



**TESIS BM185407**

**IMPLEMENTASI *LEAN SIX SIGMA*  
DALAM MENINGKATKAN *TOTAL OUTPUT*  
PADA PROSES PRODUKSI *POLYOLS***

IVAN PARTANA  
NRP.09211650016001

DOSEN PEMBIMBING  
Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D

DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI  
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018

## LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**IVAN PARTANA**  
NRP. 09211650016001

Tanggal Ujian : 15 Desember 2018

Periode Wisuda : Maret 2019

Disetujui oleh:

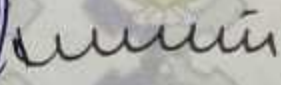
  
1. **Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D** (Pembimbing)  
NIP. 197405081999032001

  
2. **Prof. Dr. Ir. Suparno M.S.I.E** (Penguji)  
NIP. 194807101976031002

  
3. **Dr. Sutikno, S.Si., M.Si.** (Penguji)  
NIP. 197103131997021001

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi,



  
**Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc**  
NIP. 195903181987011001



**TESIS BM185407**

**IMPLEMENTASI *LEAN SIX SIGMA*  
DALAM MENINGKATKAN *TOTAL OUTPUT*  
PADA PROSES PRODUKSI *POLYOLS***

**IVAN PARTANA  
NRP.09211650016001**

**DOSEN PEMBIMBING  
Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D**

**DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI  
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

# **IMPLEMENTASI *LEAN SIX SIGMA* DALAM MENINGKATKAN *TOTAL OUTPUT* PADA PROSES PRODUKSI *POLYOLS***

Nama mahasiswa : Ivan Partana

NRP : 09211650016001

Dosen pembimbing: Putu Dana Karningsih, S.T, M.Eng.Sc, Ph.D

## **ABSTRAK**

PT.XYZ merupakan pabrik pemanis yang memproduksi *sorbitol syrup* dan *maltitol syrup* yang dihasilkan melalui beberapa tahapan proses. Hampir setiap minggu *customer* melakukan perubahan permintaan sehingga fluktuasi permintaan setiap hari nya cukup tinggi. Selain itu permintaan *polyols* terus mengalami peningkatan, sedangkan saat ini kemampuan proses produksi lini *polyols* tidak mampu memenuhi permintaan tersebut sehingga muncul *back order* setiap bulannya. Hal tersebut menuntut perusahaan agar mampu mengelola sistem produksinya secara kontinyu, efektif dan efisien dengan implementasi *lean six sigma* dalam mengidentifikasi *defect* dan *waste*, memperbaiki *defect* dan mengurangi *waste* untuk meningkatkan *total output* produksi.

Identifikasi terhadap *waste* dilakukan dengan menyusun *current state value stream mapping*. Sedangkan identifikasi terhadap *defect* dilakukan dengan bantuan *capability and stability analysis* terhadap proses -proses yang kritical di produksi *polyols*. Data yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan *cause effect diagram*, *5 whys* dan *pareto diagram* sehingga menghasilkan serangkaian rekomendasi perbaikan. Rekomendasi perbaikan tersebut dinilai resiko yang akan timbul dari perubahan yang dilakukan dengan bantuan *risk matrix*. Hasil perbaikan yang telah diterapkan dilakukan evaluasi hasil implementasinya, dikontrol konsistensinya dan diidentifikasi manfaat perbaikannya.

**Kata Kunci:** *Lean Six Sigma, Value Stream Mapping, Capability Analysis, Stability Analysis, Cause Effect Diagram, Pareto Diagram, Histogram, Risk Matrix*

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

# **IMPLEMENTATION OF LEAN SIX SIGMA TO INCREASE TOTAL OUTPUT IN POLYOLS PRODUCTION PROCESS**

Student : Ivan Partana  
Student Identity Number : 09211650016001  
Supervisor : Putu Dana Karningsih, S.T, M.Eng.Sc, Ph.D

## **ABSTRACT**

PT.XYZ is a sweetener factory producing sorbitol syrup and maltitol syrup which are produced through several process steps. Almost every week customers make changes to demand so that the daily demand fluctuations are quite high. In addition, polyols demand continues to increase, while the current polyols production process line are not able to meet the demand so that the back orders appear every month. It requires the company to be able to manage its production system continuously, effectively and efficiently by implementing lean six sigma in identifying defect and waste, fixing defect and reducing waste to increase production total output.

Identification of waste was done by arranging the current state value stream mapping. While the identification of defect was done on critical processes in polyols production with capability and stability analysis. The data obtained was analyzed by using the cause effect diagram, 5 whys, and pareto diagram to produce a series of improvement recommendations. Recommendations for improvement were assessed the risks that will arise from changes made through risk matrix tool. The result of the improvements that have been implemented are evaluated on the implementation, controlled for the result consistency and identified the benefits of improvement.

**Keywords:** Lean Six Sigma, Value Stream Mapping, Capability Analysis, Stability Analysis, Cause Effect Diagram, Pareto Diagram, Histogram, Risk Matrix

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul **“Implementasi Lean Six Sigma Dalam Meningkatkan Total Output Pada Proses Produksi Polyols”**. Tesis ini diajukan untuk memenuhi prasyarat untuk menyelesaikan studi magister di Program Studi Magister Manajemen Teknologi, Konsentrasi Manajemen Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyelesaian Tesis ini, penulis telah mendapatkan banyak dukungan moral maupun material dari banyak pihak. Atas bantuan yang telah diberikan penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Istri penulis yang bernama Irine Paulina, yang telah mendukung dan memberikan semangat serta mendoakan penulis dalam menulis Tesis ini.
2. Kedua orang tua penulis yaitu bapak Njoo Ie Tik dan ibu Ulan Andriyani, yang telah mendukung dan mendoakan penulis dalam menulis Tesis ini.
3. Bapak Dr. Tech, Ir. R. V. Hari Ginardi, M.Sc. selaku Kepala Program Studi Bidang Akademik.
4. Ibu Putu Dana Karningsih, S.T, M.Eng.Sc, Ph.D selaku dosen pembimbing Tesis yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam memberikan bimbingan, arahan, dan ilmu pengetahuan.
5. Seluruh dosen pengajar yang telah memberikan pengajaran dan ilmu yang begitu banyak. Serta seluruh civitas MMT-ITS yang telah banyak membantu dalam berbagai hal selama masa perkuliahan. Terima kasih atas ilmu yang telah diajarkan kepada penulis.
6. Teman-teman Manajemen Industri Eksekutif angkatan 2017 dan sahabat-sahabat penulis yang selalu memotivasi, mengingatkan, memberi masukan, dan selalu memberi suntikan semangat kepada penulis dalam penyusunan Tesis ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak memberikan berbagai macam bantuan dalam penyusunan Tesis ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tesis ini masih banyak kekurangan baik format laporan maupun isinya. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga Tesis ini dapat bermanfaat baik bagi pembaca maupun penulis, amin.

Surabaya, 15 Desember 2018

Ivan Partana

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Penelitian .....	6
1.6 Asumsi.....	7
1.7 Sistematika Penulisan.....	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1 <i>Value Stream Mapping</i> .....	9
2.2 <i>Lean Production</i> .....	12
2.3 Pemborosan ( <i>Waste</i> ).....	14
2.4 <i>Lean Tools</i> .....	18
2.5 <i>Six Sigma</i> .....	20
2.6 Tujuh Alat Kontrol Kualitas ( <i>7 QC Tools</i> ).....	25
2.7 <i>Risk Assessment</i> .....	29
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	33
3.1 <i>Define</i> .....	35
3.1.1 Studi Literatur .....	35

3.1.2	Studi Lapangan .....	35
3.1.3	Identifikasi Masalah .....	35
3.2	<i>Measure</i> .....	36
3.2.1	Pengumpulan Data .....	36
3.2.2	Studi Penyimpangan Data <i>Output</i> Terhadap <i>Target</i> .....	36
3.2.3	Penyusunan Standar Kerja .....	37
3.2.4	Penyusunan <i>Value Stream Mapping</i> .....	37
3.3	<i>Analyze</i> .....	37
3.3.1	Analisa dan Identifikasi <i>Waste</i> .....	37
3.3.2	Analisa Variasi Data .....	38
3.3.3	Identifikasi Akar Penyebab <i>Waste</i> & Variabilitas .....	38
3.4	<i>Improve</i> .....	39
3.4.1	Formulasi Rekomendasi Perbaikan .....	39
3.4.2	Analisa Resiko .....	39
3.4.3	Implementasi Perbaikan .....	40
3.4.4	Evaluasi Perbaikan .....	40
3.4.5	Evaluasi Standar Kerja .....	41
3.5	<i>Control</i> .....	41
3.5.1	Kontrol Stabilitas <i>Output</i> .....	41
3.5.2	Identifikasi Manfaat Perbaikan .....	41
3.6	Kesimpulan dan Saran .....	41
<b>BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>		<b>43</b>
4.1	Gambaran Umum Perusahaan .....	43
4.1.1	Sejarah Singkat Perusahaan .....	43
4.1.2	Struktur Organisasi .....	45
4.1.3	Proses Bisnis .....	46

4.2	Proses Produksi .....	48
4.3	Data Produksi .....	51
4.3.1	Data Primer .....	51
4.3.2	Data Sekunder .....	51
4.4	<i>Define</i> .....	52
4.5	<i>Measure</i> .....	53
4.5.1	Pengumpulan Data .....	53
4.5.2	Studi Penyimpangan Data Output Terhadap Target .....	54
4.5.3	Penyusunan Standar Kerja .....	55
4.5.4	Penyusunan <i>Value Stream Mapping</i> .....	60
4.5.5	Perhitungan Kapabilitas Proses.....	64
4.5.6	Uji Stabilitas <i>Flow</i> pada <i>Evaporation</i> .....	73
BAB 5 ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		77
5.1	<i>Analyze</i> .....	77
5.1.1	Analisa dan Identifikasi <i>Waste</i> .....	77
5.1.2	Analisa Variasi Data Proses .....	78
5.1.3	Identifikasi Akar Penyebab <i>Waste</i> & Variabilitas .....	79
5.2	<i>Improve</i> .....	94
5.2.1	Formulasi Rekomendasi Perbaikan.....	95
5.2.2	Analisa Resiko .....	102
5.2.3	Implementasi Perbaikan .....	102
5.2.4	Evaluasi Perbaikan .....	105
5.2.5	Evaluasi Standar Kerja.....	122
5.3	<i>Control</i> .....	124
5.3.1	Kontrol Stabilitas <i>Output</i> .....	124
5.3.2	Identifikasi Manfaat Perbaikan .....	126

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....	131
6.1 Kesimpulan.....	131
6.2 Saran.....	133
DAFTAR PUSTAKA .....	135
Lampiran 1 Hasil <i>Brainstorming</i> .....	137
Lampiran 2 Hasil Temuan Observasi (Pengamatan) Langsung.....	138
Lampiran 2 (Lanjutan) Hasil Temuan Observasi (Pengamatan) Langsung.....	139
Lampiran 2 (Lanjutan) Hasil Temuan Observasi (Pengamatan) Langsung.....	140
Lampiran 3 Data <i>Liquefaction</i> .....	141
Lampiran 4 Data <i>Saccharification</i> .....	142
Lampiran 4 (Lanjutan) Data <i>Saccharification</i> .....	143
Lampiran 5 Data <i>Hydrogenation</i> .....	144
Lampiran 5 (Lanjutan) Data <i>Hydrogenation</i> .....	145
Lampiran 6 Data <i>Evaporation</i> .....	146
Lampiran 6 (Lanjutan) Data <i>Evaporation</i> .....	147
Lampiran 7 Data Perencanaan dan <i>Output</i> Harian Produksi .....	148
Lampiran 7 (Lanjutan) Data Perencanaan dan <i>Output</i> Harian Produksi .....	149
Lampiran 7 (Lanjutan) Data Perencanaan dan <i>Output</i> Harian Produksi .....	150
Lampiran 7 (Lanjutan) Data Perencanaan dan <i>Output</i> Harian Produksi .....	151
Lampiran 8 Standar Parameter Proses Kritisal.....	152
Lampiran 9 Contoh Standar Prosedur Kerja .....	153
Lampiran 10 Contoh Rencana Pengendalian Operasi.....	154
Lampiran 11 Acuan Rating Penilaian Standar Kerja (Standar Kondisi Operasi)	155
Lampiran 11 (Lanjutan) Acuan Rating Penilaian Standar Kerja (Standar Prosedur Kerja) .....	156
Lampiran 11 (Lanjutan) Acuan Rating Penilaian Standar Kerja (Rencana Pengendalian Operasi) .....	157
Lampiran 11 (Lanjutan) Acuan Rating Penilaian Standar Kerja (Prosedur Penyelesaian Masalah) .....	158
Lampiran 11 (Lanjutan) Acuan Rating Penilaian Standar Kerja (Struktur Komunikasi Shift & Tindak Lanjut Kinerja Shift) .....	159

Lampiran 12 Data Temperatur <i>Sacchari</i> Setiap <i>Batch</i> .....	160
Lampiran 12 (Lanjutan) Data Temperatur <i>Sacchari</i> Setiap <i>Batch</i> .....	161
Lampiran 13 Pengelompokkan Waktu Reaksi <i>Hydrogenation</i> Berdasarkan Tahapan Proses .....	162
Lampiran 13 (Lanjutan) Pengelompokkan Waktu Reaksi <i>Hydrogenation</i> Berdasarkan Tahapan Proses .....	163
Lampiran 13 (Lanjutan) Pengelompokkan Waktu Reaksi <i>Hydrogenation</i> Berdasarkan Tahapan Proses .....	164
Lampiran 13 (Lanjutan) Pengelompokkan Waktu Reaksi <i>Hydrogenation</i> Berdasarkan Tahapan Proses .....	165
Lampiran 14 Hasil Kualitas <i>Reducing Sugar</i> pada Tiap <i>Batch</i> .....	166
Lampiran 15 Pengujian Regresi pada Proses <i>Hydrogenation</i> .....	167
Lampiran 16 Data pH, Temperatur, dan EC pada tiap <i>Batch Hydrogenation</i> ....	168
Lampiran 16 (Lanjutan) Data pH, Temperatur, dan EC pada tiap <i>Batch</i> <i>Hydrogenation</i> .....	169
Lampiran 16 (Lanjutan) Data pH, Temperatur, dan EC pada tiap <i>Batch</i> <i>Hydrogenation</i> .....	170
Lampiran 17 Analisa Resiko pada Setiap Aktivitas Perbaikan.....	171
Lampiran 17 (Lanjutan) Analisa Resiko pada Setiap Aktivitas Perbaikan.....	172
Lampiran 18 Mitigasi Resiko pada Setiap Aktivitas Perbaikan .....	173
Lampiran 18 (Lanjutan) Mitigasi Resiko pada Setiap Aktivitas Perbaikan.....	174
Lampiran 19 Contingency Plan Terhadap Resiko pada Setiap Aktivitas Perbaikan .....	175
Lampiran 19 (Lanjutan) Contingency Plan Terhadap Resiko pada Setiap Aktivitas Perbaikan.....	176
Lampiran 20 Data <i>Liquefaction (Improvement)</i> .....	177
Lampiran 21 Data <i>Saccharification (Improvement)</i> .....	178
Lampiran 21 (Lanjutan) Data <i>Saccharification (Improvement)</i> .....	179
Lampiran 21 (Lanjutan) Data <i>Saccharification (Improvement)</i> .....	180
Lampiran 22 Data <i>Hydrogenation (Improvement)</i> .....	181
Lampiran 22 (Lanjutan) Data <i>Hydrogenation (Improvement)</i> .....	182
Lampiran 22 (Lanjutan) Data <i>Hydrogenation (Improvement)</i> .....	183

Lampiran 23 Data <i>Evaporation (Improvement)</i> .....	184
Lampiran 23 (Lanjutan) Data <i>Evaporation (Improvement)</i> .....	185
Lampiran 23 (Lanjutan) Data <i>Evaporation (Improvement)</i> .....	186
Lampiran 24 Data Perencanaan dan <i>Output</i> Harian Produksi Bulan Juli 2018 – September 2018.....	187
Lampiran 24 (Lanjutan) Data Perencanaan dan <i>Output</i> Harian Produksi Bulan Juli 2018 – September 2018.....	188
Lampiran 25 Contoh Prosedur Penyelesaian Masalah.....	189
Lampiran 26 <i>Defect Impact Prioritization Table</i> .....	190



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Value Stream Mapping</i> .....	9
Gambar 2.2 Simbol-simbol <i>Value Stream Mapping</i> .....	11
Gambar 2.3 <i>Seven Waste</i> .....	17
Gambar 2.4 Model Dasar Hubungan Antar <i>Waste</i> .....	18
Gambar 2.5 Distribusi Normal pada <i>Six Sigma</i> .....	22
Gambar 2.6 Metodologi DMAIC.....	24
Gambar 2.7 Q1 dan Q3 Sebagai Penentu Nilai SF .....	25
Gambar 2.8 <i>Cause &amp; Effect Diagram</i> .....	26
Gambar 2.9 <i>Histogram</i> .....	27
Gambar 2.10 <i>Scatter Diagram</i> .....	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (lanjutan).....	34
Gambar 4.1 Struktur Organisasi Proses Produksi.....	45
Gambar 4.2 Proses Bisnis PT.XYZ.....	47
Gambar 4.3 Proses Produksi <i>Polyols</i> PT.XYZ.....	49
Gambar 4.4 <i>Total Output</i> Produksi <i>Polyols</i> Bulan Juni 2017 – Mei 2018.....	52
Gambar 4.5 Penyimpangan <i>Output</i> Harian Produksi Terhadap Target Harian...	54
Gambar 4.6 <i>Current State Value Stream Mapping</i> .....	61
Gambar 4.7 Uji Kapabilitas Parameter pH.....	65
Gambar 4.8 Uji Kapabilitas Parameter Temperatur.....	66
Gambar 4.9 Uji Kapabilitas Parameter Selisih Tekanan.....	67
Gambar 4.10 Uji Kapabilitas Parameter <i>Iodine</i> .....	68
Gambar 4.11 Uji Kapabilitas Parameter DP1.....	69
Gambar 4.12 Uji Kapabilitas Parameter <i>Nickel Dosage</i> .....	70
Gambar 4.13 Uji Kapabilitas Parameter Waktu Reaksi <i>Hydrogenation</i> .....	71
Gambar 4.14 Uji Kapabilitas Parameter <i>Flow</i> Mesin <i>Evaporator</i> 1.....	72
Gambar 4.15 Uji Kapabilitas Parameter <i>Flow</i> Mesin <i>Evaporator</i> 2.....	73
Gambar 4.16 Uji Kapabilitas Parameter <i>Flow</i> Mesin <i>Evaporator</i> 3.....	74
Gambar 4.17 Uji Stabilitas <i>Flow</i> Mesin <i>Evaporator</i> 1.....	74

Gambar 4.18 Uji Stabilitas <i>Flow</i> Mesin <i>Evaporator</i> 2.....	75
Gambar 4.19 Uji Stabilitas <i>Flow</i> Mesin <i>Evaporator</i> 3.....	76
Gambar 5.1 <i>Cause Effect Diagram</i> Penyebab Variasi Tinggi pH <i>Liquefaction</i> ...	80
Gambar 5.2 Komponen <i>Jet Cooker</i> .....	81
Gambar 5.3 Komponen <i>Combining Tube</i> pada <i>Jet Cooker</i> .....	82
Gambar 5.4 Uji Kapabilitas Parameter Temperatur <i>Sacchari</i> .....	84
Gambar 5.5 Uji Kapabilitas Parameter Tahap Proses <i>Charging</i> .....	85
Gambar 5.6 <i>Cause Effect Diagram</i> Penyebab Lamanya Waktu Proses <i>Charging</i> .....	86
Gambar 5.7 Uji Kapabilitas Parameter pH <i>Hydrogenation</i> .....	89
Gambar 5.8 Uji Kapabilitas Parameter Temperatur <i>Hydrogenation</i> .....	89
Gambar 5.9 Uji Kapabilitas Parameter EC <i>Hydrogenation</i> .....	90
Gambar 5.10 <i>Cause Effect Diagram</i> Penyebab pH <i>Hydrogenation</i> tidak Stabil.	91
Gambar 5.11 <i>Pareto Diagram</i> Penyebab pH <i>Hydrogenation</i> tidak Stabil.....	92
Gambar 5.12 Analisa 5 <i>Whys</i> Terhadap Penyebab pH <i>Hydrogenation</i> tidak Stabil.....	92
Gambar 5.13 <i>Cause Effect Diagram</i> Penyebab Rendahnya <i>Flow Evaporator</i> ...	93
Gambar 5.14 Analisa 5 <i>Whys</i> Terhadap Penyebab Kinerja <i>Evaporator</i> tidak Optimal.....	94
Gambar 5.15 <i>Future State Value Stream Mapping</i> .....	100
Gambar 5.16 Uji Kapabilitas Parameter pH <i>Liquefaction (Improvement)</i> .....	105
Gambar 5.17 Uji Kapabilitas Parameter Temperatur <i>Liquefaction</i> <i>(Improvement)</i> .....	106
Gambar 5.18 Uji Kapabilitas Parameter Selisih Tekanan <i>Liquefaction</i> <i>(Improvement)</i> .....	107
Gambar 5.19 Uji Kapabilitas Parameter <i>Iodine (Improvement)</i> .....	107
Gambar 5.20 Uji Kapabilitas Parameter Temperatur <i>Saccharification</i> <i>(Improvement)</i> .....	108
Gambar 5.21 Uji Kapabilitas Parameter DP1 <i>Saccharification (Improvement)</i>	109
Gambar 5.22 Uji Kapabilitas Parameter pH <i>Hydrogenation (Improvement)</i> ....	110
Gambar 5.23 Uji Kapabilitas Parameter Total Waktu Reaksi <i>(Improvement)</i> ...	111
Gambar 5.24 Uji Kapabilitas Parameter Waktu <i>Charging (Improvement)</i> .....	111

Gambar 5.25 Uji Kapabilitas Parameter <i>Flow Evaporator 1 (Improvement)</i> ....	112
Gambar 5.26 Uji Kapabilitas Parameter <i>Flow Evaporator 2 (Improvement)</i> ....	113
Gambar 5.27 Uji Kapabilitas Parameter <i>Flow Evaporator 3 (Improvement)</i> ....	113
Gambar 5.28 Uji Stabilitas <i>Flow Mesin Evaporator 1 (Improvement)</i> .....	114
Gambar 5.29 Uji Stabilitas <i>Flow Mesin Evaporator 2 (Improvement)</i> .....	115
Gambar 5.30 Uji Stabilitas <i>Flow Mesin Evaporator 3 (Improvement)</i> .....	115
Gambar 5.31 Penyimpangan <i>Output</i> Harian Produksi Terhadap Target Harian Bulan Juli 2018 ( <i>Improvement</i> ).....	116
Gambar 5.32 Penyimpangan <i>Output</i> Harian Produksi Terhadap Target Harian Bulan Agustus 2018 ( <i>Improvement</i> ).....	117
Gambar 5.33 Penyimpangan <i>Output</i> Harian Produksi Terhadap Target Harian Bulan September 2018 ( <i>Improvement</i> ).....	117
Gambar 5.34 Contoh Tampilan <i>Dashboard Monitor</i> .....	125
Gambar 5.35 Tampilan Standar Komunikasi.....	126

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan <i>PDCA</i> dengan 7 <i>QC Tools</i> .....	29
Tabel 2.2 <i>Risk Matrix</i> .....	30
Tabel 4.1 Daftar Data Sekunder .....	53
Tabel 4.2 Acuan <i>Rating</i> Penilaian Standar Kerja (Standar Kondisi Operasi)..	57
Tabel 4.3 Penilaian <i>Rating</i> Standar Kerja .....	59
Tabel 4.4 Perhitungan <i>Net Flow</i> dan <i>Process Time</i> Dari <i>Current State VSM</i> .....	62
Tabel 5.1 Rangkuman Pengujian Kapabilitas Proses .....	78
Tabel 5.2 Rangkuman Pengujian <i>Stability Factor</i> .....	79
Tabel 5.3 Kekuatan Hubungan Korelasi (Sarwono, 2006) .....	84
Tabel 5.4 Frekuensi Terjadinya Penyebab pH <i>Hydrogenation</i> tidak Stabil .....	91
Tabel 5.5 <i>Action Plan List</i> .....	99
Tabel 5.6 Perhitungan <i>Net Flow</i> dan <i>Process Time</i> Dari <i>Future State VSM</i> .....	101
Tabel 5.7 <i>Risk Assessment Matrix</i> (Pre-Mitigasi) .....	103
Tabel 5.8 <i>Risk Assessment Matrix</i> (Setelah Mitigasi) .....	104
Tabel 5.9 Rangkuman Perbandingan Kapabilitas Sebelum dan Sesudah <i>Improvement</i> .....	118
Tabel 5.10 Rangkuman Perbandingan Stabilitas dan Rata - rata <i>Flow</i> Sebelum dan Sesudah <i>Improvement</i> .....	119
Tabel 5.11 Rangkuman Perbandingan Penyimpangan <i>Output</i> Harian Produksi Terhadap Target Harian .....	120
Tabel 5.12 Rangkuman Perbandingan <i>Total Output</i> Setiap Bulan Sebelum dan Sesudah <i>Improvement</i> .....	121
Tabel 5.13 Penilaian <i>Rating</i> Standar kerja ( <i>Improvement</i> ) .....	123
Tabel 5.14 <i>Control Plan</i> .....	124
Tabel 5.15 Perhitungan Manfaat Finansial – Peluang Pasar .....	127
Tabel 5.16 Perhitungan Manfaat Finansial – Penghematan Listrik .....	127
Tabel 5.17 Perhitungan Total Manfaat Finansial .....	128

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Penelitian

Perkembangan kebutuhan sehari – hari manusia terus meningkat sehingga potensi pasar dunia juga semakin meningkat. Seiring dengan perkembangan tersebut, persaingan dalam pemenuhan kebutuhan *customer* terus meningkat pesat. Kemampuan setiap perusahaan dalam pemenuhan kebutuhan *customer* dan pemenuhan permintaan terhadap produk yang berkualitas dan kompetitif perlu terus ditingkatkan. Oleh karena itu setiap perusahaan harus bisa mengurangi biaya produksi untuk dapat menetapkan harga yang bersaing dengan tetap mempertahankan kualitas produk yang baik. Pengurangan biaya tersebut dapat dilakukan dengan meningkatkan efisiensi produksi dan meningkatkan *total output* produksi. Peningkatan *output* produksi dapat dilakukan dengan mengidentifikasi proses yang dapat memberi nilai tambah (*added value*), mengurangi berbagai pemborosan (*waste*) yang muncul dalam proses produksi, memperpendek *lead time* proses dan meningkatkan kualitas proses dan produk.

PT.XYZ merupakan suatu perusahaan yang menyediakan produk pangan, pakan ternak, pertanian, jasa keuangan dan produk – produk industri lainnya. Dengan pengalaman selama lebih dari 150 tahun, PT.XYZ telah berkembang dan bertumbuh bersama pemasok, pemerintah, dan masyarakat. PT.XYZ memiliki beberapa bidang usaha diantaranya adalah bahan pangan dan bio industri (*Food Ingredients & Bio-Industrial*), nutrisi hewan (*Animal Nutrition*), protein & garam (*Protein & Salt*), rantai pasok pertanian (*Agricultural Supply Chain*), logam & pengiriman (*Metal & Shipping*).

PT.XYZ merupakan bagian dari bidang usaha perusahaan pusat di bahan pangan dan bio industri (*Food Ingredients & Bio-Industrial*). PT.XYZ berdiri pada tahun 1983 dengan lokasi perusahaan yang tersebar di Way Bungur, Pandaan, dan Cikande. PT.XYZ yang berlokasi di Pandaan dan Cikande merupakan pabrik pemanis (*sweetener factories*) yang memproduksi *sorbitol syrup*, *maltitol syrup*,

*maltose syrup, dextrose monohydrate, maltodextrine, dan cold water swelling starch.*

PT.XYZ memasarkan produknya ke lebih dari 70 negara. Pangsa pasar PT.XYZ adalah *business to business* (B2B) dimana perusahaan menawarkan produknya ke pelaku bisnis dibidang makanan dan *consumer goods* lainnya. Pemanis yang dihasilkan PT.XYZ digunakan sebagai bahan pemanis pada produk seperti krim, permen, pasta gigi, kue, coklat, dan lain – lain.

Produk yang memiliki pasar paling besar hingga saat ini adalah *polyols*. *Polyols* merupakan produk pemanis kelas atas yang digunakan oleh *customer* kelas dunia. Permintaan pasar terhadap *polyols* terus meningkat sehingga peluang pasarnya semakin besar. Dengan meningkatnya permintaan *polyols*, maka perusahaan harus semakin bisa meningkatkan daya saing nya baik dari kemampuan proses, konsistensi kualitas, dan produktivitas mesin. Peningkatan pasar *polyols* yang paling signifikan adalah pada *sorbitol* dan *maltitol*.

PT.XYZ menerapkan sistem *make to order* terhadap permintaan *customer*. Akan tetapi, perusahaan tetap menggunakan peramalan (*forecasting*) dalam periode 2 tahun dan di *review* permintaan *customer* setiap bulannya. Meskipun demikian, kenyataannya hampir setiap minggu *customer* melakukan perubahan permintaan sehingga fluktuasi permintaan setiap hari nya cukup tinggi. Oleh karena itu, perusahaan harus dapat memproduksi *polyols* dengan *total output* yang lebih tinggi daripada permintaan *customer* sehingga masih terdapat persediaan (*stock*) untuk mengantisipasi fluktuasi harian pada permintaan *customer*.

Pada tahun 2017 terlihat peningkatan volume permintaan dibandingkan *total output* produksi *polyols*. Permintaan *polyols* terus meningkat, sedangkan saat ini kemampuan proses produksi lini *polyols* hanya mampu menghasilkan rata – rata sebesar 7859 ton per bulan dimana rata – rata *output* per harinya adalah 271 ton per hari. Sedangkan rata – rata permintaan pasar dalam sebulan adalah 10583 ton per bulan (dibutuhkan rata – rata 365 ton per hari), sehingga setiap bulannya selalu muncul *back order* setiap bulannya. Sedangkan kapasitas maksimum dari lini produksi *polyols* adalah sebesar 420 ton per hari. Dengan kapasitas produksi sebesar itu, seharusnya tidak muncul *back order* setiap bulannya.

Perbedaan antara produk *sorbitol* dan *maltitol* terletak pada bahan yang akan dihidrogenasi, *sorbitol* menggunakan bahan *dextrose* dan *maltitol* menggunakan bahan *maltose*. Produk *polyols* memerlukan beberapa tahapan proses produksi mulai dari *starch* hingga menjadi *dextrose* / *maltose* dan proses hidrogenasi bahan hingga akhirnya menjadi *sorbitol* / *maltitol*.

Proses – proses kritis yang berpengaruh besar terhadap kelancaran proses yaitu *liquefaction*, *saccharification*, *hydrogenation* dan *evaporation*. Berdasarkan observasi awal, produksi *polyols* mengalami kendala di proses *liquefaction* dimana kualitas hasil *dextrin* tidak konsisten sehingga terjadi *delay* pemenuhan kebutuhan *dextrin* untuk proses *saccharification*. Ketika hasilnya memiliki kualitas yang tidak sesuai dengan kebutuhan proses *saccharification*, maka hasil proses tersebut akan dikembalikan ke proses *slurrification* (*rework*). Selain itu, proses *Saccharification* juga sering mengalami kecacatan kualitas hasil proses sehingga hasilnya harus di proses ulang ke *slurrification*. Hal ini tentunya membuat munculnya biaya tambahan dan *delay* terhadap pemenuhan kebutuhan proses *filtration* sehingga menyebabkan proses berikutnya terhambat juga.

Rendahnya kualitas yang dihasilkan dari kedua proses tersebut dalam menghasilkan *dextrose* dan *maltose*, menyebabkan proses *hydrogenation* tidak dapat produksi secara kontinyu, efektif dan efisien. Saat ini proses *hydrogenation* dilakukan dengan :

1. Untuk mengatasi beberapa hasil *dextrose* dan *maltose* dengan kualitas rendah, proses *hydrogenation* dilakukan dengan reaksi yang panjang dan penggunaan *catalyst* yang banyak, sehingga dapat tetap menghasilkan *sorbitol* dan *maltitol* dengan kualitas yang memenuhi standar minimum dari spesifikasi *customer*.
2. Akan tetapi, sebagian dari *dextrose* dan *maltose* yang memiliki kualitas sangat rendah tetap tidak dapat di gunakan dalam proses *hydrogenation* karena meskipun WIP tetap digunakan, maka akan menghasilkan *sorbitol* dan *maltitol* dengan kualitas dibawah spesifikasi *customer*.

Kondisi – kondisi tersebut memberikan pemborosan (*waste*) berupa *overprocessing*, *waiting* dan *defects*, serta menghambat kelancaran kontinuitas proses produksi *sorbitol* dan *maltitol*, sehingga terjadi keterlambatan pengiriman.



Keterlambatan ini menyebabkan perusahaan mengalami kerugian berupa penalti dari *customer* yang bisa mencapai 2 milyar rupiah untuk setiap keterlambatan dan kredibilitas (*image*) perusahaan yang memburuk di mata *customer*. Selain itu, permasalahan tersebut dapat menyebabkan kapasitas produksi menjadi menurun dan utilitas beberapa mesin menjadi rendah.

Terdapat bermacam metodologi yang tersedia dalam peningkatan proses, diantaranya *Six Sigma*, *Lean Management*, *Lean Six Sigma*, *Agile Management*, *Re-engineering*, *Total Quality Management*, *Just-In-Time*, *Kaizen*, *Hoshin Planning*, *Poka-Yoke*, *Design of Experiments*, dan *Process Excellence* (Gershon, 2018). TQM fokus pada peran manajemen dalam peningkatan berkelanjutan dan tidak membutuhkan tim untuk mengerjakan suatu proyek. Selain itu, TQM tidak pernah mendefinisikan metodologi preskriptif dengan serangkaian tahapan dalam implementasinya. Sedangkan *Six Sigma* fokus pada peran pemegang *belts*, *champion*, dan *sponsor* dengan membentuk tim proyek. Tim proyek melaksanakan peningkatan berkelanjutan melalui serangkaian tahapan DMAIC dengan menggunakan perhitungan statistika yang kompleks (Gershon, 2018).

Oleh karena itu, *Six Sigma* memiliki seluruh metode pada TQM dan memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh TQM. Kombinasi *Lean* dan *Six Sigma* terbukti merupakan pendekatan yang terbaik yang pernah dikembangkan hingga saat ini. *Lean Six Sigma* memiliki *tools* yang banyak dengan mempertimbangkan berbagai situasi untuk mencapai hasil peningkatan proses yang lebih cepat dibandingkan dengan *Six Sigma* itu sendiri (Gershon, 2018).

Penerapan *Lean Six Sigma* di *food industry* bermanfaat dalam peningkatan proses / produk seperti yang sudah diterapkan dalam jurnal *Lean Six Sigma* oleh George Besseris (2014). *Lean Six Sigma* diterapkan dalam optimalisasi proses pencampuran dan pembuatan pasta coklat sehingga meminimalkan percobaan terhadap jalannya produksi yang dapat mengurangi *machinery availability*. Hasilnya, *Lean Six Sigma* berhasil dalam eliminasi *muda* dengan seleksi dan optimalisasi parameter dalam satu langkah, pengecekan yang lebih singkat dengan *handling* yang baik, dan analisa parameter melalui data masa lalu produk (Besseris, 2014). Oleh karena itu, *Lean Six Sigma* merupakan pendekatan menyeluruh yang dibutuhkan PT.XYZ dalam meningkatkan *output* pada proses produksi *polyols*.

*Lean management* merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengurangi *waste*. Sedangkan *Six Sigma* merupakan suatu metode untuk meminimalkan variabilitas dan probabilitas terjadinya kecacatan produk. Oleh karena itu, untuk menyelesaikan permasalahan pada PT.XYZ digunakan integrasi metode *Lean Six Sigma*. Metode ini menggabungkan antara *Lean Production* dan *Six Sigma* melalui konsep DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dengan *lean tools* untuk menyelesaikan permasalahan yang teridentifikasi dalam setiap proses. Dengan demikian diharapkan pemborosan (*waste*) yang terjadi dapat dihilangkan dan kualitas yang dihasilkan pada setiap tahapan proses menjadi baik dan konsisten sehingga dapat meningkatkan *total output* produksi dan meningkatkan kepuasan *customer*.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, maka pokok permasalahan yang ingin dibahas dalam penelitian ini adalah meningkatkan *total output* produksi untuk memenuhi permintaan *customer* yang meningkat dengan mengurangi atau menghilangkan kecacatan (*defect*) dan pemborosan (*waste*) yang terjadi.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Sesuai dengan perumusan masalah yang akan dibahas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengoptimalkan aliran proses produksi *polyols*.
2. Menentukan standar parameter proses dan target produksi *polyols*.
3. Mengidentifikasi *defect* dan *waste* yang menyebabkan variasi *output* dalam proses produksi *polyols*.
4. Memperbaiki *defect* dan mengurangi / menghilangkan *waste* yang muncul dalam proses produksi *polyols*.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui jenis *defect* dan *waste* penyebab terbesar rendahnya *output* produksi sehingga penyebab – penyebab tersebut dapat dikendalikan.

2. Dengan mengendalikan *defect* dan *waste* yang ada, diharapkan proses produksi *polyols* menjadi lebih produktif, efektif dan efisien.
3. Mengetahui tingkat pencapaian utilitas mesin perusahaan saat ini dan setelah dilakukan perbaikan.
4. Peningkatan *total output* produksi *polyols* dapat memenuhi permintaan *customer* tepat jumlah dan tepat waktu dengan meminimalkan *delay* dalam proses produksi *polyols*.
5. Stabilitas *output* harian produksi *polyols* berdampak pada pengurangan biaya sumber daya yang digunakan sehingga keuntungan perusahaan meningkat.
6. Meningkatkan utilitas mesin sehingga dapat memaksimalkan kapasitas produksi *polyols*.

### **1.5 Batasan Penelitian**

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini supaya penelitian lebih fokus dan terarah adalah sebagai berikut:

1. Permasalahan yang diambil adalah permasalahan yang terjadi pada proses produksi di PT.XYZ yang berlokasi di Raya Gempol, Pandaan, Jawa Timur, Indonesia.
2. Penelitian ini mengambil objek produk yang dihasilkan oleh PT.XYZ yaitu seluruh lini produksi *sorbitol* dan *maltitol (polyols)*.
3. Proses yang dibahas hanya proses – proses kritis yang berpengaruh besar terhadap kelancaran proses yaitu *liquefaction*, *saccharification*, *hydrogenation* dan *evaporation*.
4. Data yang digunakan adalah data tahun 2017 dan data tahun 2018 sebagai perbandingan upaya peningkatan *total output* produksi *polyols*.
5. Perencanaan *shutdown* terjadwal tidak termasuk dalam perhitungan kestabilan *output* produksi *polyols*.
6. *Emergency shutdown* (misalnya fasilitas listrik dari PLN mengalami gangguan, dan lain – lain) merupakan suatu kejadian yang diluar terkendali sehingga tidak dimasukkan dalam perhitungan kestabilan *output* produksi *polyols*.

7. *Material* yang akan digunakan adalah material yang kualitas nya bagus dan telah lolos pengecekan *incoming inspection* bagian *quality control*.
8. Analisa keuangan tidak masuk dalam lingkup penelitian karena biaya – biaya yang akan timbul selama penerapan *Lean Six Sigma* adalah biaya – biaya yang tidak sebesar keuntungan yang didapat dari peningkatan *total output* produksi *polyols*.

## **1.6 Asumsi**

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah kebijakan manajemen perusahaan tidak mengalami perubahan signifikan dimana proses produksi *polyols* tetap berjalan sesuai kondisi normal. Selain itu, seluruh data yang diperoleh diasumsikan berdistribusi normal.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Dalam memahami isi penulisan maka hasil penelitian disusun dengan penulisan yang sistematis. Sistematika penulisan pada penelitian ini terdiri dari:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini mendeskripsikan secara singkat tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian dan asumsi, serta sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan tentang metode yang akan digunakan yaitu *Value Stream Mapping*, *Lean Production*, *Six Sigma*, serta landasan teori terkait dengan metode analisa data.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini mendeskripsikan tentang tahapan – tahapan penelitian dan jenis penelitian yang digunakan, teknik analisa yang digunakan, metode pengumpulan data, pengolahan data, dan analisa data.

#### BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menguraikan tentang langkah-langkah pengumpulan data dan pengolahan data yang telah dikumpulkan. Data yang dikumpulkan adalah data primer dan data sekunder. Data – data ini meliputi profil perusahaan, produk, proses produksi, mesin, peralatan dan permasalahan yang terjadi. Data – data yang berhasil didapatkan akan diolah sesuai konsep DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dalam *Six Sigma* dengan menyelesaikan permasalahan didalamnya menggunakan *lean tools*.

#### BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi uraian mengenai analisa dari data yang telah diolah untuk memperoleh pencapaian hasil akhir yang diharapkan *total output* produksi meningkat hingga kontrol yang dilakukan untuk memantau kondisi proses.

#### BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian dari analisa yang telah dilakukan berupa rangkuman dan ringkasan dari pembahasan yang telah dilakukan dalam menjawab tujuan penelitian yang telah dikemukakan pada bagian sebelumnya.

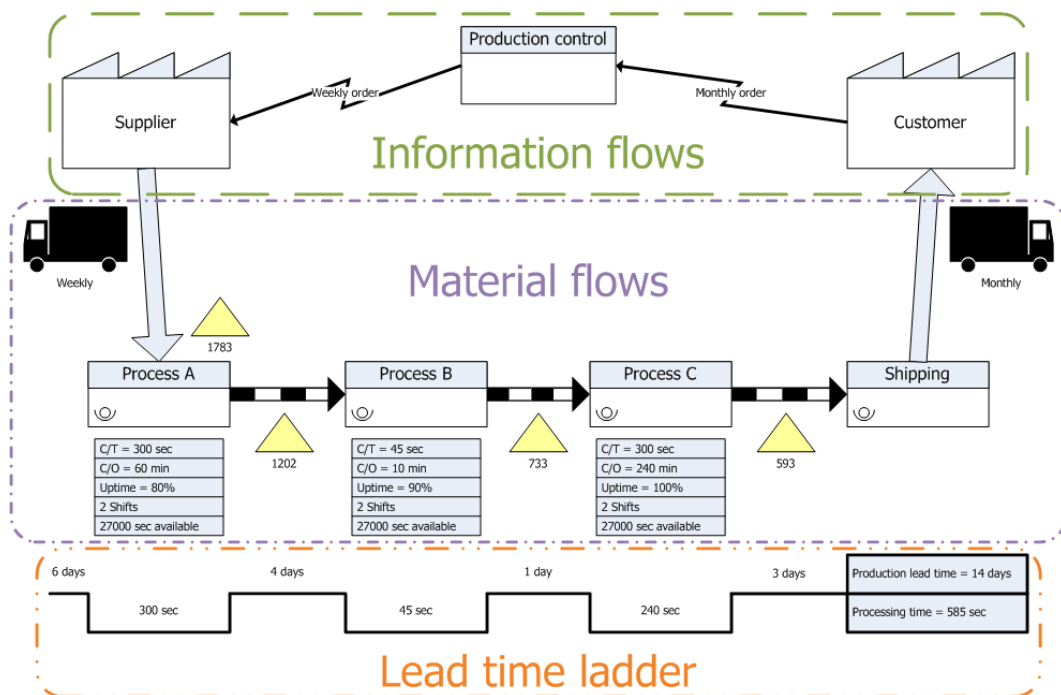
## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang pemahaman pokok dan dasar teori yang digunakan dalam mengidentifikasi, menganalisa, dan menyelesaikan permasalahan yang terjadi di perusahaan. Selain itu juga dilakukan studi literatur dan tinjauan pustaka yang terkait dengan penelitian ini.

#### 2.1 Value Stream Mapping

*Value stream* adalah seluruh aktivitas / proses baik yang *value added* maupun yang *non-value added* yang dibutuhkan untuk mengalirkan produk mulai dari bahan baku hingga ke tangan *customer* dan aliran *design* mulai dari konsep hingga dilaksanakan (Rother & Shook, 2003). *Value stream mapping* adalah suatu alat yang membantu untuk memahami aliran material dan informasi yang dibutuhkan untuk membuat suatu produk melalui seluruh aktivitas / proses dalam *value stream*.



(Sumber : [https://en.wikipedia.org/wiki/Value\\_stream\\_mapping](https://en.wikipedia.org/wiki/Value_stream_mapping))

**Gambar 2.1 Value Stream Mapping**

*Value stream mapping* memberikan gambaran sistem secara keseluruhan sehingga dapat membantu untuk menentukan aktivitas yang *added value* dan yang *non-added value*. Dengan bantuan *current-state map* tersebut, dapat dibuat *future-state map* yang ideal berisi aktivitas – aktivitas yang *value added* saja. Komponen utama dalam *value stream mapping* adalah :

**1. *Material flow***

Menunjukkan aliran material mulai dari awal proses hingga ke tangan *customer*.

**2. *Information flow***

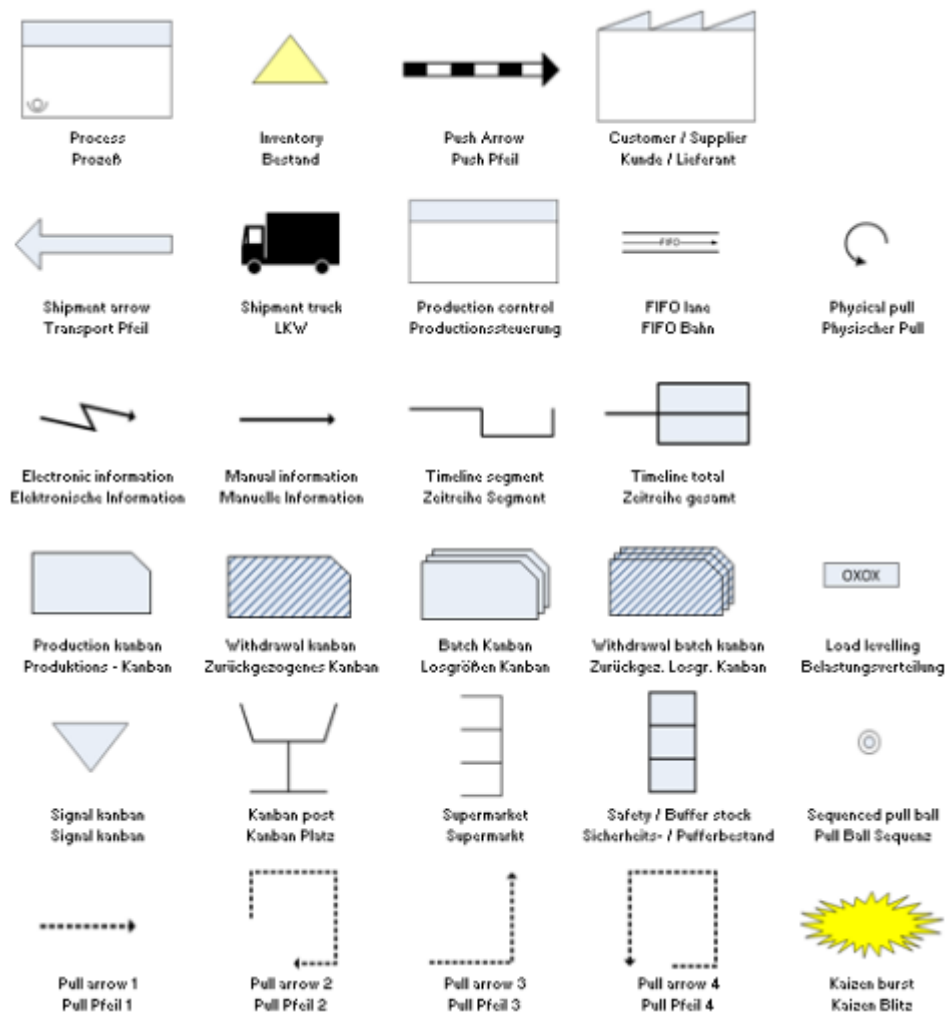
Menunjukkan seluruh aliran informasi tentang apa yang harus dibuat dan kapan harus dibuat.

**3. *Time line***

Menunjukkan perbandingan antara *value added time* dengan *non-value added time* yang digambarkan berupa gelombang pulsa dan hanya menunjukkan efek dari adanya pemborosan.

Dalam aliran produksi, pergerakan material mulai dari awal proses hingga ke tangan *customer* selalu disertai dengan adanya pergerakan informasi tentang apa yang harus dibuat dan apa yang harus dilakukan berikutnya.

*Value stream mapping* bisa menjadi alat komunikasi, alat perencanaan bisnis, ataupun menjadi alat untuk membantu proses perubahan yang akan dilakukan. Tahap awal yang perlu dilakukan adalah menyusun *current-state map* dengan mengumpulkan seluruh informasi di rantai produksi. Penggambaran *value stream mapping* menggunakan beberapa simbol seperti gambar dibawah ini :



(Sumber : <https://www.sixsigmablackbelt.de/wp-content/uploads/Value-stream-mapping-symbols-excel.png>)

**Gambar 2.2** Simbol-simbol *Value Stream Mapping*

Setelah itu, ide penyusunan *future-state map* akan muncul saat penyusunan *current-state map*. Tahap akhir yang perlu dilakukan adalah menyiapkan dan menggunakan rencana implementasi untuk menyusun *future-state map*. Setelah selesai penyusunan, *future-state map* tersebut akan diterapkan dan akan disusun kembali *future-state map* berikutnya yang selalu menjadi *continuous improvement*.



## 2.2 *Lean Production*

*Lean production* atau *lean thinking* adalah suatu filosofi pencapaian *continuous improvement* dengan mengidentifikasi dan mengurangi *muda* (*waste*) secara ekonomis dan meningkatkan nilai tambah (*added value*) produk. Konsep *muda* merupakan salah satu konsep penting dalam aktivitas peningkatan kualitas yang dikembangkan oleh Taiichi Ohno. Filosofi tersebut dikenal sebagai *Toyota Production System* di Jepang (Dahlgaard & Dahlgaard-Park, 2006).

Menurut *APICS Dictionary*, *Lean management* sangat erat hubungannya dengan *Toyota Production System* (TPS). *Lean management* tidak hanya diterapkan di produksi tetapi juga di seluruh aktivitas dalam proses bisnis. Yang membedakan antara lean dengan konsep manajemen lainnya adalah definisi dari *waste* yang diperluas mencakup waktu dan persediaan. Dengan demikian, *lean production* dapat berkembang dengan cepat menjadi proses yang kontinyu dengan menggunakan persediaan yang minim atau sesuai kebutuhan untuk menghasilkan barang atau jasa.

*Lean Production* dapat dilakukan dengan menggunakan segala sesuatunya lebih sedikit untuk produksi massal dengan mengurangi usaha karyawan dalam pabrik, ruang untuk manufaktur, investasi pada peralatan, waktu yang dibutuhkan bagian *design* untuk mengembangkan suatu produk baru, jumlah *inventory*, dan jumlah *defect* untuk memproduksi dengan jumlah besar dan variasi produk yang banyak.

Dalam eliminasi *waste*, *Lean thinking* memiliki 5 tahap proses :

### 1. *Specify value*

Adanya kebutuhan untuk menentukan *value* dari sudut pandang *customer*. Setiap produk memiliki karakteristik tersendiri dengan harga yang berbeda. *Value* adalah titik awal yang penting dalam *lean thinking* dan hanya bisa ditentukan oleh *end customer* atau pengguna produk

## **2. *Identify value stream***

*Value stream* adalah serangkaian aktivitas yang digunakan untuk mendesain, memesan hingga menyediakan produk tertentu, dimana aktivitas tersebut mulai dari konsep hingga peluncuran, pesanan hingga pengiriman, dan bahan baku hingga produk di tangan *customer*. Pada tahap ini dilakukan identifikasi aktivitas yang *added value* dan *non-added value* sehingga bisa dilakukan eliminasi untuk aktivitas yang *non-added value* dan dapat dihindari.

## **3. *Create flow***

Tahap ini dilakukan perubahan terhadap rangkaian proses sehingga dapat mengurangi waktu pengembangan produk, waktu pemrosesan pesanan, dan waktu proses produksi.

## **4. *Customer pull the product as needed***

Sistem produksi yang ditentukan oleh kebutuhan *customer*. Proses produksi dan pengiriman hanya dilakukan sesuai dengan permintaan *customer* sehingga tidak ada satupun produk yang diproduksi tanpa ada permintaan dari *customer*.

## **5. *Perfection***

Tahap ini menuntut adanya *never-ending process* dalam eliminasi *waste* sehingga seluruh aktivitas sepanjang *value stream* memiliki *value*.

Dalam *value stream*, aktivitas dibedakan menjadi 3 yaitu :

### **1. *Value added***

Seluruh aktivitas dalam *value stream* yang memberikan *value* bagi *customer*. Jika salah satu aktivitas tersebut tidak ada, maka *value* pada produk atau jasa berkurang bagi *customer*.

### **2. *Type one muda***

Seluruh aktivitas yang tidak memberikan *value* terhadap *customer* tetapi sulit untuk dihindari terutama dengan teknologi atau aset produksi yang ada saat ini. Meskipun aktivitas tersebut tidak memberikan *value* tetapi tidak bisa dihilangkan dalam *value stream* karena aktivitas tersebut tetap dibutuhkan dalam aliran produk hingga ke tangan *customer*.

### 3. *Type two muda*

Aktivitas yang tidak memberikan value bagi *customer* dan dapat segera dihindari atau ditiadakan. Aktivitas ini tidak akan berpengaruh terhadap perubahan *value* suatu produk atau jasa di mata *customer* sehingga keberadaannya dapat segera dihilangkan. Dengan pengurangan terhadap aktivitas tersebut, *value stream* dapat lebih efisien dan efektif.

## 2.3 Pemborosan (*Waste*)

Pemborosan (*waste*) atau yang sering disebut dengan *muda* merupakan aktivitas – aktivitas yang menyerap atau memboroskan sumber daya seperti biaya ataupun waktu tetapi tidak memberi nilai tambah (*non value added*) dalam proses perubahan *input* menjadi *output* dalam *value stream*. Menghilangkan *waste (muda)* merupakan konsep dasar dari *lean production*. Konsep ini harus diajarkan ke seluruh jajaran karyawan dalam perusahaan atau organisasi sehingga semua jenis *waste* baik yang berdampak besar maupun kecil yang terdapat di setiap *value stream* dapat dikurangi atau bahkan dieliminasi guna meningkatkan nilai produk, efisiensi dan efektivitas..

Terdapat 7 macam kategori *waste* yang diperkenalkan oleh Taiichi Ohno dalam sistem produksi milik Toyota (*Toyota Production System*) dan sering terjadi dalam proses produksi (Kho, 2016) :

### 1. *Transportation*

*Waste* yang muncul akibat dari tata letak produksi yang buruk ataupun penataan tempat kerja yang buruk (Weigel, 2000) sehingga proses pemindahan barang dari satu tempat ke tempat yang lain membutuhkan waktu yang lama. *Waste* ini bisa muncul mulai dari proses penerimaan bahan baku, proses administrasi, proses penyimpanan, proses produksi, proses persiapan pesanan *customer*. Untuk menghindari *waste* ini dapat dilakukan penataan lokasi atau tata letak yang baik sehingga proses pemindahan material dapat dilakukan lebih cepat, efektif dan efisien.

### 2. *Inventory*

*Waste* yang muncul akibat penyimpanan bahan baku, WIP, produk akhir, bahan penunjang, dan lain – lainnya secara berlebihan sehingga

membutuhkan tempat penyimpanan yang lebih besar (Weigel, 2000). Dengan jumlah penyimpanan yang besar dapat mengakibatkan kompleksitas dari sistem administrasi lebih tinggi, membutuhkan tenaga pengawas lebih banyak. Dengan demikian, penyimpanan tersebut menimbulkan biaya tambahan yang besar. Untuk menghindari *waste* ini dapat dilakukan perencanaan, pengaturan proses *just in time*, dan manajemen persediaan yang baik sehingga persediaan yang ada dapat diminimasi atau bahkan dihilangkan.

### 3. *Motion*

*Waste* yang muncul akibat gerakan – gerakan yang seharusnya tidak diperlukan atau tidak bernilai tambah terhadap suatu produk atau jasa, misalnya peletakan alat pengoperasian yang jauh jaraknya sehingga setiap akan melakukan suatu aktivitas membutuhkan waktu untuk mengambil alat tersebut lalu kembali melakukan aktivitasnya (Weigel, 2000). Untuk menghindari *waste* ini dapat diterapkan penataan material, alat bantu kerja, mesin, dan lain – lain di lokasi yang dekat dengan aktivitas utama sehingga pekerja dapat melakukan aktivitas nya dengan gerakan yang benar – benar efisien tanpa membuang banyak waktu.

### 4. *Waiting*

*Waste* yang muncul akibat dari pekerja atau mesin yang harus mengalami proses menunggu karena alur proses tidak seimbang, adanya kerusakan mesin, *supply* komponen yang terlambat, hilangnya alat bantu kerja, menunggu keputusan atau informasi tertentu (Weigel, 2000). Untuk menghindari atau meminimalkan supaya *waste* ini tidak terjadi adalah dengan mengidentifikasi setiap proses menunggu yang muncul di sepanjang *value stream* dan memperbaiki penyebab muncul nya proses menunggu tersebut.

### 5. *Overprocessing*

*Waste* yang muncul akibat adanya proses – proses dalam menghasilkan produk atau jasa yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk atau jasa tersebut sehingga menjadi pemborosan terhadap waktu, sumber daya, dan biaya produksi. Proses yang tidak memberikan nilai

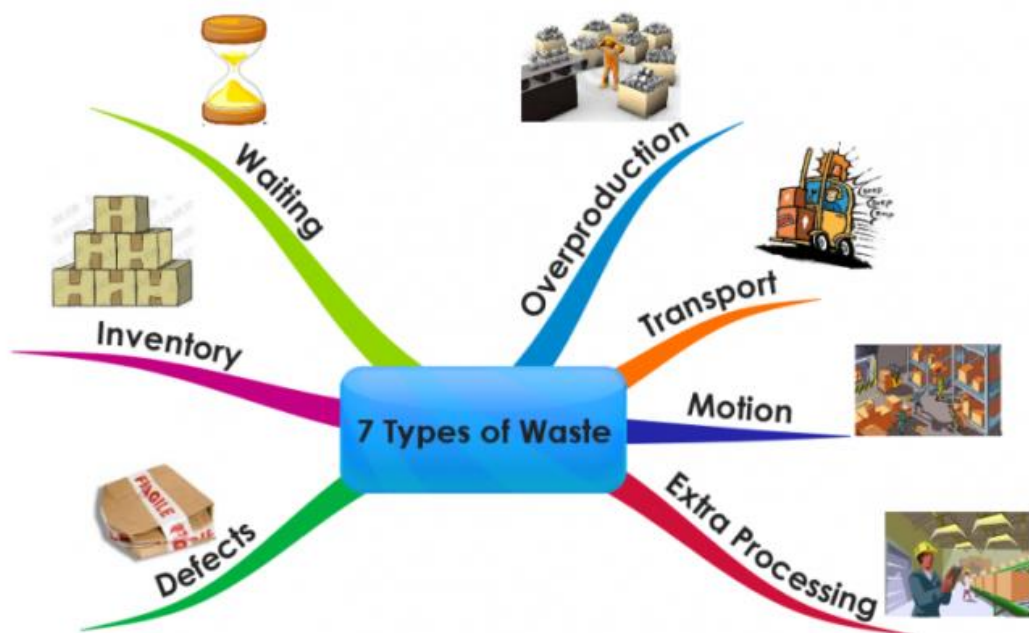
tambah ini merupakan pemborosan dengan adanya proses yang berlebihan ini, misalnya proses inspeksi yang berlebihan di setiap proses produksi, proses persetujuan yang melewati struktur administrasi berlebih, proses pembersihan, dan lain – lain (Weigel, 2000). Untuk menghindari atau menghilangkan *waste* ini, perlu dilakukan analisa akar masalah, mengambil tindakan yang tepat terhadap akar masalah tersebut, evaluasi tindakan, dan *continuous improvement*.

#### **6. *Overproduction***

*Waste* yang muncul akibat hasil produksi yang berlebih baik mulai dari WIP hingga produk akhir padahal material atau barang tersebut tidak dibutuhkan oleh proses selanjutnya atau bahkan tidak ada *customer* yang memesan. Beberapa penyebab munculnya kelebihan produksi antara lain waktu *setup* mesin yang lama, kualitas yang rendah, atau pemikiran "*just in case*" ada yang memerlukan material atau barang tersebut (Weigel, 2000). Untuk menghindari terjadinya *waste* ini dapat dilakukan prinsip *pull system*, dimana ada permintaan dari *customer* atau proses selanjutnya, baru dilakukan proses produksi sesuai jumlah dan kualitas yang dibutuhkan.

#### **7. *Defects***

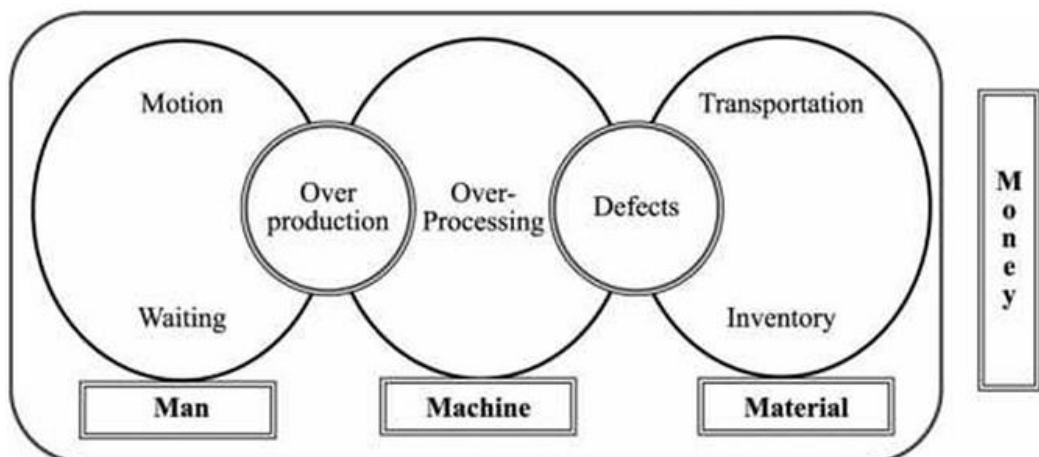
*Waste* yang muncul akibat terjadinya kerusakan atau kualitas yang buruk sehingga membutuhkan biaya tambahan yang seharusnya tidak perlu dikeluarkan (Weigel, 2000). Selain itu, dengan adanya kualitas yang rendah akan membutuhkan proses tambahan seperti proses ulang (*reprocess*), sumber daya tambahan untuk menghasilkan jumlah produk akhir yang sama, komponen tambahan untuk memperbaiki kerusakan, dan lain – lain. Untuk menghindari *waste* ini dapat dilakukan dengan identifikasi, analisa, dan penyelesaian terhadap akar masalah penyebab kualitas rendah lalu dilakukan pemantauan berkala untuk menjamin tidak terjadinya kerusakan atau kualitas yang buruk dengan penyebab yang sama. Hal ini disebut juga sebagai *continuous improvement*.



(Sumber : <http://www.dembridge.co.uk/the-seven-deadly-wastes>)

**Gambar 2.3** *Seven Waste*

Menurut Rawabdeh (2005) bahwa semua jenis *waste* saling mempengaruhi antara jenis *waste* yang satu dengan yang lain secara simultan. Selain itu, setiap jenis *waste* dapat di kategorisasi dan terdapat keterkaitan antar *waste* berdasarkan hubungannya dengan manusia (*man*), mesin (*machine*), material, dan uang (*money*) sesuai gambar di bawah ini :



(Sumber : Gaspersz, 2012)

**Gambar 2.4** Model Dasar Hubungan Antar *Waste*

#### 2.4 *Lean Tools*

Perusahaan yang menggunakan *Six Sigma* akan mengintegrasikan *Lean* ke dalam kerangka perbaikan proses yang ada. Menggabungkan *Lean Six Sigma* pada perbaikan kualitas proses dan penekanan *Lean* pada perbaikan waktu proses yang menghasilkan lebih banyak keuntungan terhadap perusahaan. Perusahaan perlu memastikan penerapan *Lean* tidak mengganggu struktur *Six Sigma* yang ada. Jika pemanfaatan *Lean* tidak dilakukan dengan benar, maka dapat menyebabkan kegagalan dalam penerapan *Six Sigma*.

Terdapat banyak *Lean tools* yang dapat diterapkan dalam perbaikan proses. *Lean tools* yang paling sering digunakan terdapat 25 alat bantu dimana tools yang paling sering digunakan adalah sebagai berikut (Vorne, 2018) :

1. *5S (Sort, Set, Shine, Standardize, Sustain)*

Alat bantu yang digunakan untuk menghilangkan *waste* dengan menata area kerja sehingga tidak terjadi pemborosan misalnya waktu yang terbuang ketika mencari alat kerja. *5S* terdiri dari 5 langkah yang dimulai dari *Sort* (memisahkan barang yang digunakan dengan yang tidak digunakan), *Set In Order* (menata barang – barang yang digunakan dan diberi identitas sehingga mudah untuk diidentifikasi dan dilacak), *Shine* (membersihkan area kerja), *Standardize* (membuat standar dari ketiga langkah awal sehingga dapat dilaksanakan dengan disiplin), *Sustain* (memastikan standar kerja yang sudah dibuat dilaksanakan dengan baik dan terus menerus).

2. *Bottleneck Analysis*

Alat bantu yang digunakan untuk menganalisa dan mengidentifikasi proses yang dapat menghambat pencapaian keseluruhan hasil lalu dilakukan perbaikan pada proses yang bersangkutan dalam serangkaian proses produksi barang atau jasa.

3. *Gemba*

Suatu filosofi yang memastikan dilaksanakannya inspeksi di area kerja terutama di area bermasalah yang membutuhkan tindakan. Hal ini dilakukan supaya didapatkan pemahaman yang jelas tentang suatu permasalahan dan dapat diambil langkah / tindakan perbaikan yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

4. *Root Cause Analysis*

Suatu metodologi penyelesaian masalah dengan mengidentifikasi akar penyebab suatu masalah sehingga tidak hanya dilakukan tindakan sementara yang berdasarkan analisa singkat. Pendekatan yang umum dilakukan dalam metodologi ini adalah 5 (*five*) *why*. Pendekatan ini dilakukan untuk semakin mendekatkan analisa penyebab ke akar permasalahannya sehingga dapat dipastikan permasalahan dapat dihilangkan dan tidak terjadi kembali.

5. *Standardized Work*

Prosedur tertulis yang menjelaskan tentang langkah – langkah kerja pelaksanaan proses yang dapat memberikan hasil terbaik. Prosedur ini dapat digunakan untuk memastikan tidak terjadinya *waste* dan dapat digunakan sebagai alat bantu untuk melakukan *improvement* berikutnya.



## 6. *Visual Factory*

Visualisasi pencapaian yang digambarkan dengan indikator – indikator tertentu supaya informasi dapat dikomunikasikan dengan baik. Visualisasi ini dapat berbentuk berbagai macam seperti grafik, gambar, tulisan, angka, dan lain – lain. Tujuannya agar mudah untuk dilihat, dipahami dan dapat ditindak lanjuti perbaikan ataupun peningkatan yang perlu dilakukan.

## 2.5 *Six Sigma*

*Six sigma* adalah strategi manajemen bisnis yang memungkinkan perusahaan untuk meningkatkan keuntungan secara drastis dengan merancang dan memantau bisnis sehari – hari dengan cara meminimalkan pemborosan sumber daya dan meningkatkan kepuasan pelanggan. *Six sigma* bukan sekedar mengidentifikasi, memperbaiki kecacatan dalam produk dan proses, akan tetapi merupakan suatu program kontrol kualitas secara *continuous improvement* secara menyeluruh sehingga kecacatan atau kesalahan tidak pernah muncul (Kiran, 2017).

Proses peningkatan dari *six sigma* tidak akan terjadi dalam waktu singkat dan tidak dapat membawa perubahan dalam waktu dekat. Peningkatan yang dilakukan adalah proses jangka panjang dalam meningkatkan kualitas hasil proses dengan mengidentifikasi, mengeliminasi dan mencegah penyebab kecacatan hingga mendekati nol serta meminimalkan variabilitas dalam proses produksi.

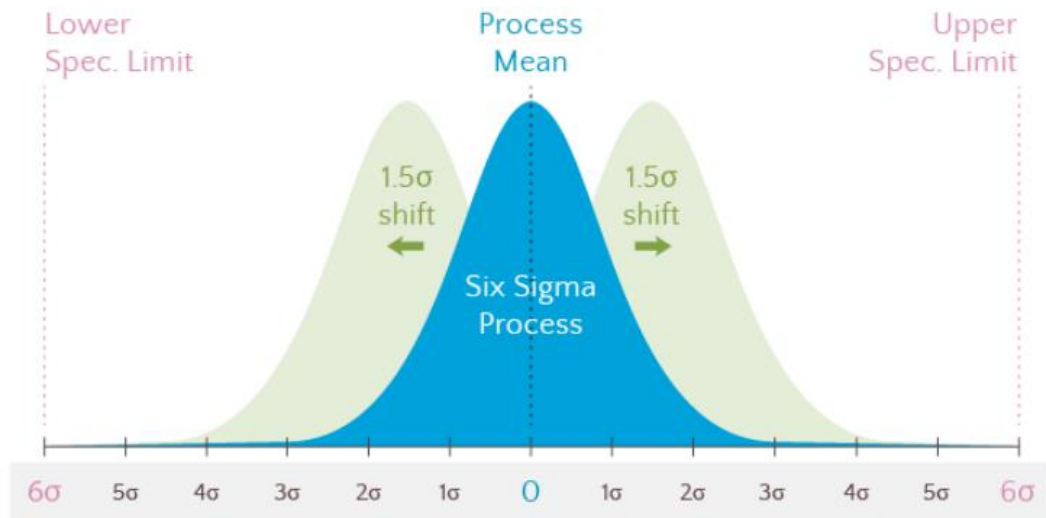
*Six sigma* dapat didefinisikan sebagai (Kiran, 2017) :

1. Suatu ukuran kinerja proses atau produk secara statistis yang dapat diukur pencapaiannya dalam cacat per juta peluang (ppmo)
2. Suatu tujuan untuk mencapai kesempurnaan dalam peningkatan kinerja dan pengurangan variasi untuk mencapai standar deviasi yang kecil sehingga produk dan jasa dapat memenuhi harapan pelanggan.
3. Sistem manajemen untuk mencapai kepemimpinan bisnis yang berkelanjutan dan kinerja kelas dunia dengan filosofi manajemen yang

fokus pada eliminasi kesalahan, proses ulang, pemusnahan dan *waste* lainnya.

4. Strategi manajemen bisnis yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas output proses dengan mengidentifikasi dan menghilangkan penyebab kecacatan dan meminimalkan variabilitas dalam proses produksi dan bisnis (Wikipedia).
5. Suatu metodologi yang ketat dan disiplin yang menggunakan data dan analisis statistik untuk mengukur dan meningkatkan kinerja operasional perusahaan dengan mengidentifikasi dan menghilangkan kecacatan di bidang manufaktur dan proses (iSix Sigma Orgn).
6. Suatu metode *data-driven* untuk mencapai kualitas mendekati sempurna. Analisa *six sigma* dapat fokus pada setiap elemen produksi dan memiliki penekanan kuat pada analisa statistik dalam desain, manufaktur, dan aktivitas yang berorientasi pada *customer* (UK Department for Trade and Industry).

Sejak tahun 1920 kata “*sigma*” atau  $\sigma$  telah digunakan sebagai simbol standar deviasi. Standar deviasi digunakan sebagai unit pengukuran dalam variasi kualitas produk untuk mengetahui seberapa jauh proses menyimpang dari yang diharapkan. Semakin tinggi nilai *sigma*, maka semakin tinggi variasi. Dalam pengendalian kualitas, *six sigma* diartikan sebagai batas kontrol atas ( $\mu + 3\sigma$ ) dan batas kontrol bawah ( $\mu - 3\sigma$ ) dimana kurva normal tersebut lebih ramping. *Six sigma* dapat mentoleransi penyimpangan dari proses sebanyak  $1.5 \sigma$ .



(Sumber : [www.GoLeanSixSigma.com](http://www.GoLeanSixSigma.com), 2012)

**Gambar 2.5** Distribusi Normal pada *Six Sigma*

Untuk mencapai kualitas *six sigma*, suatu proses harus tidak menghasilkan lebih dari 3.4 cacat per juta peluang. Peluang diartikan sebagai suatu kesempatan terjadinya ketidaksesuaian atau spesifikasi yang tidak sesuai harapan. *Six sigma* melibatkan beberapa faktor :

1. Persepsi pelanggan terhadap kualitas
2. Kecacatan yang dapat menghambat pengiriman yang diharapkan *customer*
3. Kapabilitas proses
4. Variasi seperti yang dilihat dan dirasakan oleh *customer*
5. Proses yang konsisten dan dapat diprediksi untuk peningkatan
6. Perancangan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dan kapabilitas proses

Metodologi TQM dari Deming adalah siklus PDCA (*Plan-Do-Check-Act*). Untuk mencapai pelaksanaan *six sigma*, selanjutnya dikembangkan menjadi metodologi DMAIC yaitu :

### **1. Define**

Tahap ini menjelaskan tentang permasalahan bisnis, tujuan, sumber daya potensial, ruang lingkup dan rentang waktu proyek. Tahap ini mencakup identifikasi masalah, identifikasi *customer* dan kebutuhannya, penentuan tipe data dan metode pengumpulan data, target atau sasaran dan ruang lingkup proyek, serta *project charter*.

### **2. Measure**

Tahap ini menetapkan dasar kinerja proses saat ini dengan tujuan untuk peningkatan dan pengumpulan semua data yang relevan sehingga dapat ditentukan signifikansi peningkatan dari suatu proyek. Pada tahap ini, proses bisnis digambarkan melalui SIPOC (*suppliers, inputs, process, outputs, and customers*) dalam bentuk tabel.

### **3. Analyze**

Tahap ini adalah mengidentifikasi akar penyebab permasalahan, memvalidasi dan memilih metode penyelesaiannya yang tepat. Akar penyebab permasalahan yang potensial dapat diidentifikasi melalui teknik analisa akar penyebab seperti *fishbone diagram, value analysis*, dan lain – lain. Analisa ini dapat dibantu dengan pemetaan proses yang detail untuk membantu menentukan proses yang bermasalah atau berkontribusi terhadap munculnya masalah.

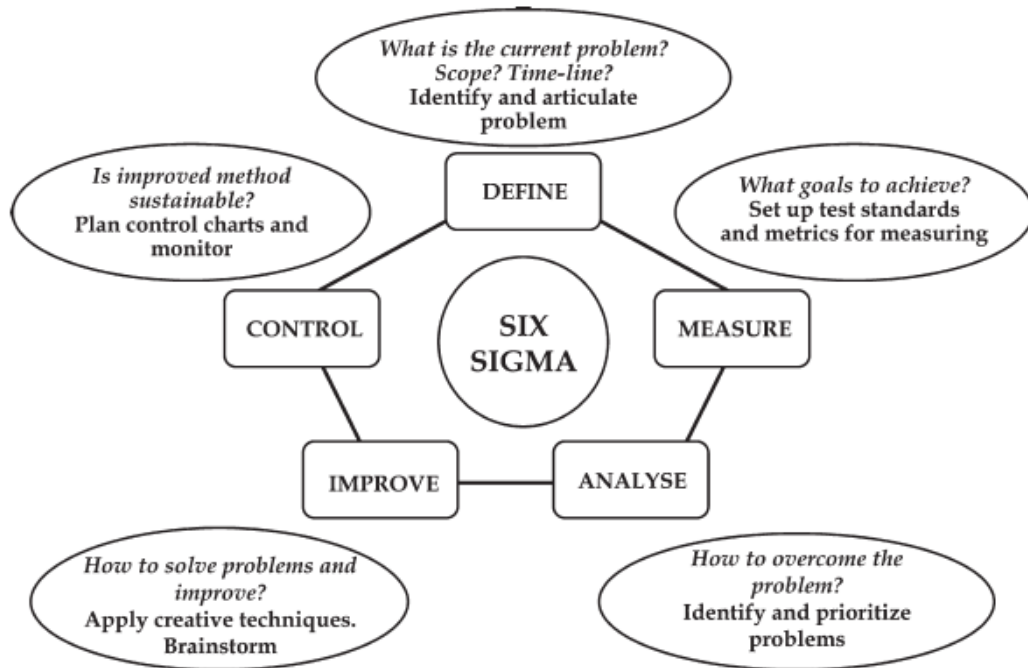
### **4. Improve**

Tahap ini dilakukan dengan mengembangkan penyelesaian dengan mengidentifikasi solusi untuk keseluruhan permasalahan dan menggabungkan konsep seperti *creative methodology, brainstorming, value analysis, DOE, FMEA*, dan lain – lain.

### **5. Control**

Tahap ini dilakukan dengan mempertahankan pencapaian yang sudah dilakukan dengan menerapkan rencana kontrol dan perbaikan yang berkelanjutan. *Control chart* digunakan untuk mengukur stabilitas pencapaian dan dapat berguna dalam menganalisa perbaikan yang dapat dilakukan untuk kedepannya. Selain itu, dipersiapkan rencana respon untuk mengambil tindakan jika proses menjadi tidak stabil dengan

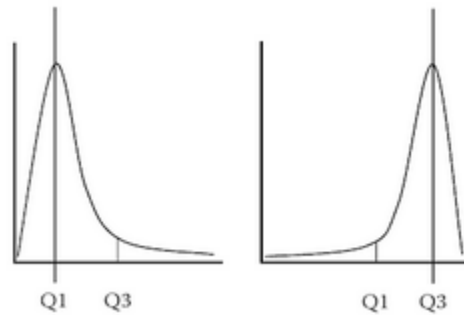
melalui tahapan penilaian hasil peningkatan, pengembangan rencana kontrol proses, dan penerapan standarisasi.



(Sumber : Kiran, 2017)

**Gambar 2.6** Metodologi DMAIC

Dalam penerapannya, *Six Sigma* mengukur pencapaian kinerja proses pada variabilitas melalui nilai Q1 (Kuartil 1), median, Q3 (Kuartil 3), dan *stability factor* (SF). Q1 merupakan titik yang menunjukkan 25% data dari keseluruhan data. Median menunjukkan bahwa 50% data dari keseluruhan data. Q3 merupakan titik yang menunjukkan bahwa 75% data dari keseluruhan data dimana data yang berada pada Q3 merupakan 25% data dengan nilai tertinggi. *Stability factor* (SF) merupakan rasio perbandingan antara nilai Q1 dan Q3. Jika nilai SF semakin mendekati 1, maka proses memiliki variasi semakin kecil. Dan sebaliknya, jika nilai SF semakin mendekati 0, maka proses memiliki variasi semakin besar. Oleh karena itu, semakin besar nilai SF, maka semakin baik kinerja proses. (Carroll, 2013).



(Sumber : Carroll, 2013)

**Gambar 2.7** Q1 dan Q3 Sebagai Penentu Nilai SF (*Stability Factor*)

## 2.6 Tujuh Alat Kontrol Kualitas (*7 QC Tools*)

*Seven QC tools* adalah alat statistik sederhana yang digunakan untuk membantu dalam pemecahan masalah. Alat ini dikembangkan di Jepang dan diperkenalkan oleh pakar kualitas seperti Deming dan Juran. Menurut Kaoru Ishikawa alat ini dapat digunakan untuk menyelesaikan 95% dari semua masalah. Alat ini adalah alat penting yang digunakan secara luas di berbagai manufaktur untuk memantau proses produksi dan perbaikan berkelanjutan. Selain itu, alat ini juga digunakan untuk mencari akar penyebab permasalahan dan menghilangkannya sehingga proses produksi dapat ditingkatkan (Magar & Shinde, 2014).

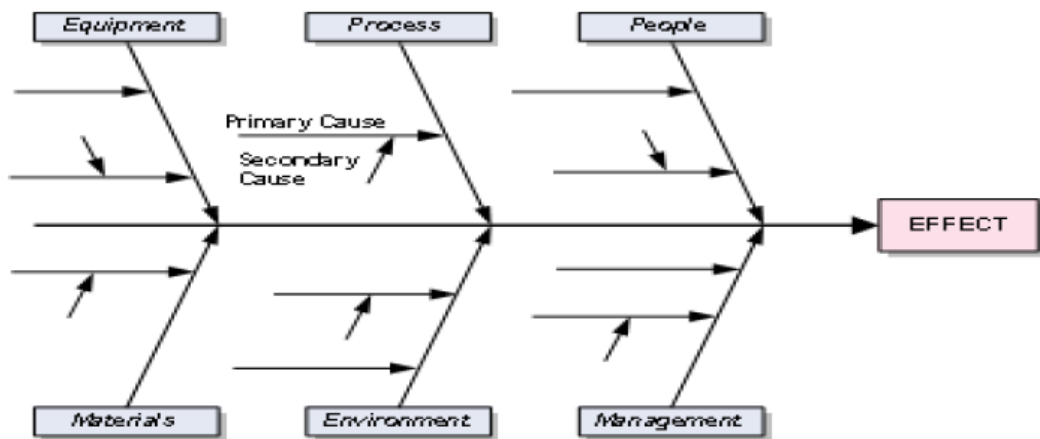
*Seven QC tools* digunakan untuk menyelesaikan permasalahan terkait kualitas, alat – alat tersebut diantaranya adalah :

### 1. *Pareto Diagram*

Alat yang digunakan untuk mengatur urutan data berdasarkan besarnya jumlah kontribusinya atau banyaknya kemunculan dalam suatu waktu tertentu. Alat ini digunakan dalam *statistical process control* dan peningkatan kualitas. Prinsip pareto juga dikenal sebagai aturan 80/20 yang digunakan dalam bidang manajemen bahan. Prinsip tersebut berarti 20% barang yang dibeli adalah untuk memenuhi kebutuhan value perusahaan sebesar 80%. Prinsip ini digunakan dalam pengendalian kualitas untuk memisahkan masalah yang penting dari masalah – masalah yang tidak berguna.

## 2. Cause & Effect Diagram

Alat yang digunakan untuk menunjukkan hubungan sistematis antara hasil/gejala/efek dan kemungkinan penyebab dari segi *man, machine, material, method, environment, and management*. Ini adalah alat yang efektif dan sistematis dalam menghasilkan ide tentang penyebab masalah dan disajikan dalam bentuk yang terstruktur. Diagram ini juga dikenal sebagai diagram ishikawa.

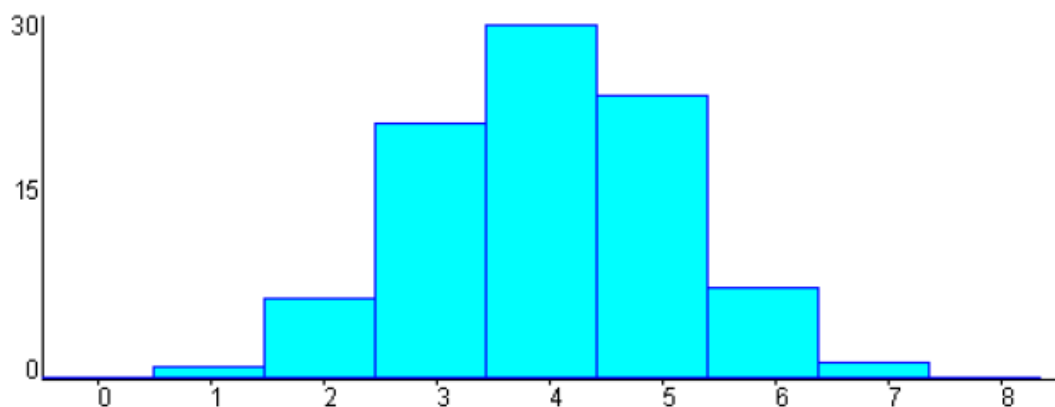


(Sumber : Magar & Shinde, 2014)

**Gambar 2.8** Cause & Effect Diagram

## 3. Histogram

Alat yang menunjukkan pola distribusi dari observasi yang dikelompokkan dalam interval kelas dan diatur dalam urutan jumlahnya. *Histogram* berguna dalam mempelajari pola distribusi dan menggambar kesimpulan tentang proses berdasarkan pola tertentu.



(Sumber : Magar & Shinde, 2014)

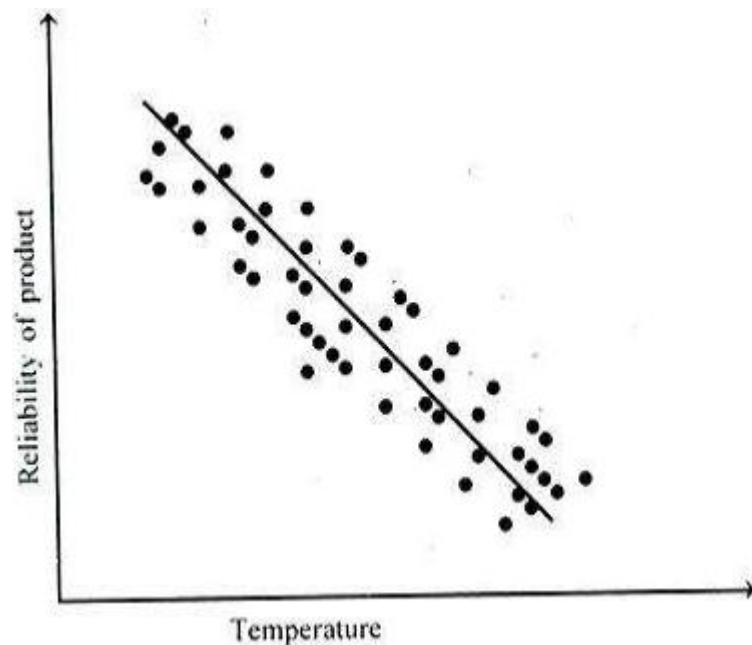
**Gambar 2.9** Histogram

#### 4. Control Charts

Variabilitas selalu terjadi dalam setiap perusahaan yang dapat disebabkan oleh *random causes* (tidak dapat dicegah) dan *assignable causes* (dapat dicegah). *Control charts* dikembangkan oleh Dr. Walter A. Shewhart untuk mengidentifikasi dan memperbaiki permasalahan variasi kualitas produk serta mengurangi kecacatan dan pengerjaan ulang sehingga dapat diambil tindakan yang tepat.

#### 5. Scatter Diagram

Alat yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara 2 variabel apakah positif atau negatif, apakah kuat atau lemah. Diagram ini menggambarkan hubungan dengan serangkaian titik dimana satu variabel berada pada sumbu X dan variabel satunya lagi berada pada sumbu Y.



(Sumber : Magar & Shinde, 2014)

**Gambar 2.10** Scatter Diagram

#### 6. Graphs



Alat yang digunakan untuk menggambarkan data secara terstruktur sehingga memungkinkan pengguna untuk memahami arti dan pola dari data. Pemilihan representasi grafis bergantung pada tujuan analisis dan preferensi dari pengguna. Tipe grafik yang umum digunakan yaitu *bar graph*, *line graph*, *gantt chart*, *radar chart*, dan *band graph*.

### 7. *Check Sheets*

Alat yang digunakan untuk mengukur dan mengumpulkan data sebagai dasar untuk menganalisa dan menyimpulkan informasi secara relevan dan komprehensif. Data yang dikumpulkan harus diklasifikasikan untuk membantu memperoleh pemahaman awal dan penyebaran data sehingga dapat dilakukan analisa untuk memperoleh hasil yang efektif. Klasifikasi data (stratifikasi data) dapat dilakukan berdasarkan kelompok, lokasi, jenis, asal, gejala, dan lain – lain.

Aplikasi *seven QC tools* pada manajemen kualitas dapat mendukung peningkatan efisiensi keberlanjutan dan kepuasan pelanggan. PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) merupakan bagian terintegrasi dalam manajemen proses dimana dalam setiap tahap pelaksanaannya berkaitan dengan penerapan setiap alat dalam *seven QC tools* yang digambarkan sebagai berikut :

**Tabel 2.1** Hubungan PDCA dengan 7 QC Tools

(Sumber : Magar & Shinde, 2014)

<i>7 QC Tools</i>	<i>Plan</i>	<i>Do</i>	<i>Plan, Check</i>	<i>Plan, Act</i>	<i>Check</i>
<i>Pareto Diagram</i>	√		√		√
<i>Cause &amp; Effect Diagram</i>	√		√		
<i>Histogram</i>	√				√
<i>Control Charts</i>	√		√		√
<i>Scatter Diagram</i>	√		√	√	√

<i>Graphs</i>	√			√	
<i>Check Sheets</i>	√		√		√

## 2.7 Risk Assessment

Resiko adalah kurangnya kepastian tentang hasil yang diperoleh dalam pengambilan keputusan tertentu. Secara statistik, tingkat resiko dapat dihitung probabilitas bahaya yang terjadi (misalnya kecelakaan) dikalikan dengan tingkat keparahan bahaya tersebut.

*Risk assessment* adalah penentuan perkiraan resiko secara kuantitatif atau kualitatif dalam situasi dan ancaman/bahaya yang diketahui. Penilaian resiko kuantitatif membutuhkan perhitungan dua komponen resiko (R) yaitu besarnya potensi kerugian (L), dan probabilitas (p) kerugian akan terjadi. Resiko yang dapat diterima adalah resiko yang dapat dipahami dan ditoleransi dan biasanya disebabkan oleh biaya atau kesulitan dalam menerapkan tindakan yang efektif melebihi kerugian yang diperkirakan (Wikipedia).

Penilaian resiko terdiri dari evaluasi resiko secara obyektif di mana asumsi dan ketidakpastian secara jelas dipertimbangkan dan disajikan. Kesulitan dalam manajemen resiko yang sangat sulit untuk diukur adalah potensi kerugian dan kemungkinan terjadinya. Peluang terjadinya kesalahan dalam mengukur kedua cukup tinggi. Resiko dengan potensi kerugian besar dan probabilitas kejadian yang rendah sering diperlakukan berbeda dari yang memiliki potensi kerugian rendah dan probabilitas kejadian yang tinggi. Secara teori, keduanya memiliki prioritas yang hampir sama, tetapi dalam pelaksanaannya dapat sangat sulit untuk dikelola ketika dihadapkan dengan kelangkaan sumber daya terutama waktu untuk melakukan proses manajemen resiko.

*Risk assessment matrix* adalah matriks yang digunakan dalam penilaian resiko untuk menentukan tingkat resiko dengan mempertimbangkan kategori probabilitas atau kemungkinan terhadap keparahan konsekuensi yang akan muncul. Matriks ini merupakan mekanisme sederhana untuk meningkatkan pemahaman

terhadap resiko dan membantu dalam pengambilan keputusan manajemen. Dalam prakteknya, *risk assessment matrix* adalah suatu pendekatan yang berguna di mana probabilitas atau tingkat keparahan bahaya tidak dapat diperkirakan dengan akurat.

**Tabel 2.2 Risk Matrix**

(Sumber : [https://en.wikipedia.org/wiki/Risk\\_matrix](https://en.wikipedia.org/wiki/Risk_matrix))

	<b>Negligible</b>	<b>Marginal</b>	<b>Critical</b>	<b>Catastrophic</b>
<b>Certain</b>	High	High	Extreme	Extreme
<b>Likely</b>	Moderate	High	High	Extreme
<b>Possible</b>	Low	Moderate	High	Extreme
<b>Unlikely</b>	Low	Low	Moderate	Extreme
<b>Rare</b>	Low	Low	Moderate	High

Cara penggunaan risk matrix adalah pertama-tama melakukan pendaftaran resiko-resiko apa saja yang akan dihadapi oleh bisnis. Semua resiko yang berkaitan harus dimasukkan tanpa terkecuali. Untuk setiap resiko harus dievaluasi probabilitas dan tingkat keparahannya dari resiko tersebut. Misalnya menggunakan skala 1 hingga 10, dimana 1 untuk probabilitas dan tingkat keparahan paling rendah dan 10 untuk sebaliknya. Evaluasi ini dapat didasari oleh data historis maupun judgement dari tim manajemen. Skala tidak berlaku kaku, namun dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan. Jika sudah menentukan probabilitas dan tingkat keparahan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan tindakan yang dapat diambil terhadap resiko tersebut (Dictio).

Berikut adalah langkah – langkah yang dapat dilakukan dalam proses manajemen resiko, yaitu (Binus University) :

1. *Risk Identification*

Mengidentifikasi kemungkinan resiko yang dapat terjadi pada organisasi untuk mengetahui keadaan yang akan dihadapi oleh organisasi tersebut dalam berbagai. Risiko dari setiap aspek akan diklasifikasikan menurut kategorinya masing – masing agar mempermudah proses selanjutnya.

2. *Risk Assessment*

Selanjutnya akan dinilai potensi keparahan kerugian dan kemungkinan terjadinya. Dalam hal ini, diperlukan kemampuan individu disetiap bidangnya untuk memberikan penilaian terhadap risiko – risiko yang telah diidentifikasi. Tujuannya adalah agar setiap risiko berada pada prioritas yang tepat.

### 3. *Risk Response*

Proses ini dilakukan untuk memilih dan menerapkan langkah – langkah pengelolaan resiko. Tantangan bagi manajer resiko adalah untuk menentukan *portofolio* yang tepat untuk membentuk sebuah strategi yang terintegrasi sehingga risiko dapat dihadapi dengan baik. Tanggapan risiko umumnya terbagi dalam kategori seperti berikut:

- a. *Risk Avoidance* : mengambil tindakan untuk menghentikan kegiatan yang dapat menyebabkan risiko terjadi.
- b. *Risk Reduction* : mengambil tindakan untuk mengurangi kemungkinan atau dampak atau keduanya, biasanya melalui pengendalian di bagian internal perusahaan/organisasi.
- c. *Risk Sharing or Transfer* : mengambil tindakan untuk mentransfer beberapa risiko melalui asuransi, *outsourcing* atau *hedging*.
- d. *Risk Acceptance* : tidak mengambil tindakan apapun untuk menanggulangi resiko, melainkan menerima resiko tersebut terjadi.

### 4. *Create a Risk Management Plan*

Membuat penanggulangan resiko yang tepat untuk setiap masing – masing kategori resiko. Mitigasi perlu mendapat persetujuan oleh level manajemen yang sesuai

### 5. *Implementation*

Melaksanakan seluruh metode yang telah direncanakan untuk mengurangi atau menanggulangi pengaruh dari setiap resiko yang ada.

### 6. *Evaluate and Review*

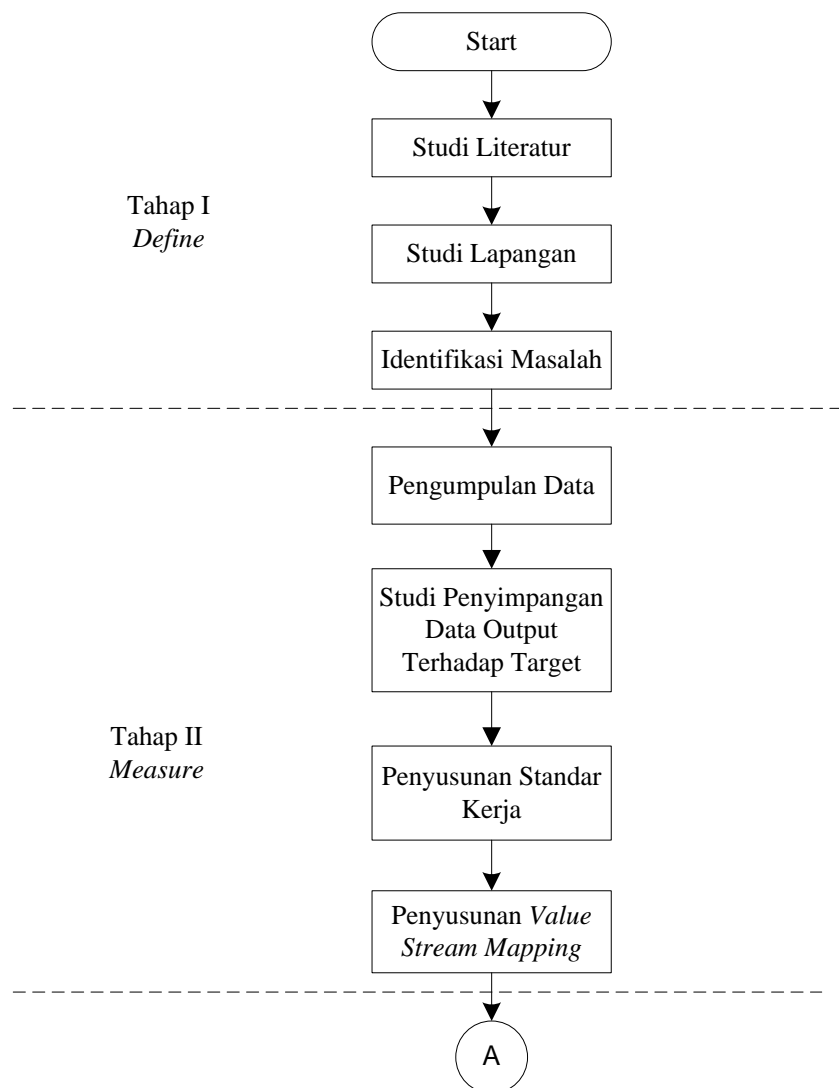
Perencanaan yang telah direncanakan di awal tidak akan seluruhnya dapat berjalan dengan lancar. Perubahan keadaan atau lingkungan yang tidak diprediksi sebelumnya akan menyebabkan perubahan rencana manajemen

resiko yang telah dibuat, oleh karena itu perlu dilakukan perubahan rencana untuk menanggulangi resiko yang akan mungkin terjadi.

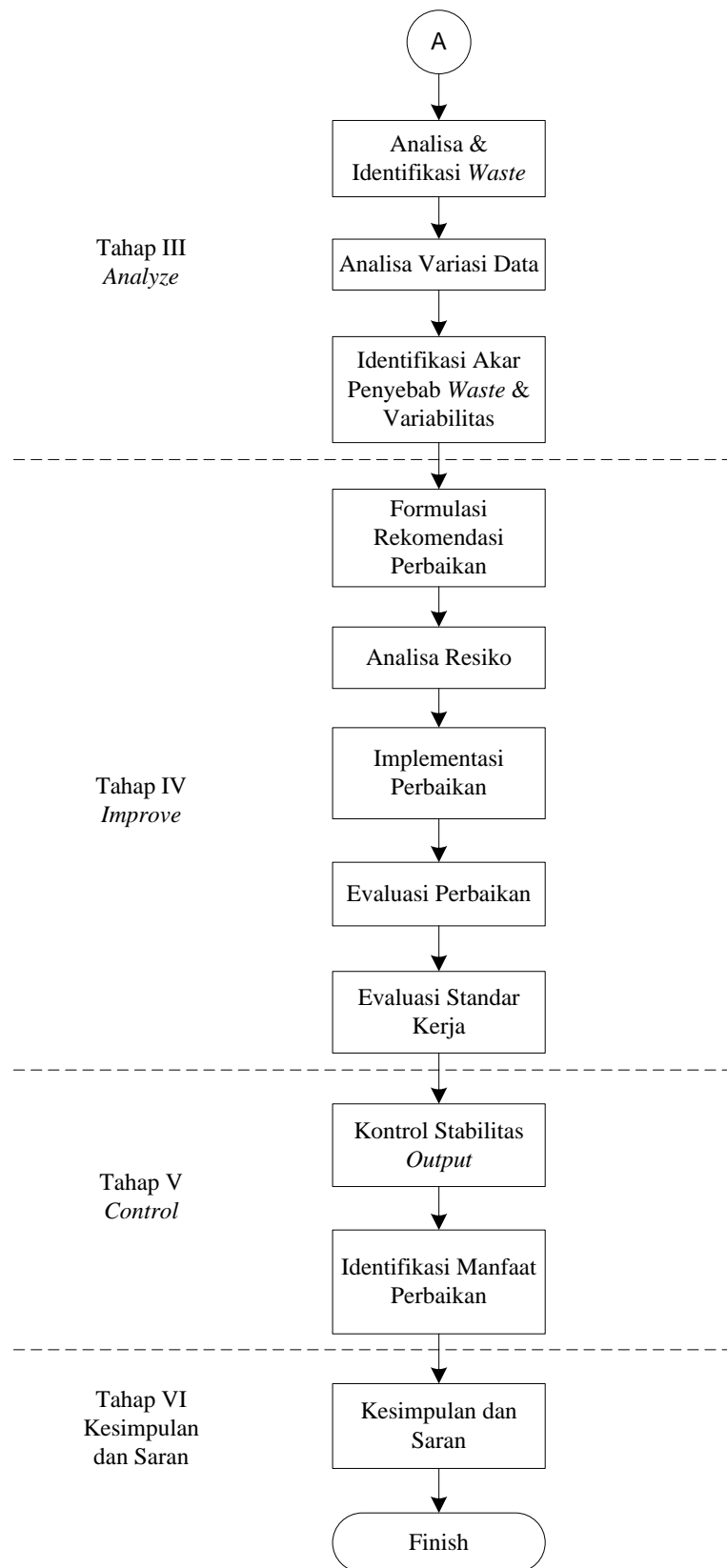
## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan langkah dan metode penelitian yang dilakukan. Langkah-langkah dalam penelitian ini mengikuti metodologi DMAIC yaitu *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, dan *Control*. Langkah-langkah dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini:



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

### **3.1 Define**

#### **3.1.1 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan dengan cara mencari, menentukan teori–teori atau referensi yang relevan untuk mendapatkan informasi dan berbagai alat bantu analisa dalam penyelesaian permasalahan yang sedang dihadapi perusahaan. Hasilnya diperoleh metode integrasi *Lean Six Sigma* dalam identifikasi, pengukuran, analisa, perbaikan, hingga kontrol terhadap penyelesaian *waste* dan variasi *output* yang terjadi sehingga dapat menunjang peningkatan *total output* proses produksi *polyols*.

#### **3.1.2 Studi Lapangan**

Studi lapangan dilakukan dengan metode *gemba* dalam upaya inspeksi atau observasi secara langsung kondisi dan informasi perusahaan secara nyata di area kerja terutama terkait proses produksi *polyols*. Pemahaman deskripsi tentang proses produksi yang berlangsung terutama pengamatan aktivitas–aktivitas *non value added* maupun aktivitas – aktivitas yang menghasilkan kualitas tidak konsisten sehingga dapat memperoleh gambaran yang jelas mengenai sumber permasalahan, potensi penyebab, hingga kesesuaian solusi yang dapat diterapkan pada aktivitas di proses produksi *polyols*.

#### **3.1.3 Identifikasi Masalah**

Proses identifikasi masalah dilakukan dengan

1. *Brainstorming* bersama pihak terkait yaitu: *plant manager*, produksi, PPIC, QC, *warehouse*, dan *engineering* untuk mengetahui permasalahan yang ada pada proses produksi *polyols* terkait rendahnya *total output*.
2. Mempelajari data historis dari setiap proses di perusahaan untuk dapat mengetahui permasalahan yang dapat mempengaruhi *total output* produksi *polyols*.

Dari proses *brainstorming*, data historis, dan hasil studi lapangan melalui *gemba* dapat diketahui bahwa variasi kualitas hasil *output* proses harus diminimalkan dan *waste* yang ada harus dieliminasi atau direduksi dalam upaya menjaga kelancaran stabilitas proses produksi agar hasil dari proses produksi dapat lebih efektif, efisien, dan meningkat. Oleh karena itu, diperlukan analisa yang lebih mendalam untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.



## **3.2 Measure**

### **3.2.1 Pengumpulan Data**

Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil meliputi pengamatan langsung terhadap proses produksi dan *brainstorming*. Sedangkan data sekunder yang diambil berupa data historis mulai tahun 2017 hingga saat ini meliputi *resource* yang digunakan, produk yang dihasilkan, jumlah dan kualitas *output*, parameter yang digunakan, beserta tindakan – tindakan yang diambil dalam mengatasi permasalahan – permasalahan yang timbul.

Data diambil dari beberapa sumber dalam perusahaan yaitu rekaman sistem proses produksi otomatis, pencatatan administrasi yang dilakukan oleh *operator* produksi, pencatatan administrasi hasil pengecekan kualitas oleh tim laboratorium, dan hasil keputusan dalam rapat tim manajemen.

### **3.2.2 Studi Penyimpangan Data Output Terhadap Target**

Studi ini dilakukan dengan melakukan beberapa tahapan sebagai berikut

1. Menentukan *baseline stability factor* dari hasil *output* harian dari bulan maret hingga mei 2018.
2. Menyusun *planning factor* yang berisi target pencapaian *output* harian yang diberikan oleh pihak PPIC setiap bulannya.
3. Menyusun data aktual *output* harian produksi *polyols* setiap bulannya dengan periode waktu yang sama dengan *planning factor* dari pihak PPIC.
4. Membandingkan *planning factor* dengan aktual *output* harian produksi *polyols*. Dimana kedua data tersebut digambarkan melalui *probability plot diagram* sehingga dapat diperoleh grafik pola data, nilai *mean*, Q1, Q3, dan *stability factor*.

Hasil dari perbandingan tersebut dapat dilihat pencapaian pemenuhan terhadap rencana *output* setiap harinya yang dapat dilihat pada nilai *stability factor*. Sedangkan *stability factor* setiap bulannya dievaluasi peningkatannya terhadap *baseline stability factor* yang telah ditentukan.

### 3.2.3 Penyusunan Standar Kerja

Standar parameter dan pelaksanaan proses produksi diketahui dari data historis yang ada di perusahaan berupa tabel standar parameter proses, prosedur – prosedur dan instruksi kerja. Data – data tersebut di pelajari kembali dan di evaluasi sesuai dengan *best practice* untuk setiap proses nya sehingga dapat ditentukan standar parameter proses dan target produksi *polyols*. Standar kerja yang disusun fokus pada proses yang kritikal terhadap kualitas (*Critical To Quality*). Standar parameter proses pada setiap tahapan proses yang kritikal disusun kembali dalam bentuk tabel. Selain itu, prosedur pelaksanaan proses pada tahapan tersebut didokumentasi dengan baik dan dapat dengan mudah dipahami dan dilaksanakan oleh *operator* produksi.

### 3.2.4 Penyusunan Value Stream Mapping

Proses produksi *polyols* dipetakan seluruh tahapannya beserta informasi terkait dalam bentuk *current state value stream mapping*. *Value stream mapping* disusun secara umum mulai dari proses *slurrification* hingga proses *evaporation* akhir untuk setiap lini produknya sehingga dapat diidentifikasi *waste* yang dapat menyebabkan variasi *output*. Jika pada suatu proses teridentifikasi adanya *waste*, maka pada proses tersebut akan dipetakan secara detil untuk mengidentifikasi sumber utama penyebab *waste*.

## 3.3 Analyze

### 3.3.1 Analisa dan Identifikasi Waste

Berdasarkan informasi yang diperoleh dalam *value stream mapping*, maka dapat dianalisa aliran proses produksi *polyols* dan pada setiap prosesnya dapat diidentifikasi potensi terjadinya *waste*. Jika ditemukan adanya *waste* pada suatu proses, maka :

1. Ditentukan *waste* terbesar pada *value stream* terutama yang menyebabkan *bottleneck / delay / waiting*.
2. Dilakukan analisa tipe *waste*, lokasi terjadinya *waste*, dan faktor – faktor yang berpotensi menyebabkan *waste* tersebut. Analisa ini dilakukan dengan melakukan analisa data, *gemba*, dan *interview* dengan *operator* produksi sehingga dapat dikumpulkan informasi – informasi penunjang analisa perbaikan.

Dengan analisa tersebut diharapkan dapat mengurangi / menghilangkan *waste* yang muncul dalam proses produksi *polyols*.

### **3.3.2 Analisa Variasi Data**

Setiap proses yang kritikal dianalisa variabilitas yang terjadi melalui alat bantu *capability* dan *stability analysis*. Dalam *capability analysis* proses dapat diidentifikasi *defect* yang dapat menyebabkan variasi *output* pada proses produksi *polyols* dan dianalisa kecenderungan variasi datanya sehingga dapat dilakukan analisa yang tepat terhadap penyebab penyimpangan data. Dengan analisa tersebut bertujuan untuk memperbaiki *defect* yang muncul dalam proses produksi *polyols*.

Analisa variasi data dilakukan pada proses *liquefaction*, *saccharification*, *hydrogenation* dan *evaporation*. Data yang diambil pada proses *liquefaction* adalah data pH, temperatur, dan selisih tekanan. Data tersebut diperoleh setiap jam dari sistem proses produksi yang secara otomatis terekam setiap waktu.

Data yang diambil pada proses *saccharification* adalah *sugar profile* dan *iodine test*. Data tersebut diperoleh dari pengecekan laboratorium untuk setiap *batch*. Perhitungan *batch* pada proses *saccharification* adalah berdasarkan tangki untuk proses *saccharification*.

Data yang diambil pada proses *hydrogenation* adalah lamanya waktu reaksi dan penambahan *nickel* sebagai *catalyst* untuk masing – masing mesin *autoclave*. Data tersebut diperoleh dari hasil pencatatan yang dilakukan oleh operator produksi untuk setiap *batch* proses. Perhitungan *batch* adalah berdasarkan jumlah reaksi pada mesin *autoclave*.

Data yang diambil pada proses *evaporation* adalah kecepatan aliran proses karena data tersebut dapat menggambarkan variasi *output* setiap jam nya. Data tersebut diperoleh setiap jam dari sistem proses produksi yang secara otomatis terekam setiap waktu.

### **3.3.3 Identifikasi Akar Penyebab Waste & Variabilitas**

Identifikasi akar penyebab *waste* dan *defect* dilakukan dengan bantuan alat bantu *root cause analysis* yang menggabungkan Analisa 5 *whys* dan *cause & effect diagram*. Dalam analisa *root cause analysis* tersebut, permasalahan digali secara mendalam dari segi *manpower*, *machine*, *material*, *method*, *measurement*, dan *environment*. Dari masing – masing sudut pandang tersebut, permasalahan digali

dengan menggunakan 5 *whys* dengan mempertanyakan sumber penyebabnya beberapa kali hingga tidak dapat mengidentifikasi penyebab lainnya.

Jika ditemukan adanya beberapa akar penyebab terjadinya *waste* dan *defect* yang tidak dapat ditemukan yang paling dominan, maka dianalisa kontribusi penyebab terbesar melalui *pareto diagram* sehingga dapat diprioritaskan penyelesaian masalah pada masalah-masalah yang penting dan yang berdampak signifikan terhadap peningkatan *added value* terlebih dahulu.

### **3.4 Improve**

#### **3.4.1 Formulasi Rekomendasi Perbaikan**

Setiap proses kritikal yang diidentifikasi adanya *waste* dan variasi data ditentukan penyelesaian / perbaikan terhadap akar permasalahannya. Penyelesaian tersebut diambil dari standar kerja, data perbaikan masa lalu, saran dari *expertise*, dan *best practice* dari cabang perusahaan lainnya. Penyelesaian – penyelesaian tersebut di data dan dievaluasi kelayakan penerapannya dari segi waktu, ketersediaan sumber daya, dan kemudahan pelaksanaannya. Penyelesaian terhadap *waste* akan dipetakan ulang ke dalam *future state value stream mapping*. Setiap solusi permasalahan yang di akan dilakukan di susun dalam *action plan list* yang berisi tentang :

1. Action / aktivitas perbaikan yang akan dilakukan.
2. Rencana pelaksanaan aktivitas – aktivitas perbaikan tersebut dimulai.
3. Target penyelesaian aktivitas – aktivitas perbaikan.
4. Penanggung jawab pelaksanaan masing – masing *action*.
5. Status perkembangan masing – masing *action*.
6. Penjelasan kondisi aktual perkembangan setiap *action* dan kendalanya.

Selain dilakukan penyusunan *action list*, disusun juga rencana kontrol (*control plan*) pada tahap *control* terhadap proses – proses yang kritikal terhadap penyimpangan kualitas dan pencegahan munculnya *waste* baru.

#### **3.4.2 Analisa Resiko**

Setiap perbaikan yang akan diterapkan akan dianalisa resiko yang akan timbul dengan menggunakan *risk assessment matrix* dengan mempertimbangkan

faktor *safety*, *food safety*, *process complexity*, dan *process readiness*. Aktivitas – aktivitas yang akan dilakukan pada tahap ini adalah :

1. Menentukan tingkat resiko berdasarkan tingkat kemunculan dan keparahan melalui *brainstorming* dengan pihak terkait seperti produksi, PPIC, QC, *warehouse*, *maintenance*, *finance*, dan *plant manager*.
2. Menganalisa tingkat probabilitas kemunculannya dan keparahan konsekuensi yang timbul pada keseluruhan faktor sehingga dapat diketahui tingkat resikonya.
3. Menentukan tindakan antisipasi (mitigasi) yang bisa dilakukan sebelum resiko tersebut muncul sehingga dapat meminimalkan dampaknya ataupun probabilitas kemunculannya.
4. Menentukan rencana cadangan (*contingency plan*) yang akan dilakukan jika resiko yang diidentifikasi terjadi.
5. Menentukan penanggung jawab yang melaksanakan pengelolaan masing – masing resiko.

### **3.4.3 Implementasi Perbaikan**

Aktivitas – aktivitas perbaikan diterapkan pada proses terkait dengan penyampaian perubahan yang terjadi hingga pada tingkat *operator* sehingga pelaksanaannya dapat dipahami dan dilaksanakan dengan baik. *Operator* melaksanakan *improved process* pada setiap shift, lalu didokumentasikan dan divisualisasikan dengan penerapan *visual factory* dalam bentuk skema komunikasi harian.

### **3.4.4 Evaluasi Perbaikan**

Pada tahap ini evaluasi terhadap perbaikan dilakukan oleh masing – masing penanggung jawab *action plan*. Evaluasi dilakukan dengan menganalisa pencapaian terhadap kesesuaian terhadap *planning factor*, target *stability factor*, peningkatan indeks kapabilitas, peningkatan stabilitas, dan kesesuaian terhadap *future state value stream mapping*. Jika ditemukan kendala atau ketidaksesuaian hasil dari perbaikan, maka dilakukan evaluasi perubahan perbaikan yang dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

1. Evaluasi perubahan tindakan perbaikan yang sederhana dan butuh keputusan cepat akan melibatkan seluruh tingkat pekerja terkait, mulai dari *operator* hingga atasannya sehingga keputusan yang diambil dapat diimplementasikan secara efektif.
2. Evaluasi perubahan tindakan perbaikan dimana keputusan yang perlu diambil tidak dapat dilakukan segera atau membutuhkan pertimbangan tingkat yang lebih tinggi, maka permasalahan / kendala penerapan perbaikan tersebut akan dielevasi atau dibahas pada diskusi terpisah dan diputuskan pada waktu yang telah ditentukan.

#### **3.4.5 Evaluasi Standar Kerja**

Setelah diperoleh pencapaian hasil penerapan perbaikan yang diharapkan, maka dilakukan evaluasi kembali terhadap standar parameter proses, prosedur kerja, dan instruksi kerja supaya perubahan dapat didokumentasi dan dilaksanakan secara konsisten serta meminimalkan terjadinya kesalahan.

### **3.5 Control**

#### **3.5.1 Kontrol Stabilitas Output**

Pada tahap ini dilakukan proses kontrol dilakukan dengan menyusun *control plan* terhadap setiap proses yang kritikal dan *total output* setiap harinya untuk memenuhi target yang diharapkan sehingga diperoleh *output* yang konsisten setiap harinya.

#### **3.5.2 Identifikasi Manfaat Perbaikan**

Pada tahap ini dilakukan penyusunan daftar manfaat yang diperoleh dengan penerapan *Lean Six Sigma* baik secara finansial maupun non-finansial. Manfaat perbaikan secara finansial diidentifikasi pada peningkatan peluang pasar dan penghematan pada konsumsi listrik.

### **3.6 Kesimpulan dan Saran**

Setelah melakukan perbaikan dengan menerapkan metode *Lean Six Sigma* yang digunakan dalam menjawab permasalahan yang telah dirumuskan, hasil *improvement* diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pihak perusahaan. Penelitian akan disimpulkan pada tahap ini dan diberikan saran yang dapat membantu penerapan yang lebih baik lagi untuk masa datang.

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

## **BAB 4**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

#### **4.1 Gambaran Umum Perusahaan**

Pabrik pemanis merupakan salah satu proses produksi yang menggunakan reaksi kimia enzimatis yang kompleks untuk mengubah *starch* menjadi pemanis. Reaksi yang terjadi melalui beberapa tahapan yang kompleks dengan memastikan parameter – parameter enzim dapat bekerja secara optimal.

Perkembangan kebutuhan sehari – hari manusia terus meningkat sehingga potensi pasar dunia juga semakin meningkat. Seiring dengan perkembangan tersebut, persaingan dalam pemenuhan kebutuhan *customer* terus meningkat pesat. Perkembangan pabrik pemanis di Indonesia sangat pesat terutama untuk beberapa produk pemanis yang dapat diproduksi dengan proses yang cukup sederhana dan tidak membutuhkan banyak modal.

Oleh karena itu setiap perusahaan dituntut untuk bisa mengurangi biaya produksi dan dapat menetapkan harga yang bersaing dengan tetap mempertahankan kualitas produk yang baik. Pencapaian PT.XYZ selama 35 tahun merupakan salah satu indikator pencapaian perusahaan tersebut dalam memenuhi kepuasan *customer*.

##### **4.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan**

PT.XYZ merupakan suatu perusahaan yang menyediakan produk pangan, pakan ternak, pertanian, jasa keuangan dan produk – produk perusahaan lainnya. PT.XYZ telah berkembang dan bertumbuh bersama pemasok, pemerintah, dan masyarakat. PT.XYZ memiliki beberapa bidang usaha diantaranya adalah bahan pangan dan bio industri (*Food Ingredients & Bio-Industrial*), nutrisi hewan (*Animal Nutrition*), protein & garam (*Protein & Salt*), rantai pasok pertanian (*Agricultural Supply Chain*), logam & pengiriman (*Metal & Shipping*).

PT.XYZ merupakan bagian dari bidang usaha perusahaan pusat di bahan pangan dan bio industri (*Food Ingredients & Bio-Industrial*). PT.XYZ berdiri pada tahun 1983 dengan lokasi perusahaan yang tersebar di Way Bungur, Pandaan, dan Cikande. PT.XYZ memasarkan produknya ke lebih dari 70 negara. Pangsa pasar



PT.XYZ adalah *business to business* (B2B) dimana perusahaan menawarkan produknya ke pelaku bisnis dibidang makanan dan *consumer goods* lainnya. Pemanis yang dihasilkan PT.XYZ digunakan sebagai bahan pemanis pada produk seperti krimer, permen, pasta gigi, kue, coklat, dan lain – lain.

Saat ini PT.XYZ yang berlokasi di Raya Gempol, Pandaan, Jawa Timur, Indonesia memiliki karyawan sebanyak 350 orang yang terdiri dari karyawan tetap dan karyawan kontrak. Perusahaan ini berdiri di lahan seluas 1.8 hektar yang terdiri dari ruang kantor, ruang produksi, dan ruang gudang. Perusahaan ini merupakan pabrik pemanis (*sweetener factories*) yang memproduksi *sorbitol syrup*, *maltitol syrup*, *maltose syrup*, *dextrose monohydrate*, *maltodextrine*, dan *cold water swelling starch*.

Produk yang memiliki pasar paling besar hingga saat ini adalah *polyols*. *Polyols* merupakan produk pemanis kelas atas yang digunakan oleh customer kelas dunia. Peningkatan pasar *polyols* yang paling signifikan adalah pada *sorbitol* dan *maltitol*. Sedangkan kapasitas maksimum dari lini produksi *polyols* adalah sebesar 420 ton per hari.

PT.XYZ menerapkan sistem *make to order* terhadap permintaan *customer*. Akan tetapi, perusahaan tetap menggunakan peramalan (*forecasting*) dalam periode 2 tahun dan akan di *review* permintaan *customer* setiap bulannya. Setiap produk yang dibuat memiliki spesifikasi sesuai permintaan *customer* mulai dari *dextrose equivalent*, *sugar profile*, *iodine*, pH, warna, dan lain – lain sehingga membutuhkan perencanaan yang spesifik untuk memenuhi permintaan tersebut.

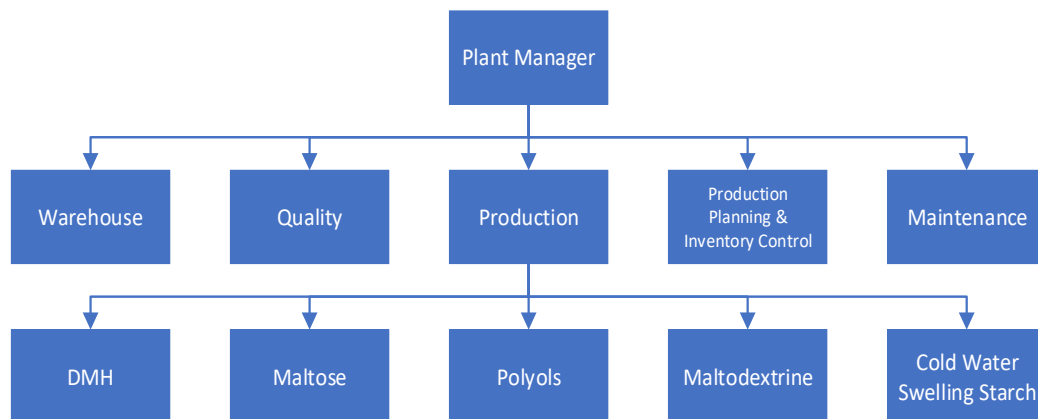
Untuk menghasilkan produk dengan kualitas terbaik dan aman bagi *customer*, perusahaan menggunakan pedoman mutu dan keamanan produksi pemanis yang mengacu pada ISO 9001 : 2015 dan ISO 17001 : 2015 dan sudah memiliki sertifikasi juga untuk beberapa standar lainnya. Selain itu, perusahaan juga mengikuti seluruh peraturan pangan yang ada di setiap negara tujuan untuk memastikan produk yang dikirimkan sesuai dengan peraturan pemerintah masing – masing tujuan negara.

### 4.1.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan hirarki yang menggambarkan tugas dan tanggung jawab maupun wewenang masing – masing bagian secara jelas dalam pencapaian visi dan misi serta tujuan perusahaan. Oleh karena itu, struktur organisasi harus dimiliki oleh suatu perusahaan dan dikelola dengan baik.

PT.XYZ menerapkan tipe struktur organisasi lini dan staf. Struktur organisasi lini dan staf merupakan struktur organisasi yang menggabungkan aliran wewenang langsung dari organisasi lini dengan keahlian yang dimiliki oleh organisasi staf. Departemen lini akan berkaitan dengan pengambilan keputusan – keputusan penting terhadap keberlangsungan perusahaan. Sedangkan departemen staf akan memberikan dukungan teknis terhadap keputusan tersebut.

Struktur organisasi dan sistem manajemen staf di PT.XYZ dijalankan secara sentralisasi. Seluruh operasional pabrik menjadi tanggung jawab plant manager yang membawahi departemen produksi, PPIC, gudang, QC, dan *supporting department* lain dalam melaksanakan proses produksi. Pada gambar 4.1 dibawah ini akan dibahas mengenai struktur organisasi yang terkait langsung dengan proses produksi.



**Gambar 4.1** Struktur Organisasi Proses Produksi

Adapun fungsi masing – masing dalam pengelolaan operasional pabrik sebagai berikut :

1. *Plant manager*

Berfungsi sebagai penanggung jawab atas segala aktivitas operasional pabrik dan berkoordinasi dengan pihak – pihak terkait untuk memastikan proses produksi dapat berjalan dengan lancar.

2. *Production*

Berfungsi menjalankan operasional proses produksi sesuai dengan target *output* yang direncanakan dan standar kualitas yang telah ditetapkan.

3. *Production Planning & Inventory Control*

Berfungsi merencanakan seluruh kebutuhan dalam menghasilkan produk mulai dari pemesanan material, perencanaan produksi, kontrol jumlah material dan produk akhir untuk setiap produk.

4. *Quality*

Berfungsi menentukan standar kualitas sesuai dengan spesifikasi permintaan customer, memantau kualitas hasil proses produksi dan memastikan produk yang dihasilkan sesuai dengan standar pangan yang telah ditetapkan.

5. *Maintenance*

Berfungsi merencanakan proses perawatan mesin, memperbaiki kerusakan mesin, dan memastikan mesin dapat beroperasi secara optimal untuk menunjang kebutuhan proses produksi.

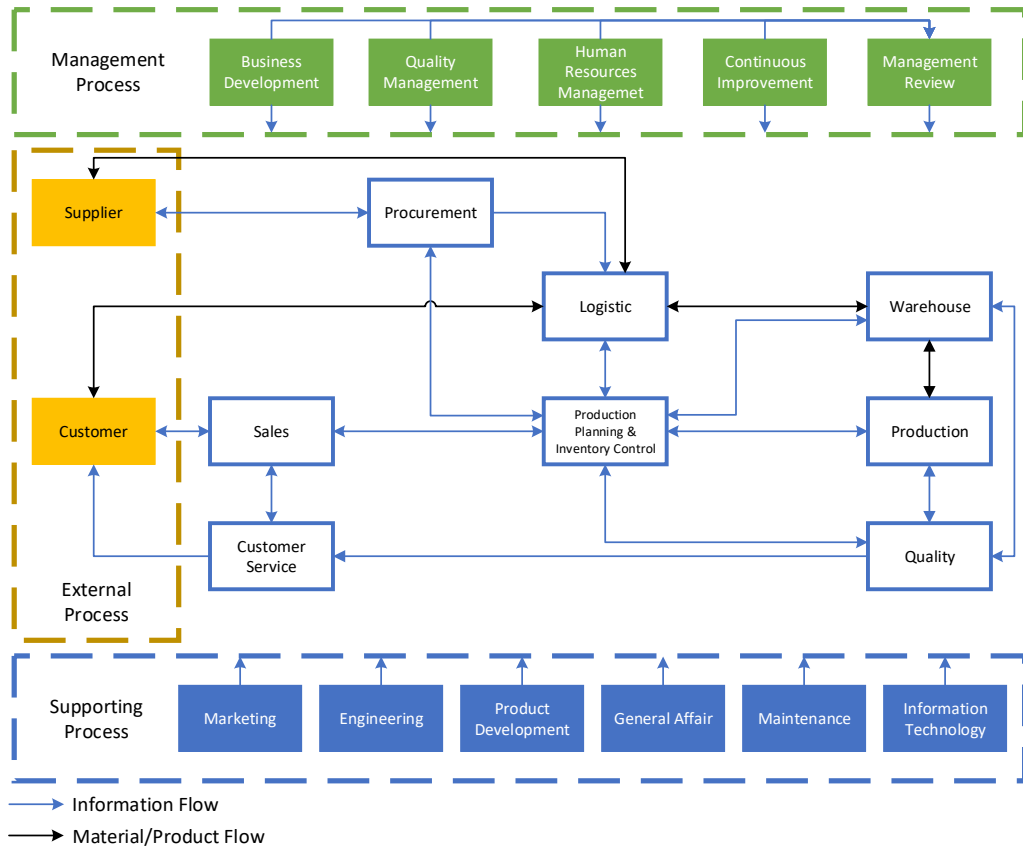
6. *Warehouse*

Berfungsi menyimpan bahan baku, bahan penunjang, dan produk akhir serta memastikan barang dapat dimuat untuk dikirimkan ke *customer* sesuai dengan jumlah dan waktu yang telah disepakati.

#### **4.1.3 Proses Bisnis**

Proses bisnis menggambarkan hubungan kerja setiap departemen yang ada di perusahaan dalam upaya mengelola permintaan *customer* dan mengirimkan produk sesuai permintaan *customer* dengan baik. Setiap departemen memiliki perannya masing – masing dalam menunjang kelancaran bisnis perusahaan.

Proses bisnis di PT.XYZ digambarkan pada Gambar 4.2 sebagai berikut :



**Gambar 4.2** Proses Bisnis PT.XYZ

Permintaan *customer* akan dikelola oleh *sales* lalu akan diteruskan ke *production planning & inventory control* (PPIC). *Sales* dan PPIC akan saling berkoordinasi dalam menangani permintaan *customer* untuk memastikan pesanan yang dilakukan dapat terpenuhi sesuai kesepakatan. Setelah pesanan diterima, PPIC akan mengecek persediaan yang ada baik material maupun produk akhir dengan pihak *warehouse*.

Jika *warehouse* masih memiliki persediaan produk akhir, maka PPIC akan berkoordinasi dengan *logistic* untuk mengirimkan produk tersebut ke *customer*. Jika *warehouse* tidak memiliki persediaan terhadap produk akhir yang bersangkutan, maka PPIC akan memastikan persediaan material dan melakukan pesanan material jika dibutuhkan dengan berkoordinasi dengan *procurement*.

PPIC akan memberikan perencanaan produksi kepada *production* dan akan tetap memantau proses produksi hingga produk dihasilkan. Hasil produksi akan

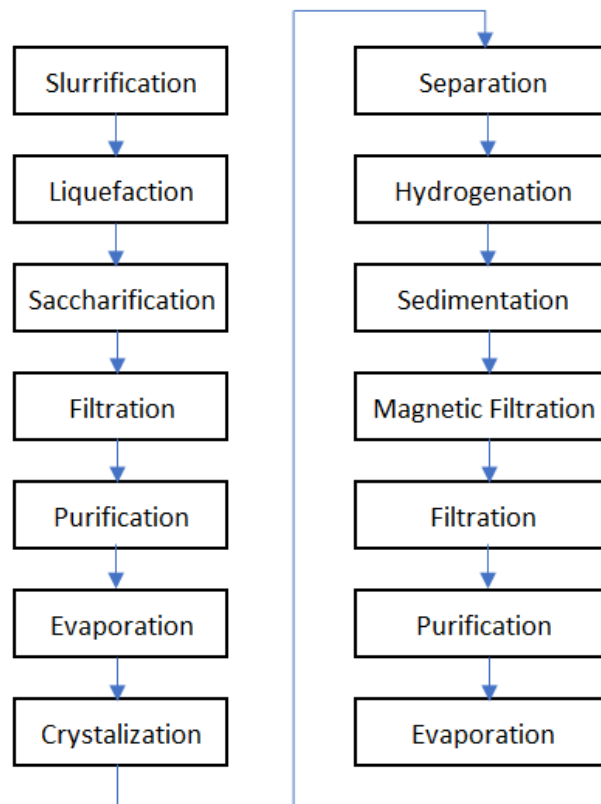
dicek oleh *quality* lalu jika hasilnya sesuai spesifikasi *customer*, maka akan diserahkan kepada *warehouse*. Hasil pengecekan tersebut akan selalu dipantau oleh PPIC untuk memastikan pesanan produk terpenuhi tepat waktu dan tepat jumlah.

Jika ada keluhan dari *customer*, maka keluhan tersebut akan disampaikan oleh *sales* kepada *customer service* untuk dapat dikelola hingga mendapatkan respon yang tepat dari pihak terkait. Keluhan tersebut akan dikoordinasikan oleh *customer service* dengan pihak *quality*. *Quality* akan melakukan investigasi dengan PPIC, *production*, dan *warehouse*. Hasil investigasi tersebut akan dikomunikasikan dengan tepat ke *customer* melalui *customer service*.

Proses – proses penunjang lainnya seperti *marketing*, *maintenance*, *engineering*, dan lain – lain berperan dalam memastikan proses pengelolaan permintaan *customer* dapat dilakukan tepat jumlah, tepat waktu, dan tepat kualitas. Selain itu, terdapat beberapa proses yang menunjang keberlangsungan sistem manajemen di perusahaan diantaranya *business development*, *quality management*, *human resource management*, *continuous improvement*, dan *management review* dimana setiap lini tersebut berperan menunjang proses bisnis utama di perusahaan.

#### **4.2 Proses Produksi**

Produk yang tergolong dalam *polyols* ada 2 yaitu *sorbitol* dan *maltitol*. Secara umum proses produksi kedua jenis produk tersebut sama seperti pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Proses Produksi *Polyols* PT.XYZ

Perbedaan utamanya adalah pada proses *saccharification* dimana enzim yang ditambahkan berbeda untuk bahan *sorbitol* dan bahan *maltitol*. Bahan *sorbitol* menggunakan WIP *dextrose* dimana enzim *saccharification* yang digunakan adalah *gluco-amylase*, sedangkan bahan *maltitol* menggunakan WIP *maltose* dimana enzim *saccharification* yang digunakan adalah *beta-amylase*.

Secara umum proses produksi pada Gambar 4.3 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. *Slurrification* merupakan proses pencampuran awal bahan baku yang berupa *starch* dengan air sehingga menjadi *starch slurry*. Proses ini menentukan tingkat konsentrasi cairan yang akan diproses selanjutnya.
2. *Liquefaction* merupakan proses utama perubahan *starch* menjadi *dextrin*. Proses ini sangat penting karena proses terjadinya pemasakan hanya di tahap ini.

3. *Dextrin* akan diolah lebih lanjut pada proses *saccharification*. Proses ini akan dapat mengubah *dextrin* menjadi *dextrose* atau *maltose* sesuai dengan kebutuhan produk akhir yang akan dihasilkan.
4. *Filtration* merupakan proses penyaringan *dextrose* atau *maltose* atau *polyols* dari pengotor fisik dengan bantuan bahan penunjang *filter aid*. Ukuran *filter aid* yang digunakan mempengaruhi kecepatan proses filtrasi dan kejernihan *output* yang dihasilkan.
5. *Purification* merupakan proses penyaringan *dextrose* atau *maltose* atau *polyols* dari pengotor mineral yang tidak diharapkan dengan menggunakan kombinasi ion positif (kation) dan ion negatif (anion).
6. *Evaporation* ditujukan untuk meningkatkan konsentrasi sesuai kebutuhan proses selanjutnya atau kebutuhan *customer*. Proses peningkatan konsentrasi tersebut terjadi dengan proses penguapan dengan bantuan suhu tinggi, tekanan vakum, dan pendinginan kondensasi.
7. *Crystalization* adalah proses pembentukan kristal dari cairan yang akan digunakan hasilnya untuk dua jenis produk yang berbeda sesuai kebutuhan.
8. Proses *Separation* akan memisahkan antara kristal murni dengan cairan *hydrol* hasil proses kristalisasi sebelumnya. Kristal murni akan digunakan untuk menghasilkan produk sorbitol dengan tingkat *reducing sugar* yang rendah dan *hydrol* digunakan untuk menghasilkan produk sorbitol dengan tingkat *reducing sugar* tertentu. Kedua produk tersebut dapat digunakan untuk menyesuaikan spesifikasi permintaan *customer*.
9. *Hydrogenation* merupakan proses reaksi kimia pengikatan *dextrose* atau *maltose* dengan hidrogen serta dengan bantuan nikel sebagai katalis sehingga terbentuk *polyols*. *Dextrose* yang diikat dengan hidrogen menjadi *sorbitol* dan *maltose* yang diikat dengan hidrogen menjadi *maltitol*.
10. *Sedimentation* adalah proses pemisahan produk *polyols* dengan sisa nikel dengan cara diendapkan dalam jangka waktu tertentu. Setelah nikel terendapkan maka produk dapat ditarik ke proses selanjutnya.
11. *Magnet filtration* merupakan proses selanjutnya yang memastikan tidak ada sisa nikel yang terbawa ke proses selanjutnya dengan cara melewatkan produk ke magnet yang dapat menangkap sisa nikel yang terbawa.

### **4.3 Data Produksi**

Data diambil pada proses – proses kritikal yang berpengaruh besar terhadap kelancaran proses yaitu *liquefaction*, *saccharification*, *hydrogenation* dan *evaporation* pada tahap akhir. Data produksi diperoleh dari data primer dan data sekunder.

#### **4.3.1 Data Primer**

Data primer diperoleh melalui observasi (pengamatan) langsung di lokasi proses produksi secara keseluruhan dengan berdiskusi juga dengan masing – masing operator dan shift leader yang bekerja pada saat itu. Hasil temuan pada masing – masing area proses produksi dapat dilihat pada Lampiran 2. Akan tetapi, berdasarkan info dari operator, shift leader hingga manajemen, proses yang paling berpengaruh secara keseluruhan terhadap kelancaran proses produksi baik dari segi kualitas maupun kuantitas ada pada proses *liquefaction*, *saccharification*, *hydrogenation*, dan *evaporation*.

Proses - proses tersebut paling susah dikendalikan dan sangat rentan sekali dalam menghasilkan produk yang tidak sesuai sehingga kecepatan proses harus dikurangi atau bahkan di lakukan proses ulang untuk memperbaiki beberapa WIP yang memiliki kualitas buruk. Hasil observasi akan dipastikan dengan analisa data pada setiap proses kritikal tersebut.

#### **4.3.2 Data Sekunder**

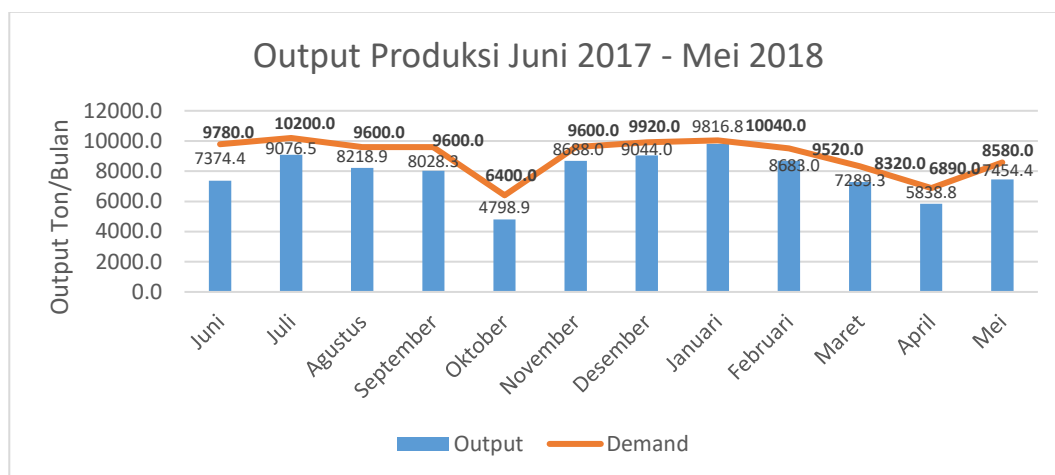
Data sekunder diambil mulai bulan Juni 2017 hingga Mei 2018 saat ini meliputi *resource* yang digunakan, produk yang dihasilkan, jumlah dan kualitas *output*, parameter yang digunakan, standar proses produksi, beserta tindakan – tindakan yang diambil dalam mengatasi permasalahan – permasalahan yang timbul.

Data diperoleh dari data – data historis yang ada di proses produksi dan beberapa sumber dalam perusahaan yaitu rekaman sistem proses produksi otomatis, pencatatan administrasi yang dilakukan oleh *operator* produksi, pencatatan administrasi hasil pengecekan kualitas oleh tim laboratorium, dan hasil keputusan dalam rapat tim manajemen.



#### 4.4 Define

Permasalahan dari penelitian ini adalah rendahnya *total output* hasil produksi sehingga tidak dapat memenuhi tingginya permintaan *customer*. Perbandingan *output* terhadap *demand* dari bulan Juni 2017 hingga Mei 2018 dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini :



**Gambar 4.4** Total Output Produksi Polyols Bulan Juni 2017 – Mei 2018

Output produksi *polyols* dengan rata – rata sebanyak 7859.3 ton per bulan tidak dapat memenuhi *demand customer* setiap bulannya dengan rata – rata permintaan sebanyak 9037.5 ton per bulannya sehingga selalu muncul *back order*. Permasalahan awal diidentifikasi melalui proses *brainstorming*. *Brainstorming* adalah suatu teknik yang dilakukan oleh sekelompok orang dari beberapa bagian untuk menemukan solusi atas suatu masalah dengan mengumpulkan ide – ide secara spontan. *Brainstorming* dilakukan pada hari Jumat tanggal 31 Mei 2018 jam 13.30 dengan dihadiri oleh *plant manager*, perwakilan dari PPIC, *production*, *engineering* dan *maintenance*.

Hasil *brainstorming* dapat dilihat pada Lampiran 1 dimana terdapat beberapa solusi untuk setiap permasalahan yang diidentifikasi oleh anggota *brainstorming*. Solusi – solusi tersebut mencakup penyelesaian dari segi metode kerja dan mesin. Solusi yang membutuhkan waktu pengerjaan yang cukup lama atau biaya yang cukup besar dievaluasi dahulu kelayakan dan prioritas pelaksanaannya setelah diolah data – data produksi lebih lanjut.

Penerapan *Lean Six Sigma* ditujukan untuk memperbaiki *defect* dan mengurangi / menghilangkan *waste* yang muncul dalam proses produksi *polyols* sehingga total output per bulannya dapat meningkat.

#### 4.5 Measure

Tahap *measure* dalam *Lean Six Sigma* membandingkan antara kondisi yang ada saat ini dengan kemampuan proses. Nilai hasil pengukuran ini akan menjadi tolak ukur dalam melakukan perbaikan proses.

##### 4.5.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode berdasarkan data primer dan data sekunder. Data primer diambil dengan observasi (pengamatan) langsung di lokasi proses produksi dan data sekunder diambil dengan pengumpulan data historis pada proses – proses yang kritis.

**Tabel 4.1** Daftar Data Sekunder

Proses	Jenis Data	Sumber Data	Data Parameter Proses
<i>Liquefaction</i>	Sekunder	Sistem proses produksi yang secara otomatis terekam setiap waktu	pH
			Temperatur
			Selisih tekanan
<i>Saccharification</i>	Sekunder	Laporan pengecekan kualitas untuk setiap <i>batch</i> oleh laboratorium	<i>Sugar profile</i>
			<i>Iodine</i>
<i>Hydrogenation</i>	Sekunder	Laporan kualitas yang dilakukan oleh operator produksi untuk setiap <i>batch</i> proses	Waktu reaksi
			Penambahan nikel
<i>Evaporation</i>	Sekunder	Sistem proses produksi yang secara otomatis terekam setiap waktu	<i>Flow</i>

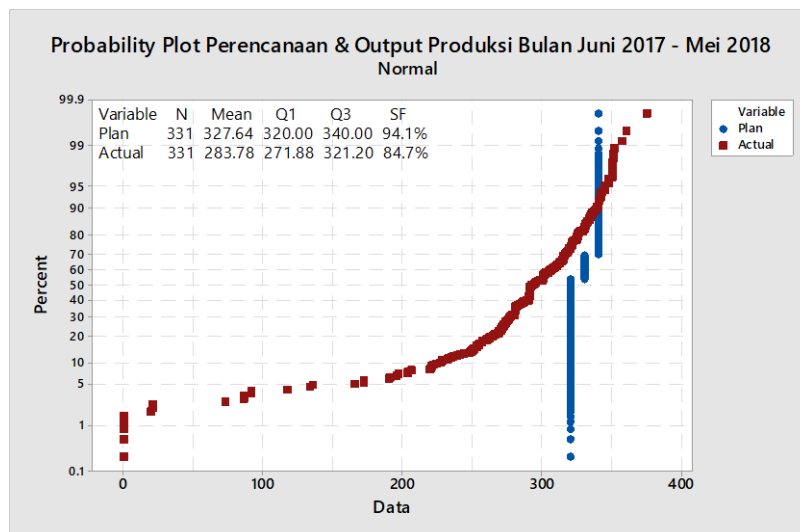
Perhitungan *batch* pada proses *saccharification* adalah berdasarkan unit tangki yang digunakan dalam proses *saccharification*. Sedangkan perhitungan *batch* pada proses *hydrogenation* adalah berdasarkan jumlah reaksi pada setiap unit mesin *autoclave*.

#### 4.5.2 Studi Penyimpangan Data Output Terhadap Target

Permintaan *customer* setiap bulan dituangkan dalam bentuk perencanaan produksi yang dilakukan oleh PPIC (*Production Planning & Inventory Control*). Perencanaan produksi tersebut disusun sesuai hasil diskusi dengan *production* dan *maintenance* terkait kebutuhan jadwal perbaikan berkala, dan lain – lain yang tergabung dalam *scheduled shutdown*. Perencanaan ini akan menjadi target *output* harian produksi.

Berdasarkan target yang diberikan kepada produksi tersebut, produksi menjalankan proses produksi *polyols* setiap hari dimana sebagian besar hari produksi terdapat permasalahan dari segi *waste* maupun *defect* sehingga tidak dapat memenuhi keseluruhan target setiap harinya.

Penyimpangan aktual *output* harian produksi terhadap target harian digambarkan dalam *probability plot*. *Probability plot* tersebut dihasilkan dengan menggunakan bantuan Minitab 17. Data aktual *output* harian produksi dan perencanaannya diambil mulai dari bulan Juni 2017 hingga Mei 2018 yang dijadikan sebagai *baseline data*. Data yang diolah kedalam *probability plot* dapat dilihat pada Lampiran 7. *Probability plot* tersebut digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 4.5** Penyimpangan *Output* Harian Produksi Terhadap Target Harian

Penyimpangan antara kedua data dihitung ke dalam bentuk *planning factor* dan *stability factor*. *Planning factor* merupakan persentase perbandingan antara Q1 dan Q3 dari perencanaan PPIC, sedangkan *stability factor* merupakan persentase perbandingan antara Q1 dan Q3 dari aktual *output* harian produksi.

Dapat dilihat pada Gambar 4.5 bahwa *planning factor* (94.1%) lebih besar daripada *stability factor* (84.7%) sehingga penyimpangan yang terjadi adalah sebesar 9.4%. Penyimpangan sebesar 9.4% ini dijadikan sebagai tolak ukur (*baseline*) terhadap perbaikan yang dilakukan.

### **4.5.3 Penyusunan Standar Kerja**

Standar kerja yang digunakan dalam proses produksi meliputi standar kondisi operasi, standar prosedur kerja, rencana pengendalian operasi, prosedur penyelesaian masalah, struktur komunikasi shift, dan tindak lanjut kinerja shift.

Standar kondisi operasi adalah panduan terhadap seluruh parameter proses dalam proses produksi untuk memastikan kualitas WIP ataupun produk akhir yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan. Data standar kondisi operasi pada setiap proses yang kritical diperoleh dari dokumentasi yang sudah dilakukan oleh perusahaan berdasarkan keputusan yang sudah ditetapkan oleh manajemen. Data tersebut terdiri dari standar keseluruhan parameter proses dan standar parameter proses kritical. Standar parameter proses kritical dapat dilihat pada Lampiran 8.

Standar prosedur kerja adalah panduan sistematis dalam menjalankan suatu proses produksi sehingga setiap pelaksana proses dapat melaksanakan tugasnya secara tepat, efektif dan efisien. Standar ini digunakan untuk menjamin kelancaran proses baik dari segi kualitas maupun kuantitas serta mengurangi terjadinya kesalahan pengoperasian yang dapat berdampak negatif terhadap proses produksi. Contoh standar prosedur kerja dapat dilihat pada Lampiran 9.

Rencana pengendalian operasi merupakan suatu rancangan aktivitas yang dipersiapkan untuk memberikan tuntunan standar dalam mengendalikan proses produksi supaya dapat menghasilkan *output* yang diharapkan. Contoh rencana pengendalian operasi dapat dilihat pada Lampiran 10.

Prosedur penyelesaian masalah adalah panduan bagi setiap pelaksanaan proses dalam menyelesaikan setiap ketidaksesuaian yang terjadi. Prosedur ini ditujukan untuk menghindari terjadinya perbedaan ataupun kesalahan dalam

penanganan ketidaksesuaian sehingga memungkinkan dampak negatif yang dihasilkan menjadi lebih besar.

Struktur komunikasi shift dalam setiap departemen produksi perlu memiliki susunan yang memperhatikan tentang keselamatan, keamanan pangan, kualitas hasil produksi, permasalahan dan tindak lanjut yang perlu dilakukan. Tindak lanjut untuk setiap permasalahan pada setiap shift perlu disampaikan pencapaiannya dan dampaknya supaya dapat dievaluasi lebih lanjut.

Seluruh komponen standar kerja tersebut dinilai kondisi awalnya dengan menggunakan *rating* penilaian dari 0 hingga 4 oleh tim penilai yang beranggotakan perwakilan dari *production*, *maintenance*, dan *engineering*. Setiap standar dinilai dari dimensi kuantitas, kualitas, dan penggunaannya. Acuan penilaian untuk masing – masing standar dapat dilihat pada Lampiran 11 dengan tampilan seperti Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Acuan *Rating* Penilaian Standar Kerja (Standar Kondisi Operasi)

Standar	Kuantitas	Kualitas	Penggunaan
<p><b>Standar Kondisi Operasi</b></p>	<p>0. Tidak memiliki standar kondisi operasi</p> <p>1. Volume rendah, sebagian besar rentang operasi tidak memiliki nilai yang spesifik, hanya mengatur set point</p> <p>2. Volume lebih tinggi, terdapat nilai yang terukur. Sebagian besar memiliki rentang nilai operasi</p> <p>3. Serangkaian standar kondisi operasi yang terstruktur, ditentukan berdasarkan masing - masing tipe produk</p> <p>4. Tersedia dalam bentuk resep dan dapat diunduh untuk masing - masing tipe produk</p>	<p>0. Kadaluwarsa/tidak ada tanggal pengesahan/tidak direvisi</p> <p>1. Hanya sedikit yang direvisi/tidak direvisi secara berkala</p> <p>2. Sebagian besar diupdate</p> <p>3. Seluruhnya diupdate secara berkala</p>	<p>0. Sudah tidak digunakan sama sekali</p> <p>1. Hanya sebagai panduan</p> <p>2. Hanya digunakan untuk kegiatan yang jarang terjadi</p> <p>3. Kebanyakan digunakan</p> <p>4. Selalu digunakan &amp; termasuk dalam pelatihan</p>

Penilaian dari setiap standar kerja pada Tabel 4.3 dilakukan berdasarkan kebijakan manajemen dengan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Tim penilai mengumpulkan seluruh dokumen tentang standar kerja.
2. Tim penilai mengevaluasi penerapan masing – masing standar kerja di masing – masing area proses terkait.
3. Tim penilai memberikan nilai terhadap setiap dimensi pada tiap standar kerja berdasarkan acuan rating penilaian standar kerja yang bersangkutan.
4. Tim penilai mengalikan antara ketiga dimensi yaitu kuantitas, kualitas, dan penggunaannya pada setiap standar kerja kecuali untuk struktur komunikasi shift dan tindak lanjut kinerja shift hanya perkalian antara dimensi kuantitas dan penggunaannya karena untuk standar kerja tentang struktur komunikasi shift dan tindak lanjut kinerja shift hanya dinilai dari dimensi kuantitas dan penggunaannya.

$$\text{Standar Kerja} = \text{Kuantitas} \times \text{Kualitas} \times \text{Penggunaan}$$

Contoh :

$$\text{Standar Kondisi Operasi} = 2 \times 3 \times 3$$

$$\text{Standar Kondisi Operasi} = 18$$

5. Tim penilai menghitung total hasil perkalian setiap standar kerja.

$$\text{Total} = \text{SKO} + \text{SPK} + \text{RPO} + \text{PPM} + \text{SKS} + \text{TLKS}$$

SKO = Standar Kondisi Operasi

SPK = Standar Prosedur Kerja

RPO = Rencana Pengendalian Operasi

PPM = Prosedur Penyelesaian Masalah

SKS = Struktur Komunikasi Shift

TLKS = Tindak Lanjut Kinerja Shift

Contoh :

$$\text{Total} = 18 + 2 + 2 + 0 + 6 + 3$$

$$\text{Total} = 31$$

Tabel 4.3 Penilaian *Rating* Standar Kerja

Standar	Dimensi			Total
	Kuantitas	Kualitas	Penggunaan	
Standar Kondisi Operasi	2. Volume lebih tinggi, terdapat nilai yang terukur. Sebagian besar memiliki rentang nilai operasi	3. Seluruhnya diupdate secara berkala	3. Kebanyakan digunakan	18
Standar Prosedur Kerja	1. Panduan secara umum, hanya terdapat sejumlah kecil instruksi spesifik berdasarkan masalah yang terjadi sebelumnya	1. Hanya sedikit yang direvisi/tidak direvisi secara berkala	2. Hanya digunakan untuk kegiatan yang jarang terjadi	2
Rencana Pengendalian Operasi	1. Panduan secara umum, hanya terdapat sejumlah kecil instruksi spesifik berdasarkan masalah yang terjadi sebelumnya	1. Hanya sedikit yang direvisi/tidak direvisi secara berkala	2. Hanya digunakan untuk kegiatan yang jarang terjadi	2
Prosedur Penyelesaian Masalah	0. Tidak memiliki prosedur penyelesaian masalah	0. Kadaluwarsa/tidak ada tanggal pengesahan/tidak direvisi	0. Sudah tidak digunakan sama sekali	0
Struktur Komunikasi Shift	2. Serah terima pergantian shift secara tertulis, tidak ada struktur		3. Diskusi 1 on 1 shift leader dengan operator	6
Tindak Lanjut Kinerja Shift	1. Tindak lanjut secara lisan ad-hoc		3. Sebagian besar selesai tepat waktu	3
<b>Total</b>				<b>31</b>



Standar kondisi operasi memiliki penilaian tertinggi dari keenam standar kerja yang ada yaitu sebesar 18 karena standar ini harus benar – benar di *update*, dipahami, dan dilaksanakan dengan baik untuk memastikan kualitas produk yang dihasilkan sesuai dengan permintaan *customer*.

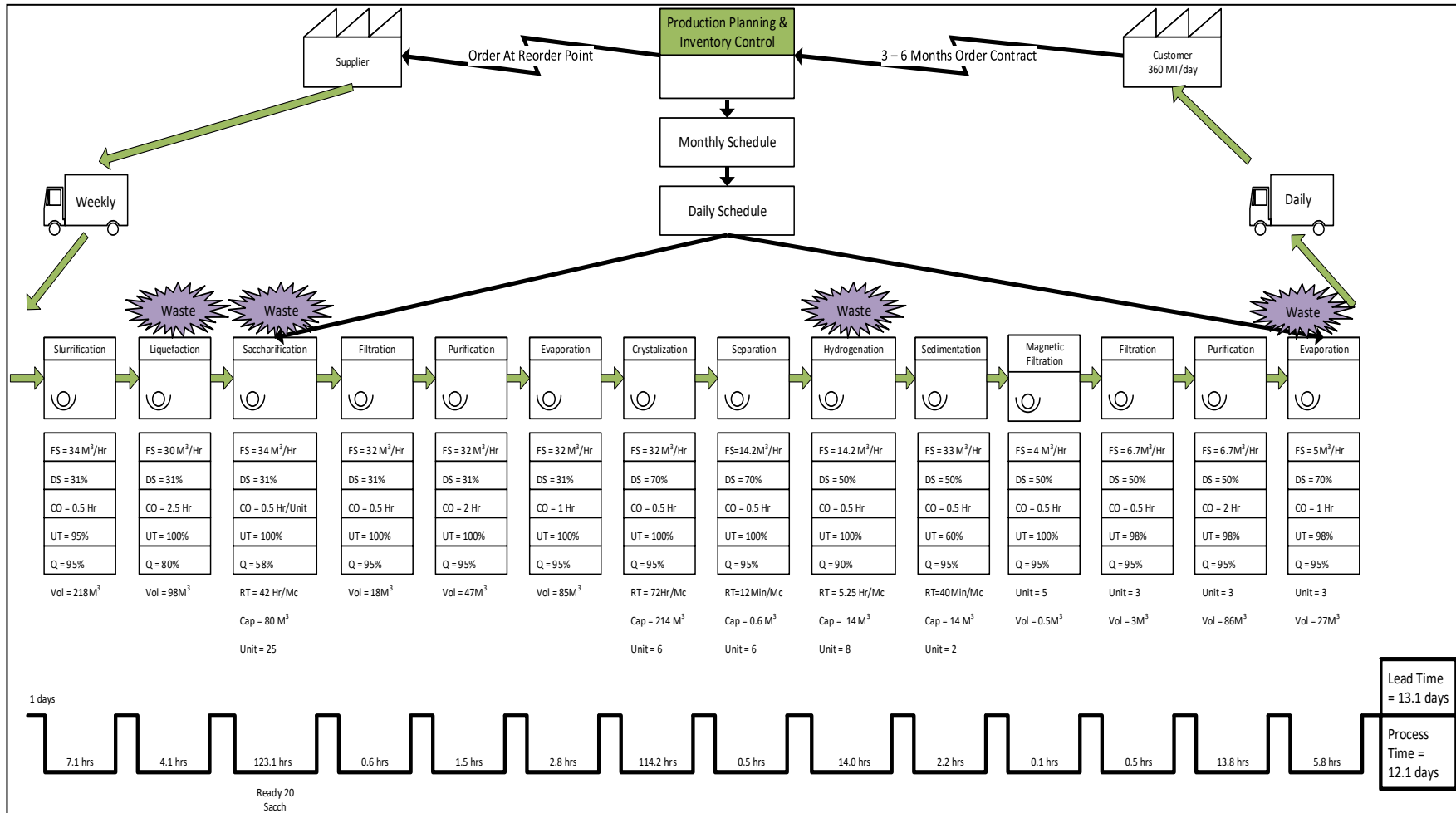
Sedangkan untuk prosedur penyelesaian masalah memiliki penilaian terendah dari keseluruhan standar kerja yang ada yaitu sebesar 0 (nol) karena tidak ditemukan adanya dokumentasi prosedur terkait dan tidak pernah ada pembahasan tentang prosedur tersebut. Total penjumlahan dari perkalian setiap standar kerja adalah 31, dimana total tersebut menjadi tolak ukur hasil dari perbaikan yang dilakukan.

#### **4.5.4 Penyusunan *Value Stream Mapping***

*Value stream mapping* merupakan pemetaan seluruh proses baik yang *value added* maupun yang *non-value added* yang dibutuhkan untuk mengalirkan produk mulai dari bahan baku hingga ke tangan *customer*. *Current value stream mapping* pada Gambar 4.6 menunjukkan proses dimulai dari PPIC menyusun jadwal bulanan (*monthly schedule*), lalu jadwal tersebut digunakan untuk menyusun perencanaan harian produksi (*daily schedule*). Bahan baku dan bahan penunjang dipesan setelah persediaan mencapai titik pemesanan ulang (*reorder point*), dimana pengirimannya dilakukan setiap minggu. Sedangkan pengiriman produk pesanan *customer* dilakukan setiap hari dengan jumlah pesanan berdasarkan kontrak 3 – 6 bulan untuk masing – masing *customer*.

Setiap tahapan proses produksi masing – masing dioperasikan oleh 1 orang operator. Informasi yang disusun pada *current state value stream mapping* (Gambar 4.6) fokus pada *net flow* untuk setiap proses mulai dari *slurrification* hingga *evaporation* akhir. *Net flow* setiap proses merupakan *flow* yang dipengaruhi oleh :

1. Jumlah unit yang digunakan
2. Persentase *dry substance* yang digunakan pada setiap proses
3. Persentase *up time* setiap mesin
4. Persentase kualitas output yang baik



**Gambar 4.6** Current State Value Stream Mapping

**Tabel 4.4** Perhitungan *Net Flow* dan *Process Time* Dari *Current State VSM*

Process	Unit	RT (Hr)	Flow (M <sup>3</sup> /H)	Vol (M <sup>3</sup> )	DS Output (%)	Up Time (%)	Quality (%)	Net Flow (M <sup>3</sup> DS/H)	Process Time (Hr)
Preparation									24.0
Slurrification	1		34	218	31	95	95	9.5	7.1
Liquefaction	1		30	98	31	100	80	<b>7.4</b>	4.1
Saccharification	25	42	34	80	31	100	58	<b>6.1</b>	123.1
Filtration	1		32	18	31	100	95	9.4	0.6
Purification	1		32	47	31	100	95	9.4	1.5
Evaporation	1		32	85	31	100	95	9.4	2.8
Crystalization	6	72	32	214	70	100	95	9.4	114.2
Separation	6	0.2	14.2	0.6	70	100	95	9.4	0.5
Hydrogenation	8	5.25	14.2	14	50	100	90	<b>8.9</b>	14.0
Sedimentation	2	0.7	33	14	50	60	95	9.4	2.2
Magnetic Filtration	5		4	0.5	50	100	95	9.5	0.1
Filtration	3		6.7	3	50	98	95	9.4	0.5
Purification	3		6.7	86	50	98	95	9.4	13.8
Evaporation	3		5	27	70	98	95	<b>7.0</b>	5.8
Lead Time (Hr)									314.3
Lead Time (Days)									13.1
Process Time (Hr)									290.3
Process Time (Days)									12.1

Waktu (jam) yang dibutuhkan setiap proses (*process time*) pada Tabel 4.2 merupakan perhitungan dari waktu reaksi, volume, dan jumlah unit dibandingkan dengan *net flow* dalam satuan M<sup>3</sup>/H. *Preparation* adalah proses persiapan *starch* untuk digunakan di proses *slurrification* mulai dari komunikasi perencanaan PPIC dengan warehouse hingga *starch* siap untuk di *unload* dari truk ke proses *slurrification*. Langkah – langkah yang dilakukan dalam pembuatan *current state value stream mapping* adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi dan memetakan seluruh tahapan proses produksi *polyols* yang meliputi *customer*, *supplier*, PPIC, proses *slurrification*, *liquefaction*, *saccharification*, *filtration*, *purification*, *evaporation*, *crystalization*, *separation*, *hydrogenation*, *sedimentation*, *magnetic filtration*, *filtration*, *purification*, dan *evaporation* akhir.
2. Menggambar masing – masing proses dalam *value stream mapping* dan mengidentifikasi arah dan informasi dari setiap proses.
3. Memasukkan data jumlah *customer demand*, *operator*, *flow*, *dry substance*, *change over*, *utilization*, *quality*, jumlah unit, *volume*, *reaction time*, dan *capacity* pada masing – masing proses.
4. Menghitung *net flow* untuk masing – masing proses

- Proses kontinyu

$$Net\ Flow = Unit \times Flow \times \%DS\ Input \times \%Up\ Time \times \%Quality$$

Contoh :

$$Net\ Flow\ Liquefaction = 1 \times 30 \times 31\% \times 100\% \times 80\%$$

$$Net\ Flow\ Liquefaction = 7.4\ M^3\ DS/H$$

- Proses *batch*

$$Net\ Flow = Flow \times \%DS\ Input \times \%Up\ Time \times \%Quality$$

Contoh :

$$Net\ Flow\ Saccharification = 34 \times 31\% \times 100\% \times 58\%$$

$$Net\ Flow\ Saccharification = 6.1\ M^3\ DS/H$$

5. Menentukan proses yang memiliki *waste* baik berupa *bottleneck* maupun *defect* yang membuat proses tidak lancar sehingga *customer demand* tidak dapat terpenuhi.

6. Menghitung waktu proses untuk masing – masing proses.

- Proses kontinyu

$$Process\ Time = \frac{Unit \times Volume}{Nett\ Flow \div \%DS\ Input}$$

Contoh :

$$Process\ Time\ Liquefaction = \frac{1 \times 98}{7.4 \div 31\%}$$

$$Process\ Time\ Liquefaction = 4.1\ hours$$

- Proses *batch*

$$Process\ Time = Reaction\ Time + \frac{Unit\ (Aktif) \times Volume}{Nett\ Flow \div DS\ Imput \times 100}$$

Contoh :

$$Process\ Time\ Saccharification = 42 + \frac{(25-5) \times 80}{6.1 \div 31\%}$$

$$Process\ Time\ Saccharification = 123.1\ hours$$

Waktu proses yang paling lama adalah pada proses *saccharification* (123.1 jam) dan *crystalization* (114.2 jam) karena keduanya membutuhkan waktu reaksi per batch yang lama yaitu 42 jam untuk setiap *batch sacchari* dan 72 jam untuk setiap *batch crystalizer*. Total waktu proses (*process time*) yang dibutuhkan untuk membuat sekitar 310 ton per hari adalah 12.1 hari dan total *lead time* nya adalah 13.1 hari. Untuk memenuhi rata – rata permintaan customer 360 ton per hari, maka dibutuhkan :

- $Total\ Process\ Time = \frac{360 \times 12.1}{310}$

$$Total\ Process\ Time = 14.1\ hari$$

- $Total\ Lead\ Time = \frac{360 \times 13.1}{310}$

$$Total\ Lead\ Time = 15.2\ hari$$

Total waktu proses tersebut menjadi tolak ukur hasil dari perbaikan yang dilakukan.

#### 4.5.5 Perhitungan Kapabilitas Proses

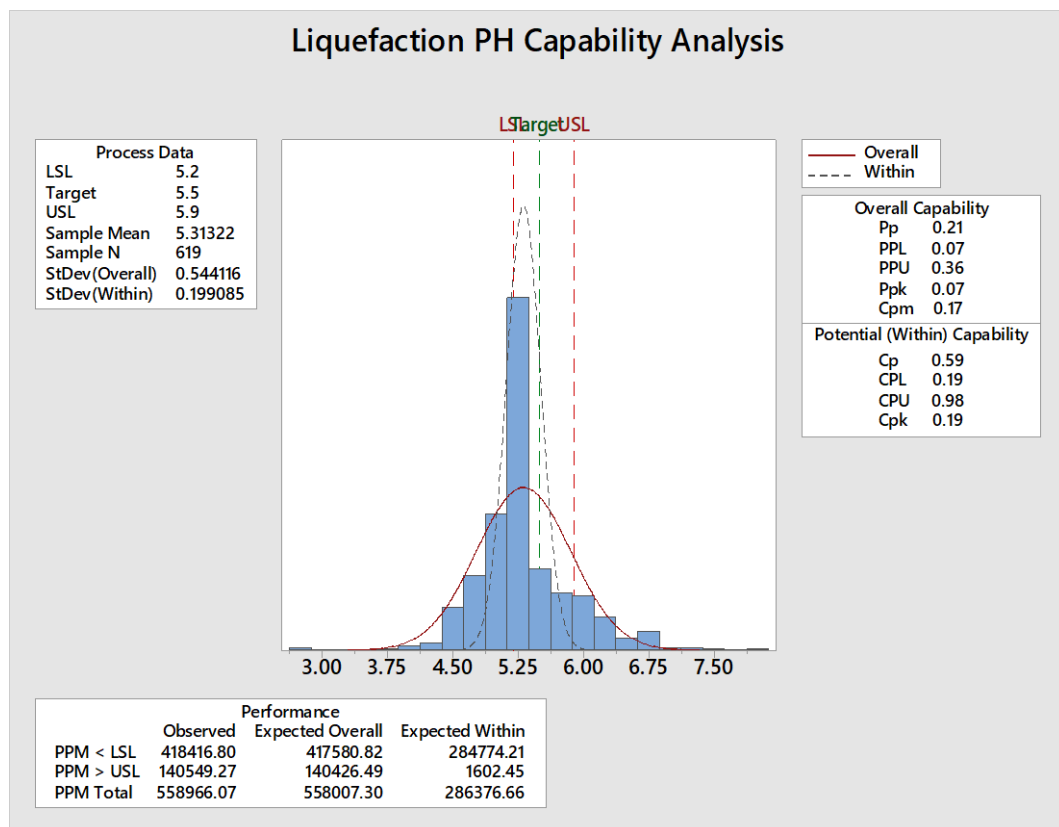
Perhitungan kapabilitas proses dilakukan pada setiap parameter di proses yang kritikal. Nilai UCL dan LCL masing – masing parameter diperoleh dari Standar Parameter Proses pada Lampiran 8. Nilai target masing – masing parameter

ditetapkan sesuai permintaan manajemen dimana nilai target tersebut tetap berada di dalam batas nilai UCL dan LCL.

Pengujian kapabilitas proses dilihat dari nilai Cpk masing – masing parameter pada tiap proses. Besaran nilai Cpk menentukan besarnya nilai sigma proses. Semakin tinggi nilai Cpk (maksimal 2), maka semakin tinggi nilai sigma proses (maksimal 6 sigma). Semakin tinggi nilai sigma, maka semakin rendah jumlah *defect* yang dihasilkan (minimal 2 *defect* per juta kemungkinan). Nilai Cpk diperoleh dari pengujian *capability analysis* melalui *software* Minitab 17.

#### 4.5.5.1 Kapabilitas Proses *Liquefaction*

Kapabilitas proses *liquefaction* dilakukan pada parameter pH, temperatur, dan selisih tekanan. Hasil dari pengujian kapabilitas parameter pH dapat dilihat pada Gambar 4.7 dibawah ini :

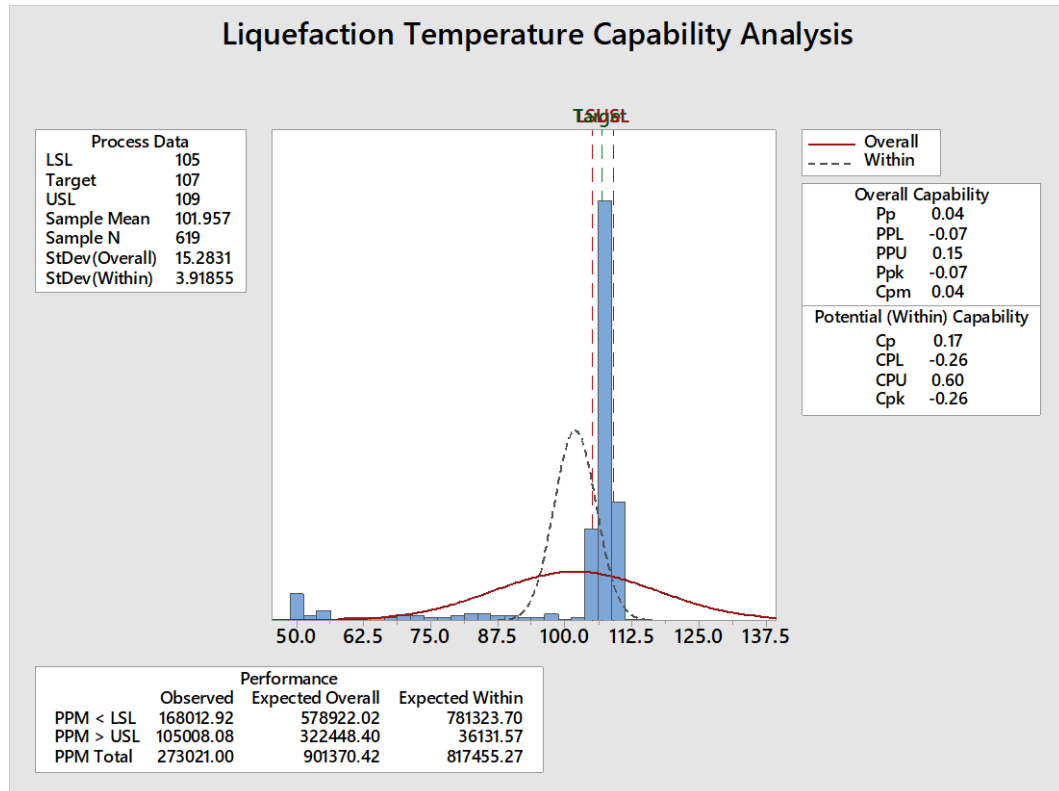


**Gambar 4.7** Uji Kapabilitas Parameter pH

Hasil perhitungan indeks kapabilitas (Cpk) menggunakan *software* Minitab 17 menunjukkan bahwa nilai Cpk sebesar 0.19, dimana nilai ini lebih kecil dari 1 (Cpk < 1). Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan yang dimiliki proses untuk

beroperasi dalam batas target yang telah ditetapkan perusahaan. Oleh karena kualitas pH masih sangat rendah sehingga berpeluang untuk ditingkatkan lagi.

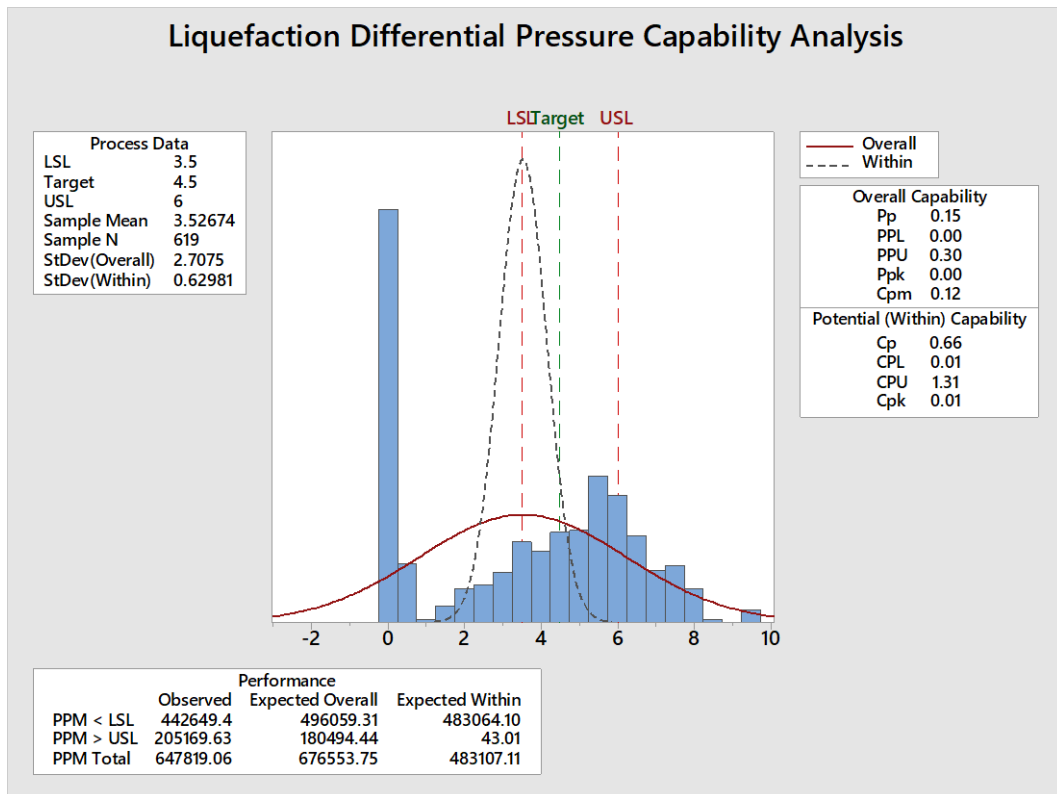
Hasil pengujian kapabilitas parameter temperatur dapat dilihat pada Gambar 4.8 dibawah ini :



**Gambar 4.8** Uji Kapabilitas Parameter Temperatur

Hasil perhitungan indeks kapabilitas ( $C_{pk}$ ) temperatur adalah sebesar -0.26, dimana nilai ini sangat rendah ( $C_{pk} < 1$ ). Terdapat beberapa temperatur proses yang berada jauh dibawah batas bawah *setting* temperatur hingga sekitar 50 °C. Hal ini menunjukkan kemampuan proses masih jauh dibawah target perusahaan sehingga berpeluang untuk ditingkatkan menjadi lebih stabil dalam batas bawah dan batas atas spesifikasi.

Parameter selisih tekanan merupakan perhitungan selisih antara tekanan yang masuk ke proses pemasakan di *liquefaction* dengan tekanan yang keluar dari proses pemasakan tersebut. Selisih tekanan ini bertujuan untuk memasak *starch* menjadi *dextrin* dengan menimbulkan *shear stress* didalam proses. Hasil pengujian kapabilitas parameter selisih tekanan dapat dilihat pada Gambar 4.9 dibawah ini :



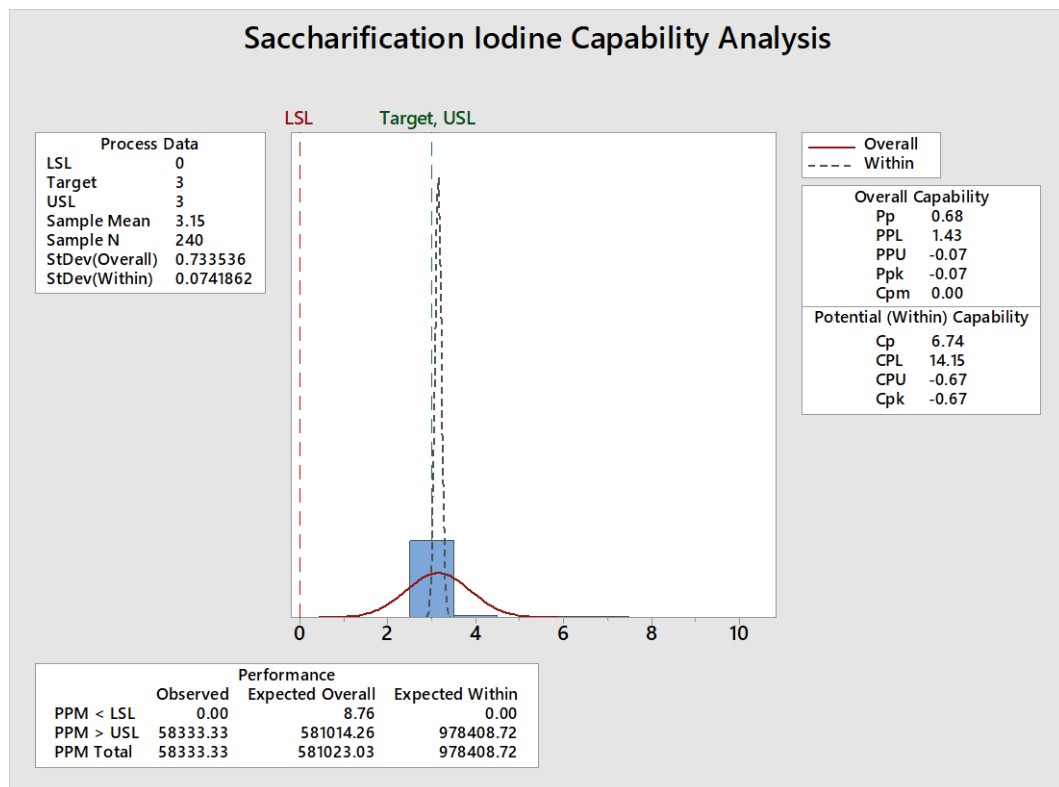
**Gambar 4.9** Uji Kapabilitas Parameter Selisih Tekanan

Hasil perhitungan indeks kapabilitas ( $C_{pk}$ ) temperatur adalah sebesar 0.01, dimana nilai ini sangat rendah ( $C_{pk} < 1$ ). Terdapat beberapa nilai selisih tekanan proses yang berada jauh dibawah batas bawah selisih tekanan hingga sekitar 0 bar sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada selisih antara tekanan yang masuk dan tekanan yang keluar dari proses pemasakan. Hal ini berarti hampir tidak terjadi *shear stress* dalam proses. Hal ini menunjukkan kemampuan proses masih jauh dibawah target perusahaan sehingga berpeluang untuk ditingkatkan lagi.

#### 4.5.5.2 Kapabilitas Proses *Saccharification*

Kapabilitas proses *saccharification* dilakukan pada parameter *iodine* dan DP1. *Iodine* merupakan hasil pengecekan kualitas yang menentukan apakah dalam *dextrin* masih mengandung *starch* yang belum terkonversi. Hasil pengujian kapabilitas parameter *iodine* dapat dilihat pada Gambar 4.10.

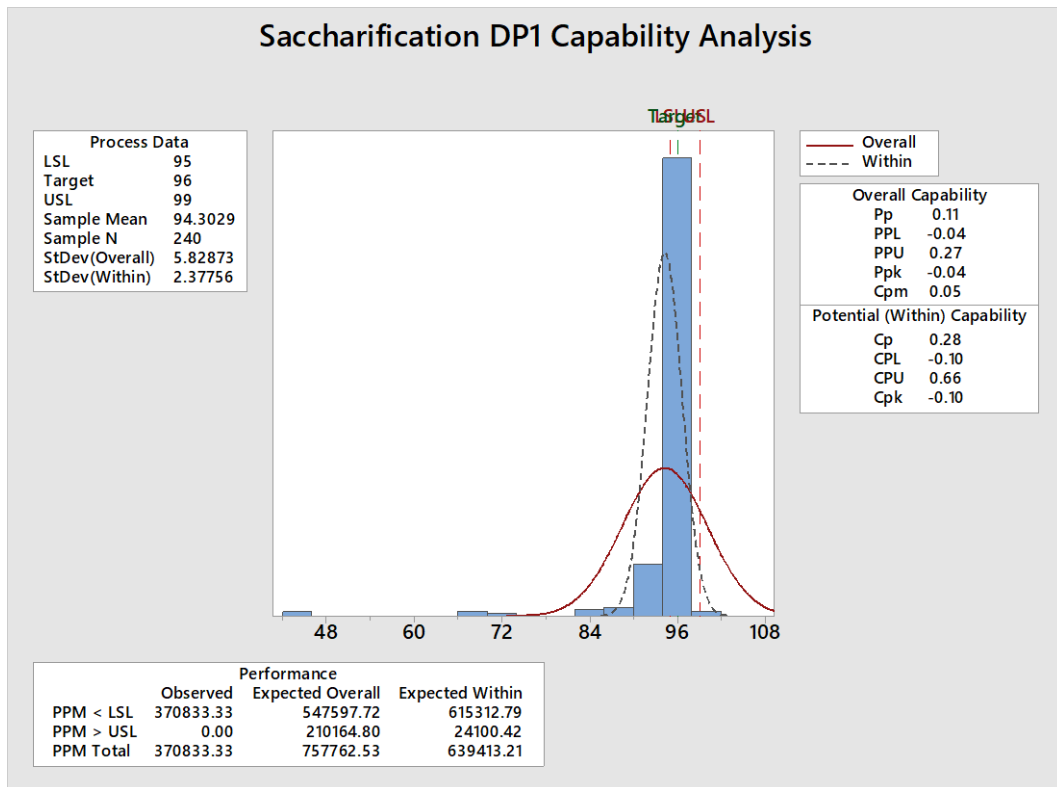




**Gambar 4.10** Uji Kapabilitas Parameter *Iodine*

Hasil perhitungan indeks kapabilitas ( $C_{pk}$ ) *iodine* adalah sebesar  $-0.67$ , dimana nilai ini sangat rendah ( $C_{pk} < 1$ ). Beberapa kualitas *iodine* yang dihasilkan di setiap *batch* berada jauh melebihi batas atas *iodine* yang dapat diterima proses selanjutnya (*filtration*). Sebagian besar kualitas *iodine* berada di batas atas spesifikasi yaitu M3. Hal ini menunjukkan kemampuan proses masih jauh dibawah target perusahaan sehingga berpeluang untuk ditingkatkan lagi.

DP1 merupakan salah satu bagian *sugar profile* dengan *degree polymerization* rantai tunggal yang didapat dengan pengecekan HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*). Hasil pengujian kapabilitas DP1 dapat dilihat pada Gambar 4.11. Hasil perhitungan indeks kapabilitas ( $C_{pk}$ ) DP1 adalah sebesar  $-0.10$ , dimana nilai ini sangat rendah ( $C_{pk} < 1$ ). Sebagian hasil pengecekan DP1 yang dihasilkan di setiap *batch* lebih rendah dari batas bawah penerimaan kualitas DP1 yang dapat diterima proses selanjutnya (*filtration*). Sebagian besar kualitas DP1 berada di batas bawah spesifikasi yaitu 95. Hal ini menunjukkan kemampuan proses masih jauh dibawah target perusahaan sehingga proses berpeluang untuk ditingkatkan menjadi lebih baik lagi.

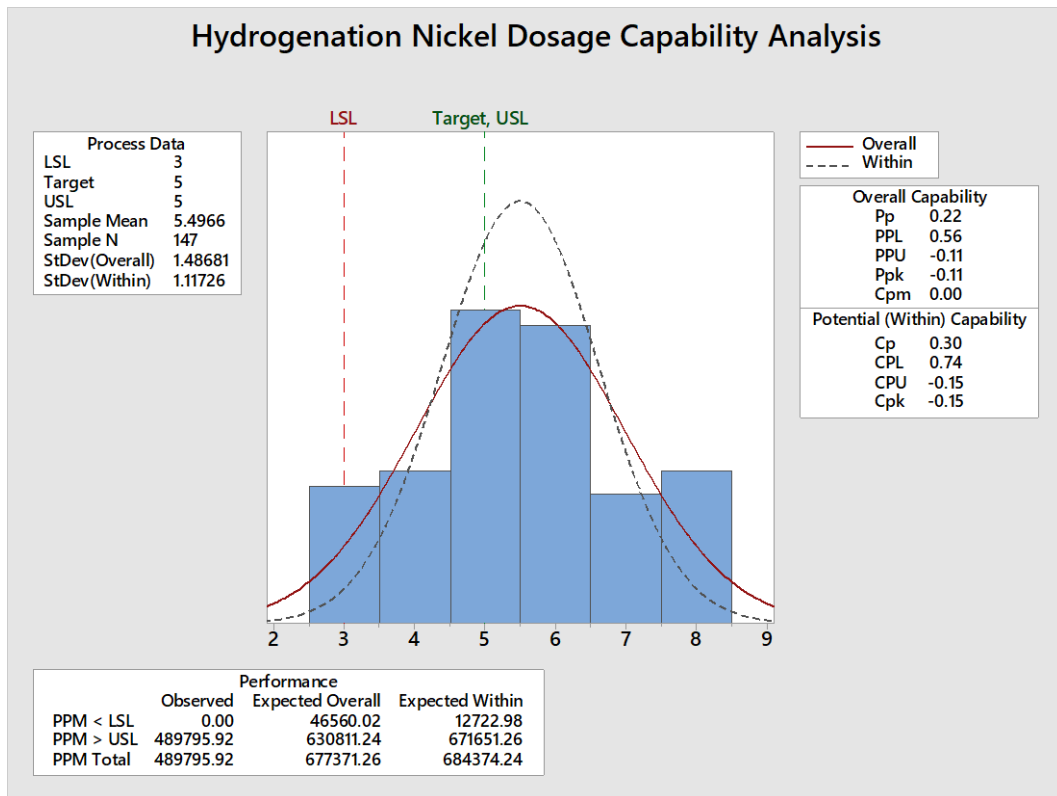


**Gambar 4.11** Uji Kapabilitas Parameter DP1

#### 4.5.5.3 Kapabilitas Proses *Hydrogenation*

Kapabilitas proses *hydrogenation* setiap *batch* nya dilihat pada parameter penambahan *nickel* dan lamanya waktu reaksi. Penambahan *nickel* pada proses *hydrogenation* berfungsi sebagai *catalyst* untuk menyempurnakan reaksi hidrogenasi (pengikatan *dextrose* atau *maltose* dengan gas hidrogen). Semakin sempurna proses pengikatan gas hidrogen maka semakin baik terbentuknya *polyols*. Hasil pengujian kapabilitas *nickel dosage* dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Hasil perhitungan indeks kapabilitas ( $C_{pk}$ ) *nickel dosage* adalah sebesar -0.15, dimana nilai ini sangat rendah ( $C_{pk} < 1$ ). Sebagian *batch* proses *hydrogenation* ditambah *nickel* dengan jumlah yang melebihi batas atas yang diperbolehkan oleh manajemen. Hal ini menunjukkan kemampuan proses masih dapat ditingkatkan lagi supaya penambahan *nickel* pada setiap *batch* proses menjadi sesuai dengan spesifikasi yang diperoleh.

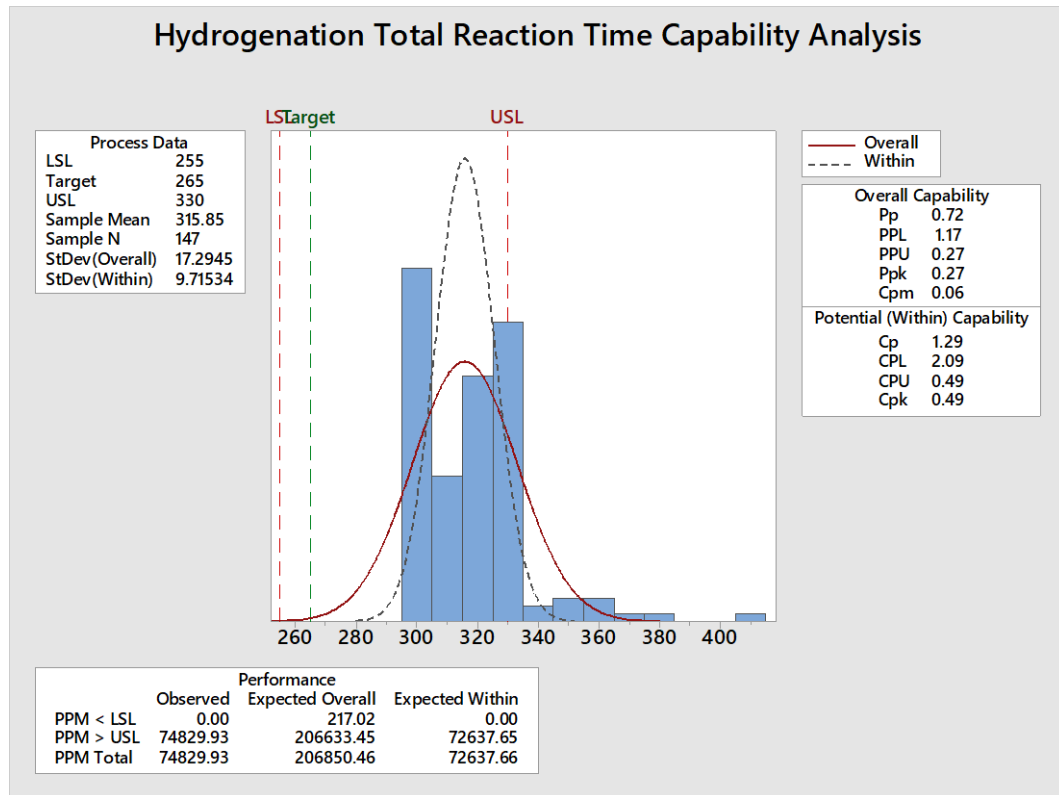


**Gambar 4.12** Uji Kapabilitas Parameter *Nickel Dosage*

Lamanya waktu reaksi batch proses *hydrogenation* membantu terjadinya reaksi pengikatan *dextrose* atau *maltose* dengan gas hidrogen. Penentuan lamanya waktu reaksi ditentukan oleh tim *production* yang menjalankan proses pada shift yang bersangkutan. *Reducing sugar* merupakan salah satu parameter yang penting untuk menentukan kualitas suatu batch hasil *hydrogenation*.

Ketika hasil *reducing sugar* yang diharapkan masih terlalu tinggi, maka mereka dapat menyesuaikan konfigurasi *setting* proses *batch* selanjutnya termasuk diantaranya adalah waktu reaksi. Hasil pengujian waktu reaksi *hydrogenation* dapat dilihat pada Gambar 4.13. Hasil perhitungan indeks kapabilitas ( $C_{pk}$ ) waktu reaksi adalah sebesar -0.49, dimana nilai ini masih lebih kecil dari 1 ( $C_{pk} < 1$ ). Meskipun sebagian besar *setting* lamanya waktu reaksi *hydrogenation* setiap *batch* berada didalam batas penerimaan, tetapi beberapa *batch* masih dilakukan dengan waktu reaksi lebih dari 330 menit per *batch*. Hal tersebut dilakukan untuk memperbaiki kualitas *reducing sugar* dengan berdasarkan hasil pengecekan *reducing sugar* pada *batch* sebelumnya. Hal ini menunjukkan proses masih dapat ditingkatkan lagi

supaya lamanya waktu reaksi tidak melebihi batas atas waktu reaksi yang diperbolehkan.

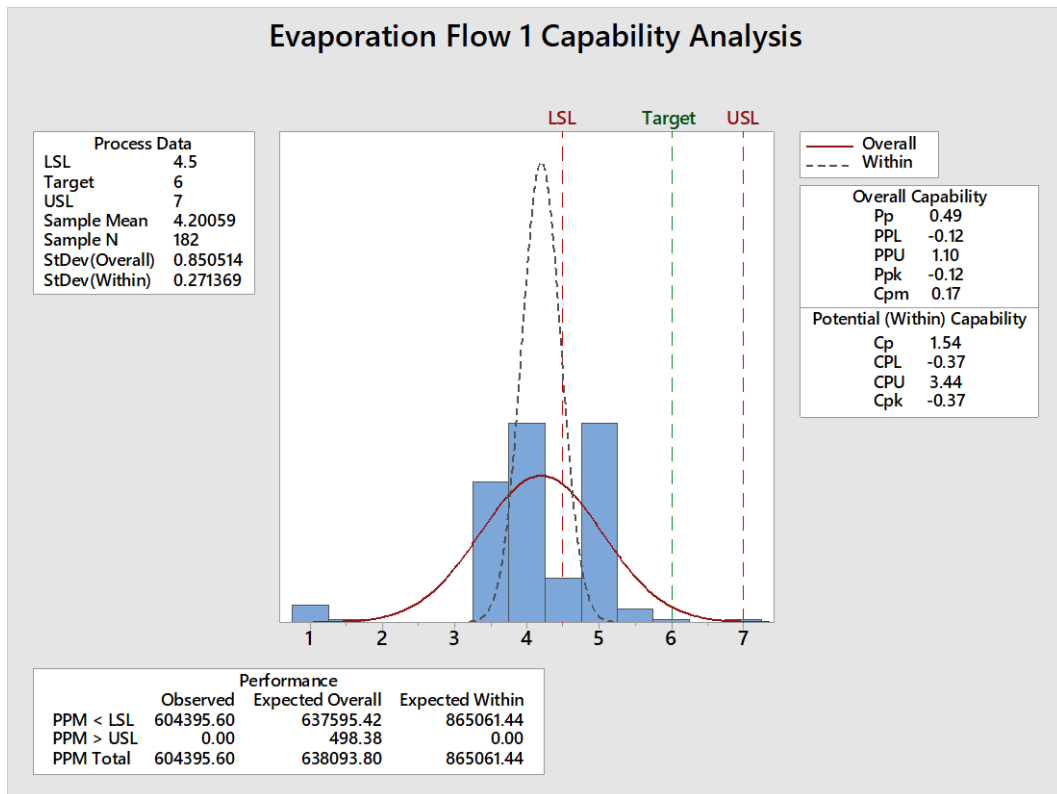


**Gambar 4.13** Uji Kapabilitas Parameter Waktu Reaksi *Hydrogenation*

#### 4.5.5.3 Kapabilitas Proses *Evaporation*

Pada akhir proses produksi *polyols* dilakukan proses penguapan pada proses *evaporation* untuk menaikkan tingkat kekentalan (%*dry substance*) produk *polyols* sesuai dengan permintaan *customer*. Kapabilitas proses *evaporation* dilihat pada parameter *flow* karena semakin tinggi (mendekati kemampuan mesin) *flow* proses, maka semakin tinggi *output* yang dihasilkan pada saat itu.

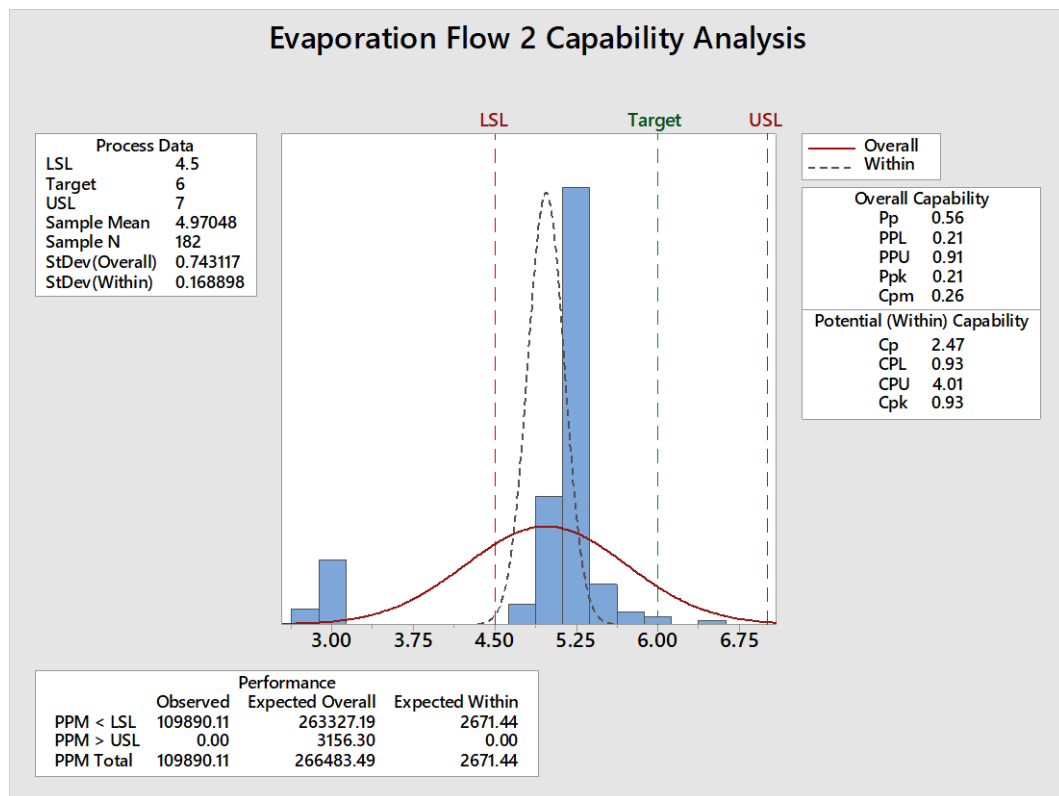
Mesin *evaporator* akhir terdapat 3 unit yang digunakan dengan kemampuan maksimal dan minimal *flow* yang berbeda – beda. Mesin *evaporator* 1 dan 2 memiliki kemampuan *flow* di 4.5 – 7 M<sup>3</sup>/H. Sedangkan mesin *evaporator* 3 memiliki kemampuan *flow* yang lebih tinggi yaitu di 6 – 10 M<sup>3</sup>/H. Hasil pengujian kapabilitas *flow* mesin *evaporator* 1 dapat dilihat pada Gambar 4.14.



**Gambar 4.14** Uji Kapabilitas Parameter *Flow* Mesin *Evaporator* 1

Hasil perhitungan indeks kapabilitas ( $C_{pk}$ ) *flow* mesin *evaporator* 1 adalah sebesar -0.37 ( $C_{pk} < 1$ ). Sebagian besar *flow* proses berada lebih rendah dari batas bawah *flow* yang diperbolehkan sehingga. Dengan kemampuan mesin yang berada di 4.5 – 7 M<sup>3</sup>/H menunjukkan bahwa proses masih dapat ditingkatkan lagi supaya mesin *evaporator* 1 dapat menghasilkan *output* dengan jumlah yang optimal.

Hasil pengujian kapabilitas *flow* mesin *evaporator* 2 dapat dilihat pada Gambar 4.15. Hasil perhitungan indeks kapabilitas ( $C_{pk}$ ) *flow* mesin *evaporator* 2 adalah sebesar 0.93 ( $C_{pk} < 1$ ). Meskipun kemampuan mesin *evaporator* 1 dan 2 sama, tetapi mesin *evaporator* 2 memiliki kapabilitas proses yang lebih baik daripada *evaporator* 1. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa waktu dimana *flow* mesin *evaporator* 2 lebih rendah (yaitu di sekitar 3 M<sup>3</sup>/H) dari batas bawah. Hal ini menunjukkan proses masih dapat ditingkatkan lagi supaya mesin *evaporator* 2 dapat menghasilkan *output* dengan jumlah yang lebih baik lagi.

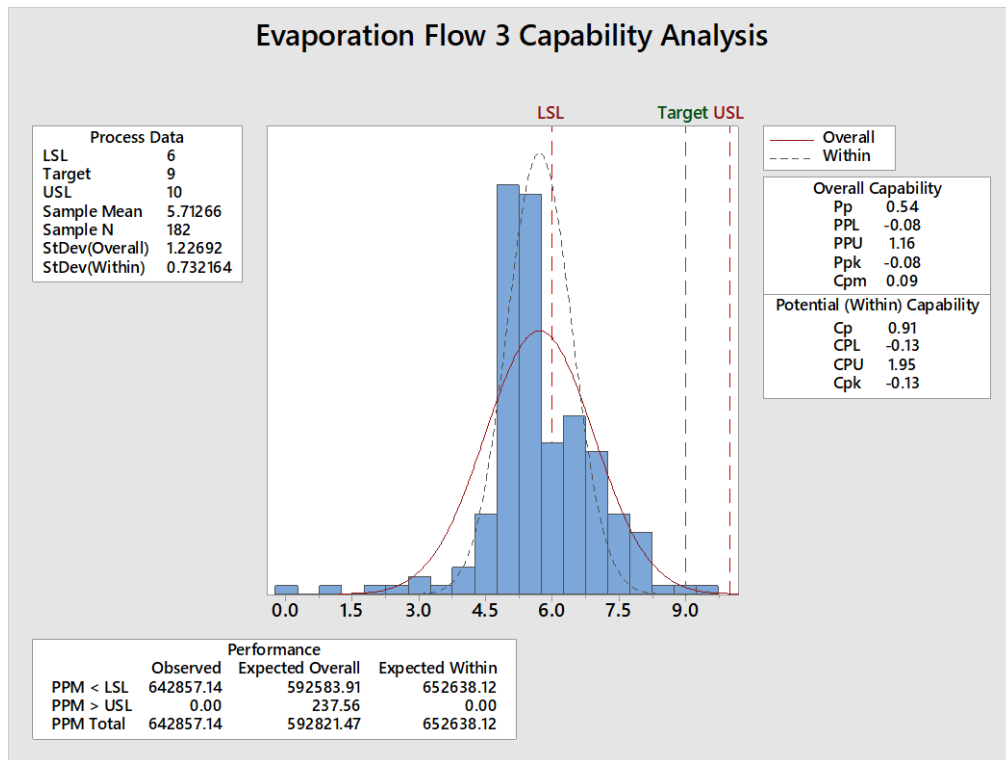


**Gambar 4.15** Uji Kapabilitas Parameter *Flow* Mesin *Evaporator 2*

Hasil pengujian kapabilitas *flow* mesin *evaporator 3* dapat dilihat pada Gambar 4.16. Hasil perhitungan indeks kapabilitas ( $C_{pk}$ ) *flow* mesin *evaporator 3* adalah sebesar  $-0.13$  ( $C_{pk} < 1$ ). Kapabilitas *flow* mesin *evaporator 3* sedikit lebih baik daripada mesin *evaporator 1* dimana kemampuan mesin *evaporator 3* lebih tinggi daripada mesin *evaporator 1*. Rendahnya kapabilitas *flow* pada mesin ini menunjukkan proses masih dapat ditingkatkan lagi supaya mesin *evaporator 3* dapat menghasilkan *output* dengan jumlah lebih banyak lagi karena mesin peningkatan pada mesin ini akan memberikan peningkatan *output* yang signifikan.

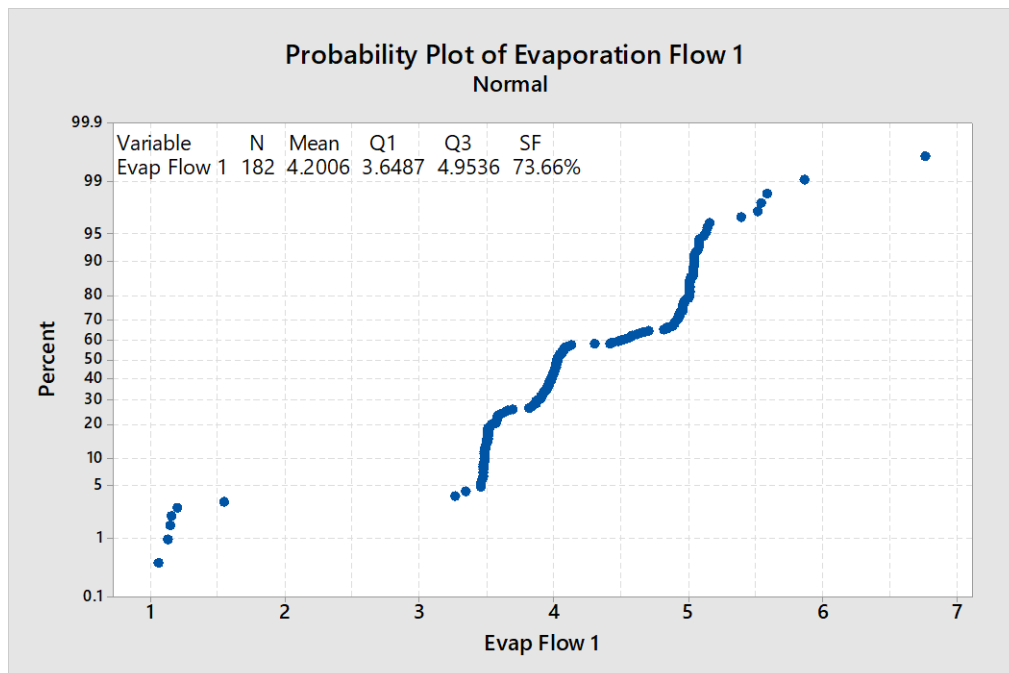
#### 4.5.6 Uji Stabilitas *Flow* pada *Evaporation*

Tingginya *flow* pada proses *evaporation* akhir dapat memberikan identifikasi bahwa proses dapat berjalan dengan lancar atau tidak. Ketidاكلancaran proses *evaporation* dapat dipengaruhi oleh kemampuan proses itu sendiri ataupun proses sebelumnya. Uji stabilitas *flow* pada ketiga mesin *evaporator* dilakukan dengan pengujian kestabilan di *probability plot* dengan menggunakan *software* Minitab 17.



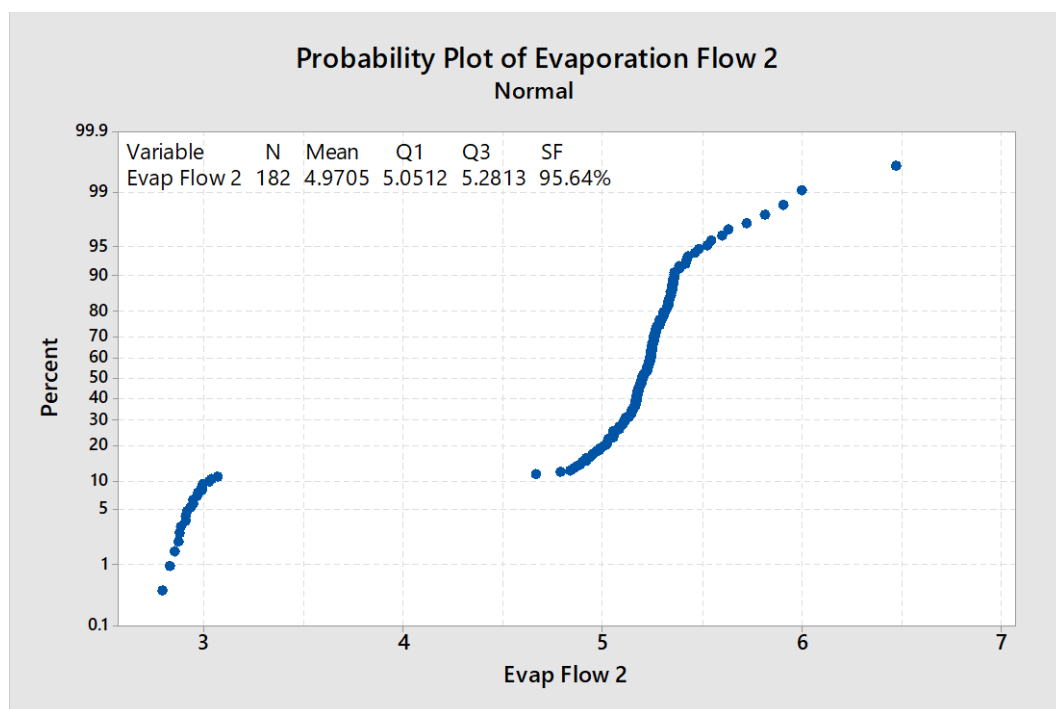
**Gambar 4.16** Uji Kapabilitas Parameter *Flow* Mesin *Evaporator 3*

Kestabilan masing – masing *flow* dilihat dari persentase *stability factor*. Persentase *stability factor* diperoleh dari nilai Q1 dibagi dengan Q3. *Probability plot* mesin *evaporator 1* dapat dilihat pada Gambar 4.17 dibawah ini :



**Gambar 4.17** Uji Stabilitas *Flow* Mesin *Evaporator 1*

*Stability factor flow* pada mesin *evaporator 1* berada pada 73.66% dimana terdapat beberapa waktu dimana *flow* mesin berada di antara 1 – 2 M<sup>3</sup>/H. Rata – rata *flow* mesin juga masih rendah (4.2 M<sup>3</sup>/H) daripada batas minimal *flow* yang diharapkan yaitu 4.5 M<sup>3</sup>/H. Sedangkan untuk *probability plot* mesin *evaporator 2* dapat dilihat pada Gambar 4.18 dibawah ini :

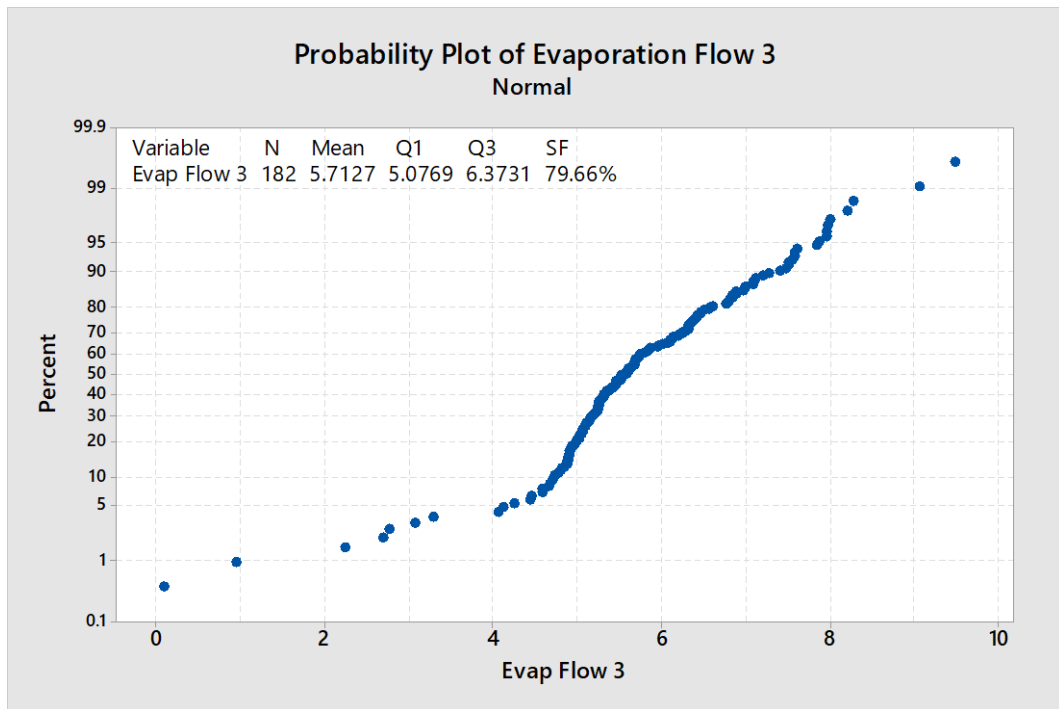


**Gambar 4.18** Uji Stabilitas *Flow* Mesin *Evaporator 2*

Kemampuan *flow* mesin *evaporator 2* sama dengan *evaporator 1*, tetapi *evaporator 2* memiliki kestabilan yang lebih tinggi daripada *evaporator 1* yaitu 95.64%. Meskipun demikian, terdapat beberapa waktu dimana nilai *flow* masih lebih rendah dari batas bawah yang diperbolehkan yaitu hanya di sekitar 3 M<sup>3</sup>/H.

Kestabilan *flow* pada mesin *evaporator 3* dapat dilihat pada Gambar 4.19. Kemampuan *flow* mesin *evaporator 3* adalah yang paling tinggi dibandingkan mesin *evaporator 1* dan 2, tetapi *stability factor* pada mesin *evaporator 3* masih cenderung rendah yaitu di 79.66%. Hal ini menunjukkan proses pada mesin *evaporator 3* masih berpeluang untuk diperbaiki sehingga *output* harian proses produksi *polyols* dapat lebih ditingkatkan lagi.





**Gambar 4.19** Uji Stabilitas *Flow* Mesin *Evaporator 3*

## BAB 5

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 *Analyze*

Pada tahap ini dilakukan analisis *waste* pada *value stream mapping* untuk mengetahui *waste* terjadi pada *value stream*. Selain itu, dilakukan analisis *defect* pada *capability analysis* supaya dapat menemukan penyebab permasalahan dari masalah – masalah yang terjadi.

##### 5.1.1 *Analisa dan Identifikasi Waste*

Berdasarkan VSM aliran fisik dan aliran informasi yang telah dibuat (Gambar 4.6), dapat diidentifikasi permasalahan dalam proses produksi *polyols* terjadi pada proses *liquefaction*, *saccharification*, *hydrogenation*, dan *evaporation*.

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa sebagian besar *net flow* masing – masing proses berada di 9.4 – 9.5 M<sup>3</sup>DS/H, sedangkan proses *liquefaction* (7.4 M<sup>3</sup>DS/H), *saccharification* (6.1 M<sup>3</sup>DS/H), *hydrogenation* (8.9 M<sup>3</sup>DS/H), dan *evaporation* akhir (7.0 M<sup>3</sup>DS/H) memiliki *net flow* yang rendah dan tidak sebanding dengan proses lainnya.

Proses *liquefaction* memiliki *net flow* yang rendah karena *flow* dan persentase kualitas yang rendah. Rendahnya persentase kualitas tersebut menunjukkan bahwa terdapat *defect* di proses tersebut yang harus di proses ulang ke *slurrification* dan menjadi *bottleneck* bagi proses sebelumnya (*slurrification*).

Proses *saccharification* memiliki persentase kualitas terendah dari keseluruhan proses yaitu hanya 58%, dimana dari 240 data *batch* proses yang diperoleh, terdapat 101 data *batch* yang memiliki kualitas rendah baik dari parameter *iodine* maupun DP1. Pada proses ini menghasilkan banyak *defect* yang membutuhkan proses ulang ke *slurrification*. Proses ini memiliki *net flow* terendah karena persentase kualitas yang rendah dan *net flow* proses ini lebih rendah dibandingkan proses *liquefaction* sehingga menjadi *bottleneck* juga bagi proses *liquefaction* dan hampir sebagian hasil proses *saccharification* di proses ulang ke *slurrification*.

Proses *hydrogenation* memiliki *net flow* yang sedikit lebih rendah (8.9 M<sup>3</sup>DS/H) dibandingkan proses sebelum dan sesudahnya (9.4 M<sup>3</sup>DS/H). Akan tetapi, waktu reaksi yang dibutuhkan pada proses (315 menit) masih bisa diperbaiki menjadi lebih cepat lagi karena spesifikasi yang diharapkan adalah diantara 255 – 330 menit. Dengan lebih meningkatkan proses dari parameter lamanya waktu reaksi, dapat membuat proses sesudahnya (*sedimentation*) tidak mengalami *delay* karena menunggu reaksi *hydrogenation*.

Proses *evaporation* akhir memiliki *net flow* rendah (7.0 M<sup>3</sup>DS/H) dimana rata – rata *flow* dari ketiga unit *evaporation* hanya di 5 M<sup>3</sup>/H. Peningkatan terhadap *flow* dari *evaporation* dapat mengurangi *bottleneck* bagi proses sebelumnya (*purification*).

### 5.1.2 Analisa Variasi Data Proses

Berdasarkan data pada tabel 5.1, dapat dilihat bahwa sebagian parameter memiliki nilai Cpk dibawah nol (minus), dimana parameter *iodine* pada proses *saccharification* memiliki nilai Cpk terendah yaitu -0.67. Sedangkan parameter *flow* pada mesin *evaporator 2* memiliki nilai Cpk tertinggi yaitu 0.93. Akan tetapi, perbaikan proses tetap perlu diterapkan pada keseluruhan parameter yang kritikal supaya kualitas produk *polyols* meningkat. Reduksi variasi yang terjadi pada setiap parameter dapat dilakukan dengan peningkatan dari dimensi mesin, manusia, metode, pengukuran, dan lingkungan yang berpengaruh.

**Tabel 5.1** Rangkuman Pengujian Kapabilitas Proses

Proses	Parameter	Cpk
<i>Liquefaction</i>	Selisih Tekanan	0.01
	Temperatur	-0.26
	PH	0.19
<i>Saccharification</i>	<i>Iodine</i>	-0.67
	DPI	-0.10
<i>Hydrogenation</i>	Penambahan <i>Nickel</i>	-0.15
	Waktu Reaksi	0.49
<i>Evaporation</i>	Flow <i>Evaporator 1</i>	-0.37
	Flow <i>Evaporator 2</i>	0.93
	Flow <i>Evaporator 3</i>	-0.13

Berdasarkan pengujian stabilitas data (*stability factor*) keseluruhan yang dapat dilihat pada Tabel 5.2, *evaporator 2* memiliki stabilitas tertinggi dibandingkan *evaporator 1* dan 3. Meskipun kemampuan mesin *evaporator 1* memiliki kemampuan yang sama dengan mesin *evaporator 2*, tetapi mesin *evaporator 2* memiliki stabilitas yang lebih tinggi daripada mesin *evaporator 1*.

**Tabel 5.2** Rangkuman Pengujian *Stability Factor*

Proses	Parameter	SF
<i>Evaporation</i>	Flow <i>Evaporator 1</i>	73.66%
	Flow <i>Evaporator 2</i>	95.64%
	Flow <i>Evaporator 3</i>	79.66%

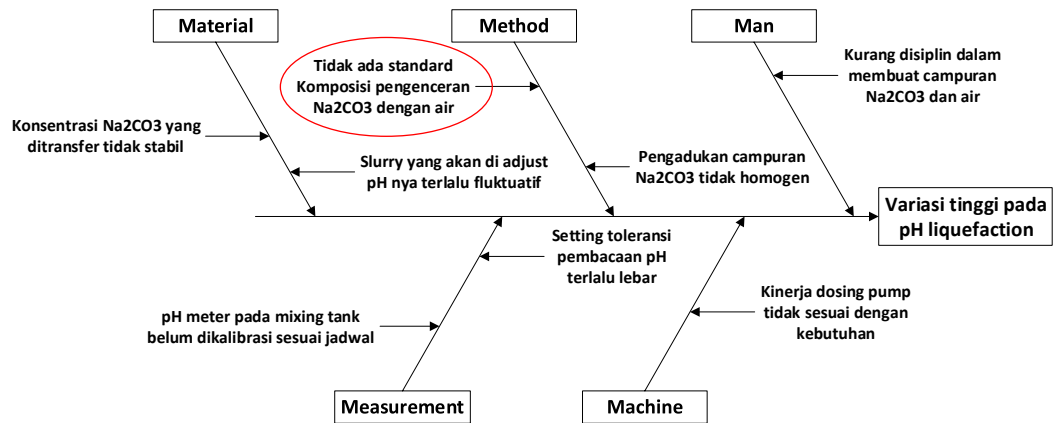
Besarnya *flow* pada mesin *evaporator* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti *setting* yang dilakukan oleh *operator*, konfigurasi komponen mesin itu sendiri, kekentalan WIP yang akan dinaikkan %DS (persentase *dry substance*) nya, maupun adanya permasalahan lain dari proses itu sendiri atau proses sebelumnya.

### 5.1.3 Identifikasi Akar Penyebab *Waste* & Variabilitas

Pengujian kapabilitas proses dan stabilitas proses menunjukkan hasil yang cukup rendah. Identifikasi akar penyebab *waste* dan variabilitas dilakukan pada masing – masing parameter pada tiap proses.

#### 5.1.3.1 Akar Penyebab pada Proses *Liquefaction*

Parameter pH pada proses *liquefaction* merupakan parameter kritikal yang mempengaruhi proses pemasakan *starch* menjadi *dextrin* pada *jet cooker*. Pada pengujian kapabilitas parameter pH (Gambar 4.7) dapat dilihat bahwa variasi yang terjadi cukup besar dimana sebagian besar data berada di daerah batas bawah spesifikasi. Permasalahan yang terjadi di analisa dengan *cause effect diagram* seperti pada Gambar 5.1.



**Gambar 5.1** Cause Effect Diagram Penyebab Variasi Tinggi pH Liquefaction

Beberapa penyebab yang dihasilkan pada *cause effect diagram* dilakukan pengecekan untuk memastikan apakah penyebab tersebut benar – benar terjadi dan dampaknya terhadap kestabilan pH. Setelah dilakukan pengecekan bersama antara departemen *production* dan *maintenance*, ditemukan bahwa tidak ada masalah pada mesin, material, *operator*, dan pengukuran (*measurement*).

Penyebab terjadinya variasi pH yang tinggi karena tidak adanya standar komposisi pengenceran Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan air di tempat penampungan adonan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Setiap *operator* mencampurkan air pada Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang ditransfer dari bagian *utility* dengan volume yang tidak jelas takarannya, sehingga konsentrasi Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang digunakan pada proses menjadi tidak stabil.

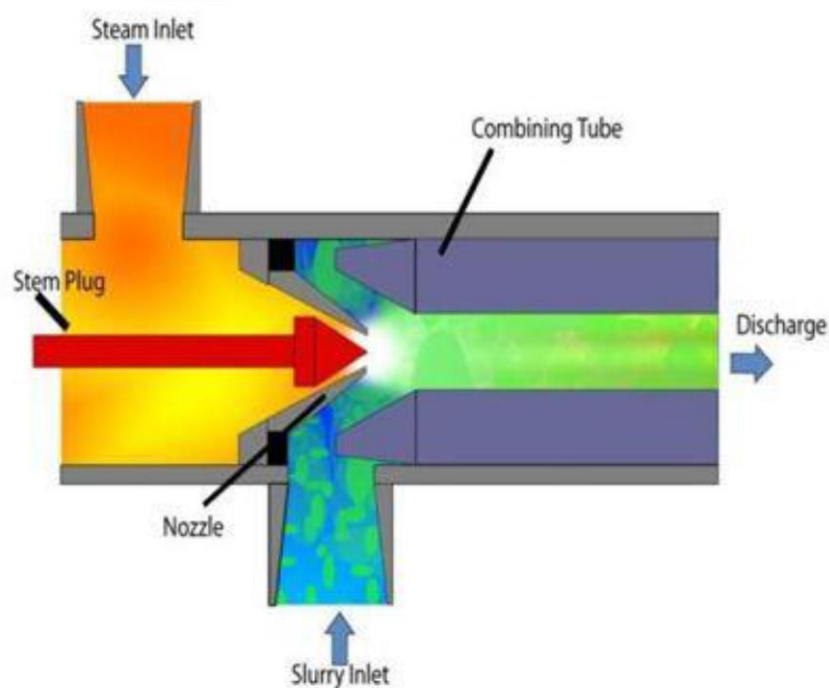
Parameter temperatur pemasakan *starch* pada *jet cooker* memiliki standar kondisi pemasakan yang optimal yaitu pada temperatur 105 – 109 °C. Akan tetapi, sebagian data berada lebih rendah dari batas bawah spesifikasi (105 °C). Sistem pengaturan temperatur menggunakan *control valve* pengatur masuknya *steam* dalam proses.

*Control valve* tersebut bekerja dengan menyesuaikan banyaknya *starch* yang masuk ke dalam *jet cooker*. Semakin banyak *starch* yang masuk, maka semakin besar bukaan *control valve* untuk memperbanyak *steam* yang masuk juga. *Setting* target temperatur yang dilakukan oleh *operator* sudah tepat sesuai spesifikasi yaitu 107 °C. Akan tetapi, setelah dilakukan pengecekan oleh *maintenance*, ditemukan bahwa *setting* range kontrol pada *control valve* terlalu

lambat untuk menyesuaikan banyaknya *starch* yang masuk sehingga temperaturnya menjadi terlalu fluktuatif.

Parameter selisih tekanan merupakan parameter kritikal yang mempengaruhi kesempurnaan proses pemasakan pada *jet cooker*. Selisih tekanan timbul dari perbedaan antara tekanan *starch* yang masuk ke dalam *jet cooker* dengan tekanan *starch* yang keluar dari *jet cooker*. Selisih tekanan ini menimbulkan efek *shear stress* sehingga *starch* dapat bereaksi sempurna dengan *steam* untuk menjadi *dextrin*.

Besarnya selisih tekanan diatur oleh komponen *combining tube* pada *jet cooker* seperti pada Gambar 5.2 dibawah ini :

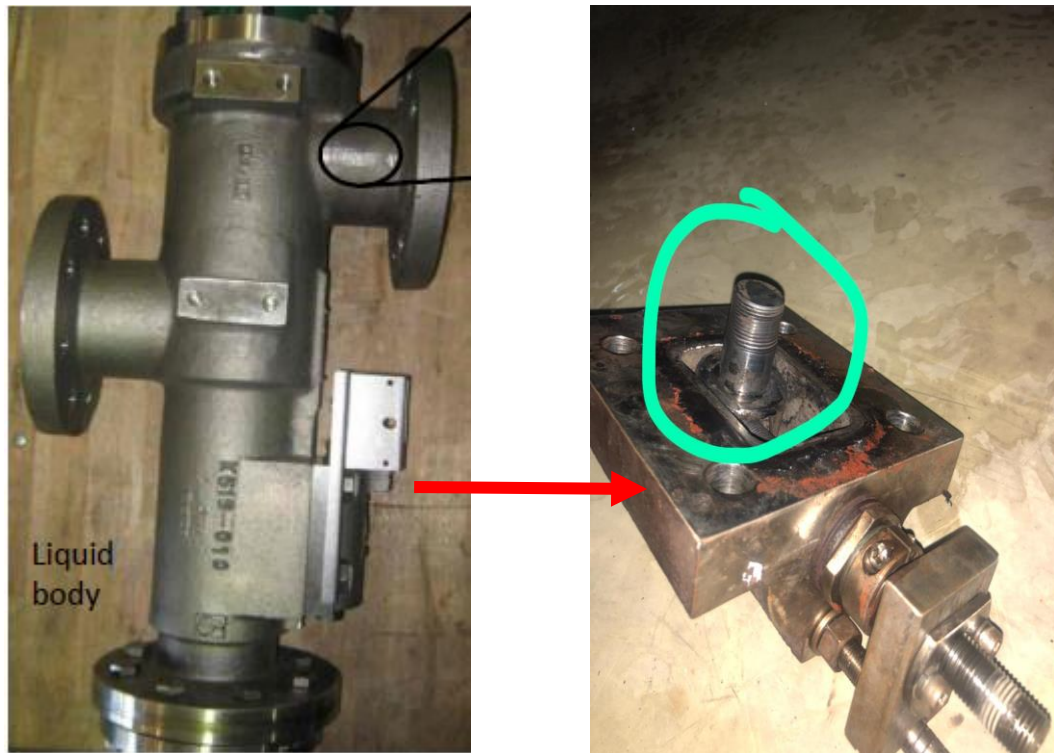


**Gambar 5.2** Komponen *Jet Cooker*

Pengaturan *combining tube* dilakukan dengan memutar ulir pengatur sehingga posisinya dapat bergeser kesamping kiri atau kanan untuk mengatur besarnya bukaan masuknya *starch slurry*. Dengan kecepatan aliran *starch* dan *steam* yang konstan dan seimbang serta *setting* posisi *combining tube* yang tetap, seharusnya selisih tekanan yang dihasilkan konstan pula.

Berdasarkan pengujian kapabilitas selisih tekanan pada Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa sebagian besar selisih tekanan yang terjadi terlalu rendah hingga

mencapai angka nol dimana hal ini berarti tidak terjadi selisih tekanan dalam proses. *Production* melakukan koordinasi jadwal *scheduled shutdown* dengan PPIC, lalu *maintenance* melakukan pengecekan terhadap pada komponen *combining tube* dan ditemukan kondisi pengatur posisi *combining tube* seperti Gambar 5.3 dibawah ini :



**Gambar 5.3** Komponen *Combining Tube* pada *Jet Cooker*

Ulir pengatur posisi *combining tube* sudah aus sehingga posisi *combining tube* dapat dengan mudah terus bergeser pada *jet cooker* setiap ada getaran atau aliran atau tekanan dari *starch slurry* atau *steam*. Hal ini menyebabkan selisih tekanan yang terbentuk dalam *jet cooker* menjadi tidak stabil.

#### **5.1.3.2 Akar Penyebab pada Proses *Saccharification***

Parameter *iodine* merupakan parameter kritikal penentu proses pemasakan hasil proses *liquefaction* sudah sempurna atau belum. Pengecekan kualitas *iodine* merupakan pengecekan untuk mengetahui apakah masih terdapat kandungan *starch* di dalam *dextrin*.

Standar kualitas *iodine* dilihat dari dimensi warna yang dikuantifikasi dalam bentuk peringkat “M” yaitu dari M3 hingga M10. Tidak adanya kandungan *starch*

ditunjukkan dengan M3. Sedangkan jika semakin banyak ditemukan sisa *starch* dalam *dextrin*, maka hasil pengecekan *iodine* ditunjukkan dengan maksimal di M10. Hasil kualitas ini dapat dilihat pada proses *saccharification* setelah tercapainya waktu reaksi *batch sacchari* yaitu 42 jam. Setiap waktu reaksi setiap *batch* tercapai, *operator* akan melakukan pengecekan kualitas parameter *iodine*.

Berdasarkan pengujian kapabilitas parameter *iodine* pada Gambar 4.10, sebagian besar *batch* sudah memiliki kualitas yang bagus, tetapi terdapat beberapa *batch* dengan kualitas *iodine* yang rendah hingga di M10. Hal ini menunjukkan bahwa proses *liquefaction* masih belum baik. Dengan meningkatkan kualitas proses *liquefaction*, maka kualitas *iodine* yang dihasilkan di proses *saccharification* akan menjadi lebih baik.

Parameter DP1 merupakan parameter kritikal penentu suatu *batch saccharification* dapat ditarik untuk proses berikut (*filtration*) atau tidak. DP1 merupakan salah satu bagian *sugar profile* dengan *degree polymerization* rantai tunggal yang didapat dengan pengecekan HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*). Standar penerimaan minimal DP1 adalah 95. Tingginya nilai DP1 dipengaruhi oleh kontrol temperatur selama suatu *batch sacchari* bereaksi.

Korelasi pengaruh temperatur reaksi *saccharification* terhadap tingginya nilai DP1 diuji dengan menggunakan pengujian hipotesa pada *pearson correlation* dengan hasil dibawah ini :

### **Correlation: DP1, Temp Sacch**

Pearson correlation of DP1 and Temp Sacch = -0.294  
P-Value = 0.000

Pengujian Hipotesa :

H0 : Korelasi antara DP1 dengan temperatur sacchari = 0

H1 : Korelasi antara DP1 dengan temperatur sacchari  $\neq$  0

Tingkat signifikansi :  $\alpha = 0.05$

Statistik uji :

P-Value = 0.000

Daerah kritis : H0 ditolak jika P-Value  $<$   $\alpha$



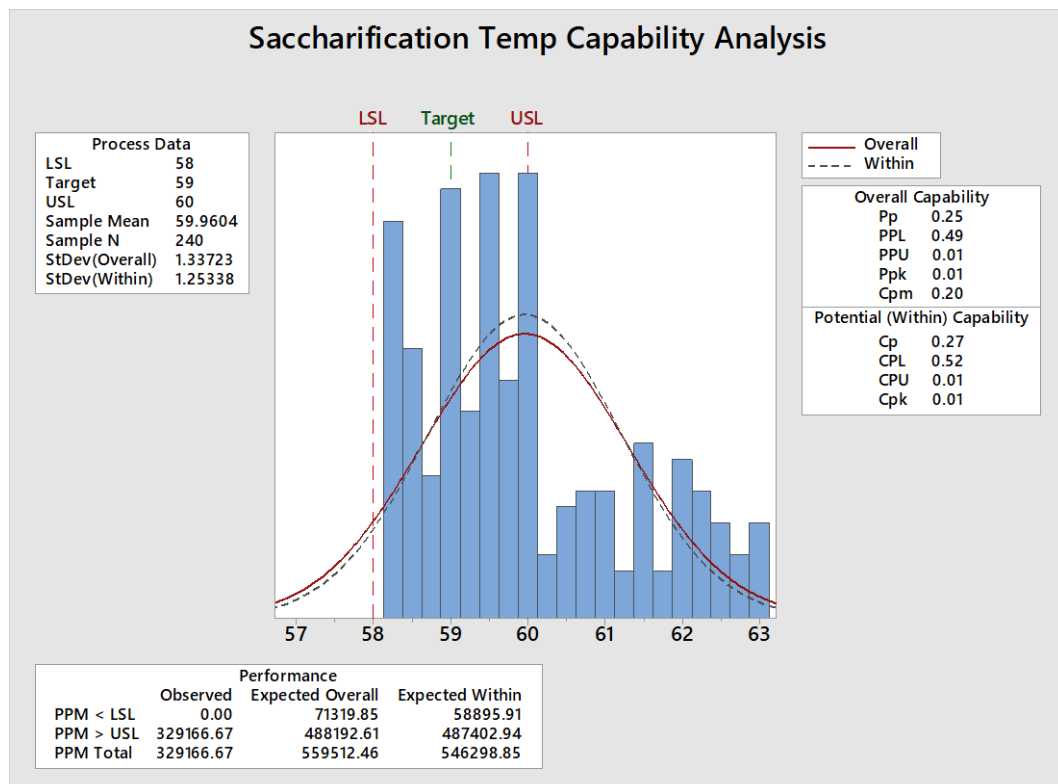
Kesimpulan :

P-Value <  $\alpha$ , maka tolak H0 sehingga terdapat korelasi antara DP1 dengan temperatur *sacchari* meskipun hanya -0.294 yang berarti korelasinya ada tetapi rendah berdasarkan tabel kekuatan hubungan korelasi pada Tabel 5.3 dibawah ini:

**Tabel 5.3** Kekuatan Hubungan Korelasi (Sarwono, 2006)

rho	Korelasi
< 0.20	hubungan dapat dianggap tidak ada
0.20 - 0.40	hubungan ada tetapi rendah
> 0.40 - 0.70	hubungan cukup
> 0.70 - 0.90	hubungan tinggi
> 0.90 - 1.00	hubungan sangat tinggi

Parameter temperatur *sacchari* dikontrol dengan melewati *dextrin* melalui pendingin *double pipe heat exchanger*. Data temperatur setiap *batch sacchari* dapat dilihat pada Lampiran 12. Kapabilitas temperatur *sacchari* diuji dengan *capability analysis* pada Gambar 5.4 dibawah ini :



**Gambar 5.4** Uji Kapabilitas Parameter Temperatur *Sacchari*

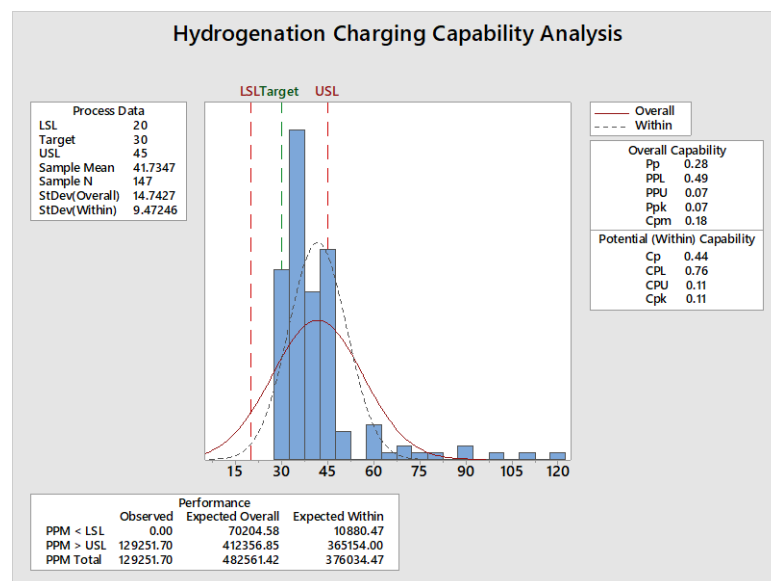
Temperatur *sacchari* yang optimal berada diantara 58 – 60 °C supaya reaksi enzim dapat bekerja dengan baik. Tetapi terdapat beberapa *batch sacchari* dimana temperatur nya lebih tinggi dari batas atas ekspektasi proses hingga 63 °C.

Berdasarkan hasil investigasi di area produksi, pengendalian temperatur *heat exchanger* hanya dilakukan dengan memastikan mesin bekerja dan air pendingin (*cooling water*) mengalir ke dalam proses. Dalam sistem *heat exchanger* tidak ditemukan adanya *control valve* untuk mengontrol debit air pendingin yang mengalir sehingga temperatur produk yang keluar dari *double pipe heat exchanger* tidak memiliki temperatur yang terjaga sesuai kebutuhan proses.

### 5.1.3.3 Akar Penyebab pada Proses *Hydrogenation*

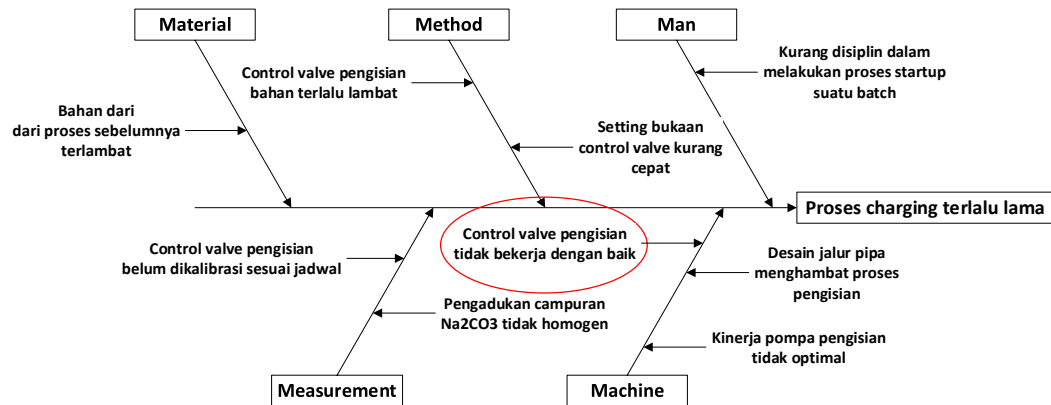
Parameter waktu reaksi merupakan parameter yang mempengaruhi terjadinya reaksi hidrogenasi. Dalam proses reaksi hidrogenasi terdapat beberapa tahapan proses yaitu *charging, heating, reaction, cooling, settling,* dan *discharge*. Jika dikelompokkan setiap waktu reaksi berdasarkan tahapan proses hidrogenasi (Lampiran 13), maka dapat diketahui bahwa hanya tahap proses *charging* yang memiliki variasi waktu proses, sedangkan tahap proses lainnya tetap stabil pada satu *setting* dan semuanya masuk dalam *range* spesifikasi yang ditetapkan.

Hasil pengujian kapabilitas tahap proses *charging* dapat dilihat pada Gambar 5.5 dibawah ini :



**Gambar 5.5** Uji Kapabilitas Parameter Tahap Proses *Charging*

Proses *charging* memiliki indeks kapabilitas (Cpk) yang rendah yaitu 0.11 dimana sebagian data masih ditemukan lebih lama (hingga 120 menit) dari batas spesifikasi atas yaitu 45 menit. Permasalahan yang terjadi di analisa dengan *cause effect diagram* seperti pada Gambar 5.6 dibawah ini :



**Gambar 5.6** Cause Effect Diagram Penyebab Lamanya Waktu Proses Charging

Beberapa penyebab yang dihasilkan pada *cause effect diagram* dilakukan pengecekan untuk memastikan apakah penyebab tersebut benar – benar terjadi dan dampaknya terhadap lamanya waktu proses *charging*. Setelah dilakukan pengecekan bersama antara departemen *production* dan *maintenance*, ditemukan bahwa tidak ada masalah pada material, *operator*, dan pengukuran (*measurement*). Penyebab terjadinya waktu proses *charging* yang lama karena *control valve* pengisian tidak bekerja dengan baik yang dibuktikan dengan percobaan buka tutup oleh tim *maintenance*, dimana hasilnya terkadang kecepataannya normal dan terkadang kecepataannya lambat.

Parameter penambahan nikel ke dalam setiap *batch* berfungsi sebagai *catalyst* penentu terjadinya reaksi hidrogenasi pada *dextrose* maupun *maltose*. Penambahan jumlah nikel yang tepat ke dalam *batch tank* dapat menghasilkan produk dengan kualitas RS (*Reducing Sugar*) sesuai permintaan *customer*, dimana nilai RS yang diharapkan adalah sebesar 0.15. Sedangkan, hasil RS pada setiap *batch* tidak memiliki kualitas yang baik dimana dari 147 *batch* yang diperoleh, ditemukan 26 *batch* memiliki kualitas RS lebih dari 0.15 (17.7%). Hasil kualitas RS dapat dilihat pada Lampiran 14.

Kualitas RS yang baik dipengaruhi oleh banyaknya penambahan nikel, pH reaksi, temperatur reaksi, dan EC inlet *batch tank*. Korelasi pengaruh penambahan

nikel, pH, temperatur reaksi dan EC inlet terhadap kualitas nilai RS diuji dengan menggunakan pengujian hipotesa pada *regression analysis* pada Minitab 17 dengan hasil yang dapat dilihat pada Lampiran 15 (data yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 5 dan Lampiran 16).

Pengujian Hipotesa :

Tingkat signifikansi :  $\alpha = 0.05$

#### Penambahan Nikel (*Nickel Dosage*)

H0 : *Nickel dosage* tidak mempengaruhi nilai RS *outlet*

H1 : *Nickel dosage* mempengaruhi nilai RS *outlet*

Statistik uji :

P-Value = 0.960

Daerah kritis : H0 ditolak jika P-Value  $< \alpha$

Kesimpulan :

P-Value  $> \alpha$ , maka gagal tolak H0 sehingga penambahan nikel tidak mempengaruhi nilai RS. Meskipun semakin banyak nikel yang ditambahkan dalam suatu batch *hydrogenation* tidak akan membantu memperbaiki nilai RS.

#### Waktu Reaksi (*Total Reaction Time*)

H0 : *Total reaction time* tidak mempengaruhi nilai RS *outlet*

H1 : *Total reaction time* mempengaruhi nilai RS *outlet*

Statistik uji :

P-Value = 0.037

Daerah kritis : H0 ditolak jika P-Value  $< \alpha$

Kesimpulan :

P-Value  $< \alpha$ , maka tolak H0 yang berarti waktu reaksi dapat mempengaruhi nilai RS.

#### PH Reaksi

H0 : PH reaksi tidak mempengaruhi nilai RS *outlet*

H1 : PH reaksi mempengaruhi nilai RS *outlet*

Statistik uji :

P-Value = 0.000

Daerah kritis :  $H_0$  ditolak jika  $P\text{-Value} < \alpha$

Kesimpulan :

$P\text{-Value} < \alpha$ , maka tolak  $H_0$  sehingga parameter pH saat reaksi suatu *batch hydrogenation* dapat mempengaruhi nilai RS.

#### Temp Reaksi

$H_0$  : Temperatur reaksi tidak mempengaruhi nilai RS *outlet*

$H_1$  : Temperatur reaksi mempengaruhi nilai RS *outlet*

Statistik uji :

P-Value = 0.000

Daerah kritis :  $H_0$  ditolak jika  $P\text{-Value} < \alpha$

Kesimpulan :

$P\text{-Value} < \alpha$ , maka tolak  $H_0$  sehingga parameter temperatur saat reaksi suatu *batch hydrogenation* dapat mempengaruhi nilai RS.

#### EC Inlet

$H_0$  : EC *inlet* tidak mempengaruhi nilai RS *outlet*

$H_1$  : EC *inlet* mempengaruhi nilai RS *outlet*

Statistik uji :

P-Value = 0.006

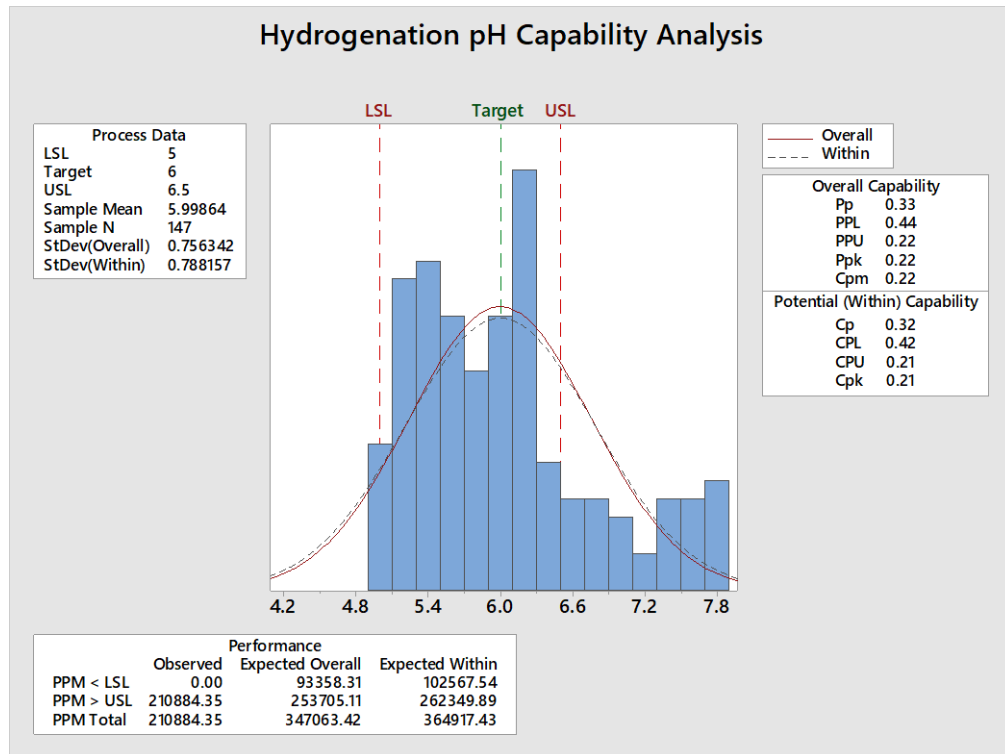
Daerah kritis :  $H_0$  ditolak jika  $P\text{-Value} < \alpha$

Kesimpulan :

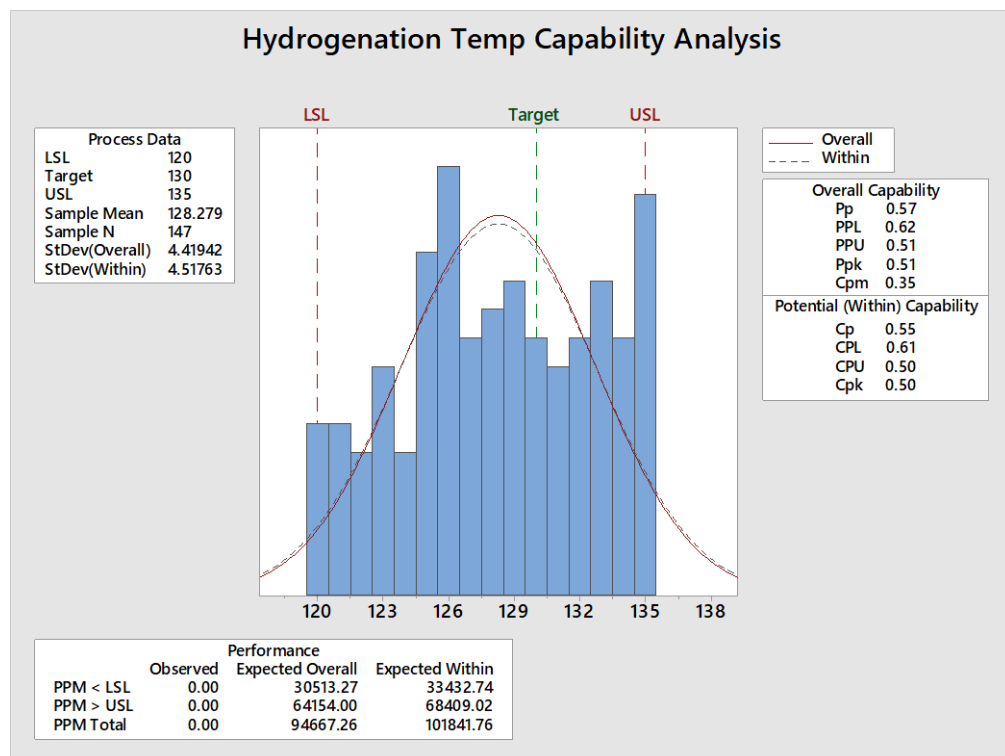
$P\text{-Value} < \alpha$ , maka tolak  $H_0$  sehingga parameter EC *inlet* WIP suatu *batch hydrogenation* dapat mempengaruhi nilai RS.

Berdasarkan pengujian hipotesa, parameter yang mempengaruhi kualitas nilai RS adalah waktu reaksi, pH reaksi, temperatur reaksi, dan EC *inlet*, dimana parameter penambahan nikel tidak berpengaruh terhadap RS. Pengujian kapabilitas dilakukan pada parameter – parameter tersebut dengan menggunakan data pada

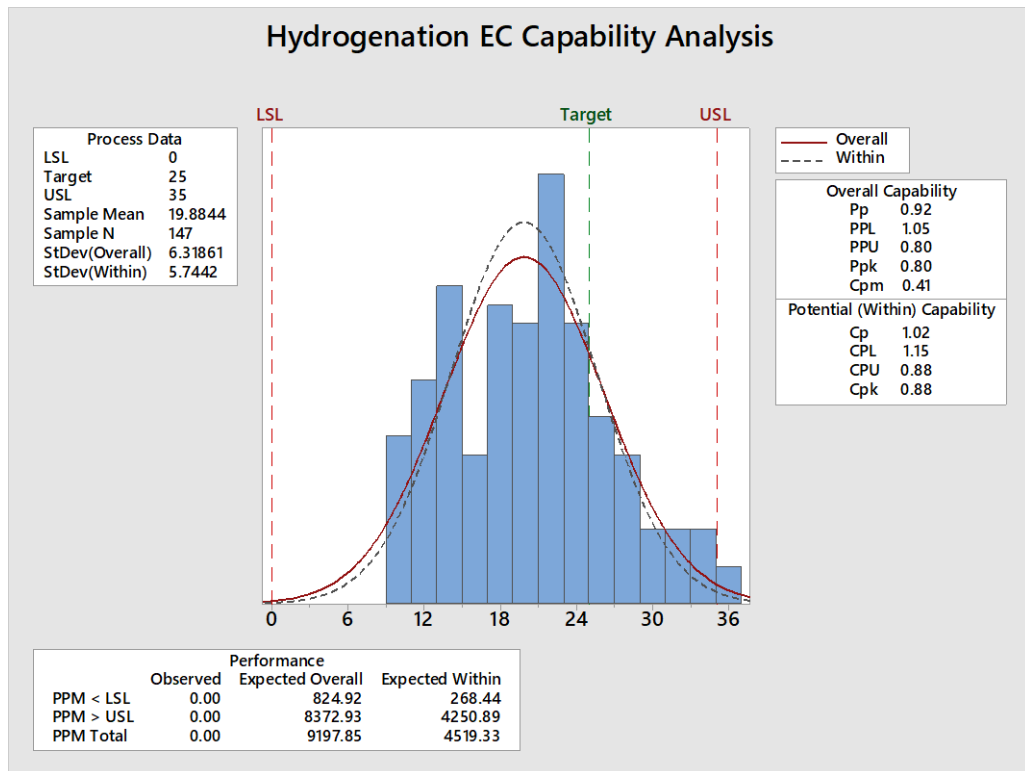
Lampiran 16 pada gambar – gambar di bawah ini (pengujian kapabilitas waktu reaksi dapat dilihat pada Gambar 4.13) :



**Gambar 5.7** Uji Kapabilitas Parameter pH *Hydrogenation*



**Gambar 5.8** Uji Kapabilitas Parameter Temperatur *Hydrogenation*

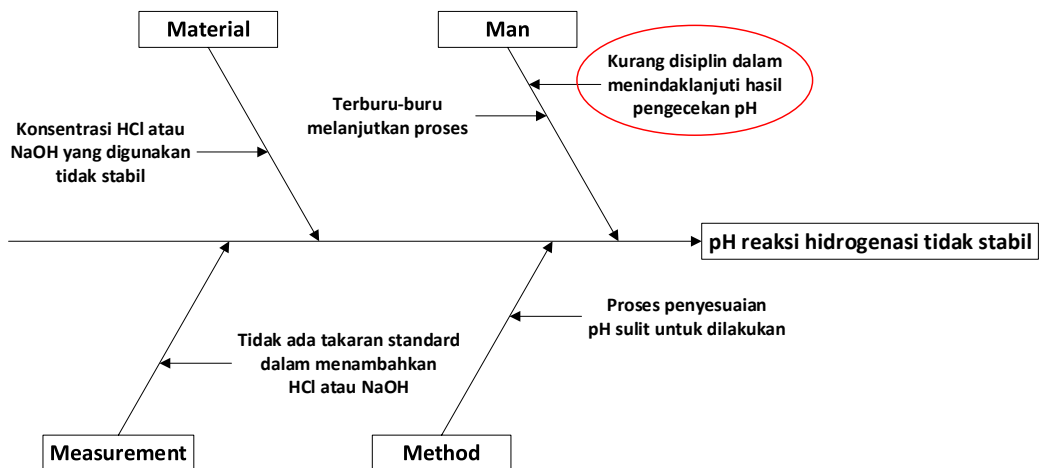


**Gambar 5.9** Uji Kapabilitas Parameter EC *Hydrogenation*

Indeks kapabilitas (Cpk) parameter masing – masing parameter adalah sebagai berikut :

1. Waktu reaksi = 0.49
2. pH = 0.21
3. Temperatur = 0.50
4. EC = 0.88

Parameter pH memiliki indeks kapabilitas terendah yaitu 0.21 dimana terdapat beberapa *batch* yang melakukan reaksi *hydrogenation* pada pH lebih tinggi dari batas atas spesifikasi yaitu hingga 7.8. Analisa *cause effect diagram* dilakukan pada pH di Gambar 5.10.



**Gambar 5.10** Cause Effect Diagram Penyebab pH Hydrogenation tidak Stabil

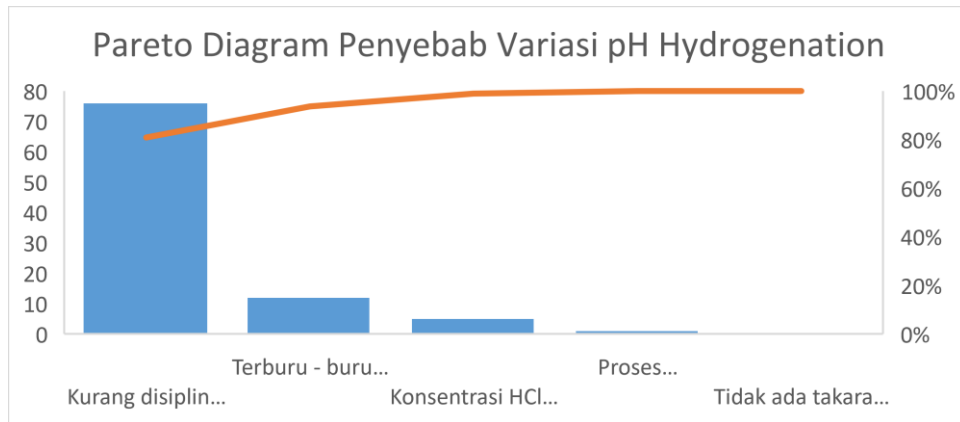
Berdasarkan Analisa penyebab pada *cause effect diagram* ditemukan beberapa penyebab yang memungkinkan terjadinya ketidakstabilan pH. Pengambilan data dilakukan untuk mencari penyebab yang paling sering terjadi pada setiap *batch hydrogenation*. Pengumpulan data dilakukan oleh *shift leader* pada bulan Juni 2018 dan dicatat pada laporan harian. Kemudian penyebab – penyebab tersebut dianalisa dari frekuensi kemunculannya pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Frekuensi Terjadinya Penyebab pH Hydrogenation tidak Stabil

Penyebab	Frekuensi Kejadian	%Frekuensi
Kurang disiplin dalam menindaklanjuti hasil pengecekan pH	76	80.85
Terburu - buru melanjutkan proses	12	12.77
Konsentrasi HCl atau NaOH yang digunakan tidak stabil	5	5.32
Proses penyesuaian pH sulit untuk dilakukan	1	1.06
Tidak ada takaran standard dalam menambahkan HCl atau NaOH	0	0.00
Total	94	100.00



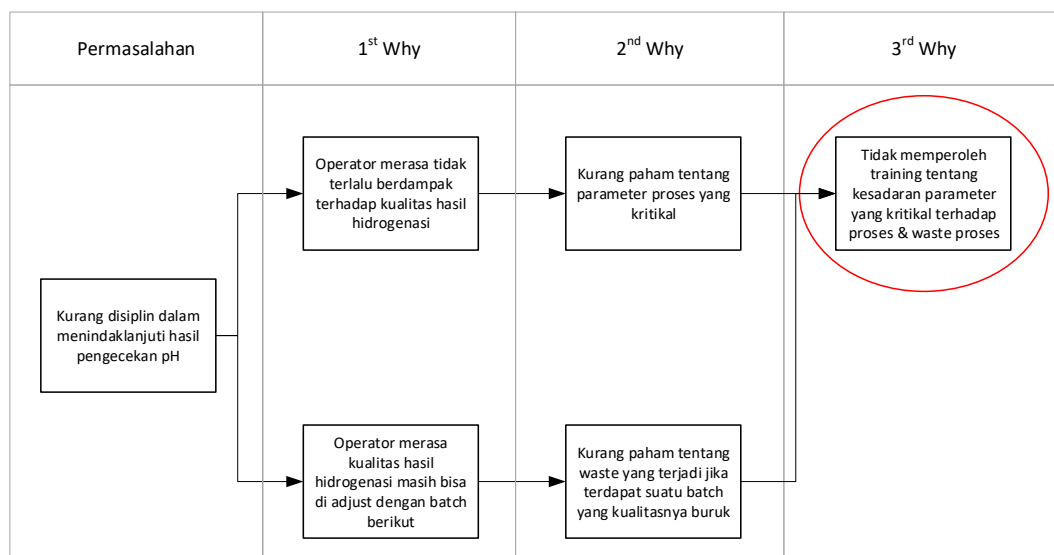
Analisa terhadap Tabel 5.4 dilakukan dengan menggunakan *pareto diagram* pada Gambar 5.11 dibawah ini :



**Gambar 5.11** Pareto Diagram Penyebab pH Hydrogenation tidak Stabil

80% penyebab terjadinya ketidakstabilan pH adalah *operator* kurang disiplin dalam menindaklanjuti hasil pengecekan pH suatu *batch hydrogenation* sebelum memulai reaksi. Variasi pH yang terjadi sudah dapat diketahui pada *batch tank* sebelum ditransfer ke *autoclave*, tetapi hasil dari pengecekan pH tersebut tidak ditindaklanjuti oleh *operator* sehingga reaksi *hydrogenation* terjadi pada pH yang bervariasi hingga melebihi dari batas atas spesifikasi yang ditetapkan.

Analisa 5 *whys* dilakukan untuk mengetahui akar penyebab terjadinya ketidakdisiplinan *operator* dalam menindaklanjuti variasi pH setiap *batch*. Analisa tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.12.



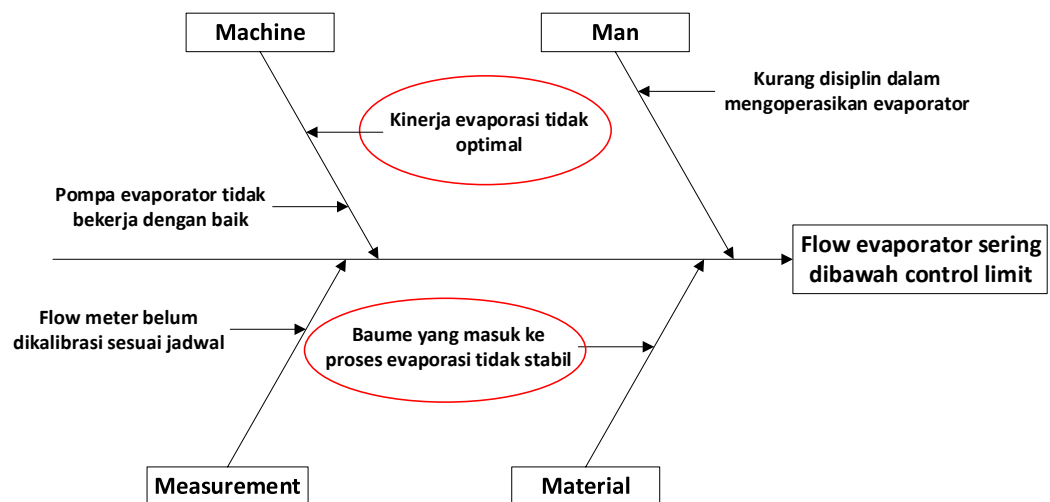
**Gambar 5.12** Analisa 5 Whys Terhadap Penyebab pH Hydrogenation tidak Stabil

Penyebab utama ketidakdisiplinan *operator* dalam menindaklanjuti variasi pH setiap *batch* adalah karena *operator* tidak memperoleh training tentang kesadaran terhadap parameter – parameter yang kritikal terhadap proses dan *waste* proses. *Operator* tidak memperhatikan pentingnya parameter pH terhadap hasil kualitas RS yang dihasilkan dari proses *hydrogenation*.

#### 5.1.3.4 Akar Penyebab pada Proses *Evaporation*

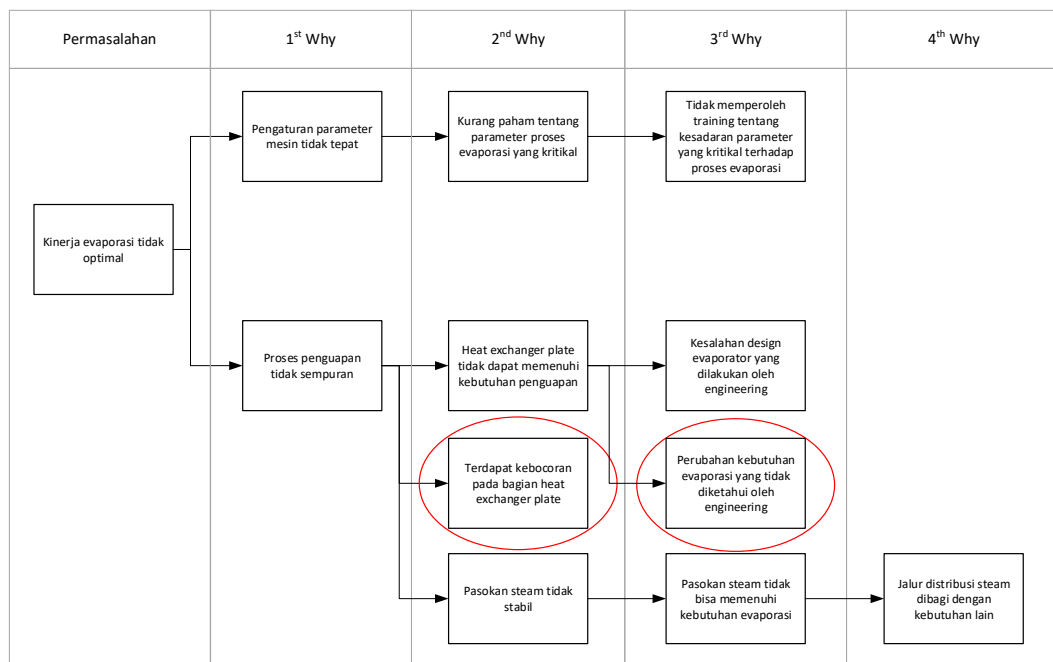
Parameter *flow* merupakan parameter kritikal yang menentukan *output* yang dapat diperoleh pada satuan waktu tertentu. Semakin tinggi *flow* yang dijalankan, maka semakin tinggi *output* yang dihasilkan. Kapabilitas ketiga mesin *evaporator* tidak sesuai dengan yang diharapkan. Analisa *cause effect diagram* dilakukan untuk mengetahui penyebab rendahnya *flow* di Gambar 5.13.

Berdasarkan Analisa *cause effect diagram* pada Gambar 5.13, terdapat beberapa penyebab dari berbagai dimensi seperti mesin, *operator*, pengukuran, dan material. Pengamatan aktual dilakukan oleh tim *maintenance* dan *production* terhadap beberapa kemungkinan penyebab yang ada. Permasalahan terjadi di mesin *evaporator* itu sendiri dimana kinerja mesin dibawah ekspektasi (tidak optimal).



**Gambar 5.13** Cause Effect Diagram Penyebab Rendahnya Flow *Evaporator*

Analisa 5 *whys* dilakukan untuk mengetahui akar penyebab rendahnya kinerja mesin *evaporator* yang dapat dilihat pada Gambar 5.14.



**Gambar 5.14** Analisa 5 *Whys* Terhadap Penyebab Kinerja *Evaporator* tidak Optimal

Berdasarkan Analisa 5 *whys* diketahui bahwa akar penyebab kinerja *evaporator* yang tidak optimal adalah karena terdapat kebocoran pada bagian *heat exchanger plate* dan perubahan kebutuhan kapasitas evaporasi yang tidak diketahui oleh *engineering*.

Perubahan kapasitas yang tidak diketahui oleh *engineering* ini terjadi karena manajemen menuntut tim *production* untuk menaikkan kapasitas produksi, tetapi tim *production* tidak berkoordinasi dengan tim *engineering* mengenai kemampuan dari desain awal masing – masing dari ketiga *evaporator* sehingga tim *production* tidak mengetahui bahwa *evaporator* tidak dapat memenuhi permintaan manajemen tanpa adanya peningkatan kapasitas mesin.

## 5.2 Improve

Pada tahap ini dilakukan proses perbaikan terhadap akar penyebab terjadinya *waste* dan *defect* pada proses *liquefaction*, *saccharification*, *hydrogenation*, dan *evaporation*. Proses perbaikan dilakukan dengan menyusun solusi permasalahan dalam *action plan list*, dimana setiap solusi dianalisa resikonya supaya dapat mengantisipasi resiko negatif yang memperburuk kondisi proses.

Evaluasi terhadap hasil implementasi perbaikan dilakukan untuk menilai pencapaian perbaikan yang sudah diterapkan.

### **5.2.1 Formulasi Rekomendasi Perbaikan**

Setiap proses kritis yang diidentifikasi akar penyebab permasalahannya ditentukan penyelesaian / perbaikan yang tepat. Penyelesaian tersebut diambil dari standar kerja, data perbaikan masa lalu, saran dari *expertise*, dan *best practice* dari cabang perusahaan lainnya.

#### **5.2.1.1 Perbaikan pada Proses *Liquefaction***

Parameter pH memiliki variasi yang tinggi karena tidak adanya standar komposisi pengenceran Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan air di tempat penampungan adonan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Setiap *operator* mencampurkan air pada Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang ditransfer dari bagian *utility* dengan volume yang tidak jelas takarannya, sehingga konsentrasi Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang digunakan pada proses menjadi tidak stabil. Penyusunan standar instruksi kerja dalam pembuatan campuran Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan air dilakukan untuk memperbaiki permasalahan variasi pH.

Parameter temperatur sering berada lebih rendah dari batas bawah ekspektasi karena *setting range* kontrol pada *control valve* terlalu lambat untuk menyesuaikan banyaknya *starch* yang masuk sehingga temperatur nya menjadi terlalu fluktuatif. Untuk memperbaiki permasalahan ini dilakukan pengaturan ulang untuk mempersempit jarak kontrol (*control range*) pada *control valve steam inlet* sehingga temperatur menjadi lebih stabil.

Parameter selisih tekanan memiliki variasi yang tinggi dimana beberapa saat tidak terdapat selisih tekanan dalam *jet cooker* antara tekanan *starch* yang masuk dengan tekanan *starch* yang keluar. Hal ini disebabkan karena ulir pengatur posisi *combining tube* sudah aus sehingga posisi *combining tube* dapat dengan mudah terus bergeser pada *jet cooker* setiap ada getaran atau aliran atau tekanan dari *starch slurry* atau *steam*. Hal ini menyebabkan selisih tekanan yang terbentuk dalam *jet cooker* menjadi tidak stabil. Dengan melakukan perbaikan pada *combining tube* pengatur komposisi *starch slurry* dengan *steam*, dapat membuat selisih tekanan yang terjadi lebih stabil.

### 5.2.1.2 Perbaikan pada Proses *Saccharification*

Tingginya nilai parameter DP1 dipengaruhi oleh kontrol temperatur selama suatu *batch sacchari* bereaksi. Pengendalian temperatur *heat exchanger* hanya dilakukan dengan memastikan mesin bekerja dan air pendingin (*cooling water*) mengalir ke dalam proses.

Pemasangan *control valve* dalam sistem *heat exchanger* dapat mengendalikan debit air pendingin yang mengalir sehingga temperatur produk yang keluar dari *double pipe heat exchanger* memiliki temperatur yang terjaga sesuai kebutuhan proses. Selain itu, penambahan *alarm (alert system → Andon)* dapat membantu memberikan informasi yang komprehensif kepada *operator* untuk dapat bereaksi lebih cepat ketika terjadi ketidaksesuaian temperatur reaksi suatu *batch*.

### 5.2.1.3 Perbaikan pada Proses *Hydrogenation*

Tahap proses *charging* yang merupakan bagian dari proses *hydrogenation* adalah satu – satunya tahapan proses *hydrogenation* yang memiliki variasi waktu proses. Penyebab terjadinya variasi waktu proses *charging* adalah *control valve* pengisian yang tidak bekerja dengan baik. Dengan dilakukannya penggantian *control valve* tersebut, maka waktu proses *charging* menjadi lebih stabil.

Variasi jumlah penambahan nikel pada *batch* proses disebabkan oleh tidak adanya *training* terhadap parameter – parameter yang kritis terhadap proses dan *waste* proses. Dengan pengadaan *training* terhadap *operator*, penggunaan nikel akan lebih terkontrol pada setiap *batch* nya.

Berdasarkan pengujian hipotesa pada *regression analysis* terhadap kualitas RS (*Reducing Sugar*), diketahui bahwa parameter yang mempengaruhi kualitas nilai RS adalah waktu reaksi, pH reaksi, temperatur reaksi, dan EC *inlet*, dimana parameter penambahan nikel tidak berpengaruh terhadap RS. Dengan demikian, jumlah penambahan nikel ditetapkan oleh manajemen adalah konstan di 5 kg per *batch hydrogenation*.

Waktu reaksi *hydrogenation* diatur oleh sistem komputer sehingga waktu reaksi lebih terkontrol oleh sistem dan hasil waktu reaksi per *batch* dapat lebih akurat serta terdokumentasi secara otomatis. *Setting* pengaturan waktu masing – masing tahapan proses *hydrogenation* diatur sebagai berikut :

1. *Charging* = 30 menit

2. *Heating* = 25 menit
3. *Reaction* = 100 menit
4. *Cooling* = 20 menit
5. *Settling* = 80 menit
6. *Discharge* = 40 menit

#### **5.2.1.4 Perbaikan pada Proses *Evaporation***

Akar penyebab kinerja *evaporator* yang tidak optimal adalah karena terdapat kebocoran pada bagian *heat exchanger plate* dan perubahan kebutuhan kapasitas evaporasi yang tidak diketahui oleh *engineering* sehingga kapasitas setiap mesin *evaporator* tidak dapat memenuhi kebutuhan proses produksi.

Perbaikan kebocoran pada bagian *heat exchanger plate* dilakukan oleh tim *maintenance* dan penambahan kapasitas mesin *evaporator* dilakukan dengan penambahan *heat exchanger plate* yang baru. Penambahan *heat exchanger plate* juga dilakukan oleh tim *maintenance*, tetapi jumlah penambahan berdasarkan perhitungan tim *engineering* untuk masing – masing mesin *evaporator*.

#### **5.2.1.5 Rangkuman Perbaikan pada Proses yang Kritis**

Setiap solusi yang sudah ditetapkan pada setiap permasalahan di proses – proses yang kritis disusun dalam *action plan list* yang berisi tentang :

1. *Action* / aktivitas perbaikan yang akan dilakukan.
2. Rencana pelaksanaan aktivitas – aktivitas perbaikan tersebut dimulai.
3. Target penyelesaian aktivitas – aktivitas perbaikan.
4. Penanggung jawab pelaksanaan masing – masing *action*.
5. Status perkembangan masing – masing *action*.
6. Penjelasan kondisi aktual perkembangan setiap *action* dan kendalanya.

Pada *action plan list* (Tabel 5.5), setiap aktivitas perbaikan dipantau pelaksanaannya untuk memastikan hasil yang diperoleh sesuai dengan harapan baik dari segi kualitas, waktu, dan biaya. Perkembangan pelaksanaan diisi oleh masing – masing penanggungjawab dengan menjelaskan kondisi aktual dan kendala yang dihadapi.

Dengan adanya rencana - rencana perbaikan yang telah ditetapkan diharapkan proses menjadi lebih baik lagi yang digambarkan pada *future state value*

*stream mapping* pada Gambar 5.15, dimana proses lebih seimbang dimana *waste* dan *defect* menjadi minimal. Berdasarkan *future state value stream mapping* (Gambar 5.15), dapat dipetakan setiap proses dimana dilakukan perbaikan pada proses – proses kritikal yang sebelumnya terdapat *waste* dan *defect*.

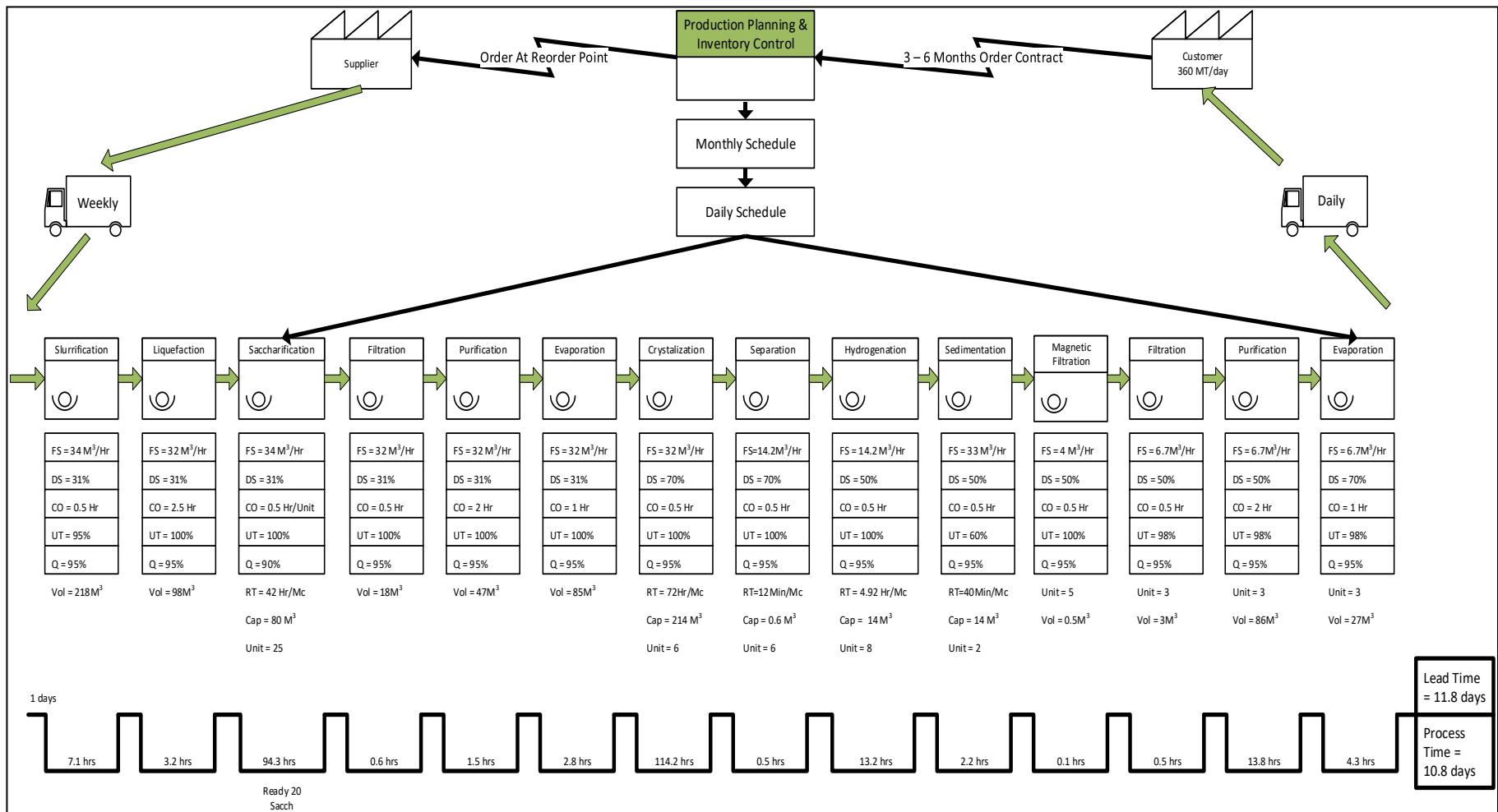
Berdasarkan Tabel 5.6 dapat dilihat bahwa proses *liquefaction* sudah dapat menaikkan *flow* proses dari 30 M<sup>3</sup>/H menjadi 32 M<sup>3</sup>/H karena tingkat kualitas sudah meningkat dari 80% menjadi 95% tanpa khawatir perlu melakukan banyaknya proses ulang. Proses *saccharification* dapat memperbaiki kualitas proses nya dari 58% menjadi 90%.

Rencana perbaikan variasi parameter pH pada proses *hydrogenation* meningkatkan kualitas proses dari 90% menjadi 95, dimana hal ini berdampak pada penentuan standar waktu reaksi yang lebih konstan sehingga total waktu reaksi per *batch* berkurang dari 5.25 jam menjadi 4.92 jam.

**Tabel 5.5 Action Plan List**

Proses	Parameter	Aktivitas	Waktu Mulai	Waktu Selesai	PIC	Status	Penjelasan
<i>Liquefaction</i>	Selisih Tekanan	Perbaikan <i>combining tube</i> pengatur komposisi <i>starch slurry</i> terhadap <i>steam</i>	29-Jun-18		<i>Maintenance</i>		
	Temperatur	Atur ulang untuk mempersempit jarak kontrol ( <i>control range</i> ) di <i>control valve steam</i>	8-Jun-18		<i>Maintenance</i>		
	pH	Penyusunan standar instruksi kerja dalam pembuatan campuran Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dan air	15-Jun-18		<i>Production</i>		
<i>Saccharification</i>	DP1	Pemasangan <i>control valve</i> dan <i>alarm (alert system --&gt; Andon)</i> untuk mengendalikan temperatur hasil <i>double pipe heat exchanger</i>	29-Jun-18		<i>Maintenance</i>		
<i>Hydrogenation</i>	Waktu Reaksi	Penggantian <i>control valve</i> pengisian bahan pada tahap proses <i>charging</i>	29-Jun-18		<i>Maintenance</i>		
	Penambahan Nikel	Pelaksanaan <i>training</i> tentang kesadaran parameter yang kritikal terhadap proses & <i>waste</i> proses	22-Jun-18		<i>Production</i>		
<i>Evaporation</i>	<i>Flow</i>	Penambahan <i>heat exchanger plate</i> pada setiap <i>evaporator</i>	29-Jun-18		<i>Engineering</i>		
		Perbaikan kebocoran pada <i>heat exchanger plate</i>	29-Jun-18		<i>Maintenance</i>		





Gambar 5.15 Future State Value Stream Mapping

**Tabel 5.6** Perhitungan *Net Flow* dan *Process Time* Dari *Future State VSM*

Process	Unit	RT (Hr)	Flow (M <sup>3</sup> /H)	Vol (M <sup>3</sup> )	DS Output (%)	Up Time (%)	Quality (%)	Net Flow (M <sup>3</sup> DS/H)	Process Time (Hr)	Net Flow (Current)	Process Time (Current)
Preparation									24.0		24.0
Slurrification	1		34	218	31	95	95	9.5	7.1	9.5	7.1
Liquefaction	1		32	98	31	100	95	9.4	3.2	7.4	4.1
Saccharification	25	42	34	80	31	100	90	9.5	94.3	7.2	123.1
Filtration	1		32	18	31	100	95	9.4	0.6	9.4	0.6
Purification	1		32	47	31	100	95	9.4	1.5	9.4	1.5
Evaporation	1		32	85	31	100	95	9.4	2.8	9.4	2.8
Crystalization	6	72	32	214	70	100	95	9.4	114.2	9.4	114.2
Separation	6	0.2	14.2	0.6	70	100	95	9.4	0.5	9.4	0.5
Hydrogenation	8	4.92	14.2	14	50	100	95	9.4	13.2	8.9	14.0
Sedimentation	2	0.7	33	14	50	60	95	9.4	2.2	9.4	2.2
Magnetic Filtration	5		4	0.5	50	100	95	9.5	0.1	9.5	0.1
Filtration	3		6.7	3	50	98	95	9.4	0.5	9.4	0.5
Purification	3		6.7	86	50	98	95	9.4	13.8	9.4	13.8
Evaporation	3		6.7	27	70	98	95	9.4	4.3	7.0	5.8
Lead Time (Hr)									282.4		314.3
Lead Time (Days)									11.8		13.1
Process Time (Hr)									258.4		290.3
Process Time (Days)									10.8		12.1

Selain itu, penambahan *heat exchanger plate* dapat meningkatkan kapasitas *flow* proses masing – masing mesin *evaporator* (mesin 1, 2, dan 3) sehingga rata – rata *flow* dari 5 M<sup>3</sup>/H menjadi 6.7 M<sup>3</sup>/H. Dengan keseluruhan peningkatan tersebut didapatkan *net flow* setiap proses menjadi seimbang di minimal 9.4 M<sup>3</sup>DS/H sehingga *process time* yang dibutuhkan lebih rendah dari 12.1 hari menjadi hanya 10.8 hari dalam menghasilkan 417 ton per hari. Selain itu, *lead time* menjadi lebih singkat dari 13.1 hari menjadi 11.8 hari.

### 5.2.2 Analisa Resiko

Setiap perbaikan yang akan diterapkan dilakukan analisa resiko yang akan timbul dengan menggunakan *risk assessment matrix* dengan mempertimbangkan faktor *safety*, *food safety*, *process complexity*, dan *process readiness*. Total *action* perbaikan yang dilakukan adalah sebanyak 8 aktivitas dan dari setiap aktivitas tersebut dikembangkan beberapa kemungkinan resiko yang muncul dan dinilai tingkat resikonya (Lampiran 17).

Berdasarkan Tabel 5.7 dapat dilihat bahwa paling banyak resiko berada pada tingkat resiko *high* dan hanya sedikit resiko yang berada pada tingkat resiko *low*. Untuk setiap resiko yang memiliki tingkat resiko *moderate* dan *high*, dikembangkan tindakan antisipasi (mitigasi) yang dapat mengurangi tingkat resiko yang ada (Lampiran 18). Dengan dikembangkannya tindakan antisipasi, dapat dilihat pada Tabel 5.8 bahwa sebagian besar resiko berada pada tingkat resiko *low* dan sudah tidak ada yang berada pada tingkat resiko *high*. Meskipun demikian, setiap resiko juga dipersiapkan rencana cadangan (*contingency plan*) untuk setiap resiko yang telah dikembangkan (Lampiran 19).

### 5.2.3 Implementasi Perbaikan

Rencana aktivitas perbaikan disampaikan keseluruhan pelaksana operasional yang bersangkutan hingga tingkat *operator* sehingga pelaksanaannya dapat dipahami dan dilaksanakan dengan baik. *Production*, *maintenance*, *engineering*, dan PPIC melaksanakan *improved process* sesuai jadwal yang telah dibuat dengan memperhatikan mitigasi dan *contingency plan* dari analisa resiko yang telah dilakukan, lalu didokumentasikan dan divisualisasikan hasilnya dengan penerapan *visual factory* dalam bentuk skema komunikasi harian.

**Tabel 5.7 Risk Assessment Matrix (Pre-Mitigasi)**

	Negligible	Marginal	Critical	Catastrophic
Certain	High	High	Extreme	Extreme
Likely	Moderate 4.1	High 1.3 4.3 5.2 7.3 8.1	High 1.2 6.2	Extreme
Possible	Low	Moderate 1.4 4.2 5.3 6.1 8.3	High 1.1 5.1 7.1 8.2	Extreme
Unlikely	Low	Low 2.1	Moderate 3.1 7.2	Extreme
Rare	Low 2.3 6.3	Low 2.2 3.2	Moderate 3.3	High

**Tabel 5.8 Risk Assessment Matrix (Setelah Mitigasi)**

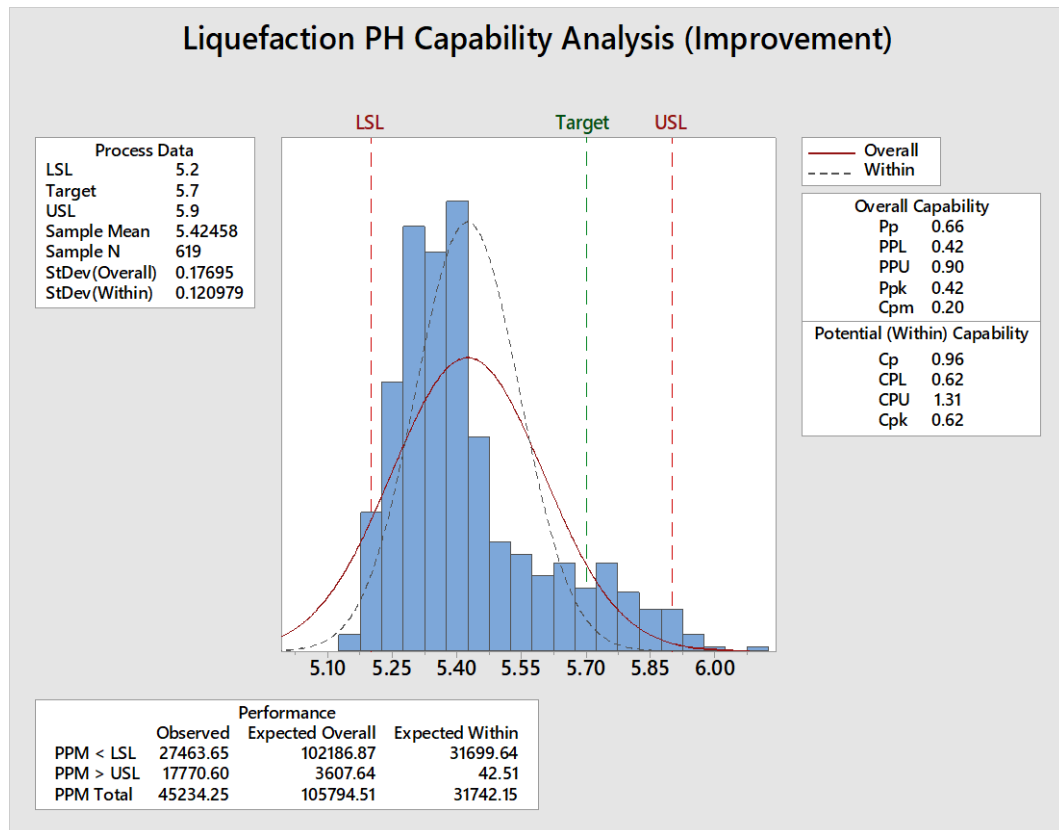
	Negligible	Marginal	Critical	Catastrophic
Certain	High	High	Extreme	Extreme
Likely	Moderate 1.3 4.3 5.2 7.3 8.1	High	High	Extreme
Possible	Low 1.4 4.1 4.2 5.3 8.3	Moderate 1.2 5.1 6.2 7.1 8.2	High	Extreme
Unlikely	Low	Low 1.1 2.1 3.1 6.1 7.2	Moderate	Extreme
Rare	Low 2.3 6.3	Low 2.2 3.2 3.3	Moderate	High

## 5.2.4 Evaluasi Perbaikan

Implementasi perbaikan di evaluasi setiap bulannya hingga selama 3 bulan yaitu mulai bulan Juli 2018 hingga September 2018. Evaluasi dilakukan dengan menganalisa pencapaian terhadap selisih antara *planning factor* dan tolak ukur *stability factor*, peningkatan kapabilitas pada masing – masing parameter di tiap proses, peningkatan stabilitas *flow evaporator* serta kesesuaian terhadap *future state value stream mapping*.

### 5.2.4.1 Evaluasi Perbaikan pada Proses *Liquefaction*

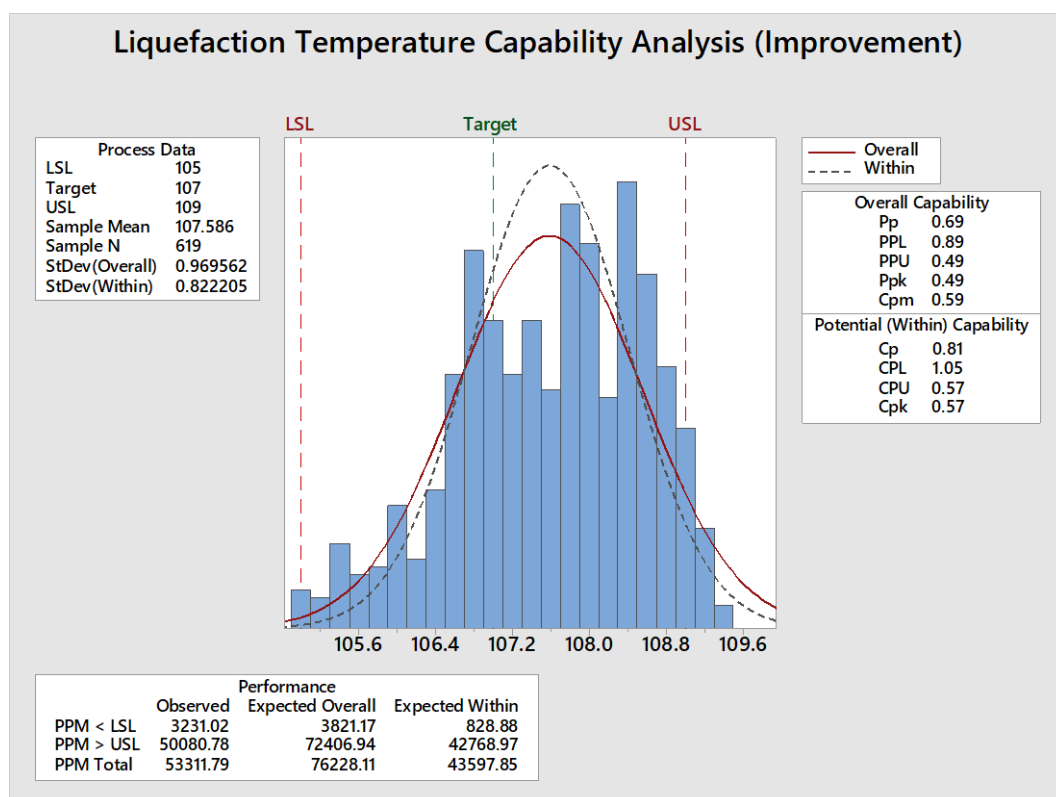
Parameter pH pada *liquefaction* di lakukan perbaikan dan diuji kapabilitasnya pada gambar 5.16 dibawah ini (contoh data hasil perbaikan dapat dilihat pada Lampiran 20) :



**Gambar 5.16** Uji Kapabilitas Parameter pH *Liquefaction (Improvement)*

Dapat dilihat pada Gambar 5.16 bahwa indeks kapabilitas (Cpk) pH lebih tinggi daripada sebelum perbaikan (0.19) yaitu 0.62 dan rata – ratanya (5.42) mendekati target pH yang diharapkan yaitu 5.5.

Dengan kontrol yang lebih baik pada parameter temperatur, dilakukan pengujian kapabilitas yang dapat dilihat pada Gambar 5.17 dibawah ini :



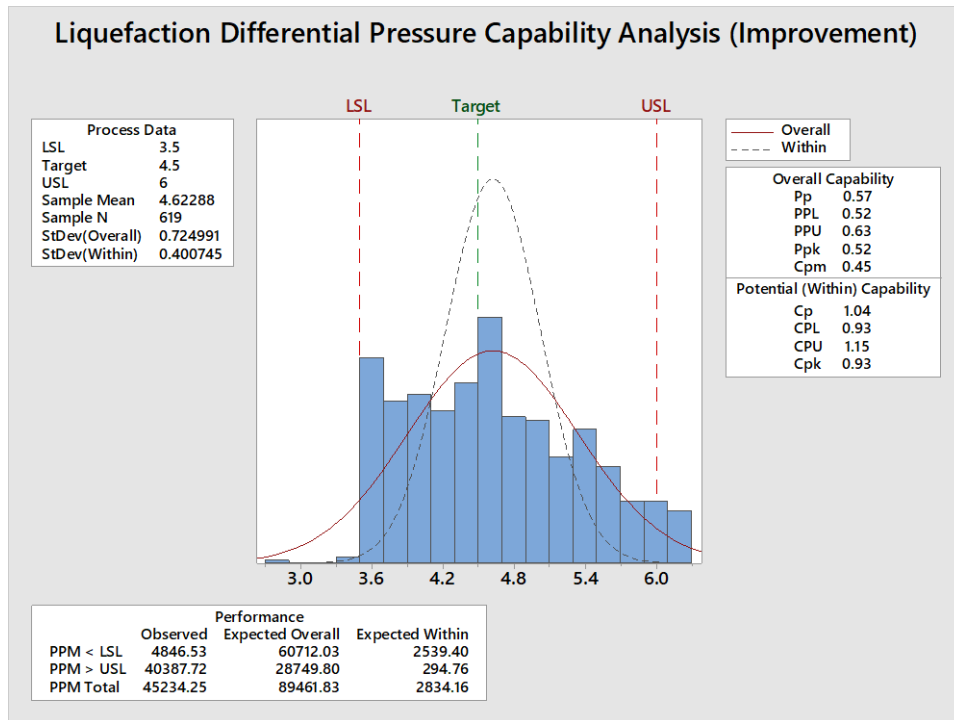
**Gambar 5.17** Uji Kapabilitas Parameter Temperatur *Liquefaction (Improvement)*  
 Hasil pengujian pada Gambar 5.17 menunjukkan bahwa indeks kapabilitas (Cpk) lebih tinggi dibandingkan sebelum perbaikan (-0.26) yaitu 0.57. Selain itu, rata – rata temperatur menjadi lebih stabil mendekati target yang diharapkan pada 107 °C yaitu 107.59 °C dimana sebelumnya rata – rata temperatur hanya berada pada 101.96 °C.

Parameter selisih tekanan dilakukan pengujian kapabilitas setelah dilakukan perbaikan pada *combining tube* dengan Gambar 5.18. Berdasarkan Gambar 5.18 diketahui bahwa indek kapabilitas (Cpk) menjadi lebih baik yaitu 0.93 (Sebelum perbaikan hanya 0.01) dan rata – rata selisih tekanan jauh lebih stabil mendekati target, dimana sebelumnya hanya 3.53 bar menjadi 4.62 bar.

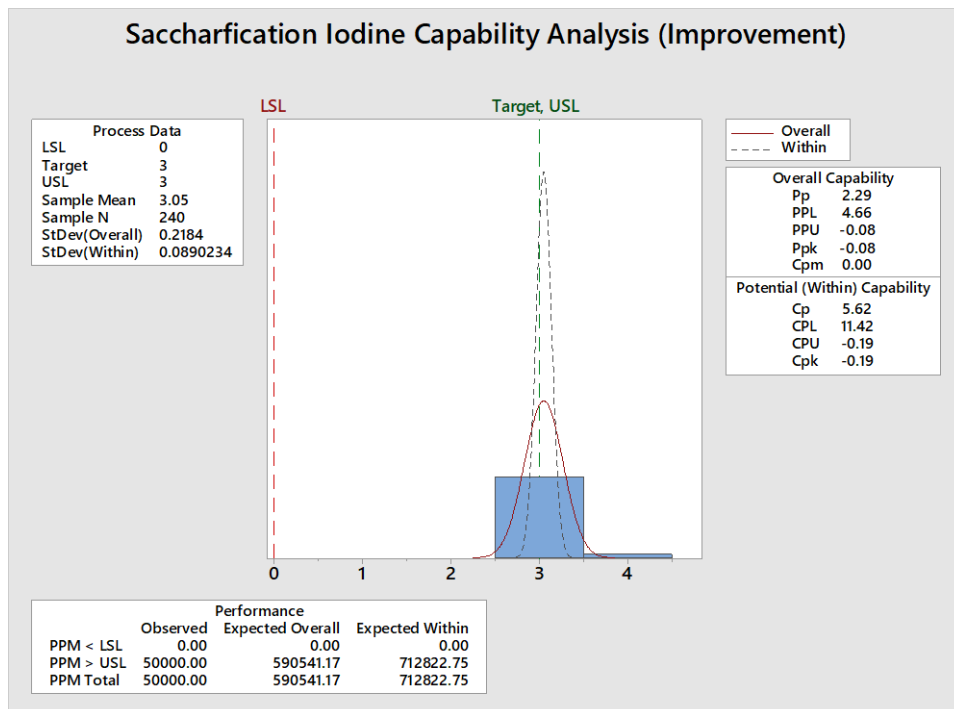
#### 5.2.4.2 Evaluasi Perbaikan pada Proses *Saccharification*

Dengan dilakukannya perbaikan pada proses *liquefaction*, maka parameter *iodine* pada proses *saccharification* menjadi lebih baik dimana hasilnya diuji

kapabilitasnya pada Gambar 5.19 dimana data hasil perbaikan dapat dilihat pada Lampiran 21).



**Gambar 5.18** Uji Kapabilitas Parameter Selisih Tekanan *Liquefaction* (Improvement)

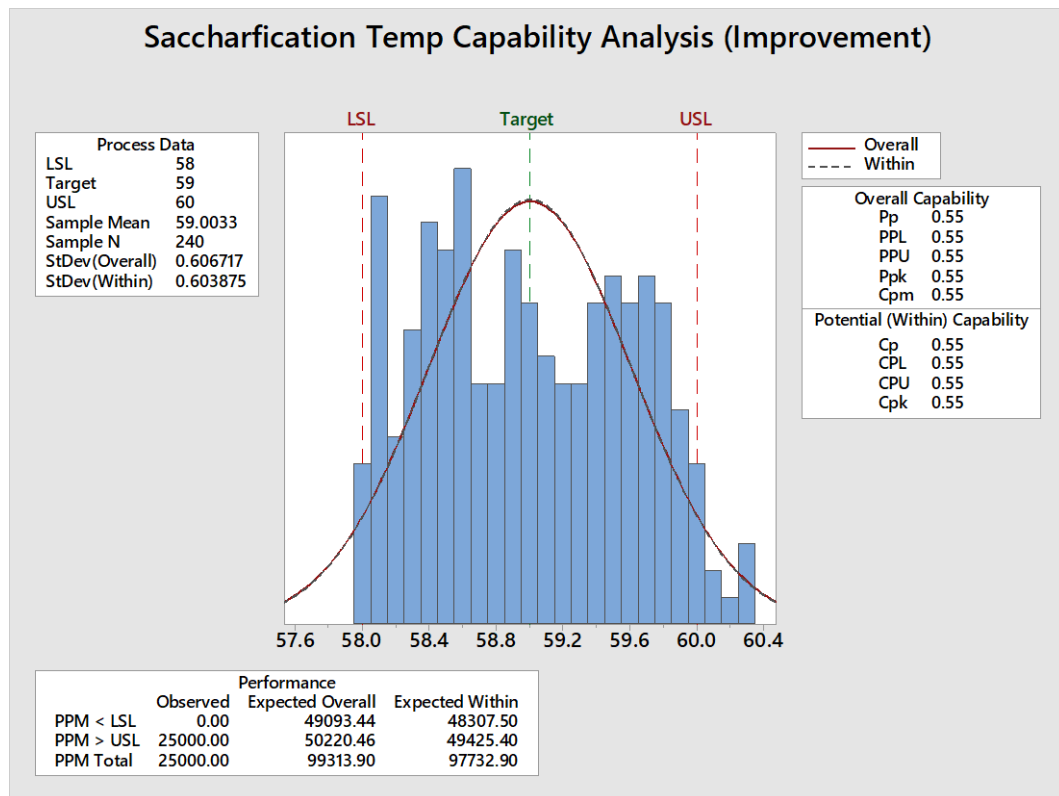


**Gambar 5.19** Uji Kapabilitas Parameter *Iodine* (Improvement)



Dapat dilihat pada Gambar 5.19 bahwa indeks kapabilitas naik menjadi -0.19 dimana sebelumnya di -0.67. Sebagian besar *batch saccharification* sudah masuk dalam target parameter *iodine* yaitu M3, dan hanya 5% dari 240 *batch* yang memiliki hasil *iodine* M4.

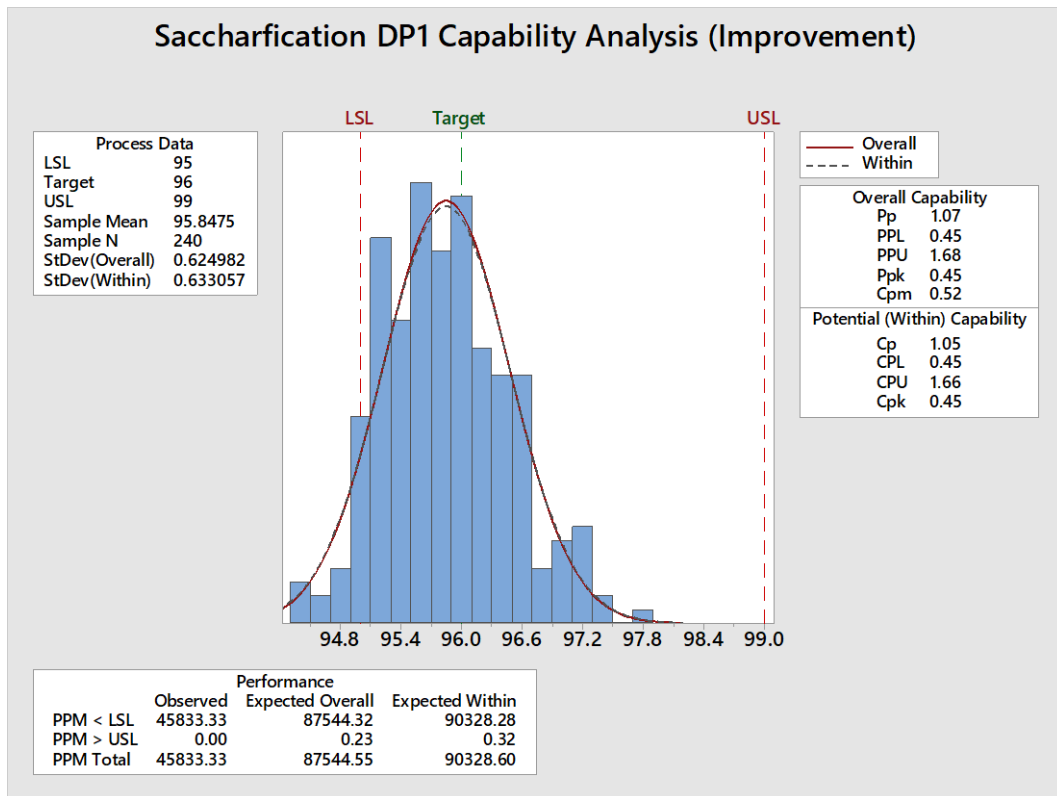
Perbaikan kontrol parameter DP1 dilakukan dengan kontrol pada temperatur *double pipe heat exchanger*, dimana parameter temperatur tersebut setelah diperbaiki maka dilakukan uji kapabilitas pada Gambar 5.20 dibawah ini :



**Gambar 5.20** Uji Kapabilitas Parameter Temperatur *Saccharification* (Improvement)

Berdasarkan Gambar 5.20 dapat dilihat bahwa indeks kapabilitas (Cpk) setelah perbaikan menjadi lebih tinggi (0.55) daripada sebelumnya (0.01). Selain itu, rata – rata temperatur jauh lebih mendekati target daripada sebelum perbaikan yaitu pada 59 °C.

Dengan lebih membaiknya kapabilitas parameter temperatur, maka hasil *saccharification* pada parameter DP1 menjadi lebih baik dalam mencapai minimal spesifikasi yaitu minimal 95. Hal ini dibuktikan dengan uji kapabilitas pada parameter DP1 di Gambar 5.21.

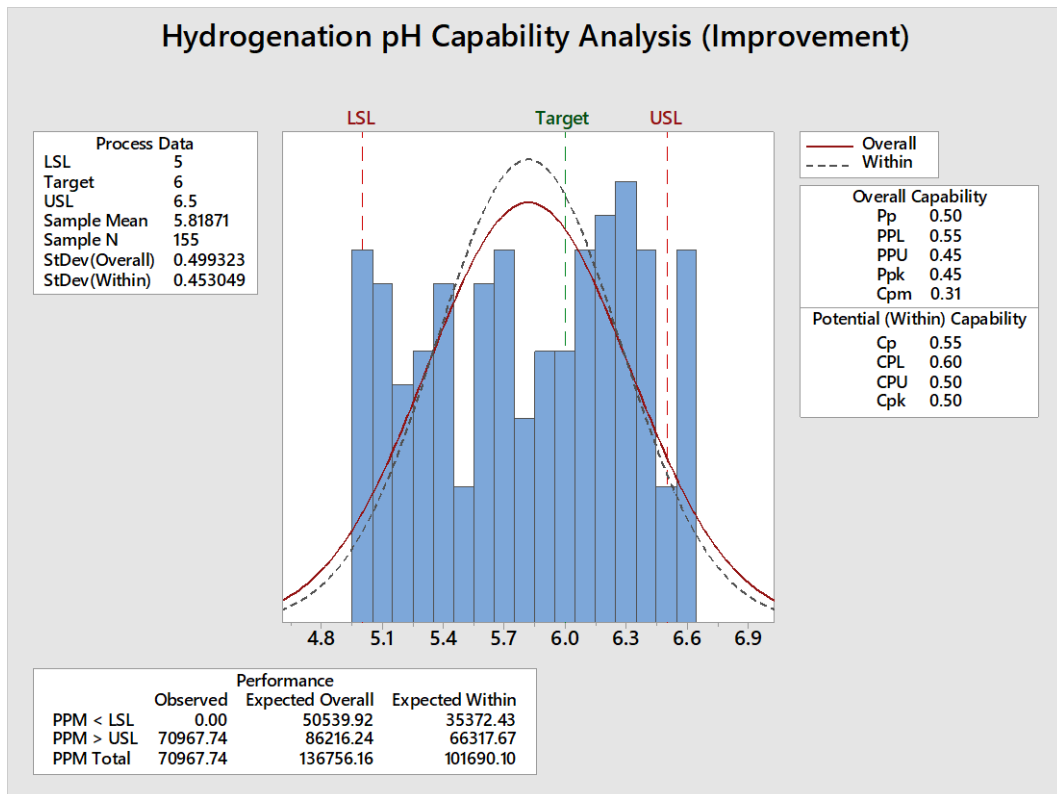


**Gambar 5.21** Uji Kapabilitas Parameter DP1 *Saccharification (Improvement)*

Dapat dilihat pada Gambar 5.21 bahwa indeks kapabilitas DP1 (Cpk) menjadi lebih baik daripada sebelum perbaikan (-0.10) pada DP1 yaitu 0.45. Selain itu, rata – rata nilai parameter DP1 menjadi lebih stabil mendekati target yaitu 95.8475.

### 5.2.4.3 Evaluasi Perbaikan pada Proses *Hydrogenation*

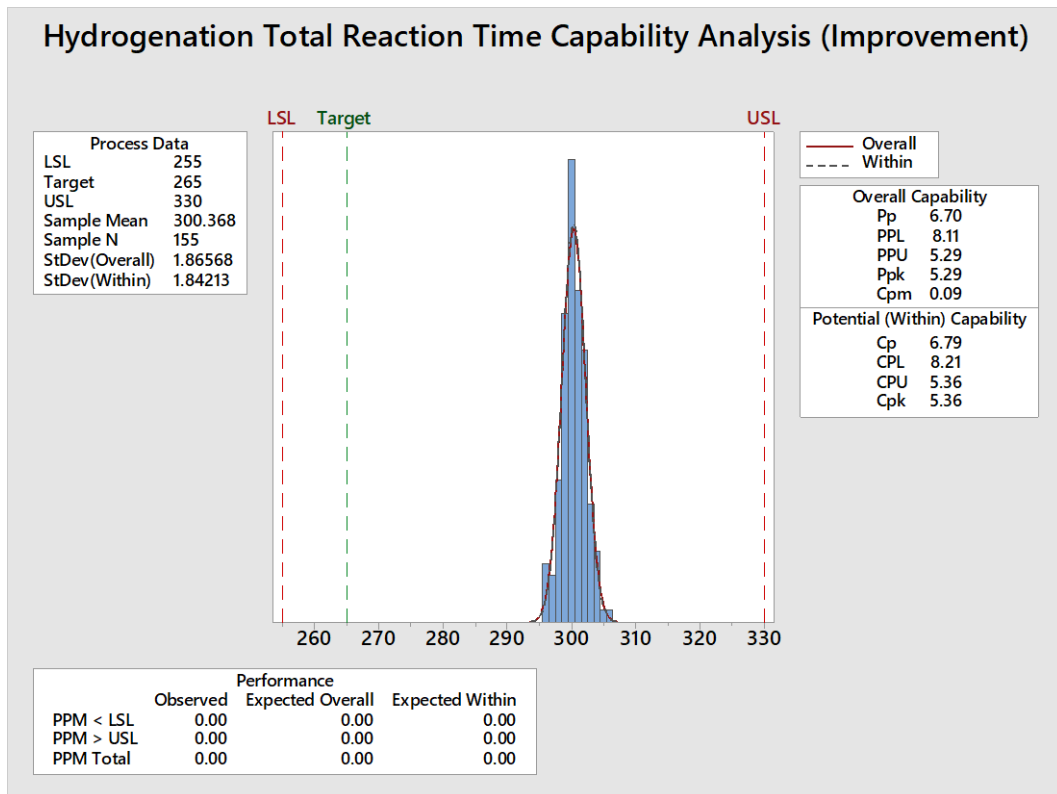
Implementasi perbaikan diterapkan pada pH inlet proses *hydrogenation* yaitu dengan melaksanakan *training* tentang pemahaman parameter dan proses yang kritikal sehingga *operator* menjaga parameter – parameter tersebut terutama pH dengan baik sehingga menjadi lebih stabil. Hasil pengujian kapabilitas parameter pH dapat dilihat pada Gambar 5.22 dimana data hasil perbaikan dapat dilihat pada Lampiran 22.



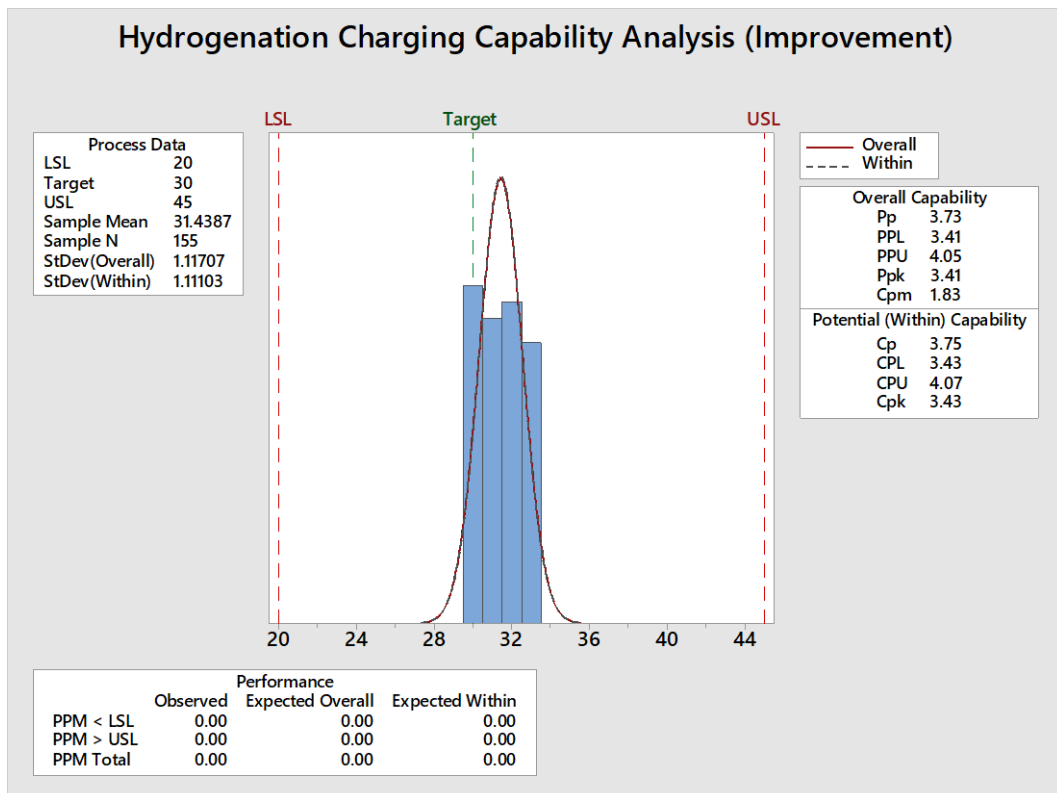
**Gambar 5.22** Uji Kapabilitas Parameter pH *Hydrogenation (Improvement)*

Berdasarkan Gambar 5.22 dapat dilihat bahwa parameter pH memiliki indeks kapabilitas ( $C_{pk}$ ) yang lebih tinggi daripada sebelum dilakukan pelatihan yaitu 0.5. Meskipun rata – rata menjadi lebih rendah (5.82) dan sedikit menjauhi target (6), tetapi sebagian besar *batch hydrogenation* memiliki pH yang lebih stabil (masuk dalam *range* spesifikasi) dibandingkan sebelum perbaikan.

Dengan standard penambahan nikel dan sistem otomatis pada tahapan proses *hydrogenation*, diperoleh proses yang lebih stabil dengan hasil pengujian kapabilitas pada total waktu reaksi dan waktu proses *charging* di Gambar 5.23 dan Gambar 5.24. Dapat dilihat pada Gambar 5.23 dan Gambar 5.24 bahwa kedua parameter proses sangat stabil karena *setting* parameter tersebut diatur secara konstan untuk setiap *batch* dan diatur otomatis oleh sistem, serta selama ini proses yang bermasalah adalah pada pH inlet setiap *batch*. Selain itu, parameter penambahan nikel pada setiap *batch* sudah ditetapkan konstan sebanyak 5 kg sesuai target sehingga parameter tersebut sudah sangat *capable*.



**Gambar 5.23** Uji Kapabilitas Parameter Total Waktu Reaksi (*Improvement*)

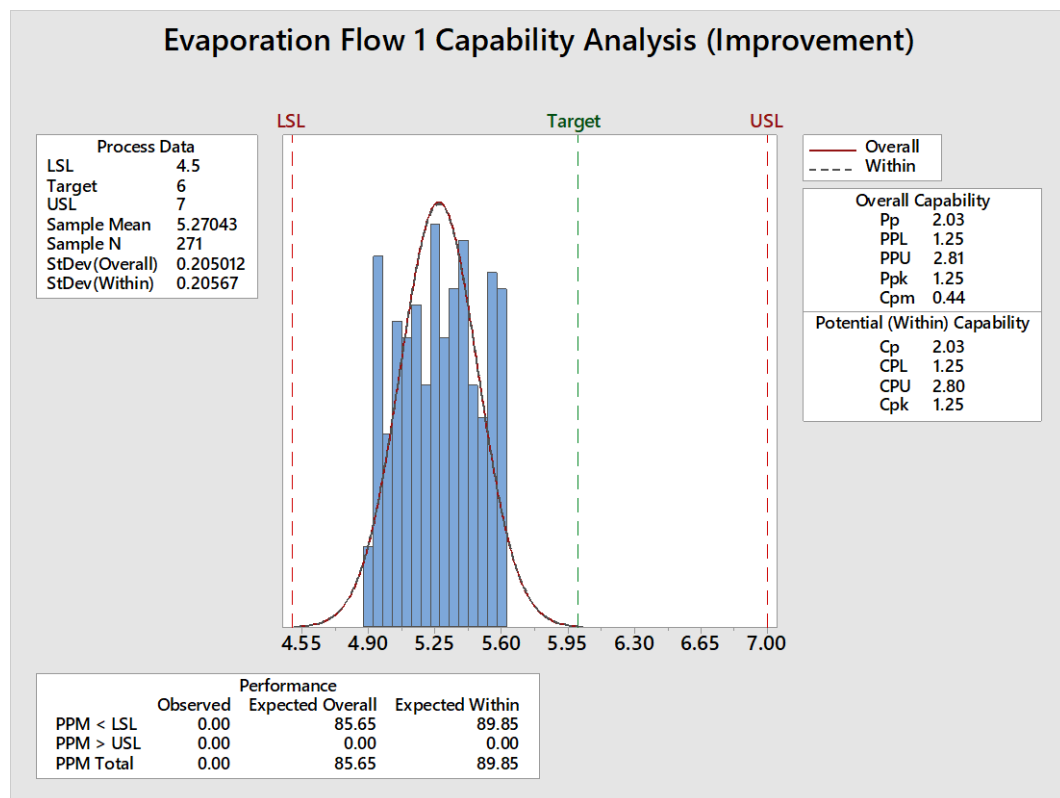


**Gambar 5.24** Uji Kapabilitas Parameter Waktu *Charging* (*Improvement*)

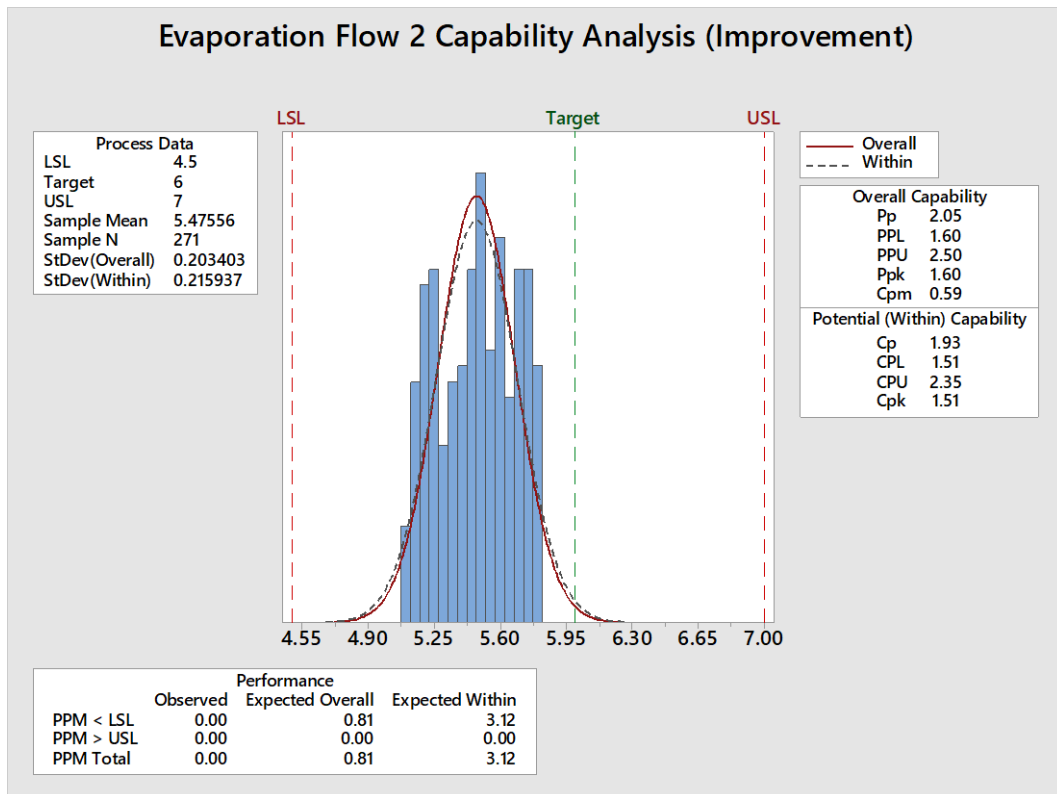
Hal tersebut ditunjukkan pada peningkatan kualitas RS (*Reducing Sugar*) hasil reaksi pada proses *hydrogenation* (Lampiran 22), dimana hanya 1 data atau 0.7% dari 155 data *batch* yang menghasilkan kualitas RS diatas spesifikasi (maksimal 0.15) yaitu 0.151. Sedangkan sebelum diterapkan perbaikan, masih terdapat 17.7% dari 147 batch yang menghasilkan kualitas RS melebihi batas atas spesifikasi.

#### 5.2.4.4 Evaluasi Perbaikan pada Proses *Evaporation*

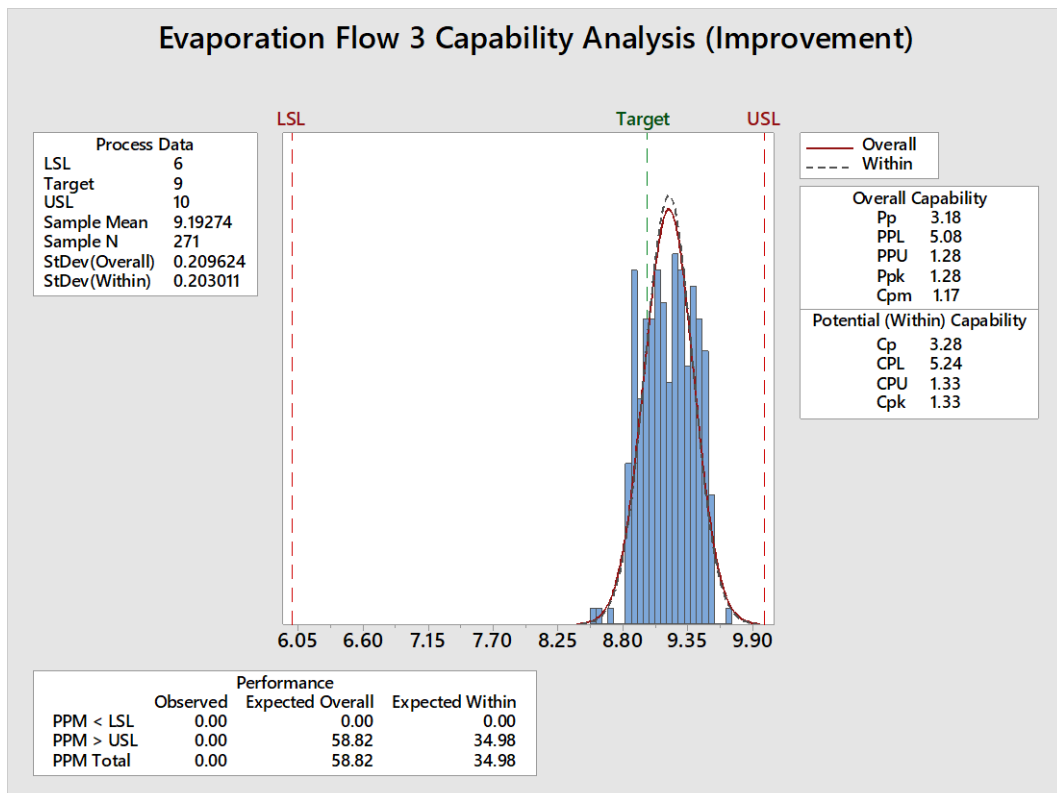
Penambahan *heat exchanger plate* pada setiap *evaporator* dilakukan dengan memastikan tidak adanya kebocoran setelah dilakukan pemasangan supaya proses dapat berjalan lancar tanpa adanya tambahan resiko negatif. Hasil perbaikan tersebut diuji kapabilitas pada Gambar 5.25, Gambar 5.26, dan Gambar 5.27 dimana data hasil perbaikan dapat dilihat pada Lampiran 23.



**Gambar 5.25** Uji Kapabilitas Parameter *Flow Evaporator 1 (Improvement)*



**Gambar 5.26** Uji Kapabilitas Parameter *Flow Evaporator 2 (Improvement)*

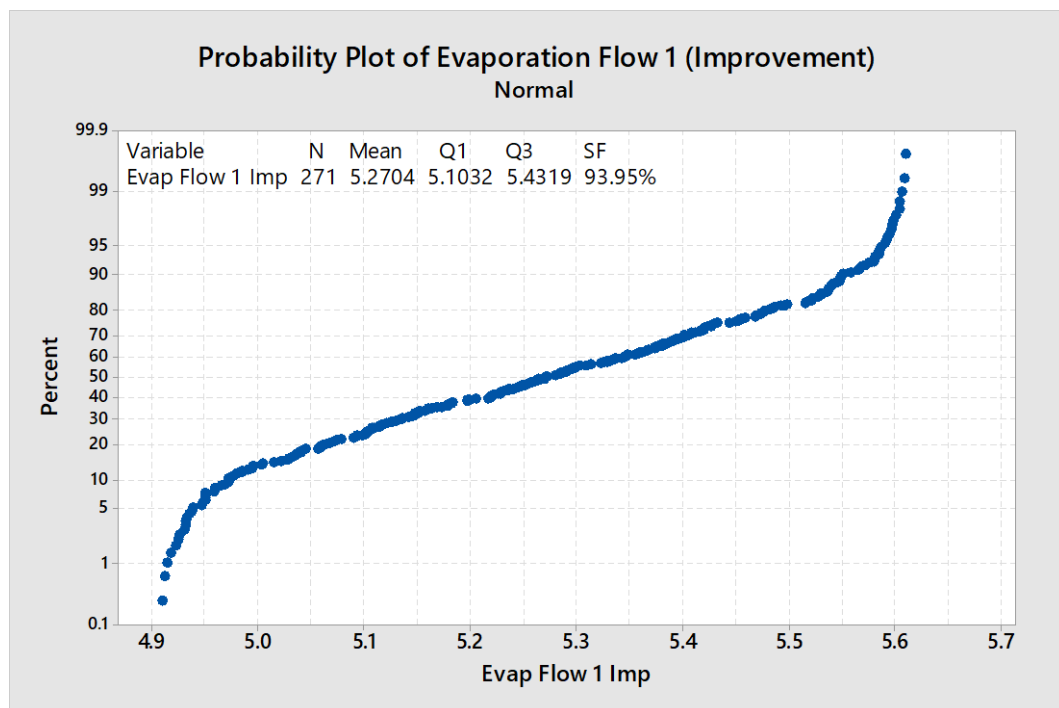


**Gambar 5.27** Uji Kapabilitas Parameter *Flow Evaporator 3 (Improvement)*

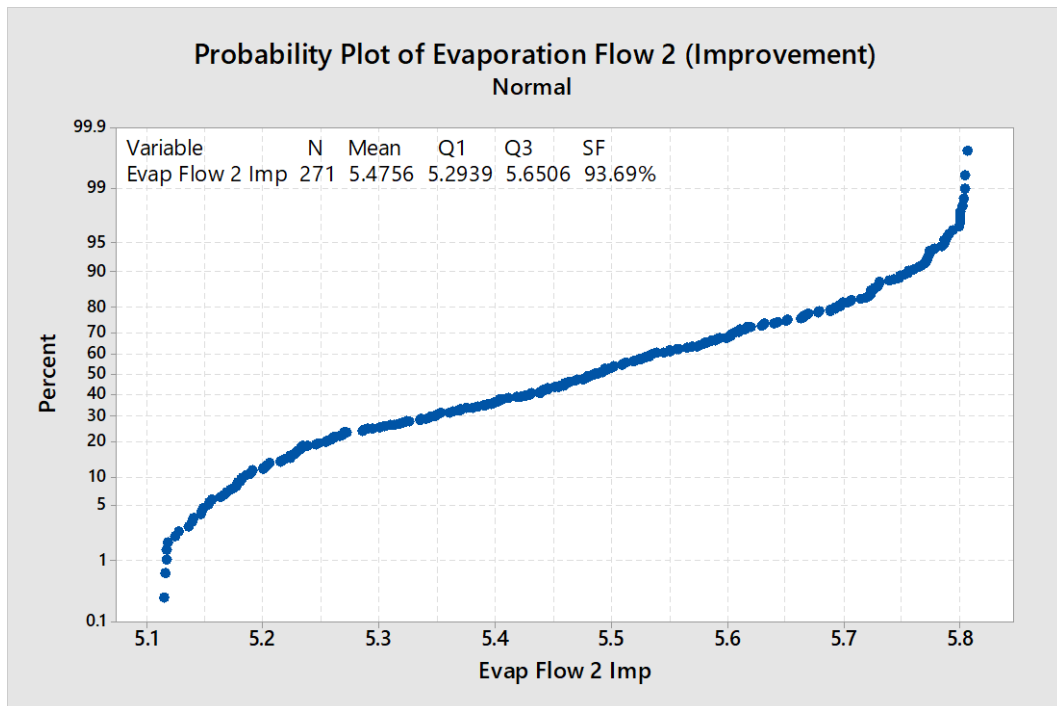
Berdasarkan Gambar 5.25, Gambar 5.26, dan Gambar 5.27 dapat dilihat bahwa indeks kapabilitas (Cpk) setiap mesin *evaporator* meningkat lebih baik dibandingkan sebelum perbaikan yaitu :

1. Mesin evaporator 1 = 1.25
2. Mesin evaporator 2 = 1.51
3. Mesin evaporator 3 = 1.33

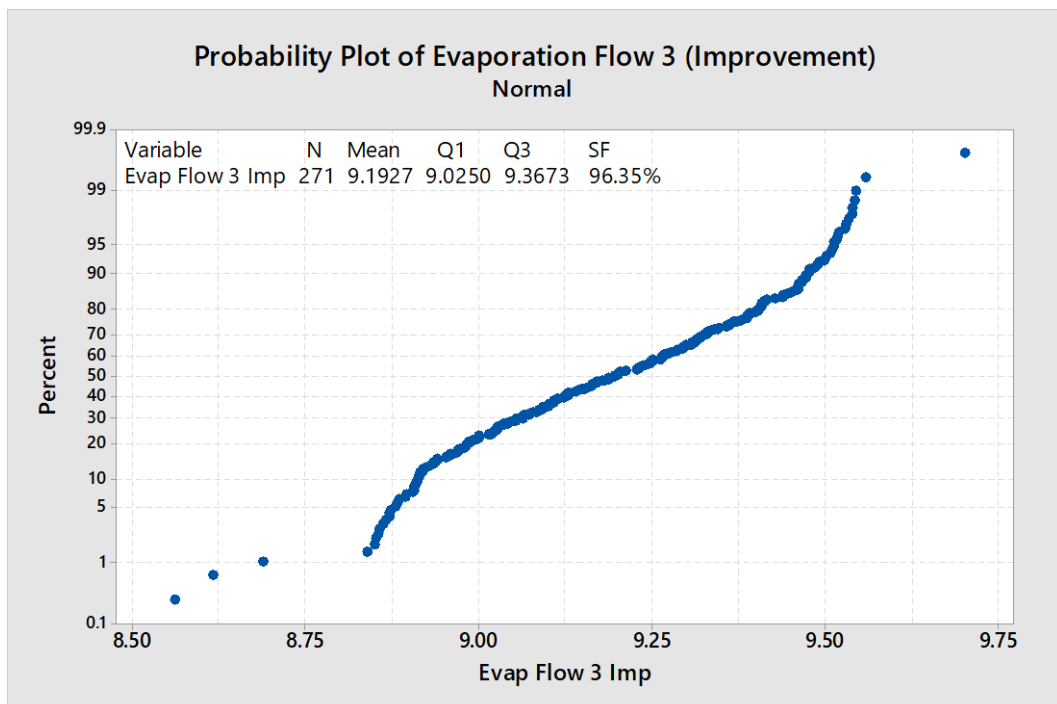
Selain itu, rata-rata *flow* masing – masing *evaporator* meningkat dibandingkan sebelum perbaikan sehingga potensi kenaikan *output* per hari menjadi lebih tinggi. Stabilitas proses dievaluasi dengan *probability plot* pada Gambar 5.28, Gambar 5.29, dan Gambar 5.30.



**Gambar 5.28** Uji Stabilitas *Flow* Mesin *Evaporator* 1 (*Improvement*)



**Gambar 5.29** Uji Stabilitas *Flow* Mesin *Evaporator 2 (Improvement)*



**Gambar 5.30** Uji Stabilitas *Flow* Mesin *Evaporator 3 (Improvement)*

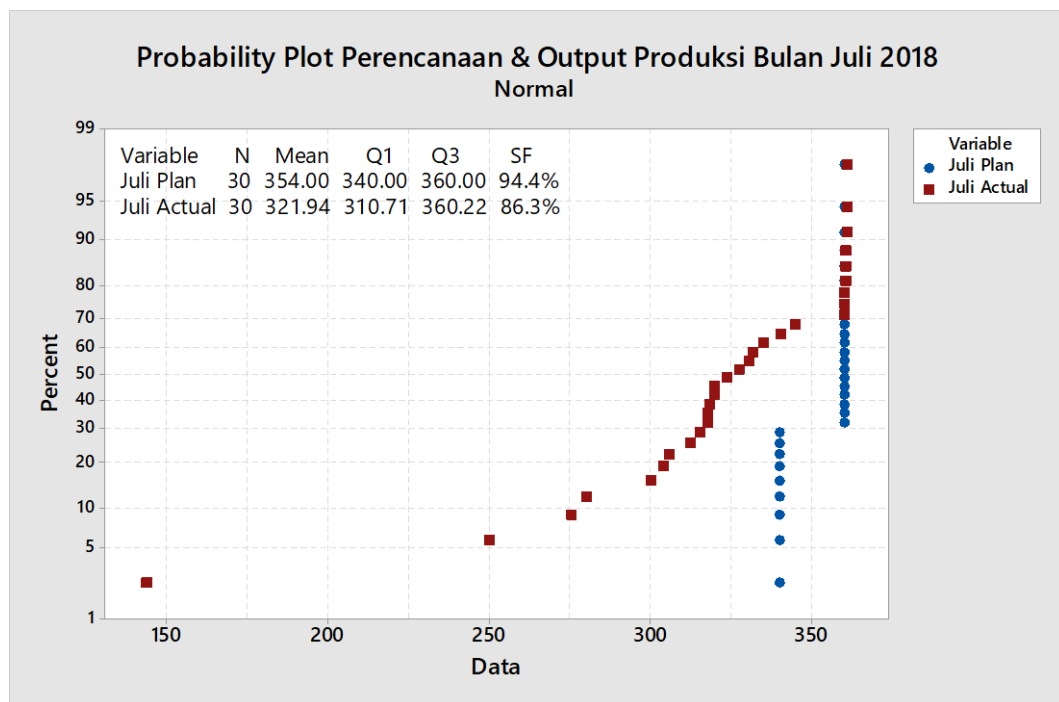
Berdasarkan Gambar 5.28, 5.29, 5.30 dapat dilihat bahwa stabilitas setiap mesin evaporator meningkat dibandingkan sebelumnya yaitu 93.95%, 93.69%, dan 96.35%. Meskipun persentase stabilitas *flow* mesin 2 lebih rendah daripada sebelum



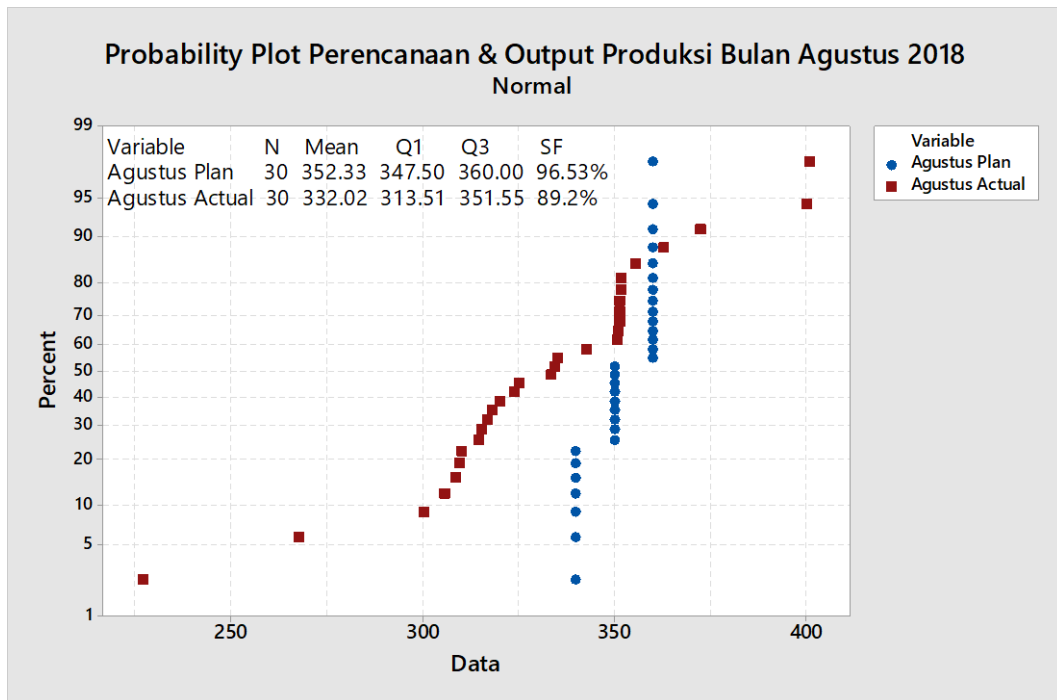
perbaikan (95.64%), tetapi proses ini memiliki kapasitas *flow* yang lebih besar dibandingkan sebelumnya dimana rata – rata sebelum (4.97 M<sup>3</sup>/H) lebih rendah dibandingkan rata – rata sesudah perbaikan yaitu 5.48 M<sup>3</sup>/H. Hal tersebut juga ditunjukkan pada nilai Q1 yang juga lebih tinggi pada setiap uji stabilitas flow masing – masing *evaporator*.

#### 5.2.4.5 Evaluasi Penyimpangan Data *Output* Terhadap Target

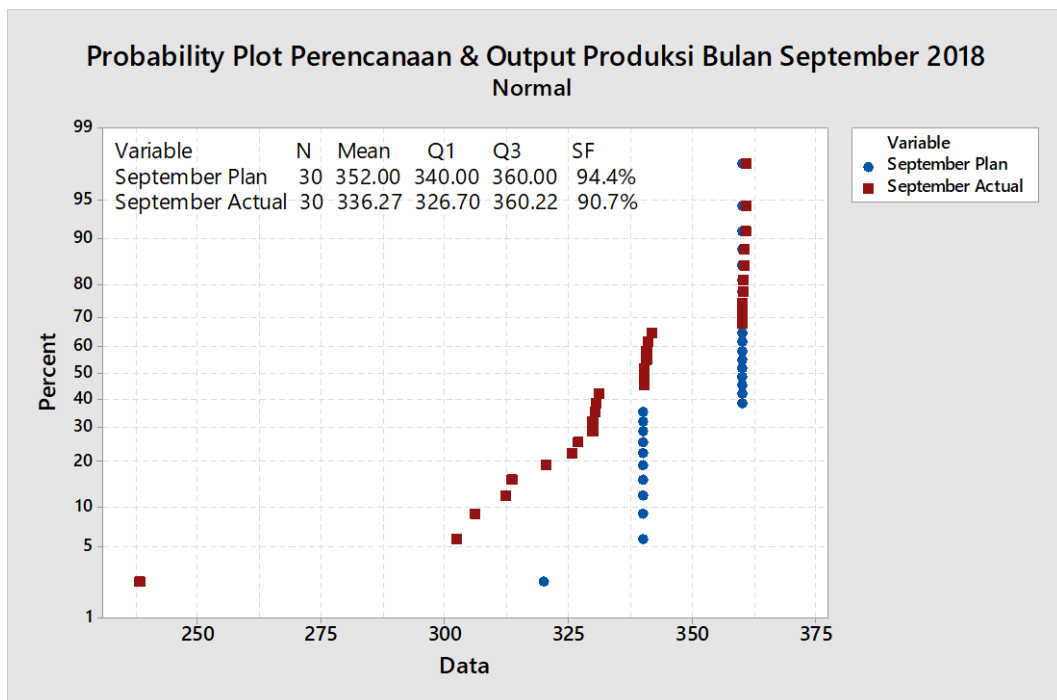
Berdasarkan studi penyimpangan *stability factor* bulanan terhadap *planning factor*, diperoleh bahwa selisihnya adalah 9.4%. Setelah dilakukan perbaikan, *output* harian dievaluasi dalam kurun waktu 3 bulan (Juli 2018 – September 2018). Hasil evaluasi *output* setiap bulan dapat dilihat pada *probability plot* Gambar 5.31, Gambar 5.32, dan Gambar 5.33 dimana data hasil perbaikan dapat dilihat pada Lampiran 24.



**Gambar 5.31** Penyimpangan *Output* Harian Produksi Terhadap Target Harian Bulan Juli 2018 (*Improvement*)



**Gambar 5.32** Penyimpangan *Output* Harian Produksi Terhadap Target Harian  
Bulan Agustus 2018 (*Improvement*)



**Gambar 5.33** Penyimpangan *Output* Harian Produksi Terhadap Target Harian  
Bulan September 2018 (*Improvement*)

Penyimpangan antara *output* harian produksi dengan target harian setiap bulannya adalah sebagai berikut :

1. Juli 2018 →  $94.4\% - 86.3\% = 8.1\%$
2. Agustus 2018 →  $96.5\% - 89.2\% = 7.3\%$
3. September 2018 →  $94.4\% - 90.7\% = 3.7\%$

Hal ini menunjukkan bahwa selisih antara *output* harian dengan targetnya semakin berkurang setiap bulannya. Berarti proses produksi *polyols* semakin mampu memenuhi permintaan *customer*.

#### 5.2.4.6 Rangkuman Evaluasi Perbaikan pada Proses

Implementasi perbaikan dapat berdampak positif terhadap peningkatan kapabilitas parameter – parameter pada proses yang kritikal. Pelaksanaan setiap *action plan list* dapat berjalan dengan baik karena sudah menganalisa resiko – resiko yang mungkin terjadi dalam penerapannya.

Setiap parameter yang kritikal mengalami perbaikan dibandingkan sebelum diterapkan perbaikan. Hal tersebut dapat dilihat pada rangkuman perbandingan kapabilitas pada setiap parameter sebelum dan sesudah dilakukan *improvement* (Tabel 5.9) dibawah ini :

**Tabel 5.9** Rangkuman Perbandingan Kapabilitas Sebelum dan Sesudah *Improvement*

Proses	Parameter	Cpk (Before)	Cpk (After)
<i>Liquefaction</i>	Selisih Tekanan	0.01	0.93
	Temperatur	-0.26	0.57
	PH	0.19	0.62
<i>Saccharification</i>	<i>Iodine</i>	-0.67	-0.19
	DP1	-0.10	0.45
	Temperatur	0.01	0.55
<i>Hydrogenation</i>	Penambahan Nikel	-0.15	-
	Total Waktu Reaksi	0.49	5.36
	<i>Charging</i>	0.11	3.43
	PH	0.21	0.50
<i>Evaporation</i>	<i>Flow</i> Mesin 1	-0.37	1.25
	<i>Flow</i> Mesin 2	0.93	1.51
	<i>Flow</i> Mesin 3	-0.13	1.33

Tabel 5.9 menunjukkan bahwa seluruh parameter kritikal mengalami peningkatan Cpk. Peningkatan Cpk pada parameter total waktu reaksi dan waktu reaksi pada tahap *charging* sangat signifikan, sedangkan kapabilitas parameter penambahan nikel tidak diuji karena setting parameter penambahan nikel setiap *batch* ditetapkan secara konstan yaitu di 5 kg per *batch*. Hal tersebut disebabkan karena dugaan awal bahwa parameter waktu reaksi dan penambahan nikel adalah penyebab utama terjadinya variasi kualitas. Akan tetapi, sebenarnya penyebab utama terjadinya variasi kualitas adalah pada parameter pH.

Parameter yang sudah meningkat kapabilitasnya namun masih cukup rendah adalah parameter *iodine*. Hal ini disebabkan karena hasil kualitas *iodine* masih ditemukan beberapa yang lebih dari batas atas spesifikasi yaitu sebanyak 5% dari 240 data *batch saccharification*.

Peningkatan juga dapat terlihat pada pengujian stabilitas *flow* pada proses *evaporation*. Rangkuman perbandingan stabilitas *flow* dan rata – rata sebelum dan sesudah dilakukan *improvement* dapat dilihat pada Tabel 5.10 dibawah ini :

**Tabel 5.10** Rangkuman Perbandingan Stabilitas dan Rata - rata *Flow* Sebelum dan Sesudah *Improvement*

<i>Evaporation</i>	Indeks <i>Flow</i>	<i>Before</i>	<i>After</i>
Mesin 1	<i>Stability Factor</i> (%)	73.66	93.95
	Rata - rata (M <sup>3</sup> /H)	4.20	5.27
Mesin 2	<i>Stability Factor</i> (%)	95.64	93.69
	Rata - rata (M <sup>3</sup> /H)	4.97	5.48
Mesin 3	<i>Stability Factor</i> (%)	79.66	96.35
	Rata - rata (M <sup>3</sup> /H)	5.71	9.19

Peningkatan signifikan terjadi pada *flow* mesin 1 dimana *stability factor* (SF) naik sebanyak 20.29% dari 73.66%. Meskipun *flow* mesin 2 memiliki SF yang lebih rendah dibandingkan sebelum perbaikan, tetapi proses sesudah perbaikan memiliki rata – rata *flow* yang lebih tinggi (5.48 M<sup>3</sup>/H) dibandingkan proses sebelum perbaikan (4.97 M<sup>3</sup>/H). *Flow* mesin yang memiliki SF tertinggi adalah mesin *evaporator* 3 yaitu 96.35%. Hal ini menguntungkan perusahaan karena mesin

*evaporator 3* adalah mesin *evaporator* dengan kapasitas terbesar. Dengan demikian, semakin stabil *flow* mesin tersebut, maka semakin tinggi *output* yang dihasilkan pada produksi *polyols*.

Penyimpangan *output* harian produksi terhadap *planning* harian menjadi semakin berkurang dari bulan Juli 2018 hingga September 2018. Rangkuman perbandingan antara *baseline* dengan 3 bulan setelah implementasi perbaikan dapat dilihat pada Tabel 5.11 dibawah ini :

**Tabel 5.11** Rangkuman Perbandingan Penyimpangan *Output* Harian Produksi Terhadap Target Harian

Bulan	<i>Stability Factor</i> %	<i>Planning Factor</i> %	Penyimpangan %
<i>Baseline</i>	84.7	94.1	9.4
Juli '18	86.3	94.4	8.1
Agustus '18	89.2	96.5	7.3
September '18	90.7	94.4	3.7

Meskipun *stability factor output* masih belum bisa sama dengan *planning factor*, tetapi peningkatan berkelanjutan (*continuous improvement*) dapat terlihat pada berkurangnya penyimpangan yang terjadi setiap bulannya. Dan bahkan pada bulan September 2018 terjadi peningkatan yang signifikan dimana penyimpangan yang terjadi hanya sebesar 3.7% dibandingkan *baseline* awal sebesar 9.4%.

*Baseline total output* produksi *polyols* adalah rata – rata dari *output* dari bulan Juni 2017 hingga Mei 2018 (periode 1 tahun). Perbaikan (*improvement*) yang diterapkan pada setiap proses yang kritikal terutama pada akar penyebab yang terjadi pada setiap parameter memberikan dampak positif terhadap peningkatan *total output* bulanan produksi *polyols*. Rangkuman perbandingan *output* setiap bulan yang menunjukkan terjadinya peningkatan *output* setiap bulannya dapat dilihat pada Tabel 5.12.

**Tabel 5.12** Rangkuman Perbandingan *Total Output* Setiap Bulan Sebelum dan Sesudah *Improvement*

Periode	Bulan	Output (Ton per bulan)
<i>Baseline</i> (Sebelum Perbaikan)	Juni '17	7374.4
	Juli '17	9076.5
	Agustus '17	8218.9
	September '17	8028.3
	Oktober '17	4798.9
	November '17	8688.0
	Desember '17	9044.0
	Januari '18	9816.8
	Februari '18	8683.0
	Maret '18	7289.3
	April '18	5838.8
	Mei '18	7454.4
<b>Rata - Rata</b>		<b>7859.3</b>
<i>Improvement</i>	Juli '18	9658.2
	Agustus '18	9996.7
	September '18	10088.1

Berdasarkan Tabel 5.12 dapat diketahui bahwa sesudah dilakukan perbaikan (*Improvement*) *total output* terus mengalami peningkatan secara bertahap. Rata – Rata *output* per bulan sebelum perbaikan adalah sebesar 7859.3 ton per bulan, dimana setelah *improvement* setiap bulannya menghasilkan *total output* yang lebih tinggi dari rata – rata per bulan sebelumnya (*baseline*). Dan bahkan, *output* pada bulan Agustus 2018 sudah melebihi dari pencapaian *output* per bulan dalam setahun ke belakang (9816.8 ton pada bulan Januari 2018) yaitu 9996.7 ton. Bulan September 2018 mencapai *total output* tertinggi yaitu 10088.1 ton.

Total rata – rata permintaan *customer* adalah sebesar 10583 ton per bulan dimana rata – rata *total output* produksi *polyols* yang dibutuhkan adalah sebesar 365 ton per hari. Pencapaian *total output* pada bulan September 2018 masih belum dapat memenuhi seluruh permintaan *customer* dimana rata – rata *output* per hari berada pada 348 ton per hari. Meskipun demikian, potensi terjadinya *back order* pada permintaan *customer* dapat diminimalkan dengan *output* yang lebih tinggi dibandingkan sebelum dilakukan *improvement*.

### 5.2.5 Evaluasi Standar Kerja

Perbaikan yang telah diimplementasi dilakukan selama 3 bulan dari bulan Juli 2018 hingga September 2018, dimana pada proses perbaikan tersebut juga dilakukan evaluasi terhadap standar kerja yang ada. Penambahan dan perubahan dilakukan pada beberapa standar kerja yang berkaitan langsung dengan proses – proses yang kritikal.

Penambahan terutama dilakukan pada prosedur penyelesaian masalah, dimana sebelum dilakukan perbaikan tidak ditemukan adanya prosedur untuk menyelesaikan masalah sehingga setiap *operator* atau pelaksana proses melakukan *problem solving* dengan cara yang berbeda – beda. Oleh karena itu, ditambahkan prosedur penyelesaian masalah terutama pada proses – proses yang kritikal dalam produksi *polyols*. Contoh prosedur penyelesaian masalah dapat dilihat pada Lampiran 25.

Perubahan dan penambahan yang telah dilakukan terhadap standar kerja dinilai kembali dalam Tabel 5.13. Berdasarkan Tabel 5.13 dapat dilihat bahwa penilaian *rating* standar kerja meningkat setelah dilakukan perbaikan yaitu 66, dimana dibandingkan dengan sebelum dilakukan perbaikan yang hanya 31 (Tabel 4.3). Secara keseluruhan, setiap elemen dari standar kerja yang ada terjadi peningkatan baik dari dimensi kuantitas, kualitas, maupun penggunaannya.

Tabel 5.13 Penilaian Rating Standar kerja (*Improvement*)

Standar		Dimensi			Total
		Kuantitas	Kualitas	Penggunaan	
Elemen	Standar Kondisi Operasi	3. Serangkaian standar kondisi operasi yang terstruktur, ditentukan berdasarkan masing - masing tipe produk	3. Seluruhnya diupdate secara berkala	3. Kebanyakan digunakan	27
	Standar Prosedur Kerja	3. Setiap bagian dari pabrik memiliki instruksi terstruktur untuk kegiatan yang paling umum	2. Sebagian besar diupdate	2. Hanya digunakan untuk kegiatan yang jarang terjadi	12
	Rencana Pengendalian Operasi	2. Terdapat rencana pengendalian untuk beberapa parameter kualitas produk	2. Sebagian besar diupdate	2. Hanya digunakan untuk kegiatan yang jarang terjadi	8
	Prosedur Penyelesaian Masalah	1. Panduan secara umum, hanya terdapat sejumlah kecil instruksi spesifik berdasarkan masalah yang terjadi sebelumnya	1. Hanya sedikit yang direvisi/tidak direvisi secara berkala	1. Hanya sebagai panduan	1
	Struktur Komunikasi Shift	3. Serah terima pergantian shift terstruktur dengan agenda		3. Diskusi 1 on 1 shift leader dengan operator	9
	Tindak Lanjut Kinerja Shift	3. Tindak lanjut berkala pada berbagai aspek operasi		3. Sebagian besar selesai tepat waktu	9
<b>Total</b>					<b>66</b>



### 5.3 Control

Pada tahap ini dilakukan proses pengendalian terhadap proses produksi *polyols* terutama terhadap proses – proses yang kritikal serta mengidentifikasi setiap manfaat yang diperoleh dari dilakukannya perbaikan (*improvement*) baik dari segi finansial maupun non-finansial.

#### 5.3.1 Kontrol Stabilitas Output

Pengendalian dilakukan dengan penyusunan *control plan* dalam upaya memantau kondisi proses dan memastikan minimnya ketidaksesuaian serta dapat bertindak cepat terhadap munculnya *waste* atau *defect*. Tabel 5.14 merupakan daftar *control plan* yang dilakukan :

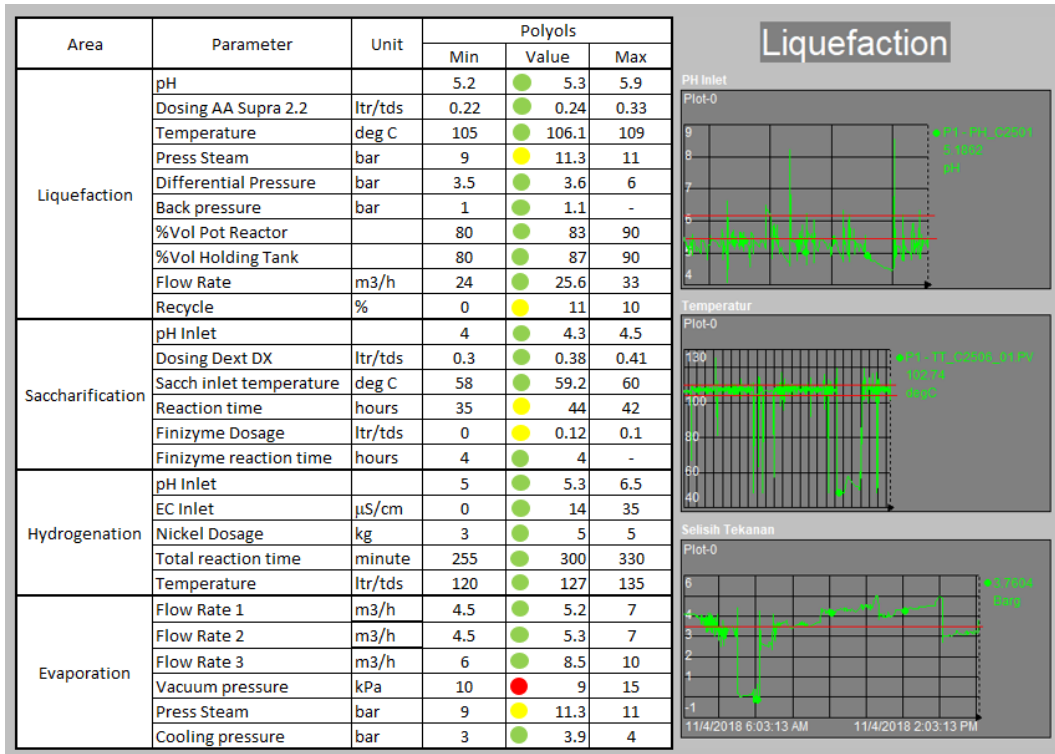
**Tabel 5.14 Control Plan**

No	Aktivitas	PIC
1	Penyusunan <i>standard setting</i> untuk setiap proses berdasarkan <i>massbalance</i>	<i>Engineering</i>
2	Penyediaan <i>dashboard monitor</i> untuk memudahkan kontrol visual	<i>Engineering</i>
3	Penyusunan standar komunikasi antar shift yang terstruktur	<i>Production</i>
4	Penyusunan <i>defect impact prioritization table</i>	<i>Production</i>
5	Pemasangan <i>interlock</i> yang memberikan peringatan terhadap penyimpangan proses	<i>Maintenance</i>

Tim *engineering* bertanggungjawab dalam penyusunan *standard setting* untuk setiap tahap proses dengan berdasarkan pada *massbalance* yang telah disusun. Dengan bantuan *standard setting* tersebut, komunikasi antar bagian proses menjadi lebih terintegrasi dan setiap *operator* dipastikan dapat menjalankan suatu proses sesuai dengan kebutuhan proses sesudahnya.

Selain itu, tim *engineering* bertanggungjawab dalam penyediaan *dashboard monitor* dalam upaya memudahkan kontrol visual (*visual management*) terhadap parameter – parameter yang kritikal. *Dashboard monitor* merupakan perpaduan antara *critical parameter monitoring* dan grafik *control chart* dari parameter yang kritikal pada tiap proses. Hal ini membantu *operator* dalam merespons suatu *defect*

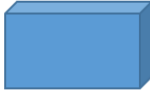
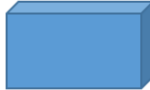



dengan cepat berdasarkan batasan spesifikasi yang telah ditetapkan untuk masing – masing parameter kritikal. Tampilan *dashboard* dapat dilihat pada Gambar 5.34 dibawah ini :



**Gambar 5.34** Contoh Tampilan *Dashboard Monitor*

Tim *production* bertanggungjawab dalam penyusunan standar komunikasi antar shift yang terstruktur yang melibatkan departemen *quality*, *maintenance* dan PPIC setiap shift nya. Standar komunikasi dimulai dari pembahasan tentang *safety*, *food safety*, *quality*, *delivery*, dan *problem solving*. Standar ini ditujukan untuk memastikan bahwa proses dikendalikan secara menyeluruh dan terstruktur sehingga permasalahan dapat tersampaikan dan terselesaikan dengan baik dan sistematis. Standar komunikasi dituangkan dalam suatu papan putih (white board) untuk memudahkan visualisasi yang baik (*visual management*) bagi setiap peserta. Gambar 5.35 adalah tampilan standar komunikasi yang digunakan dan dipasang pada setiap *control room* produksi.

Tanggal : \_\_\_\_\_ Shift : \_\_\_\_\_ **Komunikasi Antar Shift**

Keselamatan	Daftar Masalah	5 Whys					
_____	_____	Issue	1st Why	2nd Why	3rd Why	4th Why	5th Why
_____	_____	→	→	→	→	→	→
_____	_____						
Food Safety 1 2 3 Remarks	Hasil Produksi 1 2 3	Daftar Tindak Lanjut					
Serangga <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Iodine <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Tindak Lanjut	PIC	Deadline	Status		
Fisik <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	DP1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
Biologi <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Final Bx <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
Kimia <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Final PH <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
Daftar Tindak Lanjut	Parameter Kritisal	Grafik Output	Ide Perbaikan	Sosialisasi Keselamatan			
							

**Gambar 5.35** Tampilan Standar Komunikasi

Selain itu, tim *production* bertanggungjawab dalam penyusunan *defect impact prioritization table* untuk membantu proses analisa dan prioritas dalam penyelesaian masalah. Hal ini ditujukan untuk memastikan seluruh tim menyelesaikan permasalahan dari penyebab yang berdampak terbesar terlebih dahulu terhadap proses produksi *polyols*. Pada Lampiran 26 menunjukkan bahwa prioritas suatu permasalahan *defect* dilakukan dengan mempertimbangkan dimensi besarnya dampak dan frekuensi kemunculan, serta pembebanan untuk masing *defect*.

Tim *maintenance* memiliki tanggungjawab dalam pemasangan *interlock* (*interconnection*) yang memberikan peringatan terhadap penyimpangan yang terjadi pada setiap proses yang kritisal. Hal ini dilakukan dengan pemasangan *alarm* (*Andon* → *alert system*) untuk memberikan indikasi awal yang cepat kepada *operator* yang dikombinasikan dengan respon dari sistem secara otomatis sesuai prosedur penanganan masalah yang ada. Hal ini ditujukan untuk menghindari terjadinya ketidaksesuaian tanpa diketahui *operator* dan mengurangi resiko negatif yang muncul seperti produk cacat, mesin rusak, kontaminasi lingkungan, dan lain – lain.

### 5.3.2 Identifikasi Manfaat Perbaikan

Pada tahap ini dilakukan penyusunan daftar manfaat yang diperoleh dengan penerapan *Lean Six Sigma* yang dikuantifikasi dalam bentuk finansial dan juga non-finansial. Manfaat perbaikan secara finansial diidentifikasi pada peluang pasar dan

penghematan pada konsumsi listrik. Berikut ini tabel – tabel perhitungan untuk manfaat finansial dari bulan Juli 2018 hingga September 2018 :

Margin kontribusi	1,200,000 Rp/MT
Budget Indeks Listrik	174.79 kWh/MT
Biaya Listrik	1,150 Rp/kWh

**Tabel 5.15** Perhitungan Manfaat Finansial – Peluang Pasar

<b>Peluang Pasar</b>		
Rata2 <i>Output</i> Bulanan ( <i>Baseline</i> )	7859.3	MT/Bulan
<b>Juli 2018</b>		
<i>Output (Improvement)</i>	9658.2	MT/Bulan
Peluang Pasar yang Diperoleh per Bulan	2,158,680,000	Rp/Bulan
<b>Agustus 2018</b>		
<i>Output (Improvement)</i>	9996.7	MT/Bulan
Peluang Pasar yang Diperoleh per Bulan	2,564,880,000	Rp/Bulan
<b>September 2018</b>		
<i>Output (Improvement)</i>	10088.1	MT/Bulan
Peluang Pasar yang Diperoleh per Bulan	2,674,560,000	Rp/Bulan

**Tabel 5.16** Perhitungan Manfaat Finansial – Penghematan Listrik

<b>Listrik</b>		
<i>Polyols Line</i>	21432.95	kWh/Day
<b>Juli 2018</b>		
Jumlah Hari Produksi	30	Day
<i>Output (Improvement)</i>	9658.2	MT/Bulan
Aktual Indeks Listrik	66.57	kWh/MT
Penghematan Listrik per Bulan	1,201,943,520	Rp/Bulan
<b>Agustus 2018</b>		
Jumlah Hari Produksi	31	Day
<i>Output (Improvement)</i>	9996.7	MT/Bulan
Aktual Indeks Listrik	66.46	kWh/MT
Penghematan Listrik per Bulan	1,245,337,004	Rp/Bulan
<b>September 2018</b>		
Jumlah Hari Produksi	30	Day
<i>Output (Improvement)</i>	10088.1	MT/Bulan
Aktual Indeks Listrik	63.74	kWh/MT
Penghematan Listrik per Bulan	1,288,357,074	Rp/Bulan

**Tabel 5.17** Perhitungan Total Manfaat Finansial

Bulan	Rupiah
Juli 2018	3,360,623,520
Agustus 2018	3,810,217,004
September 2018	3,962,917,074

Manfaat yang diperoleh dari peluang pasar dihitung dengan berdasarkan selisih ton yang dapat dihasilkan per bulan antara *baseline* dengan bulan sesudah *improvement* :

$$\text{Peluang Pasar} = (A - B) \times C$$

Dimana :  $A = \text{Output (Improvement)}$  pada bulan yang bersangkutan

$B = \text{Output (Baseline)}$

$C = \text{margin kontribusi}$

Contoh :

$$\text{Peluang Pasar Juli 2018} = (9658.2 - 7859.3) \times 1,200,000$$

$$\text{Peluang Pasar Juli 2018} = \text{Rp } 2,158,680,000$$

Manfaat yang diperoleh dari penghematan listrik dihitung dengan berdasarkan selisih indeks listrik antara *baseline* dengan bulan sesudah *improvement* yang dikalikan dengan *output* pada bulan yang bersangkutan :

$$\text{Penghematan Listrik} = (X - Y) \times A \times W$$

Dimana :  $X = \text{Budget Indeks Listrik}$

$Y = \text{Aktual Indeks Listrik}$  pada bulan yang bersangkutan

$A = \text{Output (Improvement)}$  pada bulan yang bersangkutan

$W = \text{Biaya Listrik}$

Contoh :

$$\text{Penghematan Listrik Juli 2018} = (9658.2 - 7859.3) \times 1,200,000 \times 1,150$$

$$\text{Penghematan Listrik Juli 2018} = \text{Rp } 1,201,943,520$$

Total manfaat finansial yang diperoleh setiap bulan terus meningkat dimana pada bulan September 2018 mencapai Rp. 3,962,917,074 dimana total manfaat finansial yang diperoleh selama 3 bulan adalah Rp. 11,133,757,598

Manfaat perbaikan secara non-finansial didapatkan oleh berbagai departemen yang berkaitan dengan proses produksi *polyols* sebagai berikut :

1. Fleksibilitas terhadap permintaan *customer* meningkat.
2. Pelayanan lebih cepat hampir 2 hari membuat perusahaan lebih kompetitif (*process time* dari 12.1 hari menjadi 10.8 hari).
3. Tim *sales* memiliki tingkat kepercayaan diri yang lebih tinggi di depan *customer* karena produksi memiliki kredibilitas yang tinggi dalam hal *first pass yield*.
4. Tim *procurement* dan PPIC dapat membuat penjadwalan yang lebih tepat karena konsistensi *output* yang dihasilkan membuat persediaan bahan baku dan bahan penunjang dapat diprediksi lebih jelas.
5. Tidak adanya kekhawatiran seharian dari tim *production (operator/shift leader/supervisor)* mengenai kesesuaian proses produksi *polyols* terhadap permintaan *customer* baik dari segi kualitas maupun kuantitas.
6. Tim *warehouse* dapat menata bahan baku, bahan penunjang, maupun produk akhir secara efisien tanpa mengalami kendala kekurangan lokasi penyimpanan karena adanya produk gagal.
7. QC dapat memperoleh kepercayaan diri yang lebih dalam melepas produk ke *customer* karena peningkatan kredibilitas dari output produksi dan berkurangnya *special release* produk akhir ke *customer*.
8. Mengurangi komplain (penalti dan lain – lain) dari *customer* yang bisa mencapai 2 milyar rupiah terhadap keterlambatan pemenuhan permintaan *customer* atas sejumlah produk.

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini ditarik kesimpulan atas hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisa data, implementasi perbaikan, evaluasi perbaikan, dan kontrol yang telah dilakukan. Bab ini akan menjawab tujuan penelitian dan berisi saran penelitian sehingga diharapkan dapat dilanjutkan untuk penelitian yang akan datang dan dapat memberikan manfaat lebih lanjut.

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. *Baseline data output* harian produksi bulan Juni 2017 – Mei 2018 memiliki *stability factor* sebesar 84.7%, sedangkan permintaan *customer* yang dituangkan dalam perencanaan produksi (target) pada bulan Juni 2017 – Mei 2018 memiliki *planning factor* sebesar 94.1% sehingga *baseline* penyimpangan data *output* terhadap target yang terjadi adalah sebesar 9.4%.
2. Aliran proses produksi *polyols* dianalisa pada *current state value stream mapping* dan diketahui bahwa *net flow* pada proses *liquefaction* (7.4 M<sup>3</sup>DS/H), *saccharification* (6.1 M<sup>3</sup>DS/H), *hydrogenation* (8.9 M<sup>3</sup>DS/H), dan *evaporation* akhir (7.0 M<sup>3</sup>DS/H) memiliki *net flow* yang rendah dan tidak sebanding dengan proses lainnya (rata – rata di 9.4 M<sup>3</sup>DS/H) sehingga tahapan – tahapan proses tersebut kritikal pada produksi *polyols* untuk dilakukan *improvement*. *Future state value stream mapping* menunjukkan bahwa setiap proses memiliki *net flow* yang sama.
3. Penyusunan standar kerja dilakukan terhadap proses produksi meliputi standar kondisi operasi, standar prosedur kerja, rencana pengendalian operasi, prosedur penyelesaian masalah, struktur komunikasi shift, dan tindak lanjut kinerja shift. Standar kondisi operasi mencakup standar parameter dan target pada setiap proses yang kritikal dimana standar tersebut diperoleh dari dokumentasi yang sudah dilakukan oleh perusahaan berdasarkan keputusan yang sudah ditetapkan oleh manajemen.



4. Hasil total penilaian *rating* standar kerja adalah 31 dimana prosedur penyelesaian masalah memiliki penilaian terendah dari keseluruhan standar kerja yang ada yaitu sebesar 0 (nol) karena tidak ditemukan adanya dokumentasi prosedur terkait dan tidak pernah ada pembahasan tentang prosedur tersebut. Setelah penerapan perbaikan diperoleh hasil total penilaian *rating* standar kerja adalah sebesar 66.
5. *Waste* teridentifikasi pada *net flow* yang rendah (*current state* VSM) pada proses *liquefaction*, *saccharification*, *hydrogenation*, dan *evaporation* akhir sehingga proses – proses tersebut menyebabkan *bottleneck* terhadap proses - proses sebelumnya dan meningkatkan probabilitas terjadinya *delay* pemenuhan permintaan *customer*.
6. *Defect* teridentifikasi pada rendahnya kualitas (*current state* VSM) pada proses *liquefaction*, *saccharification*, dan *hydrogenation* dimana kualitas proses *saccharification* memiliki persentase kualitas paling rendah yaitu 58% sehingga hampir sebagian hasil proses tersebut di proses ulang.
7. Pengujian kapabilitas pada parameter di tiap proses kritikal menunjukkan bahwa nilai indeks kapabilitas (Cpk) setelah penerapan perbaikan lebih tinggi dibandingkan sebelum penerapan perbaikan dengan rata – rata peningkatan Cpk sebesar 1.32.
8. Pengujian stabilitas *flow* pada proses *evaporation* menunjukkan bahwa *stability factor* dan rata – rata *flow* setelah penerapan perbaikan lebih tinggi dibandingkan sebelum penerapan perbaikan dimana *stability factor* rata – rata meningkat sebesar 11.68% dan *flow* meningkat sebesar 1.69 M3/H.
9. Untuk memperbaiki *defect* dan mengurangi / menghilangkan *waste* yang sudah diidentifikasi, diterapkan 8 (delapan) aktivitas perbaikan yang disusun ke dalam *action plan list*. Aktivitas – aktivitas perbaikan tersebut dianalisa risikonya pada *risk assessment matrix* dan disusun rencana mitigasinya (*mitigation plan*) sehingga setiap kemungkinan resiko yang muncul berada pada tingkat *low* dan *moderate*.
10. Hasil penerapan perbaikan pada proses kritikal menunjukkan bahwa penyimpangan *stability factor* pada *output* harian produksi terhadap *planning factor* semakin berkurang dari bulan Juli 2018 hingga September

2018 dibandingkan dengan *baseline* penyimpangan dimana penyimpangan pada *baseline* sebesar 9.4% dan pada bulan September 2018 berkurang menjadi sebesar 3.7%.

11. Kontrol stabilitas *output* produksi dilakukan dengan menyusun 5 aktivitas dalam suatu *control plan* yang penanggungjawabnya diserahkan pada tim *engineering, production* dan *maintenance*.
12. Total *output* per bulan meningkat dibandingkan sebelum penerapan perbaikan. Total *output* meningkat mulai bulan Juli 2018 hingga September 2018 dibandingkan sebelum perbaikan dimana rata – rata *output* pada *baseline* sebesar 7859.3 ton per bulan dan meningkat pada bulan September 2018 sebesar 10088.1 ton.
13. Manfaat perbaikan secara finansial yang diperoleh pada bulan September 2018 mencapai Rp. 3,962,917,074. Selain itu, manfaat perbaikan secara non-finansial didapatkan oleh berbagai departemen yang berkaitan dengan proses produksi *polyols*.

## 6.2 Saran

Berdasarkan analisis dan *sharing* pemikiran dengan tim *production, maintenance, PPIC, dan engineering*, ada beberapa saran yang dapat dilakukan kedepannya supaya lebih baik lagi sebagai berikut :

1. Hasil total penilaian standar kerja masih bisa ditingkatkan lagi sehingga penelitian kedepannya dengan fokus pada peningkatan standar kerja dapat membantu perbaikan proses dari segi manusia, metode dan pengukurannya.
2. Pencapaian hasil rata – rata *output* harian tertinggi pada bulan September 2018 yaitu sebesar 347.9 ton per hari dimana masih ada peluang penerapan *continuous improvement* berikutnya karena *future state value stream mapping* menunjukkan bahwa proses dapat menghasilkan *output* sebesar 417 ton per hari dan rata – rata permintaan *customer* sebesar 365 ton per hari.
3. Hasil pengujian kapabilitas proses menunjukkan bahwa beberapa proses masih bisa di tingkatkan kembali mendekati 6 sigma ( $Cpk = 2$ ).
4. Perbaikan proses berikutnya dapat dimulai dengan *review critical parameter range* (UCL dan LCL) dengan berdasarkan hasil *output* masing

- masing proses sehingga hasil pengujian kapabilitas proses menjadi lebih baik lagi.
5. Hasil pengujian stabilitas *flow* proses *evaporation* setelah penerapan perbaikan menunjukkan bahwa proses masih bisa ditingkatkan kembali baik dari rata – rata *flow* untuk mendekati batas atas spesifikasi dan *stability factor* masing – masing mesin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Besseris, G. (2014). Multi-factorial Lean Six Sigma Product Optimization for Quality, Leanness and Safety: A Case Study in Food Product Improvement. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 5 Issue: 3, Pp. 253-278.
- BINUS UNIVERSITY. (2018). Langkah – Langkah Dalam Proses Manajemen Risiko.  
Reference (<https://sis.binus.ac.id/2017/12/18/langkah-langkah-dalam-proses-manajemen-risiko/> diakses pada 24 April 2018)
- Carroll, C. T. (2013). Six Sigma For Powerful Improvement A Green Belt DMAIC Training System with Software Tools and a 25-Lesson Course. International Standard Book Number-13: 978-1-4665-6470-1
- Dahlgaard, J. J., & Dahlgaard-Park, S. M. (2006). Lean Production, Six Sigma Quality, TQM and Company Culture. *The TQM Magazine*, Vol. 18 No. 3, Pp 263-281.
- Dictio. (2018). Risk Matrix.  
Reference (<https://www.dictio.id/t/apa-yang-dimaksud-dengan-matriks-risiko-atau-risk-matrix/15041> diakses pada 24 April 2018)
- Gershon, M. (2018). Choosing Which Process Improvement Methodology to Implement.
- Ilmu Manajemen Industri. (2016).  
Reference (<https://ilmumanajemenindustri.com/pengertian-7-waste-dalam-lean-manufacturing/> diakses pada 01 April 2018)
- Kiran, D. R. (2017). Total Quality Management Key Concepts and Case Studies. Pages 347 – 361.
- Magar, V. M., & Shinde, Dr. V. B. (2014). Application of 7 Quality Control (QC) Tools for Continuous Improvement of Manufacturing Processes. *International Journal of Engineering Research and General Science*, Vol. 2.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). Value-Stream Mapping to Create Value and

Eliminate Muda.

Sarwono, J. (2006). Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. Graha Ilmu.

Vorne. (2018). Top 25 Lean Tools.

Reference (<https://www.leanproduction.com/top-25-lean-tools.html>  
diakses pada 01 April 2018)

Weigel, A. L. (2000). A Book Review: Lean Thinking by Womack and Jones.

Wikipedia. (2018). Risk Assessment.

Reference ([https://en.wikipedia.org/wiki/Risk\\_assessment](https://en.wikipedia.org/wiki/Risk_assessment) diakses  
pada 24 April 2018)

Wikipedia. (2018). Risk Matrix.

Reference ([https://en.wikipedia.org/wiki/Risk\\_matrix](https://en.wikipedia.org/wiki/Risk_matrix) diakses pada  
24 April 2018)

### **Lampiran 1 Hasil *Brainstorming***

Topik : Brainstorming Permasalahan Penyebab Rendahnya Output Plant Polyols

Hari/Tanggal : Jumat / 31 Mei 2018

Waktu : 13.30 – 15.30

Peserta :

<b>Hasil Diskusi Permasalahan</b>	<b>Solusi</b>	<b>PIC</b>	<b>Deadline</b>
Banyak kerusakan pada valve autoclave	1. Analisa penyebab seringnya kerusakan pada valve	Maintenance	15 Juni 2018
	2. Review kembali faktor keandalan dari tipe - tipe valve yang digunakan	Maintenance	29 Juni 2018
Terjadi listrik padam dari PLN	1. Koordinasi dengan maintenance team untuk kepastian pasokan listrik	Production	8 Juni 2018
	2. Mencari alternatif pasokan listrik cadangan	Maintenance	31 Agustus 2018
	3. Mencoba minta jaminan pasokan listrik dari PLN secara tertulis	Maintenance	22 Juni 2018
Supply hidrogen tidak normal	1. Diskusi dengan utility team tentang permasalahan mesin yang dialami hydrogen plant	Maintenance	11 Juni 2018
	2. Review kembali jadwal pemakaian hydrogen supaya tidak ada pemakaian bersamaan	Production	15 Juni 2018
WWT collapse	1. Memastikan plant shutdown dilakukan dengan benar supaya tidak berdampak terhadap kondisi mesin	Production	13 Juli 2018
	2. Memantau pH buangan ke arah WWT agar selalu stabil	Production	8 Juni 2018
	3. Melakukan pemantauan berkala terhadap kebocoran tangki atau pipa supaya dapat melakukan tindakan penanganan dengan cepat	Production	4 Juni 2018
WIP untuk proses hidrogenasi sering terlambat	1. Review parameter proses produksi pada tahapan proses sebelumnya	Production	22 Juni 2018
	2. Mengevaluasi kerusakan - kerusakan mesin yang terjadi	Maintenance	31 Juli 2018
	3. Koordinasi dengan maintenance team tentang prioritas perbaikan di setiap plant	Production	8 Juni 2018

## Lampiran 2 Hasil Temuan Observasi (Pengamatan) Langsung

Tanggal : 3 Mei 2018  
Waktu : 09.00 – 12.00  
Pelaksana : Ivan Partana

Area	Temuan
Slurrification	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Kecepatan penambahan starch tidak sebanding dengan penambahan air sehingga konsentrasi tidak stabil</li><li>2. Konsentrasi yang tidak stabil menyebabkan proses recycle secara otomatis hingga tercapai konsentrasi yang diharapkan</li><li>3. Pompa transfer ke proses berikutnya sering tidak dapat memenuhi kebutuhan proses liquefaction</li><li>4. Sopir yang memindahkan mobil pengangkut starch tidak selalu standby sehingga ketika 1 mobil sudah selesai dibongkar, maka operator harus menunggu sopir untuk menyiapkan mobil berikutnya</li></ol>
Liquefaction	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Pompa dosing enzim sering buntu karena kotoran dari material enzim sehingga beberapa kali proses harus stop untuk membersihkannya</li><li>2. Supply steam sering tidak stabil</li><li>3. Terdapat kebocoran jalur pada proses karena reaksi panas dan pH</li><li>4. Kualitas produk terganggu karena operator sering membuka manhole tangki</li><li>5. Proses pemasakan merupakan bagian terpenting tetapi kualitas yang dihasilkan tidak stabil sehingga hasilnya harus diproses ulang ke slurrification</li></ol>

## Lampiran 2 (Lanjutan) Hasil Temuan Observasi (Pengamatan) Langsung

Tanggal : 3 Mei 2018  
Waktu : 13.00 – 16.00  
Pelaksana : Ivan Partana

Saccharification	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Enzim perlu dimasukkan secara manual oleh operator sedangkan operator tidak bisa selalu siap untuk langsung menambahkan ketika saccharification siap</li><li>2. Reaksi saccharification tidak selalu menghasilkan kualitas yang sama sesuai harapan meskipun direaksikan dengan kondisi yang sama (temp dan pH) dan dosing enzim yang sama pula sehingga operator harus mengecek kualitas nya secara berkala untuk memastikan proses penghentian reaksi tepat pada waktunya dengan kualitas sesuai harapan</li><li>3. Pipa pendingin untuk menurunkan temperature produk sering mengalami kerusakan sehingga proses terhenti untuk menunggu perbaikan</li></ol>
Filtration	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Proses cenderung lebih stabil dibandingkan proses-proses sebelumnya lainnya</li><li>2. Operator sering tidak memperhatikan volume tampungan dextrose sehingga sering tumpah</li><li>3. Busa sering muncul ketika menjalankan proses dengan bahan corn starch sehingga operator perlu menjaga kecepatan proses untuk mengimbangi kemunculan busa yang berlebih</li></ol>
Purification	Sejauh ini tidak ada kendala yang menyebabkan aliran proses dan kualitas nya terganggu
Evaporation	Sejauh ini tidak ada kendala yang menyebabkan aliran proses dan kualitas nya terganggu
Crystalization	Sejauh ini tidak ada kendala yang menyebabkan aliran proses dan kualitas nya terganggu
Separation	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Sensor pemotongan kristal sering bermasalah sehingga mesin tidak dapat melakukan siklus proses secara otomatis</li></ol>



## Lampiran 2 (Lanjutan) Hasil Temuan Observasi (Pengamatan) Langsung

Tanggal : 4 Mei 2018  
Waktu : 09.00 – 12.00  
Pelaksana : Ivan Partana

Hydrogenation	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Feed material sering dipaksakan untuk digunakan supaya proses tetap kontinu meskipun kualitasnya tidak sesuai spesifikasi sehingga waktu reaksi diperpanjang dan katalis yang digunakan lebih banyak supaya proses hidrogenasi tetap dapat terjadi</li><li>2. Operator tidak memiliki standar penambahan HCl ataupun NaOH ke bahan hidrogenasi sehingga pH yang diperoleh tidak stabil</li><li>3. Nickel yang ditambahkan tidak memiliki standar volume tertentu sehingga operator hanya menggunakan asumsi penambahan yang dilakukan sudah benar</li><li>4. Mechanical seal sering bocor pada beberapa autoclave sehingga proses untuk lini tersebut harus dihentikan untuk perbaikan</li></ol>
Sedimentation	Sejauh ini tidak ada kendala yang menyebabkan aliran proses dan kualitas nya terganggu
Magnetic filtration	Sejauh ini tidak ada kendala yang menyebabkan aliran proses dan kualitas nya terganggu
Filtration	Sejauh ini tidak ada kendala yang menyebabkan aliran proses dan kualitas nya terganggu
Purification	Proses regenerasi tidak selalu sempurna karena HCl dan NaOH yang digunakan dari utility tidak stabil pasokannya
Evaporation	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Proses penguapan kurang sempurna sehingga proses harus diperlambat untuk memastikan kualitas hasil penguapan memiliki konsentrasi sesuai harapan</li><li>2. Terdapat kebocoran produk pada bagian plate stage terakhir</li></ol>

### Lampiran 3 Data *Liquefaction*

Data Ke	D Press (bar)	Temp (°C)	pH	Data Ke	D Press (bar)	Temp (°C)	pH	Data Ke	D Press (bar)	Temp (°C)	pH
	Min : 3.5 Target : 4.5 Max : 6	Min : 105 Target : 107 Max : 109	Min : 5.2 Target : 5.5 Max : 5.9		Min : 3.5 Target : 4.5 Max : 6	Min : 105 Target : 107 Max : 109	Min : 5.2 Target : 5.5 Max : 5.9		Min : 3.5 Target : 4.5 Max : 6	Min : 105 Target : 107 Max : 109	Min : 5.2 Target : 5.5 Max : 5.9
1	4.16	108.72	5.21	17	0.04	106.60	6.77	33	5.01	107.80	5.16
2	2.49	108.69	5.15	18	0.14	106.64	6.77	34	6.51	108.48	5.27
3	0.15	106.04	5.48	19	0.11	106.65	6.38	35	6.70	108.49	5.30
4	3.69	109.15	5.23	20	0.12	85.17	4.49	36	6.74	108.02	5.32
5	2.78	110.13	5.03	21	7.70	108.19	5.24	37	5.82	108.64	5.31
6	0.23	106.95	6.01	22	6.98	108.75	5.24	38	5.79	107.80	4.64
7	0.16	107.08	5.86	23	7.01	107.75	5.30	39	5.78	108.07	5.22
8	0.18	103.75	5.83	24	6.33	107.31	5.30	40	4.72	107.36	5.14
9	0.11	107.00	5.92	25	6.40	108.56	5.30	41	5.38	109.32	5.15
10	0.04	107.04	6.04	26	5.86	107.47	5.68	42	7.94	109.42	5.17
11	0.08	106.48	6.16	27	5.49	108.15	5.43	43	7.89	108.41	5.21
12	0.10	106.54	6.09	28	5.51	108.76	5.28	44	7.37	109.04	5.20
13	0.09	106.75	6.26	29	5.31	108.97	5.52	45	7.84	108.95	5.24
14	0.08	104.56	6.36	30	5.17	109.25	5.04	46	7.78	107.14	5.08
15	0.09	104.52	6.34	31	5.12	107.58	5.08	47	7.74	107.53	5.32
16	0.05	106.02	6.47	32	5.23	108.50	4.97	48	7.97	108.85	5.55

### Lampiran 4 Data *Saccharification*

Data Ke-	Iodine (M)	DP1	Data Ke-	Iodine (M)	DP1	Data Ke-	Iodine (M)	DP1	Data Ke-	Iodine (M)	DP1	Data Ke-	Iodine (M)	DP1	Data Ke-	Iodine (M)	DP1
1	7	95.2	22	3	96.66	43	3	95.06	64	3	95.16	85	3	96.51	106	3	94.35
2	7	96.29	23	4	96.31	44	3	95.62	65	3	95.73	86	3	93.57	107	3	96.13
3	7	97.15	24	4	95.83	45	3	94.32	66	3	95.75	87	3	92.72	108	3	95.35
4	6	94.77	25	3	94.64	46	3	93.8	67	3	96.04	88	3	96.32	109	3	95.24
5	6	95.22	26	3	95.32	47	3	94.9	68	3	95.66	89	3	95.73	110	3	95.15
6	6	95.79	27	3	94.07	48	3	91.92	69	3	94.76	90	3	97.5	111	3	95.3
7	4	97.53	28	3	95.58	49	3	95.16	70	3	94.8	91	3	97.71	112	3	95.78
8	4	94.44	29	3	94.19	50	3	95.15	71	3	95.14	92	3	95.27	113	3	95.2
9	4	96.06	30	3	94.84	51	3	94.45	72	3	96.12	93	3	94.84	114	3	93.13
10	4	96.39	31	3	95.13	52	3	95.32	73	3	95.41	94	3	94.22	115	3	96.46
11	3	88.4	32	3	95.1	53	3	94.92	74	3	95.47	95	3	97.61	116	3	93.33
12	3	96.5	33	3	95.99	54	3	90.02	75	3	95.3	96	3	98.27	117	3	95.9
13	5	96.22	34	3	93.25	55	3	94.2	76	3	96.28	97	3	96.57	118	3	94.97
14	10	96.5	35	3	95.1	56	3	95.84	77	3	96.64	98	3	97.03	119	3	96.85
15	3	97.47	36	3	93.62	57	3	94.65	78	3	96.52	99	3	96.58	120	3	95.22
16	3	96.55	37	3	94.59	58	3	93.89	79	3	96.36	100	3	96.89	121	3	95.03
17	3	95.46	38	3	96.3	59	3	95.48	80	3	94.94	101	3	94.81	122	3	95.95
18	3	95.32	39	3	84.66	60	3	92.86	81	3	96.56	102	3	96.44	123	3	95.23
19	3	96.67	40	3	69.17	61	3	94.94	82	3	94.94	103	3	96.39	124	3	95.04
20	3	96.17	41	3	71.94	62	3	92.87	83	3	95.83	104	3	96.34	125	3	96.14
21	3	96.47	42	3	96.89	63	3	94.97	84	3	93.83	105	3	95.45	126	3	96.35

### Lampiran 4 (Lanjutan) Data Saccharification

Data Ke-	Iodine (M)	DP1	Data Ke-	Iodine (M)	DP1	Data Ke-	Iodine (M)	DP1	Data Ke-	Iodine (M)	DP1	Data Ke-	Iodine (M)	DP1	Data Ke-	Iodine (M)	DP1
127	3	95.42	148	3	95.68	169	3	90.61	190	3	94.85	211	3	96.29	232	3	90.27
128	3	95.15	149	3	96.32	170	3	95.86	191	3	95.75	212	3	95.54	233	3	95.33
129	3	95.35	150	3	95.58	171	3	95.55	192	3	95.17	213	3	95.96	234	3	94.72
130	3	95.71	151	3	94.79	172	3	96.21	193	3	95.06	214	3	94.9	235	3	95.79
131	3	94.23	152	3	96.21	173	3	94.16	194	3	94.23	215	3	95.79	236	3	97.33
132	3	92.49	153	3	95.86	174	3	95.64	195	3	96.08	216	3	95.48	237	3	95.99
133	3	95.02	154	3	98.96	175	3	95.41	196	3	95.58	217	3	95.83	238	3	94.17
134	3	93.22	155	3	94.75	176	3	94.43	197	3	94.6	218	3	95.83	239	3	96.05
135	3	93.53	156	3	95.16	177	3	93.56	198	3	94.5	219	3	94.7	240	3	96.11
136	3	89.75	157	3	95.23	178	3	94.95	199	3	95.56	220	3	96.23			
137	3	95.61	158	3	95.16	179	3	96.11	200	3	94.01	221	3	96.43			
138	3	95.63	159	3	94.94	180	3	69.96	201	3	85.95	222	3	97.23			
139	3	95.04	160	3	95.27	181	3	95.99	202	3	95.07	223	3	95.17			
140	3	92.27	161	3	95.12	182	3	95.33	203	3	94.76	224	3	94.36			
141	3	94.1	162	3	95.45	183	3	96.05	204	3	94.94	225	3	95.52			
142	3	96.1	163	3	94.57	184	3	95.5	205	3	94.17	226	3	94.4			
143	3	93.94	164	3	95.73	185	3	96.81	206	3	96.42	227	3	95.35			
144	3	95.37	165	3	87.94	186	3	95.74	207	3	96.56	228	3	94.7			
145	3	93.67	166	3	42.25	187	3	93.97	208	3	94.98	229	3	86.23			
146	3	94.7	167	3	94.43	188	3	85.44	209	3	94.39	230	3	95.33			
147	3	94.65	168	3	42.07	189	3	94.92	210	3	95.57	231	3	96.65			

### **Lampiran 5 Data *Hydrogenation***

Data Ke-	Nickel Dosage	Total Reaction Time	Data Ke-	Nickel Dosage	Total Reaction Time	Data Ke-	Nickel Dosage	Total Reaction Time	Data Ke-	Nickel Dosage	Total Reaction Time	Data Ke-	Nickel Dosage	Total Reaction Time
1	5	330	22	3	315	43	6	305	64	4	305	85	3	295
2	5	330	23	3	315	44	4	305	65	6	295	86	3	310
3	5	330	24	4	315	45	4	305	66	6	365	87	3	300
4	7	325	25	4	325	46	3	345	67	8	325	88	6	300
5	7	325	26	6	355	47	6	310	68	5	325	89	6	300
6	8	315	27	3	300	48	5	300	69	6	325	90	5	300
7	7	330	28	6	300	49	3	295	70	6	315	91	3	300
8	8	345	29	3	310	50	5	305	71	6	320	92	4	300
9	7	355	30	5	305	51	6	300	72	8	330	93	4	300
10	5	345	31	8	325	52	6	340	73	7	315	94	3	300
11	6	315	32	8	325	53	5	300	74	8	330	95	5	310
12	6	315	33	6	325	54	5	300	75	8	320	96	4	300
13	6	325	34	5	315	55	5	300	76	7	320	97	5	300
14	6	335	35	8	405	56	4	305	77	8	325	98	5	310
15	6	330	36	5	325	57	6	300	78	5	330	99	4	300
16	3	375	37	8	325	58	5	355	79	8	330	100	3	295
17	5	305	38	6	325	59	3	305	80	5	330	101	4	295
18	5	300	39	8	320	60	6	300	81	7	330	102	4	310
19	6	325	40	4	310	61	4	300	82	5	330	103	5	300
20	6	300	41	6	305	62	3	305	83	7	320	104	4	295
21	4	315	42	5	295	63	4	300	84	5	330	105	5	300

**Lampiran 5 (Lanjutan) Data *Hydrogenation***

Data Ke-	Nickel Dosage	Total Reaction Time	Data Ke-	Nickel Dosage	Total Reaction Time
106	5	300	127	7	330
107	4	310	128	6	320
108	5	300	129	6	330
109	3	300	130	6	330
110	6	330	131	5	315
111	7	320	132	8	315
112	6	330	133	8	315
113	6	320	134	7	315
114	7	320	135	6	325
115	5	330	136	7	330
116	7	330	137	8	315
117	8	330	138	5	295
118	5	315	139	3	295
119	7	315	140	5	300
120	6	320	141	6	295
121	8	320	142	6	295
122	8	315	143	5	300
123	6	320	144	5	295
124	5	320	145	5	300
125	6	330	146	4	295
126	7	320	147	5	300

### Lampiran 6 Data *Evaporation*

Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
1	4.0	5.4	9.5	22	4.0	5.3	6.1	43	3.5	5.2	7.9	64	4.8	5.2	5.5	85	5.0	5.0	2.7
2	4.0	5.4	9.1	23	4.0	5.3	6.3	44	3.5	5.2	4.5	65	3.9	5.2	5.7	86	5.0	5.0	6.2
3	4.0	5.3	8.0	24	4.0	5.3	5.6	45	3.5	5.2	5.8	66	3.9	5.2	4.7	87	5.0	5.0	5.6
4	4.1	5.3	7.5	25	4.0	5.3	7.6	46	3.5	5.2	5.6	67	3.9	5.2	5.5	88	5.0	5.1	7.1
5	4.1	5.3	8.0	26	4.0	5.3	6.8	47	3.5	5.2	6.4	68	3.8	5.3	4.1	89	5.0	5.1	6.4
6	4.1	5.2	5.5	27	4.0	5.3	6.9	48	3.5	5.2	8.3	69	3.5	5.3	4.7	90	5.0	5.1	6.0
7	4.1	5.2	5.7	28	3.9	5.3	5.4	49	3.5	5.2	6.1	70	3.5	5.3	5.6	91	5.0	5.1	7.3
8	4.9	5.1	0.9	29	3.8	5.3	5.6	50	3.5	5.2	5.9	71	3.5	5.3	4.9	92	5.0	5.2	6.4
9	6.8	5.1	4.9	30	1.1	5.3	7.0	51	3.5	5.2	7.0	72	3.5	5.3	5.4	93	5.1	5.2	7.6
10	4.1	5.0	5.1	31	3.5	5.3	8.2	52	3.5	5.1	5.8	73	3.5	5.3	4.9	94	3.3	5.2	4.2
11	4.1	4.9	5.2	32	3.5	5.2	7.1	53	3.5	2.9	5.6	74	3.5	5.2	4.9	95	1.1	5.3	4.9
12	4.1	2.8	4.6	33	3.6	5.2	5.5	54	3.5	5.3	6.8	75	3.5	5.2	5.6	96	1.1	5.4	4.9
13	4.0	3.0	5.0	34	4.1	5.1	7.5	55	3.5	5.2	5.3	76	3.5	5.2	4.1	97	1.5	5.4	5.3
14	4.0	5.2	5.4	35	5.0	5.1	7.8	56	3.5	5.2	5.1	77	3.5	5.2	4.9	98	4.5	5.3	5.7
15	4.0	5.2	4.8	36	4.0	5.1	5.0	57	3.6	5.2	6.5	78	3.5	5.2	4.4	99	4.6	5.3	6.8
16	4.0	5.2	4.9	37	3.9	5.2	4.8	58	3.7	5.2	4.6	79	3.6	5.2	4.7	100	4.5	5.2	7.2
17	4.0	5.2	5.0	38	3.6	5.2	5.1	59	4.0	5.2	4.7	80	3.6	5.2	5.7	101	4.5	5.2	6.4
18	4.0	5.3	4.9	39	4.4	5.2	5.2	60	3.9	5.2	4.8	81	3.6	5.1	5.7	102	4.6	5.2	6.6
19	4.0	5.3	5.0	40	4.0	5.2	8.0	61	3.6	5.2	5.5	82	4.0	5.1	2.8	103	4.6	5.1	6.3
20	4.0	5.3	5.1	41	3.5	5.2	6.3	62	3.7	5.2	5.7	83	5.0	5.1	3.3	104	4.6	5.1	6.1
21	4.0	5.3	5.0	42	3.5	5.2	5.7	63	3.6	5.2	5.5	84	5.0	5.0	0.1	105	4.6	5.0	6.1

### Lampiran 6 (Lanjutan) Data *Evaporation*

Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
106	4.7	5.0	5.1	127	3.9	2.9	5.6	148	5.0	5.6	6.8	169	5.0	5.4	5.3
107	5.5	5.0	5.8	128	3.9	2.9	5.1	149	5.1	5.5	5.2	170	5.0	5.4	5.2
108	5.6	4.9	6.8	129	4.0	2.9	5.5	150	5.1	5.4	6.6	171	5.0	5.3	5.3
109	5.5	4.9	5.4	130	1.2	3.0	5.2	151	5.0	5.3	5.0	172	5.0	5.3	5.5
110	4.3	4.9	6.5	131	1.2	3.0	5.3	152	5.0	2.9	5.0	173	5.0	5.3	5.1
111	4.7	4.9	5.0	132	5.0	5.3	5.2	153	5.0	2.9	4.7	174	5.0	5.3	5.1
112	4.4	4.9	6.6	133	5.0	5.2	5.3	154	5.0	3.0	4.9	175	5.0	5.3	5.1
113	4.0	4.8	6.4	134	4.9	5.2	2.2	155	5.0	5.0	6.3	176	5.0	5.3	5.0
114	4.9	2.9	7.9	135	4.0	5.1	5.1	156	5.0	5.1	6.4	177	5.1	5.3	5.4
115	4.9	2.9	7.1	136	4.1	5.1	5.7	157	5.0	5.2	6.2	178	5.1	5.2	5.4
116	4.9	2.9	7.0	137	4.0	5.1	6.0	158	4.9	5.2	6.3	179	5.4	5.2	5.2
117	4.9	3.0	6.9	138	4.0	5.0	5.7	159	4.9	5.3	6.5	180	4.0	5.2	5.3
118	3.3	3.0	6.8	139	3.9	5.0	5.8	160	4.9	5.4	6.2	181	5.9	5.2	5.3
119	4.9	5.2	4.9	140	3.9	4.9	5.3	161	4.9	5.4	5.4	182	3.6	5.2	5.2
120	3.8	5.2	5.2	141	4.0	4.8	4.8	162	4.9	5.5	6.3				
121	3.9	5.2	6.1	142	4.0	4.7	5.2	163	5.0	5.5	6.3				
122	3.9	5.1	3.1	143	3.9	6.5	5.3	164	5.0	5.6	5.9				
123	4.8	5.0	7.5	144	3.9	6.0	5.7	165	5.0	5.5	6.1				
124	4.9	4.9	7.4	145	3.8	5.9	5.7	166	5.1	3.0	5.2				
125	4.8	2.8	7.5	146	5.0	5.8	6.3	167	5.1	3.1	5.4				
126	4.0	2.9	7.6	147	4.9	5.7	7.1	168	5.1	5.4	5.2				



### Lampiran 7 Data Perencanaan dan *Output* Harian Produksi

Tanggal	Juni 17		Juli 17		Agustus 17		September 17		Oktober 17		November 17	
	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual
1	330.0	310.7	340.0	133.5	320.0	197.1	320.0	273.5	320.0	277.0	320.0	286.0
2	330.0	320.6	340.0	19.4	320.0	300.9	320.0	264.9	320.0	233.1	320.0	324.0
3	330.0	342.2	340.0	223.9	320.0	300.7	320.0	117.8	320.0	219.5	320.0	264.0
4	330.0	318.7	340.0	350.1	320.0	270.4	320.0	280.1	320.0	268.9	320.0	302.0
5	330.0	327.7	340.0	318.9	320.0	290.5	320.0	283.5	0.0	0.0	320.0	304.0
6	330.0	302.0	340.0	350.5	320.0	266.0	320.0	291.0	0.0	0.0	320.0	262.0
7	330.0	255.3	340.0	340.4	320.0	220.6	320.0	190.0	0.0	0.0	320.0	297.0
8	0.0	0.0	340.0	350.0	320.0	290.2	320.0	249.3	0.0	0.0	320.0	274.0
9	330.0	171.7	340.0	350.0	320.0	226.9	320.0	280.5	0.0	0.0	320.0	253.0
10	340.0	253.3	340.0	357.0	320.0	265.4	320.0	285.8	0.0	0.0	320.0	268.0
11	340.0	232.1	340.0	308.9	320.0	290.9	320.0	280.3	0.0	0.0	320.0	326.0
12	340.0	340.2	340.0	313.7	320.0	290.7	320.0	273.7	0.0	0.0	320.0	257.0
13	340.0	301.7	340.0	287.7	320.0	295.6	320.0	291.5	0.0	0.0	320.0	300.0
14	340.0	284.3	340.0	340.8	320.0	300.1	320.0	191.1	0.0	0.0	320.0	321.0
15	340.0	331.6	340.0	277.4	320.0	271.0	320.0	165.2	0.0	48.0	320.0	278.0
16	340.0	130.4	340.0	290.3	320.0	290.8	320.0	290.1	320.0	195.6	320.0	305.0
17	340.0	0.0	340.0	297.1	320.0	291.9	320.0	280.4	320.0	268.2	320.0	315.0
18	340.0	0.0	340.0	310.0	320.0	293.4	320.0	260.1	320.0	276.0	320.0	280.0
19	340.0	0.0	340.0	304.0	320.0	272.4	320.0	280.0	320.0	240.6	320.0	316.0
20	340.0	166.0	340.0	341.5	320.0	260.1	320.0	291.0	320.0	247.7	320.0	253.0
21	340.0	272.0	340.0	329.3	320.0	276.9	320.0	290.8	320.0	222.3	320.0	294.0

**Lampiran 7 (Lanjutan) Data Perencanaan dan *Output* Harian Produksi**

Tanggal	Juni 17		Juli 17		Agustus 17		September 17		Oktober 17		November 17	
	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual
22	340.0	228.6	340.0	321.6	320.0	300.9	320.0	290.6	320.0	135.6	320.0	271.0
23	340.0	225.7	340.0	320.3	320.0	228.0	320.0	291.0	320.0	203.7	320.0	301.0
24	340.0	335.4	340.0	301.1	320.0	292.6	320.0	290.5	320.0	234.6	320.0	315.0
25	340.0	303.2	340.0	275.9	320.0	272.7	320.0	300.8	320.0	236.5	320.0	291.0
26	340.0	338.9	340.0	340.7	320.0	206.3	320.0	290.6	320.0	228.3	320.0	316.0
27	340.0	315.6	340.0	330.9	320.0	290.7	320.0	290.5	320.0	232.0	320.0	264.0
28	340.0	327.9	340.0	330.4	320.0	290.4	320.0	290.1	320.0	239.0	320.0	272.0
29	340.0	303.3	340.0	330.2	320.0	300.3	320.0	290.6	320.0	250.8	320.0	254.0
30	340.0	335.4	340.0	331.0	320.0	274.5	320.0	283.0	320.0	270.1	320.0	325.0
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	320.0	271.5	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>9780.0</b>	<b>7374.4</b>	<b>10200.0</b>	<b>9076.5</b>	<b>9600.0</b>	<b>8218.9</b>	<b>9600.0</b>	<b>8028.3</b>	<b>6400.0</b>	<b>4798.9</b>	<b>9600.0</b>	<b>8688.0</b>

**Lampiran 7 (Lanjutan) Data Perencanaan dan *Output* Harian Produksi**

Tanggal	Desember 17		Januari 18		Februari 18		Maret 18		April 18		Mei 18	
	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual
1	320.0	276.0	330.0	300.2	340.0	291.0	320.0	280.4	340.0	0.0	330.0	330.9
2	320.0	312.0	330.0	286.1	340.0	316.0	320.0	281.2	0.0	0.0	330.0	350.3
3	320.0	325.0	330.0	301.4	340.0	308.0	320.0	280.3	0.0	0.0	330.0	312.3
4	320.0	317.0	330.0	322.5	340.0	350.0	320.0	280.9	0.0	0.0	330.0	338.9
5	320.0	298.0	330.0	321.4	340.0	315.0	320.0	280.6	0.0	0.0	330.0	307.0
6	320.0	257.0	330.0	314.1	340.0	291.0	320.0	280.8	0.0	0.0	330.0	342.1
7	320.0	302.0	330.0	314.8	340.0	275.0	320.0	280.9	0.0	0.0	330.0	295.2
8	320.0	310.0	330.0	320.2	340.0	292.0	320.0	280.9	340.0	360.0	0.0	0.0
9	320.0	271.0	330.0	325.4	340.0	291.0	320.0	280.5	340.0	72.6	330.0	91.8
10	320.0	322.0	330.0	325.6	340.0	315.0	320.0	284.0	340.0	256.9	330.0	273.6
11	320.0	310.0	330.0	325.8	340.0	295.0	320.0	250.5	340.0	375.0	330.0	332.4
12	320.0	306.0	330.0	315.1	340.0	313.0	320.0	280.8	340.0	347.4	330.0	320.5
13	320.0	308.0	330.0	317.8	340.0	289.0	320.0	290.7	330.0	341.0	330.0	321.2
14	320.0	255.0	330.0	303.9	340.0	318.0	320.0	280.0	320.0	337.5	330.0	334.6
15	320.0	330.0	330.0	275.7	340.0	325.0	320.0	290.9	320.0	281.4	330.0	321.7
16	320.0	327.0	330.0	315.5	340.0	342.0	320.0	290.1	320.0	324.4	330.0	21.0
17	320.0	269.0	340.0	340.1	340.0	319.0	320.0	302.5	320.0	310.6	0.0	0.0
18	320.0	317.0	340.0	343.0	340.0	290.0	320.0	310.5	0.0	0.0	0.0	0.0
19	320.0	276.0	340.0	335.4	340.0	323.0	320.0	300.8	320.0	271.9	0.0	0.0
20	320.0	292.0	340.0	331.5	340.0	314.0	0.0	139.4	320.0	325.1	330.0	86.0
21	320.0	301.0	340.0	330.1	340.0	338.0	0.0	0.0	320.0	335.3	330.0	172.0

**Lampiran 7 (Lanjutan) Data Perencanaan dan *Output* Harian Produksi**

Tanggal	Desember 17		Januari 18		Februari 18		Maret 18		April 18		Mei 18	
	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual
22	320.0	318.0	340.0	318.2	340.0	291.0	0.0	0.0	320.0	333.9	330.0	248.8
23	320.0	253.0	340.0	312.0	340.0	329.0	0.0	0.0	320.0	314.4	330.0	325.3
24	320.0	287.0	340.0	309.4	340.0	334.0	0.0	0.0	320.0	351.2	330.0	305.8
25	320.0	261.0	340.0	325.5	340.0	285.0	320.0	243.8	320.0	220.0	330.0	333.5
26	320.0	320.0	340.0	340.0	340.0	315.0	320.0	282.0	320.0	0.0	330.0	318.5
27	320.0	257.0	340.0	350.5	340.0	290.0	320.0	220.9	340.0	340.0	330.0	345.0
28	320.0	270.0	340.0	290.6	340.0	329.0	320.0	271.6	340.0	340.2	330.0	347.8
29	320.0	262.0	340.0	294.0	0.0	0.0	320.0	250.7	0.0	0.0	330.0	333.8
30	320.0	254.0	340.0	337.0	0.0	0.0	320.0	270.1	0.0	0.0	330.0	344.5
31	320.0	281.0	0.0	274.0	0.0	0.0	320.0	203.5	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>9920.0</b>	<b>9044.0</b>	<b>10040.0</b>	<b>9816.8</b>	<b>9520.0</b>	<b>8683.0</b>	<b>8320.0</b>	<b>7289.3</b>	<b>6890.0</b>	<b>5838.8</b>	<b>8580.0</b>	<b>7454.4</b>

## Lampiran 8 Standar Parameter Proses Kritisal

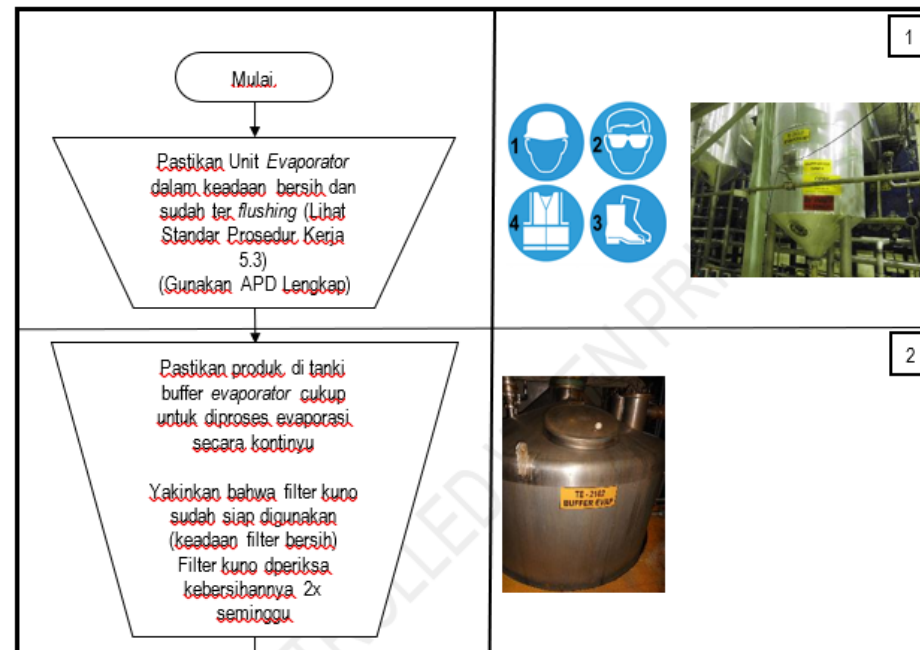
Area	Parameter	Unit	Polyols	
			Min	Max
Liquefaction	pH		5.2	5.9
	Dosing AA Supra 2.2	ltr/tds	0.22	0.33
	Temperature	deg C	105	109
	Press Steam	bar	9	11
	Differential Pressure	bar	3.5	6
	Back pressure	bar	1	-
	%Vol Pot Reactor		80	90
	%Vol Holding Tank		80	90
	Flow Rate	m <sup>3</sup> /h	24	33
	Recycle	%	0	10
Saccharification	pH Inlet		4	4.5
	Dosing Dext DX	ltr/tds	0.3	0.41
	Sacch inlet temperature		58	60
	Reaction time	hours	35	42
	Finizyme Dosage	ltr/tds	0	0.1
	Finizyme reaction time	hours	4	-
	Hydrogenation	pH Inlet		5
EC Inlet		μS/cm	0	35
Nickel Dosage		kg	3	5
Total reaction time		minute	255	330
Temperature		ltr/tds	120	135
Evaporation	Flow Rate 1	m <sup>3</sup> /h	4.5	7
	Flow Rate 2	m <sup>3</sup> /h	4.5	7
	Flow Rate 3	m <sup>3</sup> /h	6	10
	Vacuum pressure	kPa	10	15
	Press Steam	bar	9	11
	Cooling pressure	bar	3	4

## Lampiran 9 Contoh Standar Prosedur Kerja

PT. XYZ	PT. XYZ	
	Standar Prosedur Kerja	No. : SPK.P-SORB2.04.M23
<b>Mengoperasikan Evaporator Sorbitol Syrup</b>	Tgl. Terbit	: 07 April 2018
	Tgl. Efektif	: 07 April 2018
	Tgl. Revisi	: -
	No Revisi	: 00
Food Safety - Quality - Environment Management System Halal Assurance System	Halaman	: 3 / 18
	Tipe Dok	: Level 3

### 5. STANDAR PROSEDUR KERJA

#### 5.1. Standar Prosedur Kerja Start Up dan Proses Normal Evaporator



### Lampiran 10 Contoh Rencana Pengendalian Operasi

Tahap Proses	Parameter Kualitas (Target)	Frekuensi	Jumlah Sampling	PIC	Control Measure	Koreksi Terhadap Ketidaksesuaian	Corrective Action	Dokumen yang Berkesesuaian	Responsibility
Liquefaction	pH : 5.2 - 5.9	Setiap 2 jam	-	Production	Kalibrasi pH transmitter	Proses ulang	Preventive maintenance terhadap valve, steam needle dan transmitter	WI.P-DXT.05.M23 FRM.P-DXT.01.M10	Production Supervisor
	Temp : 105 - 109 °C				Kalibrasi temperature transmitter				
	Diff Pressure : 3.5 - 6 bar				Kalibrasi pressure transmitter				
	Back Pressure : min 1 bar				Kalibrasi pressure transmitter				

### Lampiran 11 Acuan Rating Penilaian Standar Kerja (Standar Kondisi Operasi)

Standar	Kuantitas	Kualitas	Penggunaan
<b>Standar Kondisi Operasi</b>	<p>0. Tidak memiliki standar kondisi operasi</p> <p>1. Volume rendah, sebagian besar rentang operasi tidak memiliki nilai yang spesifik, hanya mengatur set point</p> <p>2. Volume lebih tinggi, terdapat nilai yang terukur. Sebagian besar memiliki rentang nilai operasi</p> <p>3. Serangkaian standar kondisi operasi yang terstruktur, ditentukan berdasarkan masing - masing tipe produk</p> <p>4. Tersedia dalam bentuk resep dan dapat diunduh untuk masing - masing tipe produk</p>	<p>0. Kadaluwarsa/tidak ada tanggal pengesahan/tidak direvisi</p> <p>1. Hanya sedikit yang direvisi/tidak direvisi secara berkala</p> <p>2. Sebagian besar diupdate</p> <p>3. Seluruhnya diupdate secara berkala</p>	<p>0. Sudah tidak digunakan sama sekali</p> <p>1. Hanya sebagai panduan</p> <p>2. Hanya digunakan untuk kegiatan yang jarang terjadi</p> <p>3. Kebanyakan digunakan</p> <p>4. Selalu digunakan &amp; termasuk dalam pelatihan</p>



### Lampiran 11 (Lanjutan) Acuan Rating Penilaian Standar Kerja (Standar Prosedur Kerja)

Standar	Kuantitas	Kualitas	Penggunaan
<b>Standar Prosedur Kerja</b>	0. Tidak memiliki standar prosedur kerja 1. Panduan secara umum, hanya terdapat sejumlah kecil instruksi spesifik berdasarkan masalah yang terjadi sebelumnya 2. Sekumpulan panduan yang komprehensif, jumlah instruksi kerja yang spesifik masih sedikit 3. Setiap bagian dari pabrik memiliki instruksi terstruktur untuk kegiatan yang paling umum 4. Instruksi kerja tersedia untuk setiap kegiatan pada tiap lokasi	0. Kadaluwarsa/tidak ada tanggal pengesahan/tidak direvisi 1. Hanya sedikit yang direvisi/tidak direvisi secara berkala 2. Sebagian besar diupdate 3. Seluruhnya diupdate secara berkala	0. Sudah tidak digunakan sama sekali 1. Hanya sebagai panduan 2. Hanya digunakan untuk kegiatan yang jarang terjadi 3. Kebanyakan digunakan 4. Selalu digunakan & termasuk dalam pelatihan

### Lampiran 11 (Lanjutan) Acuan Rating Penilaian Standar Kerja (Rencana Pengendalian Operasi)

Standar	Kuantitas	Kualitas	Penggunaan
<b>Rencana Pengendalian Operasi</b>	0. Tidak memiliki rencana pengendalian operasi 1. Panduan secara umum, hanya terdapat sejumlah kecil instruksi spesifik berdasarkan masalah yang terjadi sebelumnya 2. Terdapat rencana pengendalian untuk beberapa parameter kualitas produk 3. Rencana komprehensif untuk pengendalian kualitas produk 4. Instruksi pemantauan yang komprehensif dengan serangkaian batas tindakan	0. Kadaluwarsa/tidak ada tanggal pengesahan/tidak direvisi 1. Hanya sedikit yang direvisi/tidak direvisi secara berkala 2. Sebagian besar diupdate 3. Seluruhnya diupdate secara berkala	0. Sudah tidak digunakan sama sekali 1. Hanya sebagai panduan 2. Hanya digunakan untuk kegiatan yang jarang terjadi 3. Kebanyakan digunakan 4. Selalu digunakan & termasuk dalam pelatihan

### Lampiran 11 (Lanjutan) Acuan Rating Penilaian Standar Kerja (Prosedur Penyelesaian Masalah)

Standar	Kuantitas	Kualitas	Penggunaan
<b>Prosedur Penyelesaian Masalah</b>	0. Tidak memiliki prosedur penyelesaian masalah 1. Panduan secara umum, hanya terdapat sejumlah kecil instruksi spesifik berdasarkan masalah yang terjadi sebelumnya 2. Panduan terperinci untuk masalah yang sering terjadi, tidak terdapat instruksi pelaporan 3. Daftar prosedur penyelesaian masalah yang terstruktur dengan instruksi yang spesifik untuk masing - masingnya 4. Daftar terstruktur seperti pada (3) dengan pelaporan dan tanda tangan	0. Kadaluwarsa/tidak ada tanggal pengesahan/tidak direvisi 1. Hanya sedikit yang direvisi/tidak direvisi secara berkala 2. Sebagian besar diupdate 3. Seluruhnya diupdate secara berkala	0. Sudah tidak digunakan sama sekali 1. Hanya sebagai panduan 2. Hanya digunakan untuk kegiatan yang jarang terjadi 3. Kebanyakan digunakan 4. Selalu digunakan & termasuk dalam pelatihan

**Lampiran 11 (Lanjutan) Acuan Rating Penilaian Standar Kerja (Struktur Komunikasi Shift & Tindak Lanjut Kinerja Shift)**

<b>Standar</b>	<b>Kuantitas</b>	<b>Kualitas</b>	<b>Penggunaan</b>
<b>Struktur Komunikasi Shift</b>	0. Tidak memiliki struktur komunikasi shift 1. Serah terima pergantian shift secara lisan, tidak ada struktur 2. Serah terima pergantian shift secara tertulis, tidak ada struktur 3. Serah terima pergantian shift terstruktur dengan agenda 4. Serah terima pergantian shift dengan data kondisi pabrik terhadap operasi normal		0. Sudah tidak digunakan sama sekali 1. Sporadis - seperlunya 2. Hanya dilakukan oleh shift leader 3. Diskusi 1 on 1 shift leader dengan operator 4. Rapat team yang terstruktur
<b>Tindak Lanjut Kinerja Shift</b>	0. Tidak memiliki tindak lanjut kinerja shift 1. Tindak lanjut secara lisan ad-hoc 2. Tindak lanjut atas dasar pengecualian : tidak ada berita berarti berita baik 3. Tindak lanjut berkala pada berbagai aspek operasi 4. Tindak lanjut berkala dengan rencana aksi dan tindak lanjut		0. Sudah tidak digunakan sama sekali 1. Hanya dengan alasan kedisiplinan 2. Sebagian besar dilakukan - tidak berdasarkan waktu 3. Sebagian besar selesai tepat waktu 4. Selalu dilakukan dengan evaluasi berkala

**Lampiran 12 Data Temperatur Sacchari Setiap Batch**

Data Ke-	Temp (°C)	Data Ke-	Temp (°C)	Data Ke-	Temp (°C)	Data Ke-	Temp (°C)	Data Ke-	Temp (°C)	Data Ke-	Temp (°C)	Data Ke-	Temp (°C)	Data Ke-	Temp (°C)	Data Ke-	Temp (°C)
1	58.2	22	58.3	43	58.8	64	59.6	85	58.9	106	59.9	127	60.0	148	59.5	169	60.2
2	59.8	23	59.0	44	58.7	65	58.4	86	63.0	107	59.5	128	59.7	149	59.2	170	58.4
3	59.5	24	58.2	45	62.2	66	58.6	87	60.7	108	58.2	129	59.9	150	58.4	171	58.9
4	62.3	25	59.5	46	61.3	67	58.8	88	59.3	109	59.1	130	60.0	151	61.6	172	59.1
5	59.5	26	58.7	47	62.0	68	58.2	89	59.8	110	59.1	131	60.1	152	59.1	173	62.9
6	59.2	27	61.5	48	61.0	69	61.3	90	58.5	111	58.3	132	62.0	153	59.4	174	59.3
7	59.3	28	58.6	49	59.0	70	60.7	91	59.5	112	58.4	133	60.0	154	59.5	175	58.7
8	60.0	29	61.0	50	59.7	71	59.0	92	59.9	113	60.0	134	62.5	155	59.9	176	61.9
9	59.9	30	60.6	51	62.1	72	60.0	93	61.5	114	62.6	135	62.4	156	58.9	177	61.1
10	58.2	31	58.3	52	58.2	73	58.2	94	60.6	115	58.6	136	61.7	157	59.4	178	62.0
11	61.0	32	59.8	53	63.0	74	60.0	95	58.9	116	61.1	137	58.3	158	58.2	179	59.7
12	59.9	33	58.5	54	62.4	75	60.0	96	59.9	117	60.0	138	58.4	159	62.7	180	61.9
13	59.3	34	59.5	55	62.3	76	59.7	97	58.7	118	61.7	139	59.0	160	59.3	181	58.5
14	58.3	35	59.2	56	59.9	77	59.4	98	59.5	119	58.9	140	62.7	161	59.8	182	60.0
15	59.6	36	59.5	57	61.6	78	60.0	99	58.2	120	58.2	141	63.0	162	59.7	183	59.3
16	58.6	37	62.2	58	60.5	79	59.9	100	59.0	121	59.4	142	59.4	163	60.8	184	59.3
17	59.6	38	59.5	59	58.3	80	60.3	101	60.3	122	59.0	143	60.8	164	59.1	185	58.6
18	59.6	39	59.9	60	62.6	81	58.3	102	59.1	123	58.9	144	59.1	165	62.3	186	58.9
19	58.3	40	62.9	61	61.5	82	60.7	103	59.7	124	59.1	145	60.3	166	62.3	187	60.4
20	59.3	41	61.4	62	62.0	83	58.4	104	60.0	125	59.0	146	60.6	167	62.2	188	60.8
21	59.8	42	58.3	63	61.4	84	63.0	105	58.3	126	58.3	147	61.1	168	59.5	189	62.4

**Lampiran 12 (Lanjutan) Data Temperatur *Sacchari* Setiap *Batch***

Data Ke-	Temp (°C)	Data Ke-	Temp (°C)	Data Ke-	Temp (°C)
190	60.6	211	59.0	232	61.6
191	59.6	212	59.8	233	59.0
192	58.8	213	58.2	234	62.0
193	59.6	214	61.0	235	58.9
194	62.0	215	59.3	236	59.5
195	59.0	216	58.4	237	59.2
196	59.4	217	59.9	238	61.6
197	60.5	218	59.7	239	58.8
198	62.8	219	61.7	240	58.7
199	59.8	220	60.0		
200	60.9	221	60.0		
201	60.7	222	59.4		
202	59.8	223	59.1		
203	59.6	224	60.7		
204	61.6	225	60.0		
205	61.9	226	61.3		
206	58.2	227	59.6		
207	58.6	228	59.9		
208	62.8	229	62.3		
209	61.6	230	58.4		
210	58.2	231	58.2		

### Lampiran 13 Pengelompokan Waktu Reaksi *Hydrogenation* Berdasarkan Tahapan Proses

Data Ke-	Charging	Heating	Reaction	Cooling	Settling	Discharge	Data Ke-	Charging	Heating	Reaction	Cooling	Settling	Discharge
1	45	25	120	20	80	40	22	50	25	100	20	80	40
2	45	25	120	20	80	40	23	50	25	100	20	80	40
3	45	25	120	20	80	40	24	50	25	100	20	80	40
4	40	25	120	20	80	40	25	60	25	100	20	80	40
5	40	25	120	20	80	40	26	90	25	100	20	80	40
6	30	25	120	20	80	40	27	35	25	100	20	80	40
7	45	25	120	20	80	40	28	35	25	100	20	80	40
8	60	25	120	20	80	40	29	45	25	100	20	80	40
9	70	25	120	20	80	40	30	40	25	100	20	80	40
10	60	25	120	20	80	40	31	40	25	120	20	80	40
11	30	25	120	20	80	40	32	40	25	120	20	80	40
12	30	25	120	20	80	40	33	40	25	120	20	80	40
13	60	25	100	20	80	40	34	30	25	120	20	80	40
14	70	25	100	20	80	40	35	120	25	120	20	80	40
15	65	25	100	20	80	40	36	40	25	120	20	80	40
16	110	25	100	20	80	40	37	40	25	120	20	80	40
17	40	25	100	20	80	40	38	40	25	120	20	80	40
18	35	25	100	20	80	40	39	35	25	120	20	80	40
19	60	25	100	20	80	40	40	45	25	100	20	80	40
20	35	25	100	20	80	40	41	40	25	100	20	80	40
21	50	25	100	20	80	40	42	30	25	100	20	80	40

**Lampiran 13 (Lanjutan) Pengelompokkan Waktu Reaksi *Hydrogenation* Berdasarkan Tahapan Proses**

Data Ke-	Charging	Heating	Reaction	Cooling	Settling	Discharge	Data Ke-	Charging	Heating	Reaction	Cooling	Settling	Discharge
43	40	25	100	20	80	40	64	40	25	100	20	80	40
44	40	25	100	20	80	40	65	30	25	100	20	80	40
45	40	25	100	20	80	40	66	100	25	100	20	80	40
46	80	25	100	20	80	40	67	40	25	120	20	80	40
47	45	25	100	20	80	40	68	40	25	120	20	80	40
48	35	25	100	20	80	40	69	40	25	120	20	80	40
49	30	25	100	20	80	40	70	30	25	120	20	80	40
50	40	25	100	20	80	40	71	35	25	120	20	80	40
51	35	25	100	20	80	40	72	45	25	120	20	80	40
52	75	25	100	20	80	40	73	30	25	120	20	80	40
53	35	25	100	20	80	40	74	45	25	120	20	80	40
54	35	25	100	20	80	40	75	35	25	120	20	80	40
55	35	25	100	20	80	40	76	35	25	120	20	80	40
56	40	25	100	20	80	40	77	40	25	120	20	80	40
57	35	25	100	20	80	40	78	45	25	120	20	80	40
58	90	25	100	20	80	40	79	45	25	120	20	80	40
59	40	25	100	20	80	40	80	45	25	120	20	80	40
60	35	25	100	20	80	40	81	45	25	120	20	80	40
61	35	25	100	20	80	40	82	45	25	120	20	80	40
62	40	25	100	20	80	40	83	35	25	120	20	80	40
63	35	25	100	20	80	40	84	45	25	120	20	80	40



**Lampiran 13 (Lanjutan) Pengelompokkan Waktu Reaksi *Hydrogenation* Berdasarkan Tahapan Proses**

Data Ke-	Charging	Heating	Reaction	Cooling	Settling	Discharge	Data Ke-	Charging	Heating	Reaction	Cooling	Settling	Discharge
85	30	25	100	20	80	40	106	35	25	100	20	80	40
86	45	25	100	20	80	40	107	45	25	100	20	80	40
87	35	25	100	20	80	40	108	35	25	100	20	80	40
88	35	25	100	20	80	40	109	35	25	100	20	80	40
89	35	25	100	20	80	40	110	45	25	120	20	80	40
90	35	25	100	20	80	40	111	35	25	120	20	80	40
91	35	25	100	20	80	40	112	45	25	120	20	80	40
92	35	25	100	20	80	40	113	35	25	120	20	80	40
93	35	25	100	20	80	40	114	35	25	120	20	80	40
94	35	25	100	20	80	40	115	45	25	120	20	80	40
95	45	25	100	20	80	40	116	45	25	120	20	80	40
96	35	25	100	20	80	40	117	45	25	120	20	80	40
97	35	25	100	20	80	40	118	30	25	120	20	80	40
98	45	25	100	20	80	40	119	30	25	120	20	80	40
99	35	25	100	20	80	40	120	35	25	120	20	80	40
100	30	25	100	20	80	40	121	35	25	120	20	80	40
101	30	25	100	20	80	40	122	30	25	120	20	80	40
102	45	25	100	20	80	40	123	35	25	120	20	80	40
103	35	25	100	20	80	40	124	35	25	120	20	80	40
104	30	25	100	20	80	40	125	45	25	120	20	80	40
105	35	25	100	20	80	40	126	35	25	120	20	80	40

**Lampiran 13 (Lanjutan) Pengelompokkan Waktu Reaksi *Hydrogenation* Berdasarkan Tahapan Proses**

Data Ke-	Charging	Heating	Reaction	Cooling	Settling	Discharge
127	45	25	120	20	80	40
128	35	25	120	20	80	40
129	45	25	120	20	80	40
130	45	25	120	20	80	40
131	30	25	120	20	80	40
132	30	25	120	20	80	40
133	30	25	120	20	80	40
134	30	25	120	20	80	40
135	40	25	120	20	80	40
136	45	25	120	20	80	40
137	30	25	120	20	80	40
138	30	25	100	20	80	40
139	30	25	100	20	80	40
140	35	25	100	20	80	40
141	30	25	100	20	80	40
142	30	25	100	20	80	40
143	35	25	100	20	80	40
144	30	25	100	20	80	40
145	35	25	100	20	80	40
146	30	25	100	20	80	40
147	35	25	100	20	80	40

**Lampiran 14 Hasil Kualitas *Reducing Sugar* pada Tiap *Batch***

Data Ke-	RS	Data Ke-	RS	Data Ke-	RS	Data Ke-	RS	Data Ke-	RS	Data Ke-	RS	Data Ke-	RS
1	0.097	22	0.121	43	0.059	64	0.142	85	0.161	106	0.146	127	0.157
2	0.131	23	0.121	44	0.146	65	0.141	86	0.106	107	0.09	128	0.132
3	0.152	24	0.105	45	0.061	66	0.101	87	0.094	108	0.16	129	0.099
4	0.05	25	0.124	46	0.158	67	0.153	88	0.158	109	0.101	130	0.1
5	0.167	26	0.101	47	0.058	68	0.066	89	0.067	110	0.078	131	0.073
6	0.161	27	0.159	48	0.073	69	0.158	90	0.154	111	0.136	132	0.128
7	0.142	28	0.152	49	0.138	70	0.078	91	0.162	112	0.121	133	0.101
8	0.083	29	0.149	50	0.071	71	0.057	92	0.072	113	0.094	134	0.092
9	0.126	30	0.17	51	0.054	72	0.098	93	0.102	114	0.16	135	0.091
10	0.101	31	0.117	52	0.106	73	0.147	94	0.1	115	0.134	136	0.09
11	0.125	32	0.092	53	0.147	74	0.097	95	0.135	116	0.112	137	0.088
12	0.092	33	0.17	54	0.16	75	0.148	96	0.08	117	0.164	138	0.152
13	0.126	34	0.062	55	0.117	76	0.132	97	0.166	118	0.086	139	0.131
14	0.15	35	0.115	56	0.101	77	0.102	98	0.146	119	0.051	140	0.051
15	0.136	36	0.14	57	0.051	78	0.11	99	0.108	120	0.055	141	0.168
16	0.054	37	0.119	58	0.131	79	0.051	100	0.063	121	0.09	142	0.162
17	0.081	38	0.1	59	0.148	80	0.104	101	0.051	122	0.145	143	0.107
18	0.111	39	0.113	60	0.059	81	0.087	102	0.118	123	0.085	144	0.17
19	0.138	40	0.062	61	0.101	82	0.131	103	0.158	124	0.12	145	0.155
20	0.072	41	0.123	62	0.097	83	0.104	104	0.053	125	0.149	146	0.075
21	0.127	42	0.054	63	0.144	84	0.143	105	0.053	126	0.095	147	0.097

## Lampiran 15 Pengujian Regresi pada Proses *Hydrogenation*

### Regression Analysis: RS Outlet versus Nickel Dosag, Total Reacti, PH Reaksi, Temp Reaksi, ...

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	5	0.090534	0.018107	28.34	0.000
Nickel Dosage	1	0.000002	0.000002	0.00	0.960
Total Reaction Time	1	0.002846	0.002846	4.45	0.037
PH Reaksi	1	0.010446	0.010446	16.35	0.000
Temp Reaksi	1	0.011127	0.011127	17.41	0.000
EC Inlet	1	0.005029	0.005029	7.87	0.006
Error	141	0.090094	0.000639		
Total	146	0.180628			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0252778	50.12%	48.35%	46.36%

#### Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0.2270	0.0946	2.40	0.018	
Nickel Dosage	-0.00008	0.00153	-0.05	0.960	1.19
Total Reaction Time	0.000286	0.000136	2.11	0.037	1.26
PH Reaksi	0.01507	0.00373	4.04	0.000	1.82
Temp Reaksi	-0.002490	0.000597	-4.17	0.000	1.59
EC Inlet	0.001225	0.000437	2.81	0.006	1.74

#### Regression Equation

$$\text{RS Outlet} = 0.2270 - 0.00008 \text{ Nickel Dosage} + 0.000286 \text{ Total Reaction Time} + 0.01507 \text{ PH Reaksi} - 0.002490 \text{ Temp Reaksi} + 0.001225 \text{ EC Inlet}$$

#### Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	RS Outlet	Fit	Resid	Std Resid	
16	0.05400	0.08834	-0.03434	-1.49	X
35	0.11500	0.13639	-0.02139	-0.94	X
42	0.05400	0.11473	-0.06073	-2.42	R
57	0.05100	0.10719	-0.05619	-2.25	R
79	0.05100	0.10380	-0.05280	-2.14	R
100	0.06300	0.11671	-0.05371	-2.16	R
104	0.05300	0.10366	-0.05066	-2.03	R
105	0.05300	0.10828	-0.05528	-2.22	R
115	0.13400	0.08231	0.05169	2.08	R
139	0.13100	0.07634	0.05466	2.21	R

R Large residual  
X Unusual X

**Lampiran 16 Data pH, Temperatur, dan EC pada tiap *Batch Hydrogenation***

Data Ke-	PH	Temp	EC	Data Ke-	PH	Temp	EC	Data Ke-	PH	Temp	EC
1	5.7	132	25	22	6.0	125	14	43	6.0	129	21
2	6.1	128	24	23	5.0	135	16	44	7.4	126	32
3	7.4	123	27	24	6.0	135	18	45	5.9	130	19
4	5.2	132	14	25	5.1	128	12	46	7.6	123	22
5	7.0	126	26	26	6.2	134	21	47	6.2	133	14
6	6.3	120	27	27	7.6	121	32	48	5.4	131	22
7	6.3	124	27	28	6.3	120	28	49	5.6	129	23
8	6.2	130	14	29	6.9	122	24	50	5.8	127	20
9	5.2	129	10	30	7.8	120	29	51	5.8	135	11
10	6.2	130	24	31	6.2	135	15	52	5.1	129	18
11	5.1	131	17	32	6.0	135	20	53	6.5	125	35
12	5.0	131	19	33	6.8	121	24	54	6.6	122	28
13	5.7	134	17	34	5.2	128	10	55	5.3	133	25
14	6.8	127	21	35	6.1	128	17	56	5.4	130	25
15	5.5	134	17	36	7.8	124	27	57	5.9	127	18
16	5.1	135	11	37	5.4	129	10	58	5.4	130	12
17	5.2	125	12	38	5.1	126	13	59	7.4	121	21
18	5.5	126	13	39	5.6	132	23	60	5.2	125	13
19	6.0	130	22	40	5.5	128	17	61	6.1	126	14
20	5.3	128	14	41	6.1	129	10	62	5.0	129	24
21	6.2	135	19	42	6.0	126	22	63	7.5	123	26

**Lampiran 16 (Lanjutan) Data pH, Temperatur, dan EC pada tiap *Batch Hydrogenation***

Data Ke-	PH	Temp	EC	Data Ke-	PH	Temp	EC	Data Ke-	PH	Temp	EC
64	7.7	123	34	85	7.5	125	22	106	6.6	126	20
65	6.3	120	32	86	5.0	127	17	107	5.4	125	10
66	5.3	126	17	87	6.0	131	22	108	6.6	127	29
67	7.7	123	21	88	6.2	126	24	109	5.5	130	21
68	5.2	134	15	89	5.6	135	21	110	5.4	135	22
69	6.4	124	33	90	6.7	124	33	111	6.2	135	11
70	5.2	131	16	91	7.0	120	29	112	5.1	125	18
71	5.5	129	17	92	5.0	134	12	113	5.8	126	25
72	5.4	132	17	93	6.1	132	12	114	7.1	123	28
73	7.7	121	20	94	5.6	135	22	115	5.4	134	11
74	5.1	129	15	95	5.0	125	19	116	5.9	127	15
75	6.2	120	24	96	5.1	130	20	117	6.2	121	27
76	5.7	130	15	97	7.3	127	32	118	6.1	133	18
77	5.6	125	12	98	7.6	126	33	119	5.4	135	21
78	6.1	133	22	99	5.8	134	22	120	5.6	132	17
79	5.7	133	23	100	6.2	125	19	121	5.6	135	13
80	5.4	126	22	101	5.2	132	13	122	7.8	124	26
81	6.0	129	13	102	6.2	128	10	123	6.2	134	14
82	5.3	133	12	103	6.7	126	21	124	6.0	133	20
83	5.5	131	10	104	6.0	129	19	125	7.0	125	25
84	6.3	123	20	105	5.8	125	16	126	5.8	132	14

**Lampiran 16 (Lanjutan) Data pH, Temperatur, dan EC pada tiap *Batch Hydrogenation***

Data Ke-	PH	Temp	EC
127	7.4	122	26
128	5.3	128	25
129	6.1	128	10
130	5.5	135	11
131	5.5	131	13
132	5.2	126	22
133	5.4	133	10
134	5.9	133	14
135	5.3	127	23
136	5.8	133	21
137	6.1	133	23
138	6.7	122	24
139	5.0	131	13
140	5.4	134	19
141	6.2	126	24
142	6.6	121	23
143	5.0	128	22
144	7.1	122	35
145	6.3	123	30
146	5.7	127	20
147	5.9	132	17

## Lampiran 17 Analisa Resiko pada Setiap Aktivitas Perbaikan

Action No.	Action	Risk No.	Risk	Pre-Mitigation		
				Risk Severity	Risk Likelihood	Risk Level
1	Perbaikan combining tube pengatur komposisi starch slurry terhadap steam	1.1	Combining tube pengganti belum siap	Critical	Possible	High
		1.2	Combining tube tidak bisa diperbaiki	Critical	Likely	High
		1.3	Proses harus berhenti dalam waktu lama	Marginal	Likely	High
		1.4	Maintenance tidak bisa mengembalikan ke kondisi semula	Marginal	Possible	Moderate
2	Atur ulang untuk mempersempit jarak kontrol (control range) di control valve steam	2.1	Maintenance tidak bisa mengembalikan ke aturan semula jika tidak berhasil	Marginal	Unlikely	Low
		2.2	Control valve steam menjadi rusak	Marginal	Rare	Low
		2.3	Proses harus berhenti dalam waktu lama	Negligible	Rare	Low
3	Penyusunan standar instruksi kerja dalam pembuatan campuran Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dan air	3.1	Standar yang diberikan membuat proses lebih bermasalah	Critical	Unlikely	Moderate
		3.2	Sulit diterapkan oleh operator produksi	Marginal	Rare	Low
		3.3	Implementasi standar baru butuh waktu lama	Critical	Rare	Moderate
4	Pemasangan control valve dan alarm (alert system --> Andon) untuk mengendalikan temperatur	4.1	Instalasi alarm mengganggu kinerja perangkat elektrik lain	Negligible	Likely	Moderate
		4.2	Bunyi alarm membuat operator tidak nyaman	Marginal	Possible	Moderate
		4.3	Proses harus berhenti dalam waktu lama	Marginal	Likely	High
5	Penggantian control valve pengisian bahan pada tahap proses charging	5.1	Control valve pengganti belum siap	Critical	Possible	High
		5.2	Proses harus berhenti dalam waktu lama	Marginal	Likely	High
		5.3	Maintenance tidak dapat memasang control valve baru dengan benar	Marginal	Possible	Moderate
6	Pelaksanaan training tentang kesadaran parameter yang kritikal terhadap proses & waste proses	6.1	Hasil training tidak memberi dampak positif	Marginal	Possible	Moderate
		6.2	Pertentangan dari operator tentang materi yang diberikan	Critical	Likely	high
		6.3	Tidak ada waktu untuk melaksanakan training	Negligible	Rare	low



### Lampiran 17 (Lanjutan) Analisa Resiko pada Setiap Aktivitas Perbaikan

Action No.	Action	Risk No.	Risk	Pre-Mitigation		
				Risk Severity	Risk Likelihood	Risk Level
7	Penambahan heat exchanger plate pada setiap evaporator	7.1	Heat exchanger plate tambahan belum siap	Critical	Possible	High
		7.2	Maintenance tidak dapat memasang heat exchanger plate baru dengan benar	Critical	Unlikely	Moderate
		7.3	Proses harus berhenti dalam waktu lama	Marginal	Likely	High
8	Perbaikan kebocoran pada heat exchanger plate	8.1	Proses harus berhenti dalam waktu lama	Marginal	Likely	High
		8.2	Heat exchanger/gasket pembatas plate rusak dan belum ada penggantinya	Critical	Possible	High
		8.3	Hasil perbaikan memunculkan kebocoran baru lainnya	Marginal	Possible	Moderate

### Lampiran 18 Mitigasi Resiko pada Setiap Aktivitas Perbaikan

Risk No.	Pre-Mitigation			Mitigation	After Mitigation			Acceptance
	Risk Severity	Risk Likelihood	Risk Level		Risk Severity	Risk Likelihood	Risk Level	
1.1	Critical	Possible	High	Pastikan combining tube pengganti siap terlebih dahulu sebelum perbaikan	Marginal	Unlikely	Low	Yes
1.2	Critical	Likely	High	Pastikan combining tube pengganti siap terlebih dahulu sebelum perbaikan	Marginal	Possible	Moderate	Yes
1.3	Marginal	Likely	High	Sesuaikan dengan jadwal scheduled shutdown dari PPIC	Negligible	Likely	Moderate	Yes
1.4	Marginal	Possible	Moderate	Foto kondisi awal dan mempelajari cara perbaikan dari manual book	Negligible	Possible	Low	Yes
2.1	Marginal	Unlikely	Low		Marginal	Unlikely	Low	Yes
2.2	Marginal	Rare	Low		Marginal	Rare	Low	Yes
2.3	Negligible	Rare	Low		Negligible	Rare	Low	Yes
3.1	Critical	Unlikely	Moderate	Lab trial sebelum standar yang baru dibakukan	Marginal	Unlikely	Low	Yes
3.2	Marginal	Rare	Low		Marginal	Rare	Low	Yes
3.3	Critical	Rare	Moderate	Pastikan standar baru mudah dipahami dan dilakukan serta didiskusikan dengan operator	Marginal	Rare	Low	Yes
4.1	Negligible	Likely	Moderate	Buat jaringan baru yang tidak mengganggu fungsi perangkat lain	Negligible	Possible	Low	Yes
4.2	Marginal	Possible	Moderate	Tentukan bunyi yang khas tetapi tidak terlalu bising	Negligible	Possible	Low	Yes
4.3	Marginal	Likely	High	Sesuaikan dengan jadwal scheduled shutdown dari PPIC	Negligible	Likely	Moderate	Yes
5.1	Critical	Possible	High	Pastikan control valve pengganti siap terlebih dahulu sebelum perbaikan	Marginal	Possible	Moderate	Yes
5.2	Marginal	Likely	High	Sesuaikan dengan jadwal scheduled shutdown dari PPIC	Negligible	Likely	Moderate	Yes
5.3	Marginal	Possible	Moderate	Foto kondisi awal dan mempelajari cara instalasi dari manual book	Negligible	Possible	Low	Yes
6.1	Marginal	Possible	Moderate	Pastikan materi training mudah dipahami dan dilakukan serta komunikasi dua arah dengan operator	Marginal	Unlikely	Low	Yes
6.2	Critical	Likely	high	Persiapan susunan materi yang detail dan rasional sesuai aktual di lapangan	Marginal	Possible	Moderate	Yes
6.3	Negligible	Rare	low		Negligible	Rare	low	Yes

### Lampiran 18 (Lanjutan) Mitigasi Resiko pada Setiap Aktivitas Perbaikan

Risk No.	Pre-Mitigation			Mitigation	After Mitigation			Acceptance
	Risk Severity	Risk Likelihood	Risk Level		Risk Severity	Risk Likelihood	Risk Level	
7.1	Critical	Possible	High	Pastikan heat exchanger tambahan siap terlebih dahulu sebelum perbaikan	Marginal	Possible	Moderate	Yes
7.2	Critical	Unlikely	Moderate	Foto kondisi awal dan mempelajari cara instalasi dari manual book	Marginal	Unlikely	Low	Yes
7.3	Marginal	Likely	High	Sesuaikan dengan jadwal scheduled shutdown dari PPIC	Negligible	Likely	Moderate	Yes
8.1	Marginal	Likely	High	Sesuaikan dengan jadwal scheduled shutdown dari PPIC	Negligible	Likely	Moderate	Yes
8.2	Critical	Possible	High	Pastikan heat exchanger dan gasket pengganti siap terlebih dahulu sebelum perbaikan	Marginal	Possible	Moderate	Yes
8.3	Marginal	Possible	Moderate	Dilakukan water test hasil perbaikan sebelum proses produksi berjalan	Negligible	Possible	Low	Yes

## Lampiran 19 Contingency Plan Terhadap Resiko pada Setiap Aktivitas Perbaikan

Risk No.	Contingency Plan	PIC
1.1	Persiapan perbaikan sementara terhadap combining tube yang lama	Maintenance
1.2	Persiapan perbaikan sementara terhadap combining tube yang lama	Maintenance
1.3	Perhitungkan persediaan produk akhir cukup untuk kiriman ke customer lebih dari lamanya scheduled shutdown	PPIC
1.4	Komunikasi dengan vendor tentang cara instalasi combining tube	Maintenance
2.1		
2.2		
2.3		
3.1	Pemantauan ketat terhadap hasil campuran Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dan air	Production
3.2		
3.3	Pemantauan ketat terhadap hasil campuran Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dan air	Production
4.1	Aktifasi alarm pada PC HMI yang terhubung dengan kondisi temperatur	Maintenance
4.2	Set volume alarm pada minimum kelayakan dB untuk didengar	Maintenance
4.3	Perhitungkan persediaan produk akhir cukup untuk kiriman ke customer lebih dari lamanya scheduled shutdown	PPIC
5.1	Ambil sementara dari plant lain yang tidak membutuhkan	Maintenance
5.2	Perhitungkan persediaan produk akhir cukup untuk kiriman ke customer lebih dari lamanya scheduled shutdown	PPIC
5.3	Komunikasi dengan vendor tentang cara instalasi control valve	Maintenance
6.1	Jadwalkan training berikutnya dengan susunan materi yang lebih menarik dengan bantuan third party	Production
6.2	Penyusunan rencana percobaan yang dapat memberikan bukti aktual tentang materi yang diberikan	Production
6.3		

### Lampiran 19 (Lanjutan) Contigency Plan Terhadap Resiko pada Setiap Aktivitas Perbaikan

Risk No.	Contigency Plan	PIC
7.1	Persiapan perbaikan sementara terhadap heat exchanger plate yang lama	Maintenance
7.2	Komunikasi dengan vendor tentang cara instalasi heat exchanger plate	Maintenance
7.3	Perhitungkan persediaan produk akhir cukup untuk kiriman ke customer lebih dari lamanya scheduled shutdown	PPIC
8.1	Perhitungkan persediaan produk akhir cukup untuk kiriman ke customer lebih dari lamanya scheduled shutdown	PPIC
8.2	Persiapan perbaikan sementara terhadap heat exchanger plate dan gasket yang lama	Maintenance
8.3	Rencana schedule shutdown berikutnya dipercepat dengan menyesuaikan jadwal kiriman ke customer	PPIC

**Lampiran 20 Data *Liquefaction* (Improvement)**

Data Ke	D Press (bar)	Temp (°C)	pH	Data Ke	D Press (bar)	Temp (°C)	pH	Data Ke	D Press (bar)	Temp (°C)	pH
	Min : 3.5 Target : 4.5 Max : 6	Min : 105 Target : 107 Max : 109	Min : 5.2 Target : 5.5 Max : 5.9		Min : 3.5 Target : 4.5 Max : 6	Min : 105 Target : 107 Max : 109	Min : 5.2 Target : 5.5 Max : 5.9		Min : 3.5 Target : 4.5 Max : 6	Min : 105 Target : 107 Max : 109	Min : 5.2 Target : 5.5 Max : 5.9
1	4.43	109.11	5.29	17	5.05	108.44	5.40	33	5.46	109.13	5.47
2	3.50	108.03	5.29	18	5.98	104.94	5.24	34	6.11	108.08	5.37
3	3.93	108.05	5.27	19	5.77	108.43	5.27	35	5.59	108.25	5.23
4	4.12	107.20	5.32	20	5.91	108.64	5.29	36	6.06	107.61	5.37
5	4.59	108.28	5.31	21	5.04	109.03	5.32	37	5.07	107.34	5.47
6	6.05	108.54	5.29	22	4.93	107.87	5.29	38	5.62	108.04	5.62
7	4.41	108.53	5.33	23	5.09	107.92	5.30	39	5.63	108.71	5.30
8	4.02	108.81	5.31	24	5.18	108.06	5.25	40	5.11	108.90	5.28
9	4.41	108.17	5.37	25	5.39	106.54	5.32	41	5.22	108.80	5.38
10	4.47	108.67	5.35	26	5.38	108.03	5.30	42	5.44	108.04	5.83
11	4.59	108.40	5.31	27	5.19	109.17	5.36	43	5.27	107.20	5.30
12	4.96	108.75	5.31	28	5.58	108.64	5.36	44	5.36	108.50	5.45
13	4.89	107.44	5.32	29	5.73	108.37	5.31	45	5.44	108.17	5.86
14	4.66	108.43	5.38	30	6.13	108.44	5.25	46	4.57	107.68	5.51
15	4.65	107.00	5.44	31	6.17	108.63	5.31	47	3.89	108.50	5.36
16	5.70	108.06	5.32	32	5.34	108.57	5.77	48	4.52	108.93	5.66

**Lampiran 21 Data Saccharification (Improvement)**

Data Ke-	Iodine	Temp	DP1	Data Ke-	Iodine	Temp	DP1	Data Ke-	Iodine	Temp	DP1	Data Ke-	Iodine	Temp	DP1
1	3	58.70	95.57	22	3	58.90	95.55	43	3	59.50	94.47	64	3	59.60	95.40
2	3	58.80	95.93	23	3	58.40	95.77	44	3	58.60	95.90	65	3	59.00	95.92
3	3	59.70	95.13	24	3	58.10	96.43	45	3	58.70	95.60	66	3	58.60	96.23
4	3	58.40	95.96	25	3	58.10	95.25	46	3	59.30	95.65	67	3	58.10	95.66
5	3	59.70	95.68	26	3	59.30	96.40	47	3	58.50	96.36	68	3	59.80	96.58
6	3	59.90	95.35	27	3	58.50	96.50	48	3	58.90	95.90	69	4	59.50	96.02
7	3	58.30	95.48	28	3	58.40	95.85	49	3	59.00	95.24	70	3	59.30	97.11
8	3	59.50	95.22	29	4	58.50	96.32	50	3	59.80	95.14	71	3	58.90	95.51
9	3	59.30	95.25	30	3	58.10	95.91	51	3	59.40	95.89	72	3	58.50	95.91
10	3	58.20	97.28	31	3	59.80	96.61	52	3	59.40	96.44	73	3	59.60	95.11
11	3	59.10	95.49	32	3	58.10	95.32	53	3	58.30	95.31	74	3	58.70	96.21
12	3	60.30	94.42	33	3	59.00	97.09	54	3	59.00	95.55	75	3	59.40	97.26
13	3	59.40	96.68	34	3	59.70	95.30	55	4	58.70	96.70	76	3	58.20	95.29
14	3	59.90	96.53	35	3	58.60	96.39	56	3	58.30	95.07	77	3	58.30	95.12
15	3	59.50	95.80	36	3	59.70	97.70	57	3	58.70	95.38	78	3	58.30	96.76
16	3	58.90	95.95	37	3	59.40	95.05	58	3	59.70	95.15	79	3	58.80	96.17
17	3	59.20	95.07	38	3	60.20	94.97	59	3	59.30	95.18	80	4	59.60	95.40
18	3	60.30	94.33	39	3	58.20	96.17	60	3	58.60	95.95	81	3	59.40	96.36
19	3	58.30	95.44	40	3	58.60	97.50	61	3	59.20	95.63	82	3	59.70	96.25
20	3	59.80	95.62	41	3	59.10	95.12	62	3	59.00	96.01	83	3	58.80	96.13
21	3	58.40	96.40	42	3	59.80	95.70	63	3	59.70	95.52	84	3	58.40	95.83

**Lampiran 21 (Lanjutan) Data *Saccharification (Improvement)***

Data Ke-	Iodine	Temp	DP1	Data Ke-	Iodine	Temp	DP1	Data Ke-	Iodine	Temp	DP1	Data Ke-	Iodine	Temp	DP1
85	3	58.20	95.35	106	3	58.50	95.09	127	3	58.40	95.20	148	3	59.70	96.29
86	3	59.80	95.89	107	3	59.00	96.79	128	3	59.10	95.87	149	3	59.50	96.08
87	3	58.50	96.27	108	3	58.60	95.23	129	3	59.50	95.73	150	3	58.80	96.27
88	3	58.40	95.30	109	3	58.10	95.43	130	3	58.70	95.88	151	3	58.80	95.66
89	3	58.30	95.08	110	3	58.70	95.38	131	3	58.00	96.65	152	3	59.80	95.28
90	3	58.10	95.05	111	4	58.50	95.77	132	3	58.90	97.20	153	3	58.20	95.67
91	3	58.60	95.99	112	3	58.50	95.69	133	3	58.90	95.79	154	3	58.50	95.03
92	4	59.80	94.90	113	3	58.40	95.29	134	4	58.80	95.90	155	3	58.90	96.07
93	3	59.80	96.65	114	3	59.80	95.26	135	3	58.00	96.20	156	3	59.90	95.97
94	3	59.00	96.22	115	3	58.60	96.10	136	3	58.30	95.64	157	3	58.50	95.82
95	3	58.60	96.91	116	3	59.60	96.27	137	3	59.60	95.88	158	3	58.60	95.24
96	3	58.50	95.03	117	3	59.20	96.20	138	3	59.60	97.21	159	3	58.10	96.37
97	3	59.20	96.36	118	3	58.30	95.86	139	3	59.30	96.01	160	3	59.00	96.07
98	3	58.90	95.11	119	3	58.90	97.04	140	3	60.00	95.37	161	3	59.60	97.19
99	3	58.60	96.07	120	3	59.60	96.38	141	3	59.00	95.69	162	3	58.30	95.12
100	3	59.50	96.07	121	3	59.30	95.57	142	3	59.10	95.65	163	3	59.10	95.90
101	4	58.60	95.18	122	3	58.20	96.62	143	3	59.70	95.70	164	3	59.50	96.35
102	3	59.40	95.97	123	3	60.30	94.69	144	3	58.40	96.60	165	3	59.50	95.98
103	3	59.30	95.86	124	3	59.40	95.90	145	3	59.40	95.69	166	3	59.00	95.09
104	3	60.00	95.07	125	3	58.60	96.57	146	4	59.10	95.10	167	3	59.80	96.76
105	3	59.90	95.63	126	3	59.90	95.58	147	3	59.00	96.30	168	3	59.90	95.38



**Lampiran 21 (Lanjutan) Data *Saccharification (Improvement)***

Data Ke-	Iodine	Temp	DP1	Data Ke-	Iodine	Temp	DP1	Data Ke-	Iodine	Temp	DP1	Data Ke-	Iodine	Temp	DP1
169	3	58.40	95.03	190	3	58.00	95.92	211	3	58.10	95.64	232	3	59.60	95.35
170	3	59.50	96.06	191	3	59.10	97.13	212	3	58.60	95.41	233	3	60.00	95.17
171	3	60.10	94.68	192	4	60.00	95.58	213	3	59.00	96.67	234	3	59.50	94.92
172	3	60.10	94.78	193	3	58.80	97.04	214	3	59.70	95.62	235	3	58.40	95.57
173	3	59.40	97.02	194	3	60.00	95.76	215	4	59.20	96.39	236	3	58.40	97.02
174	3	59.90	95.69	195	3	59.70	95.18	216	3	58.40	96.36	237	3	59.60	94.77
175	3	59.10	96.52	196	3	58.10	95.58	217	3	58.30	95.56	238	3	58.00	96.58
176	3	59.40	96.69	197	3	59.20	96.22	218	3	58.40	95.79	239	3	58.10	96.72
177	3	58.60	96.24	198	3	59.70	94.81	219	3	58.10	95.93	240	3	58.90	96.42
178	3	58.10	96.64	199	3	59.80	96.24	220	3	59.50	96.13				
179	3	60.00	96.03	200	3	58.40	96.52	221	3	59.20	96.59				
180	3	58.70	96.58	201	3	59.90	96.34	222	3	59.60	95.72				
181	3	58.80	95.74	202	3	59.30	95.94	223	3	59.10	95.34				
182	3	58.00	95.22	203	3	59.20	95.09	224	3	58.10	95.69				
183	3	59.50	95.22	204	3	58.80	96.15	225	4	58.20	95.95				
184	3	58.90	95.30	205	3	58.10	96.31	226	3	58.90	95.45				
185	3	59.60	95.38	206	3	59.20	95.40	227	3	59.10	95.91				
186	3	58.60	95.50	207	3	58.60	95.79	228	3	58.50	95.13				
187	3	58.50	95.71	208	3	58.90	95.68	229	3	58.00	95.73				
188	3	58.50	95.20	209	3	59.70	97.39	230	3	58.70	95.83				
189	3	59.40	95.78	210	3	58.90	95.86	231	3	58.10	95.95				

**Lampiran 22 Data Hydrogenation (Improvement)**

Data Ke-	pH	Waktu Reaksi	Charging	RS	Data Ke-	pH	Waktu Reaksi	Charging	RS	Data Ke-	pH	Waktu Reaksi	Charging	RS
1	5.7	299	30	0.111	22	6.4	300	32	0.056	43	5.3	300	31	0.05
2	6.2	297	32	0.149	23	5.9	300	31	0.071	44	5.0	298	30	0.08
3	6.1	300	33	0.078	24	6.6	299	31	0.046	45	5.1	301	30	0.102
4	6.0	299	31	0.052	25	6.0	301	31	0.109	46	5.4	298	32	0.059
5	5.4	299	30	0.08	26	6.6	300	31	0.089	47	6.6	296	30	0.128
6	6.4	301	30	0.136	27	5.8	299	32	0.1	48	5.8	298	31	0.096
7	6.4	296	30	0.101	28	6.1	303	33	0.11	49	5.3	301	32	0.125
8	5.7	301	32	0.116	29	5.4	296	30	0.071	50	5.1	297	30	0.059
9	5.3	300	30	0.07	30	6.4	302	31	0.144	51	5.0	301	33	0.073
10	5.9	300	32	0.063	31	6.4	301	32	0.142	52	5.3	300	32	0.112
11	6.2	304	32	0.093	32	6.3	303	33	0.112	53	5.7	300	31	0.111
12	6.3	303	32	0.142	33	5.1	300	30	0.055	54	6.3	300	32	0.147
13	6.2	303	30	0.032	34	5.0	302	32	0.077	55	5.2	298	31	0.111
14	6.2	300	32	0.036	35	6.6	299	31	0.103	56	5.9	299	31	0.029
15	6.1	298	30	0.067	36	6.0	302	33	0.056	57	6.1	299	31	0.061
16	5.6	302	33	0.058	37	6.6	299	31	0.07	58	6.3	302	31	0.123
17	5.1	303	33	0.059	38	5.4	301	32	0.078	59	6.1	296	30	0.062
18	5.7	300	33	0.09	39	6.0	302	32	0.076	60	5.1	304	33	0.106
19	6.3	301	32	0.151	40	5.9	299	30	0.058	61	5.9	300	32	0.096
20	5.3	300	33	0.114	41	6.3	299	31	0.065	62	6.0	303	33	0.055
21	6.3	299	32	0.081	42	6.2	301	33	0.083	63	5.5	301	33	0.065

**Lampiran 22 (Lanjutan) Data *Hydrogenation (Improvement)***

Data Ke-	pH	Waktu Reaksi	Charging	RS	Data Ke-	pH	Waktu Reaksi	Charging	RS	Data Ke-	pH	Waktu Reaksi	Charging	RS
64	5.9	300	33	0.1	85	6.2	300	33	0.133	106	6.2	298	30	0.066
65	6.0	299	32	0.084	86	6.6	301	31	0.041	107	5.2	297	30	0.085
66	5.7	302	30	0.094	87	5.8	301	31	0.106	108	6.1	298	30	0.113
67	6.2	302	33	0.125	88	5.0	300	31	0.112	109	5.4	299	32	0.083
68	6.4	299	30	0.135	89	5.1	300	32	0.075	110	6.2	301	32	0.063
69	5.6	300	32	0.115	90	6.5	300	33	0.117	111	6.1	299	31	0.06
70	5.6	300	31	0.102	91	6.6	298	30	0.06	112	5.7	301	31	0.104
71	6.2	302	32	0.046	92	5.5	300	31	0.073	113	5.4	303	32	0.112
72	5.7	300	30	0.115	93	5.7	302	32	0.1	114	6.4	301	33	0.113
73	5.7	300	30	0.118	94	5.1	300	32	0.079	115	6.5	300	30	0.123
74	6.5	299	32	0.131	95	5.9	304	33	0.086	116	6.1	298	30	0.123
75	5.6	302	32	0.054	96	5.9	300	31	0.095	117	5.2	302	32	0.07
76	6.6	299	30	0.139	97	5.3	300	33	0.142	118	5.6	299	33	0.1
77	6.1	300	30	0.106	98	6.3	302	31	0.142	119	6.0	299	30	0.091
78	5.3	302	32	0.051	99	6.0	301	31	0.116	120	5.5	301	32	0.134
79	5.7	301	30	0.057	100	6.6	299	33	0.144	121	6.3	301	33	0.121
80	5.0	305	33	0.129	101	6.1	302	33	0.08	122	6.3	297	30	0.12
81	5.2	302	30	0.096	102	6.3	302	31	0.128	123	5.8	301	33	0.053
82	6.4	299	31	0.03	103	5.7	301	32	0.147	124	6.3	300	32	0.128
83	6.6	298	30	0.146	104	5.0	306	33	0.059	125	6.2	301	33	0.142
84	6.1	301	31	0.134	105	5.6	304	33	0.082	126	6.5	300	30	0.131

**Lampiran 22 (Lanjutan) Data *Hydrogenation (Improvement)***

Data Ke-	pH	Waktu Reaksi	Charging	RS	Data Ke-	pH	Waktu Reaksi	Charging	RS
127	6.6	299	30	0.088	148	6.2	303	33	0.111
128	5.8	302	31	0.088	149	5.5	299	30	0.054
129	5.1	298	30	0.117	150	6.4	299	30	0.125
130	5.4	304	33	0.046	151	5.0	302	33	0.056
131	5.0	303	31	0.107	152	5.6	300	30	0.103
132	5.1	301	31	0.064	153	5.2	298	31	0.078
133	5.2	300	31	0.099	154	5.3	302	33	0.112
134	5.0	296	30	0.054	155	6.4	303	33	0.149
135	5.0	301	31	0.054					
136	5.8	301	31	0.077					
137	6.3	300	30	0.074					
138	5.4	302	33	0.101					
139	5.1	304	32	0.118					
140	5.2	301	32	0.068					
141	5.4	302	31	0.077					
142	5.6	300	32	0.104					
143	5.0	302	32	0.03					
144	5.6	300	32	0.113					
145	5.6	299	30	0.07					
146	6.4	300	30	0.139					
147	5.4	300	31	0.082					

**Lampiran 23 Data Evaporation (Improvement)**

Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
1	5.5	5.4	9.4	22	5.0	5.2	9.2	43	5.1	5.2	8.8	64	5.4	5.4	9.4	85	5.5	5.6	9.0
2	5.5	5.4	9.3	23	5.1	5.7	9.2	44	5.2	5.4	9.1	65	5.4	5.6	9.2	86	5.0	5.7	8.9
3	5.1	5.6	9.0	24	5.4	5.5	9.3	45	5.5	5.5	9.5	66	5.0	5.2	9.3	87	5.3	5.5	8.9
4	5.4	5.5	8.9	25	5.6	5.1	9.3	46	5.0	5.6	9.0	67	5.5	5.6	8.9	88	5.0	5.8	9.5
5	5.0	5.8	9.3	26	5.0	5.6	9.0	47	5.2	5.4	9.0	68	5.4	5.5	9.0	89	5.0	5.3	9.3
6	5.3	5.3	9.5	27	5.2	5.6	8.6	48	5.4	5.4	9.4	69	5.2	5.2	9.5	90	5.1	5.5	9.3
7	5.5	5.2	9.1	28	4.9	5.2	9.0	49	5.4	5.5	9.3	70	4.9	5.1	9.4	91	5.5	5.8	9.5
8	5.5	5.2	9.2	29	5.1	5.8	9.2	50	5.0	5.2	9.3	71	5.0	5.8	9.1	92	5.5	5.3	9.0
9	5.5	5.5	9.2	30	5.5	5.3	9.0	51	5.3	5.7	9.4	72	5.2	5.7	9.1	93	5.2	5.2	8.9
10	5.3	5.5	9.1	31	5.3	5.4	9.2	52	5.6	5.2	9.1	73	5.1	5.6	9.5	94	5.2	5.8	9.0
11	5.3	5.7	9.1	32	5.5	5.5	9.0	53	5.1	5.6	9.3	74	5.6	5.4	9.4	95	4.9	5.5	9.2
12	5.3	5.4	9.1	33	5.3	5.5	9.0	54	5.2	5.5	9.4	75	5.2	5.4	8.9	96	5.5	5.5	9.0
13	5.5	5.4	8.9	34	5.4	5.6	9.1	55	5.2	5.8	9.3	76	5.0	5.8	9.3	97	5.5	5.3	9.3
14	5.4	5.3	9.1	35	5.4	5.6	9.1	56	5.3	5.3	9.5	77	5.1	5.3	9.3	98	5.0	5.3	9.0
15	5.4	5.6	9.4	36	5.3	5.8	9.3	57	5.6	5.5	9.1	78	5.2	5.8	9.0	99	5.5	5.8	9.1
16	5.5	5.3	9.5	37	5.3	5.6	9.4	58	5.3	5.5	9.5	79	5.1	5.3	9.3	100	5.2	5.6	9.4
17	5.6	5.4	9.4	38	5.1	5.1	9.2	59	5.1	5.8	9.3	80	5.4	5.4	9.3	101	5.2	5.8	9.3
18	4.9	5.2	9.4	39	5.2	5.4	9.2	60	5.5	5.2	8.9	81	5.3	5.6	9.5	102	5.6	5.6	9.1
19	4.9	5.5	8.6	40	5.4	5.8	9.2	61	4.9	5.7	8.9	82	5.3	5.2	8.9	103	5.3	5.4	9.6
20	5.3	5.2	9.1	41	5.6	5.7	9.3	62	5.1	5.6	9.2	83	5.5	5.6	9.0	104	5.5	5.3	9.3
21	5.0	5.1	9.5	42	5.3	5.4	8.9	63	5.1	5.7	9.5	84	5.6	5.6	9.2	105	5.4	5.7	9.1

**Lampiran 23 (Lanjutan) Data *Evaporation (Improvement)***

Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3				
106	5.4	5.2	9.2	127	4.9	5.4	9.4	148	5.5	5.8	9.4	169	4.9	5.6	9.5	190	5.2	5.6	9.2
107	5.3	5.6	9.2	128	5.5	5.1	8.9	149	5.1	5.7	9.2	170	5.4	5.1	8.9	191	5.6	5.8	9.2
108	5.6	5.2	9.4	129	5.1	5.8	9.3	150	5.2	5.2	9.5	171	5.3	5.2	8.9	192	5.3	5.2	9.1
109	5.6	5.5	9.3	130	5.3	5.7	9.0	151	5.4	5.5	9.5	172	5.3	5.5	8.9	193	5.1	5.6	9.5
110	5.4	5.3	9.4	131	5.5	5.7	9.3	152	5.6	5.3	9.3	173	5.2	5.3	9.1	194	5.1	5.2	9.5
111	5.6	5.2	9.2	132	5.2	5.2	9.2	153	4.9	5.8	9.3	174	5.4	5.4	9.3	195	5.1	5.4	9.5
112	5.2	5.7	9.5	133	5.1	5.7	9.1	154	5.0	5.4	9.5	175	5.3	5.3	9.4	196	5.1	5.3	9.3
113	5.0	5.4	9.2	134	5.5	5.2	9.1	155	5.3	5.4	9.0	176	5.2	5.2	9.5	197	5.0	5.7	9.2
114	5.3	5.7	9.1	135	5.4	5.2	8.9	156	5.1	5.3	9.1	177	5.3	5.2	9.0	198	5.4	5.3	9.4
115	5.6	5.7	9.3	136	5.5	5.8	9.3	157	5.4	5.2	8.9	178	5.1	5.7	9.5	199	5.3	5.8	9.3
116	5.0	5.3	9.5	137	4.9	5.8	9.5	158	5.2	5.7	9.4	179	5.4	5.3	9.4	200	5.1	5.5	9.1
117	5.2	5.5	9.4	138	5.1	5.5	9.5	159	5.6	5.6	9.2	180	5.0	5.8	8.9	201	4.9	5.5	8.9
118	5.4	5.7	8.9	139	5.2	5.2	9.5	160	5.4	5.2	9.1	181	5.0	5.5	9.4	202	5.0	5.7	9.1
119	5.0	5.4	9.4	140	5.3	5.4	8.9	161	5.4	5.5	9.5	182	5.6	5.5	9.5	203	5.2	5.2	9.3
120	5.0	5.6	8.9	141	5.2	5.3	8.9	162	5.0	5.6	9.0	183	5.6	5.5	8.9	204	5.5	5.7	9.0
121	5.6	5.8	9.3	142	5.2	5.7	8.9	163	4.9	5.1	9.1	184	5.0	5.5	9.2	205	5.1	5.3	9.2
122	5.2	5.3	9.1	143	5.4	5.4	9.1	164	5.5	5.5	8.9	185	5.1	5.6	9.0	206	5.4	5.5	9.2
123	5.6	5.8	9.4	144	5.0	5.7	9.5	165	5.3	5.2	8.9	186	5.4	5.5	9.1	207	5.3	5.2	9.3
124	5.0	5.6	9.3	145	5.5	5.7	9.4	166	5.6	5.5	9.5	187	5.3	5.7	9.2	208	5.3	5.3	9.0
125	5.2	5.7	9.5	146	5.6	5.7	9.1	167	5.1	5.8	9.1	188	5.0	5.5	9.5	209	5.1	5.4	9.0
126	5.4	5.5	9.0	147	5.4	5.6	8.9	168	5.4	5.6	9.0	189	5.0	5.2	9.4	210	4.9	5.5	9.5

**Lampiran 23 (Lanjutan) Data *Evaporation (Improvement)***

Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit			Data Ke-	Evaporator Unit		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
211	5.1	5.5	9.4	232	5.0	5.3	9.1	253	5.0	5.6	9.1
212	4.9	5.5	9.2	233	5.6	5.2	9.2	254	5.3	5.5	9.0
213	5.2	5.6	9.2	234	5.3	5.6	9.3	255	5.4	5.7	9.0
214	5.4	5.7	9.2	235	5.1	5.2	9.0	256	5.5	5.7	8.9
215	5.3	5.2	9.4	236	5.1	5.2	9.5	257	5.2	5.3	8.9
216	5.1	5.7	8.9	237	5.4	5.5	9.1	258	5.2	5.5	9.4
217	5.2	5.4	9.0	238	5.5	5.1	9.1	259	5.5	5.4	8.9
218	5.1	5.3	9.4	239	5.3	5.7	9.1	260	5.4	5.8	9.4
219	5.2	5.5	9.5	240	5.5	5.4	9.0	261	5.5	5.7	9.1
220	5.3	5.6	9.0	241	5.2	5.7	9.2	262	5.2	5.2	8.9
221	5.1	5.5	8.9	242	5.6	5.1	8.9	263	5.6	5.2	9.3
222	5.0	5.5	9.5	243	5.3	5.7	9.7	264	5.4	5.3	9.4
223	5.6	5.8	9.1	244	5.1	5.7	9.2	265	5.0	5.4	9.2
224	5.0	5.8	9.3	245	5.4	5.5	9.0	266	4.9	5.3	9.3
225	5.0	5.5	9.3	246	5.3	5.4	9.3	267	4.9	5.1	8.9
226	5.5	5.4	9.4	247	5.4	5.4	9.1	268	5.5	5.7	9.2
227	5.1	5.5	9.2	248	5.2	5.5	9.0	269	5.5	5.8	9.0
228	5.1	5.4	9.0	249	5.1	5.6	9.2	270	5.3	5.2	9.2
229	5.4	5.6	9.2	250	5.5	5.5	8.9	271	5.3	5.1	8.7
230	5.6	5.5	9.4	251	5.2	5.1	9.5				
231	5.5	5.1	9.1	252	5.6	5.7	9.0				

**Lampiran 24 Data Perencanaan dan *Output* Harian Produksi Bulan Juli 2018 – September 2018**

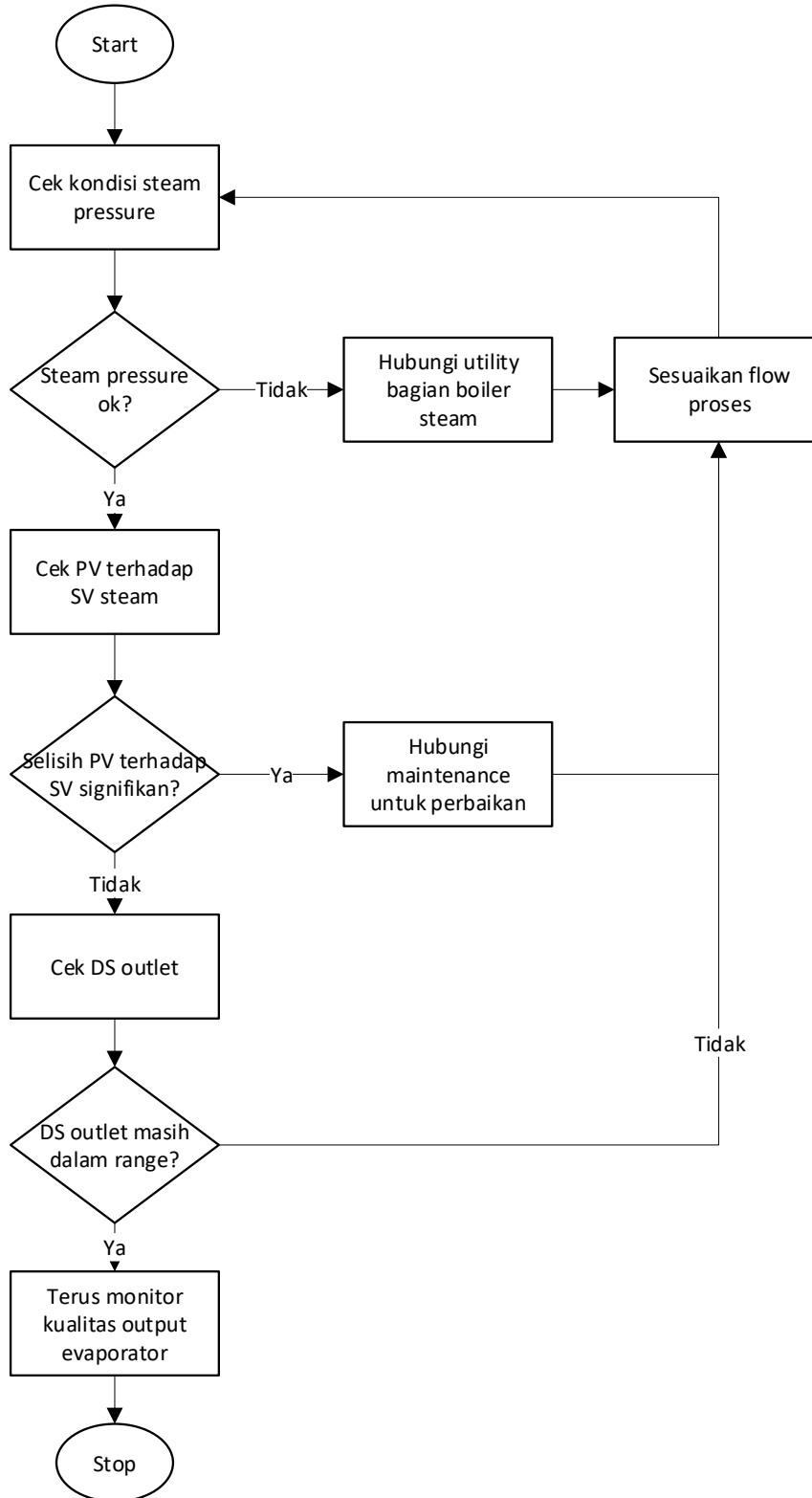
Tanggal	Juli 2018		Agustus 2018		September 2018	
	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual
1	360.0	360.5	340.0	310.0	340.0	330.7
2	360.0	360.8	340.0	325.2	340.0	306.2
3	360.0	360.5	340.0	351.7	340.0	341.8
4	340.0	318.5	340.0	351.7	340.0	341.0
5	360.0	360.8	360.0	351.2	340.0	330.3
6	360.0	360.1	360.0	372.5	340.0	238.2
7	360.0	323.6	360.0	351.5	340.0	340.2
8	0.0	0.0	360.0	308.7	340.0	360.1
9	360.0	300.1	360.0	351.1	340.0	330.0
10	360.0	340.4	360.0	363.0	360.0	360.9
11	360.0	344.8	350.0	342.6	340.0	327.0
12	360.0	312.3	350.0	334.6	360.0	329.9
13	360.0	327.7	350.0	351.5	360.0	360.9
14	360.0	304.0	350.0	355.6	360.0	360.1
15	360.0	317.6	360.0	401.0	360.0	360.3
16	360.0	331.5	360.0	400.3	360.0	302.5
17	360.0	315.3	350.0	350.6	360.0	331.2
18	360.0	317.5	340.0	267.7	360.0	360.3
19	360.0	334.9	0.0	36.3	360.0	360.5
20	340.0	250.1	340.0	300.3	360.0	360.6
21	340.0	305.9	340.0	333.3	320.0	313.6



**Lampiran 24 (Lanjutan) Data Perencanaan dan *Output* Harian Produksi Bulan Juli 2018 – September 2018**

Tanggal	Juli 2018		Agustus 2018		September 2018	
	Plan	Actual	Plan	Actual	Plan	Actual
22	360.0	320.0	350.0	324.0	360.0	320.6
23	360.0	360.7	350.0	314.7	360.0	340.2
24	360.0	360.8	350.0	320.0	360.0	340.2
25	360.0	360.3	350.0	309.4	360.0	340.9
26	340.0	143.8	360.0	335.2	360.0	325.8
27	340.0	360.2	360.0	227.0	360.0	312.2
28	340.0	330.4	360.0	318.1	360.0	360.2
29	340.0	319.8	360.0	315.4	360.0	340.8
30	340.0	279.9	360.0	316.7	360.0	360.9
31	340.0	275.4	360.0	305.7	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>10620.0</b>	<b>9658.2</b>	<b>10570.0</b>	<b>9996.7</b>	<b>10560.0</b>	<b>10088.1</b>

## Lampiran 25 Contoh Prosedur Penyelesaian Masalah (DS Outlet Evaporator Tidak Stabil)



Lampiran 26 Defect Impact Prioritization Table

## Defect Impact Prioritization

Defect ID	Nama Defect	Tanggal RCCA	Rev. No	Rata - rata Defect <i>(ton produk)</i>	Frekuensi Defect <i>(# / bulan)</i>	Dampak Defect <i>(ton / bulan)</i>	Strategi Perbaikan	Pengurangan Defect %	Pembebanan Defect <i>(Skala 0-10)</i>	Pengurangan Dampak <i>(ton/hari produk )</i>
<b>ALL</b>					<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>

Strategi Perbaikan		Pembebanan Defect	
1	Eliminasi	0	Very Slow
2	Pengurangan Frekuensi	1	Very unlikely
3	Pengurangan Dampak	9	Extremely likely
		10	Certain/Fast

## BIOGRAFI PENULIS



**Nama:** Ivan Partana

**Tempat, Tanggal Lahir:** Surabaya, 21 Maret 1985

**Email:** ivan.partana@gmail.com

Penulis merupakan mahasiswa yang berasal dari kota Surabaya, Jawa Timur. Penulis adalah putra kedua dari dua bersaudara yang lahir dari pasangan suami istri Njoo Ie Tik dan Ulan Andriyani. Penulis menikah dengan Irine Paulina pada tahun 2016. Penulis menempuh jenjang pendidikan dasar di Sekolah Dasar Kristen Petra 13, pendidikan menengah pertama di Sekolah Menengah Pertama Kristen Petra 5, pendidikan menengah atas di Sekolah Menengah Atas Kristen Petra 5. Setelah itu penulis melanjutkan studi jenjang S1 di Universitas Kristen Petra dengan jurusan Teknik Industri. Pada tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikannya ke jenjang S2 di Magister Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (M.MT – ITS) dengan mengambil bidang keahlian Manajemen Industri.

Penulis memulai professional karirnya pada tahun 2007 di PT. Pitamas Indonusa dan PT. Musim Mas Sejahtera di bidang *Plant Manufacturing Operations* dan *Continuous Improvement*. Pada tahun 2015 memulai karir di PT. Cargill Indonesia sebagai *Production Section Head* dan posisi saat ini adalah sebagai *Stable Operations Specialist*. Penulis memiliki ketertarikan dalam bidang ilmu pengetahuan manajemen industri yaitu *Operational Management* yang menitik beratkan pada penerapan metode *Lean Six Sigma* yang berfokus pada bidang *Supply Planning* dan *Plant Operations*.