TESIS - BM185407

PENINGKATAN KUALITAS PRODUKSI GARAM GRADE INDUSTRI DI LAHAN PEGARAMAN PT. XYZ MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA

AGENG BIMAPRATAMA
NRP. 09211850015012

Dosen Pembimbing :
Prof. Dr. Iwan Vanany, S.T, M.T, Ph.D

Departemen Manajemen Teknologi
Fakultas Desain Kreatif dan Bisnis Digital
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

TESIS – BM185407

PENINGKATAN KUALITAS PRODUKSI GARAM GRADE INDUSTRI DI LAHAN PEGARAMAN PT. XYZ MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA

AGENG BIMAPRATAMA
NRP. 09211850015012

Dosen Pembimbing :
Prof. Dr. Iwan Vanany, S.T, M.T, Ph.D

Departemen Manajemen Teknologi
Fakultas Desain Kreatif dan Bisnis Digital
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Manajemen Teknologi (M.MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Ageng Bimapratama

NRP: 09211850015012

Tanggal Ujian: 10 Juli 2020

Periode Wisuda: September 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing:

09/2020

1. **Prof. Iwan Vanany, S.T, M.T, Ph.D** .....
   NIP: 195903019290310 01

Penguji:

1. **Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, MEngSc** .....
   NIP: 195903181987011001

2. **Prof. Dr. Ir. Suparno, M.S.I.E** .....
   NIP: 194807101976031002

Kepala Departemen Manajemen Teknologi

Fakultas Desain Kreatif Dan Bisnis Digital

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS DESAIN KREATIF DAN BISNIS DIGITAL DEPARTEMEN

Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP

NIP: 196912311994121076

PENINGKATAN KUALITAS PRODUKSI GARAM GRADE INDUSTRI DI LAHAN PEGARAMAN PT. XYZ MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA

Mahasiswa Nama	: Ageng Bimapratama
Mahasiswa ID	: 09211850015012
Pembimbing	: Prof. Iwan Vanany, S.T, M.T, Ph.D

ABSTRAK

Kualitas merupakan salah satu indikator penting bagi perusahaan untuk dapat eksis di tengah ketatnya persaingan di dunia industri. Kualitas garam standar industri diatur dalam Permendag No. 125 tahun 2015 dan Permenperin No. 88 tahun 2014 mensyaratkan kadar NaCl minimum 97% dihitung dari basis kering. Selain itu, ada syarat unsur pengotor (*impurities*) yang tidak boleh melebihi batas yang telah ditetapkan, seperti kadar kalsium dan magnesium. Garam standar industri dihasilkan dari proses meliputi pompa air laut masuk ke dalam tambak, kemudian melalui proses evaporasi, kristalisasi dan pencucian garam. Dalam proses produksi garam di lahan pegaraman PT. XYZ, *defect* terjadi karena kualitas garam yang dihasilkan tidak sesuai dengan target produksi garam industri, khususnya pada kadar NaCl.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas hasil produksi garam dengan melakukan perbaikan pada proses produksi garam menggunakan metode *six sigma* melalui *tools Define, Measure, Analyze, Improve, and Control* (DMAIC). Langkah-langkah yang dilakukan yaitu dengan mengidentifikasi permasalahan, menghitung *current level sigma dan cost of defect product*, menganalisis jenis cacat yang berpengaruh signifikan terhadap produk, mencari akar masalah dari permasalahan *defect* yang terjadi, pembuatan program rencana *improvement* yang tepat sesuai dengan akar masalah, dan saran implementasi perbaikan.

Hasil analisis six sigma terhadap faktor penyebab cacat kadar NaCl terdapat lima *critical factor*, antara lain pompa air yang sering *trouble*, metode pengolahan air *brine* yang tidak mengikuti SOP, mesin pencucian garam belum terpasang, belum ada mesin mekanisasi panen dan aliran air brine tidak berjalan secara alami. Berdasarkan hal tersebut, ditetapkan *quality improvement plan* dengan peningkatan kapabilitas sigma produksi garam *current level* 0,36 menuju *sigma level* 6 dalam waktu 5 tahun. Dalam kurun waktu tersebut dapat dihemat sebesar Rp 6.877.976.000,00

Kata Kunci: *defect*, DMAIC, garam, *six sigma, Quality Improvements*

Halaman ini sengaja dikosongkan

INDUSTRIAL GRADE SALT PRODUCTION IMPROVEMENT IN PT. XYZ USING SIG SIGMA METHOD

By	: Ageng Bimapratama
Student Identity Number	: 09211850015012
Supervisor	: Prof. Iwan Vanany, S.T, M.T, Ph.D

ABSTRACT

Quality is one of the important indicators for companies to be able to exist in the midst of intense competition in the industrial world. The salt quality of the industry standard is regulated in Permendag No. 125 of 2015 and Permenperin No. 88 of 2014 requires a minimum level of 97% NaCl calculated from a dry basis. In addition, there are impurity conditions that must not exceed a predetermined limit, such as calcium and magnesium levels. Industry standard salts are produced from the process including pumping sea water into the pond, then through the process of evaporation, crystallization and washing of salt. In the salt production process, defects occur because the quality of the salt produced is not in accordance with the industrial salt production target.

This study aims to improve the quality of salt production results, especially to make improvements to the salt production process with the six sigma method through the tools Define, Measure, Analyze, Improve, and Control (DMAIC). The steps taken are identifying problems, calculating sigma current levels and cost of defect products, analyzing the types of defects that have a significant effect on the product, looking for root causes of defect problems that occur, making appropriate improvement plans according to the root causes, and Suggestions for implementing improvements.

The results of the Six Sigma analysis of the causes of NaCl levels are five critical factors, including water pumps that are often trouble, brine water treatment methods that do not follow the SOP, salt washing machines have not been installed, there is no harvest mechanization machine and the brine water flow does not run naturally. Based on this, an improvement plan was set up, Based on this, a quality improvement plan was established by increasing the capability of the sigma salt production at current level 0.36 to sigma level 6 within 5 years. During that time, a total of Rp 6,877,976,000 was saved.

Keywords: *defect*, DMAIC, *salt, six sigma, Quality Improvement*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim, Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh. Alhamdulillah segala puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga penulis selalu diberi kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam menyelesaikan penelitian tesis ini. Tidak lupa penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada segenap dosen, istri, keluarga, rekan kerja, dan para sahabat yang mendampingi penulis dalam menyelesaikan studi akademik dan tesis ditengah tantangan dan keterbatasan karena adanya pandemi COVID-19 (*Corona Virus Diseases 2019*).

Tesis yang berjudul **"**PENINGKATAN KUALITAS PRODUKSI GARAM DI LAHAN PEGARAMAN PT. XYZ MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA" ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam program studi Manajemen Industri, Magister Manajemen Teknologi, Fakultas Desain Kreatif & Bisnis Digital, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dengan selesainya penyusunan tesis ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu. Ucapan terima kasih penulis sampaikan khususnya kepada:

1. Prof. Dr. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang sangat membantu dalam memberikan saran serta arahan yang terbaik kepada penulis dalam penyelesaian tesis.
2. Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc, Prof. Dr. Ir. Suparno, M.SIE dan Ibu Putu Dana Karningsih, ST. M.Eng.Sc, Ph.D selaku dosen penguji, baik dalam seminar ujian proposal maupun tesis, yang telah memberikan saran masukan terkait proses penulisan dan riset penulis dalam penyusunan tesis ini.
3. Bapak, Ibu, Papa Mertua, Mama Mertua yang senantiasa memberikan restu, dukungan, motivasi serta doa yang tiada henti kepada penulis untuk menyelesaikan tesis ini.
4. Alivia Rosy Walidonna, ST., istri penulis, yang telah menemani dan memberikan dukungan, kesabaran, pengertian, motivasi, doa, semangat dan

menemani dimanapun penulis berada, baik di Sidoarjo, Jawa Timur maupun saat bertugas di Kupang, NTT, untuk menyelesaikan penelitian tesis ini dengan lancar.

5. Segenap rekan dan sahabat seperjuangan Departemen Manajemen Industri kelas Eksekutif, MMT-ITS angkatan 2018 yang telah memberi banyak dukungan, motivasi dan membuat lingkungan belajar yang mendukung sehingga penulis dapat menyelesaikan proses akademik dan tesis.
6. Eryc Z. Haba Bunga, S.KM, M.Epid, Desiansi Merlinda Niga,S.KM, M.Kes dan segenap manajemen PT. XYZ yang senantiasa memberikan dukungan, bantuan teknis maupun non-teknis, kemudahan akses, sahabat diskusi dan rekan kerja andal bagi penulis, serta membantu dalam penyelesaian tesis ini.
7. Bu Poni Tan, Pak Yoni Tan, Mr. Muhammad Anas Ansari dan segenap pimpinan beserta jajaran induk perusahaan dari PT. XYZ yang selalu memberikan arahan, bimbingan dan masukan kepada penulis dalam keilmuan serta *best practice* bidang industri pegaraman.
8. Seluruh dosen, asisten, tendik dan karyawan di MMT-ITS yang telah menyediakan layanan pembelajaran, fasilitas dan dukungan yang sangat membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat-Nya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyesaian tesis ini. Penulis menyadari bahwa selalu ada kekurangan dalam setiap karya, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun diharapkan demi lebih baiknya tesis ini. Akhirnya, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Wassalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Surabaya, 29 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS .....**Error! Bookmark not defined.**
ABSTRAK iv
ABSTRACT vi
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Perumusan Masalah 5
1.3. Tujuan Penelitian 5
1.4. Manfaat Penelitian 6
1.5. Ruang Lingkup Penelitian 6
1.6. Sistematika Penulisan 6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 9
2.1. Komoditas Garam 9
2.1.1. Definisi Garam dan Pengelompokannya 9
2.1.2. Proses Produksi Garam 14
2.2. Kualitas 17
2.3. Six Sigma 19
2.3.1 Stabilitas dan Kapabilitas Proses 24
2.3.2. Metodologi Six Sigma 29
2.4. Penelitian Terdahulu 39
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 43
3.1. Gambaran Umum Penelitian 43
3.2. Flowchart Penelitian 44
3.3. Tahap Pengumpulan Data 45
3.3.1. Studi Lapangan 46
3.3.2. Studi Pustaka 47
3.4. Tahap Pengolahan dan Analisis Data 47

3.4.1. Tahap Define 47
3.4.2. Tahap Measure 47
3.4.3. Tahap Analyze 49
3.4.4. Tahap Improve 49
3.5. Kesimpulan dan Saran 49
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 50
4.1. Profil Perusahaan 50
4.2. Produk 52
4.3. Teknologi Pengolahan 52
4.4. Data Produksi 56
4.5. *Define* (Tahap Definisi) 56
4.6. *Measure* (Tahap Pengukuran) 59
4.6.1. Perhitungan Current Sigma Level 59
4.6.2. Perhitungan Cost of Defective Produk Saat Ini 61
4.6.3. Process Capability dan Control Chart 62
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN 66
5.1. *Analyze* (Tahap Analisis) 66
5.2. *Improve* (Tahap Perbaikan) 75
5.3. *Control* (Tahap Pengendalian) 80
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 81
6.1. Kesimpulan 81
6.2. Lesson Learnt pada Studi Kasus 81
6.3. Saran 82
DAFTAR PUSTAKA 83
LAMPIRAN 85

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Kebutuhan garam di Indonesia tahun 2018 (dalam ribu ton) 1
Tabel 1.2 Spesifikasi garam standar industri 2
Tabel 1.3 perbandingan hasil produksi dan persyaratan garam industri 4
Tabel 1. 4 Banyaknya defect produksi garam selama 3 bulan 4
Tabel 2. 1 Sifat-sifat fisik garam (NaCl) 10
Tabel 2. 2 Kadar tipikal garam di dalam air laut normal 14
Tabel 2. 3 Unsur-unsur garam yang mengendap pada kolam penguapan 15
Tabel 2. 4 Tabel Hubungan Sigma dengam DPMO 22
Tabel 2. 5 DMAIC dan Aktivitas yang Menyertainya 29
Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu 39
Tabel 3.1 Calon Responden Untuk Wawancara 45
Tabel 4. 1 Kontrol ketinggian air dan kadar *brine* dalam tiap petak tambak garam 56
Tabel 4. 2 SIPOC Diagram dari produksi garam PT TTS 57
Tabel 4. 3 Perhitungan Kapabilitas Sigma dan DPMO (Produk Garam) 61
Tabel 4. 4 Cost of Defective produk garam periode September-November 2019 62
Tabel 5. 1 Prinsip SMART dalam penetapan target peningkatan kualitas 66
Tabel 5. 2 Target Penurunan DPMO Kadar NaCl Selama Masa Proyek Six Sigma 67
Tabel 5. 3 Target Peningkatan Kapabilitas Sigma Kadar NaCl 67
Tabel 5. 4 Target Kinerja dari CTQ kadar NaCl Produk Garam Standar Industri 68
Tabel 5. 5 5 *Critical Factor* yang menyebabkan *Defect* Kadar NaCl Produk Garam 71
Tabel 5. 6 Breakdown 5W Kekurangan Air Proses 2 71
Tabel 5. 7 Breakdown 5W Human Error QC 4 72
Tabel 5. 8 Breakdown 5W Pemurnian 2-5% NaCl 73
Tabel 5. 9 Breakdown 5W Perkerasan Garam 73
Tabel 5. 10 Breakdown 5W Aliran Air 74
Tabel 5. 11 Perhitungan Biaya Produksi 78
Tabel 5. 12 Tahapan Implementasi Perbaikan Kualitas 79
Tabel 5. 13 Biaya Penghematan Setelah Implementasi Perbaikan Kualitas 80

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Rekap produksi garam per petak produksi per bulan 3
Gambar 1. 2 Rekap rata-rata kualitas NaCl produksi garam 4
Gambar 2. 1 Infografis tentang garam dan aplikasi kegunaannya 10
Gambar 2. 2 Pengelompokan garam menurut Permenperin No. 88, 2014.....11
Gambar 2. 3 Diagram proses alir air laut menjadi garam 16
Gambar 2. 4 Konsep Six Sigma Umum dengan Distribusi Nilai Terpusat 23
Gambar 2. 5 Konsep Six Sigma dengan Distribusi Normal Bergeser 1,5 σ.....23
Gambar 2. 6 Batas Spesifikasi dan Batas Kendali.....25
Gambar 2. 7 Kondisi Produk dalam Batas Spesifikasi dan Batas Kendali 25
Gambar 2. 8 Grafik Nilai Cp.....27
Gambar 2.9 Contoh Grafik Cp dan Cpk.....28
Gambar 2.10 Contoh Diagram SIPOC pada Suatu Proses.....31
Gambar 2.11 Control Chart Model 34
Gambar 2.12 Pola Grafik *Control Chart*.....35
Gambar 2.13 *Fishbone Diagram*.....36
Gambar 2.14 Contoh *Root Cause Analysis* 38
Gambar 3. 1 Flowchart penelitian 44
Gambar 3.2 Gambar Alur Pemrosesan garam 46
Gambar 4. 1 Struktur Organisasi PT TTS 50
Gambar 4. 2 Produk Garam Konsumsi Beryodium PT. SLM 51
Gambar 4. 3 Produksi Garam Bahan Baku Standar Industri PT. TTS untuk PT. SLM 52
Gambar 4. 4 Perbedaan produksi garam tradisional dengan sistem Portugis.....53
Gambar 4. 5 Visualisasi 3D perencanaan lahan pegaraman PT. TTS.....54
Gambar 4. 6 Sistem ulir / *zigzag* aliran air *brine* dalam tambak garam 55
Gambar 4. 7 CTQ Drilldown Tree Produk Garam 57
Gambar 4. 8 Uji normalitas data kadar NaCl produk garam.....60
Gambar 4. 9 Process capability kadar NaCl produksi garam.....63
Gambar 4. 10 X-bar Chart kadar NaCl Garam PT. TTS.....64
Gambar 5. 1 Target kinerja Peningkatan Kapabilitas Sigma Kadar NaCl 69
Gambar 5. 2 Target kinerja Penurunan DPMO Kadar NaCl Produk Garam 69
Gambar 5. 3 Fish Bone Diagram Berdasarkan Sumber Penyebab Masalah 71
Gambar 5. 4 Metode kerja mesin pencucian garam.....76
Gambar 5. 5 Mesin pencucian garam untuk lahan pegaraman Kupang NTT 76

Gambar 5. 6 Mesin mekanisasi panen usulan lahan pegaraman Kupang NTT 77
Gambar 5. 7 Perbaikan aliran air *brine* menggunakan alat berat excavator.....78

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Selama ribuan tahun, garam telah melengkapi kehidupan manusia. Garam digunakan dari sekadar menambah cita rasa makanan, hingga menjadi bahan baku utama di seluruh dunia. Pemakaian garam sebagai bahan baku industri makanan minuman hingga bahan proses produksi di berbagai tungku peleburan pabrik juga dilakukan di Indonesia. Sayangnya produktivitas garam Nusantara, baik kuantitas maupun kualitas, belum juga mengalami kemajuan yang signifikan.

Masalah kebutuhan garam tidak hanya soal kuantitas. Faktor sangat penting lain adalah kualitas, karena penyerap terbanyak komoditas garam di Indonesia adalah sektor industri. Berdasarkan data kementerian Kelautan dan Perikanan, kebutuhan garam di Indonesia tahun 2018 terdiri atas 314 ribu ton untuk rumah tangga dan 3,669 juta ton untuk keperluan industri. (Gozan et al., 2018)

Tabel 1. 1 Kebutuhan garam di Indonesia tahun 2018 (dalam ribu ton)

Kebutuhan	Jumlah
Industri	3.669
Aneka pangan	460
Farmasi	4
Industri lainnya	363
Kostik soda	1.838
Pengasinan ikan	465
Pulp & Paper	539
Rumah Tangga	314

(Data: Kementerian Kelautan dan Perikanan Tahun 2019)

Garam standar industri diatur dalam Permendag No. 125 tahun 2015 dan Permenperin No. 88 tahun 2014 mensyaratkan kadar NaCl minimum 97% dihitung dari basis kering. Sedangkan untuk garam Selain itu, ada syarat unsur pengotor

(*impurities*) yang tidak boleh melebihi batas yang telah ditetapkan. Kadar unsur produksi garam yang memenuhi standar industri dijabarkan dalam tabel 1.2

Tabel 1.2 Spesifikasi garam standar industri

No	Unsur	Kadar	Keterangan
1	NaCl	min. 97%	atas dasar basis kering (adbk)
2	Calsium (Ca)	maks. 0,06%	-
3	Magnesium (Mg)	maks. 0,06%	-
4	Kadar air (b/b)	maks. 0,5%	-
5	Kadmium (Cd)	maks. 0,5 mg/kg	-
6	Timbal (Pb)	maks. 10 mg/kg	-
7	Raksa (Hg)	maks. 0,1 mg/kg	-
8	Arsen (As)	maks. 0,1 mg/kg	-
9	Yodium	min. 30 mg/kg	adbk jika untuk garam konsumsi

(Sumber: Permendag No.125 Tahun 2015; Permenperin No.88 Tahun 2014)

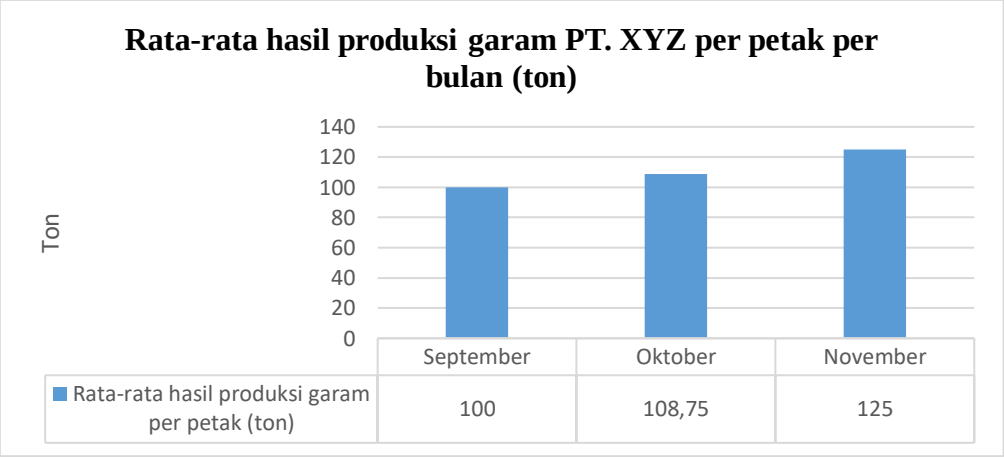
Spesifikasi garam produksi petani garam dalam negeri belum sepenuhnya memenuhi standar garam industri. Produksi petani di Indonesia yang nyaris tanpa "teknologi" membuat standar itu tidak bisa dipenuhi. Tidak terpenuhinya kuantitas dan kualitas hasil produksi garam oleh para petani di seluruh Indonesia menyebabkan pemerintah membuka kran impor garam.

Program swasembada garam diluncurkan oleh pemerintah supaya tidak bergantung kepada impor di masa mendatang, dengan beberapa cara yaitu intensifikasi, ekstensifikasi dan pemberian bantuan kepada para petani garam. Salah satu yang menjadi prioritas pemerintah adalah ekstensifikasi atau membuka lahan baru di daerah yang potensial menjadi lahan pegaraman, yaitu Provinsi Nusa Tenggara Timur.

Program ekstensifikasi produksi garam perlu ditunjang dengan cara produksi massal dan memanfaatkan teknologi mutakhir sehingga garam yang

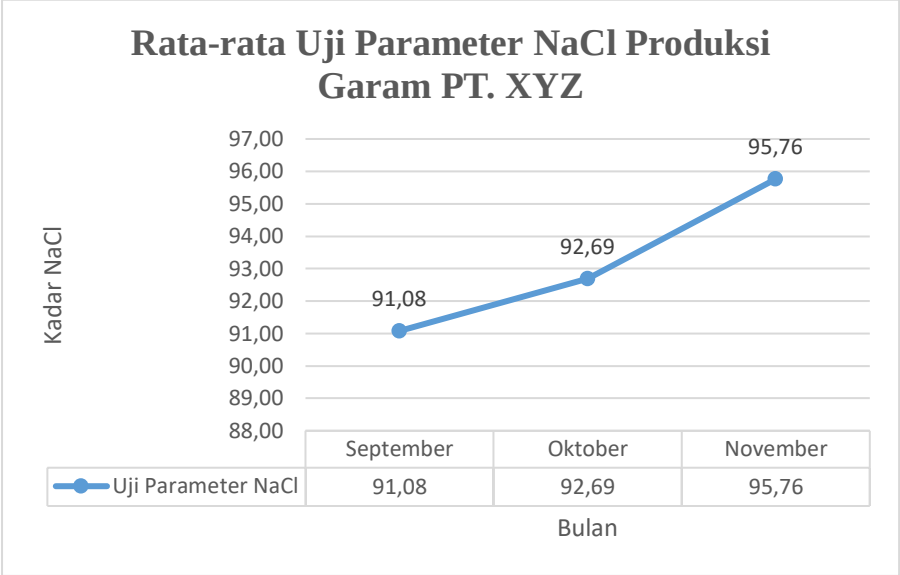
dihasilkan sesuai spesifikasi yang diperlukan sektor industri dan efisien. Di sisi lain, penggunaan teknologi akan membuka peluang produksi turunan dari pengolahan garam yang memiliki nilai keekonomian lebih tinggi.

Berdasar dari latar belakang tersebut, PT XYZ ikut serta dalam mensukseskan program pemerintah terkait swasembada garam melalui ekstensifikasi lahan. PT XYZ (selanjutnya disebut "Perusahaan") adalah perusahaan rintisan tahun 2018 yang bergerak dibidang produksi garam dan pada tahun 2019 mulai beroperasi di Kelurahan Merdeka-Babau, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. Perusahaan telah membuat konstruksi lahan pegaraman seluas 300 hektar dan menggunakan teknologi integrasi yang diterapkan secara bertahap dalam pengelolaan proses produksinya sehingga target produksi garam yang dihasilkan akan memenuhi standar *industrial grade*. Proses konstruksi lahan pegaraman 300 hektar dilaksanakan pada bulan Maret-Agustus 2019 dan bulan September-November 2019 melakukan produksi garam perdana.



Gambar 1. 1 Rekap produksi garam per petak produksi per bulan

Menurut data hasil produksi yang ditunjukkan gambar 1.1 dari bulan September-November 2019, terdapat tren kenaikan rata-rata hasil produksi garam per petak (tempat) produksi dari bulan September dengan hasil 100 ton garam per petak menuju produksi bulan November dengan hasil 125 ton per petak produksi.



Gambar 1. 2 Rekap rata-rata kualitas NaCl produksi garam

Rekapan hasil kualitas tersebut belum memenuhi target produksi garam perusahaan yang mengacu pada peraturan pemerintah terkait sehingga hasil produksi garam pada tahun 2019 menjadi produk *defect* apabila menggunakan standar garam industri, hanya biasa melewati persyaratan garam konsumsi.

Tabel 1.3 perbandingan hasil produksi dan persyaratan garam industri

Unsur Kualitas Garam	Standart Garam Industri (%)		Rata-rata Kualitas Produksi Garam bulan September-November 2019 (%)
NaCl (%)	Min.	97	95,76
Kadar Air (%)	Max.	0,5	3,74
Ca (%)	Max.	0,06	0,32
Mg (%)	Max.	0,06	0,33

Tabel 1. 4 Banyaknya defect produksi garam selama 3 bulan

Bulan	Defect Produk Garam		Jumlah Uji Defect		% Defect
	Jumlah Defect	Berat (Ton)	Jumlah Uji	Berat (Ton)	
September	6	100	6	100	100
Oktober	22	405	22	435	100
November	19	425	28	625	67,86
Total	47	930	56	1160	
Rata-rata	15,67	319,70	18,67	386,67	83,92

Dari tabel produksi dan *defect* garam yang tidak memenuhi syarat garam industri pada periode September-November 2019 diketahui bahwa *defect* yang terjadi sangat signifikan. Produksi garam dari bulan September-November mengalami *defect* sebesar 319,7 ton. Perhitungan menggunakan harga pokok produksi Rp 400.000,- per ton, maka kerugian perusahaan karena produk cacat 319,7 ton x Rp 400.000,- per ton adalah Rp. 127.880.952,-

Salah satu metode yang dapat digunakan terkait permasalahan tersebut adalah metode *six sigma*. *Six Sigma* merupakan suatu alat manajemen yang terfokus pada pengendalian kualitas dengan mendalami sistem produksi perusahaan secara keseluruhan. Metodologi *six sigma* digunakan untuk melakukan upaya perbaikan dan peningkatan proses yang berkesinambungan (*Continuous Improvement*). Metodologi *Six Sigma* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve, and Control* (DMAIC). Strategi dari *six sigma* diantaranya fokus pada kepuasan pelanggan (*Customer Focused*) , menurunkan tingkat kecacatan produk (*Reduce Defect*), berkisar di sekitar pusat target (*Center Around Target*), dan menurunkan variasi (*Reduce Variation*).

Melihat latar belakang tersebut maka selanjutnya akan dilakukan penelitian untuk meningkatkan kualitas sehingga dapat mengurangi kerugian akibat kegagalan produk garam pada lahan pegaraman PT. XYZ menggunakan metode *six sigma*.

1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang dijabarkan penulis diatas dapat dirumuskan masalah dari thesis ini yaitu bagaimana meningkatkan kualitas garam di PT XYZ dengan menggunakan metode six sigma.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan diantaranya:

1. Mengaplikasikan metode six sigma untuk meningkatkan kualitas garam di PT XYZ

2. Memberikan usulan program/cara untuk perbaikan peningkatan kualitas produk garam pada PT. XYZ

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat untuk:

1. Bagi internal perusahaan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terbaru, pengetahuan dan wawasan terkait kondisi pada lini produksi garam di lahan pegaraman sehingga dapat melakukan upaya perbaikan yang berkelanjutan
2. Manajemen PT. XYZ dapat mempertimbangkan hasil penelitian untuk diimplementasikan sehingga dapat memperbaiki dan meningkatkan kualitas produksi garam
3. Manajemen PT. XYZ dapat menggunakan hasil penelitian untuk melakukan investasi penambahan fasilitas layanan yang tepat dalam memenuhi harapan pelanggan

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Untuk menghindari meluasnya masalah dan bias dalam kesimpulan penelitian ini maka, permasalahan dibatasi sebagai berikut:

- Pengumpulan data dilakukan pada objek penelitian, dalam kasus ini adalah di PT. XYZ selaku perusahaan produksi garam.
- Penelitian dilakukan pada proses produksi dalam perusahaan yang berlangsung pada September - November 2019.
- Penelitian ini menerapkan metode six sigma hanya sampai langkah *improve* dan tidak melakukan tahapan *control*, karena penerapan dan kontrol atas penerapan langkah-langkah perbaikan hanya bias dilakukan pada musim panen yang berkisar antara bulan Juli-November.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang masalah yang mendasari tentang pentingnya penelitian ini, apa hal unik yang dibahas didalamnya, tujuan dan manfaat penelitian serta ruang lingkup penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang teori yang mendukung penelitian, penelitian yang sudah ada, dan objek penelitian. Pada penelitian ini landasan teori yang dibutuhkan adalah *Six Sigma,* dan beberapa penelitian sebelumnya.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang bagaimana penelitian ini kedepannya akan berjalan, hal-hal seperti roadmap penelitian, teknik pengumpulan data dan teknik analisis data yang digunakan, rancangan uji hipotesis serta jadwal penelitian.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi tentang hasil dari pengumpulan dan pengolahan data, mengolahnya menjadi informasi yang lalu akan dibahas pada bab 5

BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang data yang sudah diolah pada bab 4, Pengujian validitas, distribusi dalam karakterstik responden.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang pokok-pokok kesimpulan dari penelitian yang sudah dilalui dan saran yang perlu disampaikan kepada pihak-pihak yang berkaitan seperti perusahaan, pengusaha, perusahaan, dll

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka ini akan dibahas literatur tentang Komoditas Garam, *Six Sigma*, *Root Cause Analysis* dan beberapa literatur tentang penelitian-penelitian sebelumnya, beserta kesimpulan akhir tentang keseluruhan bab tinjauan pustaka ini.

2.1. Komoditas Garam

2.1.1. Definisi Garam dan Pengelompokannya

Menurut (Permendag No. 125, 2015) definisi garam adalah senyawa kimia yang komponen utamanya mengandung natrium klorida (NaCl) dan mengandung senyawa air, magnesium, kalsium, sulfat dan bahan tambahan iodium, *anti-caking* atau *free-flowing* maupun tidak. Garam banyak dikenal sebagai padatan kristal yang menjadi penyedap masakan yaitu garam meja. Hampir semua rumah tangga di tanah air, bahkan di seluruh dunia, memiliki garam yang rasanya asin. Kristal garam dengan pengelihatan mata terlihat berwarna putih yang apabila dilihat dengan analisis *x-ray crystallography* merupakan suatu sistem isometrik berbentuk kubus. Disebut demikian karena kubus garam memiliki tiga sumbu yang saling berpotongan membentuk sudut siku-siku dan ketiganya memiliki panjang yang sama.

Gambar 2. 1 Infografis tentang garam dan aplikasi kegunaannya
(sumber: Garampedia, 2019)

Menurut (Gozan et al., 2018), garam sangat mudah larut dalam air (kelarutannya 35,6 gr/100 gr pada 0°C dan 39,2 gr/100 gr pada 100°C). Uniknya, garam juga dapat larut dalam alkohol sehingga menjadikan garam sebagai komponen yang memegang peran penting dalam berbagai jenis reaksi. Garam mencair pada suhu 801°C dan menguap pada suhu di atas titik didihnya (1.413°C). Kekerasan (*hardness*) 2,5 skala mohs, tidak mudah terbakar dan toksisitas rendah, serta punya sifat higroskopik sehingga mampu menyerap air dari atmosfer pada kelembaban 75%. Ringkasan sifat-sifat fisik NaCl dapat dilihat pada tabel 2.1

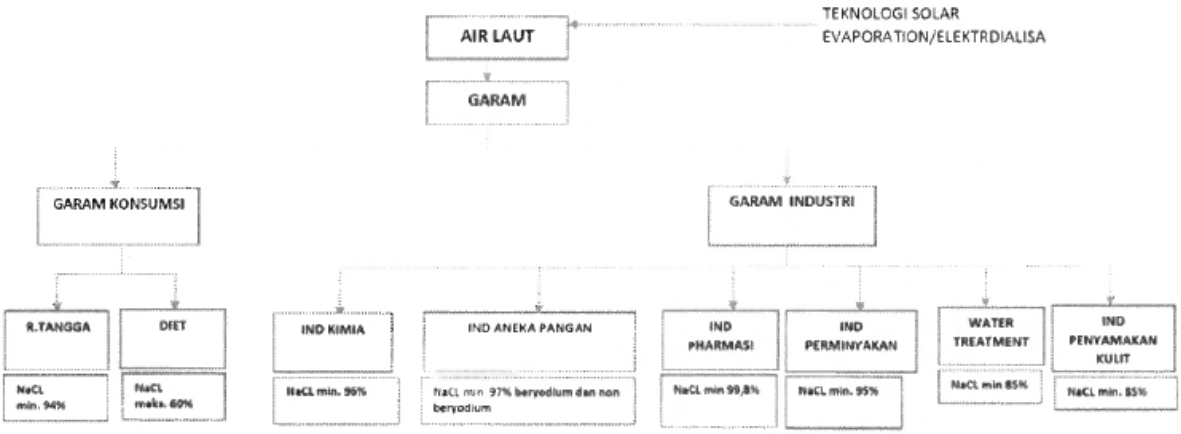
Tabel 2. 1 Sifat-sifat fisik garam (NaCl)

Rumus Molekul	NaCl
Massa Molar	58,44 gr/mol
Penampilan	Tidak berwarna/berbentuk kristal putih
Densitas	2,16 gr/cm^3
Titik Lebur	801°C (1.074 K)

Titik Didih	1.465 °C (1.738 K)
Kelarutan dalam Air	35,9 gr/100 ml

(Sumber: Gozan et al., 2018)

(Permenperin No. 88, 2014) mengklasifikasi garam menjadi 2, yaitu garam konsumsi dan garam industri.



Gambar 2. 2 Pengelompokan garam menurut Permenperin No. 88, 2014

A. Garam Konsumsi

Garam konsumsi adalah garam yang digunakan untuk konsumsi atau dapat diolah menjadi garam rumah tangga dan garam diet untuk konsumsi masyarakat. Garam standar konsumsi ini menurut Permendag no. 125 tahun 2015 disyaratkan kadar NaCl minimum 94,7% sampai dengan kurang dari 97% dihitung dari basis kering. Beberapa aplikasi penggunaan garam konsumsi antara lain:

1. Garam Rumah Tangga

   Garam rumah tangga adalah garam konsumsi beryodium dengan kandungan NaCl minimum 94% atas dasar basis kering (adbk), air maksimum 7%, bagian yang tidak larut dalam air maksimum 0,5 mg/kg (adbk), Kadmium (Cd) maksimum 0,5 mg/kg, Timbal (Pb) maksimum 10,0 mg/kg, Raksa (Hg) maksimum 0,1 mg/kg, dan cemaran Arsen (As)

maksimum 0,1 mg/kg, serta Kalium Iodate (KIO_3) minimum 30 mg/kg yang berbentuk padat dan dapat dikonsumsi langsung oleh masyarakat

2. Garam Diet

   Garam diet adalah garam konsumsi beryodium berbentuk cairan/padat dengan kadar NaCl maksimum 60% (adbk) serta Kalium Iodate (KIO_3) minimum 30 mg/kg yang dapat dikonsumsi langsung oleh masyarakat.

B. Garam Industri

Garam industri adalah garam yang digunakan sebagai bahan baku/penolong pada proses produksi. Garam industri digunakan untuk industri kimia, industri aneka pangan, industri farmasi, industri perminyakan, industri penyamakan kulit, dan *water treatment*. Garam standar industri ini diatur dalam Permendag No. 125 tahun 2015 mensyaratkan kadar NaCl minimum 97% dihitung dari basis kering. Beberapa terapan garam industri antara lain:

1. Garam Industri Kimia

   Garam industri kimia adalah jenis garam yang digunakan untuk memproduksi senyawa kimia antara lain Chlor Alkali Plant (CAP), dengan standart *High Grade*, kadar NaCl minimum 96% atas dasar basis kering (adbk), kadar air (b/b) maksimum 2,5%, Calsium (Ca) maksimum 0,1% atas dasar basis basah (adbb), Magnesium (Mg) maksimum 0,05% (adbb), bagian yang tidak larut dalam air maksimum 0,05%, kadar sulfat (SO_4) 0,2% (adbb). Hasil produk CAP digunakan antara lain untuk industri kertas, industri PVC, sabun/detergen, dan tekstil.

2. Garam Industri Aneka Pangan

   Garam industri aneka pangan adalah garam yang beryodium maupun tidak beryodium dan digunakan sebagai bahan baku/penolong pada industri aneka pangan untuk memproduksi makanan maupun minuman. Spesifikasi garam industri aneka pangan adalah garam yang beryodium maupun tidak beryodium dengan standart food grade dan telah diolah dengan tingkat kehalusan tertentu dengan kadar NaCl minimum 97%

atas dasar basis kering (adbk), Calsium maksimum 0,06%, Magnesium (Mg) maksimum 0,06%, kadar air (b/b) maksimum 0,5%, bagian yang tidak larut dalam air maksimum 0,5%, dan cemaran logam Kadmium (Cd) maksimum 0,5 mg/kg, Timbal (Pb) maksimum 10 mg/kg, Raksa (Hg) maksimum 0,1 mg/kg dan Arsen (As) maksimum 0,1 mg/kg, serta yang beryodium minimum 30 mg/kg (adbk).

Garam jenis ini antara lain digunakan pada industri mie/*noodle*, bumbu masak, biskuit, minuman, gula, kecap, mentega, dan pengalengan ikan.

3. Garam Industri Farmasi

   Garam untuk industri farmasi adalah garam yang digunakan sebagai bahan penolong pada industri farmasi.

   Spesifikasi garam untuk industri farmasi adalah jenis garam dengan kadar NaCl minimum 99,8% (adbk), dengan kadar *impurities* mendekati 0%. Garam jenis ini digunakan pada industri farmasi antara lain pembuatan cairan infus, cairan pembersih darah (Haemodialisa) atau garam murni (*pure analysis-p.a*).

4. Garam Industri Perminyakan

   Garam untuk idnustri perminyakan adalah garam yang digunakan sebagai bahan penolong pada proses pengeboran minyak.

   Spesifikasi garam industri perminyakan yaitu garam yang mempunyai kadar NaCl minimum 95% (adbk), Sulfat (SO4) maksimum 0,5%, Calcium (Ca) maksimum 0,2% dan Magnesium (Mg) maksimum 0,3% dengan kadar air 3%-5%.

5. Garam Industri Penyamakan Kulit

   Garam untuk industri penyamakan kulit adalah garam yang digunakan sebagai bahan penolong pada proses penyamakan kulit.

   Spesifikasi garam untuk industri penyamakan kulit adalah garam yang peruntukannya sebagai bahan penolong dengan standart kadar NaCl minimum 85% atas dasar basis kering (adbk).

6. Garam *Water Treatment*

   Garam untuk water treatment adalah garam yang digunakan sebagai bahan penolong pada penjernihan air dan pelunakkan air pada boiler.

Spesifikasi garam untuk water treatment adalah garam dengan tingkat kadar NaCl minimum 85% yang peruntukannya sebagai bahan penolong untuk penjernihan air. Sedangkan untuk pelunakkan air pada boiler dibutuhkan spesifikasi garam dengan tingkat kadar NaCl minimum 95%.

2.1.2. Proses Produksi Garam

Proses produksi garam di dunia terdiri dari produksi garam di tambang dan tambak. Sistem yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah produksi garam dalam tambak melalui proses pemanasan/*evaporation* menggunakan sinar matahari (*solar saltworks*). Menurut (Sedivy, 2008), mengonversi energi matahari menjadi komoditas organik, dalam hal ini garam, adalah cara yang paling efisien. Teknik *solar saltworks* ini bisa dilakukan dan menghasilkan garam dengan kualitas dan kuantitas yang baik dengan faktor musim kemarau atau panas yang lebih panjang.

Proses produksi garam dari air laut yaitu mendapatkan NaCl murni melalui konsentrasi penguapan alami dalam tambak. Setelah itu, proses evaporasi berkembang menjadi kristalisasi frictional dari garam yang terkandung berdasarkan variasi kelarutan garam di dalam air. Kadar garam dalam air laut ditampilkan pada tabel 2.2. Sedangkan variasi kelarutan garam di dalam air yang menjelaskan kristalisasi frictional ditunjukkan pada tabel 2.3

Tabel 2. 2 Kadar tipikal garam di dalam air laut normal

Garam	**%-berat**	**%- dari total garam**
NaBr	0,008	0,24
NaCl	2,681	77,80
KCl	0,073	2,11
$MgCl_2$	0,316	9,17
$MgSO_4$	0,238	6,89
$CaSO_4$	0,107	3,11
$CaCO_3$	1,024	0,68
TOTAL (+)		

Total	3,447	100,00
*mencakup $SrCO_3$ (≈ 10%)		

(Sumber: Gozan et al., 2018)

Tabel 2. 3 Unsur-unsur garam yang mengendap pada kolam penguapan

Air Laut sisa (%-berat)	Garam / Mineral yang Mulai Mengendap	Komposisi Mineral
100	Kalsit	$CaCO_3$
32,22	Gipsum	$CaSO_4.2H_2O$
12,12	Halit	NaCl
2,45	Astrakhanit	$Na_2SO_4.MgSO_4.4H_2O$
2,18	Epsomit	$MgSO_4.7H_2O$
1,96	Kainit	$4KCl.4MgSO_4.11H_2O$
1,63	Heksahidrit	$MgSO_4.6H_2O$
1,22	Kieserit	$MgSO_4.H_2O$
1,18	Karnalit	$KCl.\ MgCl_2.6H_2O$
0,93	Bischofit	$MgCl_2.6H_2O$

(Sumber: Gozan et al., 2018)

Pada proses kristalisasi bertingkat, kristalisasi komponen-komponen garam akan diatur pada tempat/tambak yang berlainan bedasarkan sifat kelarutannya sehingga diperoleh komponen garam yang relatif lebih murni. Model multi tahap evaporasi air laut ini, gradien konsentrasi dari air laut akan terjadi seiring dengan air laut yang berpindah dari satu tambak ke tambak lainnya.

Berdasarkan metode produksi tersebut, (Ansari, 2019) membagi kolam tambak menjadi tiga kelompok dasar. Kelompok pertama merupakan tambak reservoir atau bozem, dimana air laut ditampung. Kelompok kedua adalah tambak evaporasi, dimana air laut dikonsentrasikan hingga titik jenuh NaCl (25-26 °Be). Kelompok ketiga adalah tambak kristalisasi melalui penguapan air laut lebih jauh (hingga 29 °Be). Dasar pengangkatan tambak garam menjadi ekosistem adalah fakta bahwa air laut yang dikonsentrasikan hingga titik kristalisasi garam perlu

diuapkan 90% dari total kandungan air di dalamnya, sehingga hal ini memerlukan lahan yang sangat luas. Sedangkan tambak kristalisasi mengambil area sekitar 10% dari total area yang tersedia.

Gambar 2. 3 Diagram proses alir air laut menjadi garam
(sumber: Gozan et al., 2018)

Menurut (Sedivy, 2008) untuk mendesain suatu *solar saltworks* yang baik, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Konsentrasi harus meningkat secara bertahap dari satu basin/tambak ke basin lain, tanpa terjadi pencampuran balik ataupun kebocoran (*leakage*)
2. Bagian dasar dari basin berwarna gelap untuk memfasilitasi penyerapan sinar matahari secara maksimal. Namun air laut harus jernih sehingga sinar matahari dapat berpenetrasi hingga dasar basin
3. Pengotor seperti kerak ($CaCO_3$) dan gipsum ($CaSO_4$) harus terkristalkan/mengendap terlebih dahulu sebelum NaCl terbentuk
4. Nutrien dan komponen biologis harus dapat dikonsumsi berdasarkan prinsip suksesi spesies yang hidupnya bergantung pada tingkat salinitas basin

Proses produksi pembuatan garam adalah dengan menguapkan air laut sehingga unsur kimia Natrium (Na^+) dan klor (Cl^-) akan membentuk senyawa kimia NaCl (garam) pada proses kristalisasi. Namun mineral-mineral pengotor (impurities) yang kurang diinginkan seperti unsur Mg^{2+}, Ca^{2+}, dan SO_4^{2-} sedapat mungkin hanya sedikit yang terikut bersama garam, sehingga hasil garam NaCl semakin murni.

2.2. Kualitas

Kualitas merupakan salah satu indikator penting bagi perusahaan untuk dapat eksis di tengah ketatnya persaingan di dunia industri. Definisi dari kualitas itu sendiri terdiri dari beberapa persepsi menurut para ahli. Dalam segi proses produksi, kualitas merupakan suatu proses yang menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi dari produk yang telah ditetapkan (Feigenbaum, 1992). Kualitas merupakan atribut produk atau jasa yang menunjukkan daya keandalan, ketepatan kemudahan operasi perbaikan, serta atribut yang mempunyai nilai tambah lainnya (Kotler & Armstrong, 2018). Menurut The American Society for Quality (ASQ), kualitas didefinisikan sebagai karakteristik dari suatu produk yang menunjang kemampuannya untuk memuaskan kebutuhan yang di spesifikasikan atau ditetapkan. Definisi lain dari kualitas adalah loss *to society*, yang maksudnya adalah apabila terjadi penyimpangan dari target, hal ini merupakan fungsi berkurangnya kualitas (Taguchi et al., 2005). Pada sisi lainnya, berkurangnya kualitas tersebut akan menimbulkan biaya. (Badan Standardisasi Nasional, 2008) menyatakan kualitas sebagai keseluruhan ciri dan karakteristik produk dan jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik dinyatakan secara tegas maupun tersamar.

Dari definisi-definisi yang ada, terdapat beberapa persamaan terkait definisi kualitas tersebut diantaranya adanya unsur-unsur sebagai berikut:

1. Kualitas dimaksudkan untuk memenuhi atau melebihi harapan pelanggan.
2. Kualitas meliputi produk, jasa, manusia proses dan lingkungan.
3. Kualitas adalah suatu kondisi dinamis, yang selalu berubah (*moving target*).

Penilaian tentang baik atau buruknya kualitas suatu produk dapat ditentukan dalam delapan dimensi kualitas yang diperkenalkan oleh seorang Ahli Pengendalian Kualitas pada tahun 1987 yang bernama David A. Garvin. Kedelapan dimensi kualitas yang dikemukakan oleh David A. Garvin ini kemudian dikenal dengan Delapan Dimensi Kualitas Garvin, yang terdiri dari:

1. Kinerja *(Performance)*

   Kinerja atau *performance* merupakan dimensi kualitas yang berkaitan dengan karakteristik utama suatu produk.

2. Fitur *(Features)*

   Fitur atau *features* merupakan karakteristik pendukung atau pelengkap dari karakteristik utama suatu produk.

3. Kehandalan *(Reliability)*

   Kehandalan atau *reliabilit*y merupakan dimensi kualitas yang berhubungan dengan kemungkinan suatu produk dapat bekerja secara memuaskan pada waktu dan kondisi tertentu.

4. *Kesesuaian (Conformance)*

   Kesesuaian atau conformance merupakan kesamaan kinerja dan kualitas produk dengan standar yang diinginkan karena pada dasarnya setiap produk memiliki standar maupun spesifikasi yang telah ditentukan.

5. *Ketahanan (Durability)*

   Ketahanan atau *durability* merupakan ketangguhan suatu produk hingga saatnya harus diganti. Ketahanan ini biasanya diukur berdasarkan umur atau waktu daya tahan suatu produk.

6. *Serviceability*

   Serviceability merupakan kemudahan layanan atau perbaikan jika dibutuhkan. Hal ini sering dikaitkan dengan layanan purna jual (*after sales service*) yang disediakan oleh produsen. Dalam hal ini terkait dengan ketersediaan suku cadang dan kemudahan perbaikan apabila terjadi kerusakan dengan didukung pusat layanan perbaikan (*service center)* yang letaknya mudah dijangkau oleh konsumen dan memiliki respon yang cepat (*fast respon*) ketika terjadi kerusakan.

7. Keindahan *(Aesthetics)*

   Keindahan atau *aesthetics* erat kaitannya dengan daya tarik produk secara visual. Sering kali keputusan memilih suatu produk didasarkan pada faktor-faktor seperti model, warna, bentuk, kemasan maupun segi artistik lainnya.

8. Persepsi terhadap produk *(Perceived quality)*

   Persepsi terhadap produk berkaitan erat dengan reputasi dan rekam jejak perusahaan di masa lalu terkait kualitas dan mutu produk dimana hal tersebut merupakan suatu hal yang substantial. Reputasi ini dapat

berkaitan dengan kegagalan produk terdahulu, penarikan kembali (*recall*) produk karena ditemukan adanya cacat produksi maupun mengenai bagaimana pelanggan diperlakukan ketika ada pelaporan terkait kualitas produk.

2.3. Six Sigma

Six sigma merupakan sebuah metodologi terstruktur untuk memperbaiki proses yang difokuskan pada usaha mengurangi variasi proses sekaligus mengurangi cacat (produk atau jasa yang diluar spesifikasi) dengan menggunakan statistik dan *problem solving tools* secara intensif (Manggala, 2005). Menurut (Revere et al., 2004), *six sigma* mencakup kegiatan mulai merancang, memperbaiki, dan memonitoring suatu proses bisnis dalam perusahaan. *Six sigma* merupakan proses disiplin tinggi yang membantu mengembangkan dan mengantarkan produk mendekati sempurna.

Six Sigma adalah suatu alat manajemen baru yang digunakan untuk mengganti *Total Quality Management/TQM (...),* yaitu metode yang sangat terfokus terhadap pengendalian kualitas dengan mendalami sistem produksi perusahaan secara keseluruhan. Menurut (…), kesuksesan peningkatan kualitas dan kinerja bisnis, tergantung dari kemampuan untuk mengidentifikasi dan memecahkan masalah.

Six sigma adalah suatu visi peningkatan kualtas menuju target 3,4 kegagalan per seatu juta kesempatan (DPMO) untuk setiap transaksi produk baik barang maupun jasa (Trihendradi, 2008). Dengan semikian *six sigma* dapat dijadikan ukuran target kinerja sistem industri tentang bagaimana baiknya suatu proses transaksi produk antara pemasok (industri) dan pelanggan (pasar). Semakin tinggi target *sigma* yang dicapai kinerja sistem industri akan semakin baik. *Six sigma* juga dianggap sebagai terobosan yang memungkinkan perusahaan melakukan peningkatan luar biasa dan sebagai pengendalian proses industri yang berfokus pada pelanggan, melalui penekanan pada kemampuan proses (*process capability*).

Strategi penerpan *six sigma* yang diciptakan oleh Dr. Mikel Harry dan Richard Schroeder disebut sebagai *Six Sigma Breakthrough Strategy*. Strategi ini

merupakan metode sistemaris yang menggunakan pengumpaulan data dan analisis statistik untuk menentukan sumber-sumber variasi dan cara-cara menghilangkannya (Harry & Schroeder, 2000).

Six sigma mempunyai dua arti penting, yaitu:

1. *Six sigma* sebagai filososfi manajemen

   Six sigma merupakan kegiatan yang dilakukan oleh semua anggota perusahaan yang menjadi budaya dan sesuai dengan visi misi perusahaan. Tujuannya meningkatkan efisiensi proses bisnis dan memuaskan keinginan pelanggan, sehingga meningkatkan nilai perusahaan.

2. *Six sigma* sebagai sistem pengukuran

   S*ix sigma* sesuai dengan arti sigma, yaitu distribusi atau penyebaran (variasi) dari rata-rata (*mean*) suatu proses atau prosedur. *Six sigma* ditujukan untuk memperkecil variasi. *Six sigma* sebagai sistem pengukuran menggunakan *Defect per Milion Opportunities* (DPMO) sebagai satuan pengukuran. DPMO merupakan ukuran yang baik bagi kualitas produk ataupun proses, sebab berkorelasi langsung dengan cacat, biaya, dan waktu yang terbuang.

Konsep *six sigma* diterapkan oleh perusahaan Motorola sejak tahun 1986, yang merupakan terobosan baru dalam penerapan manajemen kualitas. Semakin tinggi target sigma yang dapat dicapai mengindikasikan kinerja industri yang semakin baik. Terdapat beberapa istilah dalam konsep Six Sigma motorola, diantaranya:

1. *Black Belt* yang merupakan pemimpin tim (*team leader*) yang bertanggung jawab untuk pengukuran, analisis, peningkatan dan pengendalian proses-proses kunci yang mempengaruhi kepuasan pelanggan dan atau pertumbuhan produktivitas serta menenmpati posisi penuh waktu (*full time*) dalam proyek *six sigma*.
2. *Green Belt* dimana serupa dengan *Black Belt*, namun posisinya tidak penuh waktu
3. *Master Black Belt* yang merupakan mentor atau konsultan dalam proyek six sigma yang sedang ditangani *Black Belt*. Kriteria yang harus dimiliki oleh *Master Black Belt* adalah keterampilan analisis kuantitatif yang

sangat kuat dan kemampuan mengajar serta memberikan konsultasi tentang manajemen proyek yang berhasil. *Master Black Belt* merupakan posisi penuh waktu dan dapat menangani sekitar 25-30 orang *Black Belt*

4. *Champion* yang merupakan individu yang berada pada manajemen tingkat atas (*top management*) yang memahami *six sigma* dan bertanggung jawab untuk keberhasilan dari *six sigma* itu.
5. *Critical to Quality* (CTQ) yang merupakan atribut-atribut yang sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan
6. *Defect* yang merupakan kegagalan untuk memberikan apa yang diinginkan oleh pelanggan (tidak sesuai dengan spesifikasi)
7. *Defect Per Unit* (DPU) yang merupakan ukuran terjadinya cacat atau kegagalan per unit yang dinyatakan dengan persamaan :

$$DPU = \frac{Defects}{Unit} \times 100 \qquad (2.1)$$

8. *Defect Per Opportunity* (DPO) yang merupakan ukuran kegagalan yang dihitung dalam Program Peningkatan Kualitas Six Sigma dengan rumusan:

$$DPO = \frac{Defects}{Products \times Opportunities} \qquad (2.2)$$

9. *Defect per Million Opportunities* (DPMO) yang merupakan ukuran kegagalan dalam Program Peningkatan Kualitas *Six Sigma* yang menunjukkan kegagalan per sejuta kesempatan. Target dari pengendalian kualitas *Six Sigma* Motorola yaitu sebesar 3,4 DPMO yang diinterpretasikan dalam satu unit produk tunggal terdapat rata-rata kesempatan untuk gagal dari suatu karakteristik CTQ adalah hanya 3,4 kegagalan per satu juta kesempatan. DPMO dinyatakan dengan rumusan:

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \qquad (2.3)$$

10. *Process Capability* yang merupakan kemampuan proses untuk memproduksi output sesuai dengan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan dan merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk
11. *Variatio*n yang merupakan apa yang pelanggan lihat dan rasakan dalam

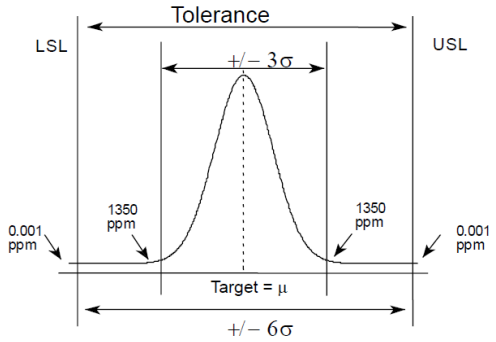
proses transaksi antar pemasok dan pelanggan. . Semakin kecil variasi maka akan semakin disukai karena mengindikasikan konsistensi dalam kualitas.

12. *Stable Operation* yang merupakan jaminan konsistensi, proses-proses yang dapat diperkirakan dan dikendalikan guna meningkatkan apa yang pelanggan lihat dan rasakan serta meningkatkan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan
13. *Design for Six Sigma* (DFSS) yang merupakan suatu desain untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dan kemampuan proses (*process capability*). DFSS merupakan suatu metodologi sistematik yang menggunakan peralatan, pelatihan, dan pengukuran untyk memungkinkan pemasok mendesain produk dan proses yang memenuhi ekspektasi dan kebutuhan pelanggan, serta dapat diproduksi dan dioperasikan pada tingkat kualitas *six sigma*
14. *Define, Measure, Analyze, Improve, and Control* (DMAIC) yang merupakan proses untuk meningkatkan secara terus menerus menuju target six sigma. DMAIC dilakukan secara sistematik, berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta (*systematic,scientific, and fact based)*

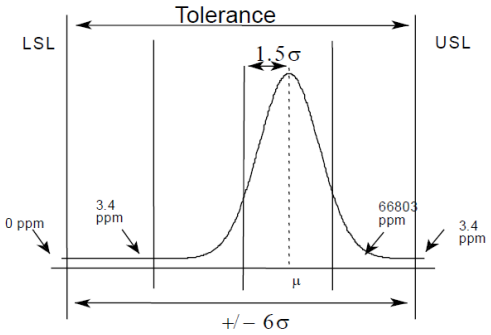
Tabel 2. 4 Tabel Hubungan Sigma dengam DPMO

Sigma Level	DPMO		Yield (%)		Keterangan
	Konsep 6σ Motorola	Konsep 6σ Umum	Konsep 6σ Motorola	Konsep 6σ Umum	
6	3,40	0,002	999,997	99,9999998	Industri Kelas Dunia
5	233	0,57	99,977	99,999943	Rata-Rata Industri Jepang
4	6.21	63	99,379	99,9937	Rata-Rata Industri USA
3	66.807	2.7	93,32	99,73	
2	308.357	45.500	69,20	95,45	Rata-Rata Industri Indonesia
1	690	317.300	31	68,27	Sangat Tidak Kompetitif

(Sumber: Pande et al., 2000)



Gambar 2. 4 Konsep Six Sigma Umum dengan Distribusi Nilai Terpusat (sumber: datavizcatalogue.com)



Gambar 2. 5 Konsep Six Sigma dengan Distribusi Normal Bergeser 1,5 σ Motorola (sumber: datavizcatalogue.com)

Apabila konsep *six sigma* akan diterapkan dalam bidang *manufacturing*, maka beberapa aspek yang harus diperhatikan, diantaranya:

1. Identifikasi karakteristik produk yang akan memuaskan pelanggan (sesuai dengan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan)
2. Mengklasifikasikan semua karakteristik kualitas itu sebagai CTQ (*Critical to Quality*)
3. Menentukan apakah setiap CTQ (*Critical to Quality*) itu dapat dikendalikan melalui pengendalian material, mesin, proses kerja, dan sebagainya
4. Menentukan batas maksimum toleransi untuk setiap CTQ sesuai yang diinginkan pelanggan (menentukan nilai USL dan LSL dari setiap CTQ)
5. nilai maksimum standar deviasi untuk setiap CTQ)

6. Mengubah desain produk dan atau proses sedemikian rupa agar mampu mencapai nilai target *six sigma*, yang berarti memiliki indeks kemampuan proses, C_{pm} minimum sama dengan 2 ($C_{pm} \geq 2$). Selanjutnya efektivitas dari upaya peningkatan proses dan keberhasilan dalam aplikasi program six sigma dapat diukur melalui nilai C_{pm} yang terus meningkat.

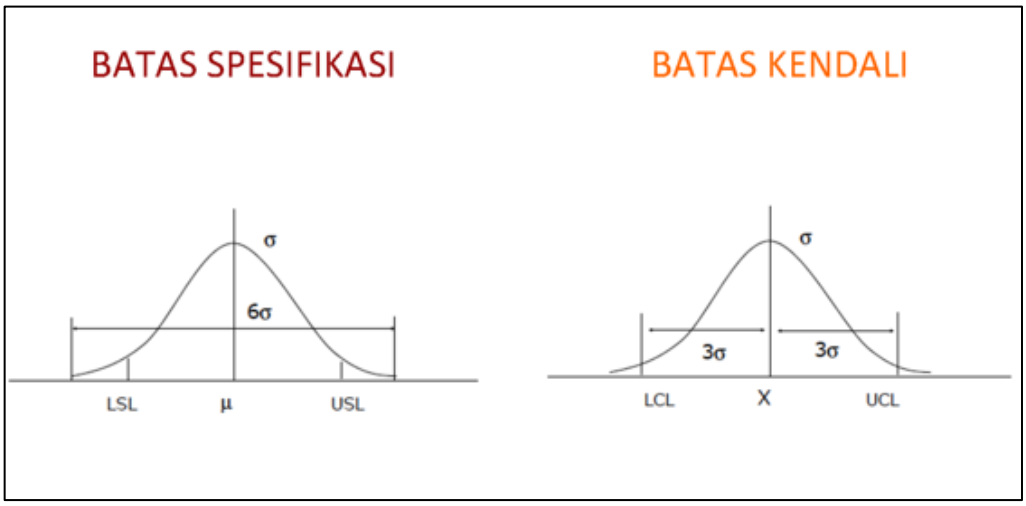
2.3.1 Stabilitas dan Kapabilitas Proses

Dalam penerapan six sigma stabilitas proses merupakan konsep penting yang harus diperhatikan. Kestabilan proses dapat ditentukan dari tingkat respon semua parameter yang digunakan dalam mengukur variasi proses. Suatu proses dapat dikatakan stabil apabila semua parameter tersebut memiliki nilai variasi yang konstan. Stabilitas dari suatu proses dapat ditinjau dari *control chart* dimana apabila semua proses masuk dalam batasan, maka dapat dikatakan bahwa proses tersebut stabil.

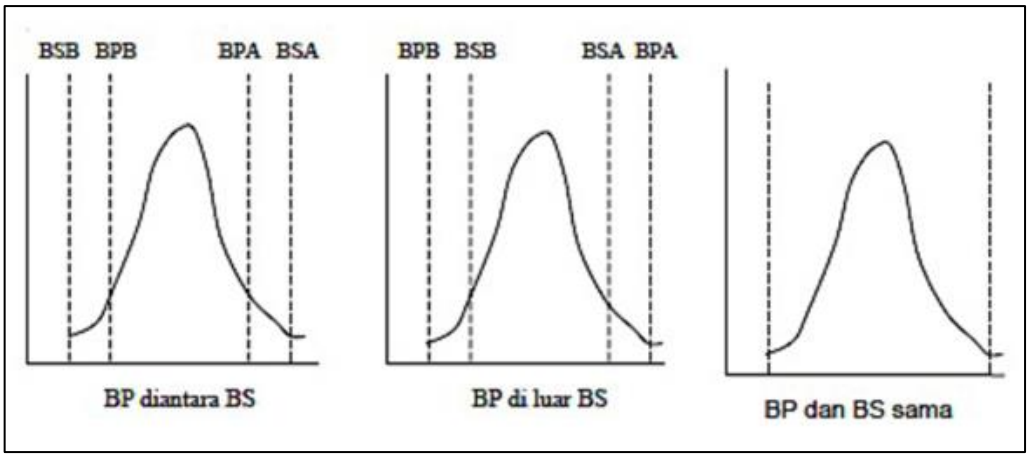
Menurut (Pyzdek, 2003), Kapabilitas Proses (*Process Capability*) adalah kemampuan suatu proses untuk menghasilkan suatu produk atau jasa yang sesuai dengan kebutuhan dari konsumen atau spesifikasi yang diharapkan. Analisis kapabilitas proses merupakan suatu tahapan yang harus dilakukan ketika melakukan proses pengendalian. Analisis Kapabilitas Proses merupakan suatu studi guna menaksir kemampuan proses dalam bentuk distribusi probabilitas yang mempunyai bentuk, rata-rata, dan penyebaran. Analisis Kapabilitas Proses merupakan prosedur yang digunakan untuk memprediksi kinerja jangka panjang yang berada dalam batas pengendali statistik.

Analisis kemampuan proses berkaitan dengan keseragaman proses variabilitas yang merupakan ukuran keseragaman proses, kemampuan dari proses untuk menghasilkan produk yang memenuhi spesifikasi, dan membedakan kesesuian dengan batas-batas toleransi (rata-rata proses dalam batas pengendali serta berada dalam batas spesifikasi dan rata-rata proses dalam batas pengendali tetapi tidak berada dalam batas spesifikasi). Batas spesfikasi berbeda dengan batas kendali. Batas spesifikasi / toleransi merupakan batas-batas kesesuaian unit-unit secara individu dengan operasi manfaktur atau jasa. Batas spesifikasi ditentukan

berdasarkan kebutuhan pelanggan terhadap produk. Sedangkan batas kontrol atau batas kendali merupakan batas yang digunakan dalam mengindentifikasi variasi yang ada antar sub grup.



Gambar 2. 6 Batas Spesifikasi dan Batas Kendali (sumber: datavizcatalogue.com)



Gambar 2. 7 Kondisi Produk dalam Batas Spesifikasi dan Batas Kendali (sumber: datavizcatalogue.com)

Tujuan Analisis Kapabilitas Proses, diantaranya sebagai berikut**:**

1. Memprediksi variabilitas proses yang ada
2. Memilih diantara proses-proses yang paling tepat atau memenuhi
3. Menyediakan dasar kuantitaif untuk menyusun jadwal pengendalian proses dan penyesuaian secara periodik

4. Menguji teori mengenai penyebab kesalahan selama program perbaikan kualitas
5. Memberikan pelayanan sebagai dasar untuk menentukan syarat kinerja kualitas untuk mesin-mesin yang ada.

Analisis Kapabilitas Proses juga memiliki manfaat diantaranya sebagai berikut:

1. Menciptakan output yang seragam
2. Membantu dalam membuat perancangan produk maupun proses
3. Mengurangi biaya dengan memperkecil kegagalan
4. Memperkirakan seberapa baik proses akan memenuhi toleransi
5. Membantu dalam pembentukan interval untuk pengendalian interval antara pengendalian sampel.

Kapabilitas proses merupakan parameter dari variasi yang diberikan pada proses yang stabil. Pengplikasian metode *six sigma* sangat dipengaruhi oleh kapabilitas proses, dimana dengan meningkatkan kapabilitas proses akan menghasilkan produk dengan tingkat cacat mendekati nol. Kapabilitas proses juga dapat dijadikan *baseline* dari sebuah proses

Upper Spesification Limit (USL) dan Lower Spesification Limit merupakan nilai toleransi yang diberikan dalam kapabilitas proses. Kedua batasan tersebut merupakan tingkat toleransiyang harus dipenuhi oleh proses dimana apabila terdapat nilai yang keluar dari batasan tersebut, maka dapat dikatakan proses tidak dapat memenuhi spesifikasi

Rasio Kemampuan Proses / Process Capability Ratio (Cp Index) merupakan indikator kapabilitas proses yang sering digunakan dalam proses Six Sigma. Cp merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kepresisisan suatu proses. Semakin besar nilai Cp, maka semakin presisi proses tersebut dimana ditunjukkan dengan semakin kecilnya nilai variasi dari proses. Nilai Cp dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\mathrm{Cp} = \frac{\mathrm{USL} - \mathrm{LSL}}{6\sigma} \tag{2.4}$$

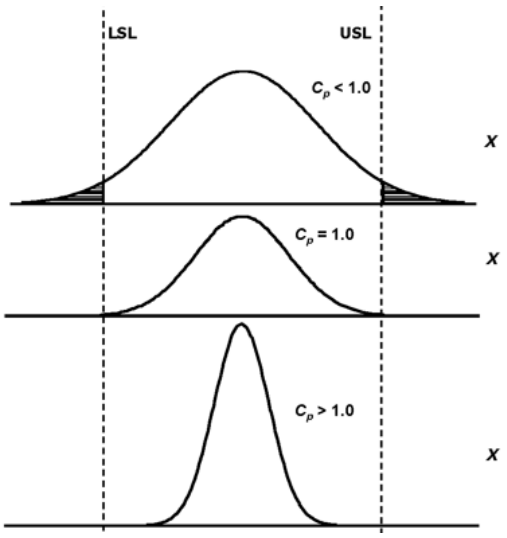
Dengan :

USL : *Upper Spesification Limit*

LSL : *Lower Spesification Limit*

σ: Standar deviasi proses

Nilai Cp dapat digunakan sebagai parameter penerimaan proses. Standar Cp pada suatu proses yaitu minimal sebesar 1,33 (Cp min = 1,33) . Apabila suatu proses mempunyai nilai Cp ≥ 1, maka proses dapat diterima atau proses memiliki kapaniliotas yang baik. Apabila nilai Cp < 1, maka proses memiliki kapabilitas tidak baik (*not capable*) atau proses tidak mampu memenuhi kebutuhan konsumen sehingga proses dapat ditolak. Gambar grafik dari setiap nilai Cp ditunjukkan pada Gambar 2.8



Gambar 2. 8 Grafik Nilai Cp (sumber: datavizcatalogue.com)

Indeks Cp tidak memperhatikan kondisi rata-rata proses atau tidak dapat digunakan untuk mengukur seberapa akurat proses tersebut terhadap target. Oleh karena itu, masih dibutuhkan persamaan Cpk untuk mengukur seberapa akurat proses terhadap target. Penghitungan Cpk sering Menggunakan *Capability Process Upper* (CPU) dan *Capability Process Lower* (CPL). CPU adalah toleransi atas dibagi dengan aktual sebaran proses atas. CPL adalah toleransi bawah dibagi dengan aktual sebaran proses bawah. Cpk didefinisikan nilai minimum dari *CPU* atau *CPL***.** Indeks Kemampuan Proses (Cpk) merefleksikan kedekatan nilai rata-rata dengan dari proses sekarang terhadap salah satu USL atua LSL. CPU, CPL, dan Cpk dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$CPU = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \tag{2.5}$$

Dengan :

CPU : Indeks kapabilitas atas

USL : Upper Spesification Limit

μ : Rata-rata proses

σ : Standar deviasi proses

$$CPL = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \tag{2.6}$$

CPL : Indeks kapabilitas bawah

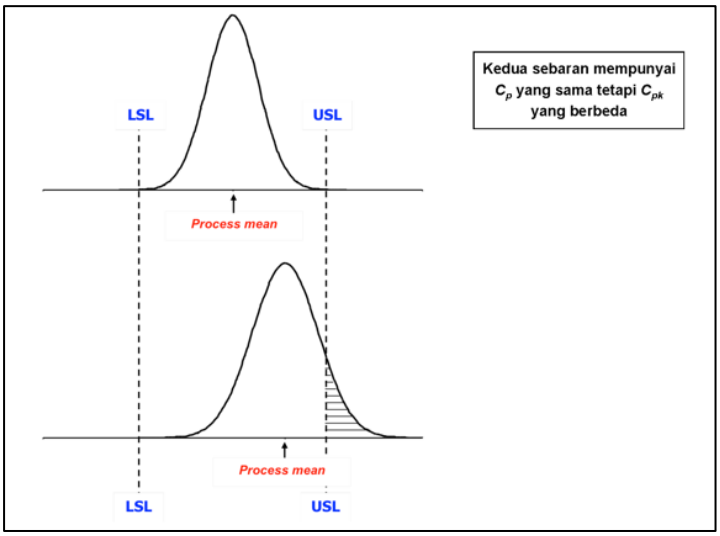
USL : Upper Spesification Limit

μ : Rata-rata proses

σ : Standar deviasi proses

$$Cpk = \min\left\{\frac{USL - \mu)}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right\} = min\{CPU, CPL\} \tag{2.7}$$

Gambar 2.9 di bawah ini menunjukkan suatu proses yang memiliki nilai Cp yang sama, namun nilai Cpk berbeda



Gambar 2.9 Contoh Grafik Cp dan Cpk (sumber: datavizcatalogue.com)

2.3.2. Metodologi Six Sigma

Penerapan metode six sigma dapat dilakukan dengan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, and Control*). Tahapan aktivitas dengan pendekatan DMAIC ditunjukkan pada Tabel 2.5

Tabel 2. 5 DMAIC dan Aktivitas yang Menyertainya

Tahapan	**Aktivitas**
Define	Mengidentifikasi permasalahan kualitas Mengidentifikasi kualitas yang diharapkan konsumen Membuat target kualitas yang ingin dicapai Mendefinisikan proses yang akan diperbaiki Mendefinisikan suatu sistem pengukuran yang valid dan reliable
Measure	Pengumpulan data dan menghitung kapabilitas proses saat ini Menghitung *current level sigma* dan nilai kegagalan produk
Analyze	Mendeteksi variabel-variabel utama yang mempengaruhi kegagalan dan mendefinisikan sebagai variasi di luar batas-batas yang berkaitan dengan proses yang benar Identifikasi akar permasalahan Analisis hambatan yang dihadapi Analisis cara yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan
Improve	Memodifikasi proses internal sehingga banyaknya kegagalan berada dalam batasan toleransi yang telah ditetapkan Mengembangkan ide untuk menghilangkan permasalahan Menggunakan tools yang tepat dalam melakukan perbaikan Melakukan aktivitas yang diperlukan untuk melakukan perbaikan Menerapkan solusi yang telah diberikan
Control	Memantau proses-proses yang dimodifikasi untuk menguji bahwa variabel-variabel di bawah kontrol tetap stabil dalam batas-batas yang ditetapkan Memonitor proses setelah perbaikan Menghitung level *sigma* setelah perbaikan

Tahapan	Aktivitas
	Membuat standar untuk menjaga performa proses Membuat laporan perbaikan yang diperlukan

(Sumber: Pyzdek, 2003)

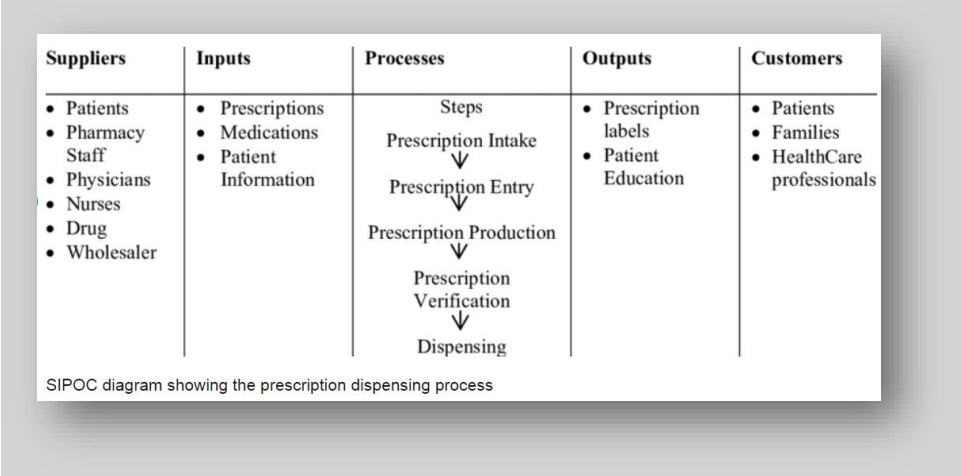
A. Define

Define merupakan tahap pertama dalam six sigma yang digunakan untuk mendefinisikan suatu permasalahan yang ada pada proses. Terdapat beberapa tools yang dapat digunakan dalam tahapan ini, diantaranya yaitu SIPOC Diagram (Supplier, Input, Process, Output, and Customer).

Diagram SIPOC merupakan tools yang digunakan untuk perbaikan proses untuk menunjukkan aktivitas mayor, atau subproses dalam sebuah proses kerja. Unsur-unsur yang terdapat dalam SIPOC yaitu *Supplier*, *Input*, *Process*, *Output*, dan *Customer*. *Supplier* merupakan organisasi atau individu yang memberikan aliran informasi atau sumber daya yang berkaitan dengan proses produksi. *Input* merupakan segala sesuatu yang diberikan oleh *supplier* untuk proses produksi. *Process* merupakan alur kegiatan yang dilakukan untuk merubah *input* menjadi *output*. *Output* merupakan hasil dari suatu proes. *Customer* merupakan organisasi atau individu yang menerima *output*.

SIPOC berfungsi untuk memberikan pengetahuan menyeluruh kepada anggota tim yang tidak familiar dengan proses terkait, ntuk menghubungkan kembali antara proses dengan orang-orang yang dahulu terlibat didalamnya (namun kini keterkaitan tersebut telah melonggar karena perubahan-perubahan pada proses), dan untuk membantu tim mendefinisikan proses yang baru. Diagram SIPOC biasanya digunakan untuk mengklarifikasi beberapa hal berkaitan dengan lima variabel tersebut, diantaranya:

a. Siapa yang menyuplai input kedalam proses?
b. Spesifikasi seperti apa yang berkaitan dengan input?
c. Bagaimana proses tersebut berjalan?
d. Siapa sesungguhnya customer yang akan menerima hasil dari proses?
e. Apa ekspektasi dan kebutuhan pelanggan?



Suppliers	Inputs	Processes	Outputs	Customers
• Patients • Pharmacy Staff • Physicians • Nurses • Drug • Wholesaler	• Prescriptions • Medications • Patient Information	Steps Prescription Intake ↓ Prescription Entry ↓ Prescription Production ↓ Prescription Verification ↓ Dispensing	• Prescription labels • Patient Education	• Patients • Families • HealthCare professionals

SIPOC diagram showing the prescription dispensing process

Gambar 2.10 Contoh Diagram SIPOC pada Suatu Proses

B. Measure

Measure merupakan tahap kedua dari metode *six sigma*. Pada tahap ini ditujukan untuk mengukur *Critical to Quality* (CTQ). Tahap pengukuran ini sangat penting dalam meningkatkan kualitas, karena dengan mengukur CTQ dapat diketahui keadaan perusahaan saat ini sehingga dapat dijadikan acuan dalam melakukan perbaikan. Pada tahap ini, dilakukan perhitungan nilai sigma yang ada pada proses proses perusahaan saat ini (*current level sigma*).

Langkah awal yang daat dilakukan yaitu menguji normalitas data. Jika data memiliki distribusi normal, maka dapat dikatakan bahwa data tersebut dapat mewakili keseluruhan data yang ada pada suatu lini proses produksi. Setelah dilakukan uji normalitas data tersebut, jika data memiliki distribusi normal, tahap selanjutnya adalah menentukan distribusi probabilitas dari rasio cacat produk yang ada pada suatu lini proses produksi. Perhitungan distribusi probabilitas tersebut mengikuti persamaan Distribusi Poison yaitu sebagai berikut :

$$P(X = x) = \frac{e^{-\lambda} \times \lambda^{x}}{X!} \qquad 2.8$$

Dimana:

P : Probabilitas

Λ : DPU

Selanjutnya didapatkan nilai DPO dengan persamaan :

$$P(X > 0) = 1 - P(X = 0) \qquad 2.9$$

Dimana :

P(X>0) : DPO

Selanjutnya nilai DPMO dapat ditentukan sesuai persamaan 2.3 dan dikonversikan dalam level sigma.

Dalam six sigma, terdapat dua pengukuran dasar yaitu pengukuran konsep kinerja produk dan pengukuran konsep kinerja proses. Pengukuran konsep kinerja produk dapat dilakukan dengan perhitungan nilai DPU, DPO, dan DPMO sesuai Persamaan 2.1, Persamaan 2.2, dan Persamaan 2.3 pada sub bab sebelumnya. Sementara itu, pada pengukuran konsep kinerja proses lagkah awal yang perlu dilakukan yaitu menentukan spesifikasi yang diharapkan oleh pelanggan selanjutnya pengolahan data dilakukan secara kuantitatif. Data tersebut kemudian diolah ke dalam diagram CTQ. Langkah kedua yaitu mengumpulkan data proses, tingkat *output*, dan tingkat *outcome.* Langkah selanjutnya yaitu mengukur tingkat performa yang akan dijadikan sebagai *baseline* kinerja awal proses *Six Sigma*. Tools yang dapat digunakan dalam metode ini adalah CTQ dan Control Chart.

1. Control Chart

Diagram kontrol (*Control Chart*) adalah alat yang digunakan dalam mengendalikan proses, yang bertujuan untuk mengkaji apakah suatu proses berada dalam pengendalian statistik, memantau proses terus menerus sepanjang waktu agar proses tetap stabil dan hanya mengandung variasi penyebab yang bersifat umum, serta mengukur dan menentukan kemampuan proses (*process capability*). Haruslah dipahami bahwasannya proses tidak berjalan secara alami atau dalam keadaan terkontrol namun senantiasa berubah dan berfluktuasi.

Diagram control (*Control Chart*) pertama kali ditemukan oleh *Walter A. Shewhart* yang saat itu bekerja di *Bell Telephone Laboratories*, Amerika Serikat pada tahun 1924. Pada saat itu Walter A. Shewhart ingin menghilangkan variasi tidak normal melalui pemisahan variasi yang

disebabkan oleh penyebab khusus (*special-causes variation*) dan variasi yang disebabkan oleh penyebab yang bersifat umum (*common-causes variation*).

Pada dasarnya semua proses akan menimbulkan variasi, namun proses produksi tetap harus dikendalikan dengan cara menghilangkan penyebab khusus dari proses tersebut, sehingga variasi yang diperbolehkan di dalam proses hanya disebabkan oleh variasi penyebab yang bersifat umum. Di dalam diagram kontrol (*Control Chart*) terdapat 3 (tiga) macam garis control yaitu:

a) Garis tengah (*Center Line*) yang mewakili nilai rata-rata karakteristik kualitas, sesuai dengan keadaan yang dikontrol.

$$CL = \mu \qquad 2.10$$

b) Batas kontrol atas (*Upper Control Limit*/*UCL*)

$$UCL = \mu + 3\sigma \qquad 2.11$$

c) Batas kontrol bawah (*Lower Control Limit/LCL*).

$$LCL = \mu - 3\sigma \qquad 2.12$$

Dimana :

μ : Rata-rata proses

σ : Standar deviasi proses

Sedangkan untuk rata-rata (*Mean*/μ) dirumuskan dengan:

$$\mu = \frac{\sum x_i}{n} \qquad 2.13$$

Standar deviasi dirumuskan dengan:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \qquad 2.14$$

Dimana :

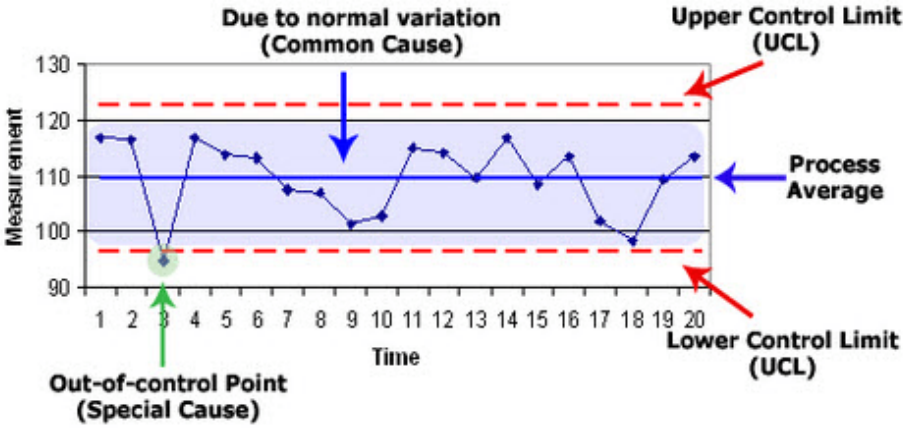
n : Ukuran sampel

x_i : Nilai x ke i

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

Nilai dari karakteristik kualitas yang dimonitor, ditunjukkan sepanjang sumbu *y*. Sumbu *x* menunjukkan sample atau subgroup dari karakteristik kualitas tersebut. Semua karakteristik disebut dengan variabel. Sedangkan atribut adalah karakteristik kualitas yang ditunjukkan dengan jumlah produk yang cacat (*defect*) serta jumlah cacat per unit.

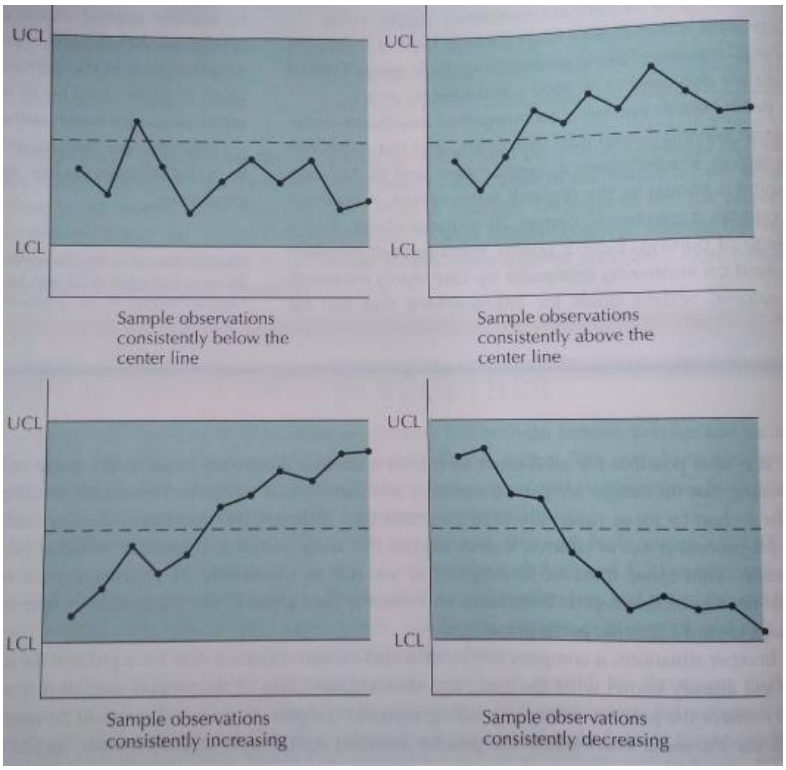
Batas kontrol (*Control limit*) ini sebelumnya telah ditetapkan terlebih dahulu, sehingga jika proses terkendali, maka hampir semua titik sampel akan berada di antara garis tengah (*Center Line*), batas kontrol atas (*Upper Control Limit/UCL*) dan batas kontrol bawah (*Lower Control Limit/LCL*). Selama plot poin berada dalam batas kontrol, maka proses diasumsikan normal atau berada dalam kontrol sehingga tidak perlu diambil tindakan. Namun, jika didapati ada titik yang berada di luar batas kontrol, maka itu menunjukkan bahwa proses berada di luar kendali, sehingga investigasi dan tindakan korektif diperlukan untuk menemukan dan menghilangkan penyebabnya.



Gambar 2.11 Control Chart Model (sumber : Gejdoš, 2015)

Berdasarkan jenis data yang diukurnya, diagram kontrol (*control chart*) dibagi menjadi 2 macam, yaitu diagram kontrol variabel (*variable control chart*) dan diagram kontrol atribut (*attribute control chart*). Diagram Kontrol Data Variabel (*Variable Control Chart*) digunakan untuk mengendalikan

proses dengan menggunakan data variabel. Yang termasuk dalam *variable control chart* adalah *Xbar – R Chart.* Diagram kontrol yang berfungsi untuk mengendalikan proses berdasarkan rata-rata (*Xbar*) dan Range (*R*). Xbar – R Chart digunakan apabila jumlah sample yang dikumpulkan berjumlah lebih dari 2 dan kurang dari atau sama dengan 5 ($2 < n \leq 5$) pada setiap set sample data. Jumlah set sample yang ideal adalah 20 – 25 set sample.



Gambar 2.12 Pola Grafik *Control Chart* (sumber: Russell & Taylor, 2011)

2. Critical to Quality

Merupakan tools yang digunakan untuk mengetahui karakteristik produk atau jasa yang diinginkan oleh customer. Indikator keberhasilan dari CTQ diukur dari tingkat cacat pada produk, *cost of poor quality*, kepuasan pelanggan, pangsa pasar, dan lain-lain. Setelah CTQ diketahui, selanjutnya ditentukan target dri proyek *six sigma*, kemudian ditentukan tujuan dari proyek tersebut.

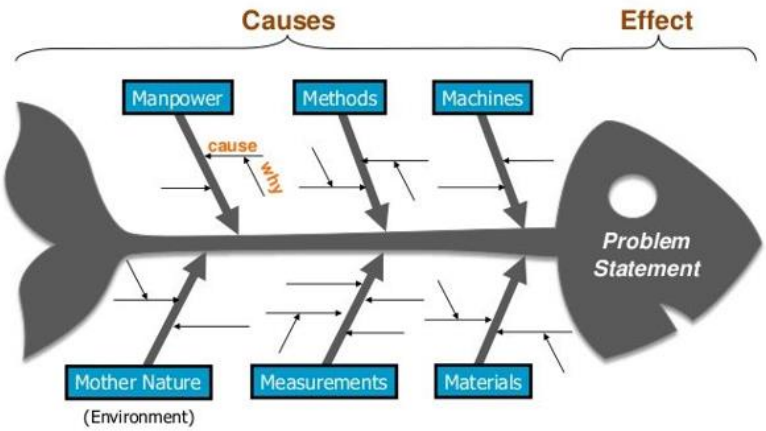
C. Analyze

Tahap analyze merupakan tahap ketiga dari siklus six sigma. (Kolarik, 1995), menyatakan terdapat tiga tahapan pening dalam tahap analyze ini, diantaranya:

a. Mengidentifikasi dan memberikan prioritas cacat yang paling dominan terhadap produkyang dihasilkan. Tools yang dapat digunakan pada tahap ini yaitu diagram pareto
b. Menganalisis penyebab dari cacat yang paling dominan. Tools yang dapat digunakan yaitu fishbone dan root cause analysis
c. Menentukan penyebab yang paling dominan terhadap cacat produk yang akan dilakukan perbaikan

- Fishbone Diagram

Pada tahun 1943, Kaoru Ishikawa telah mengembangkan Fishbone Diagram atau yang disebut juga Diagram Ishikawa yang merupakan tools untuk mengidentifikasi sebab akibat pada suatu permasalahan. Diagram ini terdiri dari kepala ikan yang merupakan "efek" dan tulang-tulang yang merupakan penyebabnya. Penyebab dari efek nantinya akan dipecah menjadi beberapa sub penyebab diantaranya metode, material, mesin, lingkungan, dan lain-lain.



Gambar 2.13 *Fishbone Diagram* (sumber: Russell & Taylor, 2011)

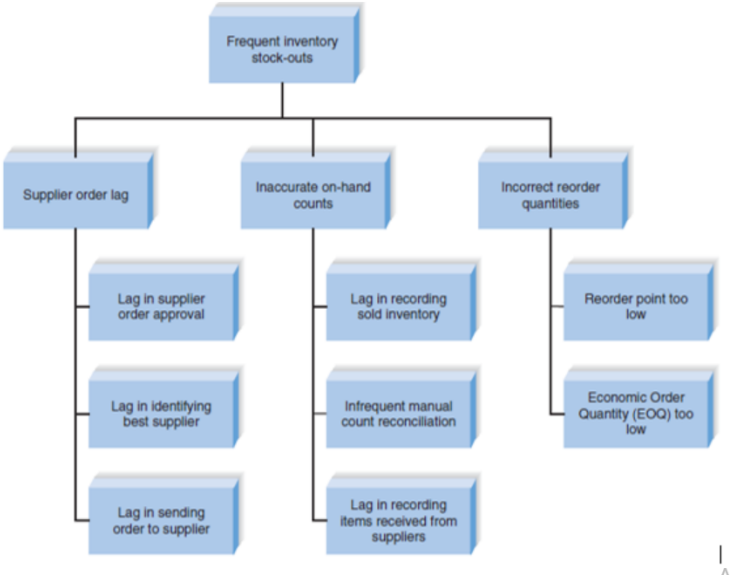
- *Root Cause Analysis* (RCA)

Root Cause Analysis (RCA) adalah sebuah *tool problem solving* untuk membantu dan menemukan serta memahami akar penyebab masalah, dengan tujuan menghilangkan akar penyebab tersebut dan mencegah masalah muncul kembali. Pada dasarnya, RCA bertujuan untuk mengidentifikasi asal-usul terjadinya masalah.

Analisis akar penyebab sering digunakan dalam manajemen proaktif untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah, yaitu faktor yang menjadi penyebab utama masalah itu yang biasanya merujuk pada akar penyebab dalam bentuk tunggal, tetapi satu atau beberapa faktor mungkin sebenarnya merupakan akar penyebab dari masalah yang diteliti.

Suatu faktor dianggap sebagai akar penyebab masalah jika melepasnya mencegah masalah berulang. Faktor penyebab, sebaliknya, adalah faktor yang mempengaruhi hasil suatu peristiwa, tetapi bukan akar penyebabnya. Meskipun menghilangkan faktor penyebab dapat menguntungkan hasil, itu tidak mencegah terulangnya dengan pasti. RCA dapat didekomposisi menjadi empat langkah:

a. Mengidentifikasi dan menjelaskan masalah
b. Menetapkan timeline dari situasi normal hingga saat masalah terjadi
c. Membedakan antara akar penyebab dan faktor penyebab lainnya (misalnya dengan menggunakan korelasi peristiwa)
d. Menetapkan grafik sebab akibat antara akar permasalahan dan permasalahan yang ada.



Gambar 2.14 Contoh *Root Cause Analysis* (sumber: sis.binus.ac.id)

D. Improve

Tahap keempat dari six sigma yaitu melakukan *improvement* terhadap permasalahan. Tools yang dapat digunakan dalam tahap ini misalnya melakukan brainstorming dan membuat saran rencana implementasi perbaikan kualitas. Penggunaan *tools* atau metode dalam tahap ini dapat disesuaikan dengan rencana *improvement* yang akan dilakukan yaitu apakah merujuk pada keseluruhan sistem ataupun merujuk pada proses yang lebih sempit namun berpengaruh sangat signifikan.

E. Control

Tahap ini merupakan tahap terakhir dari metode *six sigma*. Dalam tahap ini seluruh hasil dari peningkatan kualitas dikumpulkan dan dijadikan acuan. Setelah dilakukan *improvement* dengan serangkaian pengujian atau eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya, untuk lebih meyakinkan bahwa *improvement* tersebut secara reguler dapat diterapkan. Namun, dalam hal ini, peneliti membatasi bahwa penerapan six sigma dalam perbaikan kualitas produksi garam di lahan pegaraman PT. XYZ dilakukan hanya sampai tahap improve.

2.4. Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu

Penulis	Tahun	Metode	Tools	Objek Penelitian	Hasil
- T.M.A. Ari Samadhi - Prudensy F. Opit - Yudelen M.I. Singal	2008	Sig Sigma	- DMAIC - Kapabilitas Proses	Produk Bimoli *Classic* PT. Salim Ivomas Pratama - Bitung	- Mengetahui faktor penyebab terjadinya penympangan PV - Analisis biaya kerugian untuk ambil tindakan - Saran perbaikan dan SOP produksi
- Miftachul Arifin - Hari Supriyanto	2012	Lean Six Sigma	- Value Stream Mapping - DMAIC - RCA - FMEA	Departemen GLS PT. Philips Lighting Surabaya	- Mengetahui 3 waste utama - Mengetahui faktor penyebab waste - Implementasi 3 solusi mengurangi waste
- Iwan Vanany - Desy Emilasari	2007	Six Sigma	- DMAIC - FMEA	Produk *Clear File* di Perusahaan *Stationary*	- Implementasi perbaikan kualitas Six Sigma dalam seluruh department dan line produksi - Tidak semua rencana perbaikan dapat meningkatkan nilai sigma / menurunkan DPMO mungkin karena pelaksanaan perbaikan di lapangan belum efektif - Evaluasi berkala memastikan langkah pelaksanaan perbaikan efektif
- Dian Wahyu Adriyanti - Iwan Vanany	2019	Six Sigma	- DMAIC - SIPOC Diagram - RCA - FMEA	Green Leaf Threshing Tobacco Plant	- Mengetahui faktor penyebab re-feed - Pembuatan priority improvement - Perbaikan membuat kenaikan nilai sigma dari 3,72 menjadi 3,97 dan penurunan DPMO dari 13,220 ke 6,823.

					- Perhitungan benefit penghematan biaya
- Lilla Ayudyaswara - Suparno	2015	Lean Six Sigma	- DMAIC - SIPOC Diagram - RCA - FMEA - VALSAT	Produk Kue Malkist di PT. X Food	- Mengidentifikasi *waste*, yaitu 22,75% *defect*, 20,68% *transportation* dan 13,10% *waiting* - Identifikasi penyebab pemborosan signifikan, yaitu pada proses oven kue - Penurunan defect product - Identifikasi area yang berpeluang besar untuk melakukan perbaikan, yaitu pada aktivitas *delay* dan *transportation*
- Ali Erdogan - Hacer Canaran	2015	Six Sigma	- DMAIC	Literature Search Consisting of Areas of Six Sigma's Usage	- Pendekatan Six Sigma adalah metode yang tepat dengan kondisi kompetisi, yaitu mental untuk menaikkan kualitas - Kepuasan pelanggan adalah kunci sukses - Untuk menambah jumlah kepuasan pelanggan, harus meningkatan kualitas
- Hikmet Erbiyik - Muhsine Saru	2015	Six Sigma	- DMAIC - Fish Bone Diagram - Pareto Chart	Automotive Subsidiary Industry di Bursa, Turki	- Mengetahui 80% dari keseluruhan defect, antara lain Excessive PA, Mix Parts dan Broken Seal - Menghitung Cost of Poor Quality Product yang terjadi dan menjadi dasar rekomendasi aksi perbaikan kualitas dari perusahaan
- Muzaffer Erturk - Muhemmetali Tuerdi	2016	Six Sigma	- DMAIC - Six Sigma road map	Sektor White Goods (home appliance) di Turki (A Study)	- Kontribusi peningkatan kinerja dari perusahaan antara lain: - 20%-39% di development of new technology - 40%-59% di development of new product - 20%-39% in the count of innovation - 80%-100% cost, productivity, profitability - 40%-59% employee satisfaction - 60%-79% market share

- Sezai Celik - Mehmet Tolga Taner - Gamze Kagan	2016	Six Sigma	- SIPOC Diagram - Fishbone Diagram - FMEA	Inoperability of Lung Cancer Patients	- Mengetahui akar permasalahan dari bertambah parahnya pasien kanker paru-paru yaitu kebiasaan check-up yang kurang, gelisah, dan kekhawatiran berlebih - Membuat langkah preventif terhadap setiap akar permasalahan
- T. Costa - F.J.G. Silva - L. Pinto Ferreira	2017	Six Sigma	- DMAIC - Gantt Chart - SIPOC Diagram - Fishbone Diagram - Pareto Charts	Extrusion process di produksi ban	- Menemukan akar permasalahan dan variasi proses produksi, terbagi menjadi 2 kelompok yaitu extrusion dan events. - Membuat rencana aksi perbaikan - Control perbaikan dengan menghitung biaya penghematan (saving)
- Monika Smetkowska - Beata Mrugalska	2017	Sig Sigma	- DMAIC - SMED	Mesin Kolbus BF 511	- Mengetahui penyebab kurang efektifnya proses mesin terdiri dari organisasi kerja, mesin, metode dan tenaga kerja - Mengusulkan saran perbaikan untuk mengurangi waktu changeover dan set-up dalam produksi - Membuat control plan
- Murilo Riyuzo - Jason Woldt - Iris Bento da Silva	2017	Sig Sigma	- DMAIC - VoC - Benchmarking - Regression Analysis - Brainstorming - Pareto Diagram - 5W2H	A Case Study dalam Plumbing Industry Small-Medium Enterprises di Amerika Serikat	- Mengetahui permasalahan perusahaan yaitu tidak memenuhi ekspektasi pelanggan dan tidak terpenuhinya ekspektasi waktu mulai order sampai pengiriman produk atau yang disebut OFCT, Order Fulfillment Cycle Time, secara tepat - Menghitung variable yang berpengaruh signifikan terhadap OFCT, yaitu safety stock fill dan sales plan accuracy - Mengusulkan solusi perbaikan - Membuat monitoring plan

- Salah Deeb - Hind Bril-El Haouzi - Alexis Aubry	2019	Sig Sigma	- DMAIC	Generic Framework implementation Six Sigma dalam SMEs	- Pembuatan framework untuk memformalkan implementasi six sigma dalam usaha kecil menengah atau UMKM
- Carmen Cunha - Caroline Dominguez	2015	DMAIC	- DMAIC	Warranty billing operation in Portuguese car dealer	- Mendata kemampuan operasional proses billing dan dibandingkan dengan standart - Menghitung defect dari proses billing - Mencari akar permasalahan dari defect - Membuat saran implementasi perbaikan dan mengaudit hasil perbaikan - Merevisi formulir dalam proses billing

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab ini akan dijelaskan secara terperinci tentang gambaran umum penelitian dan metodologi penelitian. Metodologi penelitian berisi tentang penjelasan tahapan-tahapan dan metode-metode yang akan dilakukan dalam penelitian yang dimulai dari studi lapangan, studi literatur, pengumpulan dan pengolahan data (tahapan siklus *Define* dan *Measure*), analisis dan upaya peningkatan kualitas (tahapan siklus *Analyze* dan *Improve*), serta kesimpulan dan saran.

3.1. Gambaran Umum Penelitian

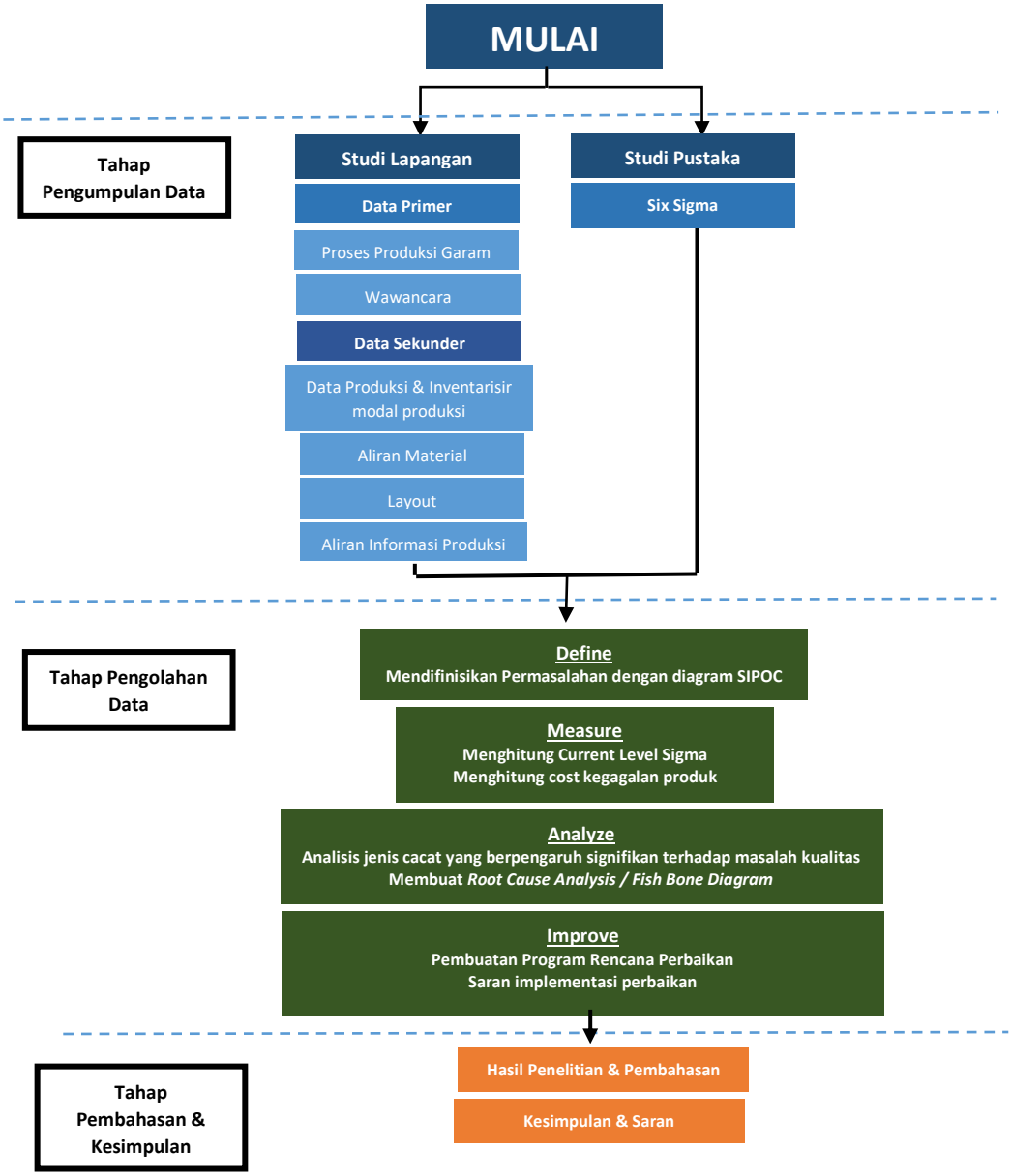
Penelitian ini dilaksanakan di perusahaan produsen garam PT XYZ sesuai dengan rumusan masalah, batasan dan tujuan dari penelitian. Objek penelitian diambil dari proyek yang telah dikerjakan oleh perusahaan tersebut dan hanya melingkupi produksi garam pada September-November 2019. Data terkait produksi garam tersebut berupa data primer dan sekunder. Data primer didapatkan dengan pengamatan langsung pelaksanaan proses produksi di lapangan dan mencari kendala-kendala yang menghambat proses pelaksanaan dengan melakukan wawancara dengan pelaksana lapangan atau konsultan ahli. Sedangkan data sekunder didapatkan dari dokumen-dokumen proyek berupa:

- Deskripsi Perusahaan
- SOP (Standart Operational Prochedure), digunakan untuk mengetahui alur proses produksi garam
- Laporan Produksi Garam

Penelitian ini berfokus pada perbaikan kualitas produksi garam dimana dalam hasil produksi garam tersebut masih banyak ditemukan *defect* yang tidak sesuai dengan target kualitas perusahaan melalui pendekatan metode perbaikan kualitas *six sigma*.

3.2. Flowchart Penelitian

Dalam tahapan ini akan dijelaskan tentang langkah-langkah penelitian, yang akan digambarkan dalam flowchart penelitian berikut ini:



Gambar 3. 1 Flowchart penelitian

3.3. Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian, selanjutnya data-data tersebut diolah menjadi informasi yang mudah untuk dipahami.

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer didapatkan dari pengamatan atau studi secara langsung pada proses produksi garam, melakukan wawancara atau *interview* dengan konsultan perusahaan asal India, kepala lapangan danmanager terkait serta memetakan aliran informasi produksi. Adapun calon responden yang akan dipilih untuk diwawancarai oleh penulis, diantaranya:

Tabel 3.1 Calon Responden Untuk Wawancara

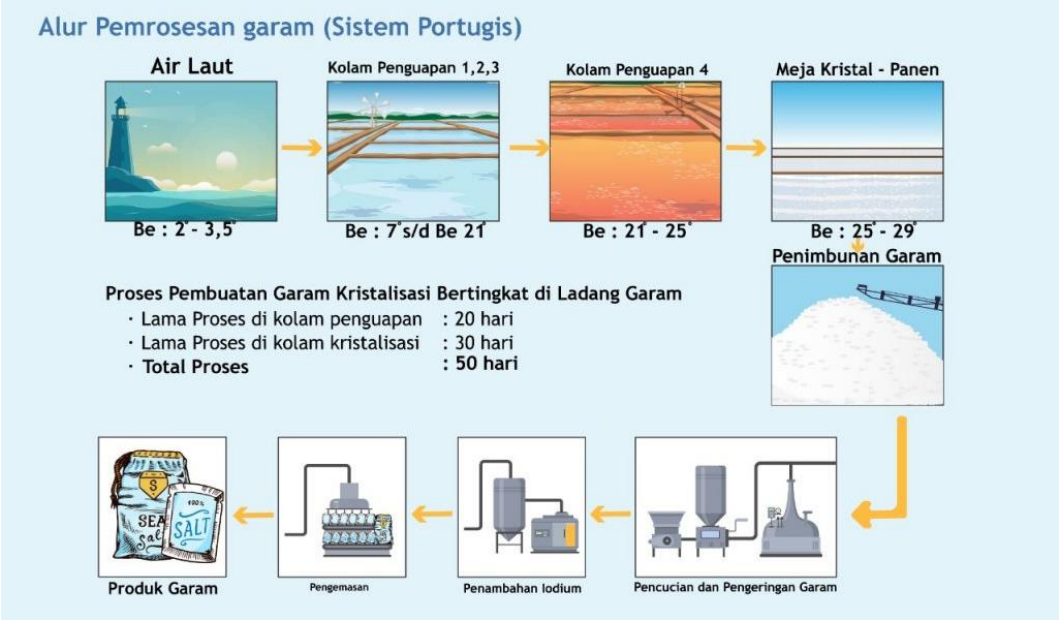
No	Jabatan	Perusahaan	Lama Bekerja Pada Bidangnya
1	Konsultan Perencana Perusahaan	India	30 Tahun
2	Manager Produksi	PT. XYZ	40 tahun
3	Manager Mutu	PT. XYZ	35 tahun
4	Asisten Manager Proses Awal dan Pompa	PT. XYZ	20 tahun
5	Asisten Manager Proses Evaporasi	PT. XYZ	25 tahun
6	Asisten Manager Proses Kristalisasi	PT. XYZ	30 tahun

Selanjutnya data sekunder merupakan data yang telah dimiliki oleh perusahaan diantaranya proses produksi, mesin dan peralatan, aliran material dan data produksi (jumlah kegagalan produk).

3.3.1. Studi Lapangan

Studi lapangan ditujukan untuk melihat proses produksi secara keseluruhan di lahan pegaraman yang ada saat ini, dimulai dari proses pompa air laut masuk ke dalam tambak, proses evaporasi 1, proses evaporasi 2, sampai dengan proses kristalisasi garam.

Pada proses studi lapangan, dilakukan inspeksi dari setiap tahapan dan setiap tahapan tersebut dilakukan verifikasi apakah telah sesuai dengan *Standard Operational Procedure* (SOP) yang berupa lembar proses yang diterbitkan oleh Mr. Anas, konsultan perencana dan pengawas Ahli Garam asal India dan telah disahkan oleh perusahaan. Selain itu dilakukan pengamatan terkait kondisi modal produksi perusahaan. Dari data studi lapangan, peneliti dapat mengidentifikasi kekurangan pada proses yang kemungkinan menjadi penyebab kegagalan produk.



Gambar 3.2 Gambar Alur Pemrosesan garam

Pada saat pengumpulan data, perlu diperhatikan dan dipetakan aliran proses di bagian mana yang mempengaruhi kualitas produksi garam, terutama kadar NaCl, kadar air, kalsium dan magnesium. Hal ini dilakukan supaya peneliti dapat mengetahui bagian dari proses pembuatan garam yang memiliki dampak signifikan

terhadap kualitas garam dan menjadi objek penelitian aktivitas perbaikan kualitas menggunakan metode six sigma.

3.3.2. Studi Pustaka

Studi literatur merupakan landasan awal yang dipakai dalam memulai tahap penelitian agar penelitian memilki dasar yang kuat dalam penyelesaiannya. Dari hasil pengkajian terhadap jurnal penelitian, laporan penelitian, buku, *Standard Operation Procedure* (SOP), dan literatur lainnya yang menjadi referensi, maka dipilihlah metode dalam penelitian ini yaitu Metode *Six Sigma*.

Dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya proses produksi garam di lahan pegaraman perusahaan (*on-farm*), serta *Six Sigma* dimulai dari Tahap Pendefinisian (*Define*), Tahap Pengukuran (*Measure*), Tahap Analisa (*Analyze*), dan Tahap Perbaikan (Improve). Konsep-konsep *six sigma* tersebut selanjutnya akan diterapkan dalam penelitian ini lebih khususnya dimulai dari identifikasi masalah / penyebab kegagalan produk, pengukuran level *sigma* yang ada saat ini, analisa penyebab kegagalan produk pada setiap proses, pembuatan program rencana perbaikan dan saran implementasi perbaikan.

3.4. Tahap Pengolahan dan Analisis Data

Pada tahapan pengolahan dan analisis data, dilakukan tahapan antara lain sebagai berikut.

3.4.1. Tahap Define

Pada tahapan ini, dilakukan identifikasi permasalahan. Langkah dalam mendefinisikan permasalahan yaitu dengan menganalisis dan memilih parameter yang digunakan dalam evaluasi permasalahan kualitas. Dalam mendefinisikan atau menggambarkan permasalahan kualitas pada produksi garam digunakan diagram *SIPOC*.

3.4.2. Tahap Measure

Pada tahapan ini dilakukan pengukuran terhadap parameter kualitas. Untuk parameter kualitas dilakukan dengan mengukur *current sigma level* pada

proses produksi garam serta nilai kerugian akibat kegagalan produk. Sebelum memulai tahap ini dilakukan terlebih dahulu dengan uji normalitas untuk mengetahui apakah data yang diambil dapat mewakili keseluruhan defect pada produksi garam di perusahaan. Tahap Measure terdiri dari beberapa tahapan perhitungan antara lain :

1. Perhitungan Current Sigma Level

   Pengukuran ini mengggunakan tingkat output yang dihasilkan dari suatu proses dibandingkan terhadap spesifikasi karakteristik kualitas yang ditetapkan. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan data produksi dari bulan September – November 2019 dengan spesifikasi nasional garam industri Dari hasil ini dapat ditentukan satuan pengukuran DPMO (Deffect Per Million Opportunities) dan kapabilitas sigma (nilai sigma) yang terdapat pada tabel pada lampiran

2. Perhitungan Cost of Defective Product

   Perhitungan ini dibutuhkan untuk melihat jumlah biaya yang harus dikeluarkan karena produk cacat. Pada dasarnya garam yang tidak memenuhi spesifikasi nasional garam industry otomatis akan dialihkan menjadi garam konsumsi.

3. Process Capability & Control Chart

   Pada tahap ini dulakukan pengukuran processs capability untuk mengetahui titngkat kemampuan proses dalam pencapaian target kualitas. Control Chart diperlukan untuk mengendalikan proses yang bertujuan untuk menganalisa apakah proses berada dalam pengendalian statistic, memantau proses agar tetap stabil dan bagaimana variasi yang terbentuk dari proses.

   Banyak teknik yang dikembangkan untuk analisis data dapat dipakai untuk pengendalian kualitas produk, salah satu teknik pengendalian oleh Dr. Walter A. Shewhart tahun 1920 adalah *control chart* untuk karakteristik kualitas terukur. *Control chart* ini terdiri atas kartu X-bar dan R.

3.4.3. Tahap Analyze

Pada tahapan ini dilakukan analisis terhadap parameter kualitas. Langkah dalam analisis tersebut yaitu dengan menganalisis jenis cacat dan bagian proses yang berpengaruh signifikan terhadap masalah kualitas.

Dari hasil *interview* dan *brainstorming* dengan staff lapangan dan manager terkait serta studi lapangan yang telah dilakukan, selanjutnya dibuat *Root Cause Analysis* atau dapat juga menggunakan *Fish Bone Diagram* untuk mengetahui akar masalah yang menyebabkan level dari nilai *sigma* saat ini (*current level sigma*), dan kemudian menentukan langkah selanjutnya terkait usulan perbaikan.

3.4.4. Tahap Improve

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan program rencana perbaikan terhadap permasalahan kualitas. Dalam membuat hal tersebut, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa harus dilakukan analisis terhadap cacat dan bagian proses yang berpengaruh signifikan dalam proses produksi garam serta menentukan akar masalah dari permasalahan tersebut. Selanjutnya, pada tahap *improve* ini diberikan usulan/saran implementasi perbaikan untuk parameter cacat tersebut.

3.5. Kesimpulan dan Saran

Tahapan ini merupakan bagian terakhir dalam penelitian. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, pada bab terakhir ditarik kesimpulan serta diberikan saran untuk penyempurnaan penelitian apabila peneliti selanjutnya ingin melanjutkan penelitian dengan topik yang sama.

BAB 4
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

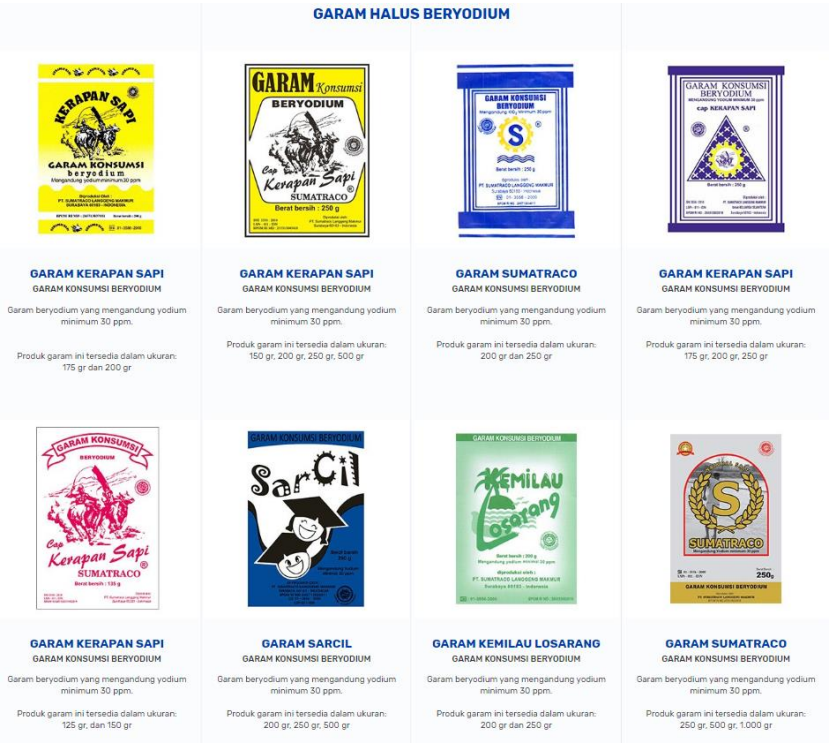
Pada pengumpulan data akan dijelaskan data-data yang diambil dari lapangan secara rinci mengenai profil perusahaan, produk yang dihasilkan, proses produksi, manajemen organisasi dan data permasalahan. Data permasalahan ini terdiri dari data produksi dan data. identifikasi akar permasalahan yang kemudian akan diolah.

4.1. Profil Perusahaan

PT. XYZ adalah perusahaan produksi garam bahan baku skala industri yang didirikan di Sidoarjo, Jawa Timur pada tahun 2018 dan memiliki cabang serta menjalankan usaha lahan pegaraman di Kupang, Nusa Tenggara Timur. PT. TTS adalah anak perusahaan dari PT. Sumatraco Langgeng Makmur (disingkat menjadi PT. SLM), perusahaan pengolahan garam konsumsi dan industri yang berdiri sejak 1969 serta menjadi salah satu pabrik produksi garam berkualitas terbesar di Indonesia.

Gambar 4. 1 Struktur Organisasi PT TTS

Lini produksi PT. SLM berjumlah enam mesin dengan kapasitas produksi lebih dari 300.000 Metrik Ton (MT) garam per tahun untuk memenuhi standar food grade dan industri. PT. SLM mengeluarkan berbagai macam produk garam untuk konsumsi rumah tangga, salah satu yang terkenal adalah merk “Kerapan Sapi”, “Sumatraco”, “Sarcil” dan “Ketjak”. Selain itu, PT. SLM adalah *supplier* terpercaya untuk perusahaan sektor aneka pangan, CAP (*Chlor Alkali Plant*), dan industri strategis lainnya. Untuk memenuhi hal tersebut, PT. TTS menjadi pengembangan bisnis sektor hulu dan *supplier* PT. SLM dalam bahan baku garam standar industri.



Gambar 4. 2 Produk Garam Konsumsi Beryodium PT. SLM

(sumber: https://www.garam.co.id/home/productlanding)

Selain fungsi bisnis, PT. TTS didirikan dalam rangka membantu usaha Presiden RI yang mencanangkan swasembada di bidang garam. Salah satu cara untuk mewujudkan keberhasilan swasembada garam adalah dengan ekstensifikasi lahan pegaraman ke wilayah yang potensial serta memenuhi syarat kesesuaian

sebagai lahan pegaraman terintegrasi skala industri. Wilayah yang sesuai salah satunya adalah Kabupaten Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur.

Pada tahun 2019, PT. TTS mulai bekerja sama dengan Pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Timur untuk mengolah lahan HPL (Hak Pengelolaan Lahan) dengan peruntukan sebagai lahan pegaraman seluas 300 hektar. Dengan skala produktivitas minimal 100 ton per hektar, produksi garam bahan baku skala industri PT. TTS mencapai sejumlah 30.000 Metrik Ton.

4.2. Produk

PT. TTS memiliki lini bisnis sebagai perusahaan penghasil garam bahan baku berkualitas industri, sesuai standar Permendag No. 125 tahun 2015 dan Permenperin No. 88 tahun 2014 mensyaratkan kadar NaCl minimum 97% dan standar kadar lainnya yang bisa dilihat dalam Tabel 1.2.

Mendirikan PT. TTS adalah salah satu pengembangan strategi PT. SLM untuk memperkuat lini pasokan bahan baku proses pengolahan garam industri serta mewujudkan visi dan tujuan PT SLM untuk menjadi “Perusahaan Pabrik garam terbaik yang menjadi tolak ukur kualitas garam dalam negeri dan menjadi sebuah simbol dari kepercayaan yang menaungi baik petani, pemasok, penjual hingga konsumen baik di rumah tangga maupun di dunia industri”.

Gambar 4. 3 Produksi Garam Bahan Baku Standar Industri PT. TTS untuk PT. SLM
(sumber: https://www.garam.co.id/home/productlanding)

4.3. Teknologi Pengolahan

Produksi garam bahan baku mutu standar industri yang paling utama dilihat dari semakin murni kadar NaCl dalam garam. Proses untuk pengolahan dan

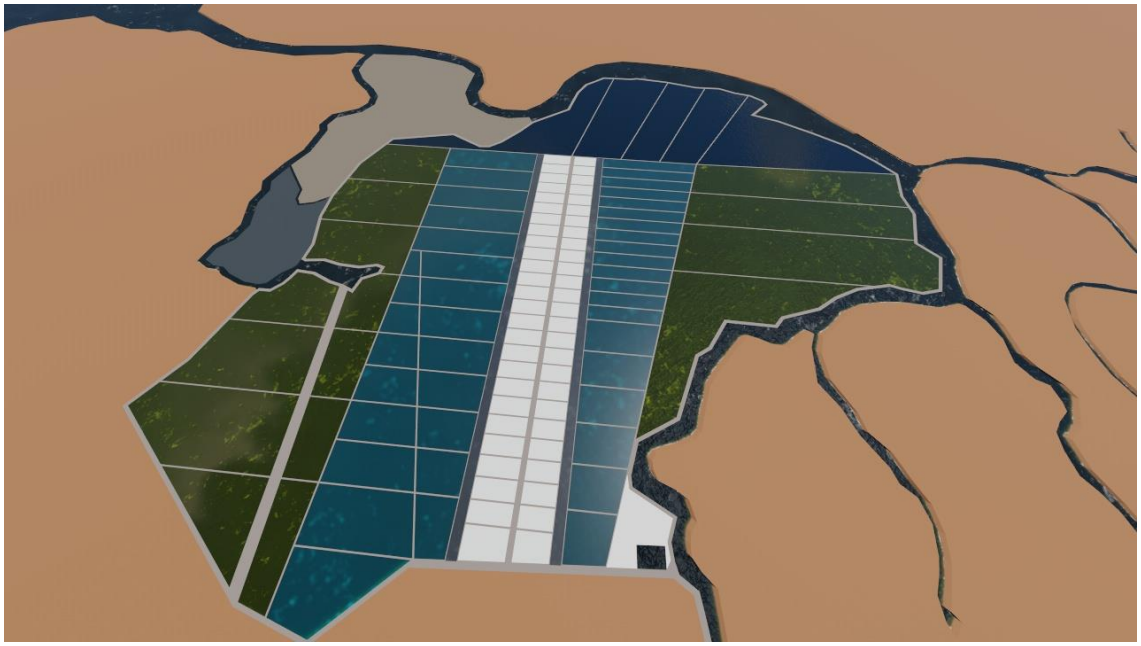
pemurnian NaCl memiliki biaya tinggi, sehingga produksi garam murni akan memiliki nilai lebih tinggi dan pengguna garam sektor industri akan membayar mahal untuk bahan baku garam murni (Sedivy, 2008).

Konsultan perencanaan lahan pegaraman PT. TTS, (Ansari, 2019) menyebutkan bahwa prosedur pembuatan garam bahan baku standar industri menggunakan cara integrasi lahan dengan metode evaporasi bertingkat ramah lingkungan. Teknik ini dikenal secara umum sebagai penguapan sistem Portugis.

Gambar 4. 4 Perbedaan produksi garam tradisional dengan sistem Portugis (sumber: Garampedia, 2019)

Proses pembuatan garam bahan baku standar industri secara garis besar terdiri dari *inlet* air laut masuk ke tambak, penguapan air muda (*evaporation*), pematangan air tua (*condensing*), tahap persiapan mengkristal (*pre-crystallizer*) dan kristalisasi garam (*crystallization*). Setelah proses *on-farm*, hasil garam diolah menuju tempat pencucian garam dan dilakukan *sorting* / pemisahan sesuai

kebutuhan konsumen yaitu *packing* menggunakan zak dalam beberapa aneka ukuran berat serta curah untuk pesanan khusus.

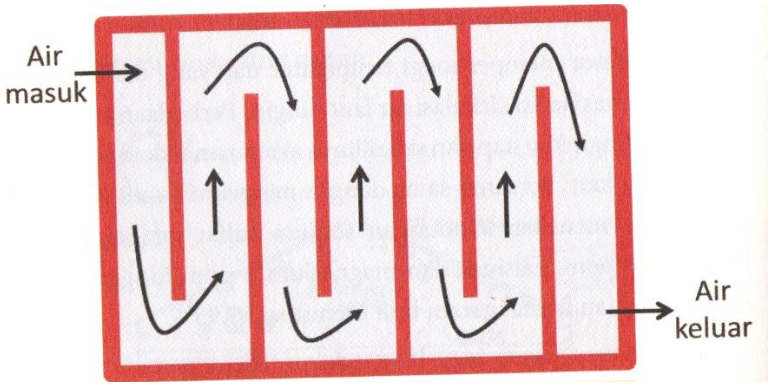


Gambar 4. 5 Visualisasi 3D perencanaan lahan pegaraman PT. TTS
(sumber: Ansari, 2019)

Tahap memasukkan air laut masuk ke dalam tambak dapat dilakukan dengan memanfaatkan air pasang laut naik ataupun menggunakan alat bantu kincir air dan pompa. Air laut yang menjadi bahan baku awal untuk pembuatan garam ini dinamakan air *brine*, mempunyai kadar kepekatan cairan 2,5 sampai 4 baume (Be°) dimasukkan ke kawasan bozem. Volume air laut yang dibutuhkan untuk mengoperasikan lahan garam seluas 300 hektar adalah memasukkan 8.000-9.000 meter^3 air setiap harinya.

Proses selanjutnya air *brine* akan mengalami proses penguapan oleh matahari, membuat kadar kepekatan cairan baume semakin meningkat dan diatur mengalir alami secara gravitasi zig-zag / ulir antar bagian dalam petak lahan garam. Proses ini disebut sebagai *evaporation*. Dalam proses *evaporation* ini, kadar baume yang ditargetkan akan naik dari 4 Be° menjadi 10 Be° dalam waktu 10-12 hari dan bertahap menuju 15 Be° dalam 8-10 hari sebelum masuk ke dalam fase *condensing*.

Air *brine* mengalir direncanakan secara ulir, mengalir secara lambat dan stabil. Hal ini bertujuan untuk peningkatan kadar kepekatan air dan sedimentasi unsur pengotor garam diendapkan secara seragam. Selain itu, ulir akan memperluas dan memperlama kontak air *brine* dengan matahari dan memperpanjang jalannya air brine sehingga kadar baume air *brine* menjadi lebih cepat naik daripada air diam di suatu petak lahan garam.



Gambar 4. 6 Sistem ulir / *zigzag* aliran air *brine* dalam tambak garam
(sumber: Gozan et al., 2018)

Pada tambak *condenser*, air *brine* semakin pekat karena penguapan matahari menuju kadar 22 Be° dalam 10 hari. Selanjutnya air *brine* dialirkan menuju *pre-crystallizer* untuk meningkatkan kadar dari 22 menuju 23-24 Be° dalam waktu 5-7 hari. Apabila air *brine* sudah mencapai 24 Be°, maka sudah siap sebagai bahan baku pembuatan garam dan dialirkan ke petak *crystallizer* untuk dilakukan proses kristalisasi garam standar industri.

Proses kristalisasi garam metode Portugis membutuhkan landasan garam sebelum panen garam, untuk itu dibutuhkan waktu 20-25 hari sehingga landasan garam terbentuk. Setelah landasan garam tersedia, maka dapat membuat garam dengan menjaga kadar kepekatan antara 24-28 Be°. Air brine yang memiliki kadar diatas 28 Be° disebut sebagai *bittern* dan dibuang karena mengandung unsur Mg (Magnesium) serta *impurities* lainnya yang signifikan mengurangi kemurnian hasil produksi garam.

Hal yang menjadi perhatian terkait dengan *quality control* ditetapkan oleh PT. TTS, berdasarkan desain konsultan (Ansari, 2019), ketinggian air brine harus

dikontrol dengan kedalaman tertentu sesuai dengan fungsi petak masing-masing. Spesifikasi kontrol kedalaman tiap petak dapat dilihat dalam Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Kontrol ketinggian air dan kadar *brine* dalam tiap petak tambak garam

No.	Tahapan	Ketinggian Air/Garam	Kadar *Brine*
1.	Bozem/Reservoir	50-100 cm	2,5 - 4 Be°
2.	Evaporator I	25-50 cm	4 - 10 Be°
3.	Evaporator II	20-25 cm	10 - 15 Be°
4.	Condenser	15-20 cm	15 - 22 Be°
5.	Pre-Crystallizer	10-12 cm	22 - 24 Be°
6.	Crystallizer (Salt Bed)	15-20 cm	24 - 28 Be°
7.	Crystallizer (Harvest)	6-8 cm	24 - 28 Be°

Alir proses produksi garam bahan baku standar industri di atas dapat dilihat secara lengkap dalam Gambar 3.2. Alir proses produksi garam di PT. TTS dibakukan dalam bentuk SOP (*Standard Operational Procedure*) yang dapat dilihat dalam Lampiran.

4.4. Data Produksi

Data mengenai produksi yang diperoleh dari PT. TTS adalah bulan September-November 2019 dapat dilihat pada Lampiran X. Standar baku mutu garam industri yang telah ditetapkan berdasarkan peraturan pemerintah, yaitu kadar NaCl minimal 97%. Apabila produk garam mempunyai kadar NaCl < 97%, maka produk dikategorikan sebagai produk cacat / *defect*.

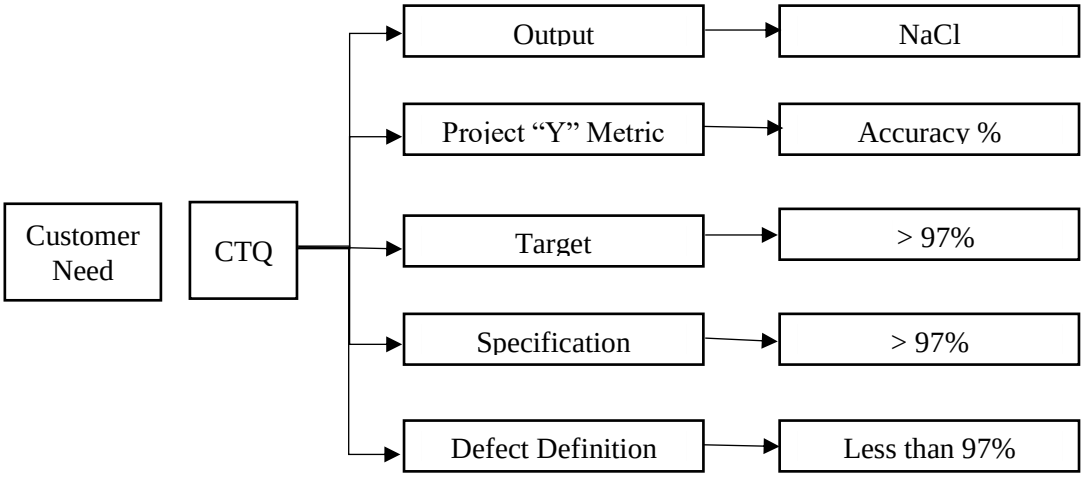
Kejadian produk cacat merupakan kejadian yang dapat diamati dan dicek dalam laboratorium perusahaan maupun laboratorium lembaga eksternal. Untuk mengetahui penyebab terjadinya produk cacat, harus diketahui jenis cacat yang terjadi. Setelah mengidentifikasi jenis cacatnya, lalu dicari bagian mana dari proses produksi yang menjadi penyumbang cacat terbesar dalam tahap pengolahan data selanjutnya.

4.5. *Define* (Tahap Definisi)

Dalam mendefinisikan suatu permasalahan pada penelitian ini, dilakukan identifikasi terhadap permasalahan kualitas, identifikasi kualitas yang diharapkan

konsumen, menentukan target kualitas yang ingin dicapai, mendefinisikan proses yang akan diperbaiki, dan mendefinisikan suatu sistem pengukuran yang valid dan *reliable*.

Permasalahan kualitas yang dihadapi yaitu terkait tingginya *defect* pada produk garam, terutama pada kadar NaCl, sebagaimana dijelaskan pada Bab Pendahuluan pada Tabel 1.4. Selanjutnya terkait dengan kualitas yang diharapkan konsumen yaitu mengikuti standar yang berlaku, dijelaskan dalam Bab Pendahuluan sesuai Tabel 1.3. Target kualitas yang ingin dicapai yaitu diantaranya peningkatan *level sigma*, peningkatan kapabilitas proses, dan pengurangan *cost of defect* untuk produksi garam standar industri yang akan dilakukan pada tahapan selanjutnya. Proses yang akan diperbaiki yaitu proses pembuatan garam yang ditunjukkan dalam SOP pada Lampiran.

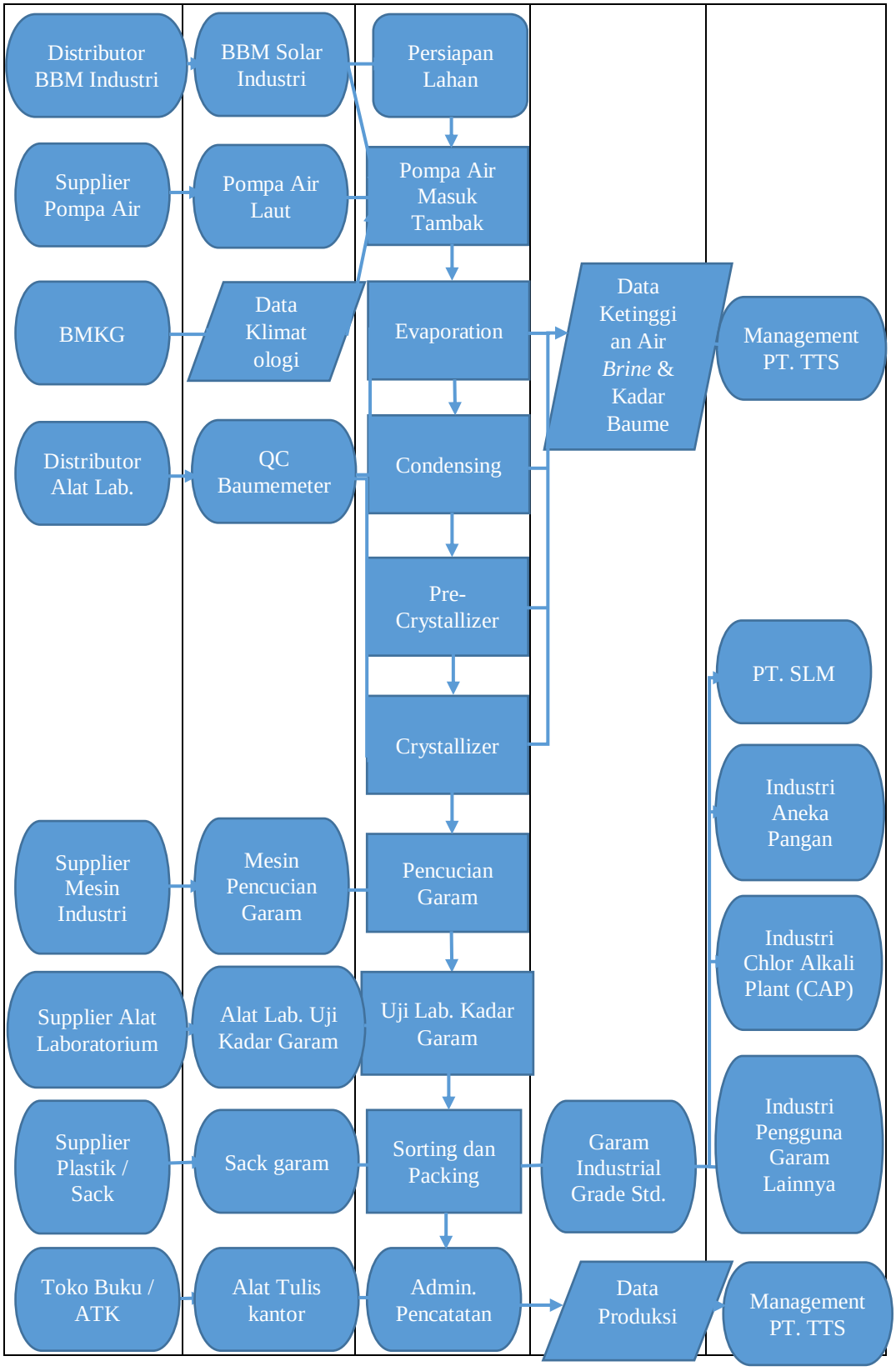


Gambar 4. 7 CTQ Drilldown Tree Produk Garam

Setelah beberapa hal di atas telah dibuat, langkah selanjutnya adalah membuat SIPOC (*Supplier Input Process Output Customer*) diagram. SIPOC diagram digunakan untuk membantu tim untuk melakukan diskusi brainstorming dan menilai proses produksi untuk menemukan semua parameter yang relevan terkait peningkatan kualitas produk. Critical to Quality (CTQ) atau karakteristik kualitas ditentukan berdasarkan dari SIPOC diagram. SIPOC diagram dalam proses produksi garam ditampilkan pada Gambar 4.2

Tabel 4. 2 SIPOC Diagram dari produksi garam PT TTS

Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customers


Distributor BBM Industri
BBM Solar Industri
Persiapan Lahan
Supplier Pompa Air
Pompa Air Laut
Pompa Air Masuk Tambak
BMKG
Data Klimat ologi
Evaporation
Data Ketinggi an Air *Brine* & Kadar Baume
Management PT. TTS
Distributor Alat Lab.
QC Baumemeter
Condensing
Pre-Crystallizer
PT. SLM
Crystallizer
Industri Aneka Pangan
Supplier Mesin Industri
Mesin Pencucian Garam
Pencucian Garam
Industri Chlor Alkali Plant (CAP)
Supplier Alat Laboratorium
Alat Lab. Uji Kadar Garam
Uji Lab. Kadar Garam
Supplier Plastik / Sack
Sack garam
Sorting dan Packing
Garam Industrial Grade Std.
Industri Pengguna Garam Lainnya
Toko Buku / ATK
Alat Tulis kantor
Admin. Pencatatan
Data Produksi
Management PT. TTS

4.6. *Measure* (Tahap Pengukuran)

Tahap pengukuran dalam metodologi Six Sigma berkaitan dengan pengumpulan informasi mengenai kondisi yang ada saat ini dan terhadap kemampuan proses. Hasil pengukuran ini akan memberikan suatu nilai yang akan dijadikan tolak ukur untuk melakukan perbaikan proses produksi. Sebelum dilakukan pengukuran terhadap level sigma, perlu dilakukan validasi data yaitu dengan pengukuran *current sigma level*, nilai kerugian akibat kegagalan produk (*cost of defective product*), serta *process capability* dan *control chart* dari kondisi proses produksi garam yang telah berjalan.

4.6.1. Perhitungan *Current Sigma Level*

Pada industri produsen garam atau bidang kimia lainnya, pengukuran karakteristik kualitas dilakukan pada tingkat *output*. Pengukuran karakteristik pada tingkat *output* yang dihasilkan dari suatu proses dibandingkan terhadap spesifikasi karakteristik kualitas yang ditetapkan. Hasil pengukuran pada tingkat *output* dapat berupa data variabel atau data atribut, yang akan ditentukan kinerjanya menggunakan satuan pengukuran DPMO (*Defect Per Million Opportunity*) dan kapabilitas sigma (nilai sigma).

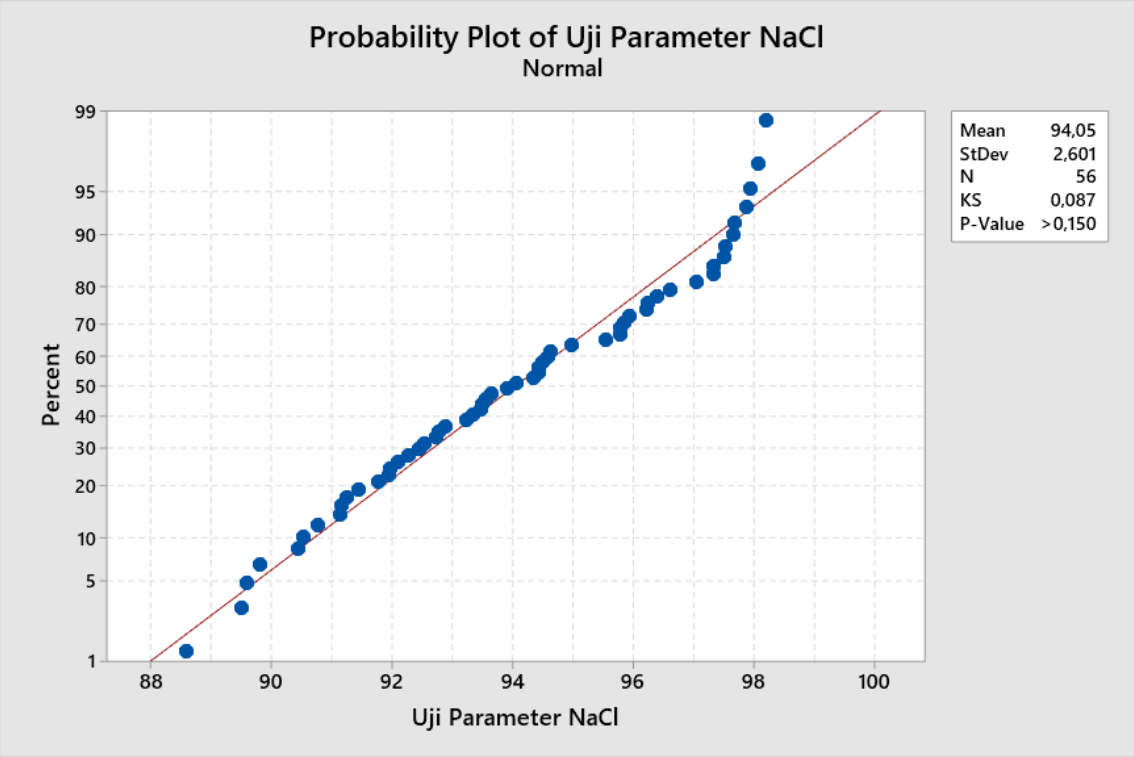
Berdasarkan data yang terdapat pada Lampiran X, data *defect* produk sebelum dilakukan perbaikan yaitu produksi bulan September-November 2019. Dilakukan uji normalitas data terlebih dahulu dimana uji normalitas data merupakan hal penting yang harus dilakukan sebelum melakukan analisis pada parameter kualitas. Jika data yang diambil pada bulan September-November 2019 berdistribusi normal, maka dapat dikatakan bahwa data tersebut bisa mewakili keseluruhan defect pada produksi garam PT. TTS. Pengujian normalitas data dilakukan dengan *software minitab*. Dalam pengujian ini terdapat dua pernyataan hipotesis, yaitu:

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Dimana dalam pengujian ini daerah kritis untuk menolak H_0 yaitu melalui pendekatan P-*value* < α, dengan nilai α (*confidence level*) sebesar 0,05 dengan hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.X. Jika P-*value* lebih besar dari 0,05 maka

data berdistribusi normal.



Gambar 4. 8 Uji normalitas data kadar NaCl produk garam

Berdasarkan hasil tersebut di atas, didapatkan nilai P-*value* > 0,150 yang berarti P-*value* tersebut > α (P-value > 0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa data tersebut berdistribusi normal. Selanjutnya dapat dilakukan pengukuran kapabilitas sigma dan DPMO untuk proses produksi garam. Tata langkah perhitungan DPMO dan kapabilitas sigma dapat diikuti dalam Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Perhitungan Kapabilitas Sigma dan DPMO (Produk Garam)

Langkah	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan
1	Proses apa yang Anda ingin mengetahui?	-	Proses produksi garam standar industri
2	Tentukan nilai batas spesifikasi atas (upper specification limit)	USL	100%
3	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah (lower specification limit)	LSL	97%
4	Tentukan nilai spesifikasi target	T	Diatas 97%
5	Berapa nilai rata-rata (mean) proses	X-*bar*	94,05
6	Berapa nilai standar deviasi (*standard deviation*) dari proses	S	2,601
7	Hitung kemungkinan kegagalan yang berada di atas nilai USL per satu juta kesempatan (DPMO)	Tidak perlu dilakukan	-
8	Hitung kemungkinan kegagalan yang berada di bawah nilai LSL per satu juta kesempatan (DPMO)	P [z ≤ (LSL - X-*bar*) / S] x 1.000.000	871251
9	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO) yang dihasilkan oleh proses di atas	= (langkah 7) + (langkah 8)	871251
10	Konversi DPMO (langkah 9) ke dalam nilai sigma (lihat Lampiran X)	-	0,36 - 0,37
11	Hitung kemampuan proses di atas dalam ukuran nilai sigma	-	Kapabilitas proses adalah 0,36 (sangat tidak kompetitif)

(sumber: Gaspersz, 2002)

Hasil dari perhitungan pada Tabel 4.3, diketahui bahwa proses produksi garam standar industri yang dilakukan oleh PT. TTS memiliki kapabilitas proses yang sangat rendah dan tidak kompetitif. Tampak bahwa DPMO masih sangat tinggi, yaitu 871.251, yang dapat diinterpretasikan bahwa dari sejuta kesempatan yang ada, akan terdapat 871.251 kemungkinan bahwa proses produksi itu tidak mampu memenuhi spesifikasi kadar NaCl yang ditetapkan yaitu minimal 97%.

4.6.2. Perhitungan Cost of Defective Produk Saat Ini

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan terhadap nilai kerugian akibat produk defect pada produksi garam. Berdasarkan data yang terdapat pada Lampiran 3, *cost of defective* produk selama periode bulan September-November 2019 ditunjukkan pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4. 4 Cost of Defective produk garam periode September-November 2019

Bulan	Jumlah Petak Berproduksi (Buah)	Total Berat Produk (Ton)	Produk Defect (Ton)	Harga Pokok Produksi (Rp)	Cost of Defective Produk Garam (Rp)
September	1	100	100	Rp 400.000	Rp 40.000.000
Oktober	4	435	405	Rp 400.000	Rp 162.000.000
November	5	625	425	Rp 400.000	Rp 170.000.000
Total	10	1160	930	-	Rp 372.000.000
Rata-rata	3,33	386,67		Rp 400.000	Rp 124.000.000
Rata-rata Kerugian Per Petak Garam					Rp 37.200.000
Jumlah Petak	50	Direncanakan Produksi Setiap Petak Tiap Bulannya Potensi Kerugian Setiap Produksi Per Bulan			Rp 1.860.000.000

Nilai *cost of defective* pada Tabel 4.4 di atas diperoleh dengan mengalikan jumlah defect pada proses produksi garam dengan harga yang didapat pada setiap proses. Berdasarkan data tersebut, nilai cost of defective produk selama produksi bulan September-November 2019 yaitu sebesar Rp. 372.000.000,- Selain itu, dengan desain perencanaan PT. TTS yang akan mengoperasikan 50 petak garam dan produksi sekali dalam sebulan, maka potensi kerugian dengan kapabilitas proses yang ada adalah kerugian per petak garam x 50 petak, yaitu Rp. 37.200.000 x 50 = Rp 1.860.000.000,- setiap panen per bulan selama musim produksi di kemarau.

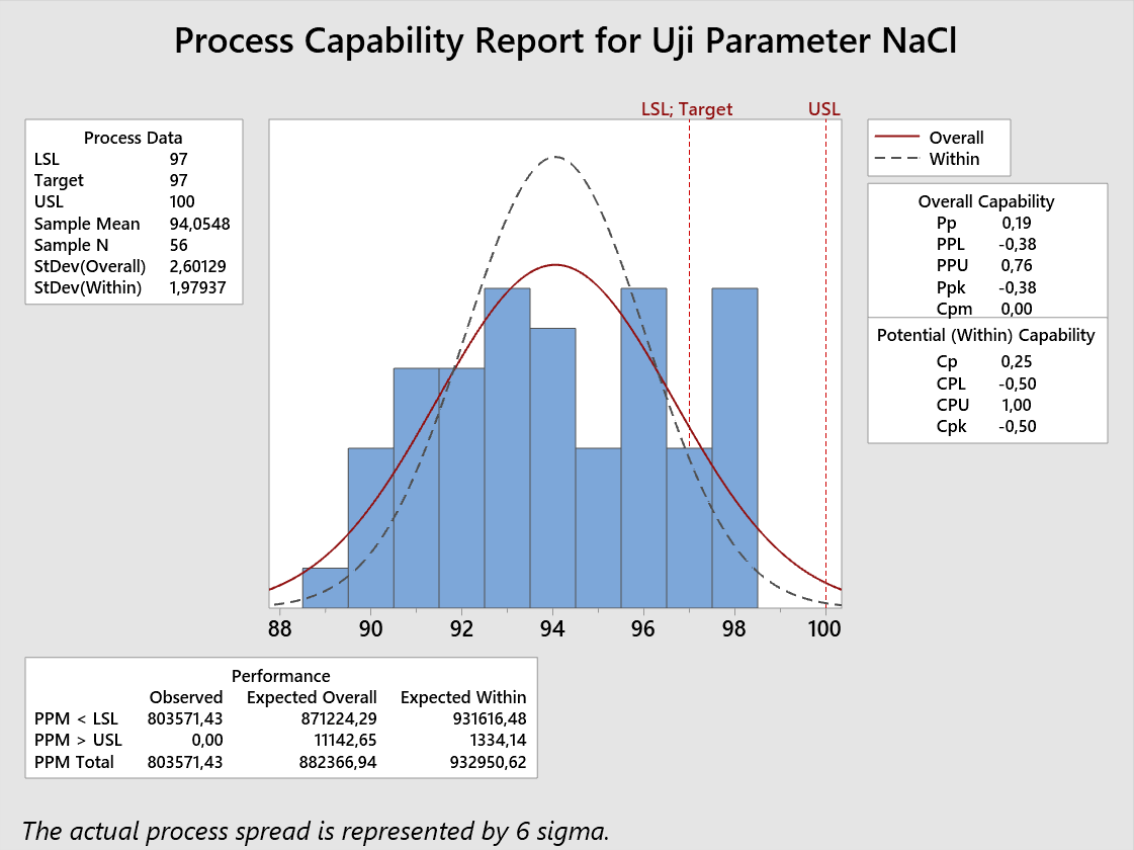
4.6.3. *Process Capability* dan *Control Chart*

Pada tahapan ini, pengukuran *process capability* dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan proses dalam pencapaian target kualitas. Sementara itu, *control chart* digunakan untuk mengendalikan proses, yang bertujuan untuk mengkaji apakah suatu proses berada dalam pengendalian statistik, memantau proses agar proses tetap stabil dan hanya mengandung variasi penyebab yang bersifat umum.

Dalam penelitian ini, dibuat *process capability* dan *control chart* untuk kadar kualitas NaCl mengingat pada tahap *Define* bahwa karakteristik kualitas tersebut menghasilkan proporsi *defect* paling signifikan dalam produksi garam. Pada produk garam dianggap *defect* karena kadar NaCl kurang dari 97%.

Sebelumnya telah dilakukan uji normalitas data untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal. Data uji normalitas hasil kadar NaCl garam terdapat pada Gambar 4.8

Berdasarkan hasil uji normalitas data tersebut, kadar NaCl memiliki P-*value* > 0,150 dimana nilai tersebut lebih besar dari *confidence level* 0,05. Jadi dapat disimpulkan bahwa data tersebut berdistribusi normal, artinya data tersebut memiliki sebaran data yang merata dan dapat mewakili populasi produksi garam. Selanjutnya dibut *process capability* untuk proses produksi garam menggunakan *software minitab*. *Process capability* untuk kadar NaCl dapat dilihat pada Gambar 4.9.

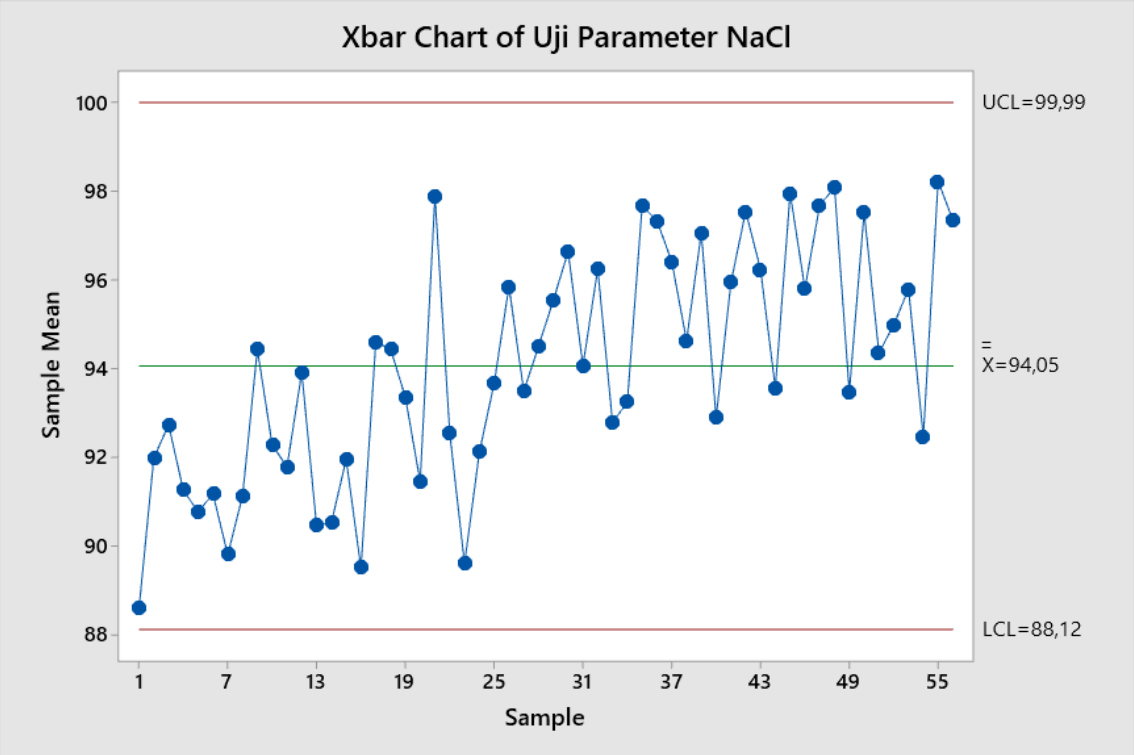


Gambar 4. 9 Process capability kadar NaCl produksi garam

Berdasarkan Gambar 4.9 di atas, dapat dilihat bahwa bentuk histogram pada proses tersebut lebar, yang dapat diartikan bahwa proses ini memiliki banyak

variasi dan proses yang dihasilkan berjalan dengan kurang sesuai. Nilai Cp pada NaCl garam yaitu sebesar 0,25 daengan nilai Cpk sebesar -0,50, mengindikasikan bahwa proses memiliki kapabilitas yang tidak baik dan tidak mendekati target (kepresisian dan keakurasian proses kurang baik). Hal ini berarti perlu dilakukan pembenahan besar-besaran sebelum menerapkan proyek Six Sigma.

Selanjutnya pada tahap ini dibuat control chart untuk Kadar NaCl dengan menggunakan software minitab. Hasil control chart yang didapatkan, ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 X-bar Chart kadar NaCl Garam PT. TTS

Berdasarkan Gambar 4.10 di atas semua proses dapat dikatakan terkendali secara statistik (*in statistical control*). Pada X-bar chart diketahui bahwa kadar NaCl produksi garam yang dilakukan cenderung mengalami kenaikan kualitas.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Setelah seluruh data yang diolah pada tahapan *Define* dan *Measure*, maka tahapan selanjutnya adalah *Analyze*, *Improve* dan *Control*. Dalam masing-masing tahapan digunakan tools yang dapat membantu mempermudah analisis data.

5.1. *Analyze* (Tahap Analisis)

Pada tahapan ini dilakukan analisis jenis dan penyebab cacat yang berpengaruh terhadap masalah kualitas. Langkah pertama adalah menetapkan target kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CTQ) untuk ditingkatkan selama masa proyek Six Sigma. Penetapan target kinerja harus memperhatikan kemampuan proses dan kesiapan sumber daya yang ada.

Secara konseptual penetapan target dalam proyek peningkatan kualitas kadar NaCl dalam proses produksi garam mengikuti prinsip "SMART" sebagai berikut.

Tabel 5. 1 Prinsip SMART dalam penetapan target peningkatan kualitas

Indikator	Keterangan
Specific	Target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas Six Sigma harus bersifat spesifik yang dinyatakan secara tegas. Target kinerja berkaitan langsung dengan peningkatan kinerja dari setiap CTQ yang berkaitan langsung dengan spesifikasi batas kualitas yang ditetapkan
Measurable	Target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas Six Sigma harus dapat diukur menggunakan indikator pengukuran (metrik) yang tepat, guna mengevaluasi keberhasilan, peninjauan ulang, dan tindakan perbaikan di waktu mendatang. Pengukuran harus mampu memunculkan fakta-fakta yang dinyatakan secara kuantitatif mengunakan angka-angka

Achievable	Target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas harus dapat dicapai melalui usaha-usaha yang menantang (*challenging efforts*).
Result-oriented	Target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas Six Sigma harus berfokus pada hasil-hasil berupa peningkatan kinerja dari setiap karakteristik kualitas (CTQ) kunci yang telah didefinisikan dan ditetapkan
Time-bound	Target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas Six Sigma harus menetapkan batas waktu pencapaian target kinerja dari setiap karakteristik kualitas (CTQ) kunci dan target itu harus dicapai pada batas waktu yang telah ditetapkan.

(sumber: Gaspersz, 2002)

Berdasarkan prinsip SMART tersebut, target kinerja yang bersifat ambisius-namun dianggap dapat dicapai melalui usaha-usaha intensif-untuk karakteristik kualitas kunci (CTQ) dari produksi garam standar industry, yaitu kadar NaCl guna mencapai target kapabilitas 6-Sigma, yaitu kadar NaCl < 97%. Target kinerja untuk mencapai kapabilitas 6-Sigma, selama masa proyek berjangka waktu 5 tahun ditunjukkan dalam Tabel 5.2 dan Tabel 5.3, sedangkan target kinerja per triwulan (3 bulan) selama masa proyek peningkatan kualitas Sig-Sigma ditunjukkan dalam Tabel 5.4.

Tabel 5. 2 Target Penurunan DPMO Kadar NaCl Selama Masa Proyek Six Sigma

Karakteristik Kualitas Kunci (CTQ) (1)	Spesifikasi yang Ditentukan (2)	Baseline Kinerja DPMO pada Awal Proyek Six Sigma (3)	Target Kinerja DPMO pada Akhir Masa Proyek (4)	Presentase Penurunan DPMO (%) (5) = [(3)-(4)] / (3) x 100%
Kadar NaCl	> 97%	871251	3,4	99,99961%

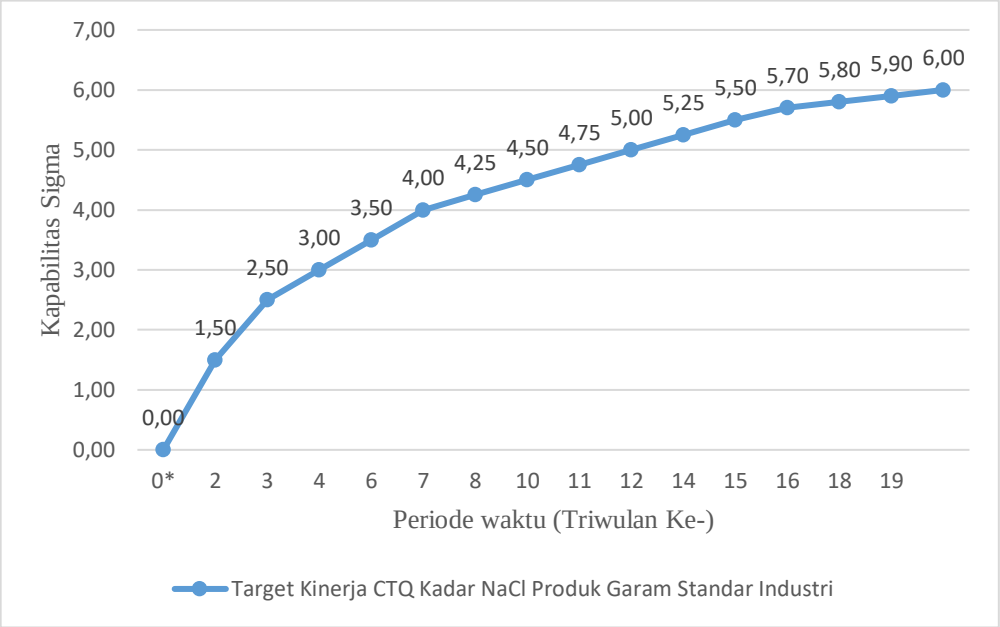
Tabel 5. 3 Target Peningkatan Kapabilitas Sigma Kadar NaCl Selama Masa Proyek Six Sigma

Karakteristik Kualitas Kunci (CTQ) (1)	Spesifikasi yang Ditentukan (2)	Baseline Kinerja Kapabilitas Sigma pada Awal Proyek Six Sigma (6)	Target Kinerja Sigma pada Akhir Masa Proyek (7)	Persentase Peningkatan Kapabilitas Sigma (8) = [(7)-(6)] / (6) x 100%
Kadar NaCl	> 97%	0,36	6	1567%

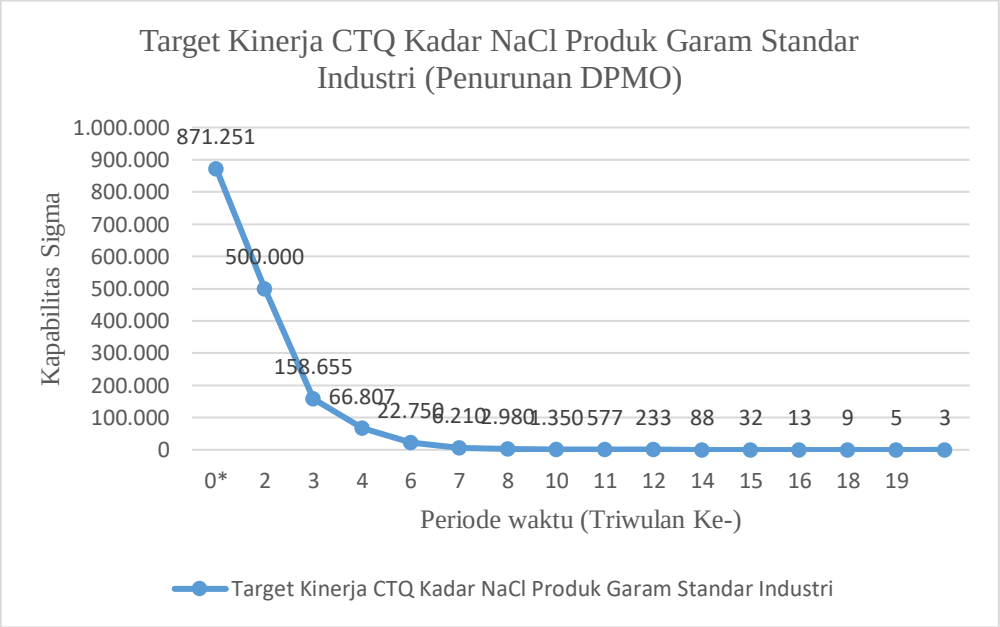
Tabel 5. 4 Target Kinerja dari CTQ kadar NaCl Produk Garam Standar Industri selama Masa 20 Triwulan (5 Tahun) Proyek Six Sigma

Periode Triwulan	Target Kinerja CTQ Kadar NaCl Produk Garam Standar Industri	
	Sigma	DPMO
0*	0,36	871.251
1	-	-
2	1,50	500.000
3	2,50	158.655
4	3,00	66.807
5	-	-
6	3,50	22.750
7	4,00	6.210
8	4,25	2.980
9	-	-
10	4,50	1.350
11	4,75	577
12	5,00	233
13	-	-
14	5,25	88
15	5,50	32
16	5,70	13
17	-	-
18	5,80	9
19	5,90	5
20	6,00	3
Keterangan:	- Periode 0 merupakan baseline kinerja pada awal proyek Six Sigma - Nilai DPMO pada berbagai target Sigma dilihat dalam Lampiran - Awal triwulan pada tiap tahun sedang dalam kondisi hujan sehingga produksi garam tidak dapat dilakukan	

Target kinerja CTQ kadar NaCl produk garam standar industry selama periode 20 triwulan (masa proyek Six Sigma) ditunjukkan dalam Gambar 5.1 dan Gambar 5.2.

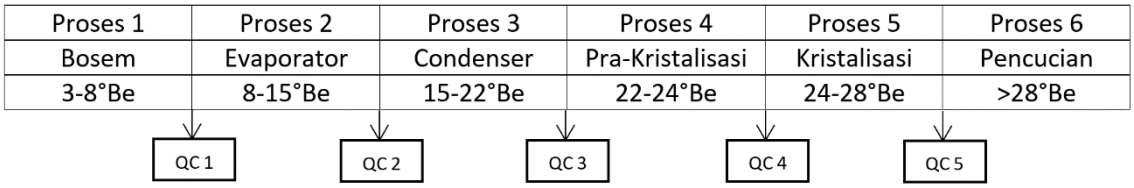


Gambar 5. 1 Target kinerja Peningkatan Kapabilitas Sigma Kadar NaCl Produk Garam



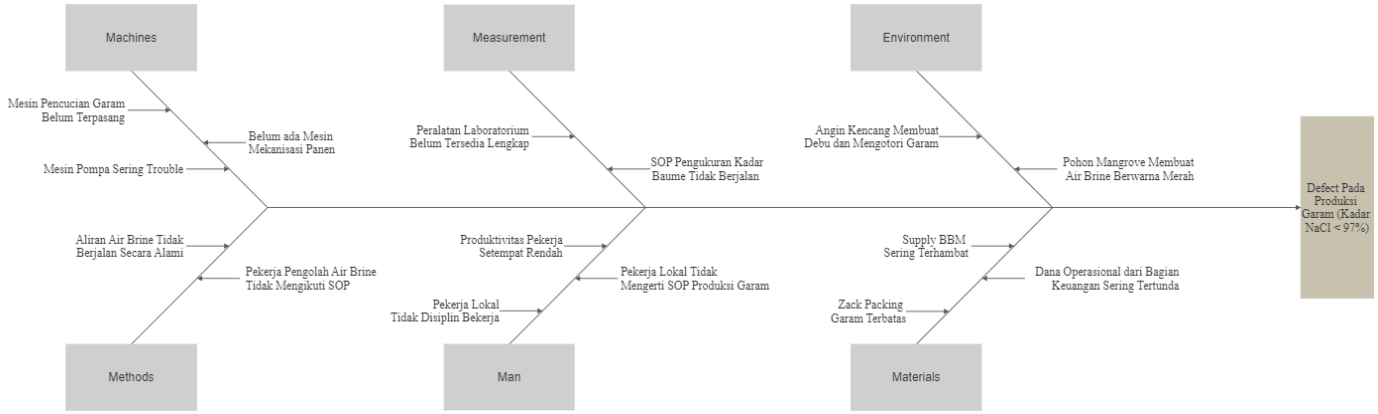
Gambar 5. 2 Target kinerja Penurunan DPMO Kadar NaCl Produk Garam

Langkah selanjutnya adalah penentuan faktor penyebab cacat, khususnya pada karakteristik kualitas NaCl, dilakukan dengan *interview* dan *brainstorming* terhadap konsultan ahli, *manager* dan staff lapangan terkait. Dalam proses tersebut ditemukan alasan mengapa terjadi cacat pada produksi garam di bulan September – Nopember 2019. Sesuai intervier dan pengamatan yang dilakukan di lapangan, Proses Quality Control yang terjadi di lapangan mengalami koordinasi yang tidak baik. Pada Gambar 5.3 Proses QC 4 dari Meja Pra-Kristalisasi menuju Meja Kristalisasi mengalami masalah terhadap perhitungan menggunakan alat ukur Hydrometer baume Air Brine yang akan diolah. Perhitungan pada Meja Pra-Kristalisasi yang kurang dari 24°Be hanya dicatat oleh pihak QC tidak dapat ditindaklanjuti oleh Kepala Lini Produksi yang memiliki wewenang untuk mengalirkan air brine dari Meja Pra-Kristalisasi ke Meja Kristalisasi. Sehingga dalam proses tersebut air brine dengan kadar kurang dari 24°Be masuk ke dalam Meja Kristalisasi tanpa adanya koordinasi yang baik antara Kepala Lini Produksi dengan QC.



Gambar 5. 3 Diagram SOP Produksi Garam Sederhana
(sumber: SOP Produksi dengan pengolahan)

Dalam proses kristalisasi garam dibutuhkan air brine dengan angka baume 24°Be hal ini akan membuat proses kristalisasi berjalan optimal dan menghasilkan garam dengan NaCl yang diatas 97%. Apabila air brine dari Meja Pra-Kristalisasi dialirkan menuju Meja selanjutnya kurang dari 24°Be maka air brine tersebut masih mengandung impurities dengan mineral kasium yang diatas standar dan membuat kualitas NaCl menurun. Kemudian hasil dari *interview* dan *brainstorming* dengan *stakeholder* digambarkan dalam *Fishbone Diagram* seperti ditunjukkan pada Gambar 5.4



Gambar 5. 4 Fish Bone Diagram Berdasarkan Kategori Sumber Penyebab Masalah NaCl < 97%
(sumber: hasil analisis)

Berdasarkan *Fishbone Diagram* di atas, staff ahli dan manager lapangan terkait menyimpulkan terdapat beberapa *critical factor* yang menyebabkan terjadinya *defect* terutama pada proses *crystallization*. Faktor-faktor tersebut ditunjukkan pada Tabel 5.5 di bawah ini.

Tabel 5. 5 5 *Critical Factor* yang menyebabkan *Defect* Kadar NaCl Produk Garam

No	***Critical Factor***
1.	Pompa air yang sering *trouble*
2.	Metode pengolahan air *brine* yang tidak mengikuti SOP
3.	Mesin pencucian garam belum terpasang
4.	Belum ada mesin mekanisasi panen
5.	Aliran air brine tidak berjalan secara alami

(Sumber: Hasil Analisis)

Penjelasan untuk masing-masing *critical factor* sesuai dengan Tabel 4.X tersebut yaitu sebagai berikut :

Tabel 5. 6 Breakdown 5W Kekurangan Air Proses 2

Definisi Permasalahan : Cacat Produk Garam Dengan Kadar NaCl < 97%

Proses Apa yang Mempengaruhi Level NaCl pada Garam?	Air yang masuk pada Proses 2 masih kurang	Kapasitas pompa tidak memadai	Downtime/Maintenance Pompa yang terlalu sering	Pompa yang berkualitas rendah yang memiliki kontak langsung dengan air laut yang bersifat korosif

1. Mesin dan Pompa Air yang Sering *Trouble*

   Proses awal produksi garam adalah melakukan kegiatan masukkan air laut ke dalam tambak garam. Hal ini dapat dilakukan baik secara alami memanfaatkan momentum pasang tinggi air laut, atau menggunakan pompa air. Sesuai dengan desain perencanaan lahan pegaraman oleh konsultan ahli, dibutuhkan minimal 9.000 m3 air laut yang masuk ke dalam tambak setiap harinya. Apabila mesin pompa mengalami ganguan dan harus diperbaiki, maka menimbulkan penyebab air laut tidak dipompa masuk ke dalam tambak garam. Hal ini akan membuat *supply* air *brine* dalam tambak berkurang, menggangu proses evaporasi yang sedang terjadi dan menyebabkan kekurangan air brine yang diperlukan untuk bahan baku proses kristalisasi garam.

Tabel 5. 7 Breakdown 5W Human Error QC 4

Definisi Permasalahan : Cacat Produk Garam Dengan Kadar NaCl < 97%				
Proses Apa yang Mempengaruhi Level NaCl pada Garam?	Air Brine yang Masuk Pada Meja Kristalisasi <24°Be	Kesalahan Perhitungan Baume pada Proses QC 4	Human Error	QC mencatat baume pada Proses 4 namun proses memasukkan air dilakukan oleh Kepala Lini Produksi sehingga terjadi miskomunikasi

2. Metode Pengolahan Air Brine yang Tidak Mengikuti SOP

Metode pengolahan air brine tertera dalam Lampiran X. Beberapa tenaga ahli perusahaan yang berasal dari Jawa dan Madura masih memiliki mindset untuk membuat garam dengan cara tradisional, yaitu dengan cara mencampur-aduk dan memutar air brine di petak crystallizer / meja garam. Hal ini membuat meja garam mendapatkan hasil endapan air tua brine kadar 18-22 Be antara lain gypsum dan beberapa unsur senyawa *impurities* lain yang seharusnya tidak ada di petak meja garam. Hal ini berakibat meja garam sebagai tempat proses kristalisasi garam sudah mengandung *impurities* yang mengurangi kadar kemurnian NaCl garam.

Tabel 5. 8 Breakdown 5W Pemurnian 2-5% NaCl

Definisi Permasalahan : Cacat Produk Garam Dengan Kadar NaCl < 97%				
Proses Apa yang Mempengaruhi Level NaCl pada Garam?	Proses pencucian dapat menambah sekitar 2-5% kemurnian NaCl	Proses 6 belum terassembly	Mesin pencucian merupakan mesin skala pabrik yang membutuhkan waktu assembly lama & perlu proses mobilisasi dari workshop ke lokasi	-

3. Mesin Pencucian Garam Belum Terpasang

Berdasarkan hasil interview dan brainstorming dengan konsultan ahli, faktor yang membuat kadar NaCl garam semakin murni setelah panen dari lahan pegaraman adalah proses pencucian garam. Garam yang telah dipanen masih memiliki kadar *impurities* yang menempel pada garam dan mengurangi kemurnian kadar NaCl. Apabila garam yang telah dipanen telah dicuci, maka garam siap disimpan dengan kemampuan awet tahan lama dan tidak mengalami penurunan kualitas.

Tabel 5. 9 Breakdown 5W Perkerasan Garam

Definisi Permasalahan : Cacat Produk Garam Dengan Kadar NaCl < 97%				
Proses Apa yang Mempengaruhi	Proses panen yang lama mengakibatkan	Konstruksi 300 ha lahan garam menyebabkan	Kesalahan konstruksi pada awal pengerjaan	Dibutuhkan mekanisasi untuk mempercepat

Level NaCl pada Garam?	garam cepat mengeras	manpower untuk panen lama pada tiap meja garam	proyek meja-meja garam	proses panen sehingga aliran air tidak menjadi bottleneck yang menyebabkan air semakin tua

4. Belum Ada Mesin Mekanisasi Panen

   Dalam operasional lahan garam seluas ratusan hektar, maka diperlukan proses mekanisasi panen garam. Apabila mengandalkan SDM, baik itu dari masyarakat setempat ataupun mendatangkan tenaga ahli yang sudah berpengalaman mengelola tambak garam dari luar provinsi, hal itu tidak mampu untuk melakukan panen dengan cara manual. Garam yang akan dipanen mempunyai ketebalan minimal 10-20 cm dan bersifat sangat keras. Selain itu, apabila menggunakan mesin mekanisasi panen akan meningkatkan produktivitas hasil garam.

Tabel 5. 10 Breakdown 5W Aliran Air

Definisi Permasalahan : Cacat Produk Garam Dengan Kadar NaCl < 97%				
Proses Apa yang Mempengaruhi Level NaCl pada Garam?	Air yang masuk pada Proses 2 masih kurang	Aliran Air tidak berjalan secara alami	Kesalahan konstruksi pada awal pengerjaan proyek meja-meja garam	-

5. Aliran Air Brine Tidak Berjalan Secara Alami

   Pembuatan petak lahan pegaraman memiliki dimensi dan fungsi tertentu, sehingga harus dibuat sesuai dengan desain lahan yang telah ditetapkan. Lahan pegaraman fase 1/(A) dan fase 2/(B) memiliki kesesuaian desain dan fungsi sehingga aliran proses produksi bisa berjalan dengan baik. Namun, pengembangan pada fase 3/(C) dan fase 4/(D) memiliki kondisi tidak sesuai dengan desain perencanaan yang ditetapkan. Hal ini menyebabkan aliran air proses produksi garam yang

melewati fase 3 dan fase 4 terhambat dan menggangu proses evaporasi dan penuaan air *brine* untuk bahan baku proses kristalisasi garam.

5.2. *Improve* (Tahap Perbaikan)

Pada tahap ini dilakukan penetapan rencana tindakan untuk melaksanakan peningkatan kualitas Six Sigma. Adapun Implementasi rencana peningkatan kualitas produksi garam standar industri antara lain sebagai berikut.

1. Pembuatan SOP Perawatan Mesin dan Pompa Air

   Pembuatan SOP Perawatan Mesin dan Pompa Air karena selama ini belum ada standar yang mendasari tindakan karyawan untuk merawat mesin dan pompa air. Dari hasil brainstorming dengan stakeholder perusahaan, maka diputuskan akan dibuat sebuah departemen dibawah Direktur Operasional terkait dengan urusan teknik dan permesinan.

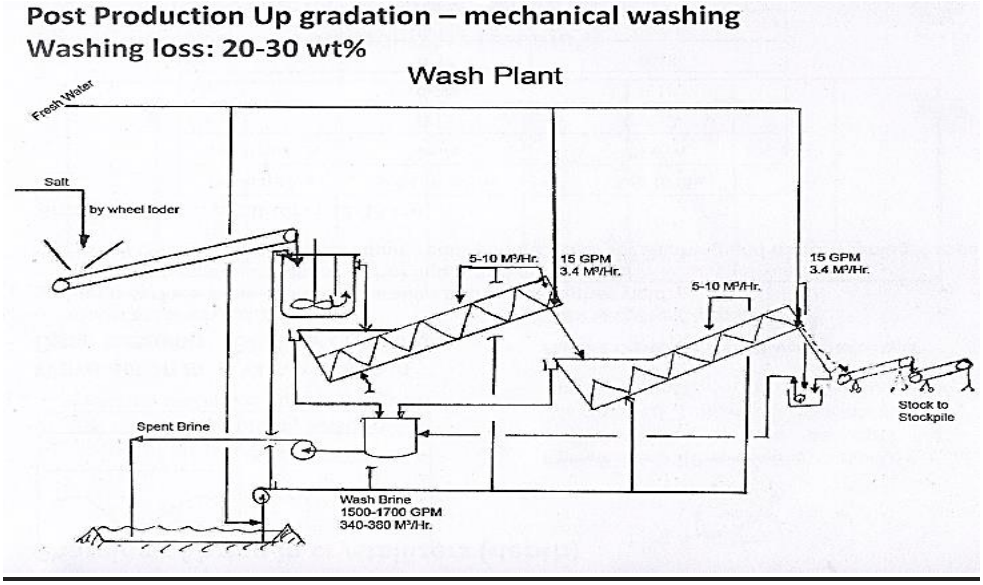
2. Melakukan Tindakan *Reward & Punishment* Terkait Pengolahan Air *Brine* yang Mengikuti SOP yang Ditetapkan

   SOP (*Standard Operational Procedure*) dibuat untuk menjadi dasar acuan pelaksanaan pekerjaan produksi garam standar industri. Apabila SOP tidak dijalankan dalam tataran pelaksana, maka dampak yang ditimbulkan akan mempengaruhi kualitas kadar NaCl garam. Dari analisis pada Tabel 4.4, disebutkan bahwa perusahaan berisiko mengalami kerugian Rp. 37.200.000,- setiap panen produksi bulanan per petak, atau kerugian sebesar Rp. 1.860.000.000,- setiap bulan di 50 *crystallizer* petak meja pemanenan garam standar industri. Untuk mencegah terjadinya kejadian tersebut, maka perusahaan akan menerapkan kebijakan tindakan *reward & Punishment* terhadap semua karyawan berbasis performa kerja dalam pengolahan air brine sesuai SOP yang telah ditetapkan.

3. Mengirim dan Memasang Mesin Pencucian Garam

   Berdasarkan hasil pembahasan pada tahap analisis sebelumnya, disebutkan bahwa faktor yang membuat kadar NaCl garam semakin murni setelah panen dari lahan pegaraman adalah proses pencucian garam. Kondisi sekarang adalah mesin pencucian masih berada di

lokasi pabrik PT. SLM, Surabaya dan belum dikirim ke lahan pegaraman PT. TTS di Kupang NTT. Pengiriman mesin pencucian garam bersifat mendesak dan signifikan untuk meningkatkan kualitas kadar NaCl sesuai dengan saran konsultan ahli perusahaan. Hal ini diharapkan akan menambah kapabilitas sigma, menurunkan DPMO dan berdampak langsung pada berkurangnya *defect* produk garam standar industri. Gambar 5.4 di bawah ini merupakan metode kerja dan bentuk mesin pencucian garam yang dapat menghilangkan *impurities* dan memurnikan kadar NaCl garam.



Gambar 5. 5 Metode kerja mesin pencucian garam (sumber: Ansari, 2019)

Gambar 5. 6 Mesin pencucian garam untuk lahan pegaraman Kupang NTT (sumber: dokumentasi internal)

4. Pembelian Mesin Mekanisasi Panen

   Berdasarkan hasil pembahasan pada tahap analisis sebelumnya, disebutkan bahwa dalam operasional lahan garam seluas ratusan hektar, maka diperlukan proses mekanisasi panen garam. Mesin mekanisasi panen akan meningkatkan produktivitas hasil garam. Investasi mesin mekanisasi panen akan membuat produktivitas lahan pegaraman mampu dan melebihi target produktivitas nasional 100 ton/hektar per tahun.

Gambar 5. 7 Mesin mekanisasi panen usulan untuk dibuat dan dioperasionalkan di lahan pegaraman Kupang NTT

5. Perbaikan Aliran Air Brine Supaya Berjalan Secara Alami

   Lahan pegaraman fase 3/(C) dan fase 4/(D) yang memiliki kondisi tidak sesuai dengan desain perencanaan yang ditetapkan akan dilakukan perbaikan sebagaimana sesuai dengan desain. Hal ini untuk memperlancar aliran air proses produksi garam yang melewati fase 3

dan fase 4 sehingga proses evaporasi dan penuaan air *brine* untuk bahan baku proses kristalisasi garam terjaga baik.

Gambar 5. 8 Perbaikan aliran air *brine* menggunakan alat berat excavator

Implementasi program perbaikan kualitas produksi garam memiliki manfaat untuk mengurangi biaya kerugian karena produk *defect* dengan perhitungan sebagai berikut.

Tabel 5. 11 Perhitungan Biaya Produksi

Produktivitas (Ton / Petak / Bulan)	**Jumlah Petak Produksi (Unit)**	**Lama Produksi (Bulan)**	**Jumlah Produksi (Ton)**	**Harga HPP (Rp)**	**Biaya Produksi**
100	50	7	35000	Rp 400.000	Rp 14.000.000.000

Tabel 5. 12 Tahapan Implementasi Perbaikan Kualitas

Periode Tahun Ke- (1)	**Periode Triwulan (2)**	**Target Kinerja CTQ Kadar NaCl Produk Garam Standar Industri (3)**		**Tahap Implementasi Perbaikan Kualitas (4)**
		Sigma	**DPMO**	
0*	0*	0,36	871.251	-
1	1	-	-	-
	2	1,50	500.000	1. Perbaikan Aliran Air Brine Supaya Berjalan Secara Alami 2. Pembuatan SOP Perawatan Mesin dan Pompa Air 3. Melakukan Tindakan Reward & Punishment Terkait Pengelolaan Air Brine Mengikuti SOP yang Ditetapkan
	3	2,50	158.655	4. Mengirim dan Memasang Mesin Pencucian Garam
	4	3,00	66.807	
2	5	-	-	-
	6	3,50	22.750	5. Pembelian dan Operasional Mesin Mekanisasi Panen
	7	4,00	6.210	
	8	4,25	2.980	
3	9	-	-	-
	10	4,50	1.350	Penerapan SOP dan kontrol yang ketat Implementasi perbaikan kualitas berdasarkan penelitian selanjutnya
	11	4,75	577	
	12	5,00	233	
4	13	-	-	-
	14	5,25	88	Penerapan SOP dan kontrol yang ketat Implementasi perbaikan kualitas berdasarkan penelitian selanjutnya
	15	5,50	32	
	16	5,70	13	
5	17	-	-	-
	18	5,80	9	Penerapan SOP dan kontrol yang ketat Implementasi perbaikan kualitas berdasarkan penelitian selanjutnya
	19	5,90	5	
	20	6,00	3	

Tabel 5. 13 Biaya Penghematan Setelah Implementasi Perbaikan Kualitas

Tahun	DPMO Pada Akhir Tahun Karena Implementasi Perbaikan Kualitas	Biaya Kerugian Karena Produk Defect	Biaya Implementasi Perbaikan Kualitas	Biaya Penghematan
0	871.251	Rp 12.197.514.000	Rp -	Rp -
1	66.807	Rp 935.298.000	Rp 5.500.000.000	Rp 6.697.514.000
2	2.980	Rp 41.720.000	Rp 500.000.000	Rp 435.298.000
3	233	Rp 3.262.000	Rp 100.000.000	-Rp 58.280.000
4	13	Rp 182.000	Rp 100.000.000	-Rp 96.738.000
5	3	Rp 42.000	Rp 100.000.000	-Rp 99.818.000
Total Penghematan Implementasi Perbaikan Kualitas selama 5 Tahun:				Rp 6.877.976.000

5.3. *Control* (Tahap Pengendalian)

Pada tahap ini adalah tahap pengendalian dan kontrol atas rencana implementasi perbaikan kualitas produksi garam. Namun seperti yang telah dijabarkan dalam Sub-bab 1.5 Ruang Lingkup Penelitian, bahwa tahap control tidak akan dilakukan dalam penelitian ini. Penelitian ini menerapkan metode six sigma hanya sampai langkah improve dan tidak melakukan tahapan control, karena penerapan dan kontrol atas penerapan langkah-langkah perbaikan hanya bisa dilakukan pada musim panen yang berkisar antara bulan Juli-November.

BAB 6
KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan ditarik kesimpulan atas analisis hasil dan pengolahan data yang telah dilakukan. Kesimpulan ini akan menjawab tujuan penelitian. Selain itu, pada bab ini berisi saran penelitian sehingga diharapkan dapat dilanjutkan untuk penelitian selanjutnya dan bisa memberi menfaat lebih lanjut.

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan analisa dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil identifikasi permasalahan kualitas produksi garam standar industri, didapat data bahwa kapabilitas sigma dari proses produksi garam berada pada tahap 0,32-sigma dengan DPMO sebesar 871.251. Hal ini menunjukkan proses produksi garam berada dalam fase sangat tidak kompetitif.
2. Hasil analisis terhadap faktor penyebab cacat kadar NaCl terdapat lima *critical factor*, antara lain Pompa air yang sering *trouble*, Metode pengolahan air *brine* yang tidak mengikuti SOP, Mesin pencucian garam belum terpasang, Belum ada mesin mekanisasi panen dan Aliran air brine tidak berjalan secara alami. Berdasarkan hal tersebut, ditetapkan improvement plan sebagai berikut:
    a. Pembuatan SOP Perawatan Mesin dan Pompa Air
    b. Melakukan Tindakan *Reward & Punishment* Terkait Pengolahan Air *Brine* yang Mengikuti SOP yang Ditetapkan
    c. Mengirim dan Memasang Mesin Pencucian Garam
    d. Pembelian Mesin Mekanisasi Panen
    e. Perbaikan Aliran Air Brine Supaya Berjalan Secara Alami.

6.2. Lesson Learnt pada Studi Kasus

Lesson Learnt yang didapat dari studi kasus proses produksi yang terjadi di lahan pegaraman PT. XYZ adalah dengan Six Sigma, Peneliti dapat

mengidentifikasi serta memperbaiki kekurangan pada internal perusahaan, dalam kasus ini permasalahan yang sering terjadi dan menjadi Critical Factor antara lain downtime pada pompa air sehingga menyebabkan air yang masuk ke dalam proses 1 tidak maksimal, hubungan antara QC dengan Kepala Lini Produksi yang bertugas untuk membuka tutup aliran air pada proses 4 tidak terkordinasi dengan baik, belum tersedia mesin cuci garam yang dapat menaikan kualitas antara 2-5% kadar kemurnian NaCl, dan Proses panen yang lambat mengakibatkan air brine menjadi bottleneck sehingga untuk mempercepat proses panen dibutuhkan mekanisasi panen.

Dengan adanya perbaikan pada internal perusahaan, perusahaan dapat mencapai target produksi garam dengan standar industry yang dibutuhkan oleh banyak perusahaan pangan, oil & gas, kosmetik, dll. Sehingga diharapkan dengan implementasi six sigma ini dapat menghasilkan garam industry yang tidak kalah bersaing dengan garam industry impor.

6.3. Saran

Setelah melalui berbagai analisis dan sharing pemikiran dengan tim, maka ada beberapa saran kepada perusahaan tentang usaha peningkatan kualitas yaitu sebagai berikut.

1. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui hasil tindakan perencanaan perbaikan kualitas produksi garam
2. Membuat riset lanjutan mengenai jenis cacat selain NaCl yang menjadi batasan standar / spesifikasi yang dibutuhkan oleh industri pengguna garam
3. Pelaksanaan penelitian lebih lanjut secara menyeluruh dimulai dari proses memasukkan air, evaporation, condensing, pre-crystallizer, crystallizer dan pencucian garam, sehingga dapat menekan timbulnya cacat pada hasil garam dan menghasilkan level sigma produk yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Ansari, M. A. (2019). *Technical Details and Measurements of Salt Works*. Work Manual, Kupang.

Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI ISO 9000:2008 Sistem manajemen mutu — Dasar-dasar dan kosakata*. BSN, Jakarta.

Feigenbaum, A. V. (1992). *Technology in Quality: A Means to an End*. Quality Magazine Vol. 31, Iss. 4, BNP Media, Michigan, hal. 22

Garampedia. (2019). *Garam Untuk : Sandang, Pangan dan Papan*. Garampedia, Jakarta, https://garampedia.com/garam-untuk-sandang-pangan-dan-papan//

Gaspersz, V. (2002). *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, Dan HACCP*. Gramedia Pustaka Utama.

Gejdoš, P. (2015). *Continuous Quality Improvement by Statistical Process Control*. *34*(15), 565–572. https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01669-X

Gozan, M. & Basri, F. (2018). *Hikayat Si Induk Bumbu*. Kepustakaan Populer Gramedia, Jakarta.

Harry, M., & Schroeder, R. (2000). Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations. In *Journal of Economics and Administrative Sciences* (First, Vol. 15, Issue 53). Dobleday, Random House, Inc. https://doi.org/10.33095/jeas.v15i53.1182

Menteri Perdagangan RI. (2015), *Peraturan Menteri Perdagangan RI No. 125 Tentang Ketentuan Impor Garam*. Kementerian Perdagangan RI, Jakarta.

Menteri Perindustrian RI. (2014), Peraturan Menteri Perindustrian RI No. 88 Tentang Peta Panduan (Road Map) Pengembangan Klaster Industri Garam. Kementerian Perindustrian, Jakarta.

Kolarik, W. J. (1995). *Creating Quality: Concepts, Systems, Strategies, and Tools*. McGraw-Hill, New York.

Kotler, P., & Armstrong, G. (2018). *Principles of Marketing, Seventeenth Edition*. Pearson Education, London.

Manggala, D. (2005). *Process improvement & supply chain management*, Six Sigma Secara Sederhana, Duquesne University, Pittsburgh.

Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies Are Honing Their Performance*. McGraw-Hill. https://doi.org/10.1036/0071376674

Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*. McGraw-Hill, Ney York. https://doi.org/10.1036/0071415963

Revere, L., Black, K., & Huq, A. (2004). Integrating six sigma and CQI for improving patient care. *TQM Magazine*, *16*(2), 105–113. https://doi.org/10.1108/09544780410522991

Russell, R. S., & Taylor, B. W. (2011). *Operations Management: Creating Value Along The Supply Chain* (Seventh). John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.

Sedivy, V. M. (2008). Economy of Salt in Chloralkali Manufacture. *National Salt Conference, Gandhidham*.

Taguchi, G., Chowdhury, S., & Wu, Y. (2005). Taguchi's Quality Engineering Handbook. In *Taguchi's Quality Engineering Handbook*. https://doi.org/10.1002/9780470258354

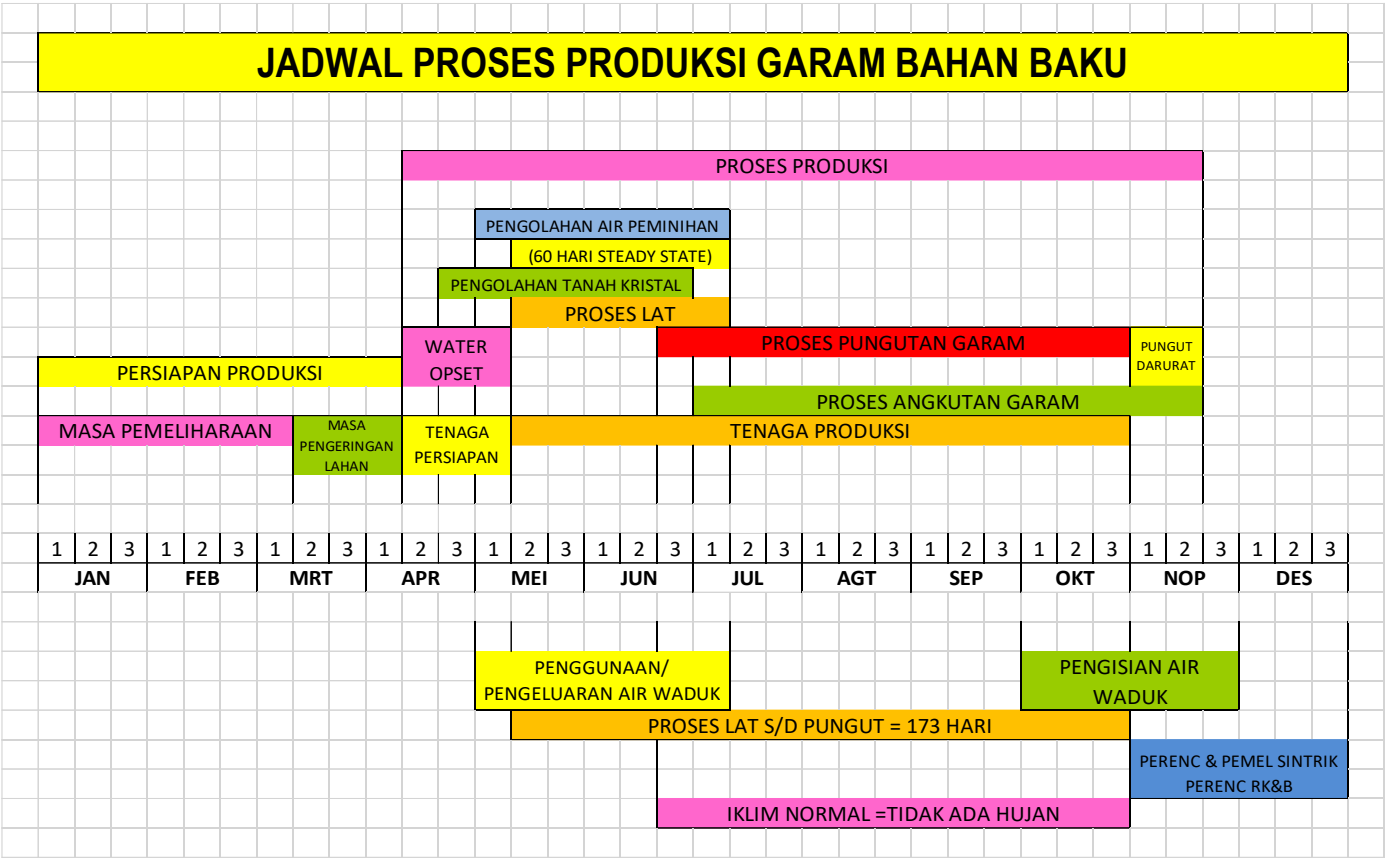
Trihendradi, C. (2008). *Deskripsi Statistik Six Sigma Dengan Minitab Panduan Cerdas Inisiatif Kualitas*. Andi Publisher, Jakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Proses Produksi Garam Bahan Baku Standar Industri

Dikarenakan ada proses kerahasiaan negara dan perusahaan, SOP tidak dapat dipublish namun dapat dilihat pada gambar 5.3 dengan polal yang disederhanakan.

Lampiran 2. Jadwal Proses Produksi Garam Bahan Baku Sektor Industri



Lampiran 3. Hasil Uji Kualitas Kadar NaCl Produksi Garam PT TTS Bulan September-November 2019

No	Waktu Pengambilan Sampel	Fase	Petak No.	Penanggung Jawab	Uji Parameter NaCl	Standard	Selisih	Keterangan
1	September	A	1	Tjokro	88,58	97	-8,42	Defect
2	September	A	2	Tjokro	91,98	97	-5,02	Defect
3	September	A	3	Tjokro	92,73	97	-4,27	Defect
4	September	B	1	Saemo	91,25	97	-5,75	Defect
5	September	B	2	Saemo	90,77	97	-6,23	Defect
6	September	B	3	Saemo	91,17	97	-5,83	Defect
7	Oktober	A	3	Tjokro	89,80	97	-7,20	Defect
8	Oktober	A	4	Tjokro	91,13	97	-5,87	Defect
9	Oktober	A	6	Tjokro	94,43	97	-2,57	Defect
10	Oktober	B	3	Saemo	92,28	97	-4,72	Defect
11	Oktober	B	4	Saemo	91,78	97	-5,22	Defect
12	Oktober	B	6	Saemo	93,91	97	-3,09	Defect
13	Oktober	A	2	Tjokro	90,45	97	-6,55	Defect
14	Oktober	B	1	Saemo	90,52	97	-6,48	Defect
15	Oktober	B	2	Saemo	91,95	97	-5,05	Defect
16	Oktober	A	1	Tjokro	89,5	97	-7,50	Defect
17	Oktober	A	5	Tjokro	94,58	97	-2,42	Defect
18	Oktober	B	5	Saemo	94,44	97	-2,56	Defect
19	Oktober	A	6	Tjokro	93,35	97	-3,65	Defect
20	Oktober	A	4	Tjokro	91,45	97	-5,55	Defect
21	Oktober	B	4	Saemo	97,88	97	0,88	OK Pass Qc
22	Oktober	B	2	Saemo	92,54	97	-4,46	Defect
23	Oktober	B	6	Saemo	89,6	97	-7,40	Defect
24	Oktober	A	3	Tjokro	92,11	97	-4,89	Defect
25	Oktober	A	2	Tjokro	93,66	97	-3,34	Defect
26	Oktober	B	3	Saemo	95,85	97	-1,15	Defect
27	Oktober	A	1	Tjokro	93,49	97	-3,51	Defect
28	Oktober	A	5	Tjokro	94,5	97	-2,50	Defect
29	November	A	4	Tjokro	95,54	97	-1,46	Defect
30	November	B	5	Saemo	96,63	97	-0,37	Defect
31	November	A	1	Tjokro	94,06	97	-2,94	Defect
32	November	A	2	Tjokro	96,24	97	-0,76	Defect
33	November	A	5	Tjokro	92,78	97	-4,22	Defect
34	November	B	4	Saemo	93,24	97	-3,76	Defect
35	November	B	1	Saemo	97,67	97	0,67	OK Pass Qc
36	November	A	6	Tjokro	97,33	97	0,33	OK Pass Qc
37	November	B	2	Saemo	96,41	97	-0,59	Defect
38	November	B	3	Saemo	94,63	97	-2,37	Defect

39	November	A	3	Tjokro	97,06	97	0,06	OK Pass Qc
40	November	B	6	Saemo	92,89	97	-4,11	Defect
41	November	A	1	Tjokro	95,94	97	-1,06	Defect
42	November	B	5	Saemo	97,54	97	0,54	OK Pass Qc
43	November	B	1	Saemo	96,23	97	-0,77	Defect
44	November	A	4	Tjokro	93,56	97	-3,44	Defect
45	November	A	2	Tjokro	97,95	97	0,95	OK Pass Qc
46	November	B	4	Saemo	95,8	97	-1,20	Defect
47	November	B	2	Saemo	97,68	97	0,68	OK Pass Qc
48	November	A	5	Tjokro	98,08	97	1,08	OK Pass Qc
49	November	A	3	Tjokro	93,47	97	-3,53	Defect
50	November	A	6	Tjokro	97,52	97	0,52	OK Pass Qc
51	November	B	3	Saemo	94,35	97	-2,65	Defect
52	November	B	6	Saemo	94,98	97	-2,02	Defect
53	November	A	4	Tjokro	95,79	97	-1,21	Defect
54	November	B	4	Saemo	92,46	97	-4,54	Defect
55	November	A	6	Tjokro	98,22	97	1,22	OK Pass Qc
56	November	B	5	Saemo	97,34	97	0,34	OK Pass Qc

Lampiran 4. Tabel Nilai-nilai Pendugaan Standar Deviasi Contoh

Ukuran Contoh (n)	Nilai-nilai d2 untuk Pendugaan S
2	1,128
3	1,693
4	2,059
5	2,326
6	2,534
7	2,704
8	2,847
9	2,97
10	3,078
11	3,173
12	3,258
13	3,336
14	3,407
15	3,472
16	3,532
17	3,588
18	3,64
19	3,689
20	3,735
21	3,778
22	3,819
23	3,858
24	3,895
25	3,931
30	4,086
40	4,322
50	4,498
60	4,639
70	4,755
80	4,854
90	4,939
100	5,015

Lampiran 4. Tabel Konversi DPMO ke Nilai Siga Berdasarkan Konsep Motorola

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
0,00	933.193	0,51	838.913	1,02	684.386	1,53	488.033
0,01	931.888	0,52	836.457	1,03	680.822	1,54	484.047
0,02	930.563	0,53	833.977	1,04	677.242	1,55	480.061
0,03	929.219	0,54	831.472	1,05	673.645	1,56	476.078
0,04	927.855	0,55	828.944	1,06	670.031	1,57	472.097
0,05	926.471	0,56	826.391	1,07	666.402	1,58	468.119
0,06	925.066	0,57	823.814	1,08	662.757	1,59	464.144
0,07	923.641	0,58	821.214	1,09	659.097	1,60	460.172
0,08	922.196	0,59	818.589	1,10	655.422	1,61	456.205
0,09	920.730	0,60	815.940	1,11	651.732	1,62	452.242
0,10	919.243	0,61	813.267	1,12	648.027	1,63	448.283
0,11	917.736	0,62	810.570	1,13	644.309	1,64	444.330
0,12	916.207	0,63	807.850	1,14	640.576	1,65	440.382
0,13	914.656	0,64	805.106	1,15	636.831	1,66	436.441
0,14	913.085	0,65	802.338	1,16	633.072	1,67	432.505
0,15	911.492	0,66	799.546	1,17	629.300	1,68	428.576
0,16	909.877	0,67	796.731	1,18	625.516	1,69	424.655
0,17	908.241	0,68	793.892	1,19	621.719	1,70	420.740
0,18	906.582	0,69	791.030	1,20	617.911	1,71	416.834
0,19	904.902	0,70	788.145	1,21	614.092	1,72	412.936
0,20	903.199	0,71	785.236	1,22	610.261	1,73	409.046
0,21	901.475	0,72	782.305	1,23	606.420	1,74	405.165
0,22	899.727	0,73	779.350	1,24	602.568	1,75	401.294
0,23	897.958	0,74	776.373	1,25	598.706	1,76	397.432
0,24	896.165	0,75	773.373	1,26	594.835	1,77	393.580
0,25	894.350	0,76	770.350	1,27	590.954	1,78	389.739
0,26	892.512	0,77	767.305	1,28	587.064	1,79	385.908
0,27	890.651	0,78	764.238	1,29	583.166	1,80	382.089
0,28	888.767	0,79	761.148	1,30	579.260	1,81	378.281
0,29	886.860	0,80	758.036	1,31	575.345	1,82	374.484
0,30	884.930	0,81	754.903	1,32	571.424	1,83	370.700
0,31	882.977	0,82	751.748	1,33	567.495	1,84	366.928
0,32	881.000	0,83	748.571	1,34	563.559	1,85	363.169
0,33	878.999	0,84	745.373	1,35	559.618	1,86	359.424
0,34	876.976	0,85	742.154	1,36	555.670	1,87	355.691
0,35	874.928	0,86	738.914	1,37	551.717	1,88	351.973
0,36	872.857	0,87	735.653	1,38	547.758	1,89	348.268
0,37	870.762	0,88	732.371	1,39	543.795	1,90	344.578
0,38	868.643	0,89	729.069	1,40	539.828	1,91	340.903
0,39	866.500	0,90	725.747	1,41	535.856	1,92	337.243
0,40	864.334	0,91	722.405	1,42	531.881	1,93	333.598
0,41	862.143	0,92	719.043	1,43	527.903	1,94	329.969
0,42	859.929	0,93	715.661	1,44	523.922	1,95	326.355
0,43	857.690	0,94	712.260	1,45	519.939	1,96	322.758
0,44	855.428	0,95	708.840	1,46	515.953	1,97	319.178
0,45	853.141	0,96	705.402	1,47	511.967	1,98	315.614
0,46	850.830	0,97	701.944	1,48	507.978	1,99	312.067
0,47	848.495	0,98	698.468	1,49	503.989	2,00	308.538
0,48	846.136	0,99	694.974	1,50	500.000	2,01	305.026
0,49	843.752	1,00	691.462	1,51	496.011	2,02	301.532
0,50	841.345	1,01	687.933	1,52	492.022	2,03	298.056

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

Lampiran 4. Tabel Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola (Lanjutan)

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
2,04	294.598	2,55	146.859	3,06	59.380	3,57	19.226
2,05	291.160	2,56	144.572	3,07	58.208	3,58	18.763
2,06	287.740	2,57	142.310	3,08	57.053	3,59	18.309
2,07	284.339	2,58	140.071	3,09	55.917	3,60	17.864
2,08	280.957	2,59	137.857	3,10	54.799	3,61	17.429
2,09	277.595	2,60	135.666	3,11	53.699	3,62	17.003
2,10	274.253	2,61	133.500	3,12	52.616	3,63	16.586
2,11	270.931	2,62	131.357	3,13	51.551	3,64	16.177
2,12	267.629	2,63	129.238	3,14	50.503	3,65	15.778
2,13	264.347	2,64	127.143	3,15	49.471	3,66	15.386
2,14	261.086	2,65	125.072	3,16	48.457	3,67	15.003
2,15	257.846	2,66	123.024	3,17	47.460	3,68	14.629
2,16	254.627	2,67	121.001	3,18	46.479	3,69	16.262
2,17	251.429	2,68	119.000	3,19	45.514	3,70	13.903
2,18	248.252	2,69	117.023	3,20	44.565	3,71	13.553
2,19	245.097	2,70	115.070	3,21	43.633	3,72	13.209
2,20	241.964	2,71	113.140	3,22	42.716	3,73	12.874
2,21	238.852	2,72	111.233	3,23	41.815	3,74	12.545
2,22	235.762	2,73	109.349	3,24	40.929	3,75	12.224
2,23	232.695	2,74	107.488	3,25	40.059	3,76	11.911
2,24	229.650	2,75	105.650	3,26	39.204	3,77	11.604
2,25	226.627	2,76	103.835	3,27	38.364	3,78	11.304
2,26	223.627	2,77	102.042	3,28	37.538	3,79	11.011
2,27	220.650	2,78	100.273	3,29	36.727	3,80	10.724
2,28	217.695	2,79	98.525	3,30	35.930	3,81	10.444
2,29	214.764	2,80	96.801	3,31	35.148	3,82	10.170
2,30	211.855	2,81	95.098	3,32	34.379	3,83	9.903
2,31	208.970	2,82	93.418	3,33	33.625	3,84	9.642
2,32	206.108	2,83	91.759	3,34	32.884	3,85	9.387
2,33	203.269	2,84	90.123	3,35	32.157	3,86	9.137
2,34	200.454	2,85	88.508	3,36	31.443	3,87	8.894
2,35	197.662	2,86	86.915	3,37	30.742	3,88	8.656
2,36	194.894	2,87	85.344	3,38	30.054	3,89	8.424
2,37	192.150	2,88	83.793	3,39	29.379	3,90	8.198
2,38	189.430	2,89	82.264	3,40	28.716	3,91	7.976
2,39	186.733	2,90	80.757	3,41	28.067	3,92	7.760
2,40	184.060	2,91	79.270	3,42	27.429	3,93	7.549
2,41	181.411	2,92	77.804	3,43	26.803	3,94	7.344
2,42	178.786	2,93	76.359	3,44	26.190	3,95	7.143
2,43	176.186	2,94	74.934	3,45	25.588	3,96	6.947
2,44	173.609	2,95	73.529	3,46	24.998	3,97	6.756
2,45	171.056	2,96	72.145	3,47	24.419	3,98	6.569
2,46	168.528	2,97	70.781	3,48	23.852	3,99	6.387
2,47	166.023	2,98	69.437	3,49	23.295	4,00	6.210
2,48	163.543	2,99	68.112	3,50	22.750	4,01	6.037
2,49	161.087	3,00	66.807	3,51	22.215	4,02	5.868
2,50	158.655	3,01	65.522	3,52	21.692	4,03	5.703
2,51	156.248	3,02	64.256	3,53	21.178	4,04	5.543
2,52	153.864	3,03	63.008	3,54	20.675	4,05	5.386
2,53	151.505	3,04	61.780	3,55	20.182	4,06	5.234
2,54	149.170	3,05	60.571	3,56	19.699	4,07	5.085

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

Lampiran 4. Tabel Konversi DPMO ke Nilai Siga Berdasarkan Konsep Motorola (Lanjutan)

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
4,08	4.940	4,59	1.001	5,10	159	5,61	20
4,09	4.799	4,60	968	5,11	153	5,62	19
4,10	4.661	4,61	936	5,12	147	5,63	18
4,11	4.527	4,62	904	5,13	142	5,64	17
4,12	4.397	4,63	874	5,14	136	5,65	17
4,13	4.269	4,64	845	5,15	131	5,66	16
4,14	4.145	4,65	816	5,16	126	5,67	15
4,15	4.025	4,66	789	5,17	121	5,68	15
4,16	3.907	4,67	762	5,18	117	5,69	14
4,17	3.793	4,68	736	5,19	112	5,70	13
4,18	3.681	4,69	711	5,20	108	5,71	13
4,19	3.573	4,70	687	5,21	104	5,72	12
4,20	3.467	4,71	664	5,22	100	5,73	12
4,21	3.364	4,72	641	5,23	96	5,74	11
4,22	3.264	4,73	619	5,24	92	5,75	11
4,23	3.167	4,74	598	5,25	88	5,76	10
4,24	3.072	4,75	577	5,26	85	5,77	10
4,25	2.980	4,76	557	5,27	82	5,78	9
4,26	2.890	4,77	538	5,28	78	5,79	9
4,27	2.803	4,78	519	5,29	75	5,80	9
4,28	2.718	4,79	501	5,30	72	5,81	8
4,29	2.635	4,80	483	5,31	70	5,82	8
4,30	2.555	4,81	467	5,32	67	5,83	7
4,31	2.477	4,82	450	5,33	64	5,84	7
4,32	2.401	4,83	434	5,34	62	5,85	7
4,33	2.327	4,84	419	5,35	59	5,86	7
4,34	2.256	4,85	404	5,36	57	5,87	6
4,35	2.186	4,86	390	5,37	54	5,88	6
4,36	2.118	4,87	376	5,38	52	5,89	6
4,37	2.052	4,88	362	5,39	50	5,90	5
4,38	1.988	4,89	350	5,40	48	5,91	5
4,39	1.926	4,90	337	5,41	46	5,92	5
4,40	1.866	4,91	325	5,42	44	5,93	5
4,41	1.807	4,92	313	5,43	42	5,94	5
4,42	1.750	4,93	302	5,44	41	5,95	4
4,43	1.695	4,94	291	5,45	39	5,96	4
4,44	1.641	4,95	280	5,46	37	5,97	4
4,45	1.589	4,96	270	5,47	36	5,98	4
4,46	1.538	4,97	260	5,48	34	5,99	4
4,47	1.489	4,98	251	5,49	33	6,00	3
4,48	1.441	4,99	242	5,50	32		
4,49	1.395	5,00	233	5,51	30		
4,50	1.350	5,01	224	5,52	29		
4,51	1.306	5,02	216	5,53	28		
4,52	1.264	5,03	208	5,54	27		
4,53	1.223	5,04	200	5,55	26		
4,54	1.183	5,05	193	5,56	25		
4,55	1.144	5,06	185	5,57	24		
4,56	1.107	5,07	179	5,58	23		
4,57	1.070	5,08	172	5,59	22		
4,58	1.035	5,09	165	5,60	21		

Catatan: Tabel konversi ini Mencakup pengeseran 1,5-sigma untuk semua nilai Z

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