori dari referensi buku maupun jurnal serta hasil penelitian terdahulu berkaitan dengan masalah penelitian yang digunakan sebagai acuan penyelesaian masalah.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang uraian kerangka dan alur penelitian, objek penelitian yang akan diteliti dan juga metode yang digunakan dalam penelitian.

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN HASIL PENELITIAN

Berisi tentang data yang diperoleh selama penelitian dan bagaimana menganalisa data tersebut. Hasil pengolahan data ditampilkan baik dalam bentuk tabel maupun grafik. Yang dimaksud dengan pengolahan data juga termasuk analisis yang dilakukan terhadap hasil yang diperoleh. Pada sub bab ini merupakan acuan untuk pembahasan hasil yang akan ditulis pada bab V.

BAB V PEMBAHASAN

Berisi tentang pembahasan hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan dalam penelitian. Kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian sehingga menghasilkan sebuah rekomendasi.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan terhadap analisis yang dibuat dan rekomendasi atau saran-saran atas hasil yang dicapai dalam permasalahan yang ditemukan selama penelitian, sehingga perlu dilakukan rekomendasi untuk dikaji pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Daftar Tabel

Daftar Gambar

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Induktif

Peningkatan dan pengendalian kualitas proses produksi sangat penting dalam industri manufaktur, karena hal tersebut akan mempengaruhi hasil dari produk yang di produksi, yang pada akhirnya dapat menarik perhatian konsumen apabila memiliki kualitas yang baik atau tingkat kecacatan yang minim. Untuk itu sebuah industri manufaktur harus memperhatikan hal tersebut, salah satunya dengan menggunakan Six Sigma konsep DMAIC.

Berbagai penelitian mengenai Six Sigma konsep DMAIC telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya seperti Joko Susetyo et al. (2011) “Aplikasi Six Sigma DMAIC dan Kaizen sebagai metode pengendalian dan perbaikan kualitas produk”. Pada penelitian ini yang menjadi objek penelitian adalah PT. Mondrian (konveksi). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan proses dengan pendekatan six sigma yang kemudian dilakukan pengendalian dengan menganalisis penyebab kecacatan.

Albert Laurent Satrijo et al. (2013). “Perbaikan Kualitas Proses Produksi Dengan Metode Six Sigma”, dengan objek penelitian di PT. Catur Pilar Sejahtera, Sidoarjo. Fokus perbaikan yang dituju pada penelitian ini adalah mereduksi cacat yang terjadi selama proses pemotongan sampai dengan proses penyablonan guna mencapai kepuasan konsumen.

Amalia Nurullah et al. (2014). “Perbaikan Kualitas Benang 20S Dengan Menggunakan Penerapan Metode Six Sigma-DMAIC”, dengan objek penelitian dilakukan di PT.Supratex. Setelah menerapkan parameter baru, terjadi peningkatan terhadap kualitas benang.

Hafiedza Rakasiwi dan Haryono (2014). “Analisis Six Sigma pada Produk Casing Pompa sebagai Metode Perbaikan Kualitas”, dengan objek penelitian dilakukan di PT.Zenith Allmart Precisindo. Fokus perbaikannya yaitu mencari *defect* terbanyak dari keramik dan mengetahui penyebabnya.

Ong Andre Wahyu Rijanto (2014). “Analisis Pengendalian Mutu Proses Machining Alloy Wheel Menggunakan Metode Six Sigma”, dengan objek penelitian di PT. Meshindo Alloy Wheel. Pengendalian variasi proses produksi dan pengukuran dengan menggunakan metode six sigma DMAIC, dalam penelitian ini terjadi peningkatan kapabilitas proses.

Hanky Fransiscus et al. (2014). “Implementasi Metode Six Sigma DMAIC untuk Mengurangi Paint Bucket Cacat di PT. X.” PT X merupakan perusahaan yang memproduksi paint bucket (ember cat) yang terdiri dari tiga jenis paint bucket, yaitu bucket polos, lid (tutup bucket) dan bucket berlabel. Penelitian ini fokus memperbaiki 1 jenis cacat pada bucket polos dan lid, dan tindakan perbaikannya mengakibatkan turunnya nilai rata-rata DPMO.

Miftachul Arifin dan Hari Supriyanto (2012). “Aplikasi Metode Lean Six Sigma Untuk Usulan Improvisasi Lini Produksi Dengan Mempertimbangkan Faktor Lingkungan.” Objek penelitian di Departemen GLS (General Lighting Services) PT. Philips Lighting Surabaya. Penelitian ini melakukan perbaikan kualitas *bulb* dan *flare*, dan hasilnya dapat meningkatkan nilai sigma.

Djunaidi dan Risti Mutiarahadi (2014). “Pengendalian Kualitas Produk Benang Cotton Dengan Metode Six Sigma.” PT Apac Inti Corpora merupakan perusahaan swasta nasional yang bergerak dalam bidang tekstil, yang menghasilkan benang dan kain dengan berbagai jenis. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kecacatan

benang di departemen winding pada unit spinning 3 dan mengusulkan langkah perbaikan untuk mengurangi produk benang yang cacat.

Sinurmaida Gultom et al. (2013). “Studi Pengendalian Mutu Dengan Menggunakan Pendekatan Lean Six Sigma.” PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam produksi transformator. Penelitian ini menerapkan konsep pengendalian mutu dengan pendekatan Lean Six Sigma dalam upaya mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan (waste) dilantai produksi akibat non value added activity pada proses sehingga waktu produksi (leadtime) semakin pendek.

Sukardi et al. (2011). “Aplikasi Six Sigma Pada Pengujian Kualitas Produk di UKM Keripik Apel Tinjauan Dari Aspek Proses.” Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kapabilitas proses spinning, menghitung nilai sigma, dan menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan ketidaksesuaian bentuk keripik apel terhadap spesifikasi, serta membuat usulan untuk perbaikan kualitas.

Tabel 2.1 Posisi Peneliti

| Penulis | Fokus Kajian | Hasil | Rekomendasi |
|--------------------------------------|--|--|---|
| Joko Susetyo et al. (2011) | Mengetahui kemampuan proses berdasarkan produk cacat | Manusia sebagai penyebab kecacatan dalam produksi kaos | Pengawasan / kontrol yang lebih ketat disegala bidang |
| Albert Laurent Satrijo et al. (2013) | Mereduksi cacat yang terjadi selama proses pemotongan sampai dengan proses penyablonan | Terjadinya peningkatan nilai sigma dan biaya kualitas | Melanjutkan penerapan metode <i>six sigma</i> |
| Amalia Nurullah et al. (2014) | Perbaikan kualitas benang 20S | Mengetahui faktor yang paling berpengaruh terhadap kualitas benang 20S dan terjadi peningkatan kualitas benang | Penggunaan interaksi antara kecepatan putar dan traveller dengan top roll |
| Hafiedza Rakasiwi dan Haryono (2014) | Mencari <i>defect</i> terbanyak dari keramik dan mengetahui penyebabnya | Bocor ialah <i>defect</i> terbanyak di <i>dipping</i> | Mengecek <i>viscosity slurry</i> & ketebalan setiap <i>layer</i> pasir |

| Penulis | Fokus Kajian | Hasil | Rekomendasi |
|---|--|--|--|
| Ong Andre Wahyu Rijanto (2014) | Pengendalian variasi proses produksi dan pengukuran Machining Alloy Wheel | Terjadi peningkatan kapabilitas proses | Proyek <i>six sigma</i> harus selalu dijalankan dengan teratur dan terstruktur |
| Hanky Fransiscus et al. (2014) | Memperbaiki 1 jenis cacat pada bucket polos dan lid | Berkurangnya tingkat kecacatan | Penggunaan infrared thermometer, pembuatan alat bantu |
| Miftachul Arifin dan Hari Supriyanto (2012) | Melakukan perbaikan kualitas <i>bulb</i> dan <i>flare</i> | Menemukan 3 <i>waste</i> utama, EHS <i>waste</i> , <i>defect</i> , dan <i>waiting</i> | Melakukan pembentukan dan pelatihan tim <i>Total Productive Maintenance</i> |
| Djunaidi dan Risti Mutiarahadi (2014) | Mengukur tingkat kecacatan benang di departemen winding pada unit spinning 3 | <i>Defect</i> yang sering terjadi yaitu Belang | Meningkatkan kualitas perawatan mesin, pengawasan yang ketat pada unit penerima bahan baku |
| Sukardi et al. (2011) | Mengukur kapabilitas proses spinning, dan menganalisis faktor penyebab ketidaksesuaian bentuk, serta membuat usulan untuk perbaikan kualitas keripik | Kualitas keripik apel yang di-hasilkan oleh industri cukup baik (berada pada rata-rata sigma industri di Indonesia). Faktor-faktor penyebab remukan keripik apel adalah pada mesin, manusia dan metode | Melakukan evaluasi pekerja dilakukan secara periodik, menyusun SOP dan menganalisis kembali jadwal maintenance |
| Sinurmaida Gultom et al. (2013) | Mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan (<i>waste</i>) dilantai produksi akibat non value added activity pada proses | Estimasi usulan perbaikan yang telah dilakukan memberikan peningkatan terhadap kecepatan produksi | Penerapan prosedur kerja pada bagian penggulangan kumparan, serta penerapan metode 5S |
| Mirza Assidiqi (2016) | Menganalisis kualitas produksi Gula SHS I dan HS II serta mengetahui tingkat <i>inventory</i> | - | - |

2.2 Kajian Deduktif

2.2.1 Kualitas

Pengertian kualitas menurut pendapat Vincent Gasperz (2005) merupakan suatu cara meningkatkan performansi secara terus menerus pada level operasi atau proses, dari setiap area fungsional dari suatu organisasi, dengan menggunakan sumber daya yang tersedia dan modal yang ada.

Menurut Goetch dan Davis (1995) dalam buku Dorothea Wahyu Ariani (2004) kualitas adalah suatu kondisi yang dinamis yang berkaitan dengan produk, proses dan lingkungan sesuai yang diharapkan.

Dalam ISO 8402 buku Total Quality Management Vincent Gaspersz (2002) kualitas didefinisikan sebagai totalitas dari karakteristik yang menunjang kemampuan untuk memenuhi kebutuhan yang diharapkan.

Selain itu, kualitas memerlukan proses perbaikan yang terus menerus yang dapat diukur, baik secara individual, korporasi dan tujuan kinerja. Dukungan manajemen untuk perbaikan kualitas adalah penting bagi kemampuan berkompetisi secara efektif di pasar global. Secara umum dapat dikatakan bahwa kualitas produk atau jasa itu akan dapat diwujudkan bila orientasi seluruh kegiatan perusahaan berorientasi kepada kepuasan pelanggan (*Customer Satisfaction*). (Dorothea Wahyu Ariani, 2004).

Pada jurnal Joko Susetyo et al. (2011) dikatakan bahwa dalam upaya peningkatan kualitas pada suatu perusahaan maka terlebih dahulu harus mengetahui tingkat kemampuan proses yang telah dimiliki oleh perusahaan tersebut, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana output akhir dari proses itu dapat memenuhi kebutuhan pelanggan, sehingga dengan mengetahui tingkat kemampuan prosesnya maka dapat dijadikan dasar untuk melakukan pengendalian dan peningkatan kualitas dari karakteristik output yang diukur.

Dimensi dari kualitas produk ini meliputi 8 dimensi (Vincent Gaspersz, 2008), yang terdiri dari :

1. *Performance*, Kinerja (*performance*) yaitu karakteristik operasi pokok dari produk inti dan dapat didefinisikan sebagai tampilan dari sebuah produk sesungguhnya. *Performance* sebuah produk merupakan pencerminan bagaimana sebuah produk itu disajikan atau ditampilkan kepada pelanggan.
2. *Reliability*, keandalan (*reliability*) yaitu tingkat keandalan suatu produk atau konsistensi keandalan sebuah produk didalam proses operasionalnya dimata konsumen
3. *Features*, keistimewaan tambahan (*features*) yaitu karakteristik sekunder atau pelengkap dan dapat didefinisikan sebagai tingkat kelengkapan atribut-atribut yang ada pada sebuah produk.
4. *Conformance*, kesesuaian dengan spesifikasi (*conformance to specifications*) yaitu sejauh mana karakteristik desain dan operasi memenuhi standar-standar yang telah ditetapkan sebelumnya dan dapat didefinisikan sebagai tingkat di mana semua unit yang diproduksi identik dan memenuhi spesifikasi sasaran yang dijanjikan. Definisi di atas dapat dijelaskan bahwa tingkat *Conformance* sebuah produk dikatakan telah akurat bilamana produk-produk yang dipasarkan oleh produsen telah sesuai dengan perencanaan perusahaan yang berarti merupakan produk-produk yang mayoritas diinginkan pelanggan.
5. *Durability*, daya tahan (*durability*) berkaitan dengan berapa lama produk tersebut dapat terus digunakan dan dapat didefinisikan sebagai suatu ukuran usia operasi produk yang diharapkan dalam kondisi normal dan atau berat.
6. *Service ability*, (*service ability*) meliputi kecepatan, kompetensi, kenyamanan, mudah direparasi, serta penanganan keluhan yang memuaskan dan dapat didefinisikan sebagai suatu ukuran kemudahan memperbaiki suatu produk yang rusak atau gagal. Di sini artinya bilamana sebuah produk rusak atau gagal, maka kesiapan perbaikan produk tersebut dapat diandalkan, sehingga konsumen tidak merasa dirugikan.
7. *Aesthetics* yaitu keindahan produk terhadap panca indera dan dapat didefinisikan sebagai atribut-atribut yang melekat pada sebuah produk, seperti warna, model atau desain, bentuk, rasa, aroma dan lain-lain. Pada dasarnya *Aesthetics* merupakan

elemen yang melengkapi fungsi dasar suatu produk sehingga *performance* sebuah produk akan menjadi lebih baik dihadapan pelanggan.

8. *Customer perceived quality*, kualitas yang dipersepsikan (*perceived quality*) yaitu berkaitan dengan perasaan pelanggan dalam mengkonsumsi produk tersebut. Merupakan karakteristik yang berkaitan dengan reputasi (*brand name, image*). Sebagai misal, seorang akan membeli produk elektronik merk Sony karena memiliki reputasi bahwa produk-produk bermerek Sony adalah produk yang berkualitas, meskipun orang itu belum pernah menggunakan produk-produk merk Sony.

2.2.2 Six Sigma

Six Sigma merupakan suatu metode pengendalian dan peningkatan kualitas yang diterapkan oleh Motorola sejak tahun 1986. Six Sigma merupakan suatu bentuk peningkatan kualitas menuju target 3,4 *defect per million opportunities* (DPMO) untuk setiap produk baik barang atau pun jasa dalam upaya mengurangi jumlah cacat (Vincent Gaspersz, 2002).

Evans dan Lindsay (2007) Six sigma dapat didefinisikan sebagai metode untuk dapat mengurangi tingkat kecacatan, meningkatkan produktivitas dan mengurangi waktu siklus agar proses bisnis menjadi lebih baik.

Schroeder et al. (2008) Six Sigma berdasarkan empat elemen terorganisir yang relevan seperti paralel-meso metrik, keterlibatan kepemimpinan dan pemilihan proyek strategis, spesialis perbaikan, metode terstruktur, dan metrik kinerja untuk mencapai tujuan strategis, mengurangi variasi yang dapat menghasilkan peningkatan kinerja.

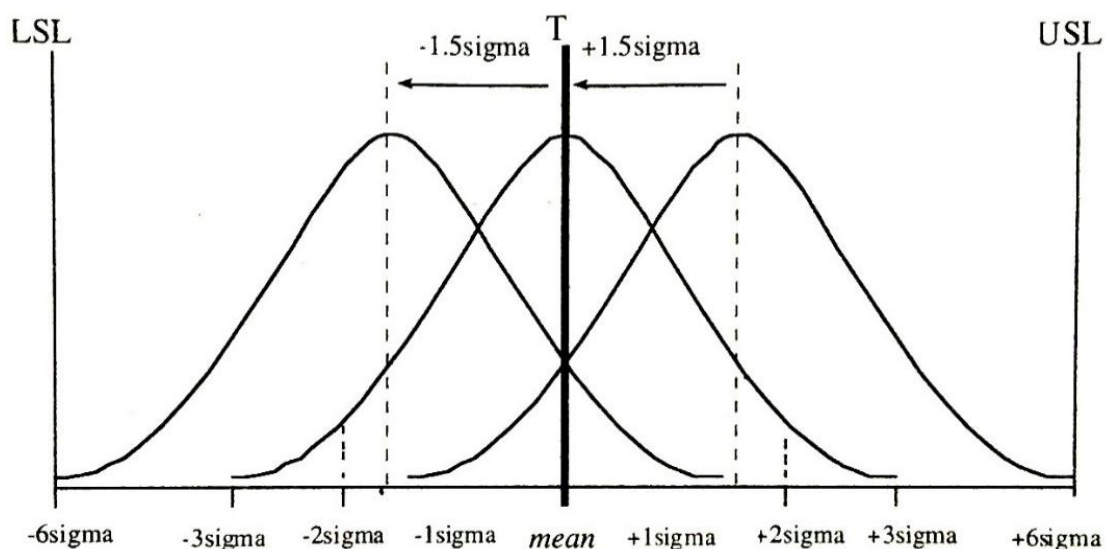
Six Sigma juga dapat dipandang sebagai pengendalian proses produksi yang berfokus pada pelanggan, melalui penekanan pada kemampuan proses (*process capability*). Terdapat aspek kunci dalam aplikasi konsep Six Sigma, yaitu :

1. Identifikasi pelanggan
2. Identifikasi produk
3. Identifikasi kebutuhan dalam memproduksi produk untuk pelanggan
4. Definisikan proses

5. Hindari kesalahan dalam proses dan hilangkan pemborosan yang ada
6. Tingkatkan proses secara terus menerus menuju target Six Sigma

(Joko Susetyo et al., 2011)

Konsep *six sigma Motorola* merupakan suatu metode atau teknik pengendalian atau peningkatan kualitas dramatik yang diterapkan oleh perusahaan Motorola sejak tahun 1986, yang merupakan terobosan baru dibidang kualitas. Terbukti perusahaan Motorola selama kurang lebih 10 tahun setelah implementasi konsep *six sigma* telah mampu mencapai tingkat kualitas 3,4 DPMO (*Defect per millions opportunities*-kegagalan per sejuta kesempatan). Menurut Vincent Gaspersz (2002) pendekatan pengendalian 6-*sigma* Motorola (*motorola's six sigma process control*) mengizinkan adanya pergeseran nilai rata-rata (*mean*) setiap CTQ individual dari proses industri terhadap nilai spesifikasi target (T) sebesar ± 1.5 sigma, sehingga akan menghasilkan 3,4 DPMO (*defect per million opportunities*). Dengan demikian berdasarkan konsep *six sigma* Motorola, berlaku toleransi penyimpangan : (*mean* - Target) = $(\mu - T) = \pm 1.5$ sigma atau $\mu = T \pm 1.5$ sigma.



Gambar 2.1 Konsep Six sigma Motorola Distribusi Normal Bergeser 1,5 Sigma

Sumber : Vincent Gaspersz (2002).

Proses *six sigma* dengan distribusi normal yang mengizinkan nilai rata-rata (*mean*) proses bergeser 1.5 sigma dari spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan. Perlu dicatat dan dipahami sejak awal bahwa konsep *six sigma* Motorola dengan pergeseran nilai rata-rata (*mean*) dari proses yang diizinkan sebesar

1.5 sigma ($1.5 \times$ standar deviasi maksimum atau S_{maks}) adalah berbeda dari konsep *True-six sigma* dalam distribusi normal (distribusi normal terpusat) yang umum dipahami selama ini yang tidak mengizinkan pergeseran dalam nilai rata-rata (*mean*) dari proses (Vincent Gaspersz, 2002). Perbedaannya dapat diketahui pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.2 Perbedaan *True* 6-sigma dengan Motorola 6-sigma

| <i>True</i> -6 sigma Process | | | Motorola 6-sigma Process | | |
|------------------------------|--|---------|-----------------------------|--|---------|
| Batas Spesifikasi (LSL-USL) | Presentase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL) | DPMO | Batas Spesifikasi (LSL-USL) | Presentase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL) | DPMO |
| ± 1 -sigma | 68,27% | 317.300 | ± 1 -sigma | 30,8538% | 691.462 |
| ± 2 -sigma | 95,54% | 45.500 | ± 2 -sigma | 69,1462% | 308.538 |
| ± 3 -sigma | 99,73% | 2.700 | ± 3 -sigma | 93,3193% | 66.807 |
| ± 4 -sigma | 99,9937% | 63 | ± 4 -sigma | 99,3790% | 6.210 |
| ± 5 -sigma | 99,999943% | 0,57 | ± 5 -sigma | 99,9767% | 233 |
| ± 6 -sigma | 99,999998% | 0,002 | ± 6 -sigma | 99,99966% | 3,4 |

Sumber : Vincent Gaspersz (2002).

Dalam praktek penggunaan metode *six sigma* ini pada umumnya adalah penurunan variasi proses membutuhkan usaha-usaha intensif dalam program peningkatan kualitas terus menerus serta perubahan desain melalui percobaan-percobaan, dan investasi dalam teknologi yang lebih baik untuk dimasa mendatang (Vincent Gaspersz, 2002). Menurut Vincent Gaspersz (2002), Variasi adalah ketidakseragaman dalam sistem industri sehingga menimbulkan perbedaan kualitas pada *output* produk yang dihasilkan.

Gasperz (2002) Six Sigma secara unik dikendalikan oleh pemahaman yang kuat terhadap kebutuhan pelanggan, pemakaian yang disiplin terhadap fakta, data, dan analisis statistik, dan perhatian yang cermat untuk mengelola, memperbaiki, dan menanamkan kembali proses bisnis, didefinisikan secara luas sebagai 3,4 DPMO. Dapat dilihat Tabel 1 merupakan konversi nilai sigma.

Tabel 2.3 Konversi Nilai Sigma

| Long Term Yield (basically the percentage of successful output) % | Defect Per Million Opportunities (DPMO) | Processes Sigma |
|---|---|-----------------|
| 99,99966 | 3,4 | 6 |
| 99,98 | 233 | 5 |
| 99,94 | 6,210 | 4 |
| 99,73 | 66,807 | 3 |
| 69,1 | 308,538 | 2 |
| 30,9 | 691,462 | 1 |

(Vincent Gasperz, 2002)

Beberapa terminologi yang menjadi kunci dalam konsep Six sigma (Vincent Gasperz, 2002) adalah:

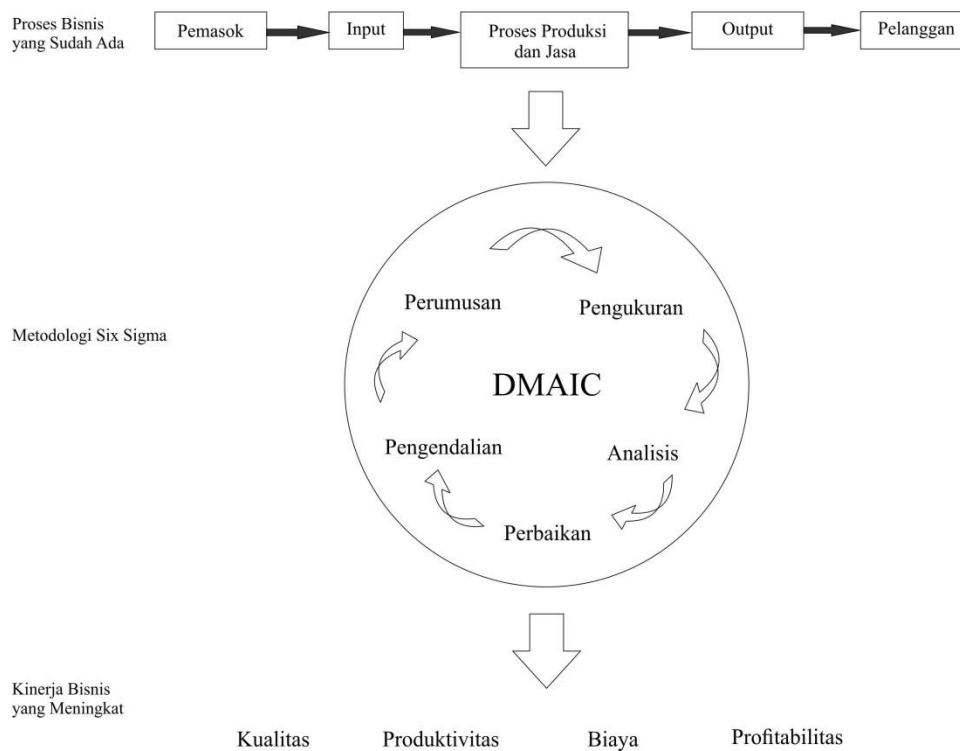
1. CTQ (critical to quality) adalah atribut utama dari kebutuhan konsumen. CTQ dapat diartikan sebagai elemen dari proses/ kegiatan yang berpengaruh langsung terhadap pencapaian kualitas yang diinginkan.
2. D (defect) adalah kegagalan untuk memuaskan pelanggan.
3. IDPT (defect opportunity) adalah kejadian atau kondisi yang terstruktur yang memberikan kesempatan untuk tidak terpenuhinya kebutuhan pelanggan.

$$\text{Rumus : } DPT = \frac{D}{U}$$

4. DPO (defect per opportunity) adalah kegagalan per satu kesempatan.

$$\text{Rumus: } DPO = \frac{DPT}{CTQ}$$

5. DPMO (defect per million opportunity) adalah ukuran kegagalan dalam six sigma yang menunjukkan kegagalan per sejuta kesempatan. Target dari pengendalian kualitas six sigma sebesar 3,4 DPMO. Rumus: DMO = DPO x 1.000.000.



Gambar 2.2 Six Sigma dan Perbaikan Proses

(Evans dan Lindsay, 2007)

Inti dari filosofi Six Sigma bertumpu pada beberapa konsep penting: (Evans dan Lindsay, 2007).

1. Selalu berpikir dalam kerangka proses bisnis utama serta kebutuhan pelanggan dengan tetap berfokus pada tujuan strategis perusahaan.
2. Memusatkan perhatian pada para pendukung perusahaan yang bertanggung jawab menyukseskan proyek-proyek penting, mendukung kerja kelompok, membantu mengatasi keengganan untuk berubah, dan menggalang sumber daya.
3. Menekankan sistem pengukuran yang bisa dikuantifikasi, seperti cacat per satu juta kemungkinan yang bisa diterapkan di setiap bagian perusahaan; produksi, rekayasa, administrasi, peranti lunak, dan lain-lain.
4. Memastikan bahwa sistem pengukuran yang tepat teridentifikasi di awal setiap proses serta memastikan bahwa sistem tersebut berfokus pada pencapaian bisnis, sehingga dapat memberikan sistem insentif dan akuntabilitas.
5. Menyediakan pelatihan menyeluruh yang diikuti dengan penugasan tim proyek untuk meningkatkan profitabilitas, mengurangi aktivitas yang tidak bernilai tambah, serta mencapai pengurangan waktu siklus.

6. Menciptakan ahli-ahli peningkatan proses berkualifikasi tinggi yang dapat menerapkan aneka alat untuk meningkatkan kinerja serta dapat memimpin tim.
7. Mencanangkan tujuan jangka panjang untuk perbaikan.

2.2.3 Karakteristik Kualitas (CTQ)

Karakteristik kualitas (CTQ) kunci yang ditetapkan yang berhubungan langsung dengan kebutuhan pelanggan yang diturunkan langsung dari persyaratan output. Penetapan karakteristik kualitas yang berhubungan dengan kebutuhan spesifik pelanggan akan bergantung pada situasi organisasi bisnis. (Vincent Gaspersz, 2002).

Amalia Nurullah et al. (2014) CTQ digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan spesifik konsumen. CTQ dapat diartikan sebagai bagian dari proses yang berpengaruh terhadap pencapaian kualitas yang diinginkan. Dalam aplikasi *six sigma* CTQ adalah kriteria karakteristik kualitas yang menimbulkan dan atau memiliki potensi untuk menimbulkan kegagalan atau kecacatan (Vincent Gaspersz, 2002).

2.2.4 Kapabilitas Proses

Kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan *output* sesuai dengan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan. Kapabilitas proses merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan (Vincent Gaspersz, 2002). Menurut Dorothea Wahyu Ariani (2005) analisis kapabilitas proses mendefinisikan kemampuan proses memenuhi spesifikasi atau mengukur kinerja proses.

Kapabilitas proses merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses tersebut mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan (Vincent Gaspersz, 2002).

DPMO (Defect per Million Opportunities)

Defect adalah kegagalan untuk memberikan apa yang diinginkan oleh pelanggan, sedangkan Defect Per Opportunities (DPO) merupakan ukuran kegagalan yang dihitung

dalam program peningkatan kualitas Six Sigma, yang menunjukkan banyaknya cacat atau kegagalan per satu kesempatan, dan dihitung dengan formula:

$$DPO = \frac{\text{Banyaknya Cacat yang Ditemukan}}{\text{Banyaknya Unit yang Diperiksa} \times \text{Jumlah CTQ}}$$

Besarnya DPO ini apabila dikalikan dengan konstanta 1.000.000 akan menjadi formula: $DPMO = DPO \times 1.000.000$.

Defect per Million Opportunities (DPMO) merupakan ukuran kegagalan dalam program peningkatan Six Sigma, yang menunjukkan kegagalan per satu juta kesempatan. Target dari pengendalian kualitas Six Sigma Motorola sebesar 3,4 DPMO seharusnya tidak diinterpretasikan sebagai 3,4 unit output yang cacat dari satu juta unit output yang diproduksi, tetapi diinterpretasikan sebagai dalam satu unit produk tunggal terdapat rata-rata kesempatan gagal dari suatu karakteristik CTQ adalah hanya 3,4 kegagalan per satu juta kesempatan (Gaspersz, V. 2002).

Tingkat sigma sering dihubungkan dengan kapabilitas proses, yang dihitung dalam defect per milion opportunities. Beberapa tingkat pencapaian sigma:

2.2.5 Konsep DMAIC

Didalam penerapan six sigma ada lima langkah yang disebut DMAIC (Define, Measure, Analisis, Improve, Control). (Vincent Gaspersz, 2002).

2.2.5.1 Define

Tahap ini merupakan tahap awal dalam program peningkatan kualitas Six sigma. Pada tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan, identifikasi spesifikasi pelanggan, menentukan tujuan (pengurangan cacat/biaya, dan target waktu), dan mengidentifikasi area proses yang akan di improve. Secara umum setiap proyek Six sigma yang terpilih harus mampu memenuhi kategori : (1) memberikan hasil dan manfaat bisnis, (2) kelayakan, dan (3) memberikan dampak positif kepada organisasi (Vincent Gaspersz, 2002).

Merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas six sigma. Sebelum mendefinisikan proses kunci beserta pelanggan dalam proyek six

sigma, dalam penelitian ini menggunakan model proses SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Costumer), (Vincent Gaspersz, 2002).

2.2.5.2 Measure

Merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas six sigma.

1. Pada tahap ini menetapkan karakteristik kualitas dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan dan memetakan peta proses untuk menentukan CTQ dengan pareto. Dalam proses menghasilkan produk maupun jasa, sangat penting untuk menghimpun informasi yang dibutuhkan oleh pelanggan untuk aktivitas yang berkaitan dengan pengendalian proses untuk menjaga agar produk dapat memenuhi CTQ. (Evans dan Lindsay, 2007)
2. Mengidentifikasi proses dengan grafik pengendali. Pada penelitian ini data yang akan diteliti adalah data atribut dan variabel, dan untuk mengetahui terkendalnya proses dengan menggunakan grafik peta kendali P dan peta kendali X, karena merupakan data ketidaksesuaian, maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut: (Dorothea Wahyu Ariani, 2004)

Peta kendali (*Control Chart*) dibedakan menjadi 2 yaitu antara lain :

- 1) Peta kendali untuk data variabel

Dalam peta kendali untuk data variabel ini menggunakan peta kendali $\bar{x} - Chart$ dan $R-Chart$ berikut adalah langkah-langkah pembuatan peta kendali tersebut menurut Dorothea Wahyu Ariani (2005) :

- a) Menghitung rata-rata untuk setiap kali observasi \bar{x}

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

- b) Garis pusat untuk peta kendali rata-rata ($\bar{\bar{X}}$)

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{x}_i}{g} \dots\dots\dots (2.2)$$

- c) Menghitung nilai *range* atau rentang data sampel pada setiap kali observasi (R)

$$R = X_{\max} - X_{\min} \dots\dots\dots (2.3)$$

d) Garis pusat untuk peta pengendali *range* (\bar{R})

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g Ri}{g} \dots\dots\dots (2.4)$$

e) Menentukan batas kendali atas (BPA) dan batas pengendali bawah (BPB) pada X chart.

$$A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$BPA = \bar{X} + A_2\bar{R} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$BPB = \bar{X} - A_2\bar{R} \dots\dots\dots (2.7)$$

f) Untuk peta kendali R dalam menentukan batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$BKA = D_4\bar{R} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$BKB = D_3\bar{R} \dots\dots\dots (2.9)$$

Di mana :

n = banyaknya sample dalam tiap observasi atau sub kelompok

g = banyaknya observasi yang dilakukan

Ri = range untuk setiap sub kelompok

Xi = data pada sub kelompok atau sampel yang diambil

\bar{X}_i = rata-rata pada setiap sub kelompok.

2) Peta kendali untuk data atribut (P-Chart)

Berikut adalah langkah-langkah peta kendali untuk data atribut (P-Chart) menurut Dorothea Wahyu Ariani (2005):

a) Menghitung proporsi cacat

$$p = \frac{x}{n} \dots\dots\dots (2.10)$$

b) Menentukan garis pusat (\bar{P})

$$\bar{P} = \frac{\text{Jumlah Produk Cacat}}{\text{Jumlah Produk Yang Dinspeksi}} \dots\dots\dots (2.11)$$

c) Batas pengendali atas (BPA) dan batas pengendali bawah (BPB)

$$\text{BPA} = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\text{BPB} = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Di mana :

\bar{p} = garis pusat peta pengendali proporsi kesalahan

n = banyaknya sampel yang diambil setiap kali observasi

p = proporsi kesalahan dalam setiap sampel

x = banyaknya sampel yang diambil dalam inspeksi

3. Analisis DPMO dan Kapabilitas Sigma

Hasil pengukuran pada tingkat *output* dapat berupa data variabel atau data atribut, yang akan ditentukan kinerjanya menggunakan satuan pengukuran DPMO dan kapabilitas Sigma (Vincent Gaspersz, 2002). Berikut adalah rumus-rumus untuk analisis DPMO data variabel dan data atribut :

1) Analisis DPMO dan Nilai Sigma Untuk Data Variabel

Menentukan nilai DPMO dan tingkat sigma untuk data variabel (Vincent Gaspersz, 2002).

a) Rumus kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL:

$$P \left[Z \geq \left(\frac{USL - \bar{X}}{s} \right) \right] \times 1.000.000 \dots\dots\dots (2.14)$$

b) Rumus kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL dengan :

$$P \left[Z \leq \left(\frac{LSL - \bar{X}}{s} \right) \right] \times 1.000.000 \dots\dots\dots (2.15)$$

c) DPMO diperoleh dengan rumus :

$$\left\{ P \left[Z \geq \left(\frac{USL - \bar{X}}{s} \right) \right] \times 1.000.000 \right\} + \left\{ P \left[Z \leq \left(\frac{LSL - \bar{X}}{s} \right) \right] \times 1.000.000 \right\} \dots\dots\dots (2.16)$$

Kemudian hasilnya dikonversikan kedalam nilai sigma dengan bantuan tabel Z.

d) Rumus Menggunakan *Formula* Microsoft Excel

Jika ingin mengetahui tingkat kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO), gunakan formula berikut dalam program Microsoft Excel :

$$= 1.000.000 - \text{normsdist}(-1.5 + \text{NILAISIGMA}) \times 1.000.000 \dots\dots\dots (2.17)$$

Untuk DPMO memiliki batas spesifikasi atas dan bawah, maka gunakan formula berikut:

$$= 1.000.000 - \text{normsdist}(\text{USL} - \bar{X} / S) \times 1.000.000 + \text{normsdist}(\text{LSL} - \bar{X} / S) \times 1.000.000 \dots\dots\dots (2.18)$$

e) Perhitungan Nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel
 $= \text{normsinv} ((1.000.000 - \text{DPMO}) / 1.000.000) + 1,5 \dots\dots\dots (2.19)$

Tabel 2.4 Cara Memperkirakan Kapabilitas Proses Data Variabel

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|---|--|-------------------|
| 1 | Proses apa yang ingin diketahui? | - | |
| 2 | Tentukan nilai batas spesifikasi atas (USL) | USL | |
| 3 | Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (LSL) | LSL | |
| 4 | Tentukan nilai spesifikasi target | T | |
| 5 | Berapa nilai rata-rata proses? | \bar{X} | |
| 6 | Berapa nilai standar deviasi dari proses? | S | |
| 7 | Hitung kemungkinan cacat yang berada di atas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO) | $P [z \geq (\text{USL} - \bar{X}) / S] \times 1.000.000$ | |
| 8 | Hitung kemungkinan cacat yang berada di bawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO) | $P [z \leq (\text{LSL} - \bar{X}) / S] \times 1.000.000$ | |
| 9 | Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) | (Langkah 7) + (Langkah 8) | |
| 10 | Konversi DPMO (langkah 9) ke dalam nilai sigma (lihat tabel konversi DPMO ke nilai sigma) | - | |

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|---|--|-------------------|
| 11 | Hitung kemampuan proses di atas dalam ukuran nilai Sigma | - | |
| 12 | Hitung kapabilitas proses di atas dalam indeks kapabilitas proses | $C_{pm} = \frac{(USL - LSL)}{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}}$ | |

Sumber : Vincent Gaspersz (2002).

2) Analisis DPMO dan Nilai Sigma untuk Data Atribut

Berikut adalah rumus DPMO untuk Data Atribut menurut Vincent Gaspersz (2002):

$$DPMO = \frac{\text{Banyak produk yang cacat}}{\text{Banyak produk yang diperiksa} \times CTQ \text{ potensial}} \times 1.000.000 \dots (2.20)$$

a) Menghitung nilai kapabilitas sigma. Tahap-tahap perhitungan nilai sigma sebagai berikut :

- 1) Menentukan jumlah unit yang akan diukur.
- 2) Identifikasi Opportunity.
- 3) Menghitung jumlah cacat (*Defect*).
- 4) Mengitung nilai kapabilitas sigma.

(Joko Susetyo et al., 2011)

Perhitungan Nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel

$$= \text{normsinv} ((1.000.000 - DPMO) / 1.000.000) + 1,5 \dots (2.21)$$

Tabel 2.5 Cara Memperkirakan Kapabilitas Proses Data Atribut

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|--|------------------------------|-------------------|
| 1 | Proses apa yang ingin diketahui? | - | |
| 2 | Berapa banyak unit transaksi yang dikerjakan melalui proses? | - | |
| 3 | Berapa banyak unit yang gagal? | - | |
| 4 | Hitung cacat berdasarkan Langkah 3 | (langkah 3) / (langkah 2) | |

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|--|------------------------------|-------------------|
| 5 | Tentukan banyaknya CTQ potensial yang dapat menyebabkan cacat | banyaknya karakteristik | |
| 6 | Hitung peluang tingkat cacat per karakteristik CTQ | (Langkah 4) / (Langkah 5) | |
| 7 | Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) | (Langkah 6) × 1.000.000 | |
| 8 | Konversi nilai DPMO (Langkah 7) ke dalam nilai sigma (menggunakan tabel) | - | |
| 9 | Buat Kesimpulan | | |

Sumber : Vincent Gaspersz (2002).

2.2.5.3 Analyze

Merupakan langkah ketiga dalam program peningkatan kualitas six sigma, pada tahap ini dilakukan beberapa hal:

A. Data Atribut

1. Menentukan Kapabilitas Proses Data Atribut

Untuk menentukan kapabilitas proses (C_p) pada data atribut yaitu dengan menggunakan rumus $C_p = 1 - (p\text{-bar})$. (Vincent Gaspers, 1998).

- $C_p > 1,33$, maka proses dapat dianggap sangat mampu (*capable*).
- $1 < C_p < 1,33$, maka kapabilitas proses baik, namun perlu pengendalian ketat apabila C_p mendekati 1.

$C_p < 1$, maka kapabilitas proses rendah, sehingga perlu ditingkatkan performansinya melalui perbaikan proses itu.

B. Data Variabel

1. Stabilitas Proses

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

Rumus yang digunakan dalam menentukan stabilitas proses menurut Vincent Gaspersz (2002) adalah :

$$BPA = T + 1,5 S_{max} \dots \dots \dots (2.22)$$

$$BPB = T - 1,5 S_{max} \dots \dots \dots (2.23)$$

Nilai S diperoleh dengan formulasi :

1) Untuk 2 batas spesifikasi :

$$S_{max} = \left[\frac{1}{2 \times \text{Nilai Kapabilitas Sigma}} \right] \times (USL - LSL) \dots \dots \dots (2.24)$$

2) Untuk 1 batas spesifikasi :

$$S_{max} = \left[\frac{1}{\text{Nilai Kapabilitas Sigma}} \right] \times \text{absolut (Specification limit - T)} \dots \dots (2.25)$$

Dimana :

S_{max} = Nilai batas toleransi maksimum

USL = Batas Spesifikasi Atas

LSL = Batas Spesifikasi Bawah

2. Analisis Kapabilitas Proses

a. Indeks Kapabilitas proses (C_{pm})

Indeks Kapabilitas proses (C_{pm}) digunakan untuk mengukur sampai tingkat mana *output* proses berada pada nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan pelanggan. Semakin tinggi nilai C_{pm} menunjukkan bahwa *output* proses semakin mendekati target kualitas yang diinginkan. Hal itu juga berarti bahwa tingkat kegagalan dari proses semakin berkurang menuju target tingkat kegagalan (Vincent Gaspersz, 2002). Untuk 2 batas spesifikasi (USL dan LSL) menggunakan rumus :

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6 \sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}} \dots \dots \dots (2.26)$$

Dimana :

USL = Batas Spesifikasi Atas

LSL = Batas Spesifikasi Bawah

\bar{X} = Nilai rata-rata sampel karakteristik ketidaksesuaian dari proses

S = Standard deviasi

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

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

b. Indeks Kemampuan Proses (Cpk)

Indeks kemampuan proses atau indeks performansi Kane adalah mengukur kemampuan potensial dengan tidak memperhatikan kondisi rata-rata proses (μ). Rata-rata proses tersebut diasumsikan dengan titik tengah dari batas-batas spesifikasi dan proses berada pada kondisi *in statistical control* (Dorothea Wahyu Ariani, 2005). Adapun rumus mencari indeks kemampuan proses sebagai berikut :

$$Cpk = \text{minimum} \left[\frac{USL - \bar{X}}{3S}; \frac{\bar{X} - LSL}{3S} \right] \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana :

USL = Batas spesifikasi atas yang diinginkan oleh pelanggan

LSL = Batas spesifikasi bawah yang diinginkan pelanggan

\bar{X} = Nilai rata-rata *sampel* dari proses

S = Standard deviasi

c. Indeks Kapabilitas Proses Kane (CPmk)

Indeks kapabilitas proses kane digunakan untuk mengukur sampai mana tingkat *output* berada dalam batas-batas toleransi (batas spesifikasi atas atau bawah yang diinginkan konsumen). (Vincent Gaspersz, 2002). Indeks Kapabilitas Proses (CPmk) dapat di hitung dengan rumus :

$$Cpmk = \frac{Cpk}{\sqrt{1 + \{(\bar{X} - T)/S\}^2}} \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana : T = spesifikasi target produk yang diinginkan

\bar{X} = nilai rata-rata *sample* dari proses

S = Standard deviasi

3. Mengidentifikasi sumber-sumber akar penyebab kecacatan atau kegagalan.

Untuk mengetahui penyebab jenis cacat yang sering terjadi dijelaskan dengan membuat *Cause and Effect Diagram* (Dorothea Wahyu Ariani, 2004).

Fishbone diagram mempunyai manfaat dalam memecahkan penyebab suatu permasalahan. Menurut Dorothea Wahyu Ariani (2004) manfaat *fishbone diagram* antara lain :

- 1) Dapat menggunakan kondisi yang sesungguhnya untuk tujuan perbaikan kualitas produk atau jasa lebih yang lebih baik.
- 2) Dapat mengurangi dan menghilangkan kondisi yang menyebabkan ketidakseuaian produk atau jasa dan keluhan pelanggan.
- 3) Dapat membuat suatu standardisasi operasi yang ada maupun yang direncanakan.
- 4) Dapat memberikan pendidikan dan pelatihan bagi karyawan dalam kegiatan pembuatan keputusan dan melakukan tindakan perbaikan.

2.2.5.4 Improve

Setelah akar penyebab dari masalah kualitas teridentifikasi, maka perlu dilakukan penetapan rencana tindakan untuk melaksanakan peningkatan kualitas. Tahap improve dilakukan untuk melakukan tindakan perbaikan dalam rangka mengoptimisasikan proses. Setelah diketahui penyebab dari masalah yang terjadi dalam hal ini adalah cacat, maka tahap selanjutnya melakukan perbaikan untuk mengurangi masalah yang terjadi. Pada tahap ini perlu dilakukan analisa pada faktor penyebab cacat produk, akan diberikan rekomendasi perbaikan sesuai dengan hasil analisis metode 5W + 1H. (Vincent Gaspersz, 2002).

2.2.5.5 Control

Merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas six sigma. Pada tahap ini hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktek-praktek terbaik yang sukses dalam meningkatkan proses distandarisasikan dan dijadikan pedoman kerja standar, serta kepemilikan atau penanggung jawab proses, yang berarti six sigma berakhir pada tahap ini. Pada tahap control, akan digunakan peta control (SPC) untuk mengetahui hasil dari improvisasi yang telah dilakukan, yang nanti

nya juga akan dapat ditampilkan perbedaan antara sebelum dan sesudah dilakukan pengendalian dan peningkatan menggunakan metode Six Sigma konsep DMAIC. Dengan cara ini maka akan terjadi peningkatan integrasi, pembelajaran dan sharing pengetahuan baru dalam lingkup six sigma (Vincent Gaspersz, 2002).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian dilakukan di perusahaan manufaktur industri gula yaitu PT.Madubaru, yang terletak di kabupaten Bantul, DIY.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Penggunaan data dilakukan dengan cara:

1. Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan studi lapangan dengan mengambil data secara langsung di PT.Madubaru, dan juga wawancara terhadap pihak-pihak di departemen fabrikasi.

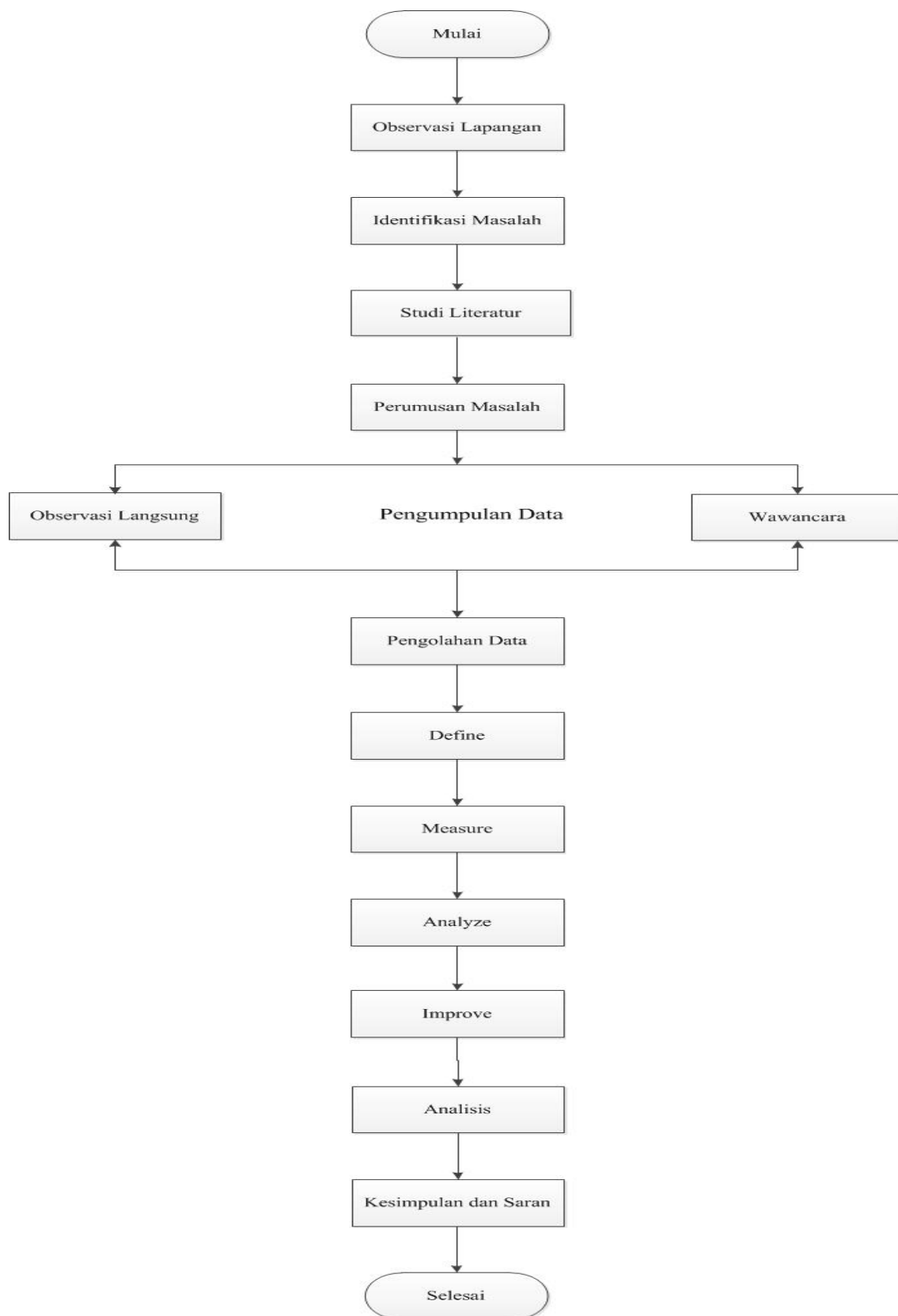
2. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan cara kajian literatur dari penelitian-penelitian sebelumnya.

3.3 Kerangka Penelitian

Berdasarkan kajian literatur pada bab 2, maka dapat dibuat kerangka penelitian sebagai berikut:

3.3.1 Flowchart



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

3.3.1.1 Observasi Lapangan

Tahap pertama pada penelitian ini adalah dengan melakukan observasi secara langsung diseluruh kawasan fabrikasi pembuatan gula di PT.Madubaru. Dengan melakukan observasi lapangan, maka peneliti dapat mengetahui proses pembuatan gula mulai dari bahan baku hingga jadi produk akhir, selain itu peneliti juga dapat mencatat data-data tingkat produksi gula, jumlah gula afkir, serta *inventory*. Observasi lapangan sangat penting untuk dilakukan sebagai tindak lanjut untuk menemukan permasalahan yang ada di dalamnya.

3.3.1.2 Identifikasi Masalah

Setelah melakukan observasi lapangan, tahap selanjutnya yaitu melakukan identifikasi permasalahan. Berdasarkan latar belakang, kualitas produk menjadi salah satu hal yang paling vital dalam proses bisnis suatu perusahaan, oleh karena nya untuk dapat bertahan dan terus bersaing di dunia industri, maka perusahaan memerlukan suatu perbaikan guna mengurangi waktu proses, *non value added* atau *waste* yang ada di dalam perusahaan tersebut, karena hal tersebut juga sangat erat kaitannya dengan biaya. Disamping itu, ketika suatu perusahaan memproduksi suatu produk nya, maka tidak semua nya produk akhir menjadi kualitas yang baik, pasti akan mengalami cacat produk diantaranya. Untuk itu, peneliti bertujuan untuk melakukan perancangan perbaikan kualitas proses produksi di PT. Madubaru agar dapat menekan jumlah cacat produk dengan menggunakan konsep Six Sigma DMAIC.

3.3.1.3 Perumusan Masalah

Setelah dilakukan identifikasi permasalahan, kemudian dilakukan perumusan masalah agar penelitian yang dilakukan dapat terarah untuk menyelesaikan masalah yang ada. Perumusan masalah ini nantinya juga akan digunakan untuk menarik kesimpulan.

3.3.1.4 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, data yang diambil adalah data jumlah produksi, jumlah produk cacat (afkir), waktu siklus, *inventory*, dan data lainnya yang terkait. Data yang diperoleh merupakan data primer dan data sekunder, pengumpulan data primer dilakukan dengan studi lapangan dengan mengambil data secara langsung di PT.Madubaru, dan juga wawancara terhadap pihak-pihak di departemen fabrikasi, sedangkan data sekunder dilakukan dengan cara kajian literatur.

3.3.1.5 Pengolahan Data

Pada pengolahan data, data yang telah dikumpulkan akan diproses untuk menghasilkan sebuah solusi dari permasalahan yang ditemukan di PT. Madubaru. Tahapannya yaitu:

3.3.1.5.1 Define

Merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas six sigma. Sebelum mendefinisikan proses kunci beserta pelanggan dalam proyek six sigma, dalam penelitian ini menggunakan model proses SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer).

3.3.1.5.2 Measure

Merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas six sigma.

1. Pada tahap ini menetapkan karakteristik kualitas dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan dan memetakan peta proses untuk menentukan CTQ dengan pareto. Dalam proses menghasilkan produk maupun jasa, sangat penting untuk menghimpun informasi yang dibutuhkan oleh pelanggan untuk aktivitas yang berkaitan dengan pengendalian proses untuk menjaga agar produk dapat memenuhi CTQ. (Evans dan Lindsay, 2007)
2. Mengidentifikasi proses dengan grafik pengendali. Pada penelitian ini data yang akan diteliti adalah data atribut dan variabel, dan untuk mengetahui terkendalinya proses

dengan menggunakan grafik peta kendali P dan peta kendali X, karena merupakan data ketidaksesuaian, maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut: (Dorothea Wahyu Ariani, 2004)

Peta kendali (*Control Chart*) dibedakan menjadi 2 yaitu antara lain :

1) Peta kendali untuk data variabel

Dalam peta kendali untuk data variabel ini menggunakan peta kendali \bar{x} - *Chart* dan *R-Chart* berikut adalah langkah-langkah pembuatan peta kendali tersebut menurut Dorothea Wahyu Ariani (2005) :

a) Menghitung rata-rata untuk setiap kali observasi \bar{x}

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots (3.1)$$

b) Garis pusat untuk peta kendali rata-rata ($\bar{\bar{X}}$)

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{x}_i}{g} \dots\dots\dots (3.2)$$

c) Menghitung nilai *range* atau rentang data sampel pada setiap kali observasi (*R*)

$$R = X_{\max} - X_{\min} \dots\dots\dots (3.3)$$

d) Garis pusat untuk peta pengendali *range* ($\bar{\bar{R}}$)

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g} \dots\dots\dots (3.4)$$

e) Menentukan batas kendali atas (BPA) dan batas pengendali bawah (BPB) pada X chart.

$$A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$BPA = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{\bar{R}} \dots\dots\dots (3.6)$$

$$BPB = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{\bar{R}} \dots\dots\dots (3.7)$$

f) Untuk peta kendali R dalam menentukan batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$BKA = D_4 \bar{R} \dots\dots\dots (3.8)$$

$$BKB = D_3 \bar{R} \dots\dots\dots (3.9)$$

Di mana :

n = banyaknya sample dalam tiap observasi atau sub kelompok

g = banyaknya observasi yang dilakukan

R_i = range untuk setiap sub kelompok

X_i = data pada sub kelompok atau sampel yang diambil

\bar{X}_i = rata-rata pada setiap sub kelompok.

2) Peta kendali untuk data atribut (P-Chart)

Berikut adalah langkah-langkah peta kendali untuk data atribut (P-Chart) menurut Dorothea Wahyu Ariani (2005):

a) Menghitung proporsion cacat

$$p = \frac{x}{n} \dots\dots\dots (3.10)$$

b) Menentukan garis pusat (\bar{P})

$$\bar{P} = \frac{\text{Jumlah Produk Cacat}}{\text{Jumlah Produk Yang Dinspeksi}} \dots\dots\dots (3.11)$$

c) Batas pengendali atas (BPA) dan batas pengendali bawah (BPB)

$$BPA = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (3.12)$$

$$BPB = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (3.13)$$

Di mana :

\bar{p} = garis pusat peta pengendali proporsi kesalahan

n = banyaknya sampel yang diambil setiap kali observasi

p = proporsi kesalahan dalam setiap sampel

x = banyaknya sampel yang diambil dalam inspeksi

3. Analisis DPMO dan Kapabilitas Sigma

Hasil pengukuran pada tingkat *output* dapat berupa data variabel atau data atribut, yang akan ditentukan kinerjanya menggunakan satuan pengukuran DPMO dan kapabilitas Sigma (Vincent Gaspersz, 2002). Berikut adalah rumus-rumus untuk analisis DPMO data variabel dan data atribut :

1) Analisis DPMO dan Nilai Sigma Untuk Data Variabel

Menentukan nilai DPMO dan tingkat sigma untuk data variabel (Vincent Gaspersz, 2002).

a) Rumus kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL:

$$P \left[Z \geq \left(\frac{USL - \bar{X}}{s} \right) \right] \times 1.000.000 \dots \dots \dots (3.14)$$

b) Rumus kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL dengan :

$$P \left[Z \leq \left(\frac{LSL - \bar{X}}{s} \right) \right] \times 1.000.000 \dots \dots \dots (3.15)$$

c) DPMO diperoleh dengan rumus :

$$\{ P \left[Z \geq \left(\frac{USL - \bar{X}}{s} \right) \right] \times 1.000.000 \} + \{ P \left[Z \leq \left(\frac{LSL - \bar{X}}{s} \right) \right] \times 1.000.000 \} \dots \dots \dots (3.16)$$

Kemudian hasilnya dikonversikan kedalam nilai sigma dengan bantuan tabel Z.

d) Rumus Menggunakan *Formula* Microsoft Excel

Jika ingin mengetahui tingkat kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO), gunakan formula berikut dalam program Microsoft Excel :

$$= 1.000.000 - \text{normsdist}(-1.5 + \text{NILAISIGMA}) \times 1.000.000 \dots \dots \dots (3.17)$$

Untuk DPMO memiliki batas spesifikasi atas dan bawah, maka gunakan formula berikut:

$$= 1.000.000 - \text{normsdist}((USL - \bar{X}) / S) \times 1.000.000 + \text{normsdist}((LSL - \bar{X}) / S) \times 1.000.000 \dots \dots \dots (3.18)$$

e) Perhitungan Nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel

$$= \text{normsinv} ((1.000.000 - \text{DPMO}) / 1.000.000) + 1,5 \dots \dots \dots (3.19)$$

3) Analisis DPMO dan Nilai Sigma untuk Data Atribut

Berikut adalah rumus DPMO untuk Data Atribut menurut Vincent Gaspersz (2002):

$$DPMO = \frac{\text{Banyak produk yang cacat}}{\text{Banyak produk yang diperiksa} \times CTQ \text{ potensial}} \times 1.000.000 \dots (3.20)$$

4. Menghitung nilai kapabilitas sigma. Tahap-tahap perhitungan nilai sigma sebagai berikut :

- a) Menentukan jumlah unit yang akan diukur.
- b) Identifikasi Opportunity.
- c) Menghitung jumlah cacat (*Defect*).
- d) Mengitung nilai kapabilitas sigma.

(Joko Susetyo et al., 2011)

Perhitungan Nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel

$$= \text{normsinv} ((1.000.000 - DPMO) / 1.000.000) + 1,5 \dots (3.21)$$

3.3.1.5.3 Analyze

Merupakan langkah ketiga dalam program peningkatan kualitas six sigma, pada tahap ini dilakukan beberapa hal:

C. Data Atribut

1. Menentukan kapabilitas proses.

Untuk menentukan kapabilitas proses pada data atribut yaitu dengan menggunakan rumus $C_p = 1 - (p\text{-bar})$ (Vincent Gaspersz, 1998).

D. Data Variabel

1. Stabilitas Proses

Stabilitas proses dalam analisis *Six sigma* digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi yang ada berada dalam stabilitas (*stability*) untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan target yang telah ditetapkan (Vincent Gaspersz, 2002). Rumus yang digunakan dalam menentukan stabilitas proses menurut Vincent Gaspersz (2002) adalah :

$$BPA = T + 1,5 S_{max} \dots (3.22)$$

$$BPB = T - 1,5 S_{max} \dots\dots\dots (3.23)$$

Nilai S diperoleh dengan formulasi :

a) Untuk 2 batas spesifikasi :

$$S_{max} = \left[\frac{1}{2 \times \text{Nilai Kapabilitas Sigma}} \right] \times (USL - LSL) \dots\dots\dots (3.24)$$

b) Untuk 1 batas spesifikasi :

$$S_{max} = \left[\frac{1}{\text{Nilai Kapabilitas Sigma}} \right] \times \text{absolut (Specification limit - T)} \dots\dots (3.25)$$

Dimana :

S_{max} = Nilai batas toleransi maksimum

USL = Batas Spesifikasi Atas

LSL = Batas Spesifikasi Bawah

5. Analisis Kapabilitas Proses

a. Indeks Kapabilitas proses (C_{pm})

Indeks Kapabilitas proses (C_{pm}) digunakan untuk mengukur sampai tingkat mana *output* proses berada pada nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan pelanggan. Semakin tinggi nilai C_{pm} menunjukkan bahwa *output* proses semakin mendekati target kualitas yang diinginkan. Hal itu juga berarti bahwa tingkat kegagalan dari proses semakin berkurang menuju target tingkat kegagalan (Vincent Gaspersz, 2002). Untuk 2 batas spesifikasi (USL dan LSL) menggunakan rumus :

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{\{6 \sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}\}} \dots\dots\dots (3.26)$$

Dimana :

USL = Batas Spesifikasi Atas

LSL = Batas Spesifikasi Bawah

\bar{X} = Nilai rata-rata sampel karakteristik ketidaksesuaian dari proses

S = Standard deviasi

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

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

b. Indeks Kemampuan Proses (Cpk)

Indeks kemampuan proses atau indeks performansi Kane adalah mengukur kemampuan potensial dengan tidak memperhatikan kondisi rata-rata proses (μ). Rata-rata proses tersebut diasumsikan dengan titik tengah dari batas-batas spesifikasi dan proses berada pada kondisi *in statistical control* (Dorothea Wahyu Ariani, 2005). Adapun rumus mencari indeks kemampuan proses sebagai berikut :

$$Cpk = \text{minimum} \left[\frac{USL - \bar{X}}{3S}; \frac{\bar{X} - LSL}{3S} \right] \dots\dots\dots(3.27)$$

Dimana :

- USL = Batas spesifikasi atas yang diinginkan oleh pelanggan
- LSL = Batas spesifikasi bawah yang diinginkan pelanggan
- \bar{X} = Nilai rata-rata *sampel* dari proses
- S = Standard deviasi

c. Indeks Kapabilitas Proses Kane (CPmk)

Indeks kapabilitas proses kane digunakan untuk mengukur sampai mana tingkat *output* berada dalam batas-batas toleransi (batas spesifikasi atas atau bawah yang diinginkan konsumen). (Vincent Gaspersz, 2002). Indeks Kapabilitas Proses (CPmk) dapat di hitung dengan rumus :

$$Cpmk = \frac{Cpk}{\sqrt{1 + \{(\bar{X} - T)/S\}^2}} \dots\dots\dots(3.28)$$

Dimana :

- T = spesifikasi target produk yang diinginkan
- \bar{X} = nilai rata-rata *sample* dari proses
- S = Standard deviasi

6. Mengidentifikasi sumber-sumber akar penyebab kecacatan atau kegagalan.

Untuk mengetahui penyebab jenis cacat yang sering terjadi dijelaskan dengan membuat *Cause and Effect* Diagram (Dorothea Wahyu Ariani, 2004).

3.3.1.5.4 Improve

Tahap improve dilakukan untuk melakukan tindakan perbaikan dalam rangka mengoptimisasikan proses. Setelah diketahui penyebab dari masalah yang terjadi dalam hal ini adalah cacat, maka tahap selanjutnya melakukan perbaikan untuk mengurangi masalah yang terjadi. Pada tahap ini perlu dilakukan analisa pada faktor penyebab cacat produk, akan diberikan rekomendasi perbaikan sesuai dengan hasil penggunaan metode 5W + 1H. (Vincent Gaspersz, 2002)

3.3.1.5.5 Control

Pada tahap control, akan digunakan peta control (SPC) untuk mengetahui hasil dari improvisasi yang telah dilakukan, yang nantinya juga akan dapat ditampilkan perbedaan antara sebelum dan sesudah dilakukan pengendalian dan peningkatan menggunakan metode Six Sigma konsep DMAIC.

3.3.1.6 Analisis

Pada tahap analisis, akan dilakukan analisa terhadap keseluruhan hasil proses pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan konsep DMAIC.

3.3.1.7 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini menjelaskan secara detail mengenai jawaban dari rumusan masalah yang telah dibuat pada awal penelitian. Selain itu juga memberikan saran yang tepat yang

dapat digunakan dan dikembangkan baik untuk perusahaan maupun penelitian selanjutnya.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Proses Produksi

Pabrik Gula Madukismo menggunakan proses sulfitasi alkalis dalam proses produksi gula nya. Proses produksi yang dilakukan PG Madukismo dibagi menjadi beberapa tahapan stasiun proses, yaitu:

1. Stasiun Persiapan

Pada stasiun persiapan terdapat dua buah timbangan yang terdiri dari satu buah timbangan tarra berkapasitas 20.000 kg dan satu buah timbangan bruto berkapasitas 30.000 kg. Dari penimbangan ini didapatkan data yang digunakan untuk menentukan kandungan gula dalam tebu dan perkiraan karung yang akan digunakan untuk mengemas gula pasir.

Tebu diangkut dari perkebunan menggunakan truk. Sebelum diproses di stasiun penggilingan, truk yang mengangkut tebu terlebih dahulu ditimbang dengan timbangan bruto, kemudian dilakukan analisa terhadap tebu untuk diukur kadar brix nya dengan menggunakan *hand refractometer*. Tebu yang telah dianalisa kemudian ditimbang pada timbangan tarra. Setelah itu, lori pengangkut akan memindahkan tebu dari truk menuju derek / *crane*. Tebu kemudian ditimbang lagi dengan timbangan lori dan diangkut menuju *emplacement*. *Emplacement* merupakan lahan untuk menaruh tebu sebelum dibawa ke stasiun penggilingan. Pada PG Madukismo, proses penggilingan nya menggunakan prinsip *First In First Out*.

2. Stasiun Gilingan

Setelah melalui stasiun persiapan, tebu diproses di stasiun penggilingan. Di stasiun penggilingan dilakukan proses pemerahan nira yang terkandung dalam tebu. Proses pemerahan dilakukan hingga didapatkan nira dengan kandungan kadar sukrosa yang maksimal. Stasiun gilingan dimulai dari pencacahan tebu dengan alat pendahuluan (*cane crane*, meja tebu, *cane carrier*, dan unit unigrator). Pencacahan tebu bertujuan untuk mengubah tebu menjadi cacahan atau ukuran yang lebih kecil sehingga mempermudah proses ekstraksi untuk memisahkan kandungan sukrosa dari tebu.

Pada PG Madukismo digunakan 5 buah alat penggilingan yang disusun secara seri untuk memaksimalkan proses penggilingan. Alat penggiling yang dijalankan dengan mesin uap tersebut dilengkapi dengan saringan ampas kasar dan halus. Tebu yang telah melewati gilingan 1 akan dijalankan menuju gilingan 2 sampai gilingan 5. Selain itu, ampas yang keluar gilingan 1 akan diangkut menuju gilingan 2 untuk disemprot dengan nira imbibisi perahan gilingan 3. Setelah sampai gilingan 5, ampas kemudian diangkut dengan *bagasse carrier* menuju ketel sebagai bahan bakar. Pemberian air imbibisi yang digunakan untuk penyemprotan nira bertujuan untuk melarutkan nira yang terkandung dalam ampas tebu. Gula yang hilang dalam ampas akibat pemerahan dan unit gilingan dapat dikurangi dengan air imbibisi. Setelah melewati proses penggilingan, nira yang diperoleh dari gilingan 1 dan gilingan 2 ditampung ke dalam bak penampung dan disaring dengan *rotary screen filter* (memisahkan ampas kasar) dan *dsm screen filter* (memisahkan ampas halus). Kemudian nira yang telah disaring akan dipindahkan ke stasiun pemurnian.

3. Stasiun Pemurnian

Setelah melewati stasiun penggilingan, nira akan diproses di stasiun pemurnian. Stasiun pemurnian bertujuan untuk menghilangkan dan membersihkan nira mentah dari senyawa-senyawa pengotor seperti asam organik, protein, lilin, dan pati yang terkandung di dalam nira. Bahan penunjang yang digunakan sebagai pembantu dalam stasiun pemurnian dibuat melalui proses tertentu. Gas SO_2 yang digunakan sebagai bahan penunjang dibuat dengan cara memanaskan padatan belerang dengan udara kering di dalam *sulfur burner*.

Proses pemurnian yang digunakan dalam pabrik ini merupakan proses pemurnian kimia sulfitasi alkalis dengan sistem kontinu. Berikut ini adalah proses pemurnian yang dilakukan pada PG Madukismo:

a. Penimbangan Nira Mentah

Nira mentah dari proses penggilingan akan masuk ke dalam timbangan *bolougne* secara otomatis. Penimbangan nira akan dilakukan setiap 4,5 ton nira yang masuk ke dalam timbangan *bolougne*.

b. Pemanasan Pendahuluan

Nira mentah yang telah ditambahkan dengan asam fosfat kemudian akan dialirkan dengan pompa menuju juice heater. Nira mentah yang dipompakan akan mengalir dalam pipa yang dikontakkan dengan panas.

c. Defekasi

Defekasi merupakan proses penambahan susu kapur pada nira mentah yang mengandung asam fosfat. Proses defekasi dilakukan dengan mengalirkan nira mentah dari *juice heater 1* menuju *kalkdossier*. Di dalam kalkdossier terdapat dua sekat yang memisahkan tangki antara nira dan susu kapur.

d. Sulfitasi Alkalis

Proses sulfitasi alkalis selanjutnya dilakukan untuk meminimalisasi peningkatan kadar kapur yang terjadi dalam proses defekator dengan cara menetralkan pH.

e. Pengendapan Nira Hasil Sulfitasi

Nira encer akan dialirkan ke dalam unit *dorr clarifier* untuk mengendapkan kotoran yang menggumpal selama proses sulfitasi. Endapan yang berada di dasar *try dorr clarifier* akan dipompa keluar menuju *mixer bagacillo* sehingga akan tercampur dengan nira kotor dan ampas halus hasil gilingan. Kemudian campuran ini akan dialirkan menuju unit *rotary vacuum filter (RVF)*, campuran yang masuk akan dipisahkan menjadi cairan dan padatan. Fasa cair disebut nira tapis yang akan dipompa kembali ke bak penampungan bak nira mentah sedangkan fasa padatan disebut blotong. Blotong merupakan limbah yang dapat digunakan sebagai pupuk.

4. Stasiun Penguapan

Setelah melewati stasiun pemurnian, nira akan memiliki kekentalan 12-14 brix, atau masih mengandung air sebanyak 85%. Saat memasuki stasiun penguapan, kandungan air dalam nira akan dihilangkan hingga nira memiliki kekentalan antara 58-64.

Pemekatan yang dilakukan bertujuan untuk mempercepat proses pada stasiun pemasakan atau kristalisasi dan mengurangi pasokan *steam* pemanas. Pada proses penguapan, suhu yang digunakan tidak terlalu tinggi agar tidak terjadi pengkristalan yang dapat menyumbat saluran perpipaan. Lalu petugas pembersih akan masuk ke dalam evaporator melalui *man hole* untuk membersihkan evaporator.

5. Stasiun Masakan / Kristalisasi

Stasiun ini bertujuan untuk membuat kristal gula dengan jumlah yang sangat banyak dengan mengubah sukrosa dalam nira kental menjadi gula dalam bentuk kristal. Pada proses ini diupayakan kehilangan gula sekecil mungkin dan waktu proses yang cepat. Proses kristalisasi dilakukan pada kondisi vakum dan dilakukan secara bertingkat.

6. Stasiun Putaran

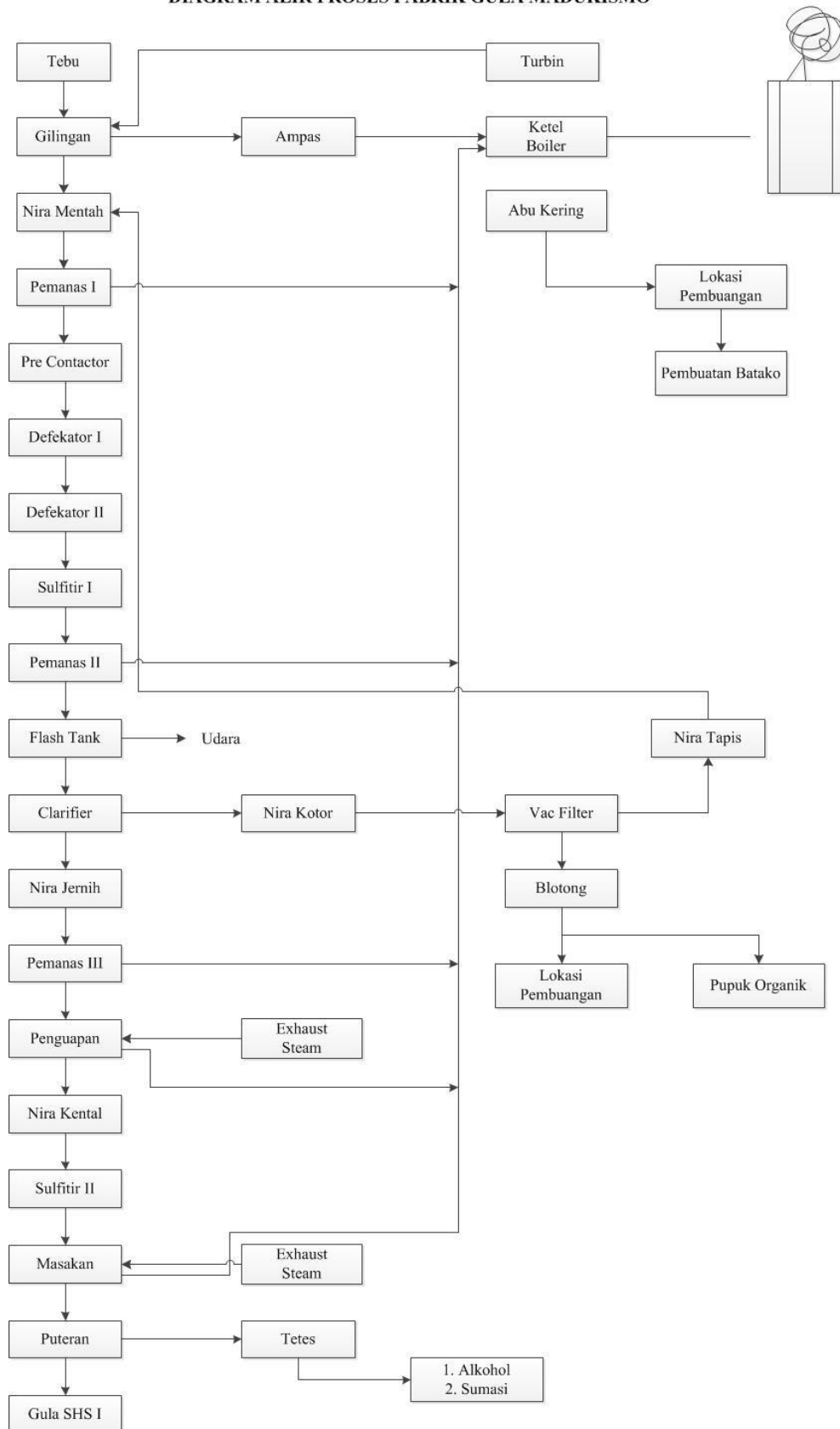
Dari hasil stasiun masakan didapatkan kristal dan *stroop* yang dialirkan ke stasiun putaran. Pada stasiun ini, kristal gula akan dipisahkan dengan *stroop* (larutannya). Kristal gula yang masih tercampur dengan *stroop* dari palung pendingin dipompa dengan *rotary pump* ke dalam tromol berputar. Pemisahan kristal gula dengan *stroop* dilakukan dengan prinsip gaya sentrifugal.

7. Stasiun Penyelesaian

Gula SHS yang keluar dari stasiun putaran masih dalam keadaan lembab sehingga harus dilakukan proses pengeringan terlebih dahulu. Pengeringan harus dilakukan karena gula yang masih mengandung banyak air akan lebih mudah rusak jika dibandingkan dengan gula kering. Setelah dilakukan pengeringan dan penyaringan, kemudian gula akan dikemas dan disimpan dalam gudang.

Berikut merupakan diagram alir proses Pabrik Gula Madukismo:

DIAGRAM ALIR PROSES PABRIK GULA MADUKISMO



Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Pabrik Gula Madukismo

4.1.2 Data Produksi Gula Kristal Putih

Berikut merupakan rekap data produksi gula periode Mei–Oktober 2015.

Tabel 4.1 Data Produksi Periode Mei 2015

| Tanggal | Bulan | Tebu Digiling (Ku) | Produksi (Ku) | SHS % Tebu (Ku) | Gula Afkir / Defect (Ku) |
|---------|-------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------------|
| 17 | | 20.546 | - | 0,00 | 0 |
| 18 | | 28.831 | 716 | 2,48 | 46 |
| 19 | | 27.798 | 1.604 | 5,77 | 88 |
| 20 | | 28.682 | 1.391 | 4,85 | 73 |
| 21 | | 9.584 | 565 | 5,90 | 37 |
| 22 | | 20.368 | 829 | 4,07 | 51 |
| 23 | | 33.691 | 1.629 | 4,84 | 102 |
| 24 | MEI | 34.564 | 1.898 | 5,49 | 118 |
| 25 | | 34.011 | 2.011 | 5,91 | 108 |
| 26 | | 34.716 | 2.017 | 5,81 | 94 |
| 27 | | 34.508 | 2.106 | 6,10 | 105 |
| 28 | | 34.654 | 2.104 | 6,07 | 98 |
| 29 | | 34.553 | 2.113 | 6,12 | 112 |
| 30 | | 34.938 | 2.128 | 6,09 | 103 |
| 31 | | 34.776 | 2.147 | 6,17 | 95 |

Tabel 4.2 Data Produksi Periode Juni 2015

| Tanggal | Bulan | Tebu Digiling (Ku) | Produksi (Ku) | SHS % Tebu (Ku) | Gula Afkir / Defect (Ku) |
|---------|-------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | | 34.811 | 2.050 | 5.89 | 7 |
| 2 | | 34.289 | 2.101 | 6.13 | 6 |
| 3 | | 32.017 | 1.953 | 6.10 | 3 |
| 4 | | 34.786 | 2.101 | 6.04 | 4 |
| 5 | | 34.469 | 2.111 | 6.12 | 2 |
| 6 | | 34.380 | 2.102 | 6.11 | 0 |
| 7 | | 35.157 | 2.167 | 6.16 | 0 |
| 8 | | 34.239 | 2.113 | 6.17 | 0 |
| 9 | | 34.738 | 2.140 | 6.16 | 0 |
| 10 | | 34.630 | 2.130 | 6.15 | 5 |
| 11 | | 34.950 | 2.114 | 6.05 | 0 |
| 12 | | 35.477 | 2.156 | 6.08 | 8 |
| 13 | | 34.763 | 2.137 | 6.15 | 7 |
| 14 | | 35.069 | 2.172 | 6.19 | 4 |
| 15 | | 35.412 | 2.186 | 6.17 | 0 |
| 16 | | 34.990 | 2.169 | 6.20 | 0 |
| 17 | JUNI | 35.096 | 2.176 | 6.20 | 5 |
| 18 | | 35.227 | 2.172 | 6.17 | 4 |
| 19 | | 33.837 | 2.132 | 6.30 | 2 |
| 20 | | 35.187 | 2.188 | 6.22 | 3 |
| 21 | | 34.908 | 2.179 | 6.24 | 8 |

| Tanggal | Bulan | Tebu Digiling (Ku) | Produksi (Ku) | SHS % Tebu (Ku) | Gula Afkir / Defect (Ku) |
|---------|-------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------------|
| 22 | | 34.992 | 2.189 | 6.26 | 4 |
| 23 | | 34.584 | 2.200 | 6.36 | 7 |
| 24 | | 34.985 | 2.211 | 6.32 | 5 |
| 25 | | 30.646 | 2.125 | 6.93 | 0 |
| 26 | | 35.331 | 2.226 | 6.30 | 6 |
| 27 | | 29.716 | 2.100 | 7.07 | 0 |
| 28 | | 35.429 | 2.250 | 6.35 | 5 |
| 29 | | 35.283 | 2.240 | 6.35 | 0 |
| 30 | | 35.553 | 2.253 | 6.34 | 0 |

Tabel 4.3 Data Produksi Periode Juli 2015

| Tanggal | Bulan | Tebu Digiling (Ku) | Produksi (Ku) | SHS % Tebu (Ku) | Gula Afkir / Defect (Ku) |
|---------|-------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | | 35.250 | 2.235 | 6.34 | 15 |
| 2 | | 35.405 | 2.245 | 6.34 | 12 |
| 3 | | 35.188 | 2.236 | 6.35 | 16 |
| 4 | | 32.358 | 2.202 | 6.81 | 11 |
| 5 | | 35.549 | 2.250 | 6.33 | 9 |
| 6 | | 35.820 | 2.268 | 6.33 | 20 |
| 7 | | 35.032 | 2.252 | 6.43 | 15 |
| 8 | | 35.356 | 2.250 | 6.36 | 18 |
| 9 | | 35.181 | 2.255 | 6.41 | 8 |
| 10 | JULI | 35.196 | 2.252 | 6.40 | 14 |
| 11 | | 35.395 | 2.268 | 6.41 | 12 |
| 12 | | 28.603 | 2.172 | 7.59 | 10 |
| 25 | | 28.518 | 1.192 | 4.18 | 5 |
| 26 | | 34.654 | 1.683 | 4.86 | 7 |
| 27 | | 34.586 | 2.302 | 6.66 | 6 |
| 28 | | 34.400 | 2.310 | 6.72 | 2 |
| 29 | | 34.793 | 2.350 | 6.75 | 4 |
| 30 | | 35.233 | 2.400 | 6.81 | 5 |
| 31 | | 32.532 | 2.403 | 7.39 | 9 |

Tabel 4.4 Data Produksi Periode Agustus 2015

| Tanggal | Bulan | Tebu Digiling (Ku) | Produksi (Ku) | SHS % Tebu (Ku) | Gula Afkir / Defect (Ku) |
|---------|---------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | | 34.340 | 2.423 | 7.06 | 0 |
| 2 | | 35.036 | 2.440 | 6.96 | 0 |
| 3 | | 35.682 | 2.455 | 6.88 | 0 |
| 4 | | 35.668 | 2.470 | 6.92 | 5 |
| 5 | AGUSTUS | 35.481 | 2.485 | 7.00 | 0 |
| 6 | | 35.488 | 2.488 | 7.01 | 4 |
| 7 | | 35.482 | 2.517 | 7.09 | 0 |
| 8 | | 35.382 | 2.530 | 7.15 | 0 |
| 9 | | 35.515 | 2.558 | 7.20 | 4 |

| Tanggal | Bulan | Tebu Digiling (Ku) | Produksi (Ku) | SHS % Tebu (Ku) | Gula Afkir / Defect (Ku) |
|----------------|--------------|---------------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------|
| 10 | | 35.516 | 2.571 | 7.24 | 0 |
| 11 | | 34.750 | 2.566 | 7.38 | 0 |
| 12 | | 34.802 | 2.577 | 7.40 | 5 |
| 13 | | 34.030 | 2.585 | 7.60 | 0 |
| 14 | | 33.985 | 2.590 | 7.62 | 4 |
| 15 | | 34.041 | 2.594 | 7.62 | 0 |
| 16 | | 33.471 | 2.577 | 7.70 | 5 |
| 17 | | 34.896 | 2.598 | 7.44 | 0 |
| 18 | | 4.133 | 322 | 7.79 | 0 |
| 19 | | 34.724 | 2.413 | 6.95 | 5 |
| 20 | | 35.060 | 2.600 | 7.42 | 0 |
| 21 | | 35.134 | 2.607 | 7.42 | 0 |
| 22 | | 35.173 | 2.621 | 7.45 | 5 |
| 23 | | 35.088 | 2.622 | 7.47 | 0 |
| 24 | | 35.095 | 2.625 | 7.48 | 0 |
| 25 | | 34.842 | 2.624 | 7.53 | 4 |
| 26 | | 35.046 | 2.640 | 7.53 | 0 |
| 27 | | 35.114 | 2.645 | 7.53 | 5 |
| 28 | | 34.937 | 2.645 | 7.57 | 0 |
| 29 | | 35.331 | 2.653 | 7.51 | 5 |
| 30 | | 34.836 | 2.632 | 7.56 | 0 |
| 31 | | 35.212 | 2.638 | 7.49 | 0 |

Tabel 4.5 Data Produksi Periode September 2015

| Tanggal | Bulan | Tebu Digiling (Ku) | Produksi (Ku) | SHS % Tebu (Ku) | Gula Afkir / Defect (Ku) |
|----------------|--------------|---------------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------|
| 1 | | 35.382 | 2.607 | 7.37 | 14 |
| 2 | | 34.525 | 2.633 | 7.63 | 18 |
| 3 | | 35.214 | 2.650 | 7.53 | 13 |
| 4 | | 35.250 | 2.666 | 7.56 | 0 |
| 5 | | 35.130 | 2.663 | 7.58 | 0 |
| 6 | | 32.759 | 2.493 | 7.61 | 17 |
| 7 | | 35.133 | 2.681 | 7.63 | 15 |
| 8 | | 35.234 | 2.690 | 7.63 | 0 |
| 9 | | 35.297 | 2.627 | 7.44 | 12 |
| 10 | SEPTEMBER | 34.887 | 2.683 | 7.69 | 0 |
| 11 | | 35.279 | 2.709 | 7.68 | 15 |
| 12 | | 33.586 | 2.602 | 7.75 | 18 |
| 13 | | 35.043 | 2.712 | 7.74 | 17 |
| 14 | | 32.990 | 2.609 | 7.91 | 0 |
| 15 | | 31.496 | 2.511 | 7.97 | 0 |
| 16 | | 31.524 | 2.626 | 8.33 | 16 |
| 17 | | 31.110 | 2.520 | 8.10 | 0 |
| 18 | | 31.504 | 2.557 | 8.12 | 14 |
| 19 | | 29.996 | 2.512 | 8.37 | 0 |

| Tanggal | Bulan | Tebu Digiling (Ku) | Produksi (Ku) | SHS % Tebu (Ku) | Gula Afkir / Defect (Ku) |
|---------|-------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------------|
| 20 | | 28.028 | 2.359 | 8.42 | 12 |
| 21 | | 28.154 | 2.312 | 8.21 | 15 |
| 22 | | 20.350 | 1.815 | 8.92 | 0 |
| 23 | | 27.073 | 1.059 | 3.91 | 9 |
| 24 | | 27.102 | 2.267 | 8.36 | 0 |
| 25 | | 23.550 | 2.145 | 9.11 | 15 |
| 26 | | 23.061 | 2.119 | 9.19 | 12 |
| 27 | | 4.470 | 441 | 9.87 | 0 |
| 28 | | 24.047 | 1.919 | 7.98 | 0 |
| 29 | | 25.484 | 2.240 | 8.79 | 15 |
| 30 | | 25.500 | 2.194 | 8.60 | 0 |

Tabel 4.6 Data Produksi Periode Oktober 2015

| Tanggal | Bulan | Tebu Digiling (Ku) | Produksi (Ku) | SHS % Tebu | Gula Afkir / Defect (Ku) |
|---------|---------|--------------------|---------------|------------|--------------------------|
| 1 | | 25.341 | 2.171 | 8.57 | 68 |
| 2 | | 25.500 | 2.201 | 8.63 | 64 |
| 3 | | 25.473 | 2.199 | 8.63 | 58 |
| 4 | | 25.084 | 2.178 | 8.68 | 61 |
| 5 | | 25.544 | 2.210 | 8.65 | 63 |
| 6 | | 25.542 | 2.243 | 8.78 | 54 |
| 7 | | 25.538 | 2.240 | 8.77 | 38 |
| 8 | | 25.173 | 2.225 | 8.84 | 42 |
| 9 | OKTOBER | 27.885 | 2.376 | 8.52 | 41 |
| 10 | | 26.329 | 2.266 | 8.61 | 49 |
| 11 | | 28.001 | 2.378 | 8.49 | 54 |
| 12 | | 27.549 | 2.300 | 8.35 | 63 |
| 13 | | 27.785 | 2.251 | 8.10 | 59 |
| 14 | | 26.266 | 2.188 | 8.33 | 48 |
| 15 | | 28.004 | 2.250 | 8.03 | 72 |
| 16 | | 28.143 | 2.081 | 7.39 | 37 |
| 17 | | 15.469 | 1.927 | 12.46 | 51 |

Tabel 4.7 % SHS Diluar Target

| Bulan | Spesifikasi | % SHS |
|-------|-------------|-------|
| | | 2,48 |
| | | 5,77 |
| | | 4,85 |
| | | 5,90 |
| Mei | 6 – 7 % | 4,07 |
| | | 4,84 |
| | | 5,49 |
| | | 5,91 |
| | | 5,81 |

| Bulan | Spesifikasi | % SHS |
|--------------|--------------------|--------------|
| Juni | | 5,89 |
| Juli | | 4,18 |
| September | | 3,91 |

Tabel 4.8 Data *Inventory* SHS I dan HS II Mei 2015

| Tanggal | Inventori SHS I | Inventori HS II |
|----------------|------------------------|------------------------|
| 17 | 0 | 0 |
| 18 | 670 | 46 |
| 19 | 2.186 | 134 |
| 20 | 3.504 | 207 |
| 21 | 4.032 | 244 |
| 22 | 4.810 | 295 |
| 23 | 6337 | 102 |
| 24 | 8.117 | 220 |
| 25 | 10.020 | 328 |
| 26 | 11.943 | 422 |
| 27 | 13.944 | 105 |
| 28 | 15.950 | 203 |
| 29 | 17.951 | 315 |
| 30 | 19.976 | 418 |
| 31 | 22.028 | 513 |

Tabel 4.9 Data *Inventory* SHS I dan HS II Juni 2015

| Tanggal | Inventori SHS I | Inventori HS II |
|----------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 24.071 | 7 |
| 2 | 26.166 | 13 |
| 3 | 28.116 | 16 |
| 4 | 30.213 | 20 |
| 5 | 32.322 | 22 |
| 6 | 34.424 | 0 |
| 7 | 36.591 | 0 |
| 8 | 38.704 | 0 |
| 9 | 40.844 | 0 |
| 10 | 42.969 | 5 |
| 11 | 45.083 | 5 |
| 12 | 47.231 | 13 |
| 13 | 49.361 | 20 |
| 14 | 51.529 | 24 |
| 15 | 53.715 | 24 |
| 16 | 55.884 | 24 |
| 17 | 58.055 | 5 |
| 18 | 60.223 | 9 |
| 19 | 62.353 | 11 |
| 20 | 64.538 | 14 |
| 21 | 66.709 | 22 |

| Tanggal | Inventori SHS I | Inventori HS II |
|----------------|------------------------|------------------------|
| 22 | 68.894 | 26 |
| 23 | 71.087 | 33 |
| 24 | 73.293 | 38 |
| 25 | 75.418 | 0 |
| 26 | 77.638 | 6 |
| 27 | 79.738 | 6 |
| 28 | 81.983 | 11 |
| 29 | 84.223 | 0 |
| 30 | 86.476 | 0 |

Tabel 4.10 Data *Inventory* SHS I dan HS II Juli 2015

| Tanggal | Inventori SHS | Inventori HS II |
|----------------|----------------------|------------------------|
| 1 | 88.696 | 15 |
| 2 | 90.929 | 27 |
| 3 | 93.149 | 43 |
| 4 | 95.340 | 54 |
| 5 | 97.581 | 9 |
| 6 | 99.829 | 29 |
| 7 | 102.066 | 44 |
| 8 | 104.298 | 18 |
| 9 | 106.545 | 26 |
| 10 | 108.783 | 40 |
| 11 | 111.039 | 52 |
| 12 | 113.201 | 62 |
| 25 | 114.388 | 5 |
| 26 | 116.064 | 12 |
| 27 | 118.360 | 18 |
| 28 | 120.668 | 20 |
| 29 | 123.014 | 4 |
| 30 | 125.409 | 9 |
| 31 | 127.803 | 18 |

Tabel 4.11 Data *Inventory* SHS I dan HS II Agustus 2015

| Tanggal | Inventori SHS I | Inventori HS II |
|----------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 130.226 | 0 |
| 2 | 132.666 | 0 |
| 3 | 135.121 | 0 |
| 4 | 137.586 | 5 |
| 5 | 140.071 | 5 |
| 6 | 142.555 | 9 |
| 7 | 145.072 | 9 |
| 8 | 147.602 | 0 |
| 9 | 150.156 | 4 |
| 10 | 152.727 | 4 |
| 11 | 155.293 | 4 |

| Tanggal | Inventori SHS I | Inventori HS II |
|----------------|------------------------|------------------------|
| 12 | 157.865 | 9 |
| 13 | 160.450 | 9 |
| 14 | 163.036 | 13 |
| 15 | 165.630 | 13 |
| 16 | 168.202 | 18 |
| 17 | 170.800 | 18 |
| 18 | 171.122 | 18 |
| 19 | 173.530 | 23 |
| 20 | 176.130 | 23 |
| 21 | 178.737 | 23 |
| 22 | 181.353 | 28 |
| 23 | 183.975 | 28 |
| 24 | 186.600 | 28 |
| 25 | 189.220 | 4 |
| 26 | 191.860 | 4 |
| 27 | 194.500 | 9 |
| 28 | 197.145 | 9 |
| 29 | 199.793 | 14 |
| 30 | 202.425 | 14 |
| 31 | 205.063 | 14 |

Tabel 4.12 Data *Inventory* SHS I dan HS II September 2015

| Tanggal | Inventori SHS I | Inventori HS II |
|----------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 207.656 | 14 |
| 2 | 210.271 | 32 |
| 3 | 212.908 | 45 |
| 4 | 215.574 | 45 |
| 5 | 218.237 | 45 |
| 6 | 220.713 | 17 |
| 7 | 223.379 | 32 |
| 8 | 226.069 | 32 |
| 9 | 228.684 | 44 |
| 10 | 231.367 | 44 |
| 11 | 234.061 | 15 |
| 12 | 236.645 | 33 |
| 13 | 239.340 | 50 |
| 14 | 241.949 | 50 |
| 15 | 244.460 | 50 |
| 16 | 247.070 | 66 |
| 17 | 249.590 | 0 |
| 18 | 252.133 | 14 |
| 19 | 254.645 | 14 |
| 20 | 256.992 | 26 |
| 21 | 259.289 | 41 |
| 22 | 261.104 | 41 |
| 23 | 262.154 | 9 |
| 24 | 264.421 | 9 |

| Tanggal | Inventori SHS I | Inventori HS II |
|----------------|------------------------|------------------------|
| 25 | 266.551 | 24 |
| 26 | 268.658 | 36 |
| 27 | 269.099 | 36 |
| 28 | 271.018 | 36 |
| 29 | 273.243 | 51 |
| 30 | 275.437 | 0 |

Tabel 4.13 Data *Inventory* SHS I dan HS II Oktober

| Tanggal | Inventori SHS I | Inventori HS II |
|----------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 277.540 | 68 |
| 2 | 279.677 | 132 |
| 3 | 281.818 | 190 |
| 4 | 283.935 | 251 |
| 5 | 286.082 | 314 |
| 6 | 288.271 | 368 |
| 7 | 290.473 | 38 |
| 8 | 292.656 | 80 |
| 9 | 294.991 | 121 |
| 10 | 297.208 | 170 |
| 11 | 299.532 | 224 |
| 12 | 301.769 | 63 |
| 13 | 303.961 | 122 |
| 14 | 306.101 | 170 |
| 15 | 308.279 | 242 |
| 16 | 310.323 | 279 |
| 17 | 312.199 | 330 |

Tabel 4.14 Data Produksi Gula (Tidak Mencapai Target)

| Tanggal | Bulan | Produksi (Ku) |
|----------------|--------------|----------------------|
| 18 | | 716 |
| 19 | | 1.604 |
| 20 | | 1.391 |
| 21 | | 565 |
| 22 | Mei | 829 |
| 23 | | 1.629 |
| 24 | | 1.898 |
| 25 | | 2.011 |
| 26 | | 2.017 |
| 1 | Juni | 2.050 |
| 3 | | 1.953 |
| 25 | Juli | 1.192 |
| 26 | | 1.683 |
| 18 | Agustus | 322 |
| 22 | | 1.815 |
| 23 | September | 1.059 |
| 27 | | 441 |
| 28 | | 1.919 |

| Tanggal | Bulan | Produksi (Ku) |
|---------|---------|---------------|
| 16 | Oktober | 2.081 |
| 17 | | 1.927 |

Tabel 4.15 Data Variabel Pengukuran Nira Kental II

| No | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 60,12 | 63,58 | 62,60 | 61,53 | 62,23 |
| 2 | 59,15 | 62,69 | 61,78 | 61,61 | 62,03 |
| 3 | 58,36 | 63,21 | 61,60 | 62,26 | 61,82 |
| 4 | 58,16 | 63,33 | 61,23 | 62,97 | 61,74 |
| 5 | 58,50 | 62,46 | 61,87 | 63,02 | 62,01 |
| 6 | 58,27 | 61,61 | 61,75 | 62,42 | 61,59 |
| 7 | 60,06 | 63,22 | 61,55 | 61,68 | 62,54 |
| 8 | 59,88 | 62,15 | 61,15 | 62,34 | 62,28 |
| 9 | 63,47 | 63,10 | 61,03 | 61,55 | 62,11 |
| 10 | 61,81 | 62,45 | 61,28 | 61,92 | 62,58 |
| 11 | 62,75 | 62,83 | 61,05 | 61,66 | 62,36 |
| 12 | 63,27 | 62,28 | 60,78 | 61,56 | 62,31 |
| 13 | 63,68 | 62,22 | 61,57 | 61,65 | 61,27 |
| 14 | 62,29 | 62,53 | 61,69 | 61,32 | 61,97 |
| 15 | 63,70 | 62,98 | 61,55 | 61,78 | 60,92 |
| 16 | 62,84 | 61,62 | 61,99 | 61,88 | 59,88 |
| 17 | 62,66 | 62,62 | 61,38 | 61,84 | 60,43 |
| 18 | 59,28 | 62,37 | 62,36 | 62,17 | 58,86 |
| 19 | 60,16 | 61,99 | 61,80 | 61,71 | 61,54 |
| 20 | 62,67 | 61,74 | 61,79 | 61,75 | 60,77 |

4.2 Pengolahan Data

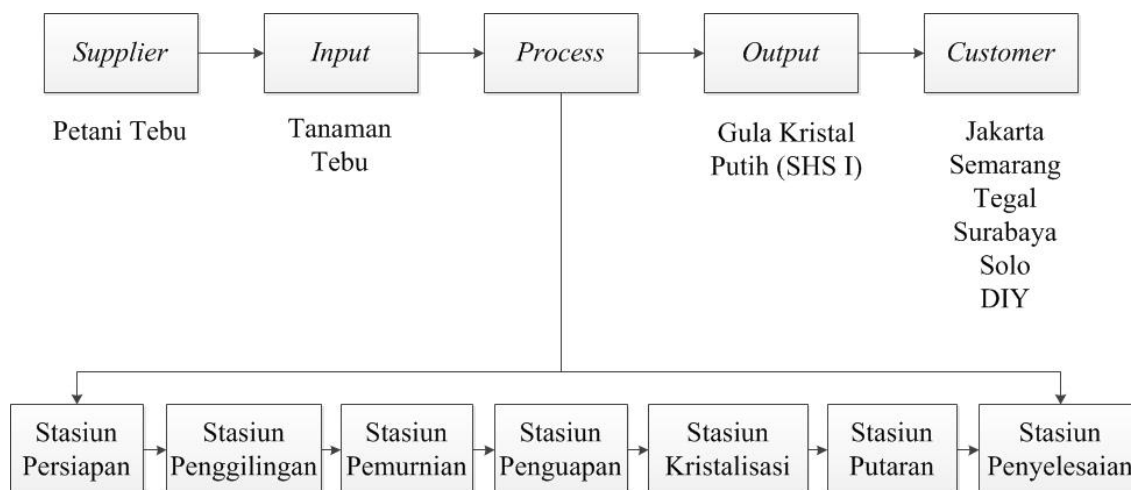
Pengolahan data ini dilakukan untuk mengolah data, melakukan pengukuran serta perbaikan, maka digunakan tahap DMAIC (*Define – Measure – Analyze – Improve – Control*) dengan tahapan sebagai berikut:

4.2.1 Define

Merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas six sigma. Sebelum mendefinisikan proses kunci beserta pelanggan dalam proyek six sigma.

4.2.1.1 Diagram SIPOC

Diagram SIPOC (*Supplier – Input – Process – Output – Customer*), digunakan untuk mendefinisikan proses yang terjadi mulai dari supplier material hingga sampai ke konsumen, berikut adalah diagram SIPOC Pabrik Gula Madukismo:



Gambar 4.2 Diagram SIPOC Divisi Fabrikasi PT.Madubaru

Gambar 4.2 diatas, merupakan diagram SIPOC divisi fabrikasi dari Pabrik Gula PT.Madubaru yang menghasilkan Gula Kristal Putih / Superior Head Sugar I (SHS I). Tebu sebagai bahan baku utama Pabrik Gula PT.Madubaru, didapatkan dengan bekerjasama dengan para petani lokal yang ada disekitar nya, luas lahan yang dimiliki PT.Madubaru yaitu 5000-6000 hektar. Kemudian masuk ke proses masukan (*input*), *input* dari proses produksi gula kristal putih oleh PT.Madubaru adalah tebu yang berusia sekitar 8-12 bulan. Kemudian dari *input* masuk ke proses, di proses produksi gula ini melewati 7 stasiun, stasiun yang pertama yaitu stasiun persiapan, di stasiun persiapan tebu pertama kali ditimbang dengan timbangan bruto, kemudian dianalisa untuk diukur kadar brix nya dengan menggunakan *hand refractometer*, setelah dianalisa kemudian ditimbang lagi dengan timbangan tarra. Setelah itu lori pengangkut akan memindahkan tebu dari truk menuju crane, kemudian tebu ditimbang lagi dengan timbangan lori dan diangkut menuju *emplacement* (lahan untuk menempatkan tebu). Setelah selesai, kemudian masuk ke stasiun berikutnya yaitu stasiun penggilingan. Di stasiun penggilingan dilakukan proses pemerahan nira. Stasiun gilingan dimulai dari pencacahan tebu dengan alat cane crane, meja tebu, cane carrier, dan unit unigrator. Pencacahan tebu bertujuan untuk memisahkan kandungan sukrosa dari tebu. Setelah

melalui penggilingan nira di saring kemudian dipindahkan ke stasiun pemurnian. Di stasiun pemurnian, dilakukan penimbangan nira mentah, kemudian dilakukan pemanasan pendahuluan, setelah itu dilakukan proses defekasi (penambahan susu kapur pada nira mentah), kemudian proses sulfitasi alkalis (meminimalisasi peningkatan kadar kapur), dan yang terakhir pengendapan hasil nira sulfitasi (mengendapkan kotoran yang menggumpal). Dari stasiun pemurnian kemudian ke stasiun penguapan, di stasiun penguapan, kandungan air dalam nira akan dihilangkan hingga nira memiliki kekentalan antara 60-65%. Penguapan bertujuan untuk memekatkan nira yang jernih dan mengentalkan nira yang encer. Setelah itu melalui stasiun masakan / kristalisasi, Stasiun ini bertujuan untuk membuat kristal gula dengan jumlah yang sangat banyak dengan mengubah sukrosa dalam nira kental menjadi gula dalam bentuk kristal. Hasil masakan merupakan campuran kristal gula dan larutan (*stroop*). Sebelum dipisahkan di Stasiun Putaran, gula lebih dahulu didinginkan di dalam palung pendingin (*kultrog*). Kemudian masuk ke stasiun putaran, kristal gula dipisahkan dengan *stroop* (larutannya). Kristal gula yang masih tercampur dengan *stroop* dari palung pendingin dipompa dengan *rotary pump* ke dalam tromol berputar. Pemisahan ini dilakukan dengan prinsip gaya sentrifugal. Proses terakhir yaitu pada stasiun penyelesaian, Gula SHS yang keluar dari stasiun putaran dilakukan proses pengeringan terlebih dahulu. Setelah dilakukan pengeringan dan penyaringan, kemudian gula akan dikemas dan disimpan dalam gudang. *Output* dari proses ini yaitu produk Gula Kristal Putih (SHS I). Setelah gula dikemas dalam karung, selanjutnya akan didistribusikan ke *customer*, yaitu ke kota Jakarta, Semarang, Tegal, Surabaya, Solo, dan DIY.

4.2.2 Measure

4.2.2.1 Critical To Quality (CTQ)

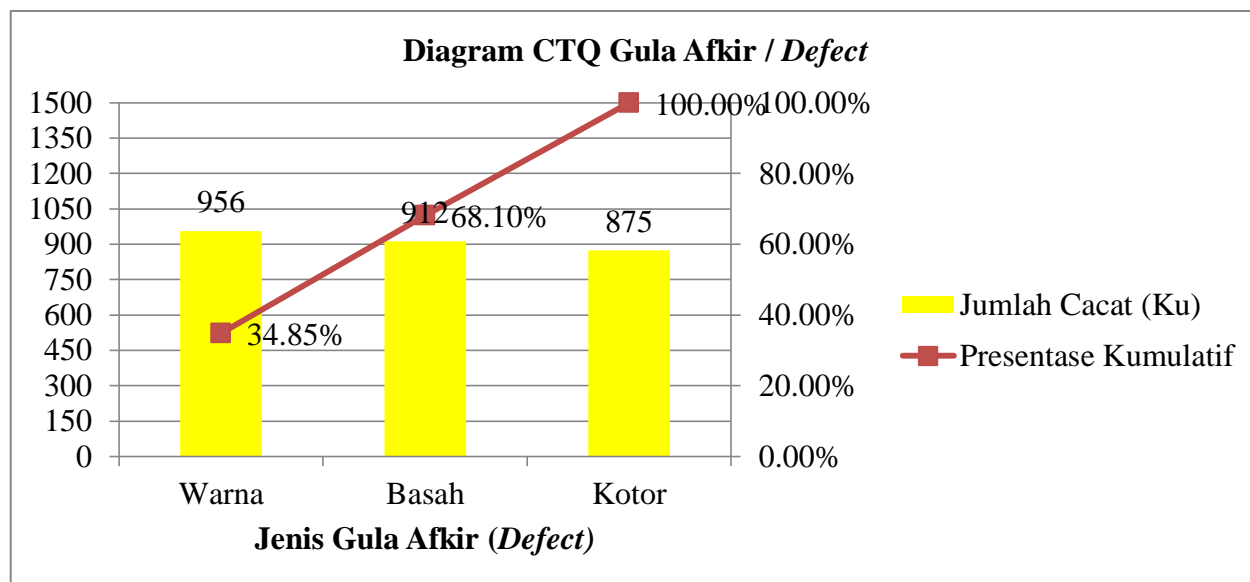
Critical to quality (CTQ) / karakteristik kualitas merupakan kunci yang ditetapkan seyogyanya berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan, yang diturunkan secara langsung dari persyaratan persyaratan output dan pelayanan. *Critical To Quality* ini pada produksi Gula Kristal Putih (GKP) di Pabrik Gula PT.Madubaru ditentukan berdasarkan *Defect* atau tingkat kecacatan dari hasil *output* produksi. Identifikasi dilakukan terhadap kriteria karakteristik kualitas yang memiliki potensi

dalam menimbulkan kecacatan suatu produk. Dapat dinyatakan bahwa *Critical* potensial yang dapat menimbulkan banyak kecacatan yaitu ada 3 (tiga), gula afkir warna, basah dan kotor. Persentase *critical to quality* potensial produksi Gula Kristal Putih (GKP) adalah sebagai berikut:

Tabel 4.16 Persentase *Critical to Quality* Gula Afkir / Defect

| No | Jenis Cacat | Jumlah Cacat (Ku) | Persentase Cacat / Afkir | Persentase Kumulatif |
|--------------|-------------|-------------------|--------------------------|----------------------|
| 1. | Warna | 956 | 34,85% | 34,85% |
| 2. | Basah | 912 | 33,25% | 68,10% |
| 3. | Kotor | 875 | 31,90% | 100,00% |
| Total | | 2.743 | | |

Setelah melakukan perhitungan persentase terhadap *critical to quality* gula kristal putih afkir berdasarkan karakteristik nya, maka selanjutnya dibuat diagram pareto. Berikut merupakan diagram pareto *critical to quality* gula kristal putih afkir / cacat:



Gambar 4.3 Diagram Pareto Persentase CTQ Gula Afkir / Defect

Dari gambar 4.3 Diagram Pareto Persentase CTQ Gula Afkir diatas dapat diketahui bahwa tingkat cacat tertinggi pada periode giling Mei-Oktober 2015 yaitu warna sebanyak 956 Kuintal, kemudian basah 912 Kuintal dan kotor sejumlah 875 Kuintal.

4.2.2.2 Pengukuran Tingkat Kecacatan Proses dan Output

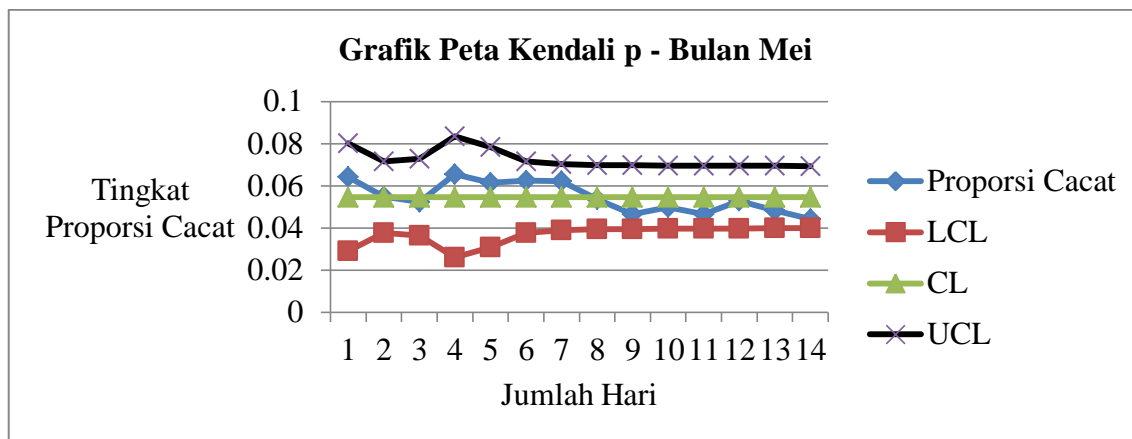
4.2.2.2.1 Data Atribut Gula Kristal Putih

Melakukan perhitungan terhadap tingkat proporsi cacat untuk menentukan batas kendali atas, nilai tengah dan batas kendali bawah, dengan membuat peta kendali p, berikut adalah peta kendali p setiap bulan nya untuk data gula afkir selama periode Mei – Oktober 2015:

Tabel 4.17 Peta Kendali p – Bulan Mei 2015

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | LCL | CL | UCL |
|--------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------|------------|------------|
| 18 | 716 | 46 | 0,064245 | 0,0292046 | 0,05469861 | 0,08019261 |
| 19 | 1604 | 88 | 0,054862 | 0,0376655 | 0,05469861 | 0,07173165 |
| 20 | 1391 | 73 | 0,052480 | 0,0364078 | 0,05469861 | 0,07298933 |
| 21 | 565 | 37 | 0,065486 | 0,0259993 | 0,05469861 | 0,08339784 |
| 22 | 829 | 51 | 0,061519 | 0,0310057 | 0,05469861 | 0,07839146 |
| 23 | 1629 | 102 | 0,062615 | 0,0377967 | 0,05469861 | 0,07160045 |
| 24 | 1898 | 118 | 0,062170 | 0,0390402 | 0,05469861 | 0,07035697 |
| 25 | 2011 | 108 | 0,053704 | 0,0394865 | 0,05469861 | 0,06991068 |
| 26 | 2017 | 94 | 0,046603 | 0,0395091 | 0,05469861 | 0,06988804 |
| 27 | 2106 | 105 | 0,049857 | 0,0398335 | 0,05469861 | 0,06956362 |
| 28 | 2104 | 98 | 0,046577 | 0,0398265 | 0,05469861 | 0,06957069 |
| 29 | 2113 | 112 | 0,053005 | 0,0398582 | 0,05469861 | 0,06953898 |
| 30 | 2128 | 103 | 0,048402 | 0,0399106 | 0,05469861 | 0,06948658 |
| 31 | 2147 | 95 | 0,044247 | 0,0399762 | 0,05469861 | 0,06942100 |
| Total | 23258 | 1230 | 0,765780 | | | |
| Rata - Rata | 1661,2857 | 87,85714286 | 0,054698 | | | |

Dari hasil perhitungan terhadap batas kendali atas, nilai tengah dan batas kendali bawah pada tabel 4.17 diatas, maka dapat dibuat grafik peta kendali p untuk mengetahui apakah data terkendali atau tidak secara statistik, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik Peta Kendali p – Bulan Mei

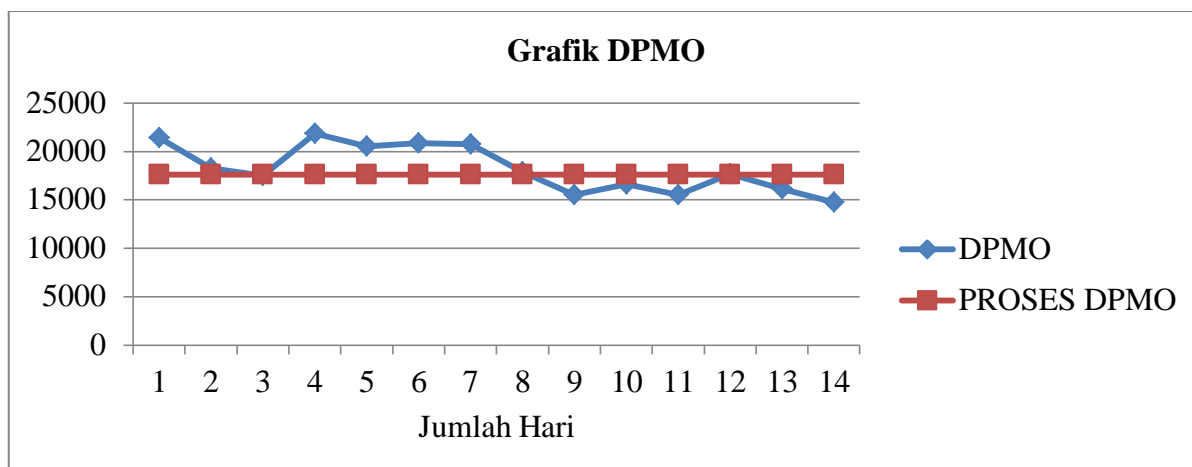
Dapat diketahui dari gambar 4.4 diatas, grafik peta kendali p pada bulan Mei 2015 menunjukkan proporsi cacat berada di dalam garis batas atas dan bawah peta kendali.

Setelah melakukan perhitungan terhadap peta kendali p dan membuat grafik nya, maka selanjutnya dilakukan perhitungan tingkat DPMO dan tingkat kapabilitas Sigma nya untuk mengetahui seberapa besar tingkat kualitas dari proses produksi Gula Kristal Putih pada PT. Madubaru, berikut merupakan perhitungan DPMO dan Kapabilitas Sigma:

Tabel 4.18 Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma – Bulan Mei 2105

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | DPMO | SIGMA |
|---------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|
| 18 | 716 | 46 | 0,064245 | 21415,2700 | 3,52535874 |
| 19 | 1604 | 88 | 0,054862 | 18287,6143 | 3,59047414 |
| 20 | 1391 | 73 | 0,052480 | 17493,4100 | 3,60851091 |
| 21 | 565 | 37 | 0,065486 | 21828,9085 | 3,51736135 |
| 22 | 829 | 51 | 0,061519 | 20506,6345 | 3,54339584 |
| 23 | 1629 | 102 | 0,062615 | 20871,7004 | 3,53606926 |
| 24 | 1898 | 118 | 0,062170 | 20723,5686 | 3,53902896 |
| 25 | 2011 | 108 | 0,053704 | 17901,5415 | 3,59915677 |
| 26 | 2017 | 94 | 0,046603 | 15534,6223 | 3,65618471 |
| 27 | 2106 | 105 | 0,049857 | 16619,1832 | 3,62919214 |
| 28 | 2104 | 98 | 0,046577 | 15525,9822 | 3,65640615 |
| 29 | 2113 | 112 | 0,053005 | 17668,4019 | 3,60447763 |
| 30 | 2128 | 103 | 0,048402 | 16134,0852 | 3,64107276 |
| 31 | 2147 | 95 | 0,044247 | 14749,2625 | 3,67675938 |
| Proses | 23258 | 1230 | 0,054698611 | 17628,34 | 3,60539790 |

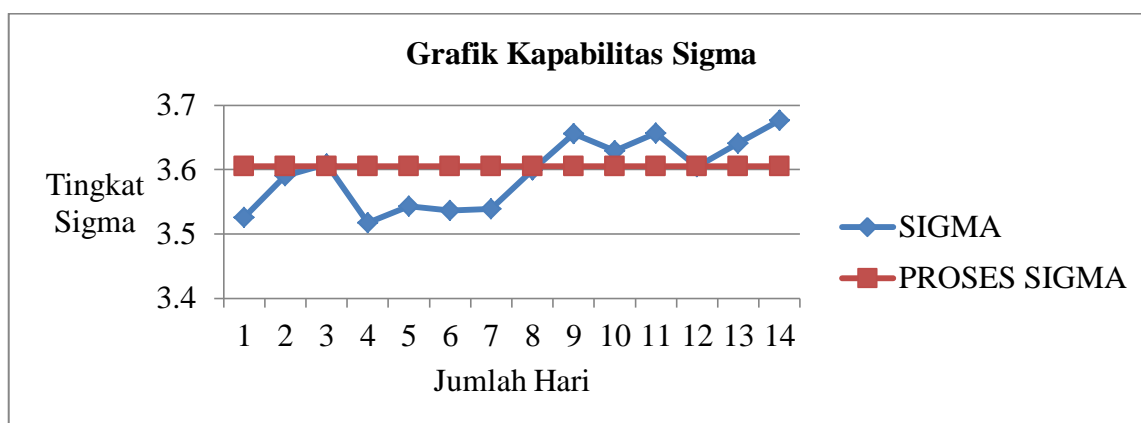
Berikut merupakan grafik hasil perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma:



Gambar 4.5 Grafik Tingkat DPMO

Dapat diketahui dari gambar 4.5 diatas, bahwa grafik pola DPMO dari gula afkir / cacat menunjukkan hasil yang bervariasi, dikarenakan adanya pola naik turun dari nilai hasil perhitungan diatas selama periode giling bulan Mei 2015. Hasil proses DPMO yang didapatkan sebesar 17628,34 yang akan digunakan sebagai ukuran kemampuan proses untuk peningkatan selanjutnya.

Berikut merupakan grafik hasil perhitungan Tingkat Sigma:



Gambar 4.6 Grafik Tingkat Kapabilitas Sigma

Dapat diketahui dari gambar 4.6 diatas, bahwa grafik pola Tingkat Kapabilitas Sigma dari gula afkir / cacat menunjukkan hasil yang bervariasi, dikarenakan adanya pola naik turun dari nilai hasil perhitungan diatas selama periode giling bulan Mei 2015. Hasil proses Sigma yang didapatkan sebesar 3,60539790 yang akan digunakan sebagai ukuran *baseline* kinerja untuk peningkatan selanjutnya. Dari grafik diatas juga dapat disimpulkan bahwa level sigma termasuk dalam Industri Rata – Rata Indonesia.

Tabel 4.19 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Data Atribut Bulan Mei

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|--|------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Proses apa yang ingin diketahui? | - | Proses Produksi Gula |
| 2 | Berapa banyak unit transaksi yang dikerjakan melalui proses? | - | 23.258 Ku |
| 3 | Berapa banyak unit yang gagal? | - | 1.230 Ku |
| 4 | Hitung cacat berdasarkan Langkah 3 | (langkah 3) / (langkah 2) | 0,052885029 |
| 5 | Tentukan banyaknya CTQ potensial yang dapat menyebabkan cacat | banyaknya karakteristik | 3 |
| 6 | Hitung peluang tingkat cacat per karakteristik CTQ | (Langkah 4) / (Langkah 5) | 0,01762834 |
| 7 | Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) | (Langkah 6) × 1.000.000 | 17628,34 |
| 8 | Konversi nilai DPMO (Langkah 7) ke dalam nilai sigma (menggunakan tabel) | - | 3,61 |
| 9 | Buat Kesimpulan | | Nilai Sigmanya adalah 3,61 |

Cara perhitungan menghitung nilai sigma pada tabel 4.19

1) Perhitungan nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel

$$= \text{normsinv} ((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1,5$$

$$= \text{normsinv} ((1000000 - 17628,34) / 1000000) + 1,5$$

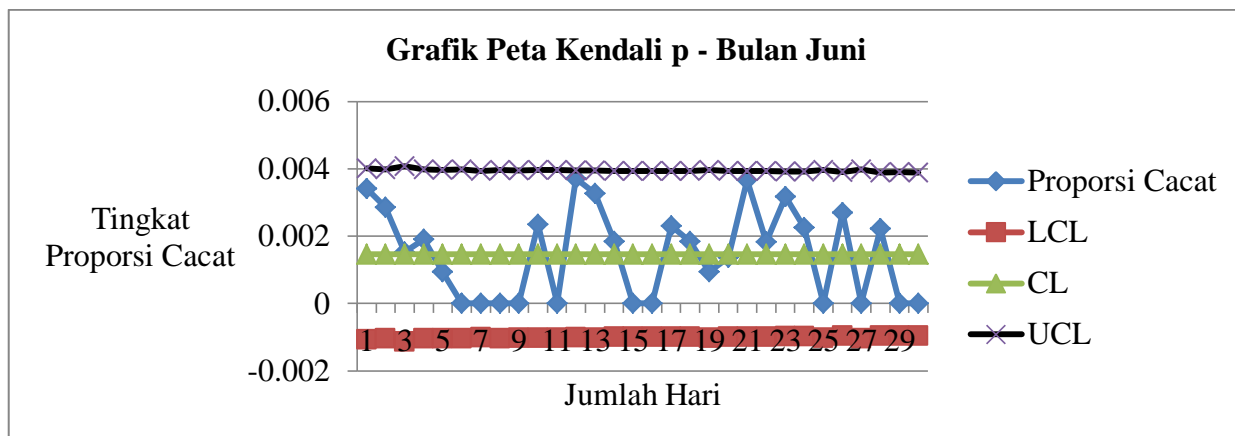
$$= 3,61 \text{ Sigma}$$

Berikut adalah peta kendali p periode Juni 2015:

Tabel 4.20 Peta Kendali p – Bulan Juni 2015

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | LCL | CL | UCL |
|--------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------|------------|------------|-------------|
| 1 | 2050 | 7 | 0,0034146 | -0,0010683 | 0,00147137 | 0,00401109 |
| 2 | 2101 | 6 | 0,0028557 | -0,0010373 | 0,00147137 | 0,00398008 |
| 3 | 1953 | 3 | 0,0015360 | -0,0011306 | 0,00147137 | 0,00407340 |
| 4 | 2101 | 4 | 0,0019038 | -0,0010373 | 0,00147137 | 0,00398008 |
| 5 | 2111 | 2 | 0,0009474 | -0,0010313 | 0,00147137 | 0,00397413 |
| 6 | 2102 | 0 | 0 | -0,0010367 | 0,00147137 | 0,00397948 |
| 7 | 2167 | 0 | 0 | -0,0009988 | 0,00147137 | 0,00394158 |
| 8 | 2113 | 0 | 0 | -0,0010302 | 0,00147137 | 0,00397294 |
| 9 | 2140 | 0 | 0 | -0,0010143 | 0,00147137 | 0,00395711 |
| 10 | 2130 | 5 | 0,0023474 | -0,0010201 | 0,00147137 | 0,00396294 |
| 11 | 2114 | 0 | 0 | -0,0010296 | 0,00147137 | 0,00397235 |
| 12 | 2156 | 8 | 0,0037105 | -0,0010051 | 0,00147137 | 0,00394787 |
| 13 | 2137 | 7 | 0,0032756 | -0,0010161 | 0,00147137 | 0,00395886 |
| 14 | 2172 | 4 | 0,0018416 | -0,0009959 | 0,00147137 | 0,00393873 |
| 15 | 2186 | 0 | 0 | -0,0009880 | 0,00147137 | 0,00393082 |
| 16 | 2169 | 0 | 0 | -0,0009976 | 0,00147137 | 0,00394044 |
| 17 | 2176 | 5 | 0,0022977 | -0,0009937 | 0,00147137 | 0,00393647 |
| 18 | 2172 | 4 | 0,0018416 | -0,0009959 | 0,00147137 | 0,00393873 |
| 19 | 2132 | 2 | 0,0009380 | -0,0010190 | 0,00147137 | 0,00396177 |
| 20 | 2188 | 3 | 0,0013711 | -0,0009869 | 0,00147137 | 0,00392970 |
| 21 | 2179 | 8 | 0,0036714 | -0,0009920 | 0,00147137 | 0,00393477 |
| 22 | 2189 | 4 | 0,0018273 | -0,0009863 | 0,00147137 | 0,00392913 |
| 23 | 2200 | 7 | 0,0031818 | -0,0009802 | 0,00147137 | 0,00392298 |
| 24 | 2211 | 5 | 0,0022614 | -0,0009741 | 0,00147137 | 0,00391688 |
| 25 | 2125 | 0 | 0 | -0,0010231 | 0,00147137 | 0,00396587 |
| 26 | 2226 | 6 | 0,0026954 | -0,0009658 | 0,00147137 | 0,00390862 |
| 27 | 2100 | 0 | 0 | -0,0010379 | 0,00147137 | 0,00398068 |
| 28 | 2250 | 5 | 0,0022222 | -0,0009528 | 0,00147137 | 0,00389559 |
| 29 | 2240 | 0 | 0 | -0,0009582 | 0,00147137 | 0,003900999 |
| 30 | 2253 | 0 | 0 | -0,0009512 | 0,00147137 | 0,00389398 |
| Total | 64.543 | 95 | 0,0044141 | | | |
| Rata - Rata | 2151,4333 | 3,166666667 | 0,001471 | | | |

Dari hasil perhitungan terhadap batas kendali atas, nilai tengah dan batas kendali bawah pada tabel 4.20 diatas, maka dapat dibuat grafik peta kendali p untuk mengetahui apakah data terkendali atau tidak secara statistik, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.7 Grafik Peta Kendali p – Bulan Juni

Dapat diketahui dari gambar 4.7 diatas, grafik peta kendali p pada bulan Juni 2015 menunjukkan proporsi cacat berada di dalam garis batas atas dan bawah peta kendali.

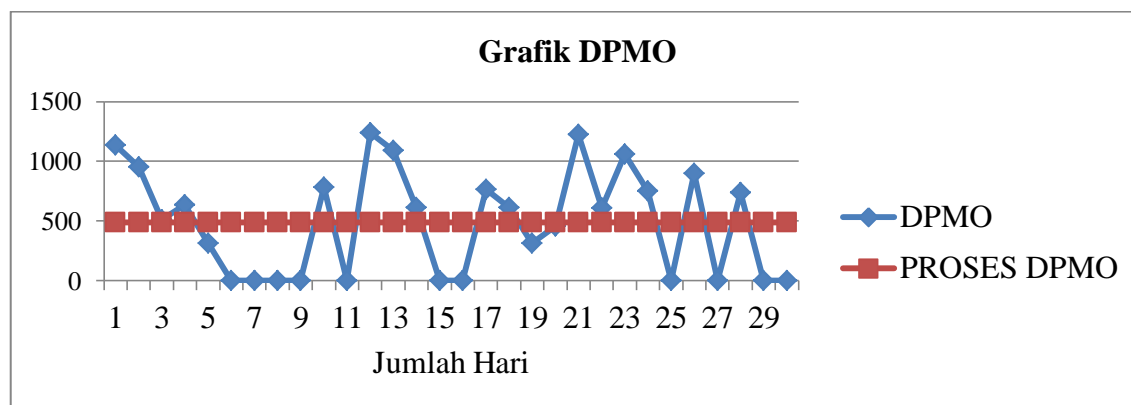
Setelah melakukan perhitungan terhadap peta kendali p dan membuat grafik nya, maka selanjutnya dilakukan perhitungan tingkat DPMO dan tingkat kapabilitas Sigma nya untuk mengetahui seberapa besar tingkat kualitas dari proses produksi Gula Kristal Putih pada PT. Madubaru, berikut merupakan perhitungan DPMO dan Kapabilitas Sigma:

Tabel 4.21 Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma – Bulan Juni 2105

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | DPMO | SIGMA |
|---------|--------------------|---------------------------------|----------------|------------|------------|
| 1 | 2050 | 7 | 0,003414 | 1138,21138 | 4,55157749 |
| 2 | 2101 | 6 | 0,002855 | 951,927653 | 4,60483448 |
| 3 | 1953 | 3 | 0,001536 | 512,032770 | 4,78383033 |
| 4 | 2101 | 4 | 0,001903 | 634,618435 | 4,72284619 |
| 5 | 2111 | 2 | 0,000947 | 315,806095 | 4,91766317 |
| 6 | 2102 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 7 | 2167 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 8 | 2113 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 9 | 2140 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 10 | 2130 | 5 | 0,002347 | 782,472613 | 4,66236268 |
| 11 | 2114 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 12 | 2156 | 8 | 0,003710 | 1236,85838 | 4,52653806 |
| 13 | 2137 | 7 | 0,003275 | 1091,87334 | 4,56403320 |
| 14 | 2172 | 4 | 0,001841 | 613,873542 | 4,73235434 |
| 15 | 2186 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 16 | 2169 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 17 | 2176 | 5 | 0,002297 | 765,931372 | 4,66857869 |
| 18 | 2172 | 4 | 0,001841 | 613,873542 | 4,73235434 |
| 19 | 2132 | 2 | 0,000938 | 312,695434 | 4,92035664 |

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | DPMO | SIGMA |
|---------------|--------------------|---------------------------------|-----------------|---------------|--------------------|
| 20 | 2188 | 3 | 0,001371 | 457,038391 | 4,81571903 |
| 21 | 2179 | 8 | 0,003671 | 1223,80296 | 4,52974463 |
| 22 | 2189 | 4 | 0,001827 | 609,106136 | 4,73458131 |
| 23 | 2200 | 7 | 0,003181 | 1060,60606 | 4,57271465 |
| 24 | 2211 | 5 | 0,002261 | 753,806724 | 4,67321402 |
| 25 | 2125 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 26 | 2226 | 6 | 0,002695 | 898,472596 | 4,62188925 |
| 27 | 2100 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 28 | 2250 | 5 | 0,002222 | 740,740740 | 4,67828676 |
| 29 | 2240 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 30 | 2253 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| Proses | 64.543 | 95 | 0,044141 | 490,63 | 4,795845975 |

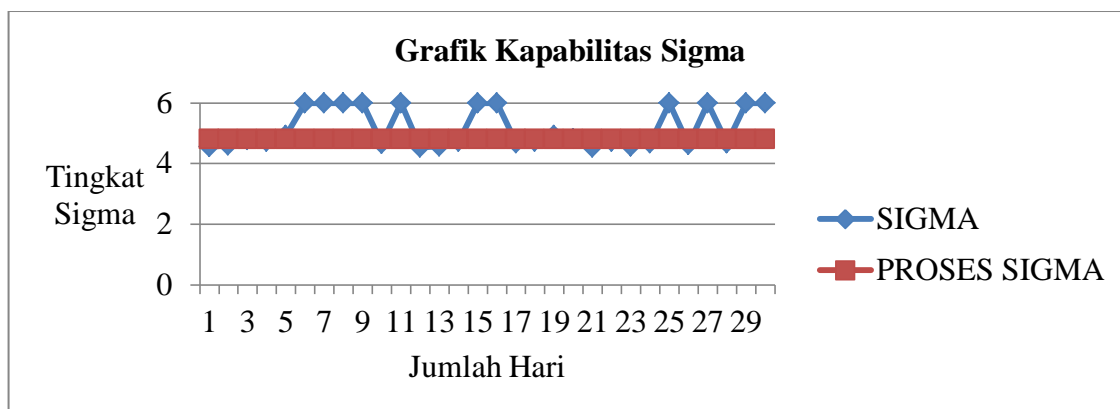
Berikut merupakan grafik hasil perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma:



Gambar 4.8 Grafik Tingkat DPMO

Dapat diketahui dari gambar 4.8 diatas, bahwa grafik pola DPMO dari gula afkir / cacat menunjukkan hasil yang bervariasi, dikarenakan adanya pola naik turun dari nilai hasil perhitungan diatas selama periode giling bulan Juni 2015. Hasil proses DPMO yang didapatkan sebesar 490,63 yang akan digunakan sebagai ukuran kemampuan proses untuk peningkatan selanjutnya.

Berikut merupakan grafik hasil perhitungan Tingkat Sigma:



Gambar 4.9 Grafik Tingkat Kapabilitas Sigma

Dapat diketahui dari gambar 4.9 diatas, bahwa grafik pola Tingkat Kapabilitas Sigma dari gula afkir / cacat menunjukkan hasil yang bervariasi, dikarenakan adanya pola naik turun dari nilai hasil perhitungan diatas selama periode giling bulan Juni 2015. Hasil proses Sigma yang didapatkan sebesar 4,795845975 yang akan digunakan sebagai ukuran *baseline* kinerja untuk peningkatan selanjutnya. Dari grafik diatas juga dapat disimpulkan bahwa level sigma termasuk dalam diatas Industri Rata – Rata Indonesia.

Tabel 4.22 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Data Atribut Bulan Juni

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|---|------------------------------|-------------------------|
| 1 | Proses apa yang ingin diketahui? | - | Proses Produksi Gula |
| 2 | Berapa banyak unit transaksi yang dikerjakan melalui proses? | - | 64.543 Ku |
| 3 | Berapa banyak unit yang gagal? | - | 95 Ku |
| 4 | Hitung cacat berdasarkan Langkah 3 | (langkah 3) / (langkah 2) | 0,001471887 |
| 5 | Tentukan banyaknya CTQ potensial yang dapat menyebabkan cacat | banyaknya karakteristik | 3 |
| 6 | Hitung peluang tingkat cacat per karakteristik CTQ | (Langkah 4) / (Langkah 5) | 0,000490629 |
| 7 | Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) | (Langkah 6) × 1.000.000 | 490,63 |

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|--|-----------|----------------------------|
| 8 | Konversi nilai DPMO (Langkah 7) ke dalam nilai sigma (menggunakan table) | - | 4,80 |
| 9 | Buat Kesimpulan | | Nilai Sigmanya adalah 4,80 |

Cara perhitungan menghitung nilai sigma pada tabel 4.19

1) Perhitungan nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel

$$= \text{normsinv}((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1,5$$

$$= \text{normsinv}((1000000 - 490,63) / 1000000) + 1,5$$

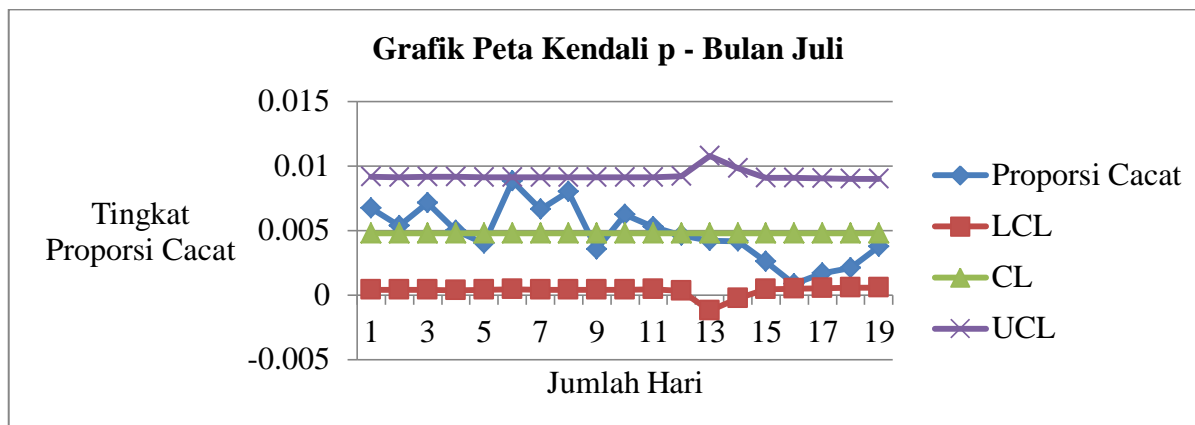
$$= 4,80 \text{ sigma}$$

Berikut adalah peta kendali p periode Juli 2015:

Tabel 4.23 Peta Kendali p – Bulan Juli 2015

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | LCL | CL | UCL |
|--------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------|-------------|------------|-------------|
| 1 | 2235 | 15 | 0,0067114 | 0,00039985 | 0,00477384 | 0,009147837 |
| 2 | 2245 | 12 | 0,0053452 | 0,00040961 | 0,00477384 | 0,009138084 |
| 3 | 2236 | 16 | 0,0071556 | 0,00040083 | 0,00477384 | 0,009146858 |
| 4 | 2202 | 11 | 0,0049954 | 0,00036720 | 0,00477384 | 0,00918049 |
| 5 | 2250 | 9 | 0,004 | 0,00041446 | 0,00477384 | 0,009133232 |
| 6 | 2268 | 20 | 0,0088183 | 0,00043179 | 0,00477384 | 0,009115899 |
| 7 | 2252 | 15 | 0,0066607 | 0,0004164 | 0,00477384 | 0,009131296 |
| 8 | 2250 | 18 | 0,008 | 0,00041446 | 0,00477384 | 0,009133232 |
| 9 | 2255 | 8 | 0,0035476 | 0,00041929 | 0,00477384 | 0,009128396 |
| 10 | 2252 | 14 | 0,0062166 | 0,0004164 | 0,00477384 | 0,009131296 |
| 11 | 2268 | 12 | 0,0052910 | 0,00043179 | 0,00477384 | 0,009115899 |
| 12 | 2172 | 10 | 0,0046040 | 0,00033687 | 0,00477384 | 0,009210818 |
| 25 | 1192 | 5 | 0,0041946 | -0,00121548 | 0,00477384 | 0,010763179 |
| 26 | 1683 | 7 | 0,0041592 | -0,00026666 | 0,00477384 | 0,009814356 |
| 27 | 2302 | 6 | 0,0026064 | 0,00046398 | 0,00477384 | 0,009083714 |
| 28 | 2310 | 2 | 0,0008658 | 0,00047145 | 0,00477384 | 0,009076244 |
| 29 | 2350 | 4 | 0,0017021 | 0,00050822 | 0,00477384 | 0,009039471 |
| 30 | 2400 | 5 | 0,0020833 | 0,00055289 | 0,00477384 | 0,008994804 |
| 31 | 2403 | 9 | 0,0037453 | 0,00055552 | 0,00477384 | 0,008992168 |
| Total | 41.525 | 198 | 0,0070310 | | | |
| Rata - Rata | 2185,5263 | 10,42105263 | 0,00477384 | | | |

Dari hasil perhitungan terhadap batas kendali atas, nilai tengah dan batas kendali bawah pada tabel 4.23 diatas, maka dapat dibuat grafik peta kendali p untuk mengetahui apakah data terkendali atau tidak secara statistik, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.10 Grafik Peta Kendali p – Bulan Juli

Dapat diketahui dari gambar 4.10 diatas, grafik peta kendali p pada bulan Juli 2015 menunjukkan proporsi cacat berada di dalam garis batas atas dan bawah peta kendali.

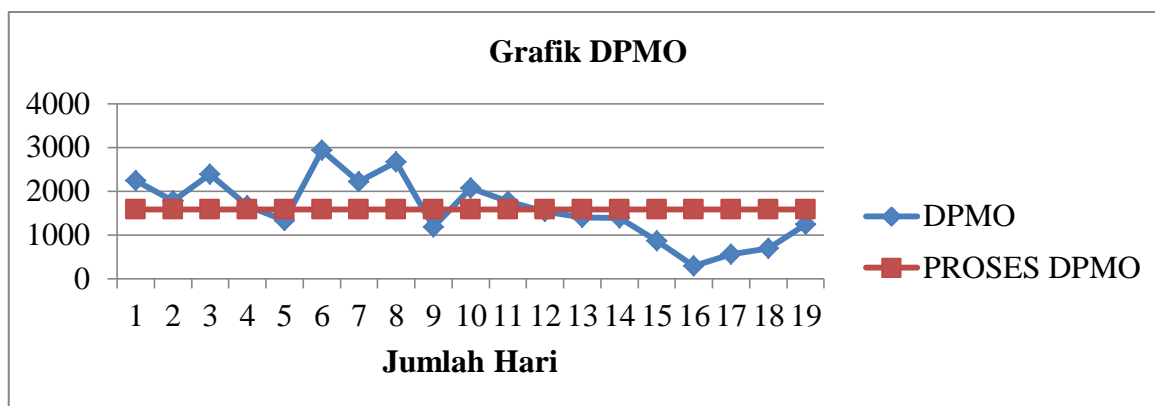
Setelah melakukan perhitungan terhadap peta kendali p dan membuat grafik nya, maka selanjutnya dilakukan perhitungan tingkat DPMO dan tingkat kapabilitas Sigma nya untuk mengetahui seberapa besar tingkat kualitas dari proses produksi Gula Kristal Putih pada PT. Madubaru, berikut merupakan perhitungan DPMO dan Kapabilitas Sigma:

Tabel 4.24 Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma – Bulan Juli 2105

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | DPMO | SIGMA |
|---------|--------------------|---------------------------------|----------------|------------|------------|
| 1 | 2235 | 15 | 0,006711 | 2237,13646 | 4,34263178 |
| 2 | 2245 | 12 | 0,005345 | 1781,73719 | 4,41442235 |
| 3 | 2236 | 16 | 0,007155 | 2385,21168 | 4,32214076 |
| 4 | 2202 | 11 | 0,004995 | 1665,15289 | 4,43548139 |
| 5 | 2250 | 9 | 0,004 | 1333,33333 | 4,50375877 |
| 6 | 2268 | 20 | 0,008818 | 2939,44738 | 4,25446071 |
| 7 | 2252 | 15 | 0,006660 | 2220,24866 | 4,34504626 |
| 8 | 2250 | 18 | 0,008 | 2666,66666 | 4,28617947 |
| 9 | 2255 | 8 | 0,003547 | 1182,55728 | 4,54008491 |
| 10 | 2252 | 14 | 0,006216 | 2072,23209 | 4,36695157 |
| 11 | 2268 | 12 | 0,005291 | 1763,66843 | 4,41760250 |
| 12 | 2172 | 10 | 0,004604 | 1534,68385 | 4,46070400 |
| 25 | 1192 | 5 | 0,004194 | 1398,21029 | 4,48927310 |
| 26 | 1683 | 7 | 0,004159 | 1386,41315 | 4,49186083 |
| 27 | 2302 | 6 | 0,002606 | 868,809730 | 4,63175984 |

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | DPMO | SIGMA |
|--------------|--------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 28 | 2310 | 2 | 0,000865 | 288,600288 | 4,94210761 |
| 29 | 2350 | 4 | 0,001702 | 567,375886 | 4,75479265 |
| 30 | 2400 | 5 | 0,002083 | 694,444444 | 4,69695022 |
| 31 | 2403 | 9 | 0,003745 | 1248,43945 | 4,52371942 |
| Total | 41.525 | 198 | 0,090703 | 1589,40 | 4,449896115 |

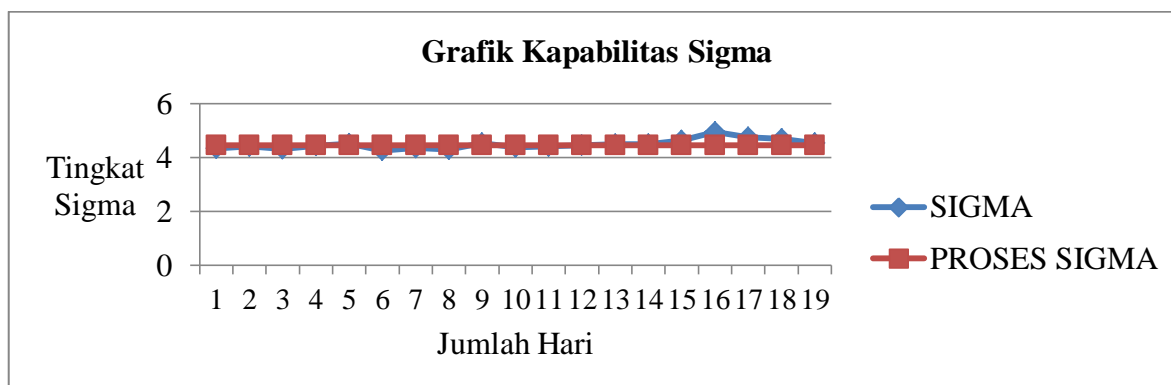
Berikut merupakan grafik hasil perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma:



Gambar 4.11 Grafik Tingkat DPMO

Dapat diketahui dari gambar 4.11 diatas, bahwa grafik pola DPMO dari gula afkir / cacat menunjukkan hasil yang bervariasi, dikarenakan adanya pola naik turun dari nilai hasil perhitungan diatas selama periode giling bulan Juli 2015. Hasil proses DPMO yang didapatkan sebesar 1589,40 yang akan digunakan sebagai ukuran kemampuan proses untuk peningkatan selanjutnya.

Berikut merupakan grafik hasil perhitungan Tingkat Sigma:



Gambar 4.12 Grafik Tingkat Kapabilitas Sigma

Dapat diketahui dari gambar 4.12 diatas, bahwa grafik pola Tingkat Kapabilitas Sigma dari gula akhir / cacat menunjukkan hasil yang tidak terlalu bervariasi, dikarenakan hanya sedikit pola naik turun dari nilai hasil perhitungan diatas selama periode giling bulan Juli 2015. Hasil proses Sigma yang didapatkan sebesar 4,449896115 yang akan digunakan sebagai ukuran *baseline* kinerja untuk peningkatan selanjutnya. Dari grafik diatas juga dapat disimpulkan bahwa level sigma termasuk dalam diatas Industri Rata – Rata Indonesia.

Tabel 4.25 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Data Atribut Bulan Juli

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|--|------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Proses apa yang ingin diketahui? | - | Proses Produksi Gula |
| 2 | Berapa banyak unit transaksi yang dikerjakan melalui proses? | - | 41.525 Ku |
| 3 | Berapa banyak unit yang gagal? | - | 198 Ku |
| 4 | Hitung cacat berdasarkan Langkah 3 | (langkah 3) / (langkah 2) | 0,004768212 |
| 5 | Tentukan banyaknya CTQ potensial yang dapat menyebabkan cacat | banyaknya karakteristik | 3 |
| 6 | Hitung peluang tingkat cacat per karakteristik CTQ | (Langkah 4) / (Langkah 5) | 0,001589404 |
| 7 | Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) | (Langkah 6) × 1.000.000 | 1589,40 |
| 8 | Konversi nilai DPMO (Langkah 7) ke dalam nilai sigma (menggunakan tabel) | - | 4,45 |
| 9 | Buat Kesimpulan | | Nilai Sigmanya adalah 4,45 |

Cara perhitungan menghitung nilai sigma pada tabel 4.19

1) Perhitungan nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel

$$= \text{normsinv} ((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1,5$$

$$= \text{normsinv} ((1000000 - 1589,40) / 1000000) + 1,5$$

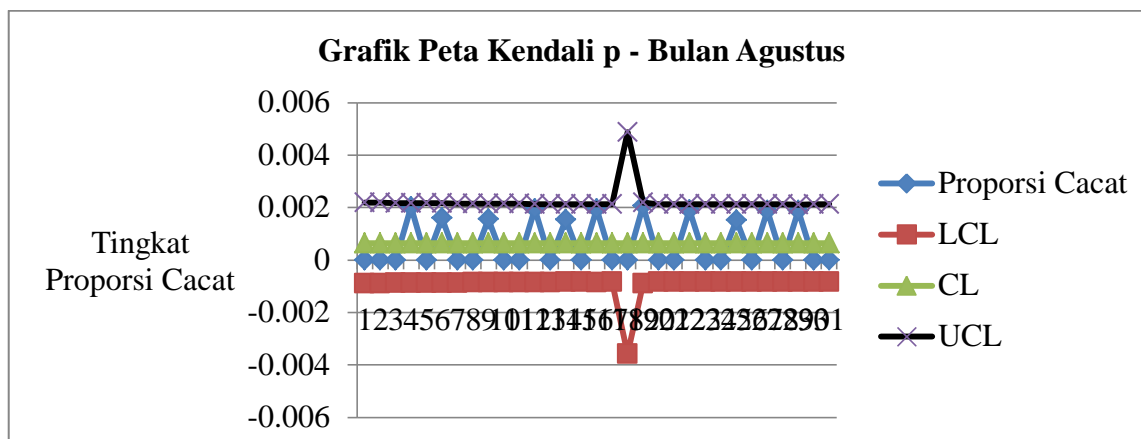
$$= 4,45 \text{ Sigma}$$

Berikut adalah peta kendali p periode Agustus 2015:

Tabel 4.26 Peta Kendali p – Bulan Agustus 2015

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | LCL | CL | UCL |
|--------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------|------------|-------------|
| 1 | 2.423 | 0 | 0 | -0,00090172 | 0,00064192 | 0,002185578 |
| 2 | 2.440 | 0 | 0 | -0,00089633 | 0,00064192 | 0,002180191 |
| 3 | 2.455 | 0 | 0 | -0,00089162 | 0,00064192 | 0,00217548 |
| 4 | 2.470 | 5 | 0,0020242 | -0,00088696 | 0,00064192 | 0,00217082 |
| 5 | 2.485 | 0 | 0 | -0,00088234 | 0,00064192 | 0,0021662 |
| 6 | 2.488 | 4 | 0,0016077 | -0,00088142 | 0,00064192 | 0,002165281 |
| 7 | 2.517 | 0 | 0 | -0,00087262 | 0,00064192 | 0,002156479 |
| 8 | 2.530 | 0 | 0 | -0,00086872 | 0,00064192 | 0,002152583 |
| 9 | 2.558 | 4 | 0,0015637 | -0,00086043 | 0,00064192 | 0,002144293 |
| 10 | 2.571 | 0 | 0 | -0,00085663 | 0,00064192 | 0,00214049 |
| 11 | 2.566 | 0 | 0 | -0,00085809 | 0,00064192 | 0,002141949 |
| 12 | 2.577 | 5 | 0,0019402 | -0,00085488 | 0,00064192 | 0,002138744 |
| 13 | 2.585 | 0 | 0 | -0,00085256 | 0,00064192 | 0,00213643 |
| 14 | 2.590 | 4 | 0,0015444 | -0,00085112 | 0,00064192 | 0,002134983 |
| 15 | 2.594 | 0 | 0 | -0,00084997 | 0,00064192 | 0,002133831 |
| 16 | 2.577 | 5 | 0,0019402 | -0,00085488 | 0,00064192 | 0,002138744 |
| 17 | 2.598 | 0 | 0 | -0,00084882 | 0,00064192 | 0,002132682 |
| 18 | 322 | 0 | 0 | -0,00359252 | 0,00064192 | 0,004876383 |
| 19 | 2.413 | 5 | 0,0020721 | -0,00090491 | 0,00064192 | 0,002188774 |
| 20 | 2.600 | 0 | 0 | -0,00084825 | 0,00064192 | 0,002132109 |
| 21 | 2.607 | 0 | 0 | -0,00084624 | 0,00064192 | 0,00213011 |
| 22 | 2.621 | 5 | 0,0019076 | -0,00084226 | 0,00064192 | 0,002126127 |
| 23 | 2.622 | 0 | 0 | -0,00084198 | 0,00064192 | 0,002125844 |
| 24 | 2.625 | 0 | 0 | -0,00084113 | 0,00064192 | 0,002124996 |
| 25 | 2.624 | 4 | 0,0015243 | -0,00084142 | 0,00064192 | 0,002125278 |
| 26 | 2.640 | 0 | 0 | -0,00083691 | 0,00064192 | 0,002120776 |
| 27 | 2.645 | 5 | 0,0018903 | -0,00083552 | 0,00064192 | 0,002119378 |
| 28 | 2.645 | 0 | 0 | -0,00083552 | 0,00064192 | 0,002119378 |
| 29 | 2.653 | 5 | 0,0018846 | -0,00083329 | 0,00064192 | 0,002117149 |
| 30 | 2.632 | 0 | 0 | -0,00083916 | 0,00064192 | 0,002123022 |
| 31 | 2.638 | 0 | 0 | -0,00083747 | 0,00064192 | 0,002121337 |
| Total | 77.311 | 51 | 0,0198997 | | | |
| Rata - Rata | 2.494 | 1,64516129 | 0,0006419 | | | |

Dari hasil perhitungan terhadap batas kendali atas, nilai tengah dan batas kendali bawah pada tabel 4.26 diatas, maka dapat dibuat grafik peta kendali p untuk mengetahui apakah data terkendali atau tidak secara statistik, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.13 Grafik Peta Kendali p – Bulan Agustus

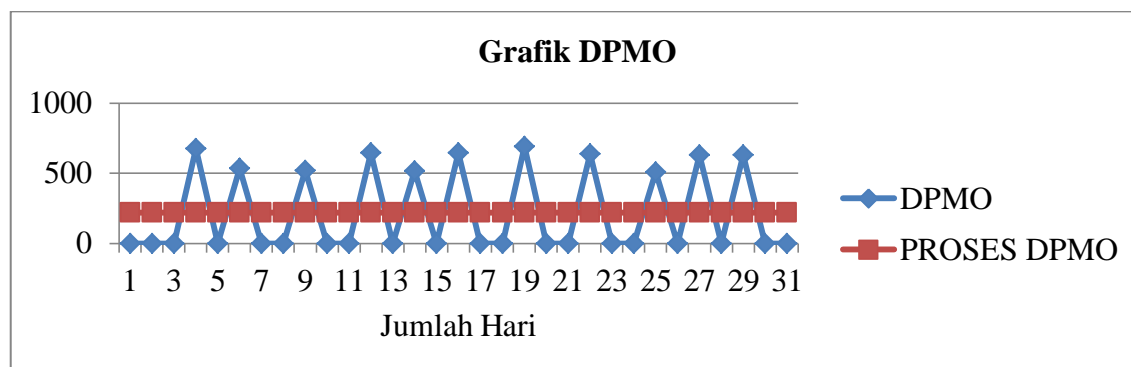
Dapat diketahui dari gambar 4.13 diatas, grafik peta kendali p pada bulan Agustus 2015 menunjukkan proporsi cacat berada di dalam garis batas atas dan bawah peta kendali. Setelah melakukan perhitungan terhadap peta kendali p dan membuat grafik nya, maka selanjutnya dilakukan perhitungan tingkat DPMO dan tingkat kapabilitas Sigma nya untuk mengetahui seberapa besar tingkat kualitas dari proses produksi Gula Kristal Putih pada PT. Madubaru, berikut merupakan perhitungan DPMO dan Kapabilitas Sigma:

Tabel 4.27 Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma – Bulan Agustus 2105

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | DPMO | SIGMA |
|---------|--------------------|---------------------------------|----------------|------------|------------|
| 1 | 2.423 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 2 | 2.440 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 3 | 2.455 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 4 | 2.470 | 5 | 0,002024 | 674,763832 | 4,70523389 |
| 5 | 2.485 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 6 | 2.488 | 4 | 0,001607 | 535,905680 | 4,77096510 |
| 7 | 2.517 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 8 | 2.530 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 9 | 2.558 | 4 | 0,001563 | 521,240552 | 4,77880373 |
| 10 | 2.571 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 11 | 2.566 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 12 | 2.577 | 5 | 0,001940 | 646,746863 | 4,71741938 |
| 13 | 2.585 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 14 | 2.590 | 4 | 0,001544 | 514,800514 | 4,78231066 |

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | DPMO | SIGMA |
|--------------|--------------------|---------------------------------|-----------------|---------------|--------------------|
| 15 | 2.594 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 16 | 2.577 | 5 | 0,001940 | 646,746863 | 4,71741938 |
| 17 | 2.598 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 18 | 322 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 19 | 2.413 | 5 | 0,002072 | 690,703135 | 4,69850815 |
| 20 | 2.600 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 21 | 2.607 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 22 | 2.621 | 5 | 0,001907 | 635,889609 | 4,72227294 |
| 23 | 2.622 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 24 | 2.625 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 25 | 2.624 | 4 | 0,001524 | 508,130081 | 4,78598612 |
| 26 | 2.640 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 27 | 2.645 | 5 | 0,001890 | 630,119722 | 4,72488349 |
| 28 | 2.645 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 29 | 2.653 | 5 | 0,001884 | 628,219625 | 4,72574801 |
| 30 | 2.632 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 31 | 2.638 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| Total | 77.311 | 51 | 0,019899 | 219,89 | 5,014982977 |

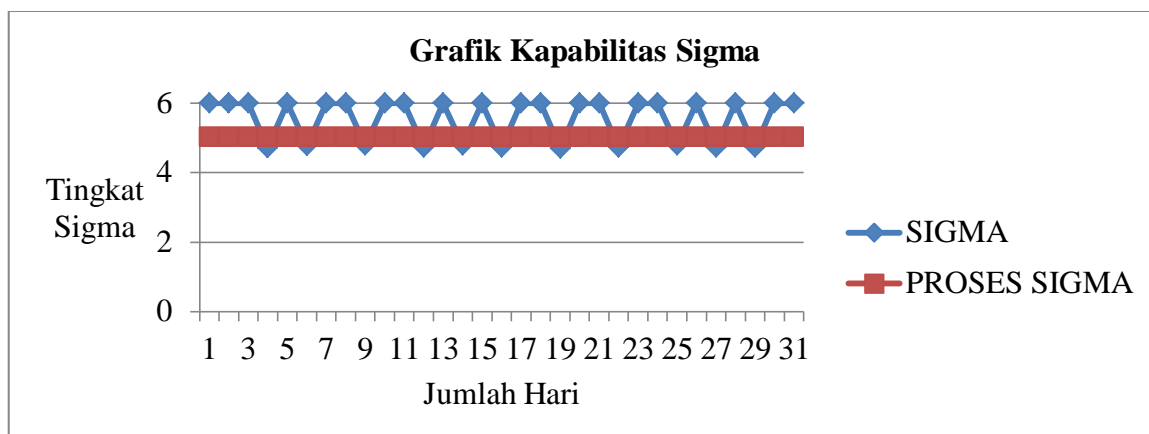
Berikut merupakan grafik hasil perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma:



Gambar 4.14 Grafik Tingkat DPMO

Dapat diketahui dari gambar 4.14 diatas, bahwa grafik pola DPMO dari gula afkir / cacat menunjukkan hasil yang bervariasi, dikarenakan adanya pola naik turun dari nilai hasil perhitungan diatas selama periode giling bulan Agustus 2015. Hasil proses DPMO yang didapatkan sebesar 219,89 yang akan digunakan sebagai ukuran kemampuan proses untuk peningkatan selanjutnya.

Berikut merupakan grafik hasil perhitungan Tingkat Sigma:



Gambar 4.15 Grafik Tingkat Kapabilitas Sigma

Dapat diketahui dari gambar 4.15 diatas, bahwa grafik pola Tingkat Kapabilitas Sigma dari gula afkir / cacat menunjukkan hasil yang tidak terlalu bervariasi, dikarenakan hanya sedikit pola naik turun dari nilai hasil perhitungan diatas selama periode giling bulan Agustus 2015. Hasil proses Sigma yang didapatkan sebesar 5,014982977 yang akan digunakan sebagai ukuran *baseline* kinerja untuk peningkatan selanjutnya. Dari grafik diatas juga dapat disimpulkan bahwa level sigma termasuk dalam diatas Industri Rata – Rata Indonesia.

Tabel 4.28 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Data Atribut Bulan Agustus

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|---|------------------------------|-------------------------|
| 1 | Proses apa yang ingin diketahui? | - | Proses Produksi Gula |
| 2 | Berapa banyak unit transaksi yang dikerjakan melalui proses? | - | 77.311 Ku |
| 3 | Berapa banyak unit yang gagal? | - | 51 Ku |
| 4 | Hitung cacat berdasarkan Langkah 3 | (langkah 3) / (langkah 2) | 0,000659673 |
| 5 | Tentukan banyaknya CTQ potensial yang dapat menyebabkan cacat | banyaknya karakteristik | 3 |
| 6 | Hitung peluang tingkat cacat per karakteristik CTQ | (Langkah 4) / (Langkah 5) | 0,000219891 |
| 7 | Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) | (Langkah 6) × 1.000.000 | 219,89 |

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|--|-----------|----------------------------|
| 8 | Konversi nilai DPMO (Langkah 7) ke dalam nilai sigma (menggunakan tabel) | - | 5,01 |
| 9 | Buat Kesimpulan | | Nilai Sigmanya adalah 5,01 |

Cara perhitungan menghitung nilai sigma pada tabel 4.28

1) Perhitungan nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel

$$= \text{normsinv}((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1,5$$

$$= \text{normsinv}((1000000 - 219,89) / 1000000) + 1,5$$

$$= 5,01 \text{ Sigma}$$

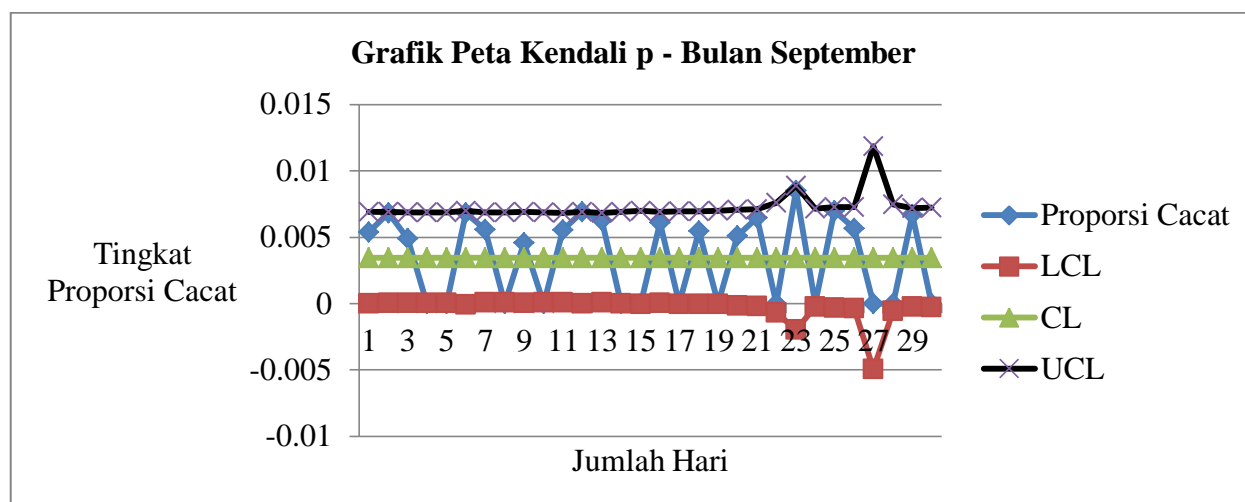
Berikut adalah peta kendali p periode September 2015:

Tabel 4.29 Peta Kendali p – Bulan September 2015

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | LCL | CL | UCL |
|---------|--------------------|---------------------------------|----------------|-------------|------------|-------------|
| 1 | 2.607 | 14 | 0,0053701 | 1,00544 | 0,00346037 | 0,006910701 |
| 2 | 2.633 | 18 | 0,0068363 | 2,71321 | 0,00346037 | 0,006893623 |
| 3 | 2.650 | 13 | 0,0049056 | 3,81621 | 0,00346037 | 0,006882593 |
| 4 | 2.666 | 0 | 0 | 4,84468 | 0,00346037 | 0,006872308 |
| 5 | 2.663 | 0 | 0 | 4,65255 | 0,00346037 | 0,00687423 |
| 6 | 2.493 | 17 | 0,0068190 | -6,7952 | 0,00346037 | 0,006988707 |
| 7 | 2.681 | 15 | 0,0055949 | 5,80049 | 0,00346037 | 0,00686275 |
| 8 | 2.690 | 0 | 0 | 6,37014 | 0,00346037 | 0,006857054 |
| 9 | 2.627 | 12 | 0,0045679 | 2,32136 | 0,00346037 | 0,006897542 |
| 10 | 2.683 | 0 | 0 | 5,92733 | 0,00346037 | 0,006861482 |
| 11 | 2.709 | 15 | 0,0055370 | 7,56339 | 0,00346037 | 0,006845121 |
| 12 | 2.602 | 18 | 0,0069177 | 6,74097 | 0,00346037 | 0,006914014 |
| 13 | 2.712 | 17 | 0,0062684 | 7,75065 | 0,00346037 | 0,006843249 |
| 14 | 2.609 | 0 | 0 | 1,13772 | 0,00346037 | 0,006909378 |
| 15 | 2.511 | 0 | 0 | -5,52829 | 0,00346037 | 0,006976038 |
| 16 | 2.626 | 16 | 0,0060929 | 2,25592 | 0,00346037 | 0,006898196 |
| 17 | 2.520 | 0 | 0 | -4,89993 | 0,00346037 | 0,006969754 |
| 18 | 2.557 | 14 | 0,0054751 | -2,35163 | 0,00346037 | 0,006944271 |
| 19 | 2.512 | 0 | 0 | -5,45831 | 0,00346037 | 0,006975338 |
| 20 | 2.359 | 12 | 0,0050869 | -0,00016677 | 0,00346037 | 0,007087534 |
| 21 | 2.312 | 15 | 0,0064878 | -0,00020346 | 0,00346037 | 0,007124216 |
| 22 | 1.815 | 0 | 0 | -0,00067477 | 0,00346037 | 0,007595534 |
| 23 | 1.059 | 9 | 0,0084985 | -0,00195317 | 0,00346037 | 0,008873929 |
| 24 | 2.267 | 0 | 0 | -0,00023964 | 0,00346037 | 0,007160401 |

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | LCL | CL | UCL |
|--------------------|--------------------|---------------------------------|------------------|-------------|------------|-------------|
| 25 | 2.145 | 15 | 0,0069930 | -0,00034341 | 0,00346037 | 0,007264168 |
| 26 | 2.119 | 12 | 0,0056630 | -0,00036667 | 0,00346037 | 0,007287433 |
| 27 | 441 | 0 | 0 | -0,00492863 | 0,00346037 | 0,011849393 |
| 28 | 1.919 | 0 | 0 | -0,00056116 | 0,00346037 | 0,007481921 |
| 29 | 2.240 | 15 | 0,0066964 | -0,00026187 | 0,00346037 | 0,007182634 |
| 30 | 2.194 | 0 | 0 | -0,00030069 | 0,00346037 | 0,007221452 |
| Total | 70621 | 247 | 0,1038113 | | | |
| Rata - Rata | 2.354 | 8 | 0,0034603 | | | |

Dari hasil perhitungan terhadap batas kendali atas, nilai tengah dan batas kendali bawah pada tabel 4.29 diatas, maka dapat dibuat grafik peta kendali p untuk mengetahui apakah data terkendali atau tidak secara statistik, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.16 Grafik Peta Kendali p – Bulan September

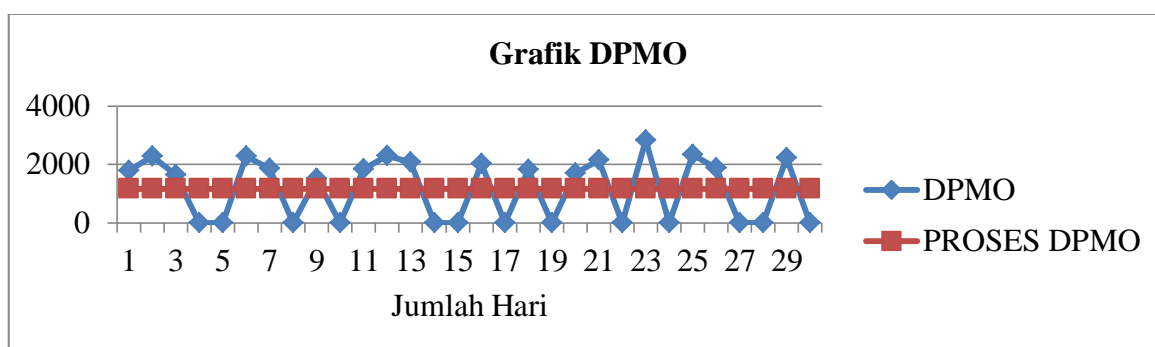
Dapat diketahui dari gambar 4.16 diatas, grafik peta kendali p pada bulan September 2015 menunjukkan proporsi cacat berada di dalam garis batas atas dan bawah peta kendali.

Setelah melakukan perhitungan terhadap peta kendali p dan membuat grafik nya, maka selanjutnya dilakukan perhitungan tingkat DPMO dan tingkat kapabilitas Sigma nya untuk mengetahui seberapa besar tingkat kualitas dari proses produksi Gula Kristal Putih pada PT. Madubaru, berikut merupakan perhitungan DPMO dan Kapabilitas Sigma:

Tabel 4.30 Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma – Bulan September 2105

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | DPMO | SIGMA |
|---------------|--------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 2.607 | 14 | 0,005370 | 1790,05242 | 4,4129687 |
| 2 | 2.633 | 18 | 0,006836 | 2278,76946 | 4,33674925 |
| 3 | 2.650 | 13 | 0,004905 | 1635,22012 | 4,44110464 |
| 4 | 2.666 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 5 | 2.663 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 6 | 2.493 | 17 | 0,006819 | 2273,03115 | 4,33755423 |
| 7 | 2.681 | 15 | 0,005594 | 1864,97575 | 4,40014073 |
| 8 | 2.690 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 9 | 2.627 | 12 | 0,004567 | 1522,64941 | 4,46312802 |
| 10 | 2.683 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 11 | 2.709 | 15 | 0,005537 | 1845,69952 | 4,4033957 |
| 12 | 2.602 | 18 | 0,006917 | 2305,91852 | 4,33296544 |
| 13 | 2.712 | 17 | 0,006268 | 2089,47885 | 4,36432744 |
| 14 | 2.609 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 15 | 2.511 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 16 | 2.626 | 16 | 0,006092 | 2030,97232 | 4,37331066 |
| 17 | 2.520 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 18 | 2.557 | 14 | 0,005475 | 1825,05540 | 4,40691610 |
| 19 | 2.512 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 20 | 2.359 | 12 | 0,005086 | 1695,63374 | 4,42984900 |
| 21 | 2.312 | 15 | 0,006487 | 2162,62975 | 4,35341134 |
| 22 | 1.815 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 23 | 1.059 | 9 | 0,008498 | 2832,86119 | 4,26652509 |
| 24 | 2.267 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 25 | 2.145 | 15 | 0,006993 | 2331,00233 | 4,32950517 |
| 26 | 2.119 | 12 | 0,005663 | 1887,68286 | 4,39634543 |
| 27 | 441 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 28 | 1.919 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 29 | 2.240 | 15 | 0,006696 | 2232,14285 | 4,34334400 |
| 30 | 2.194 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| Proses | 70.621 | 247 | 0,103811 | 1165,85 | 4,544368232 |

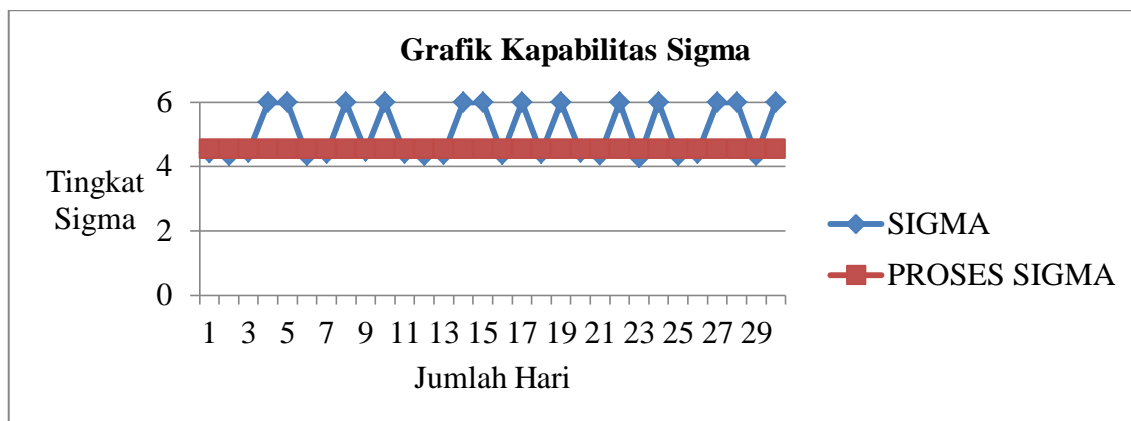
Berikut merupakan grafik hasil perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma:



Gambar 4.17 Grafik Tingkat DPMO

Dapat diketahui dari gambar 4.19 diatas, bahwa grafik pola DPMO dari gula afkir / cacat menunjukkan hasil yang bervariasi, dikarenakan adanya pola naik turun dari nilai hasil perhitungan diatas selama periode giling bulan September 2015. Hasil proses DPMO yang didapatkan sebesar 1165,85 yang akan digunakan sebagai ukuran kemampuan proses untuk peningkatan selanjutnya.

Berikut merupakan grafik hasil perhitungan Tingkat Sigma:



Gambar 4.18 Grafik Tingkat Kapabilitas Sigma

Dapat diketahui dari gambar 4.18 diatas, bahwa grafik pola Tingkat Kapabilitas Sigma dari gula afkir / cacat menunjukkan hasil yang tidak terlalu bervariasi, dikarenakan hanya sedikit pola naik turun dari nilai hasil perhitungan diatas selama periode giling bulan September 2015. Hasil proses Sigma yang didapatkan sebesar 4,544368232 yang akan digunakan sebagai ukuran *baseline* kinerja untuk peningkatan selanjutnya. Dari grafik diatas juga dapat disimpulkan bahwa level sigma termasuk dalam diatas Industri Rata – Rata Indonesia.

Tabel 4.31 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Data Atribut Bulan September

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|--|------------------------------|-------------------------|
| 1 | Proses apa yang ingin diketahui? | - | Proses Produksi Gula |
| 2 | Berapa banyak unit transaksi yang dikerjakan melalui proses? | - | 70.621 Ku |
| 3 | Berapa banyak unit yang gagal? | - | 247 Ku |
| 4 | Hitung cacat berdasarkan Langkah 3 | (langkah 3) / (langkah 2) | 0,003497543 |

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|--|---------------------------|----------------------------|
| 5 | Tentukan banyaknya CTQ potensial yang dapat menyebabkan cacat | banyaknya karakteristik | 3 |
| 6 | Hitung peluang tingkat cacat per karakteristik CTQ | (Langkah 4) / (Langkah 5) | 0,001165848 |
| 7 | Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) | (Langkah 6) × 1.000.000 | 1165,85 |
| 8 | Konversi nilai DPMO (Langkah 7) ke dalam nilai sigma (menggunakan tabel) | - | 4,54 |
| 9 | Buat Kesimpulan | | Nilai Sigmanya adalah 4,54 |

Cara perhitungan menghitung nilai sigma pada tabel 4.31

1) Perhitungan nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel

$$= \text{normsinv} ((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1,5$$

$$= \text{normsinv} ((1000000 - 1165,85) / 1000000) + 1,5$$

$$= 4,54 \text{ Sigma}$$

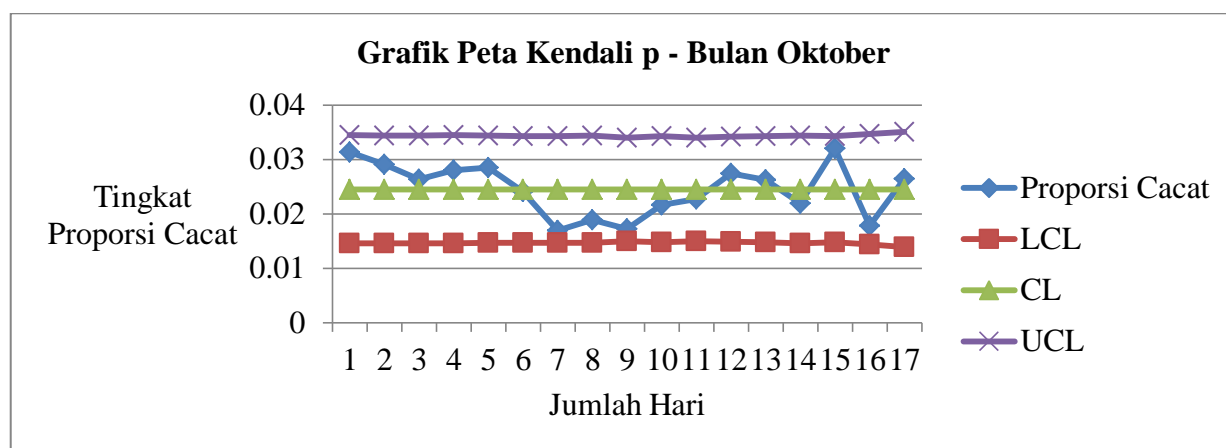
Berikut adalah peta kendali P periode Oktober 2015:

Tabel 4.32 Peta Kendali P – Bulan Oktober 2015

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | LCL | CL | UCL |
|---------|--------------------|---------------------------------|----------------|-----------|------------|------------|
| 1 | 2.171 | 68 | 0,031321 | 0,0145499 | 0,02450463 | 0,03445932 |
| 2 | 2.201 | 64 | 0,029077 | 0,0146180 | 0,02450463 | 0,03439125 |
| 3 | 2.199 | 58 | 0,026375 | 0,0146135 | 0,02450463 | 0,03439574 |
| 4 | 2.178 | 61 | 0,028007 | 0,0145659 | 0,02450463 | 0,03444331 |
| 5 | 2.210 | 63 | 0,028506 | 0,0146381 | 0,02450463 | 0,0343711 |
| 6 | 2.243 | 54 | 0,024074 | 0,0147110 | 0,02450463 | 0,03429825 |
| 7 | 2.240 | 38 | 0,016964 | 0,0147044 | 0,02450463 | 0,03430480 |
| 8 | 2.225 | 42 | 0,018876 | 0,0146714 | 0,02450463 | 0,03433778 |
| 9 | 2.376 | 41 | 0,017255 | 0,0149890 | 0,02450463 | 0,03402019 |
| 10 | 2.266 | 49 | 0,021624 | 0,0147608 | 0,02450463 | 0,03424842 |
| 11 | 2.378 | 54 | 0,022708 | 0,0149930 | 0,02450463 | 0,03401619 |
| 12 | 2.300 | 63 | 0,027391 | 0,0148331 | 0,02450463 | 0,03417613 |
| 13 | 2.251 | 59 | 0,026210 | 0,0147284 | 0,02450463 | 0,03428083 |
| 14 | 2.188 | 48 | 0,021937 | 0,0145886 | 0,02450463 | 0,03442057 |

| | | | | | | |
|--------------------|---------------|------------|-----------------|-----------|------------|------------|
| 15 | 2.250 | 72 | 0,032000 | 0,0147262 | 0,02450463 | 0,03428300 |
| 16 | 2.081 | 37 | 0,017779 | 0,0143369 | 0,02450463 | 0,03467231 |
| 17 | 1.927 | 51 | 0,026466 | 0,0139384 | 0,02450463 | 0,03507078 |
| Total | 37.684 | 922 | 0,416578 | | | |
| Rata - Rata | 2.217 | 54 | 0,024504 | | | |

Dari hasil perhitungan terhadap batas kendali atas, nilai tengah dan batas kendali bawah pada tabel 4.32 diatas, maka dapat dibuat grafik peta kendali p untuk mengetahui apakah data terkendali atau tidak secara statistik, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.19 Grafik Peta Kendali p – Bulan Oktober

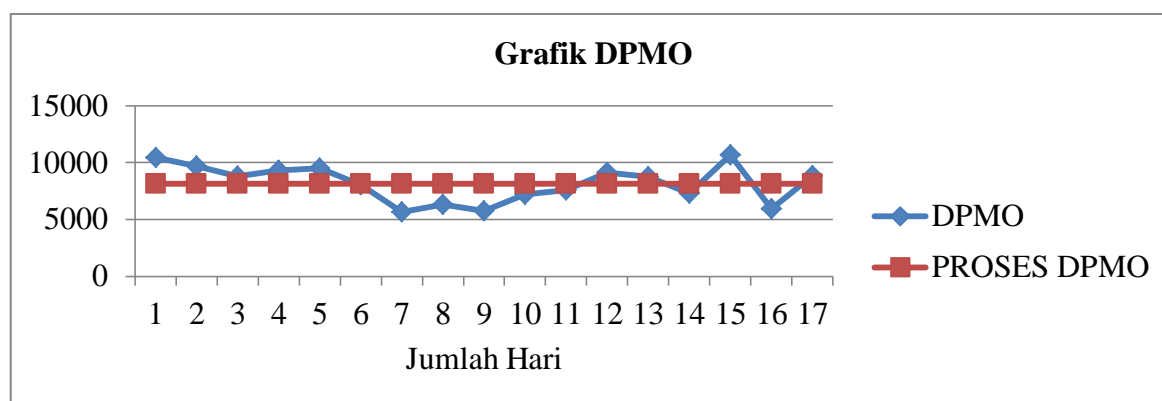
Dapat diketahui dari gambar 4.19 diatas, grafik peta kendali p pada bulan Oktober 2015 menunjukkan proporsi cacat berada di dalam garis batas atas dan bawah peta kendali. Setelah melakukan perhitungan terhadap peta kendali p dan membuat grafik nya, maka selanjutnya dilakukan perhitungan tingkat DPMO dan tingkat kapabilitas Sigma nya untuk mengetahui seberapa besar tingkat kualitas dari proses produksi Gula Kristal Putih pada PT. Madubaru, berikut merupakan perhitungan DPMO dan Kapabilitas Sigma:

Tabel 4.33 Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma – Bulan Oktober 2105

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | DPMO | SIGMA |
|---------|--------------------|---------------------------------|----------------|------------|------------|
| 1 | 2.171 | 68 | 0,031321 | 10440,6571 | 3,81012356 |
| 2 | 2.201 | 64 | 0,029077 | 9692,56398 | 3,83804087 |
| 3 | 2.199 | 58 | 0,026375 | 8791,87509 | 3,87426867 |
| 4 | 2.178 | 61 | 0,028007 | 9335,78206 | 3,85202412 |
| 5 | 2.210 | 63 | 0,028506 | 9502,26244 | 3,84544220 |
| 6 | 2.243 | 54 | 0,024074 | 8024,96656 | 3,90777809 |
| 7 | 2.240 | 38 | 0,016964 | 5654,76190 | 4,03298671 |
| 8 | 2.225 | 42 | 0,018876 | 6292,13483 | 3,99532250 |

| Tanggal | GKP Diperiksa (Ku) | Jumlah Gula Afkir / Defect (Ku) | Proporsi Cacat | DPMO | SIGMA |
|--------------|--------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 9 | 2.376 | 41 | 0,017255 | 5751,96408 | 4,02700678 |
| 10 | 2.266 | 49 | 0,021624 | 7208,00235 | 3,94672684 |
| 11 | 2.378 | 54 | 0,022708 | 7569,38603 | 3,92904215 |
| 12 | 2.300 | 63 | 0,027391 | 9130,43478 | 3,86028561 |
| 13 | 2.251 | 59 | 0,026210 | 8736,85769 | 3,87658541 |
| 14 | 2.188 | 48 | 0,021937 | 7312,61426 | 3,94152863 |
| 15 | 2.250 | 72 | 0,032000 | 10666,66666 | 3,80203260 |
| 16 | 2.081 | 37 | 0,017779 | 5926,63783 | 4,01648258 |
| 17 | 1.927 | 51 | 0,026466 | 8822,00311 | 3,87300539 |
| Total | 37.684 | 922 | 0,416578 | 8155,54 | 3,901879553 |

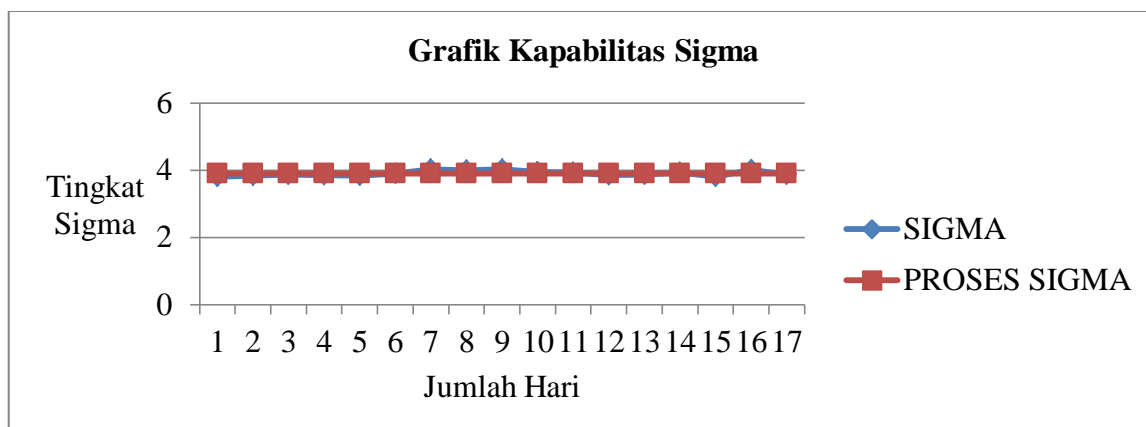
Berikut merupakan grafik hasil perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma:



Gambar 4.20 Grafik Tingkat DPMO

Dapat diketahui dari gambar 4.20 diatas, bahwa grafik pola DPMO dari gula afkir / cacat menunjukkan hasil yang bervariasi, dikarenakan adanya pola naik turun dari nilai hasil perhitungan diatas selama periode giling bulan Oktober 2015. Hasil proses DPMO yang didapatkan sebesar 8155,54 yang akan digunakan sebagai ukuran kemampuan proses untuk peningkatan selanjutnya.

Berikut merupakan grafik hasil perhitungan Tingkat Sigma:



Gambar 4.21 Grafik Tingkat Kapabilitas Sigma

Dapat diketahui dari gambar 4.21 diatas, bahwa grafik pola Tingkat Kapabilitas Sigma dari gula afkir / cacat menunjukkan hasil yang tidak signifikan bervariasi, dikarenakan kecilnya selisih pola naik turun terhadap prosesnya dari nilai hasil perhitungan diatas selama periode giling bulan Oktober 2015. Hasil proses Sigma yang didapatkan sebesar 3,901879553 yang akan digunakan sebagai ukuran *baseline* kinerja untuk peningkatan selanjutnya. Dari grafik diatas juga dapat disimpulkan bahwa level sigma termasuk dalam Industri Rata – Rata Indonesia.

Tabel 4.34 Perhitungan DPMO dan Nilai Sigma Data Atribut Bulan Oktober

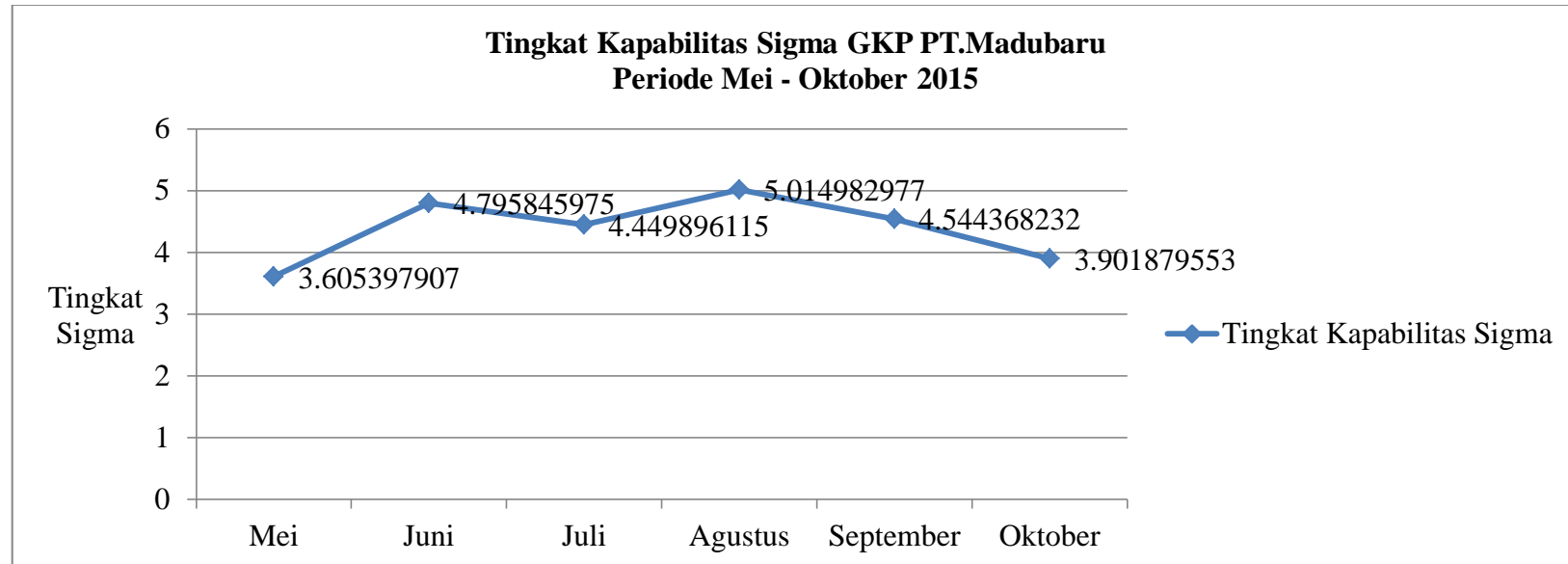
| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|---|---------------------------|----------------------|
| 1 | Proses apa yang ingin diketahui? | - | Proses Produksi Gula |
| 2 | Berapa banyak unit transaksi yang dikerjakan melalui proses? | - | 37.684 Ku |
| 3 | Berapa banyak unit yang gagal? | - | 922 Ku |
| 4 | Hitung cacat berdasarkan Langkah 3 | (langkah 3) / (langkah 2) | 0,024466617 |
| 5 | Tentukan banyaknya CTQ potensial yang dapat menyebabkan cacat | banyaknya karakteristik | 3 |
| 6 | Hitung peluang tingkat cacat per karakteristik CTQ | (Langkah 4) / (Langkah 5) | 0,008155539 |

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|--|-----------------------------------|-------------------------------|
| 7 | Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) | (Langkah 6) \times 1.000.000 | 8155,54 |
| 8 | Konversi nilai DPMO (Langkah 7) ke dalam nilai sigma (menggunakan tabel) | - | 3,90 |
| 9 | Buat Kesimpulan | | Nilai Sigmanya adalah 3,90 |

Cara perhitungan menghitung nilai sigma pada tabel 4.34

- 1) Perhitungan nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel
 - = normsinv ((1000000-DPMO)/1000000)+1,5
 - = normsinv ((1000000-8155,54)/1000000)+1,5
 - = 3,90 Sigma

Dari hasil perhitungan tingkat kapabilitas sigma selama periode Mei – Oktober 2015 diatas, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:



Gambar 4.22 Tingkat Kapabilitas Sigma Periode Mei – Oktober 2015

Dari gambar 4.22 diatas dapat diketahui bahwa tingkat kapabilitas sigma terkecil selama periode giling Mei – Oktober 2015 yaitu pada bulan Mei sebesar 3,59 yang akan digunakan sebagai ukuran *baseline* kinerja untuk peningkatan selanjutnya. Dari grafik diatas juga dapat disimpulkan bahwa tingkat sigma pada bulan Mei termasuk dalam Industri Rata – Rata Indonesia.

4.2.2.2.2 Data Variabel Kekentalan Nira II

Data variabel yang akan dianalisis pada penelitian ini yaitu pengukuran terhadap kekentalan nira II pada proses di Stasiun Penguapan.

Tabel 4.35 Pengukuran Kekentalan Nira II

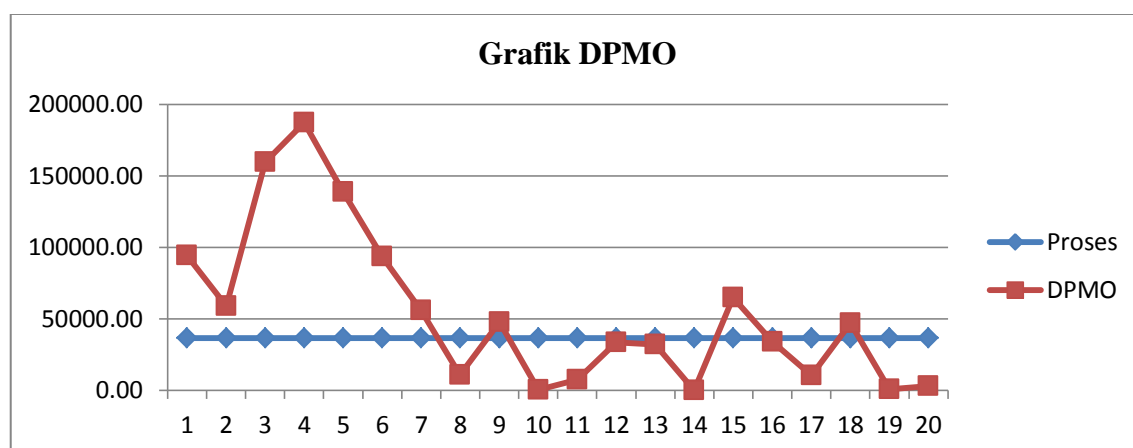
| Proses Produksi Gula Kristal Putih (St.Penguapan) | | | | | | Spesifikasi: T= 61 USL=64 LSL=58 | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------------|--------------|--------------|----------|
| Alat Ukur: Brix Meter (<i>Hand Refractometer</i>) | | | | | | Unit Pengukuran : % (Persen) | | | |
| No | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | X ₅ | Jumlah | \bar{X} | R | S=R/d2 |
| 1 | 60,12 | 63,58 | 62,60 | 61,53 | 62,23 | 310,06 | 62,01 | 3,46 | 1,487532 |
| 2 | 59,15 | 62,69 | 61,78 | 61,61 | 62,03 | 307,26 | 61,45 | 3,54 | 1,521926 |
| 3 | 58,36 | 63,21 | 61,60 | 62,26 | 61,82 | 307,25 | 61,45 | 4,85 | 2,085125 |
| 4 | 58,16 | 63,33 | 61,23 | 62,97 | 61,74 | 307,43 | 61,49 | 5,17 | 2,222700 |
| 5 | 58,50 | 62,46 | 61,87 | 63,02 | 62,01 | 307,86 | 61,57 | 4,52 | 1,943250 |
| 6 | 58,27 | 61,61 | 61,75 | 62,42 | 61,59 | 305,64 | 61,13 | 4,15 | 1,784179 |
| 7 | 60,06 | 63,22 | 61,55 | 61,68 | 62,54 | 309,05 | 61,81 | 3,16 | 1,358555 |
| 8 | 59,88 | 62,15 | 61,15 | 62,34 | 62,28 | 307,80 | 61,56 | 2,46 | 1,057610 |
| 9 | 63,47 | 63,10 | 61,03 | 61,55 | 62,11 | 311,26 | 62,25 | 2,44 | 1,049011 |
| 10 | 61,81 | 62,45 | 61,28 | 61,92 | 62,58 | 310,04 | 62,01 | 1,30 | 0,558899 |
| 11 | 62,75 | 62,83 | 61,05 | 61,66 | 62,36 | 310,65 | 62,13 | 1,78 | 0,765262 |
| 12 | 63,27 | 62,28 | 60,78 | 61,56 | 62,31 | 310,20 | 62,04 | 2,49 | 1,070507 |
| 13 | 63,68 | 62,22 | 61,57 | 61,65 | 61,27 | 310,39 | 62,08 | 2,41 | 1,036113 |
| 14 | 62,29 | 62,53 | 61,69 | 61,32 | 61,97 | 309,80 | 61,96 | 1,21 | 0,520206 |
| 15 | 63,70 | 62,98 | 61,55 | 61,78 | 60,92 | 310,93 | 62,19 | 2,78 | 1,195185 |
| 16 | 62,84 | 61,62 | 61,99 | 61,88 | 59,88 | 308,21 | 61,64 | 2,96 | 1,272571 |
| 17 | 62,66 | 62,62 | 61,38 | 61,84 | 60,43 | 308,93 | 61,79 | 2,23 | 0,958727 |
| 18 | 59,28 | 62,37 | 62,36 | 62,17 | 58,86 | 305,04 | 61,01 | 3,51 | 1,509028 |
| 19 | 60,16 | 61,99 | 61,80 | 61,71 | 61,54 | 307,20 | 61,44 | 1,83 | 0,786758 |
| 20 | 62,67 | 61,74 | 61,79 | 61,75 | 60,77 | 308,72 | 61,74 | 1,90 | 0,816853 |
| Jumlah | | | | | | 1234,74 | 58,15 | 25,00 | |
| Rata-Rata | | | | | | 61,74 | 2,91 | 1,25 | |

Tabel 4.36 Perhitungan DPMO dan Nilai Kapabilitas Sigma Variabel Kekentalan Nira II

| No | \bar{X} | R | S=R/d2 | DPMO | Sigma |
|----|-----------|------|----------|-----------|----------|
| 1 | 62,01 | 3,46 | 1,487532 | 94199,96 | 2,815327 |
| 2 | 61,45 | 3,54 | 1,521926 | 58705,37 | 3,065735 |
| 3 | 61,45 | 4,85 | 2,085125 | 159679,72 | 2,495775 |
| 4 | 61,49 | 5,17 | 2,222700 | 187413,82 | 2,387467 |
| 5 | 61,57 | 4,52 | 1,943250 | 138769,30 | 2,585865 |
| 6 | 61,13 | 4,15 | 1,784179 | 93516,15 | 2,819409 |
| 7 | 61,81 | 3,16 | 1,358555 | 56000,41 | 3,089264 |
| 8 | 61,56 | 2,46 | 1,057610 | 10906,14 | 3,793621 |

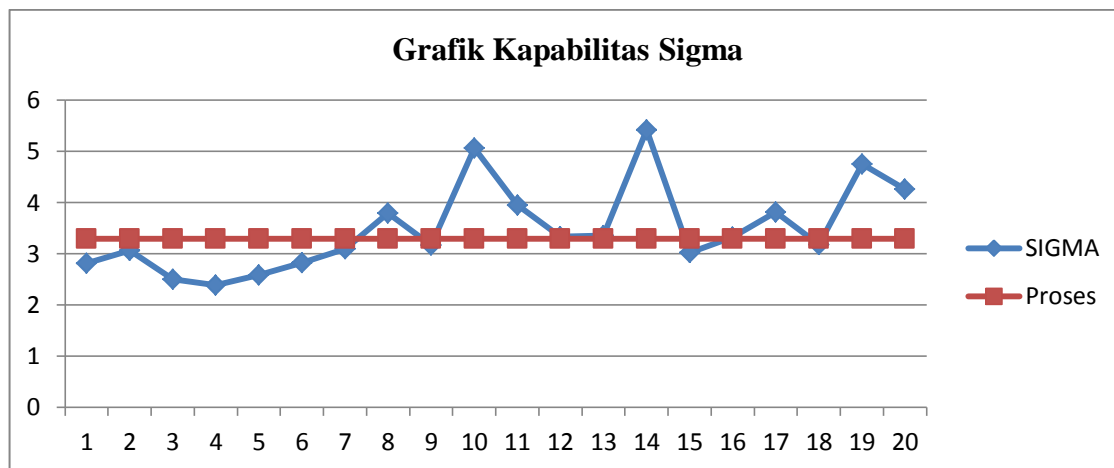
| No | \bar{X} | R | S=R/d2 | DPMO | Sigma |
|---------------|--------------|-------------|-------------|------------------|-------------|
| 9 | 62,25 | 2,44 | 1,049011 | 47848,98 | 3,166078 |
| 10 | 62,01 | 1,30 | 0,558899 | 182,52 | 5,064148 |
| 11 | 62,13 | 1,78 | 0,765262 | 7270,67 | 3,943605 |
| 12 | 62,04 | 2,49 | 1,070507 | 33637,52 | 3,329832 |
| 13 | 62,08 | 2,41 | 1,036113 | 31838,91 | 3,354429 |
| 14 | 61,96 | 1,21 | 0,520206 | 44,00 | 5,421521 |
| 15 | 62,19 | 2,78 | 1,195185 | 64768,41 | 3,015931 |
| 16 | 61,64 | 2,96 | 1,272571 | 34050,74 | 3,324335 |
| 17 | 61,79 | 2,23 | 0,958727 | 10502,40 | 3,807898 |
| 18 | 61,01 | 3,51 | 1,509028 | 46811 | 3,176594 |
| 19 | 61,44 | 1,83 | 0,786758 | 575,39 | 4,750806 |
| 20 | 61,74 | 1,90 | 0,816853 | 2876,30 | 4,261559 |
| Proses | 61,74 | 2,91 | 1,25 | 36.525,27 | 3,29 |

Dari hasil perhitungan pada tabel 4.36 diatas, selanjutnya akan dibuat grafik dari DPMO dan Kapabilitas Sigma Kekentalan Nira II yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.23 Grafik Tingkat DPMO Kekentalan Nira II

Dapat diketahui dari gambar 4.23 diatas, bahwa grafik pola DPMO dari pengukuran Kekentalan Nira II menunjukkan hasil yang bervariasi, dikarenakan adanya pola naik turun dari nilai hasil pengukuran diatas selama periode giling 2015. Hasil proses DPMO yang didapatkan sebesar 36.525,27 yang akan digunakan sebagai ukuran kemampuan proses untuk peningkatan selanjutnya.



Gambar 4.24 Grafik Tingkat Kapabilitas Sigma Kekentalan Nira II

Dapat diketahui dari gambar 4.24 diatas, bahwa grafik pola Tingkat Kapabilitas Sigma dari Kekentalan Nira II menunjukkan hasil yang signifikan bervariasi, dikarenakan tinggi nya selisih pola naik turun terhadap prosesnya dari nilai hasil pengukuran diatas selama periode giling 2015. Hasil proses Sigma yang didapatkan sebesar 3,29 yang akan digunakan sebagai ukuran *baseline* kinerja untuk peningkatan selanjutnya. Dari grafik diatas juga dapat disimpulkan bahwa level sigma termasuk dalam Industri Rata – Rata Indonesia.

Tabel 4.37 Perhitungan DPMO dan Kapabilitas Nilai Sigma Variabel Kekentalan Nira II

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|--|---|--------------------|
| 1 | Proses apa yang ingin diketahui? | - | Kekentalan Nira II |
| 2 | Tentukan nilai batas spesifikasi atas (USL) | USL | 64 % |
| 3 | Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (LSL) | LSL | 58 % |
| 4 | Tentukan nilai spesifikasi target | T | 61 % |
| 5 | Berapa nilai rata-rata proses? | \bar{X} | 61,74 |
| 6 | Berapa nilai standar deviasi dari proses? | S | 1,25 |
| 7 | Hitung kemungkinan cacat yang berada di atas nilai USL per satu juta | $P [z \geq (USL - \bar{X}) / S] \times$ | 35.129,29 |

| Langkah | Tindakan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---------|---|---|-------------------|
| | kesempatan (DPMO) | 1.000.000 | |
| 8 | Hitung kemungkinan cacat yang berada di bawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO) | $P [z \leq (LSL - \bar{X}) / S] \times 1.000.000$ | 1.395,98 |
| 9 | Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) | (Langkah 7) + (Langkah 8) | 36.525,27 |
| 10 | Konversi DPMO (langkah 9) ke dalam nilai sigma (lihat tabel konversi DPMO ke nilai sigma) | - | 3,29 |
| 11 | Hitung kemampuan proses di atas dalam ukuran nilai Sigma | - | Nilai Sigma 3,29 |
| 12 | Hitung kapabilitas proses di atas dalam indeks kapabilitas proses | $Cpm = (USL - LSL) / \{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}\}$ | 0,688412078 |

Cara perhitungan untuk proses secara keseluruhan:

1. Kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO):

$$\begin{aligned}
 &= P \{ z \geq (USL - \bar{X}) / S \} \times 1.000.000 \\
 &= P \{ z \geq (64 - 61,74) / 1,25 \} \times 1.000.000 \\
 &= P \{ z \geq (1,81024) \} \times 1.000.000 \\
 &= \{ 1 - P (z \geq 1,81024) \} \times 1.000.000 \\
 &= (1 - 0,964871) \times 1.000.000 = 35.129,29 \text{ Ku}
 \end{aligned}$$

2. Kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO):

$$\begin{aligned}
 &= P \{ z \leq (LSL - \bar{X}) / S \} \times 1.000.000 \\
 &= P \{ z \leq (58 - 61,74) / 1,25 \} \times 1.000.000 \\
 &= P \{ z \leq (-2,98976) \} \times 1.000.000 \\
 &= P (z \leq -2,98976) \times 1.000.000 \\
 &= (0,00139598) \times 1000.000 = 1.395,98 \text{ Ku}
 \end{aligned}$$

3. Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)

$$= 35.129,29 + 1.395,98 = 36.525,27 \text{ Ku}$$

4. Perhitungan nilai sigma menggunakan formula pada Microsoft Excel

$$= \text{normsinv} ((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1,5$$

$$= \text{normsinv} ((1000000 - 36.525,37) / 1000000) + 1,5$$

$$= 3,29 \text{ Sigma}$$

5. Indeks Kapabilitas Proses (Cpm)

$$\begin{aligned} C_{pm} &= \frac{USL - LSL}{6\sqrt{(\bar{\bar{X}} - T)^2 + S^2}} \\ &= \frac{64 - 58}{6\sqrt{(61,74 - 61)^2 + 1,25^2}} \\ &= \frac{6}{6\sqrt{0,5476 + 1,5625}} \\ &= 0,688412078 \end{aligned}$$

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analyze

5.1.1 Menentukan Indeks Kapabilitas Proses Data Atribut

Pada tahap ini yaitu menentukan Indeks Kapabilitas Proses dari data atribut, untuk mencari Indeks Kapabilitas Proses (C_p) dari data atribut, rumus nya adalah:

$$C_p = 1 - \bar{p}$$

$$C_p = \text{Indeks Kapabilitas Proses}$$

$$\bar{p} = \text{Rata - Rata Proporsi Cacat}$$

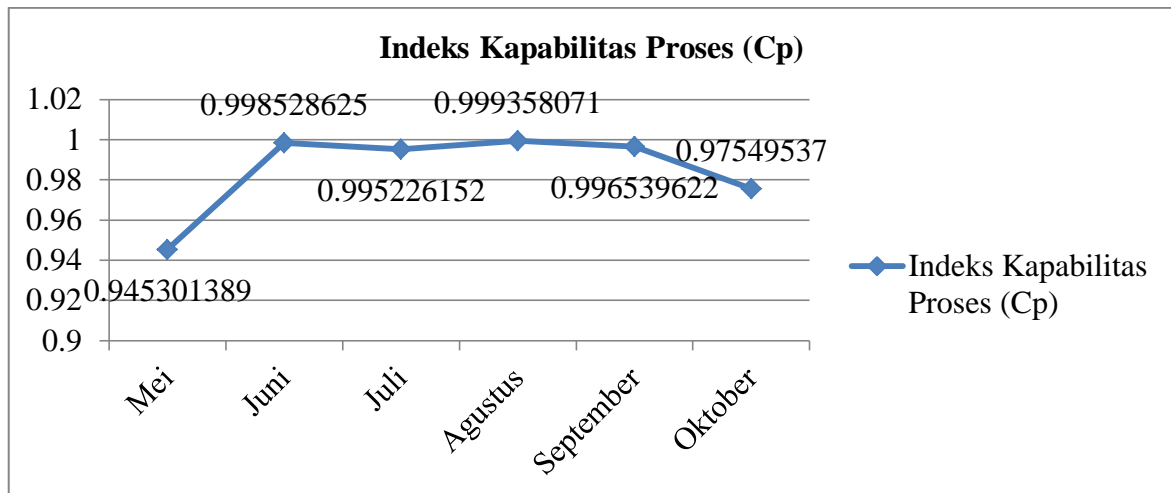
(Gaspersz, 1998)

Berikut adalah Indeks Kapabilitas Proses Gula Afkir Periode Mei – Oktober 2015:

Tabel 4.38 Indeks Kapabilitas Proses (C_p) Gula Afkir

| Bulan | Rata - Rata Proporsi Cacat | Indeks Kapabilitas Proses (C_p) |
|-----------|----------------------------|-------------------------------------|
| Mei | 0,054698611 | 0,945301389 |
| Juni | 0,001471375 | 0,998528625 |
| Juli | 0,004773848 | 0,995226152 |
| Agustus | 0,000641929 | 0,999358071 |
| September | 0,003460378 | 0,996539622 |
| Oktober | 0,02450463 | 0,97549537 |

Dari tabel 4.38 diatas, maka Indeks Kapabilitas Proses (C_p) dapat digambarkan pada grafik berikut:



Gambar 4.25 Indeks Kapabilitas Proses (Cp) Gula Afkir

Dari gambar 4.25 diatas, hasil perhitungan Indeks Kapabilitas Proses (Cp) data atribut pada periode giling Mei-Oktober 2015 menunjukkan bahwa nilai $C_p < 1$, maka kapabilitas proses rendah, dan juga berarti bahwa masih terdapat kemungkinan kemampuan proses dapat menghasilkan produk cacat. Dengan demikian apabila pihak manajemen ingin meningkatkan kapabilitas proses menghasilkan produk yang sesuai (tidak cacat) berdasarkan kondisi proses yang stabil sekarang, maka variasi penyebab umum (*common-causes variation*) yang melekat pada proses itu harus dikurangi, sehingga perlu ditingkatkan performansinya melalui perbaikan proses tersebut.

5.1.2 Menentukan Stabilitas dan Kapabilitas Proses Data Variabel Kekentalan Nira II

5.1.2.1 Stabilitas Proses Data Variabel Kekentalan Nira II

Pada tahap ini akan menentukan Stabilitas dan Kapabilitas Proses yang terjadi dalam proses produksi gula pada stasiun penguapan. Untuk mengetahui stabilitas proses dapat menggunakan peta pengendali dengan mendefinisikan batas-batas pengendaliannya yaitu sebagai berikut:

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

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

$$\text{Nilai Kapabilitas Sigma} = 3,29$$

$$USL = 64$$

$$T = 61$$

$$LSL = 58$$

$$S = 1,25$$

$$\bar{X} = 61,74$$

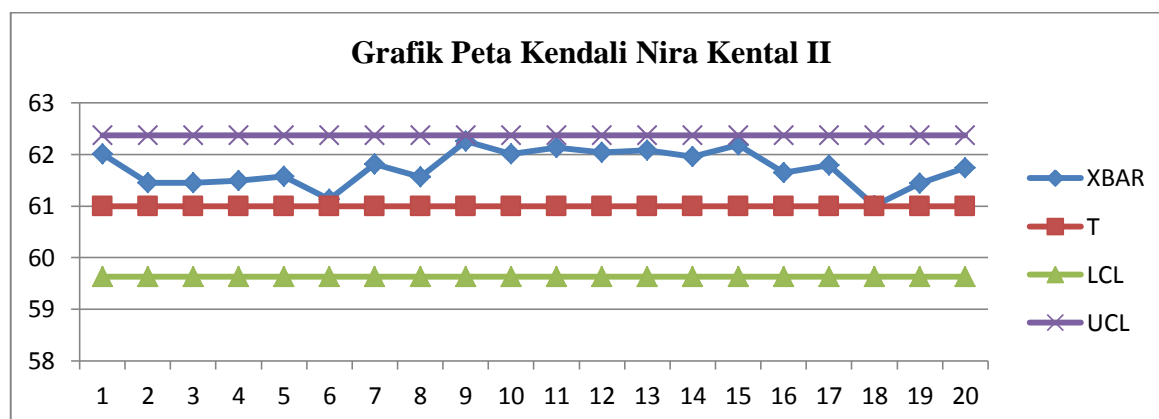
Maka batas toleransi maksimum adalah sebagai berikut :

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

$$= \left[\frac{1}{2 \times 3,29} \right] \times (64 - 58) = 0,9118541$$

$$UCL = T + 1,5 S_{\max} = 61 + 1,5 \times (0,9118541) = 62,3677812$$

$$LCL = T - 1,5 S_{\max} = 61 - 1,5 \times (0,9118541) = 59,6322188$$



Gambar 4.26 Grafik Peta Kendali \bar{X} Nira Kental II

Grafik peta pengendali \bar{X} Nira Kental II pada gambar 4.26 dalam keadaan terkendali karena \bar{X} berada di dalam batas UCL dan LCL. Proses perhitungan stabilitas yang telah dilakukan sebelumnya didapatkan hasil yaitu batas toleransi maksimum kontrol atas (UCL) didapatkan angka sebesar 62,3677812 sementara itu batas toleransi maksimum kontrol bawah (LCL) didapatkan angka sebesar 59,6322188 dan sementara itu targetnya adalah 61. Hasil tersebut dapat dilihat bahwa stabilitas proses untuk rata-rata data variabel Nira Kental II dalam keadaan stabil atau terkendali karena rata-rata berada didalam batas kontrol atas maupun bawah. Selain menggunakan grafik \bar{X} , perlu dilakukan uji hipotesis chi kuadrat apakah variasi telah mampu memenuhi batas toleransi standar deviasi maksimum (S_{\max}) pada tingkat sigma 3,29. Langkah-langkah uji hipotesis variabel tebal kayu lapis OPC dapat dilakukan sebagai berikut:

a. Membuat Hipotesis

Jika $\sigma^2 = \{(n-1)S^2 / (S_{maks})^2\} \geq X^2(\alpha; n-1)$, maka H_0 ditolak (keadaan tidak stabil)

Jika $\sigma^2 = \{(n-1)S^2 / (S_{maks})^2\} < c^2(\alpha; n-1)$, maka H_1 diterima (keadaan stabil)

b. Harga Statistik Penguji

$$X^2_{hitung} \text{ (chi kuadrat)} = \frac{(n-1)S^2}{(S_{maks})^2} = \frac{(100-1)1,25^2}{0,9118541} = 169,6406$$

c. Menentukan nilai kritis dengan besar signifikansi $\alpha = 5\%$ atau tingkat kepercayaan $1-0,05 = 95\%$, dengan menggunakan software Microsoft Excel maka rumusnya:

$$\begin{aligned} X^2(\alpha; n-1) &= [0,05; (100-1)] = 123,225221 \\ &= \text{CHIINV}(0,05; 99) = 123,225221 \end{aligned}$$

d. Membandingkan X^2_{hitung} dengan X^2_{tabel}

$$\{(n-1)S^2 / (S_{maks})^2\} = 169,6406 \geq X^2(\alpha; n-1) = 123,225221.$$

e. Membuat keputusan

H_0 ditolak (keadaan tidak stabil), karena nilai $\{(n-1)S^2 / (S_{maks})^2\} = 169,6406 \geq X^2(\alpha; n-1) = 123,225221$.

Dari hasil diatas, menunjukkan variasi kekentalan nira II pada tingkat 3,29 sigma lebih besar dari pada batas toleransi standar deviasi maksimum (S_{maks}) yang diharuskan pada tingkat 3,29 sigma atau bisa dikatakan nilai-nilai individual bervariasi atau tidak stabil. Hal itu berarti perusahaan harus secara serius melakukan perbaikan dan peningkatan performansi khususnya pada stasiun penguapan agar dapat mengurangi variasi proses yang ada.

5.1.2.2 Kapabilitas Proses Data Variabel Kekentalan Nira II

a. Indeks Kapabilitas Proses (Cpm)

$$\begin{aligned} C_{pm} &= \frac{USL - LSL}{6\sqrt{(\bar{X} - T)^2 + S^2}} \\ &= \frac{64 - 58}{6\sqrt{(61,74 - 61)^2 + 1,25^2}} = 0,688412078 \end{aligned}$$

b. Indeks Performansi Kane (Cpk)

$$\begin{aligned} Cpk &= \text{minimum} \left[\frac{USL - \bar{X}}{3S}; \frac{\bar{X} - LSL}{3S} \right] \\ &= \text{minimum} \left[\frac{64 - 61,74}{3(1,25)}; \frac{61,74 - 58}{3(1,25)} \right] \\ &= \text{minimum} [0,602667; 0,997333] = 0,602667 \end{aligned}$$

c. Indeks Kapabilitas Performansi Kane (Cpmk)

$$Cpmk = \frac{Cpk}{\sqrt{1 + ((\bar{X} - T) / S)^2}} = \frac{0,602667}{\sqrt{1 + ((61,74 - 61) / 1,25)^2}} = 0,518604$$

Rendahnya tingkat kapabilitas dapat dilihat pada hasil perhitungan sebagai berikut; Indeks Kapabilitas Proses (Cpm) sebesar 0,688412078 hal ini berarti kapabilitas proses rendah dan tidak mampu memenuhi spesifikasi target kekentalan pada titik 61 karena $Cpm < 1$, Indeks Performansi Kane (Cpk) sebesar 0,602667, dan Indeks Kapabilitas Performansi Kane (Cpmk) sebesar 0,518604 karena hasil $Cpmk < 1$, menunjukkan hasil yang rendah. Sebaiknya untuk dapat meningkatkan kapabilitas atau kemampuan untuk menghasilkan gula yang berkualitas tinggi, pada proses penguapan atau pemekatan untuk mencapai spesifikasi kekentalan, perusahaan melakukan peningkatan dan kontrol yang tinggi khusus nya pada stasiun penguapan.

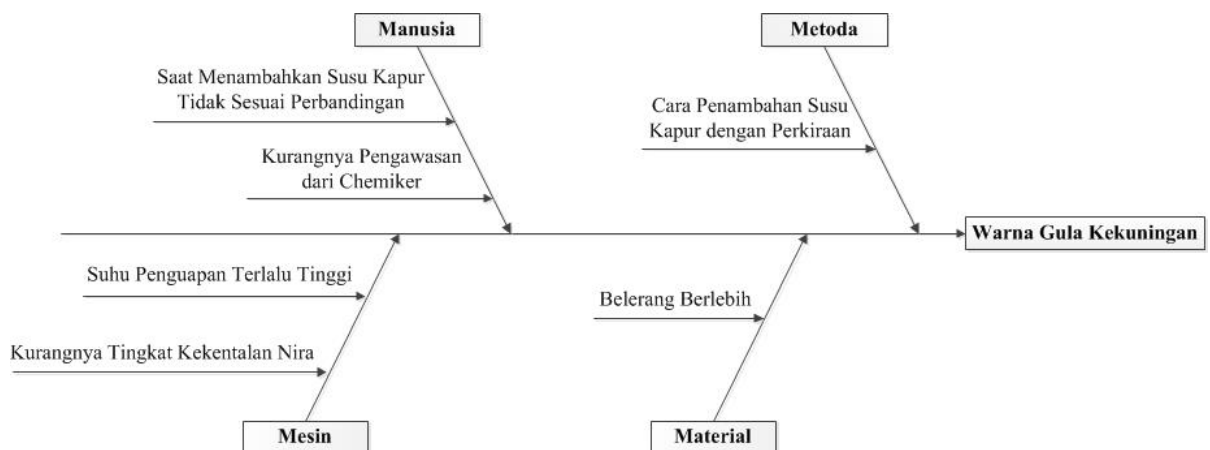
5.1.3 Identifikasi Sumber Penyebab Kecacatan Produk

Jenis cacat yang terdapat pada Gula Kristal Putih Pabrik Gula PT.Madubaru periode Mei – Oktober 2015 ada 3 yaitu:

1. Gula Afkir Warna sejumlah 956 Ku
2. Gula Afkir Basah sejumlah 912 Ku
3. Gula Afkir Kotor sejumlah 875 Ku

Dari ketiga jenis gula afkir diatas, yang paling tinggi tingkat afkir / kecacatannya adalah Gula Afkir Warna, sebesar 956 kuintal selama periode Mei–Oktober 2015. Ketiga jenis cacat tersebut dapat terjadi karena beberapa faktor, seperti mesin, tenaga kerja, maupun material. Dari faktor-faktor tersebut dapat diidentifikasi sumber dan akar

penyebab kecacatan. Faktor-faktor tersebut selanjutnya digambarkan pada diagram fishbone berikut:



Gambar 4.27 Fishbone Diagram Warna Gula Kekuningan

Berdasarkan gambar 4.27 diagram *fishbone* diatas, faktor yang mengakibatkan warna gula kekuningan, yaitu:

Mesin:

- a. Suhu Penguapan Terlalu Tinggi: Suhu normal untuk proses penguapan yaitu 90-100°C, pada saat proses terjadi peningkatan suhu hingga 125°C sebanyak 6 kali.
- a. Kurangnya Tingkat Kekentalan Nira: Kurangnya tingkat kekentalan nira karena belum mencapai target 61% membuat masih tingginya kandungan air pada saat dialirkan ke stasiun berikutnya (Stasiun Masakan).

Manusia:

- a. Saat Menambahkan Susu Kapur Tidak Sesuai Perbandingan: Saat penambahan susu kapur untuk direaksikan dengan belerang yang tidak sesuai perbandingan 50% : 50% dapat membuat gula menjadi berwarna kekuningan.
- b. Kurangnya Pengawasan dari Chemiker: Kurangnya pengawasan atau kontrol dari chemiker membuat tidak diketahuinya kesalahan pada pekerja di stasiun pemurnian.

Metoda:

- a. Cara Penambahan Susu Kapur dengan Perkiraan: Penambahan susu kapur yang dilakukan pekerja dengan perkiraan membuat hasil pencampuran dengan belerang menjadi tidak sesuai.

Material:

- a. Belerang Berlebih: Belerang yang berlebih (akibat pencampuran dengan susu kapur yang tidak sesuai 50% : 50%) dapat mengakibatkan warna gula menjadi kekuningan.

5.2 Improve

Setelah mengidentifikasi akar penyebab masalah gula afkir, maka perlu dilakukan penetapan rencana tindakan untuk melaksanakan peningkatan kualitas dengan salah satu *tools* dalam Six Sigma yaitu dengan 5W + 1H (*What, Why, Where, When, Who, dan How*). Adapun tindakannya yaitu sebagai berikut:

1. *What* ? (Apa faktor dominan yang menjadi penyebab terjadinya warna gula kekuningan ?)

Faktor dominan yang menyebabkan terjadinya warna gula kekuningan yaitu pada material, karena belerang yang berlebih.

2. *Why* ? (Mengapa rencana perbaikan perlu diimplementasikan dan diselesaikan ?)

Rencana untuk perbaikan perlu diimplementasikan agar tidak terjadi lagi gula yang berwarna kekuningan, sehingga dapat meningkatkan jumlah gula SHS I yang dihasilkan dan dapat mencapai target yang diinginkan perusahaan serta dapat mencapai tingkat kapabilitas prosesnya.

3. *Where* ? (Dimana rencana untuk perbaikan itu perlu dilakukan ?)

Rencana untuk perbaikan dilakukan pada pekerja yang terkait langsung dengan pengerjaan material pada stasiun pemurnian di Pabrik Gula PT. Madubaru.

4. *When* ? (Kapan rencana perbaikan dilakukan ?)

Rencana untuk perbaikan sebaiknya dilakukan langsung setelah masa giling selesai, sehingga untuk masa giling periode yang akan datang segala kesalahan dan tingkat gula berwarna kekuningan dapat berkurang.

5. *Who* ? (Siapa yang melakukan tindakan perbaikan tersebut ?)

Penanggung jawab dalam rencana untuk perbaikan adalah Kepala Divisi Fabrikasi dan Chemiker yang telah mempunyai tugas dalam pekerjaannya untuk mengawasi pekerja, dan bekerjanya mesin sesuai dengan *Standard Operating Procedures* (SOP).

6. *How* ? (Bagaimana usulan untuk perbaikan yang akan dilakukan ?)

Langkah penyelesaian yang harus dilakukan yaitu; sebaiknya dalam masa perawatan (bukan masa giling) benar-benar melakukan perbaikan terhadap tingkat pengawasan pekerja, komponen mesin dan pembersihan terhadap keseluruhan bagian mesin, hal tersebut agar dapat mengurangi tingkat gula yang berwarna kekuningan serta kerusakan-kerusakan yang terjadi secara tiba-tiba saat masa giling telah berjalan yang dapat mengakibatkan berkurangnya volume produksi pada Gula SHS I.

5.3 Identifikasi *Critical to Quality* (CTQ) / Kriteria Karakteristik Kualitas

Selama periode giling Mei–Oktober 2015, PT. Madubaru Pabrik Gula Madukismo menghasilkan 314.942 Gula, dengan 312.199 Kuintal gula *Superior High Sugar I* (SHS I), dan jumlah Gula Afkir / *Defect* sebanyak 2.743 Kuintal. Dari hasil produksi tersebut dapat dilakukan identifikasi terhadap *Critical to Quality* (CTQ) / kriteria karakteristik kualitas yang memiliki potensi untuk menimbulkan cacat / afkir terhadap gula. Banyaknya CTQ potensial terhadap kerusakan gula ada 3, yaitu sebagai berikut:

1. Gula Afkir Warna, sebanyak 956 Kuintal dengan persentase sebesar 34,85%.
2. Gula Afkir Basah, sebanyak 912 Kuintal dengan persentase sebesar 33,25%
3. Gula Afkir Kotor, sebanyak 875 Kuintal dengan persentase sebesar 31,90%.

5.4 Pengukuran Tingkat Kecacatan Proses dan *Output Data* Atribut

Hasil menunjukkan bahwa sepanjang periode giling Mei-Oktober 2015, didapatkan tingkat DPMO tertinggi yaitu 18232,87 dan nilai sigma terkecil yaitu pada awal periode giling bulan Mei sebesar 3,60. Hal tersebut terjadi karena pada bulan Mei tingkat kecacatannya paling tinggi sepanjang periode giling yaitu 1.230 Kuintal atau 0,39% dari keseluruhan total produksi. Hal tersebut dipengaruhi oleh terjadinya kesalahan pada proses pemurnian dan proses penguapan, sehingga terjadi gula berwarna kekuningan.

5.5 Pengukuran Tingkat Kecacatan Proses dan *Output Data* Variabel

Dari hasil perhitungan terhadap pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui kekentalan nira pada stasiun penguapan dan kemungkinan terjadinya gula afkir akibat dari proses pemekatan yang kurang baik, didapatkan hasil bahwa tingkat DPMO yaitu sebesar 36.525,27, dan tingkat kapabilitas sigma sebesar 3,29, tinggi nya tingkat DPMO dan masih rendahnya nilai kapabilitas sigma diakibatkan oleh pada proses penguapan, kekentalan nira tidak sesuai target 61%.

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengumpulan, pengolahan, perhitungan dan analisis data yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan pada periode giling Mei-Oktober 2015 didapatkan bahwa tingkat DPMO tertinggi yaitu 18.232,87 dan tingkat kapabilitas sigma terkecil yaitu 3,59 (termasuk dalam industri rata-rata Indonesia), artinya tingkat kualitas dari produk gula PT. Madubaru masih kurang baik. Hal tersebut diakibatkan oleh banyaknya hasil produksi yang cacat terdapat sejumlah 2.743 kuintal karena terjadinya salah satu faktor penyebab dominan yaitu kesalahan pada pekerja saat melakukan penambahan susu kapur yang mengakibatkan material belerang menjadi berlebih.
2. Dari hasil pengukuran terhadap *Critical to Quality*, dapat diketahui tingkat kualitas masih cukup rendah, hal tersebut dapat dilihat dari tingkat cacat terhadap *Critical to Quality* sebesar 2.743 Kuintal, terutama pada gula yang berwarna kekuningan, karena jumlah cacat pada gula yang berwarna kekuningan adalah yang tertinggi selama periode giling Mei-Oktober 2015 yaitu mencapai 956 Kuintal. Hal tersebut diakibatkan kekentalan nira yang tidak mencapai target 61%.

6.2 Saran

Berikut adalah saran yang direkomendasikan oleh peneliti berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu:

1. Sebaiknya saat berakhirnya masa giling segera dilakukan perbaikan terhadap kontrol pada pekerja serta pengecekan dan perbaikan pada komponen mesin di stasiun pemurnian.
2. Sebaiknya dilakukan perbaikan pada pengaturan dan komponen pada mesin di stasiun penguapan.

DAFTAR PUSTAKA

- Albert Laurent Satrijo, Yenny Sari, Arbi Hidayat (2013). Perbaikan Kualitas Proses Produksi Dengan Metode Six Sigma. Universitas Surabaya Raya Kalirungkt. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya Vol.2 No.1.
- Amalia Nurullah, Lisy Fitria, Hari Adianto (2014). Perbaikan Kualitas Benang 20S Dengan Menggunakan Penerapan Metode Six Sigma-DMAIC. Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung. Reka Integra ISSN : 2338-5081 Jurnal Online Institut Teknologi Nasional No.01 Vol. 02.
- Ariani Wahyu Dorothea (2004). Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif Dalam Manajemen Kualitas). Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Djunaidi dan Risti Mutiarahadi (2014). Pengendalian Kualitas Produk Benang Cotton Dengan Metode Six Sigma. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 2.
- Evans dan Lindsay (2007). *And Introduction to Six Sigma & Process Improvement*. Salemba Empat. Jakarta
- Hafiedza Rakasiwi dan Haryono (2014). Analisis Six Sigma pada Produk Casing Pompa sebagai Metode Perbaikan Kualitas. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Jurnal Sains dan Seni POMITS Vol. 3, No.2.
- Hanky Fransiscus, Cynthia Prithadevi Juwono, Isabelle Sarah Astari (2014). Implementasi Metode Six Sigma DMAIC untuk Mengurangi Paint Bucket Cacat. Universitas Katolik Parahyangan. Jurnal Rekayasa Sistem Industri Vol.3, No.2.
- Joko Susetyo, Winarni, Catur Hartanto (2011). Aplikasi Six Sigma DMAIC dan Kaizen sebagai metode pengendalian dan perbaikan kualitas produk. Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta. Jurnal Teknologi, Volume 4 Nomor 1, Juni 2011,61-53.
- Miftachul Arifin dan Hari Supriyanto (2012). Aplikasi Metode Lean Six Sigma Untuk Usulan Improvisasi Lini Produksi Dengan Mempertimbangkan Faktor Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh November. Jurnal Teknik ITS Vol. 1 ISSN: 2301-9271
- Ong Andre Wahyu Rijanto (2014). Analisis Pengendalian Mutu Proses Machining Alloy Wheel Menggunakan Metode Six Sigma.Universitas Wijaya Putra. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Vol. 13, No.2.
- Schroeder, Linderman, Liedtke, and Choo (2008). “*Six Sigma: definition and underlying theory*”, *Journal of Operation Management*, Vol. 26 No. 4, pp. 536-54.
- Sinurmaidia Gultom, Tuti Sarma Sinaga, Sukaria Sinulingga (2013). Studi Pengendalian Mutu Dengan Menggunakan Pendekatan Lean Six Sigma. Universitas Sumatera Utara. e-Jurnal Teknik Industri Vol 3, No. 2, pp. 23-30.

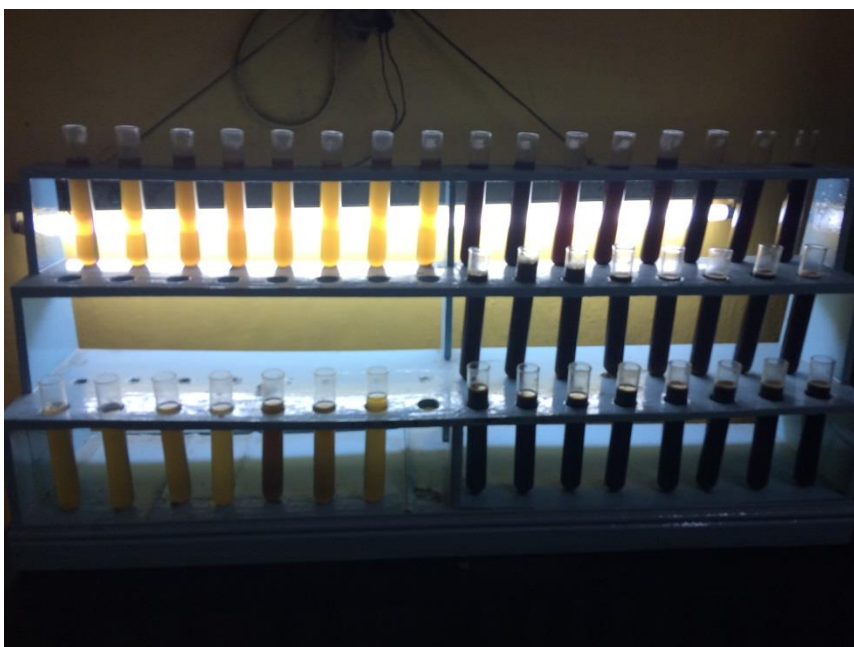
- Sukardi, Usman Effendi, Diyah Ayu Astuti (2011). Aplikasi Six Sigma Pada Pengujian Kualitas Produk di UKM Keripik Apel Tinjauan Dari Aspek Proses. *Jurnal Teknologi Pertanian* Vol. 12 No. 1. 1-7
- Vincent Gaspersz (1998). *Statistical Process Control* Penerapan Teknik-Teknik Statistikal Dalam Manajemen Bisnis Total. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Vincent Gaspersz (2001). *Total Quality Management*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Anggota IKAPI. Jakarta.
- Vincent Gaspersz (2002). Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001 : 2000, MBNQA, Dan HACCP. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Vincent Gaspersz (2005). *Total Quality Management*. PT. 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. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Yamit Zulian (2001). *Manajemen Kualitas Produk dan Jasa*. Penerbit EKONISIA. Kampus Fakultas Ekonomi UII. Yogyakarta.

LAMPIRAN

1. Contoh Sampel Gula



2. Contoh Sampel Nira



3. Stasiun Masakan



4. Gudang Gula



5. Lori Pengangkut



6. Proses Pabrik Gula Madukismo

