



TESIS - PM 147501

**PENERAPAN *LEAN THINKING* UNTUK MEREDUKSI  
WASTE PADA PROSES PRODUKSI GULA DI PT. PG  
RAJAWALI I UNIT PG KREBET BARU**

VIVY BRILLIANI PUTRI  
NRP.09211650013042

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Dr. Ir. Suparno, M.S.I.E.

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

**PENERAPAN *LEAN THINKING* UNTUK MEREDUKSI *WASTE*  
PADA PROSES PRODUKSI GULA DI PT. PG  
RAJAWALI I UNIT PG KREBET BARU**

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

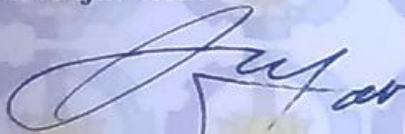
Oleh:

**VIVY BRILLIANI PUTRI**  
**NRP. 09211650013042**

Tanggal Ujian : 12 Juli 2018


Periode Wisuda : September 2018

Disetujui oleh:



1. **Prof. Dr. Ir. Suparno, MSIE**  
**NIP. 194807101976031000**

(Pembimbing)



2. **Dr. Ir. Mokh. Suef, M.Sc (Eng)**  
**NIP. 196506301990031000**

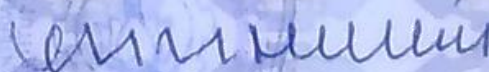
(Penguji)



3. **Dr. Ir. Bustanul Arifin Noer, M.Sc.**  
**NIP. 195904301989031000**

(Penguji)

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi



**Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc**  
**NIP. 195903181987011000**

**PENERAPAN *LEAN THINKING* UNTUK MEREDUKSI WASTE  
PADA PROSES PRODUKSI GULA DI PT. PG RAJAWALI I  
UNIT PG KREBET BARU**

Nama : Vivy Brilliant Putri  
NRP : 09211650013042  
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Suparno, M.S.I.E.

**ABSTRAK**

PT Pabrik Gula Rajawali 1 Unit PG. Kribet Baru merupakan perusahaan yang memproduksi gula berlokasi di Bululawang, Kabupaten Malang. Perusahaan menerapkan *zero waste* dalam pengembangan industri yang sesuai dengan penerapan *lean thinking*. Penelitian ini dimulai dengan identifikasi *waste* pada pengolahan produksi gula. Penentuan *waste* menggunakan *Waste Assessment Relationship Matrix* (WRM) dan *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ). Hasil *waste assesment* dengan rangking tiga besar yaitu: *defect* sebesar 28,88%, *waiting* sebesar 24,35% *unnecessary inventory* sebesar 21,15%.

Evaluasi dilakukan menggunakan metode *value stream analysis tools* (VALSAT) berdasarkan hasil perhitungan total bobot tertinggi yaitu *process activity mapping* (PAM) dengan skor 542,03. Pada *process activity mapping*, diketahui klasifikasi aktivitas antara lima jenis aktivitas yang dapat menimbulkan *waste* yaitu *operation, transportation, inspection, storage, delay* dengan hasil persentase *Value added Activities* (VA) sebesar 37%, *Necessary Non Value added Activities* (NNVA) sebesar 40% dan *Non Value added Activities* (NVA) 23%. *Waste* yang terjadi akan mengakibatkan kurang lancarnya proses produksi dan sehingga perlu dicari akar permasalahan dengan menggunakan *root cause analysis* (RCA). Hasil *root cause analysis* pada *waste defect* yaitu kurangnya pengawasan terhadap tebang angkut tebu dan proses produksi gula, serta kurang ketatnya inspeksi dan pengontrolan pada setiap stasiun produksi, sedangkan pada *waste waiting* yaitu perlunya penambahan *inventory* pada pos gawang dan gudang gula untuk mempercepat proses produksi gula, keterampilan operator sangat dibutuhkan ketika mesin bekerja tidak optimal, dan perlunya penjadwalan pembersihan setiap komponen pada setiap stasiun.

Rekomendasi perbaikan dapat dilakukan dengan memperbaiki proses inspeksi serta pengawasan di setiap stasiun produksi, melakukan perbaikan proses pembersihan komponen, memperbaiki atau meningkatkan kinerja operator dan menambahkan *5S Red Tag*. Perbaikan yang dilakukan peneliti bisa menjadi pertimbangan perusahaan dalam melakukan proses produksi gula yang efektif dan efisien.

**Kata Kunci** : *Lean, Waste, Process Activity Mapping, Value Stream Analysis Tools, Root Cause Analysis, Failure Mode and Effect Analysis*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**APPLICATION OF LEAN THINKING TO REDUCE WASTE  
IN PRODUCTION PROCESS OF SUGAR IN PT. PG  
RAJAWALI I UNIT PG KREBET BARU**

Name : Vivy Brilliantiani Putri  
NRP : 09211650013042  
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Suparno, M.S.I.E

**ABSTRACT**

PT Pabrik Gula Rajawali 1 Unit PG. Kribet Baru is a sugar-production company located in Bululawang, Kabupaten Malang. The company implements zero waste for development of industry in accordance with application of lean thinking. This research begins with identification of waste in process production of sugar. Waste use determination Waste Assessment Relationship Matrix (WRM) and Waste Assessment Questionnaire (WAQ). Result of waste assessment with high rank that is: defect to 28,88%, waiting to 24,35% unnecessary inventory to 21,15%.

Evaluation was conducted for using value stream analysis tools method (VALSAT) based on the highest total weight calculation result is activity mapping process (PAM) with score 542,03. In the activity mapping process, it is known that the classification of activities between the five types of activities that can lead to waste is operation, transportation, inspection, storage, delay with percentage of Value added Activities (VA) of 37%, Necessary Non Value added Activities (NNVA) of 40% and Non Value added Activities (NVA) 23%. Waste that occurs will result in less smooth production process and so need to look for root cause by using root cause analysis (RCA). Result of root cause analysis in waste defect is lack of supervision of sugarcane transportation and sugar production process, and lack of strict inspection and control on each production station, while on waste waiting need additional inventory at post and sugar warehouse to accelerate of production process of sugar, operator skills needed when machine is not working optimally, and necessity of scheduling for cleaning of component at every station.

Improvement recommendations can be made by improving inspection and monitoring processes at each production station, perform cleaning component processes, improving performance operator and adding 5S Red Tag. Improvements made by researchers can be a consideration of companies in the process of producing sugars effectively and efficiently.

**Keywords** : Lean, Waste, Process Activity Mapping, Value Stream Analysis Tools, Root Cause Analysis, Failure Mode and Effect Analysis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia, hidayah dan Rahmat-Nya sehingga Tesis dengan judul “**PENERAPAN *LEAN THINKING* UNTUK MEREDUKSI WASTE PADA PROSES PRODUKSI GULA DI PT. PG RAJAWALI I UNIT PG KREBET BARU**” dapat diselesaikan. Tesis ini disusun sebagai syarat kelulusan pascasarjana S-2 pada Bidang Keahlian Manajemen Industri, Fakultas Teknologi Bisnis dan Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan Tesis ini penyusun banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, petunjuk, saran serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun banyak mengucapkan terima kasih kepada :

1. Papa, Mama, Adik Ami, Budhe Titin dan anggota keluarga yang telah memberikan biaya, motivasi dan doa untuk kelangsungan Tesis ini.
2. Muhammad Fakhruddin dan keluarganya telah memberikan dukungan berupa semangat untuk menyelesaikan Tesis ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Suparno, M.S.I.E. selaku dosen pembimbing penulis yang telah membimbing penulis mulai dari penentuan metode penelitian Tesis yang di ambil, bimbingan, dan motivasi yang telah di berikan sehingga dapat menyelesaikan Tesis.
4. Bapak Dr. Ir. Mokhamad Suef, MSc (Eng), selaku Kepala Departemen Magister Manajemen Teknologi dan dosen wali penulis selama berkuliah di Program Studi Manajemen Industri, Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi ITS.
5. Seluruh staff dan karyawan di Magister Manajemen Teknologi, Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi ITS yang telah banyak membantu dan memberikan informasi kepada penulis dalam mengerjakan Tesis ini.
6. Rekan-rekan Himpunan Mahasiswa Pascasarjana yang selalu memberikan support dan masukan selama pengerjaan Tesis ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah ikut memberi ide dan masukan sehingga terselesaikannya laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan yang disusun ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu diharapkan kritik dan saran dari semua pihak, agar dapat bisa dijadikan perbaikan untuk selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan yang disusun ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, khususnya bagi para pembaca untuk bahan studi review selanjutnya di masa mendatang.



## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	ii
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Proses Produksi Gula .....	7
2.2 <i>Lean Thinking</i> .....	10
2.3 <i>Seven Waste</i> .....	11
2.4 <i>Big Picture Mapping</i> .....	13
2.5 <i>Waste Assesment Quistionnaire</i> .....	14
2.6 <i>Waste Relationship Matrix</i> .....	16
2.7 <i>Adjusment Five Waste Relationship Matrix</i> .....	20
2.8 <i>Value Stream Analysis Tools</i> .....	21
2.9 <i>Root Cause Analysis</i> .....	25
2.10 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> .....	26
2.11 Posisi Penelitian .....	30

BAB III METEDOLOGI PENELITIAN .....	33
3.1 Pendahuluan .....	33
3.2 Pengumpulan Data .....	34
3.3 Pengolahan Data .....	34
3.4 Analisa Data .....	35
3.5 Kesimpulan dan Saran .....	36
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....	37
4.1 Pengumpulan Data .....	37
4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan .....	38
4.2 Pengolahan Data .....	40
4.2.1 Aliran Informasi .....	40
4.2.2 Aliran Material .....	43
4.2.3 Identifikasi <i>Waste</i> Dengan <i>Waste Relationship Matrix</i> .....	57
4.2.4 <i>Five Waste Relationship</i> .....	60
4.2.5 <i>Five Waste Relationship Matrix</i> .....	61
4.2.6 Pengukuran <i>Waste</i> Dengan <i>Waste Assessment Questionare</i> .....	61
4.2.7 Identifikasi <i>Value Stream Mapping</i> .....	68
4.2.8 Pemilihan <i>Value Stream Mapping</i> .....	69
4.2.9 <i>Process Activity Mapping</i> .....	70
BAB V ANALISA DAN INTERPRESTASI DATA .....	75
5.1 Analisis Hasil.....	75
5.2 Pembahasan .....	75
5.2.1 <i>Root Cause Analysis</i> .....	76
5.2.1.1 <i>Root Cause Analysis</i> pada <i>Waste Defect</i> .....	76
5.2.1.2 <i>Root Cause Analysis</i> pada <i>Waste Waiting</i> .....	77
5.2.2 <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> .....	78

5.2.2.1 Penentuan <i>Severity, Occurance, Detection</i> (SOD) .....	79
5.2.2.2 <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> pada <i>Waste Defect</i> .....	82
5.2.2.3 <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> pada <i>Waste Waiting</i> .....	84
5.2.3 Rekomendasi Tindakan Penanganan Kegagalan Proses .....	87
5.2.4 Usulan Perbaikan .....	90
5.2.4.1 Penyusunan Alternatif Perbaikan .....	91
5.2.4.2 Pemilihan Alternatif Perbaikan .....	92
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	95
6.1 Kesimpulan .....	95
6.2 Saran .....	96
DAFTAR PUSTAKA .....	97

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

1.1 Jumlah Tebu dan Produksi Gula.....	2
2.1 Skema Proses Produksi Gula PG. Krebet Baru.....	7
2.2 <i>Flowsheet</i> Produksi Gula PG. Krebet Baru .....	8
2.3 <i>The Seven Wastes</i> .....	12
2.4 Simbol <i>Big Picture Mapping</i> .....	13
2.5 Contoh <i>Big Picture Mapping</i> .....	14
2.6 <i>Seven Waste Relationship</i> .....	17
2.7 <i>Five Waste Relationship</i> .....	20
2.8 <i>Worksheet</i> FMEA .....	30
3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	33
4.1 Struktur Organisasi PG Krebet Baru .....	39
4.2 Skema Aliran Informasi .....	42
4.3 <i>Layout</i> PG Krebet Baru .....	43
4.4 Skema Aliran Material .....	54
4.5 <i>Layout</i> Setiap Stasiun di PG Krebet Baru .....	55
4.6 Tata Letak Produksi Gula di PG Krebet Baru .....	55
4.7 <i>Big Picture Mapping</i> PG Krebet Baru .....	56
4.8 Perbandingan Brix antara Produksi dan Cacat Tahun 2017.....	55
4.9 Perbandingan Berat Bruto dan Berat Tarra (Sampling 20 Truk pada bulan Juni, 2017).....	58
4.10 Antrian Truk Sebelum Memasuki Emplasemen .....	59
4.11 Pencataan Manual .....	59
4.12 Ranking Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment</i> .....	68
4.13 Ranking Hasil Perhitungan <i>Value Stream Mapping</i> .....	70

4.14 Hasil Klasifikasi VA, NNVA, NVA .....	73
4.15 Hasil Klasifikasi Lima Jenis Aktivitas .....	74

## DAFTAR TABEL

2.1 Keterkaitan <i>Seven Waste Relationship</i> .....	17
2.2 Daftar Pertanyaan untuk <i>Waste Relationship Matrix</i> .....	18
2.3 Konversi Skor Keterkaitan antar <i>Waste</i> .....	19
2.4 <i>Seven Waste Relationship Matrix</i> .....	19
2.5 Keterkaitan <i>Five Waste Relationship</i> .....	21
2.6 <i>Five Waste Relationship Matrix</i> .....	21
2.7 <i>The Seven Value Stream Mapping</i> .....	22
2.8 Nilai <i>Severity</i> .....	27
2.9 Nilai <i>Occurance</i> .....	28
2.10 Nilai <i>Detection</i> .....	29
2.11 Posisi Penelitian .....	31
2.12 Posisi Penelitian (Lanjutan) .....	32
4.1 Keterkaitan Antar <i>Waste</i> .....	60
4.2 <i>Waste Relationship Matrix</i> .....	61
4.3 <i>Waste Value Matrix</i> .....	61
4.4 Jumlah Jenis Pertanyaan Pada Kuesioner .....	63
4.5 Bobot Awal Berdasarkan <i>Waste Relationship Matrix</i> .....	64
4.6 Bobot pertanyaan dibagi $N_i$ , serta jumlah skor ( $S_j$ ) dan frekuensi ( $F_j$ ) .....	65
4.7 Jawaban Responden Untuk <i>Waste Assessment Questionnaire</i> .....	65
4.8 Penilaian Bobot dari Penilaian Kuesioner, Jumlah Skor ( $s_j$ ), Frekuensi ( $f_j$ ) ..	66
4.9 Nilai Indikator Awal ( $Y_j$ ) .....	67
4.10 Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment</i> .....	67
4.11 Hasil Perhitungan dengan Metode VALSAT .....	69
4.12 <i>Process Activity Mapping</i> Produksi Gula .....	72

4.13 Klasifikasi Aktivitas .....	73
5.1 <i>Root Cause Analysis</i> pada <i>Waste Defect</i> .....	76
5.2 <i>Root Cause Analysis</i> pada <i>Waste Defect</i> (Lanjutan) .....	77
5.3 <i>Root Cause Analysis</i> pada <i>Waste Waiting</i> .....	77
5.4 <i>Root Cause Analysis</i> pada <i>Waste Waiting</i> (Lanjutan) .....	78
5.5 Rating <i>Severity</i> pada <i>Waste Defect</i> .....	79
5.6 Rating <i>Severity</i> pada <i>Waste Waiting</i> .....	80
5.7 Rating <i>Occurance</i> pada <i>Waste Defect</i> .....	80
5.8 Rating <i>Occurance</i> pada <i>Waste Waiting</i> .....	81
5.9 Rating <i>Detection</i> pada <i>Waste Defect</i> dan <i>Waste Waiting</i> .....	81
5.10 Rating <i>Detection</i> pada <i>Waste Defect</i> dan <i>Waste Waiting</i> (Lanjutan) .....	82
5.11 Hasil Penilaian FMEA pada <i>Waste Defect</i> .....	82
5.12 Hasil Penilaian FMEA pada <i>Waste Defect</i> (Lanjutan) .....	83
5.13 Hasil Penilaian FMEA pada <i>Waste Waiting</i> .....	84
5.14 Hasil Penilaian FMEA pada <i>Waste Waiting</i> (Lanjutan) .....	85
5.15 Hasil Penilaian FMEA pada <i>Waste Waiting</i> (Lanjutan) .....	86
5.16 Hasil Rekomendasi Penanganan Kegagalan Proses Produksi Gula pada <i>Waste Defect</i> .....	87
5.17 Hasil Rekomendasi Penanganan Kegagalan Proses Produksi Gula pada <i>Waste Defect</i> (Lanjutan) .....	88
5.18 Hasil Rekomendasi Penanganan Kegagalan Proses Produksi Gula pada <i>Waste Waiting</i> .....	89
5.19 Hasil Rekomendasi Penanganan Kegagalan Proses Produksi Gula pada <i>Waste Waiting</i> (Lanjutan) .....	90
5.20 Alternatif Perbaikan .....	91
5.21 Hasil Penilaian Alternatif Usulan Perbaikan .....	92



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT Pabrik Gula Rajawali 1 Unit PG. Krebet Baru merupakan anak perusahaan PT PPEN Rajawali Nusantara Indonesia (Persero) yang bergerak di bidang agro industri berbasis tebu dan gula. Visi PT Pabrik Gula Rajawali 1 Unit PG. Krebet Baru menjadi industri manufaktur berbasis di bidang produksi gula yang unggul dalam persaingan global terus meningkatkan kinerja terbaik melalui pencapaian produktivitas dan efektivitas, yang berorientasi kualitas produk, pelayanan pelanggan prima serta menjadi perusahaan yang memiliki komitmen tinggi terhadap kelestarian lingkungan. PT. PG. Rajawali 1 Unit PG. Krebet Baru menerapkan *zero waste* dalam pengembangan industri berbasis di bidang produksi gula yang unggul dan berperan aktif dalam melaksanakan program pemerintah di bidang produksi energi alternatif yang berdaya saing, melaksanakan operasional perusahaan dengan menerapkan manajemen modern berbasis IT dan prinsip-prinsip “*Good Corporate Governance*”.

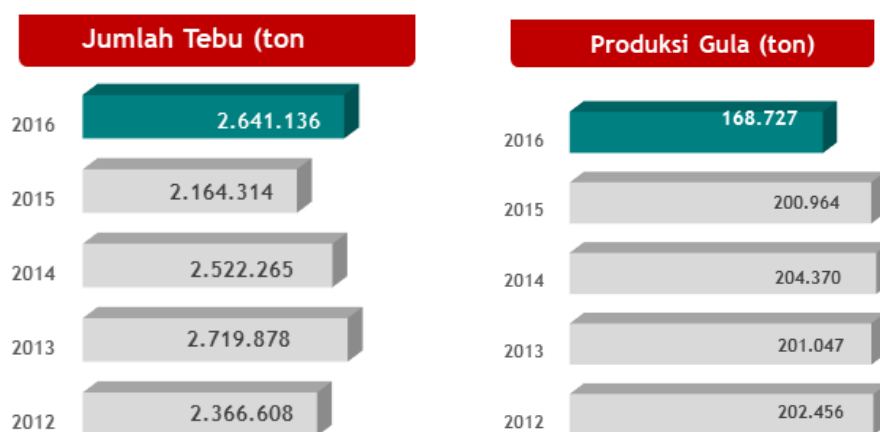
*Lean* merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk menganalisis aktivitas yang termasuk dalam tipe *waste*. *Waste* yang dimaksud adalah segala aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam transformasi *input* menjadi *output* sepanjang *value stream*. Apabila *waste* dapat diminimalisir maka lead time produksi dapat direduksi, biaya dapat ditekan dan kualitas produk gula dapat terjaga.

*Waste* yang dapat muncul pada proses produksi terdiri dari tujuh jenis yaitu *over production, inventory, defect, unnecessary motion, transportation, inappropriate process, dan waiting* (Hines, P. and Taylor, D., 2000). *Waste* merupakan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah bagi pabrik pengolah. Pencarian akar masalah *waste* pada suatu proses produksi dapat menggunakan *value stream mapping* (Hines, P. and Rich, N., 1997). *Value stream mapping* merupakan alat yang dikembangkan untuk mempermudah pemahaman terhadap *value stream* dan mengidentifikasi pemborosan untuk membuat perbaikan sistem

dengan mengetahui faktor-faktor yang menyebabkannya (Nuruddin, A.W., et al., 2013). *Value stream mapping* memiliki tujuh macam *tools* yang dikembangkan (Hines, P. and Rich, N., 1997) yaitu *Process Activity Mapping*, *Supply Chain Respon Matrix*, *Production Variety Funnel*, *Quality Filter Mapping*, *Demand Amplification Mapping*, *Decision Point Analysis*, dan *Physical Structure*.

Penentuan pemilihan *tools* yang digunakan untuk identifikasi *waste* menggunakan kuesioner *waste assessment relationship matrix* dan *waste assessment questionnaire*. Penggunaan model ini dapat mencakup berbagai hal dan mampu memberikan hasil identifikasi akar penyebab dari *waste* (Rawabdeh, I.A., 2005).

PT. PG. Rajawali 1 Unit PG. Kreet Baru tiap tahun memproduksi gula berdasarkan gambar 1.1 perbandingan antara jumlah tebu yang digiling dengan hasil produksi berupa gula terdapat kuantitas yang tidak seimbang setiap tahunnya, salah satunya pada tahun 2015 dengan 2016 jumlah tebu digiling lebih banyak di tahun 2016 namun gula yang dihasilkan lebih sedikit dan lebih banyak gula yang dihasilkan pada tahun 2015. Permasalahan seperti ini yang dihadapi oleh pabrik gula sehingga perlu di analisa dari segi aktivitas produksi gula untuk mencari akar permasalahan apa saja pada pemborosan.



Gambar 1.1 Jumlah Tebu dan Produksi Gula  
Sumber: Data Internal PG. Kreet Baru

Permasalahan yang di hadapi oleh PT. PG. Rajawali I Unit PG. Kreet Baru adalah banyaknya *waste* yang terjadi pada proses produksi gula, berdasarkan Shigeo Shingo dibedakan menjadi tujuh *waste* sehingga dengan mudah

mengelompokkan tipe *waste* pada proses produksi gula diantaranya yaitu terjadi kualitas nira yang rendah karena kelebihan produksi pada awal giling termasuk *waste* tipe *overproduction*. Adanya cacat tebu, cacat produk gula dan cacat produk tetes karena buruknya kualitas termasuk *waste* tipe *defects*. Terjadinya delay tebu berupa kuantitas storage termasuk *waste* tipe *unnecessary inventory*. Proses giling awal tidak memproduksi gula selama 3 hari dan tetes selama 5 hari sehingga proses ini tidak memiliki nilai tambah termasuk *waste* tipe *inappropriate processing*. Antrian truk tebu di luar pabrik gula sebelum memasuki meja tebu dengan lahan parkir yang terbatas merupakan *waste* tipe *excessive transportation*. Supply nira yang terlambat karena kelebihan produksi, sehingga diproduksi pada keesokan harinya maka termasuk *waste* tipe *waiting*. Kegiatan pencatatan secara tertulis dan pengetikan di komputer dari inspeksi pada proses inspeksi truk pengangkut tebu adalah kegiatan yang tidak perlu serta tidak memiliki nilai tambah, termasuk *waste* tipe *unnecessary motion*.

Berkaitan dengan produksi gula, kegiatan *non value added* dan *waste* memerlukan perhatian khusus untuk mengeliminasi dan mereduksinya, karena dengan mengeliminasi dan mereduksi *waste* yang terjadi dapat menjadikan proses produksi lebih efektif dan efisien sehingga akan berdampak pada peningkatan produksi perusahaan.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi *waste* yang terjadi dalam *value stream*, melakukan visualisasi *value stream* dengan *big picture mapping* dan *value stream mapping tools*, dan mempertimbangkan aliran material dan informasi yang ada dalam perusahaan. Dari hasil visualisasi tersebut akan membantu analisa yang akan digunakan perusahaan untuk meminimasi *waste* dan meningkatkan efisiensi proses produksi.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana mengidentifikasi alur proses produksi gula di di PT. PG. Rajawali 1 Unit PG. Krebet Baru beserta *waste* kritis yang terjadi dengan penerapan *lean thinking* dan memberikan usulan perbaikan untuk meminimasi *waste* kritis.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi aktivitas-aktivitas produksi yang menimbulkan *waste* dan aktivitas *non-value added* di PT. PG. Rajawali 1 Unit PG. Kreet Baru.
2. Menganalisa faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *waste* dan aktivitas *non-value added*.
3. Memberikan usulan perbaikan untuk meningkatkan produktivitas dengan meminimasi *waste*.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah :

1. Perusahaan lebih mudah dalam memantau dan mengevaluasi aktivitas produksi melalui *value stream*.
2. Perusahaan dapat mengetahui sistem produksi yang terdapat *waste* dan aktivitas *non-value added*, sehingga dapat meminimasi atau meniadakan aktivitas.
3. Perusahaan akan mendapatkan usulan perbaikan dalam meminimasi *waste* dalam memperbaiki sistem produksi.

### **1.5 Batasan Penelitian**

Batasan penelitian yang digunakan oleh peneliti adalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan saat masa giling gula pada Juli-November 2017 di PT. PG. Rajawali I Unit PG Kreet Baru.
2. *Waste* yang diteliti menggunakan tujuh tipe *waste* berdasarkan definisi oleh Shiego Shingo (Hines, P. and Taylor, D., 2000).
3. Aktivitas produksi berlangsung normal tanpa adanya kerusakan peralatan dan mesin.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika dalam penulisan di dalam penyajian penelitian ini, maka penulis membuat uraian secara garis besar pada setiap bab adalah sebagai berikut:

## **BAB I            PENDAHULUAN**

Membahas mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan dan asumsi penelitian yang digunakan dalam menyelesaikan masalah dan sistematika penulisan.

## **BAB II      TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi uraian teori serta beberapa penelitian terdahulu yang digunakan pada penelitian sebagai acuan dasar teori mulai dari definisi, konsep serta manfaat untuk meminimasi *waste* pada produktivitas yang terkait dengan *Lean Thinking*, *Big Picture Mapping*, *Waste Relationship Matrix*, *Waste Assesment Quistionnaire*, *Value Stream Analysis Tools*, *Process Activity Mapping*, *Root Cause Analysis* dan *Failure Mode and Effect Analysis* dalam penelitian ini.

## **BAB III     METODOLOGI PENELITIAN**

Membahas tentang tahapan dan *flowchart* yang dilakukan dalam penelitian secara sistematis digunakan untuk menyelesaikan permasalahan sesuai dengan tujuan penelitian. Tahapan yang sistematis meliputi identifikasi masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, pengumpulan dan pengolahan data serta analisis dan interpretasi hasil.

## **BAB IV     PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Membahas mengenai pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian, pengumpulan data primer dan data sekunder didapatkan dari wawancara, pengamatan, dan data historis perusahaan. Selanjutnya pengolahan data dilakukan sesuai tahapan metodologi penelitian dari *Big Picture Mapping* sebagai penggambaran produktivitas perusahaan, kemudian mengidentifikasi dan pengukuran *waste* dengan menyebarkan kuesioner berdasarkan *Waste Assesment Quistionnaire*, agar dapat dilakukan pembobotan pada matrix yang digunakan sesuai dengan *Waste Relationship Matrix*.

## **BAB V      ANALISIS DAN INTERPRESTASI HASIL**

Berisi mengenai uraian analisis terkait hasil pengolahan data yang telah dilakukan, pemilihan *Value Stream Mapping Tools* dengan pendekatan metode *Value Stream Analysis Tool* bertujuan untuk *detailed mapping* agar teridentifikasi dengan jelas, analisa data dengan *Process Activity Mapping* berdasarkan *Value Stream Analysis Tool* untuk merepresentasikan data, kemudian menganalisa faktor-faktor penyebab terjadinya *waste* dengan menggunakan *Root Cause Analysis*, setelah mengetahui penyebab *waste* maka dilakukan analisa dampak dengan *Potential Failure Mode* untuk mengetahui potensi mode kegagalan yang teridentifikasi dan melakukan analisa *Failure Mode and Effect Analysis* berdasarkan perhitungan *Risk Priority Number*.

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi kesimpulan terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan terkait permasalahan dan tujuan penelitian serta usulan perbaikan untuk meminimasi *waste* pada produktivitas. Saran-saran yang diperlukan bagi perusahaan, penulis dan penelitian selanjutnya.

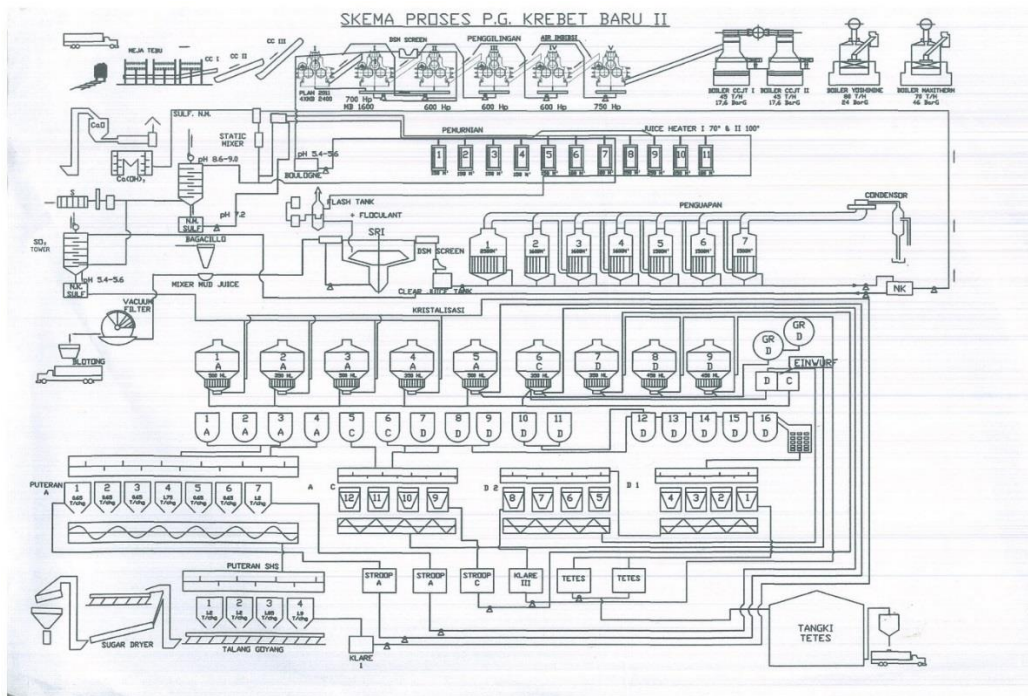
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Proses Produksi Gula

Proses produksi pada PT. PG. Krebet Baru adalah proses pengolahan bahan baku tebu menjadi barang jadi yang siap digunakan berupa gula. Selain memproduksi gula, produk sampingan PT. PG. Krebet Baru adalah tetes tebu dan ampas seperti blotong yang digunakan sebagai bahan bakar dan pupuk.

Adapun proses pembuatan gula dan tetes dikerjakan melalui beberapa stasiun yaitu sebagai berikut :



Gambar 2.1 Skema Proses Produksi Gula PG. Krebet Baru

Sumber : PG. Krebet Baru, 2017

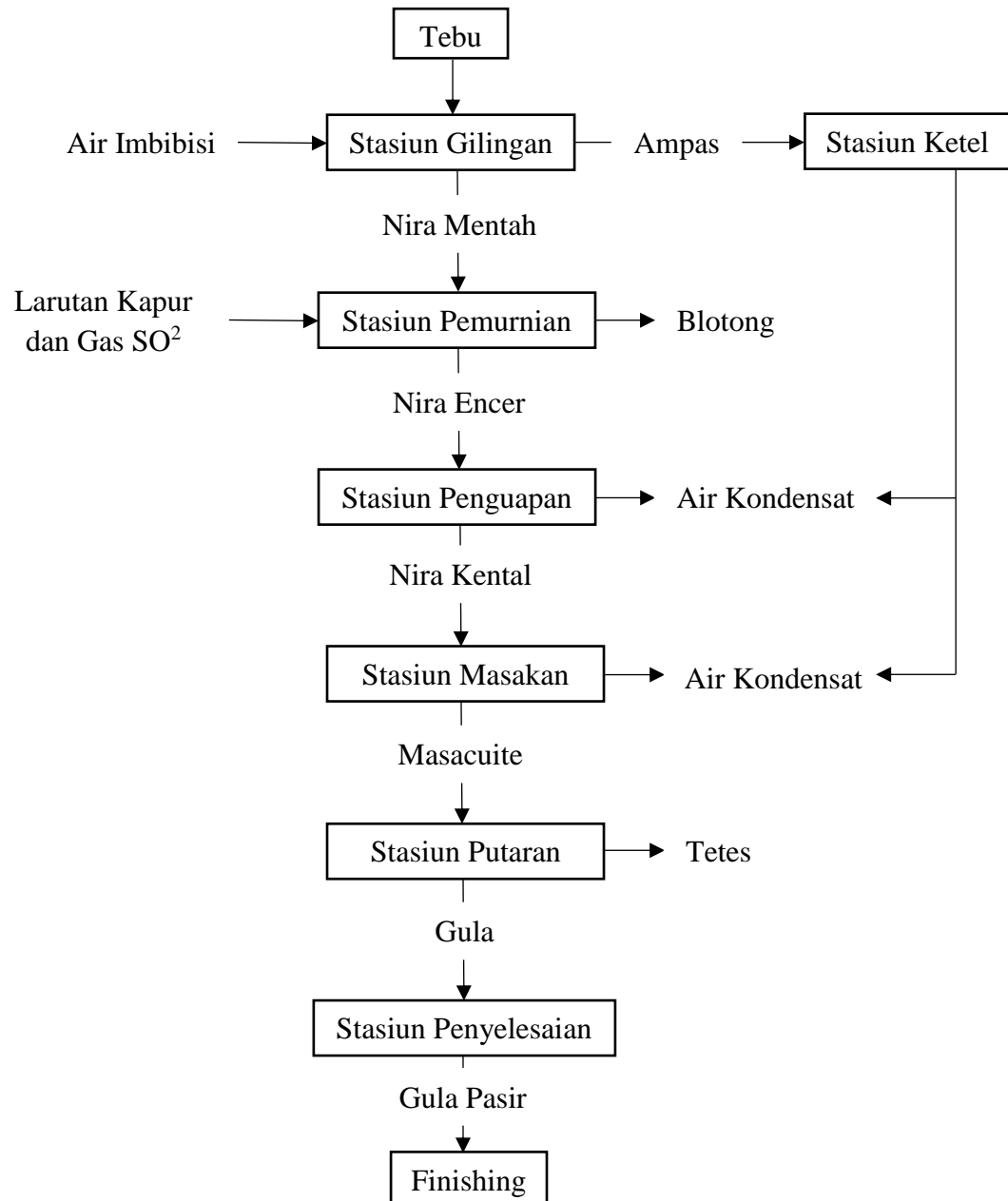
Proses produksi pada PT. PG. Krebet Baru dibagi menjadi 2 masa, yaitu :

a. Dalam Masa Gilling

Kegiatan produksi dimulai pada akhir bulan mei atau awal bulan juni sampai akhir bulan november atau awal bulan Desember. Dalam proses produksinya perusahaan bekerja secara kontinyu selama 24 jam per hari sampai masa gilling selesai.

b. Luar Masa Gilling

Kegiatan ini berlangsung antara bulan Desember sampai dengan bulan Mei. Pada masa ini tidak terjadi proses produksi karena kegiatan perusahaan hanya terpusat pada perbaikan kerusakan yang mungkingterjadi dan pemeliharaan mesin-mesin dan peralatan lainnya yang dimaksudkan untuk persiapan kegiatan produksi yang akan dilakukan pada masa giling berikutnya.



Gambar 2.2 *Flowsheet* Produksi Gula PG. Kreet Baru

Sumber : Data Internal PG. Kreet Baru, 2017



a. Stasiun Gilingan.

Stasiun gilingan merupakan proses awal dalam kegiatan produksi gula. Di stasiun ini tebu digiling untuk mendapatkan nira mentah sebanyak-banyaknya dengan ditambahkan air imbibisi agar kandungan air gula yang masih ada dalam ampas akan larut, sehingga ampas akhir diharapkan mengandung kadar gula serendah mungkin. Selain nira mentah, dalam proses ini akan menghasilkan ampas akhir yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar di stasiun ketel yang memproduksi uap.

b. Stasiun Pemurnian

Tujuan dari proses di stasiun pemurnian adalah untuk memisahkan kotoran-kotoran bukan gula yang terkandung dalam nira mentah, sehingga diperoleh nira bersih yang dinamakan nira encer atau jernih. Selain itu, nira jernih dalam proses ini juga mendapatkan kotoran padat yang disebut blotong yang dapat didaur ulang menjadi pupuk organik. Memurnikan nira dalam stasiun pemurnian nira ini menggunakan sistem sulfitasi, sehingga bahan kimia yang dipakai adalah larutan kapur dan gas  $\text{SO}_2$ , yang berasal dari pembakaran belerang padat.

c. Stasiun Penguapan

Nira encer hasil pemurnian yang masih banyak mengandung air diuapkan di stasiun penguapan, sehingga akan diperoleh nira kental dengan kekentalan tertentu. Hasil sampingan dari proses ini adalah air kondensat yang dimanfaatkan sebagai air umpan di stasiun ketel.

d. Stasiun Masakan

Pada stasiun masakan dilakukan proses kristalisasi, yaitu mengambil alih gula dalam nira kental sebanyak-banyaknya untuk dijadikan kristal dengan ukuran tertentu yang dikehendaki. Proses kristalisasi ini akan memperoleh larutan kristal gula yang disebut masacuite. Hasil samping dari proses ini berupa air kondensat yang dimanfaatkan sebagai air umpan di stasiun ketel.

e. Stasiun Putaran

Proses yang dilakukan di stasiun ini adalah melakukan pemutaran masacuite yang bertujuan untuk memisahkan kristal gula dalam larutan berupa sirup, sehingga menghasilkan produk gula pasir dan tetes.

f. Stasiun Penyelesaian

Kristal gula yang dihasilkan dari stasiun putaran masih memiliki kandungan air walaupun relatif rendah, sehingga air perlu dipisahkan dengan dikeringkan. Setelah proses pengeringan, gula hasil produksi dikemas ke dalam karung gula dengan berat 50 kilogram dan 1 kilogram yang telah disiapkan. Selanjutnya gula yang sudah dikemas disimpan di gudang gula.

## **2.2 Lean Thinking**

Dasar pemikiran dari *lean thinking* adalah berusaha menghilangkan *waste* atau pemborosan di dalam proses, atau dapat juga dikatakan sebagai suatu konsep perampingan atau efisiensi. Konsep *lean thinking* ini dapat diaplikasikan pada perusahaan manufaktur maupun jasa, karena pada dasarnya efisiensi selalu menjadi target yang ingin dicapai oleh semua perusahaan.

Untuk dapat mengaplikasikan konsep *lean thinking* pada perusahaan, baik itu perusahaan jasa ataupun manufaktur, maka perusahaan harus mampu untuk mengidentifikasi kebutuhan dari konsumen, dan apa yang dipentingkan oleh konsumen. Pendekatan ini merupakan filosofi dasar untuk mengoptimalkan performansi sistem manufaktur. Melalui *continous improvement* maka dapat terlihat gap antara penerapan sistem secara optimal dengan sistem sebelumnya.

Konsep *lean thinking* dirintis di Jepang oleh Taichi Ono, dan Sensei Shigeo Shingo, dimana implementasi dari konsep ini didasarkan pada 5 prinsip utama (Hines, P. and Taylor, D., 2000) yaitu:

1. *Specify Value*

Menentukan apa yang dapat atau tidak dapat memberikan *value* dari suatu produk atau pelayanan, dipandang dari sudut pandang konsumen. Perusahaan harus fokus pada *customer needs*.

2. *Identify Whole Value Stream*

Mengidentifikasi tahapan-tahapan yang diperlukan, mulai dari proses desain, pemesanan dan pembuatan produk berdasarkan keseluruhan *value stream* untuk menemukan *waste* yang tidak memiliki nilai tambah atau *non value adding activity*.

3. *Flow*

Melakukan aktivitas yang dapat menciptakan suatu nilai tanpa adanya gangguan, proses rework, aliran balik atau *backflow*, aktivitas menunggu, dan juga sisa produksi.

4. *Pulled*

Mengetahui aktivitas-aktivitas penting yang digunakan untuk membuat apa yang diinginkan oleh *customer*.

5. *Perfection*

Berusaha mencapai kesempurnaan dengan menghilangkan *waste* secara bertahap dan berkelanjutan, sehingga *waste* yang terjadi dapat dihilangkan secara total dari proses yang ada.

### 2.3 Seven Wastes

*Seven waste* yang umum dikenal di dalam *lean*. Ada 7 macam *waste* yang didefinisikan menurut Shigeo Shingo (Hines, P. and Taylor, D., 2000) yaitu :

1. *Overproduction* atau Produksi yang berlebihan

*Waste* atau pemborosan yang terjadi karena kelebihan produksi baik yang berbentuk *finished goods* atau barang jadi maupun barang setengah jadi tetapi tidak ada *order* dari *customer*. Beberapa alasan akan adanya *overproduction* atau kelebihan produksi misalnya waktu *setup* mesin yang lama, kualitas yang rendah.

2. *Defects* atau cacat

*Waste* yang terjadi karena buruknya kualitas atau adanya kerusakan sehingga diperlukan perbaikan. Ini akan menyebabkan biaya tambahan yang berupa biaya tenaga kerja, komponen yang digunakan dalam perbaikan dan biaya-biaya lainnya.

3. *Unnecessary Inventory* atau persediaan barang yang tidak perlu

*Waste* yang terjadi karena *inventory* berupa kuantitas *storage* yang berlebih serta *delay* material atau produk sehingga mengakibatkan peningkatan biaya dan penurunan kualitas pelayanan terhadap *customer*.

4. *Inappropriate Processing* atau proses yang tidak tepat

Tidak setiap proses bisa memberikan nilai tambah bagi produk yang diproduksi. Proses yang tidak memberikan nilai tambah ini merupakan

pemborosan pada proses yang berlebihan. Contohnya : proses inspeksi yang berulang kali, proses persetujuan yang harus melewati banyak orang, proses pembersihan. Semua *customer* menginginkan produk yang berkualitas, tetapi yang terpenting adalah bukan proses inspeksi berulang kali yang diperlukan, tetapi bagaimana menjamin kualitas produk pada saat pembuatannya. Yang harus kita lakukan adalah mencari *root cause* atau akar penyebab dari suatu permasalahan dan mengambil tindakan atau *counter measure* yang sesuai dengan akar penyebab.

5. *Excessive Transportation*

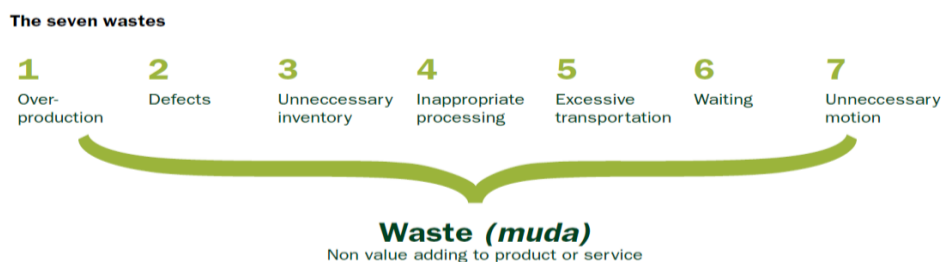
*Waste* yang terjadi karena *layout* produksi yang buruk, pengorganisasian tempat kerja yang kurang baik sehingga memerlukan kegiatan pemindahan barang dari satu tempat ke tempat lainnya. Contohnya letak gudang yang jauh dari produksi.

6. *Waiting*

Saat seseorang atau mesin tidak melakukan pekerjaan, status tersebut disebut menunggu. Menunggu bisa dikarenakan proses yang tidak seimbang sehingga ada pekerja maupun mesin yang harus menunggu untuk melakukan pekerjaannya, adanya kerusakan mesin, *supply* komponen yang terlambat, hilangnya alat kerja ataupun menunggu keputusan atau informasi tertentu.

7. *Unnecessary Motion* atau gerakan tidak diperlukan

*Waste* yang terjadi karena gerakan – gerakan pekerja maupun mesin yang tidak perlu dan tidak memberikan nilai tambah terhadap produk tersebut. Contohnya peletakan komponen yang jauh dari jangkauan operator, sehingga memerlukan gerakan.



Gambar 2.3 *The Seven Wastes*

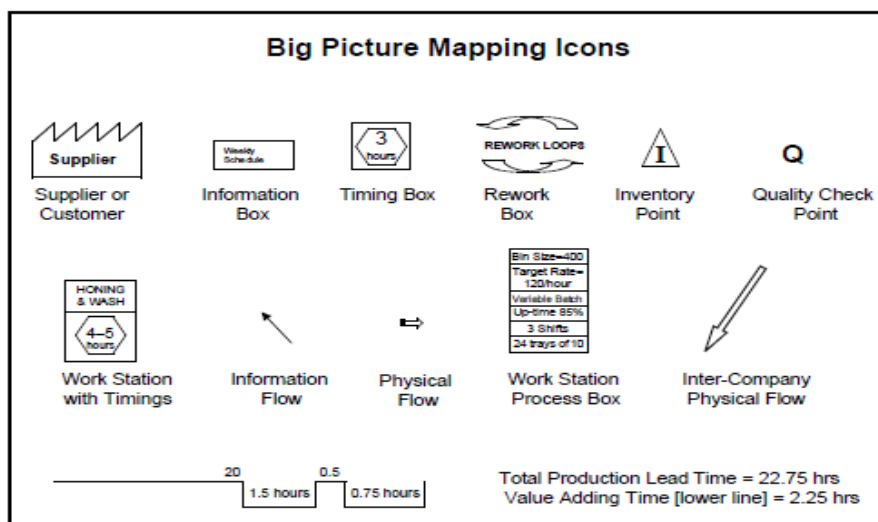
Sumber : Hines, P. and Taylor, D., 2000

## 2.4 Big Picture Mapping

*Big picture mapping* sebuah alat yang digunakan untuk menggambarkan suatu sistem secara keseluruhan beserta aliran nilai atau *value stream* yang terdapat di perusahaan (Hines, P. and Taylor, D., 2000). Sehingga nantinya diperoleh gambaran mengenai aliran informasi dan aliran fisik dari sistem yang ada, mengidentifikasi dimana terjadinya *waste*, serta menggambarkan *lead time* yang dibutuhkan dari masing-masing karakteristik proses yang terjadi.

Dengan *big picture mapping*, dapat diketahui aliran informasi dan fisik dalam sistem, *lead time* yang dibutuhkan dari masing-masing proses yang terjadi (Tjiong, W. dan Singgih, M.L., 2011). Tujuan dari *big picture mapping* adalah untuk membuat dan menyalurkan produk atau jasa kepada konsumen akhir. Rangkaian atau jaringan ini terbentang dari penambang bahan mentah di bagian hulu sampai *retailer* maupun toko pada bagian hilir.

Data tersebut dapat diperoleh dengan melakukan interview dengan karyawan yang terkait dan observasi lapangan. Berdasarkan pada observasi sampel, data dari *time process* dapat diperoleh melalui penggunaan *stopwatch*. Cara pengambilan waktu untuk kegiatan rutin diambil pada hari yang berbeda - beda kemudian diambil rata - ratanya. Dengan kata lain, *time process* diambil secara random pada waktu yang random pula.

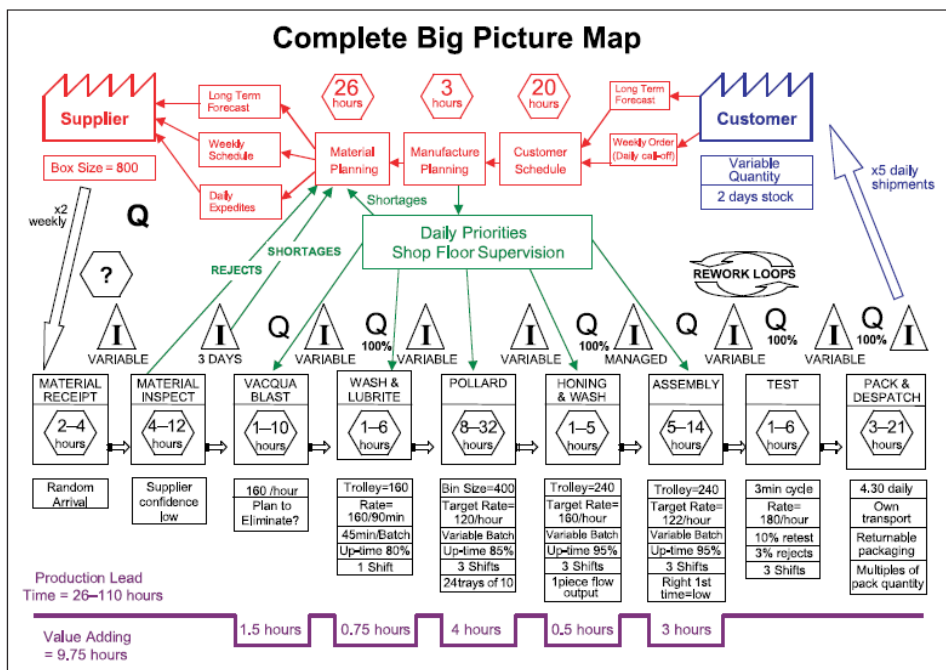


Gambar 2.4 Simbol *Big Picture Mapping*

Sumber : Hines, P. and Taylor, D., 2000

*Big picture mapping* digunakan untuk menggambarkan secara lengkap aliran proses yang meliputi aliran fisik material dan aliran informasi yang menyertainya. Juga menggambarkan interaksi antar elemen yang terdapat pada aliran tersebut. Penggambaran *big picture mapping* ini bertujuan untuk lebih memahami system yang diamati dan untuk memudahkan dalam mencari potensi - potensi pemborosan, penyebab, akibat serta solusi yang mungkin dapat diterapkan.

Untuk menggambarkan *big picture mapping*, diperlukan data-data aliran fisik dan informasi beserta data - data pendukungnya, seperti data biaya, waktu, interaksi dan sebagainya. Dengan kata lain *big picture mapping* adalah suatu *tools* yang digunakan untuk menggambarkan suatu sistem secara keseluruhan beserta aliran nilai atau *value stream* yang terdapat dalam perusahaan.



Gambar 2.5 Contoh *Big Picture Mapping*

Sumber : Hines, P. and Taylor, D., 2000

## 2.5 Waste Assesment Quistionnaire

Pendekatan *waste assesment quistionnaire* bermanfaat untuk menentukan *waste*. Pertanyaan pada kuesioner dapat mewakili jenis *waste*, kemudian di proses dengan algoritma yang terdiri dari beberapa langkah untuk merangking *waste*.

Langkah-langkah untuk menganalisis *waste assesment quistionnaire* menurut (Rawabdeh, I.A., 2005) yaitu sebagai berikut :

- a. Mengelompokkan dan menghitung jumlah pertanyaan kuesioner *from* dan *to* dari setiap jenis *waste*.
- b. Memasukkan bobot awal pertanyaan kuesioner berdasarkan dari *waste relationship matrix*.
- c. Menghilangkan pengaruh variasi jumlah pertanyaan untuk tiap jenis pertanyaan dengan membagi bobot setiap baris dengan jumlah pertanyaan yang dikelompokkan ( $N_i$ ) untuk setiap pertanyaan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S_j = \sum_{K=1}^K \frac{W_{j,K}}{N_i} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

$S_j$  = skor *waste*,

$W_j$  = bobot hubungan dari tiap jenis *waste*

$K$  = nomor pertanyaan (berkisar antara 1 sampai 68)

$N_i$  = jumlah pertanyaan yang dikelompokkan

- d. Menghitung jumlah skor ( $S_j$ ) berdasarkan persamaan (1) dan frekuensi ( $F_j$ ) dari munculnya nilai pada tiap kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0 (nol)
- e. Memasukkan nilai dari hasil kuesioner (nilai rata-rata jawaban) ke dalam tiap bobot nilai di tabel dengan menggunakan persamaan berikut:

$$s_j = \sum_{K=1}^K X_k \times \frac{W_{j,k}}{N_i} \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

$s_j$  = total untuk nilai bobot *waste*

$X_k$  = nilai dari jawaban tiap pertanyaan kuesioner (1, 0.5, atau 0)

- f. Menghitung jumlah skor ( $s_j$ ) berdasarkan persamaan (2) dan frekuensi ( $f_j$ ) untuk tiap nilai bobot pada kolom *waste*.
- g. Menghitung indikator awal untuk tiap *waste* ( $Y_j$ ) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Y_j = \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

$Y_j$  = faktor indikasi awal dari setiap jenis *waste*

$f_j$  = frekuensi dari munculnya nilai pada tiap kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0 (nol) (frekuensi untuk  $s_j$ )

$F_j$  = frekuensi dari munculnya nilai pada tiap kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0 (nol) (frekuensi untuk  $S_j$ )

h. Menghitung nilai *final waste factor* ( $Y_j \text{ final}$ ) dengan memasukkan faktor probabilitas pengaruh antara jenis *waste* ( $P_j$ ) berdasarkan total "from" dan "to" pada *waste relationship matrix*. Kemudian memprosentasikan bentuk  $Y_j \text{ final}$  yang diperoleh sehingga bisa diketahui peringkat level dari masing-masing *waste*.  $Y_j \text{ final}$  dapat dihasilkan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Y_j \text{ final} = Y_j \times P_j$$
$$Y_j \text{ final} = \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \times P_j \quad \dots\dots (4)$$

dimana:

$Y_j$  = faktor akhir dari setiap jenis *waste*

$P_j$  = probabilitas pengaruh antar jenis *waste*

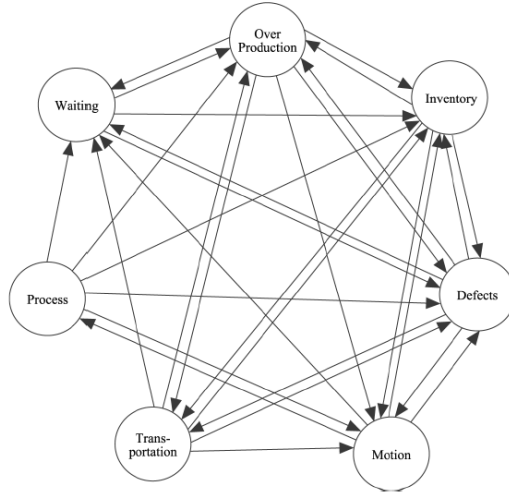
## 2.6 Waste Relationship Matrix

*Waste relationship matrix* mampu memberikan kontribusi untuk mencapai hasil yang akurat dalam mengidentifikasi *waste* (Rochman, M.R.F et al., 2014). Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pendekatan konsep *lean manufacturing* yang diharapkan pada hasil akhirnya dapat mengidentifikasi *waste* yang paling dominan terhadap proses produksi, serta untuk meminimasi *waste* yang ada pada produktivitas gula guna meningkatkan nilai tambah (*value added*).

Hubungan antar *waste* sangat kompleks karena pengaruh dari masing-masing jenis terhadap yang lainnya dapat tampak secara langsung atau secara tidak langsung. Untuk itu Rawabdeh mengembangkan suatu kerangka kerja penilaian tingkat pengaruh *waste* berdasarkan pengaruhnya terhadap *waste* lain. Masing-masing jenis *waste* disingkat dengan huruf, (O : *Over Production*, I : *Inventory*, D : *Defect*, M : *Motion*, P : *Process*, T : *Transportation*, W : *Waiting*), dan masing-



masing hubungan ditandai dengan simbol garis bawah “\_”. Petunjuk arah hubungan tujuh waste dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Seven Waste Relationship*

Sumber: Rawabdeh, I.A., 2005

Tabel 2.1 Keterkaitan *Seven Waste Relationship*

No.	Simbol	Tipe Pertanyaan
1	O_I	<i>Overproduction_ Inventory</i>
2	O_D	<i>Overproduction_ Defect</i>
3	O_M	<i>Overproduction_ Motion</i>
4	O_T	<i>Overproduction_ Transportation</i>
5	O_W	<i>Overproduction_ Waiting</i>
6	I_O	<i>Inventory_ Overproduction</i>
7	I_D	<i>Inventory_ Defect</i>
8	I_M	<i>Inventory_ Motion</i>
9	I_T	<i>Inventory_ Transportation</i>
10	D_O	<i>Defect_ Overproduction</i>
11	D_I	<i>Defect_ Inventory</i>
12	D_M	<i>Defect_ Motion</i>
13	D_T	<i>Defect_ Transportation</i>
14	D_W	<i>Defect_ Waiting</i>
15	M_I	<i>Motion_ Inventory</i>
16	M_D	<i>Motion_ Defect</i>
17	M_P	<i>Motion_ Process</i>
18	M_W	<i>Motion_ Waiting</i>
19	T_O	<i>Transportation_ Overproduction</i>
20	T_I	<i>Transportation_ Inventory</i>
21	T_D	<i>Transportation_ Defect</i>
22	T_M	<i>Transportation_ Motion</i>

23	T_W	<i>Transportation_ Waiting</i>
24	P_O	<i>Process_ Overproduction</i>
25	P_I	<i>Process_ Inventory</i>
26	P_D	<i>Process_ Defect</i>
27	P_M	<i>Process_ Motion</i>
28	P_W	<i>Process_ Waiting</i>
29	W_O	<i>Waiting_ Overproduction</i>
30	W_I	<i>Waiting_ Inventory</i>
31	W_D	<i>Waiting_ Defect</i>

Sumber: Rawabdeh, I.A., 2005

*Waste relationship matrix* dimulai dengan mengungkapkan definisi dari setiap jenis *waste*, kemudian membentuk *waste relationship matrix* yang mengklasifikasikan kekuatan *waste relationship* dengan menggunakan skala mulai dari sangat lemah hingga sangat kuat.

Tabel 2.2 Daftar Pertanyaan untuk *Waste Relationship Matrix*

No.	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah <i>i</i> menghasilkan <i>j</i>	a. Selalu b. Kadang-kadang c. Jarang	4 2 0
2	Bagaimanakah jenis hubungan antara <i>i</i> dan <i>j</i>	a. Jika <i>i</i> naik, maka <i>j</i> naik b. Jika <i>i</i> naik, maka <i>j</i> tetap c. Tidak tentu tergantung keadaan	2 1 0
3	Dampak terhadap <i>j</i> karena <i>i</i>	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk muncul c. Tidak sering muncul	4 2 0
4	Menghilangkan dampak <i>i</i> terhadap <i>j</i> dapat dicapai dengan cara	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional	2 1 0
5	Dampak <i>i</i> terhadap <i>j</i> terutama mempengaruhi	a. Kualitas produk b. Produktifitas sumber daya c. Lead time d. Kualitas dan produktifitas e. Kualitas dan lead time f. Produktifitas dan lead time g. Kualitas, produktifitas, dan lead time	1 1 1 2 2 2 4
6	Sebesar apa dampak <i>i</i> terhadap <i>j</i> akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah	4 2 0

Sumber: Rawabdeh, I.A., 2005

Keterangan:  $i$  = jenis *waste* saat ini

$j$  = *waste* yang disebabkan karena *waste i*

Pertanyaan-pertanyaan di atas diajukan untuk masing-masing hubungan *waste*. Skor yang diperoleh dari enam pertanyaan tersebut kemudian ditotal untuk didapatkan nilai total tiap hubungan. Nilai total tersebut kemudian dikonversi menjadi simbol (A, E, I, O, U dan X) dengan acuan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Konversi Skor Keterkaitan antar *Waste*

<i>Range</i>	<i>Type of Relationship</i>	<i>Symbol</i>
17-20	<i>Absolutely Necessary</i>	A
13-16	<i>Especially Important</i>	E
9-12	<i>Important</i>	I
5-8	<i>Ordinary Closeness</i>	O
1-4	<i>Unimportant</i>	U
0	<i>No relation</i>	X

Sumber: Rawabdeh, I.A., 2005

Berdasarkan perhitungan hasil keterkaitan *waste*, maka dapat dibuat *waste relationship matrix* proses produksi gula seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.4 *Seven Waste Relationship Matrix*

<b>F/T</b>	<b>O</b>	<b>I</b>	<b>D</b>	<b>M</b>	<b>T</b>	<b>P</b>	<b>W</b>	<b>Score (%)</b>
<b>O</b>	A					X		
<b>I</b>		A				X	X	
<b>D</b>			A			X		
<b>M</b>	X			A	X			
<b>T</b>					A	X		
<b>P</b>					X	A		
<b>W</b>				X	X	X	A	
<b>Score (%)</b>								

Sumber: Rawabdeh, I.A., 2005

Keterangan : O = *Overproduction*, I = *Inventory*, D = *Defect*, M = *Motion*,

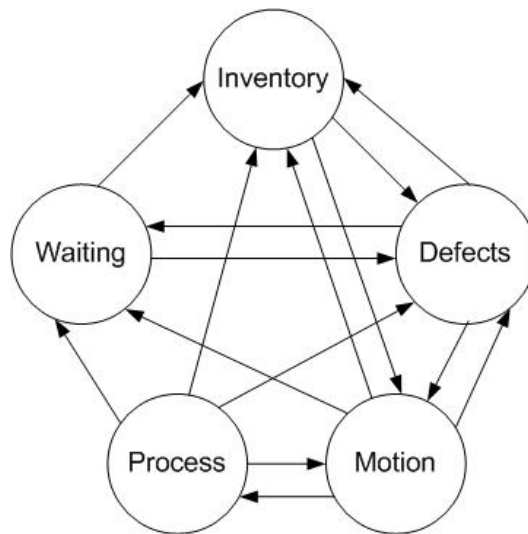
T = *Transportation*, P = *Process*, W = *Waiting*

Untuk penyederhanaan matrix kemudian dikonversikan ke dalam bentuk persentase, dapat dilihat pada tabel 2.4. *Waste relationship matrix* dikonversikan ke dalam angka dengan acuan A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0. Kolom berisi jumlah skor level pengaruh dari tiap *waste*.

### 2.7 Adjustment Five Waste Relationship Matrix

Penentuan hubungan antar *waste* disesuaikan dengan sistem kerja ataupun sistem produksi yang berada di perusahaan. Oleh sebab itu, tidak semua hubungan antar *waste* dapat diterapkan, sehingga perlunya penyesuaian hubungan antar *waste* dengan sistem kerja ataupun sistem produksi di perusahaan.

Terdapat *waste* yang tidak berkaitan dengan proses produksi gula di PG Krebet Baru yaitu *overproduction* dan *transportation*. Sebelum dilakukan proses produksi gula, pihak pabrik melakukan survey sawah milik petani tebu yang sudah terikat kontrak dengan PG Krebet Baru. Dari hasil survey dapat diperoleh perhitungan bahan baku tebu yang dilakukan oleh *plantation manager*, sehingga tidak terjadi *overproduction*. Dijelaskan sebelumnya mengenai proses produksi gula, diketahui bahwa sistem produksi bersifat berkesinambungan atau *continue*. Oleh sebab itu, tidak terdapat *waste* pada *transportation*.



Gambar 2.7 *Five Waste Relationship*

Sumber : Telah diolah penulis

Hubungan antar *waste* yang dikembangkan oleh penulis berdasarkan penelitian terdahulu, disesuaikan dengan proses produksi gula di PG Krebet Baru. Suatu kerangka kerja yang sesuai dengan proses produksi gula adalah *five waste relationship*. Jenis *waste* disingkat dengan huruf yang sesuai proses produksi gula, (I : *Inventory*, D : *Defect*, M : *Motion*, P : *Process*, W : *Waiting*).

Tabel 2.5 Keterkaitan *Five Waste Relationship*

No.	Symbol	Type Pertanyaan
1	I_D	<i>Inventory_Defect</i>
2	I_M	<i>Inventory_Motion</i>
3	D_I	<i>Defect_Inventory</i>
4	D_M	<i>Defect_Motion</i>
5	D_W	<i>Defect_Waiting</i>
6	M_I	<i>Motion_Inventory</i>
7	M_D	<i>Motion_Defect</i>
8	M_P	<i>Motion_Process</i>
9	M_W	<i>Motion_Waiting</i>
10	P_I	<i>Process_Inventory</i>
11	P_D	<i>Process_Defect</i>
12	P_M	<i>Process_Motion</i>
13	P_W	<i>Process_Waiting</i>
14	W_I	<i>Waiting_Inventory</i>
15	W_D	<i>Waiting_Defect</i>

Sumber : Telah diolah penulis

Keterkaitan antar *waste* pada *five waste relationship* yang telah dikembangkan oleh penulis berdasarkan penelitian terdahulu. Sesuai dengan tabel 2.5 yang berjumlah 15 hubungan jenis *waste* i mempengaruhi jenis *waste* j (i\_j).

Tabel 2.6 *Five Waste Relationship Matrix*

F/T	I	D	M	P	W	Score (%)
I	A			X	X	
D		A		X		
M			A			
P				A		
W			X	X	A	
Score (%)						

Sumber : Telah diolah penulis

Penyederhanaan matrix kemudian dikonversikan ke dalam bentuk persentase, dapat dilihat pada tabel 2.6 mengenai *five waste relationship matrix*. Berdasarkan penelitian terdahulu, *waste relationship matrix* dikonversikan ke dalam angka dengan acuan A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0. Kolom berisi jumlah skor level pengaruh dari tiap *waste*.

## 2.8 Value Stream Analysis Tools

*Value stream analysis tools* merupakan suatu tools yang digunakan untuk memetakan *value stream* secara detail *waste* pada aliran nilai yang fokus pada *value*

*adding process*. Terdapat 7 (tujuh) detail mapping tools yang bermanfaat untuk memetakan *waste*. Masing – masing *tools* mempunyai bobot *low*, *medium* dan *high* sesuai ketentuan peringkatnya dan menunjukkan skor yang kemudian dapat diketahui *mapping* mana yang mengindikasikan sedikit atau besarnya pengaruh pemborosan.

*Value stream analysis tools* merupakan *tool* yang dikembangkan untuk mempermudah pemahaman terhadap *value stream* dan perbaikan berkenaan dengan *waste*. *Value stream analysis* juga merupakan sebuah pendekatan yang digunakan dengan melakukan pembobotan *waste – waste*, kemudian dari pembobotan tersebut dilakukan pemilihan terhadap *tool* dengan menggunakan matrik (Hines, P. and Rich, N., 1997).

Pada prinsipnya, *value stream analysis tool* digunakan sebagai alat bantu untuk memetakan secara detail aliran nilai atau *value stream* yang berfokus pada *value adding process*. *Value stream analysis tool* digunakan dalam pemilihan *detail mapping tool* berdasarkan *waste* yang telah didefinisikan sebelumnya. *Detail mapping* ini merupakan pemetaan aliran nilai secara detail yang difokuskan pada *value adding activity* sehingga dapat diidentifikasi *waste* yang terjadi serta penyebabnya. *Detail mapping* ini kemudian dapat digunakan untuk menemukan penyebab *waste* yang terjadi.

Tabel 2.7 *The Seven Value Stream Mapping*

<i>Waste / Structure</i>	<i>Process Activity Mapping</i>	<i>Supply Chain Response Matrix</i>	<i>Production Variety Funnel</i>	<i>Quality Filter Mapping</i>	<i>Demand Amplification Mapping</i>	<i>Decision Point Analysis</i>	<i>Physical Structure</i>
<i>Overproduction</i>	L	M		L	M	M	
<i>Waiting</i>	H	H	L		M	M	
<i>Transportation</i>	H						L
<i>Inappropriate Processing</i>	H		M	L		L	
<i>Unnecessary Inventory</i>	M	H	M		H	M	L
<i>Unnecessary Motion</i>	H	L		H			
<i>Defects</i>	L				H		
<i>Overall Structure</i>	L	L	M	L	L	M	H

Sumber : Hines, P. and Rich, N., 1997

Keterangan :

- H (*High Correlation and Usefulness*) dengan faktor pengali = 9
- M (*Medium Correlation and Usefulness*) dengan faktor pengali = 3
- L (*Low Correlation and Usefulness*) dengan faktor pengali = 1

Terdapat 7 macam *detail mapping tools* yang paling umum digunakan (Hines, P. and Rich, N., 1997), yaitu:

#### 1. *Process Activity Mapping*

*Process activity mapping* merupakan tools untuk memetakan suatu proses secara jelas dengan merepresentasikan aktivitas berupa operasi, menunggu, transportasi, inspeksi, dan penyimpanan (Hines, P. and Rich, N., 1997). Aktivitas dalam organisasi dibagi menjadi tiga yaitu *value added* disingkat menjadi VA, *non value added* disingkat menjadi NVA, dan *necessary but non value added* disingkat menjadi NNVA (Hines, P. and Taylor, D., 2000). Kelompok *non value added* lebih diprioritaskan untuk dihilangkan dibandingkan dengan NNVA, namun penting pula untuk dikurangi atau dihilangkan (Garpersz, V., 2007).

*Process activity mapping* digunakan untuk mengetahui segala aktivitas-aktivitas yang berlangsung selama proses produksi gula. *Tool* ini dipergunakan untuk mengidentifikasi *lead time* dan produktivitas baik aliran produk fisik maupun aliran informasi. Ada lima tahap pendekatan dalam *process activity mapping* secara umum (Management Research Group, Practical, 1993) :

1. Memahami dan menganalisa awal aliran proses yang ada
2. Mengidentifikasi *waste* yang ada
3. Mempertimbangkan apakah proses dapat disusun ulang pada rangkaian yang lebih efisien dan efektif
4. Mempertimbangkan aliran yang lebih baik, melibatkan aliran *layout* dan rute transportasi yang berbeda
5. Mempertimbangkan apakah segala sesuatu yang telah dilakukan pada tiap *stage* benar-benar perlu dan apa yang akan terjadi jika hal-hal yang berlebihan tersebut dihilangkan

*Tool* ini juga bertujuan untuk menghilangkan aktivitas yang tidak diperlukan, mengidentifikasi apakah suatu proses dapat lebih di efisienkan lagi,

serta mencari perbaikan yang dapat mengurangi pemborosan. Pada penelitian ini *process activity mapping* digunakan untuk memetakan aktifitas di rantai produksi perusahaan yang dilakukan berdasarkan pengamatan dan brainstorming pada proses produksi gula.

## 2. *Supply Chain Response Matrix*

*Supply chain response matrix* merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara inventory dan lead time pada jalur distribusi, sehingga dapat diketahui adanya peningkatan maupun penurunan tingkat persediaan pada waktu distribusi di tiap area *supply chain*. Dari fungsi yang diberikan selanjutnya bisa dibuat bahan pertimbangan manajemen untuk menaksir kebutuhan stok apabila dikaitkan pencapaian *lead time* yang pendek. Tujuannya untuk memperbaiki dan mempertahankan tingkat pelayanan setiap jalur distribusi dengan biaya rendah.

## 3. *Production Variety Funnel*

Pendekatan ini merupakan teknik pemetaan visual dalam memetakan jumlah variasi produk tiap tahapan proses manufaktur. Tool ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi titik di mana sebuah produk umum diproses menjadi beberapa produk yang spesifik. Tool ini dapat digunakan untuk membantu menentukan target perbaikan, pengurangan *inventory* dan membuat perubahan untuk proses dari produk.

## 4. *Quality Filter Mapping*

*Quality filter mapping* merupakan tool untuk mengidentifikasi dimana terdapat *problem* kualitas. Hasil dari pendekatan ini menunjukkan dimana tiga tipe *defects* terjadi. Ketiga tipe *defects* tersebut adalah *product defect* yaitu cacat fisik produk yang lolos ke *customer*, *service defect* yaitu permasalahan yang dirasakan *customer* berkaitan dengan cacat kualitas pelayanan, dan *internal defect* yaitu cacat masih berada dalam internal perusahaan, sehingga berhasil diseleksi dalam tahap inspeksi.

## 5. *Demand Amplification Mapping*

*Demand amplification mapping* merupakan diagram yang menggambarkan bagaimana permintaan berubah-ubah sepanjang jalur *supply chain* dalam interval waktu tertentu. Informasi yang dihasilkan dari diagram ini merupakan dasar untuk mengatur fluktuasi dan mengurangnya, membuat keputusan berkaitan dengan



value stream configuration. Dalam diagram ini vertical axis menggambarkan jumlah permintaan dan horizontal axis menggambarkan interval waktu.

#### 6. *Decision Point Analysis*

*Decision point analysis* merupakan tool yang digunakan untuk menentukan titik batas dimana produk dibuat berdasarkan permintaan aktual dan setelah titik ini selanjutnya produk harus dibuat dengan melakukan perkiraan.

#### 7. *Physical Structure*

*Physical structure* merupakan sebuah tools yang digunakan untuk memahami kondisi rantai suplai di level produksi. Hal ini diperlukan untuk memahami kondisi suatu industri, bagaimana operasinya, dan dalam mengarahkan perhatian pada area yang mungkin belum mendapatkan perhatian yang cukup untuk pengembangan.

Pemakaian dari 7 tools di atas didasarkan pada pemilihan yang tepat sesuai kondisi perusahaan itu sendiri. Pemilihan tool yang akan digunakan peneliti untuk menganalisis permasalahan yang terjadi juga bergantung pada kondisi perusahaan yang sedang diteliti tersebut, akan tetapi pemilihan lebih dari satu tool akan lebih berguna dalam mereduksi pemborosan yang terjadi di lantai produksi suatu perusahaan.

### **2.9 Root Cause Analysis**

*Root cause analysis* adalah proses pemecahan masalah untuk melakukan investigasi ke dalam suatu masalah atau ketidaksesuaian masalah yang ditemukan. *Root cause analysis* membutuhkan investigator untuk menemukan solusi atas masalah mendesak dan memahami penyebab fundamental atau mendasar suatu situasi dan memperlakukan masalah tersebut dengan tepat, sehingga mencegah terjadinya kembali permasalahan yang sama. Oleh karena itu mungkin melibatkan pengidentifikasian dan pengelolaan proses, prosedur, kegiatan, aktivitas, perilaku atau kondisi (BRC Global Standard, 2012).

*Root cause analysis* digunakan untuk mengidentifikasi kejadian yang menghasilkan atau memiliki potensi permasalahan. Secara sederhana, *Root cause analysis* adalah alat yang dirancang untuk membantu mengidentifikasi tidak hanya apa dan bagaimana suatu peristiwa terjadi, tetapi juga mengapa hal itu terjadi.

Hanya ketika peneliti mampu menentukan mengapa suatu peristiwa atau kegagalan terjadi, maka mereka dapat menentukan langkah-langkah perbaikan yang bisa diterapkan yang mencegah kejadian masa depan dari jenis yang diamati.

Memahami mengapa suatu peristiwa terjadi adalah kunci untuk mengembangkan rekomendasi yang efektif. Biasanya *root cause analysis* sudah diketahui deskripsi akurat tentang apa yang terjadi dan bagaimana hal itu terjadi. Namun, jika analisis berhenti di situ, tidak diperiksa cukup mendalam untuk memahami alasan pada suatu masalah. Oleh karena itu, tidak diketahui apa yang harus dilakukan untuk mencegah terjadi lagi.

Metode dari pencarian akar masalah atau *root cause analysis* dengan *5-whys* adalah metode paling sederhana untuk analisis akar penyebab terstruktur. Ini adalah metode mengajukan pertanyaan yang digunakan untuk mengeksplorasi penyebab hubungan yang mendasari masalah. Investigator terus bertanya pertanyaan 'Mengapa?' Sampai kesimpulan yang berarti tercapai.

## **2.10 Failure Mode and Effect Analysis**

*Failure mode and effect analysis* merupakan sebuah metodologi yang digunakan untuk mengevaluasi kegagalan terjadi dalam sebuah sistem, desain, proses, atau pelayanan. Identifikasi potensial kegagalan dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing – masing moda kegagalan berdasarkan atas tingkat kejadian atau *occurrence*, tingkat keparahan atau *severity*, dan tingkat deteksi atau *detection* (Stamatis, D. H., 1995). *Failure mode and effect analysis* merupakan sebuah teknik yang digunakan untuk mencari, mengidentifikasi, dan menghilangkan kegagalan potensial, error, dan masalah yang diketahui dari sistem, desain, proses, atau jasa sebelum hal tersebut sampai ke konsumen.

Definisi *failure modes and effect analysis* disampaikan oleh Roger D. Leitch adalah analisa teknik yang apabila dilakukan dengan benar dan waktu yang tepat akan memberikan nilai yang besar dalam membantu proses pembuatan keputusan. Analisa tersebut biasa disebut analisa “*bottom up*”, seperti dilakukan pemeriksaan pada proses produksi tingkat awal dan mempertimbangkan kegagalan sistem yang merupakan hasil dari keseluruhan bentuk kegagalan yang berbeda.

Secara umum, terdapat dua tipe *failure mode and effect analysis* yaitu *failure mode and effect analysis* desain dan *failure mode and effect analysis* proses. Pada *failure mode and effect analysis* desain, pengamatan difokuskan pada desain produk. Sedangkan *failure mode and effect analysis* proses, pengamatan difokuskan pada kegiatan proses produksi. Kriteria kegagalan di bagi menjadi sebagai berikut:

- Tingkat Keparahan atau *Severity*

*Severity* adalah penilaian terhadap keseriusan dari efek yang ditimbulkan. Dalam arti setiap kegagalan yang timbul akan dinilai seberapa besarkah tingkat keseriusannya. Terdapat hubungan secara langsung antara efek dan *severity*. Sebagai contoh, apabila efek yang terjadi adalah efek yang kritis, maka nilai *severity* pun akan tinggi. Dengan demikian, apabila efek yang terjadi bukan merupakan efek yang kritis, maka nilai *severity* pun akan sangat rendah. *Severity* juga diartikan sebagai langkah pertama untuk menganalisa resiko, yaitu menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian mempengaruhi hasil akhir proses. Dampak tersebut di rating mulai skala 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk dan penentuan terhadap rating terdapat pada tabel 2.5.

Tabel 2.8 Nilai *Severity*

Rating	Kriteria
1	<i>Negligible severity</i> yaitu pengaruh buruk yang dapat diabaikan. Kita tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kualitas produk. Konsumen mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan ini.
2 3	<i>Mild severity</i> yaitu pengaruh buruk yang ringan. Akibat yang ditimbulkan akan bersifat ringan, konsumen tidak akan merasakan penurunan kualitas.
4 5 6	<i>Moderate severity</i> yaitu pengaruh buruk yang moderate. Konsumen akan merasakan penurunan kualitas, namun masih dalam batas toleransi.
7 8	<i>High severity</i> yaitu pengaruh buruk yang tinggi. Konsumen akan merasakan penurunan kualitas yang berada diluar batas toleransi.
9 10	<i>Potential severity</i> yaitu pengaruh buruk yang sangat tinggi. Akibat yang ditimbulkan sangat berpengaruh terhadap kualitas lain, konsumen tidak akan menerimanya.

Sumber: Garpersz, V., 2007

- Tingkat Kejadian atau *Occurance*

Apabila sudah ditentukan rating pada proses *severity*, maka tahap selanjutnya adalah menentukan rating terhadap nilai *occurance*. *Occurance* merupakan kemungkinan bahwa penyebab kegagalan akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa produksi produk. *Occurance* dalam arti lain juga sebagai nilai rating yang disesuaikan dengan frekuensi yang diperkirakan dan angka kumulatif dari kegagalan yang dapat terjadi.

Tabel 2.9 Nilai *Occurance*

<i>Rating</i>	<i>Degree</i>	Berdasarkan frekuensi kejadian
1	<i>Remote</i>	0,01 per 1000 item
2	<i>Low</i>	0, 1 per 1000 item
3		0,5 per 1000 item
4	<i>Moderate</i>	1 per 1000 item
5		2 per 1000 item
6		5 per 1000 item
7	<i>High</i>	10 per 1000 item
8		20 per 1000 item
9	<i>Very High</i>	50 per 1000 item
10		100 per 1000 item

Sumber : Garpersz, V., 2007

- Nilai Deteksi atau *Detection*

Setelah diperoleh nilai *occurance*, selanjutnya adalah menentukan nilai *detection*. *Detection* adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. *Detection* berfungsi untuk upaya pencegahan terhadap proses produksi dan mengurangi tingkat kegagalan pada proses produksi. Penentuan nilai *detection* bisa dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Nilai *Detection*

Rating	Berdasarkan frekuensi kejadian	Kriteria
1	0,01 per 1000 item	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan penyebab mungkin muncul
2 3	0, 1 per 1000 item 0,5 per 1000 item	Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah
4 5 6	1 per 1000 item 2 per 1000 item 5 per 1000 item	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderat, metode pencegahan kadang memungkinkan penyebab itu terjadi
7 8	10 per 1000 item 20 per 1000 item	Kemungkinan penyebab terjadi masih tinggi, metode pencegahan kurang efektif. Penyebab masih berulang kembali
9 10	50 per 1000 item 100 per 1000 item	Kemungkinan penyebab terjadi masih sangat tinggi

Sumber : Garpersz, V., 2007

*Failure mode and effect analysis* dilakukan untuk menganalisa potensi kesalahan atau kegagalan dalam sistem, dan potensi yang teridentifikasi akan diklasifikasikan menurut besarnya potensi kegagalan dan efeknya terhadap proses. Metode ini digunakan untuk mendapatkan nilai *Risk Priority Number* atau disingkat RPN. Sehingga dari nilai *risk priority number* yang tertinggi tersebut, segera dilakukan perbaikan terhadap *potential cause*, alat kontrol dan efek yang diakibatkan. *Risk priority number* merupakan produk dari hasil perkalian tingkat keparahan, tingkat kejadian, dan tingkat deteksi. *Risk priority number* menentukan prioritas dari kegagalan. *Risk priority number* tidak memiliki nilai atau arti. Nilai tersebut digunakan untuk meranking kegagalan proses yang potensial. Nilai *Risk priority number* dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$RPN = severity \times occurrence \times detection$$

Setelah itu, kegiatan proses produksi yang mempunyai nilai *risk potential number* yang besar dan mempunyai peranan penting dalam suatu kegiatan produksi, dilakukan usulan perbaikan untuk meminimasi *waste*.

PROCESS FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS (PFMEA)																	
Item: _____						PFMEA Number: _____											
Model Year / Program(s): _____						Revision Date: _____											
PFMEA Owner (Process Resp.): _____						Key Date: _____											
Core Team / Facilitator: _____						Original Completion Date: _____											
Support Team: _____																	
Process Step / Function / Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	V E I S	Classification	Potential Cause(s) of Failure	O C C	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	D E T	R P N	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results				
													Actions Taken & Effective Date	S E V	O C C	D E T	R P N

Gambar 2.8 Worksheet FMEA  
 Sumber: SAE International, 2009

### 2.11 Posisi Penelitian

Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan konsep *Lean*. Alfa (2016) menggunakan konsep *lean manufacturing* untuk mengidentifikasi dan mereduksi *waste* yang terjadi pada proses produksi gula aren, VALSAT untuk mendapatkan *tool* yang dominan, dan dipilih *tools Process Activity Mapping* didapatkan hasil rekapitulasi terhadap jenis aktivitas, total waktu dan total jara dan *root cause analysis* untuk mengetahui *waste* pada *waiting* adalah *waste* kritis dimana akar penyebabnya adalah kuantitas dari *raw material* yang tidak konstan dan cenderung sedikit. Edi Santoso (2017) melakukan identifikasi *Worst Actor* dari beberapa *Bad Actor* pada peralatan yang akan dikaji dengan *tools Root Cause Analysis (RCA)*, dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. RCA mencari penyebab dari *failure*, kemudian di pilih alternatif-alternatif solusi dari aktifitas yang kritis dengan FMEA. Berdasarkan RPN diperoleh bobot terhadap kriteria performansi untuk menetapkan alternatif solusi terbaik. Hasil penelitian yang menjadi faktor penyebab adalah vibrasi pada kompresor yang berefek pada pengoperasian mesin dengan kecepatan di bawah optimum dan *problem fail to start*. Ettik (2017) mengimplementasi *lean manufacturing* untuk membantu

perusahaan menjadi lebih kompetitif, terutama dalam hal mengurangi *waste* yang terjadi pada proses produksi *fine flexible packaging*. Dalam identifikasi terhadap *waste* menggunakan *waste assessment model* (WAM) yang terdiri dari *waste relationship matrix* (WRM) dan *waste assessment questionnaire* (WAQ). Model ini mampu memberikan kontribusi untuk pencapaian hasil yang akurat dalam identifikasi tentang akar penyebab dari *waste*. Terdapat beberapa perbedaan dan persamaan dari posisi penelitian yang ditunjukkan pada tabel 2.11 dan tabel 2.12.

Tabel 2.11 Posisi Penelitian

Author (Year)	Judul	Konsep	Metode					
		Lean	WAQ	WRM	VALSAT	RCA	FMEA	
Alfa Yohan Wailan Elean, 2015	Perbaikan Proses Produksi Dengan Pendekatan <i>Lean Manufacturing</i> Di Pabrik Gula Aren Masarang Tomohon	✓				✓	✓	
Edi Santoso , 2017	<i>Analysis of Overall Equipment Effectiveness to Increase Turbine Gas Effectiveness (Case Study of Turbiness MARS Compressor Set)</i>	✓					✓	✓

Tabel 2.12 Posisi Penelitian (Lanjutan)

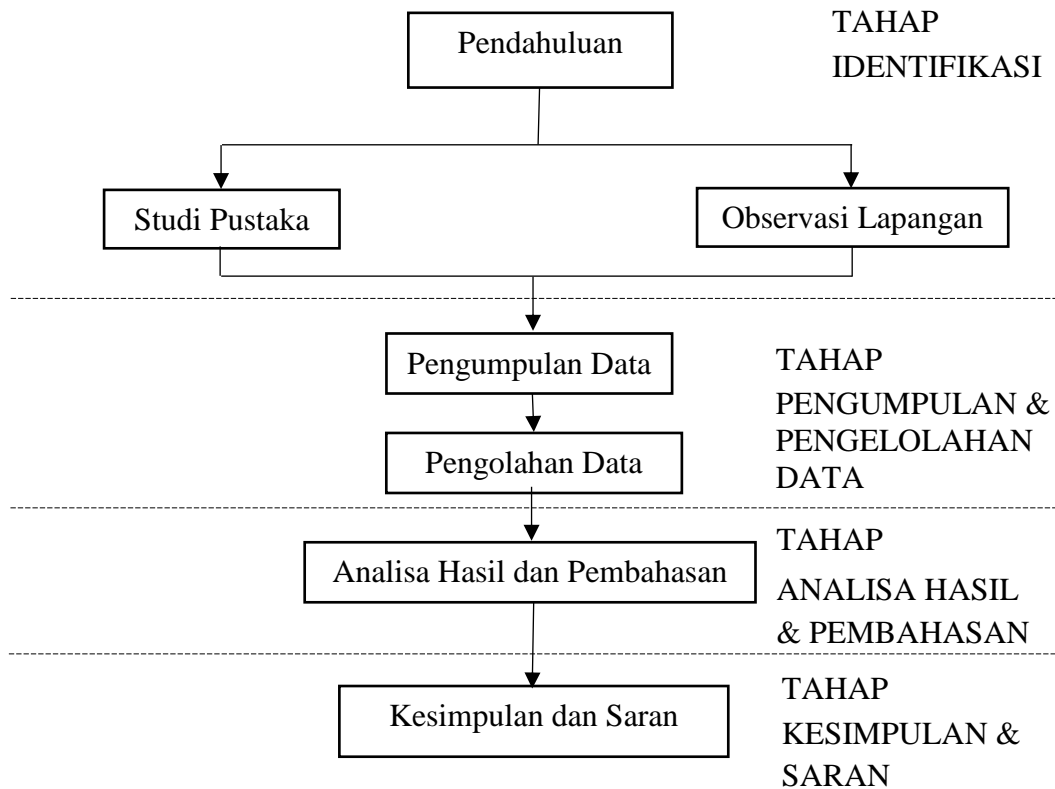
Author (Year)	Judul	Konsep	Metode					
		Lean	WAQ	WRM	VALSAT	RCA	FMEA	
Ettik Febri Dwi Susanti, 2017	<i>Implementation of Lean Manufacturing to Minimize Non Value Added in Fine Flexible Packaging Production Process</i>	✓	✓	✓			✓	
Vivy Brilliani Putri, 2018	Penerapan <i>Lean Thinking</i> Untuk Meminimasi <i>Waste</i> Pada Proses Produksi Gula Di PT. PG Rajawali I Unit PG Krobot Baru	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah atau pendekatan yang akan dilakukan dalam penelitian untuk mereduksi *waste* pada proses produksi gula di PG Kreet Baru. Penyusunan penelitian ini secara garis besar digambarkan dalam *flowchart* seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

#### 3.1 Pendahuluan

Pendahuluan memuat latar belakang dengan mengulas permasalahan terkait aktivitas produksi gula yang terjadi di PG Kreet Baru dengan menjelaskan mengenai mengapa penelitian dilakukan, tujuan dan hipotesis. Penelitian juga dibutuhkan ulasan yang kuat pada permasalahan yang dipilih, perumusan dan pendekatan metode yang akan digunakan serta manfaat hasil penelitian. Pendahuluan dilakukan sesuai studi pustaka dan studi lapangan.

### 3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini dilakukan dengan mendapatkan informasi dari perusahaan pada saat studi lapangan dengan cara wawancara, menyebarkan kuesioner dan data histori perusahaan. Data yang diperlukan dalam penelitian ini ada dua tipe data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang dibutuhkan adalah data pengamatan langsung, penyebaran kuesioner yang ditujukan kepada *Engineering Manager KB I*, *Engineering Manager KB II*, Kepala Gudang Material, Kepala Gudang Gula, dan Kepala Timbangan serta wawancara dilakukan pada *Processing Manager KB I* dan *Processing Manager KB II* mengenai waktu operasional sehingga dapat di ketahui aliran proses dimulai dari material atau bahan baku tebu hingga produk gula selesai di produksi. Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan adalah data histori perusahaan pada proses produksi gula tahun 2017 yang meliputi layout perusahaan dan pencatatan waktu selama proses produksi gula berlangsung di PG Kreet Baru. Ketika data sudah di kumpulkan, maka tahapan selanjutnya adalah mengelolah data.

### 3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut:

- Tahapan pertama yaitu memahami aliran informasi dan material pada proses produksi gula, setelah diketahui aliran informasi dan material maka menggunakan *big picture mapping* sebagai media yang menggunakan tools untuk menggambarkan suatu sistem secara keseluruhan beserta aliran nilai atau *value stream* yang terdapat dalam perusahaan.
- Tahapan kedua yaitu identifikasi dan pengukuran *waste* dari data wawancara langsung pada *Engineering Manager KB I*, *Engineering Manager KB II*, *Processing Manager KB I*, *Processing Manager KB II*, Kepala Gudang Material, Kepala Gudang Gula, dan Kepala Timbangan yang terkait *five waste relationship matrix*. Pengukuran *waste* digunakan untuk mengetahui sebab akibat antar *waste*.
- Tahapan ketiga yaitu pembobotan dari perhitungan *waste assesment* dengan *five waste relationship matrix* berdasarkan *waste assesment questionnaire* yang dilakukan berdasarkan data penyebaran kuesioner dan

wawancara langsung. *Waste assesment questionnaire* adalah bentuk kuesioner untuk mengetahui aktivitas produksi gula yang mengakibatkan terjadinya *waste* atau pemborosan di dalam *value stream*.

- Tahapan keempat adalah identifikasi dan pemilihan *value stream mapping* dalam memetakan aliran nilai proses produksi gula. Identifikasi *value stream mapping* menggunakan metode *value stream analysis tools*. Pemilihan *value stream mapping* berdasarkan hasil pembobotan tertinggi dalam mengevaluasi *waste*, dijelaskan pada subbab 4.2.8 *tools* yang terpilih adalah *process activity mapping* merupakan *tool* yang digunakan dalam memetakan dan mengetahui aktivitas mana saja yang terjadi *waste* sesuai dengan tipe *waste* berdasarkan definisi oleh Shiego Shingo. *Tool* tersebut mempunyai kemampuan mengevaluasi jenis *waste*. Pengukuran yang dilakukan dengan mengidentifikasi aktivitas produksi berdasarkan operasional, transportasi, inspeksi, delay dan waktu aktivitas produksi.

### **3.4 Analisa Hasil dan Pembahasan**

Analisa hasil dan pembahasan yang diperoleh akan diolah sehingga menghasilkan informasi-informasi, sebagai berikut:

- Analisa penyebab *waste* dengan *root cause analysis* menggunakan metode *the 5-Whys* merupakan suatu metode yang digunakan dalam *root cause analysis* dalam rangka untuk menyelesaikan permasalahan mengenai aktivitas produksi gula yang teridentifikasi adanya *waste* dengan mencari akar permasalahan atau penyebab agar selesai sampai akar penyebab masalah *waste*.
- Analisa adanya kegagalan proses produksi dengan perhitungan *risk priority number* berdasarkan *failure mode and effect analysis* dengan menentukan prioritas dari kegagalan. Penilaian mengenai *risk priority number* digunakan untuk meranking kegagalan proses yang potensial dari *severity (S)*, *occurrence (O)* dan *detection (D)*.
- Analisa rekomendasi tindakan dalam menanggulangi kegagalan proses produksi dengan *new risk priority number* berdasarkan *failure mode and effect analysis*.

- Usulan perbaikan diberikan alternatif perbaikan guna melakukan tindakan mereduksi *waste* dengan mengeliminasi *waste* yang sebelumnya sudah teridentifikasi agar lebih mudah diterapkan dan disesuaikan di PG Krebet Baru dengan situasi dan kondisi perusahaan.

### **3.5 Kesimpulan dan Saran**

Tahapan terakhir dari penelitian adalah kesimpulan dan saran. Kesimpulan dan saran diberikan terhadap hasil analisa dan interpretasi yang telah dirumuskan sebelumnya. Kesimpulan adalah tahapan akhir dengan menjawab tujuan dari penelitian dan saran adalah tahapan akhir yang mana memberikan usulan mengenai perbaikan dari penelitian yang serupa mengenai mereduksi *waste* di masa mendatang.

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Penelitian dilakukan dengan pengumpulan data dari data historis perusahaan maupun *brainsorming* yang dilakukan dengan top manajer dan mengerti kondisi perusahaan. Selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan solusi permasalahan yang terjadi di proses produksi gula di PG Krebet Baru.

#### **4.1 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan berdasarkan data primer dan data sekunder. Data primer adalah sumber data penelitian yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya yang berupa wawancara, jajak pendapat dari individu atau kelompok maupun hasil observasi dari suatu obyek, kejadian atau hasil pengujian. Adapun data primer yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.

1. Data keterkaitan five waste relationship didapatkan dengan wawancara langsung kepada Engineering Manager KB I, Engineering Manager KB II, Processing Manager KB I, Processing Manager KB II, Kepala Gudang Material, Kepala Gudang Gula, dan Kepala Timbangan.
2. Data waste assessment questionnaire didapatkan dengan penyebaran kuesioner dan wawancara langsung kepada Engineering Manager KB I, Engineering Manager KB II, Processing Manager KB I, Processing Manager KB II, Kepala Gudang Material, Kepala Gudang Gula, dan Kepala Timbangan.
3. Data process activity mapping didapatkan dengan cara pengamatan langsung mengenai aktivitas produksi gula, jarak pada setiap aktivitas produksi gula, pengukuran waktu dalam satuan menit pada setiap aktivitas produksi gula.
4. Data akar penyebab waste dengan root cause analysis dengan cara pengamatan aktivitas produksi gula.
5. Data kegagalan proses produksi dengan *failure mode and effect analysis* pada *waste defect* dan *waste waiting* menggunakan cara penyebaran

kuesioner dan wawancara langsung kepada *Engineering Manager* KB I, *Engineering Manager* KB II, *Processing Manager* KB I, *Processing Manager* KB II, Kepala Gudang Material, Kepala Gudang Gula, dan Kepala Timbangan.

6. Data rekomendasi perlakuan dalam mengatasi kegagalan proses produksi gula dengan cara penyebaran kuesioner dan wawancara langsung kepada *Engineering Manager* KB I, *Engineering Manager* KB II, *Processing Manager* KB I, *Processing Manager* KB II, Kepala Gudang Material, Kepala Gudang Gula, dan Kepala Timbangan.
7. Data usulan perbaikan dengan kombinasi alternatif yang diajukan menggunakan cara penyebaran kuesioner dan wawancara langsung kepada *Engineering Manager* KB I, *Engineering Manager* KB II, *Processing Manager* KB I, *Processing Manager* KB II, Kepala Gudang Material, Kepala Gudang Gula, dan Kepala Timbangan.

Sedangkan data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa buku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan secara umum. Data sekunder yang dibutuhkan adalah data struktur organisasi, skema proses produksi gula, gambaran *layout* setiap stasiun di PG Kreet Baru, data mesin dan alat, dan data jumlah operator di setiap stasiun pabrik gula.

#### **4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan**

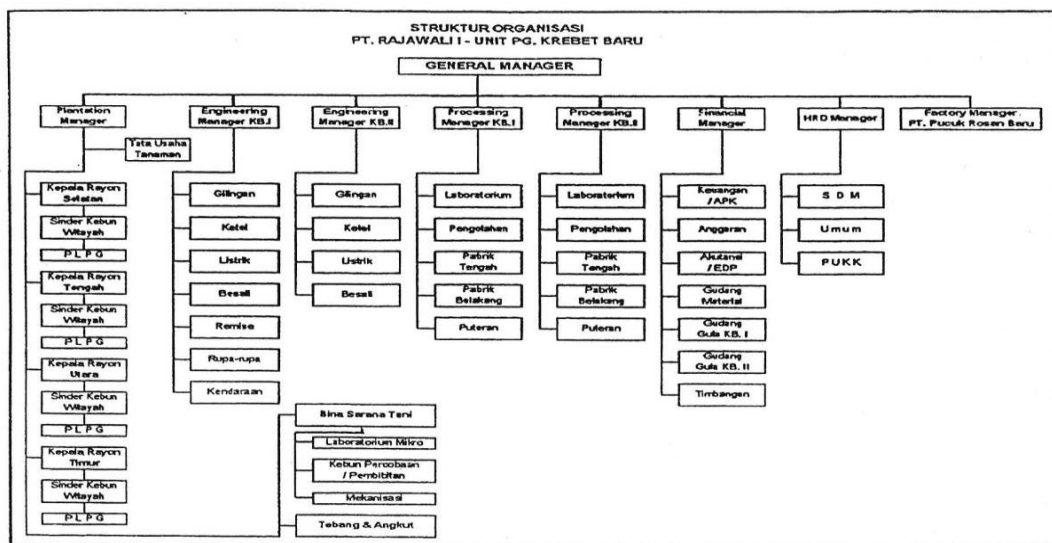
PT. Pabrik Gula Kreet Baru mengembangkan produksi gula dengan kapasitas yang semula sebesar 2.000 TDC, sehingga terjadi daya tampung tebu yang berlebihan. PT. Pabrik Gula Kreet Baru meningkatkan kapasitas giling. Pada tahun 1976 dibangun pabrik gula lagi yang diberi nama PT. Pabrik Gula Kreet Baru II dengan kapasitas giling 3.000 TDC. Dengan demikian mulai saat itu PT. Pabrik Gula Kreet Baru terdiri dari 2 (unit) yaitu PT. Pabrik Gula Kreet Baru I disingkat menjadi KB I dan PT. Pabrik Gula Kreet Baru II disingkat menjadi KB II dengan kapasitas giling secara keseluruhan sebesar 5.000 TDC sekitar 50.000 Ku tebu per hari. Pada tahun 1987 kapasitas ditingkatkan menjadi 6.000 TDC dan pada

tahun 1988 kapasitas ditingkatkan kembali menjadi 6.500 TDC. Tahun 2006 kedua pabrik meningkatkan kapasitas sebesar 8500 TCD.

PT. Pabrik Gula Krebet Baru terletak di Desa Krebet Kecamatan Bululawang Kabupaten Malang, jarak dari kota Malang ± 13 km ke arah selatan. Tanah di daerah Malang Selatan cukup menguntungkan bagi petani tebu, yang terdiri dari dua bagian yaitu historis dan daerah ekspansi atau perluasan dimana daerah historis merupakan tanah tegalan atau lahan kering. Apabila ditinjau dari segi kemudahan memperoleh bahan baku, bahan jadi dan tenaga kerja, maka lokasi tersebut dapat dikatakan strategis karena tenaga kerja mudah diperoleh di sekitar pabrik.

Dalam organisasi, fungsi, wewenang dan tanggung jawab melekat terhadap proses atau fungsi di seluruh departemen organisasi. Dengan demikian, fungsi para manager bertanggung jawab mengawasi bawahannya sesuai dengan fungsinya masing-masing. Setiap anggota fungsi tidak dibenarkan mengerjakan fungsi lainnya, karena wewenang dan tanggung jawab setiap fungsi telah digariskan dengan sangat jelas.

Adapun struktur organisasi yang terdapat pada PG. Krebet Baru adalah merupakan struktur organisasi dengan bentuk garis, dimana kekuasaan dan tanggung jawab berjalan dari pimpinan tertinggi sampai ke bawah menurut garis vertikal.



Gambar 4.1 Struktur Organisasi PG Krebet Baru

Sumber : Data Internal PG. Krebet Baru, 2017

## 4.2 Pengolahan Data

Setelah mengumpulkan data langkah selanjutnya yaitu pengolahan data. Pengolahan data dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut.

- Mengetahui aliran informasi dan material pada proses produksi gula, setelah diketahui aliran informasi dan material maka menggunakan *big picture mapping*.
- Identifikasi dan pengukuran *waste* digunakan untuk mengetahui sebab akibat antar *waste*.
- Pengukuran dari pembobotan pada perhitungan *waste assesment* dengan *five waste relationship matrix* berdasarkan *waste assesment questionnaire* yang dilakukan berdasarkan data penyebaran kuesioner dan wawancara langsung.
- Identifikasi dan pemilihan *value stream mapping* dalam memetakan aliran nilai proses produksi gula. Identifikasi *value stream mapping* menggunakan metode *value stream analysis tools*. Pemilihan *value stream mapping* berdasarkan hasil pembobotan tertinggi dalam mengevaluasi *waste*, dijelaskan pada subbab 4.2.8 *tools* yang terpilih adalah *process activity mapping*.

### 4.2.1 Aliran Informasi

Aliran informasi untuk pemenuhan order diperoleh melalui tahapan wawancara dengan *Processing Manager KB I*, *Processing Manager KB II* dan *Financial Manager*. Manager-manager yang dianggap mempunyai kompetensi dan mengetahui alur *customer requirement*, perencanaan material sampai dengan proses produksi. Detail aliran informasi pada proses produksi gula di PG Kribet Baru adalah sebagai berikut:

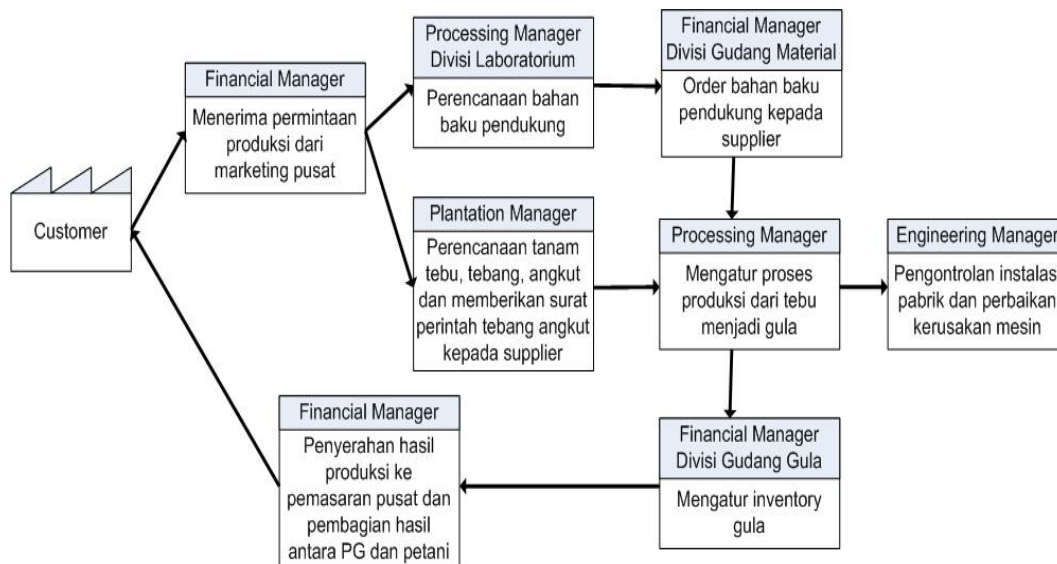
1. PG Kribet Baru menerima permintaan produksi dari *marketing* pusat. Dalam proses permintaan produksi akan diperoleh informasi mengenai spesifikasi standart gula yang dibutuhkan, pengiriman dan harga. Setelah *marketing* pusat menerima informasi yang diperlukan *customer* mengenai data-data gula yang akan di order. Kemudian informasi permintaan produksi akan diterima bagian



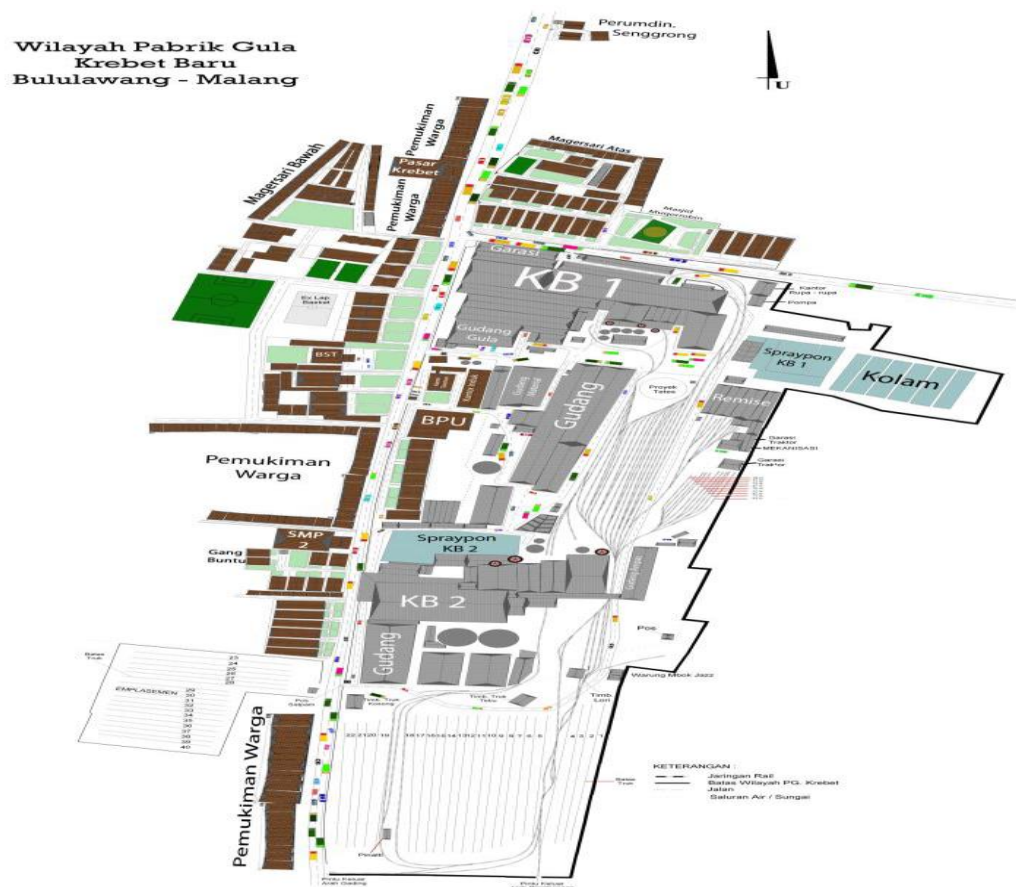
tanaman dan bagian pabrikasi. Bagian tanaman dibawah pengawasan *Plantation Manager* akan melakukan perencanaan tanam tebu, tebang dan angkut. Sedangkan bagian pabrikasi divisi laboratorium dibawah pengawasan *Processing Manager KB I* dan *Processing Manager KB II* akan melakukan perencanaan bahan baku pendukung. Perencanaan dilakukan dalam bentuk *master production schedule* dan *material requirement planning*.

2. Setelah perencanaan dilakukan, bagian tanaman dibawah pengawasan *Plantation Manager* akan menghubungi *Supplier* tebu atau petani untuk melakukan kontrak. Ketika waktu tebang, bagian tanaman akan memberikan surat perintah tebang angkut ke *supplier* dan harus dibawa ketika tebu masuk ke pabrik untuk diserahkan dan diperiksa oleh *quality control*.
3. Pada bahan baku pendukung, hasil perencanaan dari *quality control* akan diserahkan ke bagian gudang. Bagian gudang selanjutnya menghubungi *supplier* tiap bahan baku pendukung untuk melakukan order. Lama waktu dari pemesanan sampai bahan baku datang ke pabrik biasanya sekitar 4 hari. *Supplier* harus menyerahkan bukti permintaan order ke bagian gudang saat pesanan datang ke pabrik. Gudang material sebagai penyedia kebutuhan bahan baku pendukung dan peralatan. Gudang material mempunyai tugas dan tanggung jawab mengatur *inventory* baik dari segi menjaga kuantitas material agar sesuai dengan *safety stock* yang telah ditentukan.
4. Saat proses produksi berlangsung, maka harus ada koordinasi antar bagian. Pada bagian timbangan berkoordinasi dengan bagian instalasi untuk mengatur tebu yang akan masuk ke gilingan, serta saat mesin terjadi *breakdown*. Bagian instalasi berkoordinasi dengan bagian pabrikasi untuk pengawasan proses produksi. Bagian gudang material berkoordinasi dengan bagian pabrikasi untuk mengatur pasokan bahan baku pendukung dari gudang ke rantai produksi. Bagian pabrikasi mengatur berkoordinasi dengan bagian gudang gula untuk pemindahan gula dari rantai produksi ke gudang dan pengaturan *inventory*. Gudang *finish goods* atau gudang gula mempunyai tugas untuk menerima, menyimpan dan pengiriman gula yang telah di proses oleh bagian pabrikasi.

5. Setiap bagian memiliki tanggung jawab untuk melaporkan hasil kerja ke bagian akuntansi dan keuangan. Bagian akuntansi dan keuangan akan menyusun laporan pabrik dan akan diserahkan ke kantor pusat. Pemasaran dan pendistribusian gula juga diserahkan ke kantor pusat. Selanjutnya pabrik akan melakukan bagi hasil dengan petani tebu atau *supplier* berdasarkan hasil yang diperoleh dari kantor pusat. Sistem bagi hasil yang dilakukan yaitu 60% pabrik dan 40% petani tebu. Petani dapat mengambil hasil produksi gula di gudang *finish goods*. Pihak gudang *finish goods* akan mengatur jadwal pengambilan hasil produksi gula dari sistem bagi hasil milik petani.



Gambar 4.2 Skema Aliran Informasi



Gambar 4.3 Layout PG Krebet Baru

Sumber : PG Krebet Baru

#### 4.2.2 Aliran Material

Aliran material pada proses produksi gula dihasilkan oleh bagian pabrikasi. Proses produksi gula akan digambarkan dalam *big picture mapping* dari mulai kedatangan tebu sampai dengan *finish goods* berupa gula pasir atau gula SHS dan siap untuk dikirim ke customer. *Big picture mapping* adalah suatu tools yang digunakan untuk menggambarkan suatu sistem secara keseluruhan beserta aliran nilai atau value stream yang terdapat pada perusahaan (Hines, P. and Taylor, D., 2000).

Aliran material pada proses produksi gula di PG Krebet Baru adalah sebagai berikut :

1. Tebu yang telah dilakukan penebangan akan diangkat dari sawah petani, kemudian tebu diangkat menuju ke pabrik dengan menggunakan truk. Ketika sampai di pabrik, truk tebu akan masuk ke meja tebu pada stasiun

- persiapan. Pada stasiun persiapan dilakukan inspeksi dan penimbangan. Setelah lolos dari inspeksi, truk masuk ke timbangan 1 untuk menimbang berat truk dan tebu yang disebut berat bruto.
2. Setelah itu, tebu akan dipindahkan dengan *cane unloading crane* diarahkan diatas truk tebu, kemudian operator mengikat tebu dengan rantai dan menekan tombol kontrol untuk mengangkat tebu ke atas meja tebu. Selanjutnya menekan tombol untuk melepaskan katrol pengikat sehingga tebu terlepas ke atas meja tebu atau *cane table*. *Cane table* digunakan sebagai tempat penampungan tebu yang diangkat oleh *cane unloading crane* dari lori atau truk sebelum tebu masuk ke *cane carrier I*. Jumlah dari meja tebu ini ada tiga buah, dimana ketiga meja tebu dapat menampung tebu dari truk. Sedangkan truk akan berlanjut menuju timbangan II untuk ditimbang berat kosong truk yang disebut berat tarra.
  3. Sedangkan untuk bahan baku pendukung yang dikirim *supplier* akan diterima oleh bagian gudang untuk dilakukan inspeksi dan menjadi *inventory* pada gudang material untuk sementara sebelum dikirim menuju lantai produksi. Bahan baku pendukung yang ditambahkan dalam proses produksi gula adalah susu kapur atau  $\text{Ca(OH)}_2$  digunakan untuk menaikkan ph, mengendapkan kotoran dalam nira mentah dan penetral nira mentah yang bersuasaana asam agar tidak terjadi gula inversi. Gas belerang atau  $\text{SO}_2$  berfungsi sebagai bahan untuk pemurnian nira. *Flokulan* berfungsi untuk mempercepat pengendapan kotoran pada nira mentah dengan membentuk gumpalan – gumpalan. Asam phospat digunakan menaikkan kadar *phospat* dalam nira agar menghasilkan nira yang jernih.
  4. Dari *cane table*, tebu dijalankan oleh operator menuju *cane carrier*. Tebu yang jatuh dari meja tebu dibawa *cane carrier* yang digerakkan oleh motor listrik dengan *variable speed* maximum 1200 rpm menuju *cane cutter*. Kecepatan *cane carrier I* disesuaikan dengan kapasitas gilingan yang telah ditentukan, sehingga tidak mengalami masalah kelebihan tebu yang nantinya akan menyebabkan slip pada gilingan dan kelebihan tebu yang akan menyebabkan kapasitas tebu tidak tercapai. Kemudian tebu berjalan menuju *cane cutter* memiliki fungsi untuk mencacah tebu dan memotong

tebu hingga menjadi bagian – bagian yang kecil. *Cane cutter* digerakkan oleh turbin yang memiliki kecepatan 3500 rpm yang kemudian direduksi oleh *gear box* menjadi 600 rpm dan memiliki daya serap 660 hp. Jumlah pisau pada *cane cutter* adalah 36 buah. Tebu juga berjalan menuju *unigrator* yang terletak pada ujung *cane carrier* I. *Unigrator* berfungsi untuk mencacah tebu menjadi ukuran yang lebih kecil lagi agar memudahkan pemerahan nira pada gilingan. *Unigrator* terdiri dari pemukul atau *hammer tip* yang berputar dan landasan yang bergerigi atau *anvil*. *Unigrator* digerakkan turbin yang memiliki daya 750 HP dan putarannya 4500 rpm. Putaran turbin ini kemudian direduksi oleh *gear box* sehingga putarannya menjadi 664 rpm. Jumlah pisau pada *unigrator* adalah 40 buah. Hasil dari *unigrator* adalah serabut tebu. Ampas dari pemerahan *unigrator* dijatuhkan ke *cane carrier* II untuk diteruskan ke gilingan I.

5. Setelah itu, hasil cacahan berupa serabut dibawa menuju ke gilingan I, gilingan II, gilingan III, gilingan IV dan gilingan V secara berurutan. Gilingan merupakan alat pemerahan nira tebu sehingga terpisah dari ampas. Pemerahan ini dilakukan dalam lima tahapan gilingan, tiap – tiap gilingan terdiri dari tiga rol belakang. Arah pengeluaran nira selalu berlawanan dengan arah pengeluaran ampas untuk menghindari nira terpisah kembali oleh ampas. Gilingan I bertujuan untuk memerah ampas pertama kali dan nira hasil perahan ini dinamakan Nira Perahan Pertama disingkat menjadi NPP. Yang selanjutnya dialirkan ke tanki penampungan nira, sedangkan ampas yang dihasilkan terlebih dahulu disiram dengan nira dari gilingan III sebagai umpan pada gilingan II. Turbin pada gilingan I ini berkekuatan 740 HP. Ampas dari gilingan I dimasukkan ke gilingan II dengan *intermediate carrier* I disingkat menjadi IMC I setelah mendapat imbibisi dari nira perahan III. Tipe dari IMC I ini seperti elevator yang memiliki seperti cakar – cakar untuk mengangkat ampas tebu. Nira hasil gilingan ini akan diproses lebih lanjut yaitu pada stasiun pemurnian. Turbin pada gilingan II ini berkekuatan 740 HP. Ampas gilingan II dan imbibisi nira perahan IV dibawa dengan *intermediate carrier* II disingkat menjadi IMC II ke gilingan III dan nira yang dihasilkan untuk imbibisi pada ampas gilingan I. Tipe dari

IMC II ini sama seperti IMC I, yaitu seperti elevator yang memiliki cakar – cakar untuk mengangkut ampas tebu. Turbin pada gilingan III ini berkekuatan 740 HP. Ampas gilingan III juga berimbibisi nira perahan V sebelum masuk gilingan IV melalui *intermediate carrier* III disingkat menjadi IMC III. Hasil nira juga digunakan untuk imbibisi pada ampas gilingan II. Tipe dari IMC III ini berbeda dari IMC I dan II. Bentuknya seperti elevator yang permukaannya bergelombang agar dapat menarik ampas tebu. Turbin pada gilingan IV ini berkekuatan 740 HP. Ampas dari gilingan IV diberikan imbibisi air panas pada suhu  $60^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$  dan digiling pada gilingan V. Nira hasilnya digunakan untuk imbibisi gilingan IV. Ampas gilingan V dibawa ke *conveyor* menuju ketel untuk bahan baku pembakaran. Turbin pada gilingan V ini berkekuatan 825 HP. Hasil dari stasiun gilingan akan menghasilkan nira mentah, sedangkan ampasnya dilewatkan *baggage carrier* untuk memisahkan ampas halus dan kasar. Ampas kasar dikirim ke ketel untuk bahan bakar, sedangkan yang halus akan dicampur dengan nira kotor untuk dijadikan blotong. Nira mentah akan dialirkan ke *boulogne* sebelum masuk ke stasiun pemurnian. *Mixed Juice Weight* atau timbangan nira mentah digunakan untuk mengetahui berat nira mentah yang dihasilkan dari stasiun gilingan sehingga diperoleh data pengawasan sebagai standar perhitungan gilingan pabrikasi.

6. Nira yang berasal dari stasiun gilingan masih berwarna kuning keruh dan banyak mengandung kotoran-kotoran berupa larutan koloid yang lolos dari penyaringan maupun pemisahan kotoran akan diproses dalam stasiun pemurnian. Proses pemurnian langkah pertama adalah memanaskan nira mentah yang telah ditimbang dan ditambahkan larutan TSP atau *Triple Super Pospat* dengan berat tertentu. Kemudian nira dipompa menuju *juice heater* I yang dipanaskan pada suhu  $70^{\circ}\text{C}$ . Pada *juice heater* I terdapat suhu  $70^{\circ}\text{C}$  yang diambil dari *up exhausting* turbin. Sedangkan pada *juice heater* II terjadi proses dimana nira yang telah diberi susu kapur dan telah tersulfitor sampai pH netral akan dipanasi sampai suhu  $105^{\circ}\text{C}$ . 2. Penambahan nira dengan susu kapur dilakukan pada nira yang berada di *juice heater* I dialirkan ke *Kalk Dozer Aparatus* yang berfungsi untuk

mengatur perbandingan antara nira dengan susu kapur kaldoser, kemudian pencampurannya dilakukan dalam bejana *defecator* I sehingga terjadi kenaikan Ph dari 5,2 menjadi 7,1. Setelah itu nira dialirkan ke *defecator* II dan ditambahkan susu kapur sehingga terjadi kenaikan Ph menjadi 8,2. Defekator adalah alat pencampur antara nira mentah dengan susu kapur. Pada *defecator* I nira dikapuri sampai ph 7 – 7,2 dengan kecepatan pengadukan 70 rpm dan waktu tinggal 3 menit. Pada *defecator* II dikapuri sampai ph 8,9 dengan kecepatan pengadukan 90 rpm dan waktu tinggal 1 menit. Penambahan susu kapur ini ditujukan untuk membentuk endapan dengan mengikat kotoran dalam nira. Pengontrolan Ph dilakukan setiap saat dengan menggunakan PAN atau *Para Alpha Naphthol*. Nira yang keluar dari *defecator* dialiri gas SO<sub>2</sub> dalam bejana sulfitasi, sehingga Ph turun menjadi 7 bersifat netral. Gas SO<sub>2</sub> berasal dari pembakaran belerang padat dengan udara kering yang berasal dari kemudifier dalam oven belerang. Pengontrolan ini juga dilakukan setiap 15 menit dengan menggunakan BTB atau *Broom Timol Blue* bila tidak terdapat BTB, dapat digantikan dengan PAN. Bila Phnya terlalu asam akan merusak nira, sedangkan bila terlalu basa akan menghasilkan gula merah, karena nira banyak mengikat koloid. Dengan penurunan Ph ini akan terjadi dirosiasi *asam sulfit max* sehingga membentuk endapan CaCO<sub>3</sub> dengan susu kapur yang merupakan inti kotoran-kotoran lainnya tertarik dan terikat sehingga pengendapan lebih cepat. Selanjutnya dilakukan pemanasan yang kedua dilakukan setelah proses sulfitasi nira akan dipanaskan lagi dalam *Juice Heater* II pada suhu antara 100°C – 105°C. Pemanasan kedua berfungsi untuk menyempurnakan reaksi sulfitasi dan memperbesar daya ikat CaCO<sub>3</sub> terhadap koloid. Proses pemisahan gas-gas dilakukan di dalam *flash tank* menggunakan aliran tangensial, maka gas O<sub>2</sub> dan NH<sub>3</sub> yang terbentuk pada proses sebelumnya akan keluar. Untuk mempercepat proses pengendapan maka nira yang berasal dari *flash tank* ditambah dengan *flocculant* sebelum diendapkan dalam *dorr clarifier* atau unit pemurnian. *Dorr clarifier* menggunakan sistem single tray yang terbagi dalam 4 *compartement*. Nira masuk ke *feed compartement* yang berfungsi untuk memasukkan busa dengan cara di

skrap. Nira kemudian dialirkan melalui *center tube*, agar tiap *compartement* mendapat umpan nira yang sama banyak. Setiap nira yang masuk ke dalam *compartement* ditampung terlebih dahulu dalam *tank* untuk mengatur kecepatan aliran, sehingga memberi kesempatan *flocculant* untuk mengikat kotoran. Setelah pengendapan akan diperoleh nira jernih yang keluar untuk disaring dalam *DSM screen* dibawa ke *preevaporator*. Endapan atau nira kotor yang keluar dari *dorr clarifier* dicampur dengan ampas halus atau *bagasillo mud juice* dan nira kotor yang kemudian disaring dalam *rotary vacuum filter* yang berfungsi untuk menyaring nira kotor dari hasil pengendapan sehingga didapat nira jernih dan blotong. Nira jernih dialirkan ke bak penampung sedangkan blotong diangkut oleh truk untuk digunakan sebagai pupuk.

7. Proses penguapan dilakukan dengan cara menguapkan sebagian air sehingga konsentrasi larutan nira lebih pekat sesuai yang diharapkan ( $\pm 60^\circ\text{Brix}$ ). Pada stasiun penguapan terdapat sebuah *voorkocker* dan 5 buah evaporator. Pada umumnya evaporator yang digunakan hanya 4 saja, sedangkan yang satunya digunakan sebagai cadangan apabila evaporator yang sedang digunakan mengalami kerusakan. Nira jernih akan masuk ke evaporator I, evaporator II, evaporator III, evaporator IV, evaporator V, evaporator VI, dan evaporator VII secara berurutan. Pada stasiun penguapan memiliki 4 bejana yang memiliki tekanan diatas  $0,5 \text{ kg/cm}^2$ , yaitu *voorkocker*, evaporator I, evaporator II dan evaporator III. Sedangkan evaporator IV memiliki tekanan *vacuum*. *Vacuum* digunakan untuk menarik larutan nira yang kental dan untuk menurunkan titik didih nira. Sistem pemanasan pada *voorkocker* dan evaporator I menggunakan uap bekas dari turbin, sedangkan untuk evaporator II menggunakan uap yang telah digunakan pada evaporator I, evaporator III menggunakan uap dari evaporator II, dan evaporator IV menggunakan uap dari evaporator III. Dimulai dari pemompaan nira bersih ke *voorkocker* dari *clarifier*, yang sebelumnya dilakukan penyaringan terlebih dahulu dalam *DSM screen*. Dari *Single Tray Clarifier* ini mempunyai temperatur kurang lebih  $100^\circ\text{C}$  dan dalam *voorkocker* suhu dinaikkan menjadi  $120^\circ\text{C}$  dengan maksud untuk



mengembalikan suhu nira yang berkurang selama proses pengendapan. Nira encer dari *voorkocker* mengalami penguapan yang menghasilkan *bleeding* dan air kondensat. Kemudian nira mengalir ke evaporator I melalui bagian bawah badan evaporator, sehingga suhunya mencapai 110°C. Nira mengalami penguapan yang menghasilkan *bleeding* dan air kondensat. *Bleeding* atau uap nira dari *voorkocker* dan evaporator I digunakan untuk proses pada *juice heater* dan pan masakan, sedangkan air kondensat digunakan sebagai air pengisi ketel. Dari evaporator I mengalir nira menuju evaporator II melalui bagian bawah badan dan mengalami penguapan yang menghasilkan air kondensat. Suhu pada evaporator II ini mencapai 90°C. Nira yang keluar dari evaporator II masuk ke evaporator III melalui bagian bawah dan mengalami penguapan mencapai suhu 86 °C yang menghasilkan air kondensat. Setelah itu nira mengalir ke evapoator IV yang dibuat vakum dengan menggunakan *jet condensor*. *Jet condensor* berfungsi untuk menurunkan tekanan uap dalam badan evaporator sehingga menurunkan titik didih nira. Uap dari badan terakhir kemudian menuju *Sap Vanger* yang berfungsi untuk menangkap nira yang masih terikat oleh aliran uap. Nira kental yang keluar dari evaporator V kemudian ditampung di dalam tangki nira kental belum tersulfitasi. Nira kental tersebut dikenai proses sulfitasi dengan gas SO<sub>2</sub>. Tujuannya adalah untuk mereduksi senyawa *ferri* yang berwarna coklat kehitaman menjadi senyawa *ferro* yang tidak berwarna. Pemberian gas SO<sub>2</sub> diatur alirannya sehingga didapat nira kental dengan ph 5,6 dan *sakrosa* akan terhidrolisis menjadi *glukosa fluktosa*.

8. Proses masakan adalah kelanjutan dari proses penguapan dimana nira pekat dari stasiun penguapan belum maksimal, sehingga untuk mendapatkan kristal gula. Nira pekat harus diuapkan lagi mencapai kepekatan ± 98°Brix memperhatikan bentuk kristal, ukuran serta kerataannya. Bahan dasar yang digunakan adalah nira pekat tersulfitasi yang brixnya adalah 60 – 65°Brix. Bahan dasar tersebut disimpan dalam peti – peti tunggu yang dilengkapi dengan pipa – pipa *steam* untuk memanasi nira kental, *stroop* atau *klare* yang akan dialirkan ke pan masakan. Pemanasan dimaksudkan agar tidak terjadi perbedaan suhu dan untuk menurunkan kekentalan atau melarutkan

kristal yang mungkin telah terbentuk. Pemakaian bibit oleh *fondan* diluar pan masak. PG Kreet Baru tidak memproduksi bibit *fondan*, maka didatangkan dari P3GI. Bibit FCS dan bisa dipakai pada masakan D yang mana untuk memenuhi syarat pol tetes harus dapat diambil gula kristal secara maksimal. Selain dipakai untuk pembibitan pada masakan A, masakan B maupun masakan C pada awal giling. Pembuatan bibit *einwurf* dari hasil pemisahan kristal lewat saringan putaran C diperoleh kristal dengan ukuran kecil. Bisa dipakai untuk bibit *einwurf* C yang digunakan untuk pembibitan pada masakan A bila sistem masakan 3 tingkat A,C, dan D. Setelah nira encer diuapkan oleh badan penguapan menjadi nira pekat 60-70°Brix, dilakukan proses memasak gula A. Untuk memproduksi gula SHS nira pekat perlu disulfitasi lagi, sehingga diperoleh gula yang benar – benar berwarna putih sesuai kualitas SHS. Pengukuran nira kental  $\pm 120$  HI kedalam pan sampai volume tertentu sampai fase pengontrolan pada konsentrasi  $\pm 1,2$ . Pengontrolan dapat dilakukan dengan piring kaca yang disinari lampu untuk mengetahui rapat tidaknya nira kental. Setelah mencapai konsentrasi tertentu, ditariklah *einwurf* C dengan proses masak  $\pm 40$  HI dan dikontrol serta diamati. Pencucian dilakukan untuk menghilangkan pasir, bila pasir ikut berputar akan mengganggu kelancaran pemutaran atau menyumbat lubang saringan. Pencucian dilanjutkan dengan menambah air sampai kristal palsu yang terdapat pasir dirasa hilang. Setelah itu dilakukan penguapan lagi dengan menambah uap pemanas. Terakhir melanjutkan pembesaran kristal hingga sampai pada batas tertentu dan masakan siap diturunkan. Selanjutnya memasak gula C dilakukan dengan ditarik nira kental dan *klare* III sampai volume  $\pm 200$  HI ke dalam pan masakan, kemudian dikentalkan mendekati titik jenuhnya. Memasukkan bibit gula D  $\pm 40$  HI, setelah terbentuk inti kristal  $\pm 10$  menit. Kemudian dicuci dengan air, agar kristalnya rata. Selanjutnya dikentalkan sampai kristalnya rapat dan masakan cukup kental. Penambahan *klare* D, *stroop* A ataupun nira kental dengan komposisi tertentu sesuai dengan hasil analisa sogokan dan volume mencapai 400 HI, masakan C diturunkan hingga 70 – 71 HI. Setelah itu masakan diturunkan ke palung pendinginan C untuk

diproses di stasiun berikutnya. Selanjutnya memasak gula D adalah masakan *molase* yang mana didalam pengerjaannya ditekan sekecil mungkin untuk gula yang terkandung dalam molase. Diperlukan usaha agar kristal gula yang terbentuk halus dan merata, sehingga didapatkan luas permukaan kristal yang besar. Masakan D tidak untuk gula SHS, tetapi sebagai *einwurf* untuk masakan C atau dilebur bersama nira kental. Disinilah pentingnya masakan D dalam menentukan kualitas gula SHS.

9. Pada stasiun putaran aktivitas produksi memisahkan kristal gula yang terkandung dalam *massquite*, sehingga dapat terpisah antara kristal dengan *strop* atau *mollase*. Di PG Kreet Baru terdapat dua macam putaran, yaitu putaran *discontinue* dipakai untuk memutar masakan A yang memutar gula A akan menghasilkan kristal A dan *strop* A. *Strop* A digunakan sebagai masakan C dan D, sedangkan gula A masih diputar lagi pada putaran SHS, sehingga akan diperoleh gula produk. Putaran A memiliki kecepatan putar 1250 rpm. Putaran *discontinue* pada gula SHS secara bertahap artinya pemasukan bahan dan pengeluaran dipisahkan oleh waktu. Memutar dari gula putaran A, maka sebagai hasilnya adalah kristal gula produk dan *klare* SHS, dimana *klare* SHS ini digunakan untuk bahan masakan A. Mesin putaran SHS berjumlah 3 buah dan yang dioperasikan hanya 2 buah yaitu putaran jenis ASEA dan yang baru yaitu jenis WS Centrifugal. Putaran WS memiliki kecepatan putaran sampai 1200 rpm dan yang dipakai dalam operasional hanya 1000 rpm saja dan yang paling rendah 50 rpm. Sedangkan putaran ASEA yaitu 1250 rpm. Perbedaan yang dapat diamati antara WS dan ASEA yaitu mesin putaran WS memakai air sebagai alat yang membantu dalam memisahkan *klare* dengan gula dimana air dikondisikan mencapai 800°C. Air digunakan 2 kali penyiraman dimana air diambil dari bak penampungan sebanyak 25cc. Volume atau kapasitas bak putaran SHS WS ini mencapai 10 kwintal. Untuk mendapatkan ketebalan gula yang diinginkan selama proses putaran, mesin SHS WS ini menggunakan sensor sedangkan SHS ASEA menggunakan indikator. Mesin putaran ASEA menggunakan uap atau *steam* yang diambil dari ketel, hal ini merupakan kelemahan mesin ASEA karena kalau terjadi kerusakan pada ketel maka

mesin puteran SHS ASEA tidak dapat beroperasi karena uap atau *steam* yang dibutuhkan untuk memisahkan *klare* dengan gula tidak dapat digunakan. Volume atau kapasitas bak puteran SHS ASEA mencapai 6 kuintal. Dari keseluruhan puteran SHS yang masuk ke puteran sebanyak 450 hekto liter sedangkan yang menjadi produk sebanyak 225 hekto liter. Kemudian putaran selanjutnya adalah putaran *continue* biasanya dipakai untuk memutar masakan C, gula D I dan gula D II secara terus menerus dari bahan masuk sampai bahan bakar. Hasil dari masakan C dimasukkan ke dalam putaran yang berada ditengah – tengah yang berbentuk seperti kerucut. Selanjutnya dilakukan penyemprotan dengan air dan *stroop* turun melalui lubang saringan dan masuk ruang *stroop*. Untuk selanjutnya masuk ke peti *stroop* bagian bawah. Kemudian kristalnya turun menuju *srew conveyor*, yang kemudian dipompa ke peti gula C dan D.

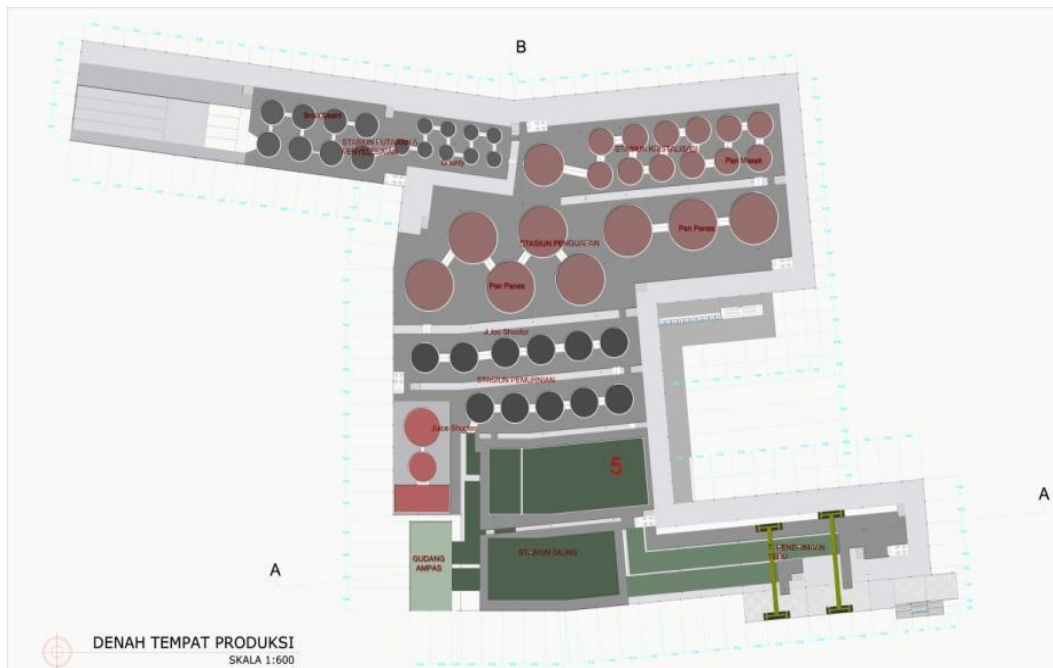
10. Untuk menyelesaikan hasil putaran gula SHS yang masih agak basah. Tugas utama dari stasiun penyelesaian adalah mengeringkan kristal gula, karena gula A yang turun dari putaran masing – masing yaitu *batch centrifuge* dan akan diputar lagi satu putaran. Gula hasil putaran tersebut masih agak basah dan belum kering 100 %. Pengeringan ini menggunakan talang goyang, gula basah yang turun dalam talang goyang yang bergetar oleh gaya eksentrik digerakkan oleh motor yang berfungsi sebagai pengeringan, pengadukan, dan penyaringan gula produk. Talang goyang berupa talang yang bergetar oleh gaya eksentrik yang digerakkan oleh motor untuk mengeringkan gula dan mengangkat serta menyaring gula pasir, berbentuk persegi empat panjang yang berkaki, bentuknya terbuka sehingga gula masuk basah dikeringkan dengan udara bebas. Gula kering yang dihasilkan diangkat oleh *bucket elevator* ke *vibrating screen* yang berfungsi untuk memisahkan kristal gula yang memiliki ukuran kristal yang tidak sama. *Bucket elevator* gula berfungsi untuk membawa kristal gula kering dari talang goyang ke *vibrating screen* dan *sugar bin*. *Vibrating screen* berfungsi sebagai saringan untuk memisahkan kristal gula yang berukuran tidak sama. Ukuran kristal yang sesuai adalah 0,8 – 1,00 mm dan apabila ada yang tidak sama dilakukan pemisahan. *Vibrating screen* terdiri dari saringan bertingkat

dengan susunan yaitu Saringan I digunakan untuk menahan kristal gula yang berukuran kasar, terletak paling atas. Saringan II digunakan untuk terletak dibawah saringan I, kristal gula saringan II ini sebagai gula SHS yang digunakan oleh konsumen. Saringan III digunakan untuk menahan kristal gula yang berukuran halus. Kristal gula hasil saringan ditampung di dalam *sugar bin* berupa kristal II hasil saringan I ditampung di *sugar bin*, *sugar bin* berbentuk segi empat dengan bagian bawah berbentuk piramida terbalik untuk mengeluarkan gula. Dilengkapi sejenis timbangan untuk mengukur berat gula dengan netto 50 Kg.

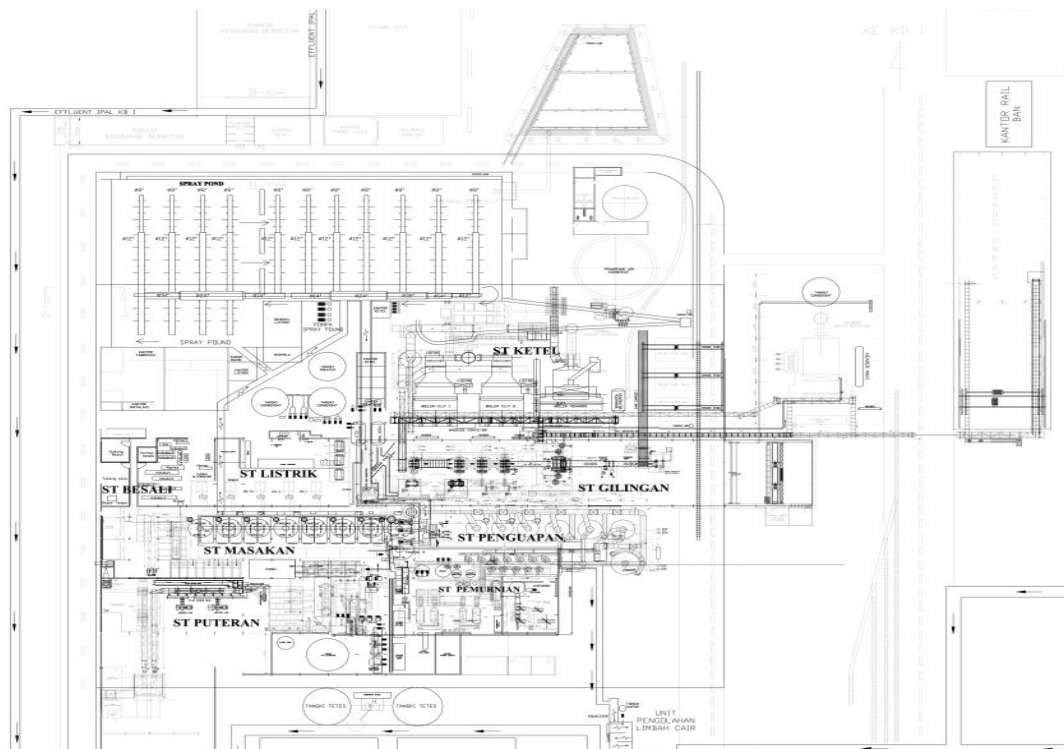
11. Bila gula yang masuk ke dalam karung sudah mencapai beratnya, maka karung akan terjatuh dengan sendirinya. Selanjutnya ditimbang lagi secara manual agar tepat, kemudian dijahit dan selanjutnya dibawa ke gudang untuk penyimpanan sebelum dipasarkan. Gula produk sebelum dimasukkan ke gudang harus memenuhi syarat-syarat yaitu mempunyai ukuran kristal yang rata dan sesuai dengan syarat yang telah ditentukan. Warna kristal harus memenuhi syarat karena ada kualifikasi mutu kristal. Telah ditimbang dan sesuai dengan berat netto 50 Kg. Karung gula harus kering dan tidak bocor.



Gambar 4.4 Skema Aliran Material



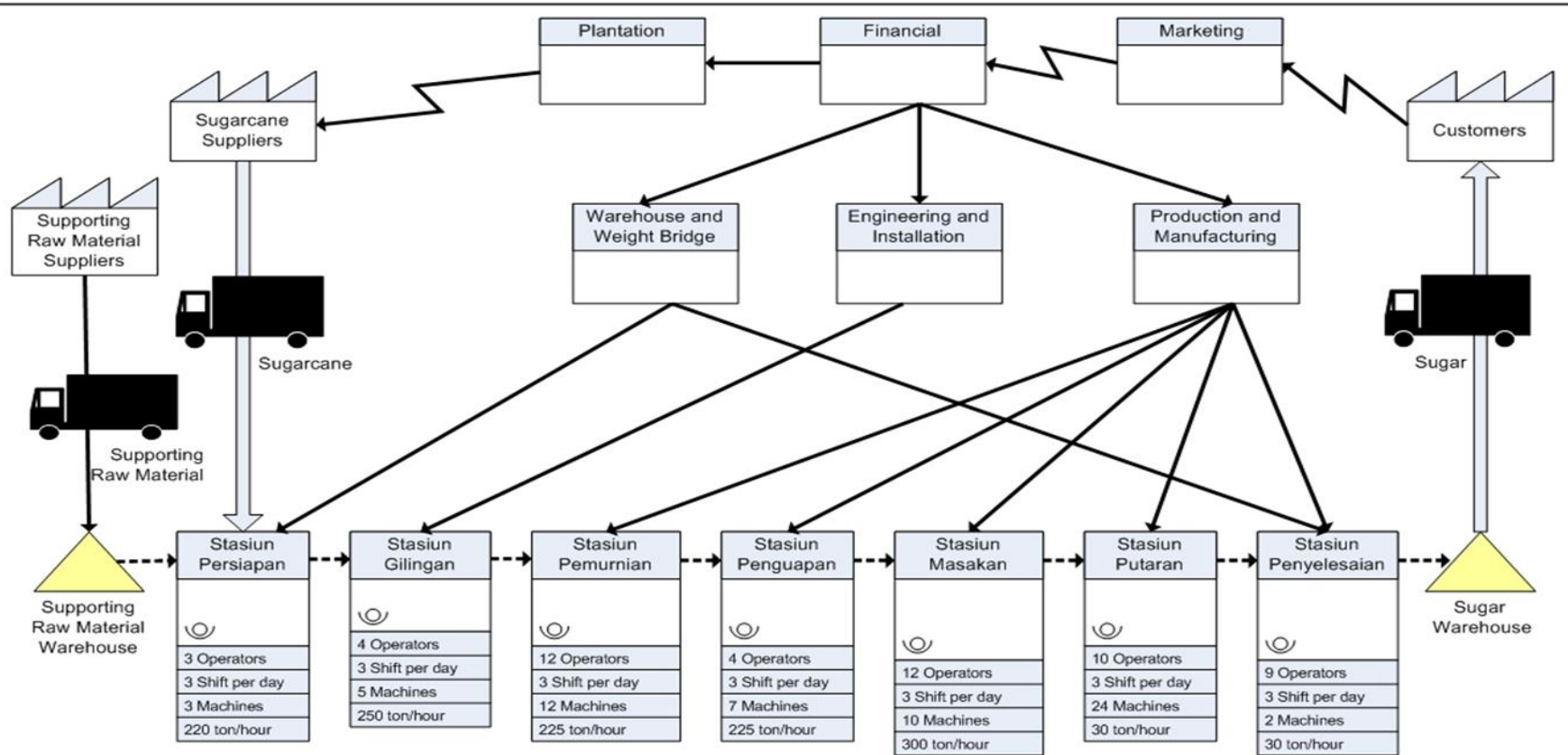
Gambar 4.5 Layout Setiap Stasiun Produksi Gula di PG Krebet Baru



Gambar 4.6 Tata Letak Produksi Gula di PG Krebet Baru

Hasil penggambaran *Big Picture Mapping* aliran material di PG Krebet Baru dapat dilihat pada gambar 4.7.

### Big Picture Mapping Proses Produksi Gula



Gambar 4.7 Big Picture Mapping Proses Produksi Gula



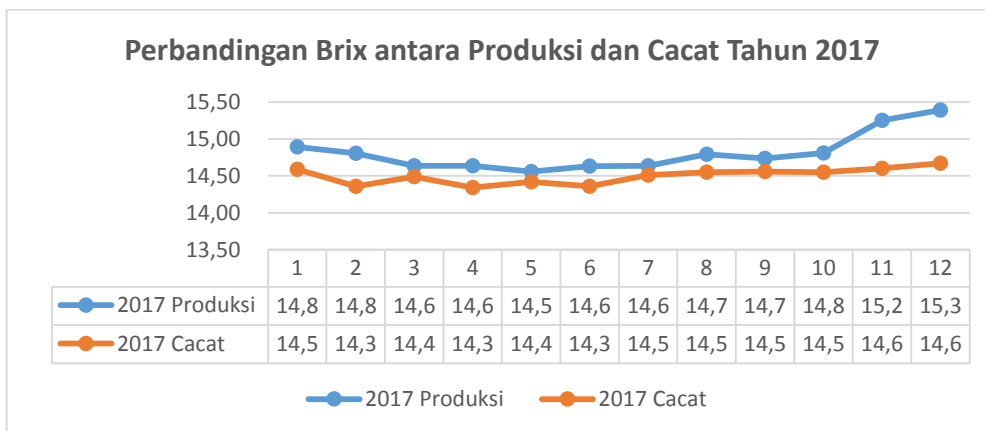
### 4.2.3 Identifikasi Waste Dengan Waste Relationship Matrix

Proses identifikasi waste dengan menggunakan *waste assessment matrix*, dimana tiap jenis waste yang teridentifikasi dan terukur mempunyai hubungan keterkaitan sebab dan akibat antara jenis waste lainnya. Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara langsung dengan *Engineering Manager* KB I, *Engineering Manager* KB II, *Processing Manager* KB I, Kepala Gudang Material, Kepala Gudang Gula dan Kepala Timbangan. Terkait dalam proses produksi gula. Wawancara dilakukan untuk menyatukan persepsi tentang pemahaman terhadap waste dan keterkaitan antar waste. Pengamatan langsung juga diperlukan untuk memahami pada proses produksi gula.

Tahap identifikasi dari *waste assessment* adalah pengukuran terhadap jenis-jenis waste yang terdapat pada *value stream* sistem produksi di perusahaan. Proses identifikasi ini disesuaikan dengan jenis-jenis waste. Berikut ini adalah penjelasan dari identifikasi waste yang telah dilakukan:

#### 1. Defects

Tingginya tingkat *defects* yang terjadi pada proses produksi gula diketahui dari kualitas *raw material* yakni tebu yang cenderung tidak stabil. Hal ini dikarenakan *supplier* atau petani tebu yang berasal dari berbagai macam wilayah dan diterimanya tebu yang memiliki nilai brix rendah dalam memenuhi kapasitas giling. Selain itu, mesin-mesin yang ada tidak mempunyai jadwal *preventive maintenance* dan jadwal perawatan ketika masa giling berlangsung, sehingga kinerja mesin tidak bekerja secara maksimal.

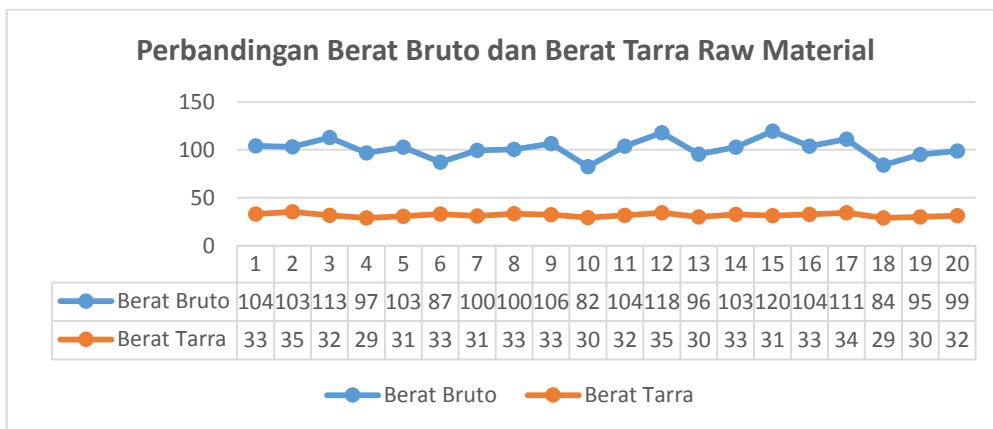


Gambar 4.8 Perbandingan Brix antara Produksi dan Cacat Tahun 2017

Sumber : Data Internal PG Krebbe Baru, 2017

## 2. *Unnecessary Inventory*

Perusahaan tidak merencanakan adanya *inventory* produk atau material yang berlebihan, namun seringkali yang terjadi adalah ketika adanya *supply* dari pihak *supplier* atau petani tebu mengirim jumlah pasokan yang berlebihan dari yang diperkirakan sebelumnya, sehingga *quality control* mendata ulang *raw material* tebu yang diterima. Hal ini juga berdampak nantinya mengenai kadar gula yang di produksi dari perhitungan awal bisa tidak sesuai dengan standar baku mutu tebu giling.



Gambar 4.9 Perbandingan Berat Bruto dan Berat Tarra (Sampling 20 Truk pada bulan Juni, 2017)

Sumber : Data Internal PG Krebet Baru, 2017

## 3. *Inappropriate Processing*

Proses produksi yang tidak memiliki nilai tambah apabila ada kesalahan proses produksi. Pengawasan yang dilakukan pada level *middle management* juga memberikan kontribusi terhadap proses yang ada, sehingga kesalahan pada operasional mesin dapat diminimasi. Disamping itu, para operator yang bekerja sudah mempunyai pengalaman lebih dari 10 tahun, sehingga untuk pengulangan pekerjaan setiap harinya jarang ditemukan adanya masalah.

## 4. *Waiting*

Sering terjadi aktivitas *waiting*, bukan hanya disebabkan oleh proses pengadaan bahan baku pendukung yang berakibat pada penundaan proses produksi, akan tetapi kurangnya ketersediaan alat bantu *weigh bridge* yang berfungsi mengangkut *raw material* tebu dan *finished goods*. Mobilitas yang

tinggi dengan jumlah terbatas berakibat adanya proses tunggu pada antrian truk.



Gambar 4.10 Antrian Truk Sebelum Memasuki Emplasemen

Sumber : Data Internal PG Krebet Baru, 2017

#### 5. *Unnecessary Motion*

Proses produksi yang terjadi adanya gerakan tidak perlu yang dilakukan oleh operator. Disamping itu, kurangnya pengawasan yang ketat dan kurangnya tersedia alat bantu. Salah satu contoh gerakan tidak perlu yaitu proses pencatatan manual yang dilakukan operator untuk merekap kinerja proses produksi. Pada setiap stasiun kerja terdapat komputer kerja untuk mempermudah proses rekap data.



Gambar 4.11 Pencatatan Manual

Sumber : Data Internal PG Krebet Baru

Diharapkan adanya rekomendasi terhadap perbaikan suatu jenis *waste* yang berpengaruh secara tidak langsung terhadap jenis *waste* lainnya. Sehingga dapat mereduksi *waste* menjadi lebih efektif pada rekomendasi yang diberikan.

#### 4.2.4 Five Waste Relationship

Perhitungan keterkaitan antar *waste* dilakukan secara diskusi dengan pihak perusahaan dan penyebaran kuesioner dengan menggunakan kriteria pembobotan yang dikembangkan oleh Rawabdeh, 2005. Semua jenis dari *waste* adalah saling mempengaruhi dalam artian selain memberi pengaruh terhadap yang jenis *waste* lainnya, secara simultan dipengaruhi oleh jenis *waste* yang lain.

Hubungan antara jenis *waste* terdiri dari jenis *waste* D berpengaruh terhadap semua *waste* lain kecuali P; sedangkan jenis *waste* P berpengaruh terhadap semua *waste*; dan seterusnya sampai jenis *waste* W yang hanya berpengaruh terhadap O dan D. Keseluruhan hubungan mempengaruhi ini berjumlah 15 hubungan jenis *waste* i mempengaruhi jenis *waste* j (i\_j). Tipe pertanyaan keterkaitan antar *waste* pada lampiran 7. Ringkasan hasil dari skor dan tingkat keterkaitan antar *waste* pada proses produksi gula di PG Krebet Baru dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Keterkaitan Antar *Waste*

No.	Simbol	Tipe Pertanyaan	Total Skor	Tingkat Keterkaitan
1	I_D	<i>Inventory_Defect</i>	18	A
2	I_M	<i>Inventory_Motion</i>	17	A
3	D_I	<i>Defect_Inventory</i>	14	E
4	D_M	<i>Defect_Motion</i>	19	A
5	D_W	<i>Defect_Waiting</i>	16	E
6	M_I	<i>Motion_Inventory</i>	7	O
7	M_D	<i>Motion_Defect</i>	6	O
8	M_P	<i>Motion_Process</i>	10	I
9	M_W	<i>Motion_Waiting</i>	12	I
10	P_I	<i>Process_Inventory</i>	10	I
11	P_D	<i>Process_Defect</i>	15	E
12	P_M	<i>Process_Motion</i>	6	O
13	P_W	<i>Process_Waiting</i>	16	E
14	W_I	<i>Waiting_Inventory</i>	18	A
15	W_D	<i>Waiting_Defect</i>	13	E

Nilai total tersebut kemudian dikonversi menjadi simbol (A, E, I, O, U dan X). Nilai A = *Absolutely Necessary* (range 17-20), Nilai E = *Especially Important* (range 13-

16), Nilai I = *Important* (range 9-12), Nilai O = *Ordinary Closeness* (range 5-8), Nilai U = *Unimportant* (range 1-4), Nilai X = *No relation* (range 0).

#### 4.2.5 Five Waste Relationship Matrix

Berdasarkan hasil perhitungan seluruh keterkaitan antar *waste* pada tabel 4.1, maka selanjutnya dapat dibuat *waste relationship matrix* pada proses produksi gula di PG Krebet Baru.

Tabel 4.2 *Waste Relationship Matrix*

<b>F/T</b>	<b>I</b>	<b>D</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>W</b>
<b>I</b>	A	A	A	X	X
<b>D</b>	E	A	A	X	E
<b>M</b>	O	O	A	I	I
<b>P</b>	I	E	O	A	E
<b>W</b>	A	E	X	X	A

Untuk penyederhanaan matrix kemudian dikonversikan ke dalam bentuk persentase, dapat dilihat pada tabel 4.3. *Waste relationship matrix* dikonversikan ke dalam angka dengan acuan A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0. Kolom berisi jumlah skor level pengaruh dari tiap *waste*.

Tabel 4.3 *Waste Value Matrix*

<b>F/T</b>	<b>I</b>	<b>D</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>W</b>	<b>Score</b>	<b>(%)</b>
<b>I</b>	10	10	10	0	0	30	18,8%
<b>D</b>	8	10	10	0	8	36	22,5%
<b>M</b>	4	4	10	6	6	30	18,8%
<b>P</b>	6	8	4	10	8	36	22,5%
<b>W</b>	10	8	0	0	10	28	17,5%
<b>Score</b>	38	40	34	16	32	160	100%
<b>(%)</b>	23,8%	25%	21,3%	10%	20%	100%	

Hasil dari *waste value matrix* digunakan sebagai nilai pembobotan awal dari *waste assessment questionnaire* yang terdiri dari 58 pertanyaan *assessment*.

#### 4.2.6 Pengukuran Waste Dengan Waste Assessment Questionare

*Waste Assessment Questionare* adalah suatu kuesioner yang dimanfaatkan dalam menilai aktivitas produksi yang dapat mengakibatkan *waste* atau

pemborosan di dalam *value stream*. Kuesioner terdiri dari 58 pertanyaan disesuaikan dengan proses produksi di PG Krebet Baru. Kriteria pertanyaan-pertanyaan didapatkan dari jurnal internasional berjudul “*A Model For The Assessment Of Waste In The Job Shop Environments*” (Rawabdeh, I.A., 2005). Kategori pertanyaan-pertanyaan dibedakan menjadi 4 kategori, yakni *Man, Machine, Material* dan *Method*. Tiap kategori memiliki hubungan antara satu dengan yang lainnya. Ranking dari jenis pemborosan digunakan sebagai hasil *waste assessment*.

Pengisian kuesioner dilakukan dengan cara wawancara secara langsung terhadap 7 responden yang mempunyai kompetensi. 7 responden yang dimaksud adalah *Engineering Manager KB I, Engineering Manager KB II, Processing Manager KB I, Processing Manager KB II, Kepala Gudang Material, Kepala Gudang Gula, dan Kepala Timbangan*. Dilakukan wawancara secara langsung dengan tujuan untuk memberikan pemahaman tentang persepsi antara peneliti dan responden dari tiap-tiap pertanyaan yang diberikan. Pembagian kuesioner hanya diberikan kepada manajer dan kepala divisi.

Tiap pertanyaan memiliki 3 pilihan jawaban yaitu “Ya”, “Sedang”, “Tidak”. Tiap pertanyaan memiliki 3 pilihan jawaban dan masing-masing jawaban diberi bobot 1, 0.5, 0. Sedangkan skor untuk 3 pilihan jawaban kuesioner dibagi menjadi 2 kategori yaitu sebagai berikut.

1. Kategori pertama, atau kategori A adalah jika jawaban “Ya” berarti diindikasikan adanya pemborosan. Skor jawaban untuk kategori A adalah: jika “Ya” skor 1, jika “Sedang” skor 0,5, dan jika “Tidak” skor 0. Pernyataan kategori A apabila jawaban Ya dengan skor 1, maka aktivitas produksi terdapat *waste*.
2. Kategori kedua, atau kategori B adalah jika jawaban “Ya” berarti diindikasikan tidak ada pemborosan yang terjadi. Skor jawaban untuk kategori B adalah: jika “Ya” skor 0, jika “Sedang” skor 0,5, dan jika “Tidak” skor 1. Pernyataan kategori B apabila jawaban Tidak dengan skor 1, maka aktivitas produksi terdapat *waste*.

Penjelasan mengenai pertanyaan kuesioner dapat dilihat pada lampiran 8 mengenai tipe “From” dan “To”.

Tahapan-tahapan dalam pengukuran *waste* dengan *waste relationship matrix* menggunakan perhitungan *waste of assesment* untuk mendapatkan hasil akhir berupa *ranking* dari tiap *waste* yang terjadi. Tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Tahapan mengelompokkan dan menghitung jumlah pertanyaan kuesioner untuk tiap jenis *waste*. Jenis pertanyaan (i) pada kuesioner berdasarkan *seven waste*. Setiap pertanyaan pada kuesioner dikelompokkan sesuai dengan catatan “*From*” dan “*To*” sesuai jenis *waste*. Setelah dikelompokkan jenis pertanyaan, maka dihitung total pertanyaan (Ni). Tabel 4.4 merupakan hasil pengelompokan dan perhitungan jenis pertanyaan.

Tabel 4.4 Jumlah Jenis Pertanyaan Pada Kuesioner

No.	Jenis Pertanyaan (i)	Total (Ni)
1.	<i>From Inventory</i>	6
2.	<i>From Defects</i>	8
3.	<i>From Motion</i>	11
4.	<i>From Process</i>	7
5.	<i>From Waiting</i>	8
6.	<i>To Defects</i>	4
7.	<i>To Motion</i>	9
8.	<i>To Waiting</i>	5
Jumlah Pertanyaan		58

2. Memberikan bobot untuk tiap pertanyaan kuesioner berdasarkan *waste relationship matrix*.

Tiap pertanyaan diberikan bobot tertentu berdasarkan nilai “*From*” dan “*To*” yang terdapat pada *waste relationship matrix*. Hasil pembobotan awal untuk setiap pertanyaan kuesioner terdapat pada lampiran 10. Tabel 4.5 merupakan ringkasan dari bobot awal kuesioner.

Tabel 4.5 Bobot Awal Berdasarkan *Waste Relationship Matrix*

No.	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Bobot Awal untuk Tiap Jenis Waste				
			I	D	M	P	W
1	Man	<i>To Motion</i>	10	10	10	4	0
2		<i>From Motion</i>	4	4	10	6	6
3		<i>From Defects</i>	8	10	10	0	8
4		<i>From Motion</i>	4	4	10	6	6
5		<i>From Motion</i>	4	4	10	6	6
6		<i>From Defects</i>	8	10	10	0	8
7		<i>From Process</i>	6	8	4	10	8
...							
58	<i>Method</i>	<i>From Defects</i>	8	10	10	0	8
Total Skor			420	474	414	244	348

- Menghilangkan efek dari variasi jumlah pertanyaan untuk tiap jenis pertanyaan.

Mengurangi besarnya variasi dari nilai bobot yang telah ditunjukkan dalam tabel 4.5, maka bobot awal pertanyaan yang diperoleh dari nilai *waste relationship matrix* dibagi dengan hasil penjumlahan pertanyaan yang dikelompokkan ( $N_i$ ).

- Menghitung jumlah skor dan frekuensi pada tiap kolom jenis *waste*.

Hasil bobot setelah di bagi dengan jenis pertanyaan ( $N_i$ ) pada tiap kolom *waste* dilakukan penjumlahan skor ( $S_j$ ) dan menghitung frekuensi ( $F_j$ ) dari tiap kolom *waste* yang mengabaikan nilai nol (0) selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 11. Pada tabel 4.6 merupakan ringkasan bobot pertanyaan dibagi  $N_i$ , serta jumlah skor ( $S_j$ ) dan frekuensi ( $F_j$ ).



Tabel 4.6 Bobot pertanyaan dibagi Ni, serta jumlah skor (Sj) dan frekuensi (Fj)

No.	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Ni	Bobot Awal untuk Tiap Jenis Waste (Wj,k)				
				Wi,k	Wd,k	Wm,k	Wp,k	Ww,k
1	Man	<i>To Motion</i>	9	1,11	1,11	1,11	0,44	0
2		<i>From Motion</i>	11	0,36	0,36	0,91	0,55	0,55
3		<i>From Defects</i>	8	1	1,25	1,25	0	1
4		<i>From Motion</i>	11	0,36	0,36	0,91	0,55	0,55
5		<i>From Motion</i>	11	0,36	0,36	0,91	0,55	0,55
6		<i>From Defects</i>	8	1	1,25	1,25	0	1
7		<i>From Process</i>	7	0,86	1,14	0,57	1,43	1,14
...								
58	<i>Method</i>	<i>From Defects</i>	8	1	1,25	1,25	0	1
Skor (Sj)				58	68	54	36	50
Frekuensi (Fj)				53	58	50	36	43

5. Memasukkan nilai skor dari hasil kuesioner (1, 0,5 atau 0) pada tabel 4.7 ke dalam tiap bobot dari tabel 4.6 dengan cara mengkalikannya.

Jawaban yang diperoleh dari responden merupakan hasil *waste assessment questionnaire*, sehingga dapat dimasukkan ke dalam skor di tabel 4.8 dengan cara mengkalikan dengan nilai tiap jenis *waste* pada tabel 4.6. Tabel 4.7 merupakan ringkasan jawaban dari responden.

Tabel 4.7 Jawaban Responden Untuk *Waste Assessment Questionnaire*

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Kategori	Responden							Rata-rata Jawaban
				1	2	3	4	5	6	7	
1	Man	<i>To Motion</i>	B	1	1	1	1	1	1	1	1
2		<i>From Motion</i>	B	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0,1
3		<i>From Defects</i>	B	1	1	0,5	0,5	1	1	1	0,9
4		<i>From Motion</i>	B	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,6
5		<i>From Motion</i>	B	0	0	0	0	1	1	0	0,3
6		<i>From Defects</i>	B	0	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,3
7		<i>From Process</i>	B	0	0	1	1	1	1	0	0,6
...											
58	<i>Method</i>	<i>From Defects</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0

6. Menghitung total skor (sj) dan frekuensi (fj) untuk setiap nilai bobot pada kolom *waste*.

Rata-rata hasil penilaian kuesioner dapat dilihat pada lampiran 11, selanjutnya hasil tersebut akan dikalikan dengan bobot nilai pada tiap jenis *waste*. Hasil perhitungan bobot dikali dengan hasil penilaian kuesioner beserta perhitungan jumlah skor (sj) dan frekuensi (fj) dapat dilihat pada lampiran 13. Tabel 4.8 adalah penilaian bobot pada penilaian kuesioner, jumlah skor (sj), dan frekuensi (fj).

Tabel 4.8 Penilaian Bobot dari Penilaian Kuesioner, Jumlah Skor (sj), Frekuensi (fj)

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Rata-rata Jawaban	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wj,k)				
				Wi,k	Wd,k	Wm,k	Wp,k	Ww,k
1	Man	<i>To Motion</i>	1	1,11	1,11	1,11	0,44	0
2		<i>From Motion</i>	0,1	0,05	0,05	0,13	0,1	0,1
3		<i>From Defects</i>	0,9	0,86	1,07	1,07	0	0,86
4		<i>From Motion</i>	0,6	0,23	0,23	0,58	0,35	0,35
5		<i>From Motion</i>	0,3	0,10	0,10	0,26	0,16	0,16
6		<i>From Defects</i>	0,3	0,29	0,36	0,36	0	0,29
7		<i>From Process</i>	0,6	0,49	0,65	0,33	0,82	0,65
...								
58	<i>Method</i>	<i>From Defects</i>	0	0	0	0	0	0
<b>Skor (sj)</b>				<b>18,88</b>	<b>23,68</b>	<b>17,26</b>	<b>12,74</b>	<b>20,18</b>
<b>Frekuensi (fj)</b>				<b>27</b>	<b>30</b>	<b>23</b>	<b>14</b>	<b>26</b>

7. Menghitung indikator awal untuk setiap *waste* (Yj).

Setelah nilai bobot dari setiap pertanyaan dan jenis *waste* selesai dihitung, maka selanjutnya menghitung indikator awal masih belum menunjukkan bahwa setiap jenis *waste* dipengaruhi *waste* yang lain. Nilai indikator awal (Yj) dapat dilihat pada tabel 4.9. Indikator dapat dihitung dengan rumus berikut ini.

$$Y_j = \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j}$$

Tabel 4.9 Nilai Indikator Awal (Yj)

	<b>I</b>	<b>D</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>W</b>
<b>Skor (Sj)</b>	58	68	54	36	50
<b>Frekuensi (Fj)</b>	53	58	50	36	43
<b>Skor (sj)</b>	18,88	23,68	17,26	12,74	20,18
<b>Frekuensi (fj)</b>	27	30	23	14	26
<b>Skor (Yj)</b>	<b>0,17</b>	<b>0,18</b>	<b>0,15</b>	<b>0,14</b>	<b>0,24</b>

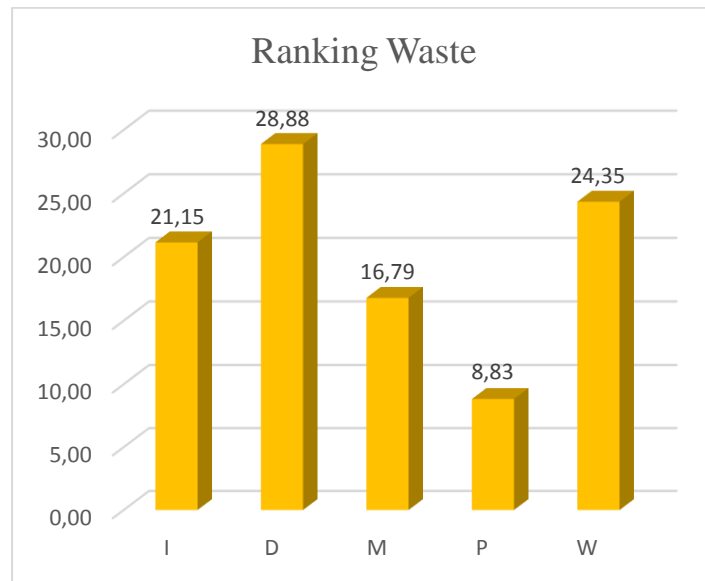
8. Menghitung nilai *final waste factor* (Yj *final*).

Perhitungan akhir dari *waste assessment* dengan menghitung *final waste factor* (Yj *final*). Untuk mendapatkan nilai *final waste factor* (Yj *final*), maka perlu diketahui nilai dari probabilitas pengaruh antar jenis *waste* (Pj) yang didapatkan dengan mengkalikan hasil persentase dari *waste value matrix* dapat dilihat pada tabel 4.3 dengan baris dan kolom untuk tiap jenis *waste*. Hasil *final waste factor* (Yj *final*) selanjutnya akan dipersentasekan sehingga didapatkan *ranking waste*. Tabel 4.10 merupakan hasil perhitungan *waste assessment*.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan *Waste Assessment*

	<b>I</b>	<b>D</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>W</b>
<b>Skor (Yj)</b>	0,17	0,18	0,15	0,14	0,24
<b>Pj Factor</b>	447,4	562,5	400,4	225	350
<b>Hasil Akhir (Yj Final)</b>	74,2	101,31	58,89	30,97	85,41
<b>Hasil Akhir (%)</b>	21,15	28,88	16,79	8,83	24,35
<b>Ranking</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>

Setelah diperoleh hasil perhitungan *waste assessment*, maka dilakukan visualisasi dalam bentuk grafik untuk mempermudah gambaran dari *ranking waste*. Dapat dilihat pada gambar 4.12 urutan *ranking waste* dari tertinggi sampai terendah.



Gambar 4.12 Ranking Hasil Perhitungan *Waste Assessment*

Pada gambar 4.12 menunjukkan bahwa *waste* terbesar adalah *defect* sebesar 28,88%, kedua adalah *waiting* sebesar 24,35% dan ketiga adalah *inventory* sebesar 21,15%. Selanjutnya *waste* terkecil adalah *motion* dengan nilai 16,79% dan *process* dengan nilai 8,83%. Prioritas *waste* yang akan direduksi adalah *waste* pada *defect* dan *waiting*.

#### 4.2.7 Identifikasi *Value Stream Mapping*

Identifikasi *value stream mapping* merupakan langkah awal dengan menggunakan metode *value stream analysis tools* yang dikenal dengan VALSAT. Metode VALSAT berdasarkan hasil akhir nilai pembobotan dari perhitungan *waste assessment* yang sebelumnya telah dilakukan. Hasil dari proses pendekatan dengan metode VALSAT diperoleh dengan cara mengalikan hasil akhir pembobotan nilai pada tiap jenis *waste assessment* sesuai pada tabel 4.10 dengan *seven value stream mapping* pada tabel 2.7.

*Seven value stream mapping* mempunyai faktor pengali yang digunakan untuk menunjukkan kekuatan hubungan antara *value stream mapping tools* dengan tiap jenis *waste* berdasarkan tingkatan hubungan yaitu tingkat hubungan yang kuat atau tinggi (H) dengan nilai 9, tingkat hubungan sedang atau medium (M) dengan nilai 3, dan tingkat hubungan lemah atau rendah (L) dengan nilai 1. Kekuatan

hubungan mengindikasikan sedikit atau besarnya pengaruh *waste* dan diilustrasikan pada tabel 2.4. Hasil dari perhitungan dengan metode VALSAT dapat dilihat pada tabel 4.11.

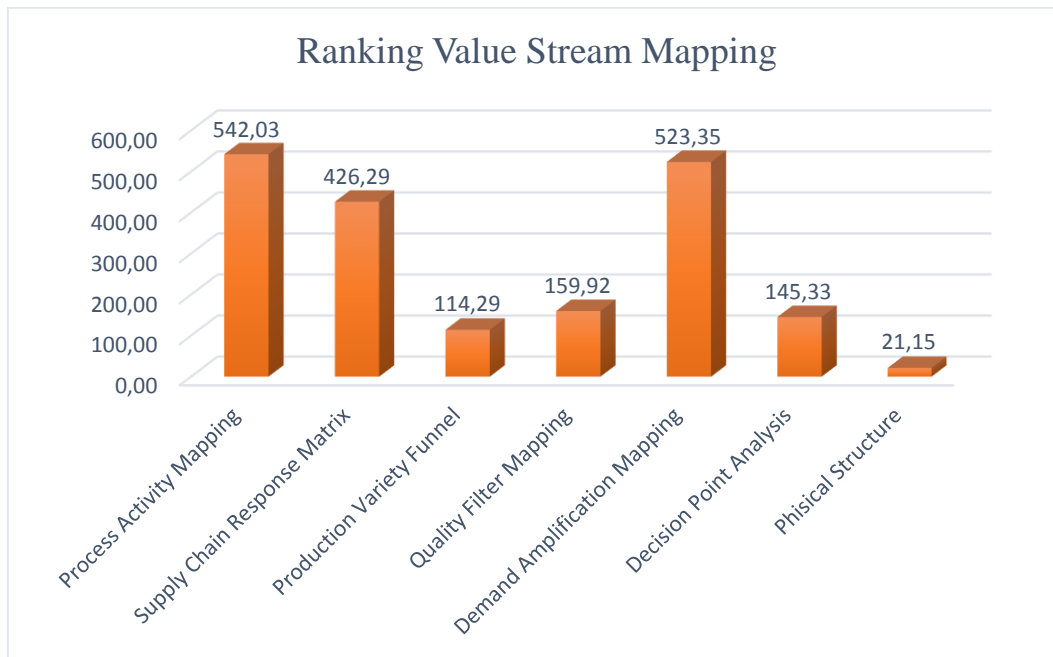
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan dengan Metode VALSAT

<i>Waste / Structure</i>	<i>Weight (%)</i>	<i>Process Activity Mapping</i>	<i>Supply Chain Response Matrix</i>	<i>Production Variety Funnel</i>	<i>Quality Filter Mapping</i>	<i>Demand Implification Mapping</i>	<i>Decision Point Analysis</i>	<i>Physical Structure</i>
<i>Waiting</i>	24,35	219,13	219,13	24,35	0	73,04	73,04	0
<i>Inappropriate Processing</i>	8,83	79,47	0	26,49	8,83	0	8,83	0
<i>Unnecessary Inventory</i>	21,15	63,46	190,37	63,46	0	190,37	63,46	21,15
<i>Unnecessary Motion</i>	16,8	151,09	16,8	0	151,09	0	0	0
<i>Defects</i>	28,88	28,88	0	0	0	259,94	0	0
<b>Total</b>		<b>542,03</b>	<b>426,29</b>	<b>114,29</b>	<b>159,92</b>	<b>523,35</b>	<b>145,33</b>	<b>21,15</b>

#### 4.2.8 Pemilihan *Value Stream Mapping*

Upaya pemilihan *value stream mapping* merupakan langkah selanjutnya setelah identifikasi *value stream mapping* dan sebelum dimulainya proses pemetaan yang lebih detail terhadap aliran nilai proses produksi gula. Tujuan pemilihan *value stream mapping* supaya *tools* yang digunakan memetakan aliran proses produksi gula, baik aliran informasi maupun material dan mampu menunjukkan dimana letak *waste*, serta faktor-faktor penyebab terjadinya *waste*.

*Value stream mapping* dipilih berdasarkan rangking atau bobot tertinggi dari hasil perhitungan dengan metode *value stream analysis tools*. Agar dengan mudah untuk mengetahui rangking atau bobot tertinggi maka dilakukan visualisasi dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Ranking Hasil Perhitungan *Value Stream Mapping*

Berdasarkan total bobot dari perhitungan dengan metode VALSAT pada gambar 4.13 mengenai kemampuan *tools* untuk mengevaluasi jenis *waste* dipilih berdasarkan total bobot tertinggi yaitu *process activity mapping* (PAM) dengan skor 542,03.

*Process activity mapping* merupakan *tools* yang akan digunakan dalam memetakan dan mendeteksi beberapa titik lokasi terjadi lima pemborosan dalam *value stream* di PG Krebbe Baru. *Tools* ini mendapatkan peringkat tertinggi berdasarkan total bobot dari hasil perhitungan menggunakan metode VALSAT dan mampu mengevaluasi lima jenis *waste* dibandingkan dengan *tool* yang lain.

#### 4.2.9 *Process Activity Mapping*

Melakukan *detailed mapping* dengan menggunakan *process activity mapping tool*, dimana aliran sistem produksi gula dipetakan secara detail pada setiap aktivitas yang terdapat pada *value stream*. *Process activity mapping* dilakukan dengan cara mengamati secara langsung tiap aktivitas produksi gula dan berdasarkan hasil wawancara dengan *engineering manager* KB I, *engineering*

*manager KB II, processing manager KB I, processing manager KB II, kepala gudang material, kepala gudang gula dan kepala timbangan.*

*Process Activity Mapping* akan memberikan gambaran aliran fisik dan informasi serta waktu yang diperlukan untuk setiap aktivitas, jarak yang ditempuh dan waktu operasional. Proses pemetaan aktivitas produksi gula dengan menggunakan *process activity mapping* yang terdapat 5 kategori yaitu *operation (O), transport (T), inspect (I), store (S)* dan *delay (D)*. Penggunaan tool ini berguna untuk mengetahui berapa persen total aktivitas yang dilakukan, sehingga mampu untuk memberikan informasi mengenai aktivitas yang mempunyai nilai tambah dan tidak memberikan nilai tambah. Apabila aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah maka dilakukan reduksi atau pengurangan.

Langkah-langkah dalam pembuatan *process activity mapping* ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengamatan secara langsung terhadap aktivitas-aktivitas yang berkaitan dengan produksi gula, mulai proses masuknya tebu ke meja tebu sampai proses pемidahan sak gula ke gudang gula.
2. Melakukan pencatatan terhadap aktivitas secara berurutan sesuai stasiun pada proses produksi gula, mencatat waktu pelaksanaan di setiap aktivitas, jarak perpindahan yang ditempuh dalam beraktivitas, dan jumlah operator atau karyawan yang berada di aktivitas tersebut.
3. Menggolongkan aktivitas-aktivitas tersebut kedalam lima jenis aktivitas yaitu *operation (O), transport (T), inspect (I), store (S)* dan *delay (D)*.
4. Mengelompokkan lima jenis aktivitas (*Operation, Transportation, Inspection, Storage, Delay*) sesuai dengan *Value added Activities (VA), Necessary Non Value added Activities (NNVA)* dan *Non Value added Activities (NVA)*.

Dari langkah-langkah pembuatan *Process Activity Mapping* produksi gula dapat di ilustasikan melalui tabel 4.12, dan penjelasan lebih detailnya dapat dilihat pada lampiran 10.

Tabel 4.12 *Process Activity Mapping* Produksi Gula

No	Aktivitas Produksi	Mesin dan Alat	Jarak (meter)	Waktu (menit)	Jumlah Orang	O	T	I	S	D	VA / NNVA / NVA
<b>Stasiun Persiapan</b>											
1	Antrian truk tebu sebelum masuk pos gawang	-	-	216	-					✓	NVA
2	Identifikasi truk muatan tebu masuk ke pos gawang	-	100	30	3		✓				NNVA
3	Antrian truk tebu di pos gawang	-	-	30	-					✓	NVA
4	Inspeksi tebu dengan tes nilai <i>brix</i> batang tebu	<i>Refractometer</i>	-	20	3			✓			VA
5	Pencatatan manual data nilai <i>brix</i> dan varietas tebu	-	-	5	2	✓					NVA
...											
82	Antrian konsumen dalam pengambilan sak gula	-	-	288	-					✓	NVA
<b>Total</b>			723	7898	347	43	13	12	4	10	

Total Aktivitas = 82 aktivitas

Total Jarak yang dilalui = 723 meter

Total Waktu = 7868 menit

Total Orang yang terlibat = 344 orang

Total *Value-Activities* (VA) = 30 aktivitas

Total *Necessary Non-value added Activities* (NNVA) = 32 aktivitas

Total *Non-value added Activities* (NVA) = 19 aktivitas

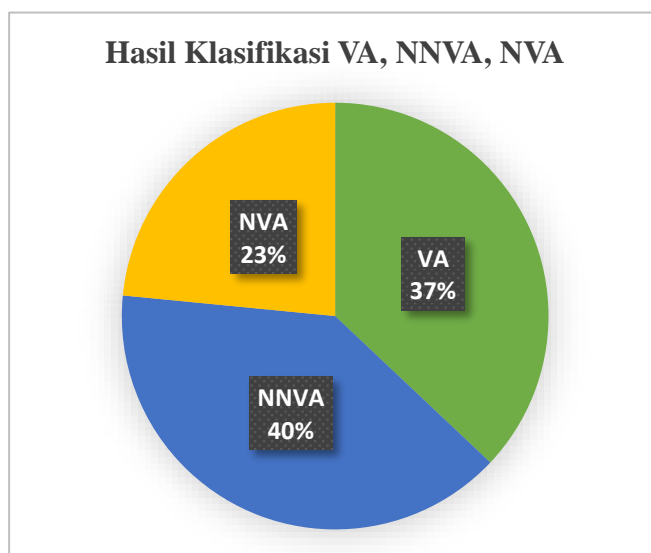


Berdasarkan tabel *process activity mapping* produksi gula, kemudian dibuat klasifikasi aktivitas antara lima jenis aktivitas (*Operation, Transportation, Inspection, Storage, Delay*) dengan *Value added Activities (VA)*, *Necessary Non Value added Activities (NNVA)* dan *Non Value added Activities (NVA)* proporsi untuk mengetahui persentase.

Tabel 4.13 Klasifikasi Aktivitas

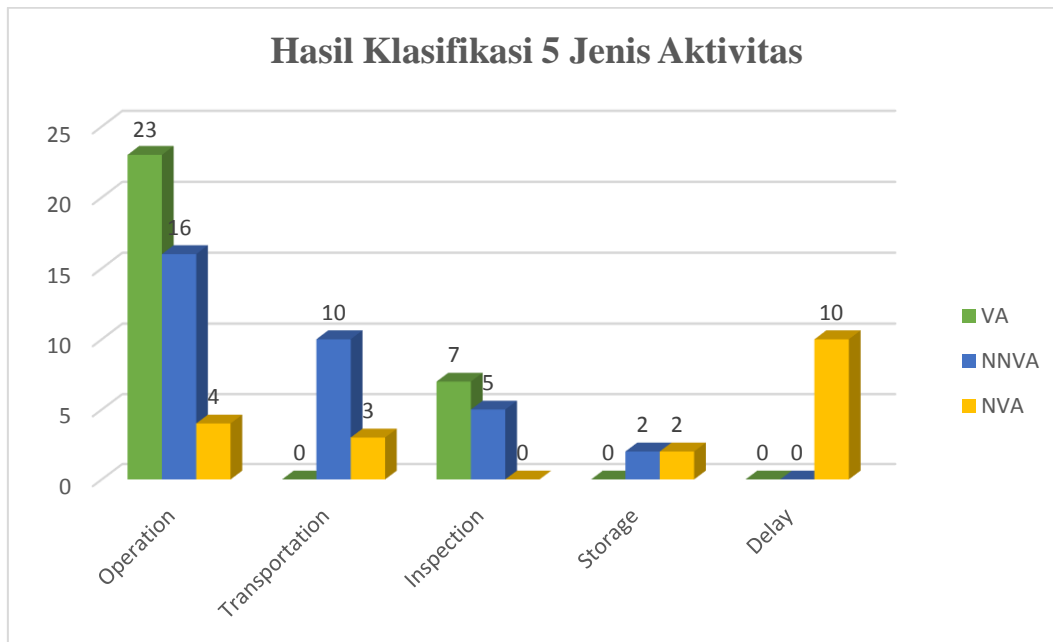
Aktivitas	VA	NNVA	NVA	Jumlah Aktivitas
<i>Operation</i>	23	16	4	43
<i>Transportation</i>	0	10	3	13
<i>Inspection</i>	7	5	0	12
<i>Storage</i>	0	2	2	4
<i>Delay</i>	0	0	10	10
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>33</b>	<b>19</b>	<b>82</b>

Hasil dari perhitungan dengan metode PAM dapat dilihat pada gambar 4.13 hasil klasifikasi VA, NNVA, NVA dan gambar 4.14 hasil klasifikasi lima jenis aktivitas.



Gambar 4.14 Hasil Klasifikasi VA, NNVA, NVA

Pada gambar 4.14 menunjukkan bahwa porsi persentase dari *Value added Activities (VA)* sebesar 37%, *Necessary Non Value added Activities (NNVA)* sebesar 40% dan *Non Value added Activities (NVA)* sebesar 23%.



Gambar 4.15 Hasil Klasifikasi Lima Jenis Aktivitas

Pada gambar 4.15 menunjukkan bahwa aktivitas operasional terdapat 23 *Value added Activities* (VA) yang tertinggi dari aktivitas lainnya, serta terdapat 16 *Necessary Non Value added Activities* (NNVA) yang tertinggi berasal dari aktivitas operasional. *Non Value added Activities* (NVA) tertinggi pada aktivitas yang tertunda sebanyak 10 aktivitas.

## BAB V

### ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dilakukan analisis dari hasil pengolahan. Analisis dilakukan dengan mencari akar penyebab permasalahan dengan *root cause analysis* untuk diketahui peringkat prioritas dengan *failure mode and effect analyze*. Setelah diketahui prioritas dari penyebab kemudian dibuat usulan perbaikan.

#### 5.1 Analisa Hasil

Proses evaluasi informasi yang telah di kumpulkan berdasarkan pengolahan data yang ada pada bab sebelumnya, sehingga dapat dilakukan analisis hasil dengan penjelasan adalah sebagai berikut.

1. Analisa faktor penyebab *waste* paling berpengaruh dilakukan dengan mencari akar permasalahan dengan *root cause analysis* berdasarkan pengamatan langsung.
2. Analisa nilai *risk priority number* dengan *failure mode and effect analyze* berdasarkan data kegagalan proses produksi yang dilakukan dengan cara pengamatan langsung dan wawancara.
3. Analisa nilai *new risk priority number* dengan *failure mode and effect analyze* berdasarkan data rekomendasi perlakuan dalam mengatasi kegagalan proses produksi gula.
4. Analisa usulan perbaikan dengan memberikan alternatif sebagai tindakan mereduksi *waste*.

#### 5.2 Pembahasan

Pembahasan hasil penelitian digunakan untuk memberikan penjelasan dan interpretasi atas hasil penelitian yang telah dianalisis guna menjawab pertanyaan penelitian. Pembahasan berdasarkan analisa hasil dari faktor penyebab *waste* dengan *root cause analysis*, nilai *risk priority number* dengan *failure mode and effect analyze*, nilai *new risk priority number* dengan *failure mode and effect analyze* dan usulan perbaikan dengan memberikan alternatif dalam mereduksi *waste*.

### 5.2.1 Root Cause Analysis

*Root cause analysis* dibuat untuk memudahkan mencari akar permasalahan dari *waste* yang paling berpengaruh. Hasil identifikasi *waste* yang paling berpengaruh terhadap proses produksi gula adalah *defect* dan *waiting*, sehingga perlu dilakukan *root cause analysis* dengan *tools* yang digunakan yaitu *5 why's tool*. Dalam menyusun tabel *5 why's* untuk tiap *waste*, dilakukan pengamatan langsung selama proses produksi di PG Kreet Baru.

#### 5.2.1.1 Root Cause Analysis pada Waste Defect

Pada subbab ini diketahui bahwa jenis *defect*. *Waste defect* terdiri dari 5 *sub-waste* yaitu *defect* tebu, *defect* nira mentah, *defect* nira jernih, *defect* nira kental, dan *defect* gula kasar. *Root cause analysis* menggunakan *5 why's tool*, sebagai upaya dalam mengetahui akar penyebab permasalahan. Hasil *root cause analysis* dapat dilihat di lampiran 13.

Tabel 5.1 *Root Cause Analysis* pada *Waste Defect*

<i>Waste</i>	<i>Sub-Waste</i>	Akar Penyebab
<i>Defect</i>	Adanya cacat pada tebu	Terdapat tebu cacat yang lolos saat inspeksi di pos gawang
		Penimbunan tebu di lori yang terlalu lama
	Adanya cacat pada nira mentah	Operator belum terampil dalam mensetting <i>cane cutter</i> dan <i>cane unigator</i>
		Kurang disiplin dalam pengontrolan putaran gilingan
		Pembersihan kerak nira tidak dilakukan secara rutin
		Kurang pengawasan dalam pengontrolan dalam proses pencampuran
	Adanya cacat pada nira jernih	Kurangnya inspeksi pol dan brix nira jernih
		Kurangnya pengontrolan PH nira kapur dan nira sulfitasi
		Operator belum terampil dalam mensetting <i>rotary vacuum filter</i>

Tabel 5.2 *Root Cause Analysis* pada *Waste Defect* (Lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Sub-Waste</i>	Akar Penyebab
<i>Defect</i>	Adanya cacat pada nira kental	Pembersihan pada evaporator tidak dilaksanakan rutin
		Kurangnya pengawasan inspeksi pada <i>cook pan</i>
		Pembersihan pada <i>cook pan</i> tidak dilaksanakan rutin
		Operator belum terampil dalam mensetting pendingin
	Adanya cacat pada gula kasar	Pengontrolan mesin putaran tidak di kondisikan dalam kondisi normal
		Operator kurang terampil sehingga dilakukan penyettingan ulang kondisi normal

Berdasarkan *root cause analysis* seperti tabel 5.1 dan 5.2, dapat diperoleh bahwa sebagian besar akar penyebab dari terjadinya *waste* berupa *defect* yaitu kurangnya pengawasan terhadap tebang angkut tebu dan proses produksi gula, serta kurang ketatnya inspeksi dan pengontrolan pada setiap stasiun produksi.

#### 5.2.1.2 *Root Cause Analysis* pada *Waste Waiting*

Pada subbab ini akan dicari akar penyebab permasalahan adanya *waste waiting*. Untuk mengetahui sebab *delay* yang terjadi pada proses produksi gula di PG Krebet Baru, maka di telusuri akar penyebabnya menggunakan *root cause analysis* dengan bantuan *5 why's tool*. Hasil *root cause analysis* dapat dilihat pada lampiran 14 dan akar penyebabnya dapat di lihat pada tabel 5.3 dan 5.4.

Tabel 5.3 *Root Cause Analysis* pada *Waste Waiting*

<i>Waste</i>	<i>Sub-Waste</i>	Akar Penyebab
<i>Waiting</i>	<i>Breakdown</i> stasiun persiapan	Kapasitas lori kurang besar dalam menampung muatan tebu dari truk-truk
	<i>Breakdown</i> stasiun gilingan	Kurangnya inspeksi dari operator terhadap ampas di <i>rake elevator</i>
		Kurangnya inspeksi dan pengontrolan dari operator terhadap ampas pada <i>cutter</i>

Tabel 5.4 *Root Cause Analysis* pada *Waste Waiting* (Lanjutan)

<i>Waste</i>	<i>Sub-Waste</i>	Akar Penyebab
<i>Waiting</i>	<i>Breakdown</i> stasiun pemurnian	Kurangnya inspeksi dan pengontrolan dari operator terhadap <i>defecator</i> I dan <i>defecator</i> II
		Pembersihan kerak nira di <i>door clarifier</i> tidak dilakukan secara rutin
		Lemahnya pengawasan penyettingan terhadap kecepatan drum di <i>vacuum filter</i>
	<i>Breakdown</i> stasiun penguapan	Kurangnya pengontrolan ketersediaan ampas
		Operator tidak rutin dalam mengontrol proses <i>switching</i> dengan disiplin
	<i>Breakdown</i> stasiun masakan	Operator tidak rutin dalam pengamatan kristal gula pada kaca transparan
		Operator belum terampil dalam mensetting pendingin di stasiun masakan
	<i>Breakdown</i> stasiun putaran	Kurangnya pengawasan operasional pada <i>low grade centrifugal</i> dan <i>high grade centrifugal</i>
		Operator belum terampil dalam mensetting motor penggerak
	<i>Breakdown</i> stasiun penyelesaian	Operator belum terampil dalam mensetting motor penggerak dan talang goyang
		Kurang adanya packing secara otomatis

Berdasarkan *root cause analysis* seperti tabel 5.3 dan 5.4, dapat diperoleh bahwa sebagian besar akar penyebab dari terjadinya *waste* berupa *waiting* yaitu perlunya penambahan *inventory* pada pos gawang dan gudang gula untuk mempercepat proses produksi gula, keterampilan operator sangat dibutuhkan ketika mesin bekerja tidak optimal, dan perlunya penjadwalan pembersihan setiap komponen pada setiap stasiun.

### 5.2.2 *Failure Mode And Effect Analysis*

Setelah telusuri akar penyebab dari *sub-waste* kritis pada *root cause analysis*. Langkah selanjutnya yaitu membuat *failure mode and effect analysis* guna mengetahui prioritas perbaikan yang dapat dilakukan dengan melihat pada *risk priority number*. Dalam pembuatan *risk priority number*, yang harus dilakukan

adalah menentukan kriteria *Severity*, *Occurance* dan *Detection*. *Rating* penilaian dilakukan dengan cara *brainstorming* ke perusahaan sesuai dengan masing-masing kriteria.

### 5.2.2.1 Penentuan *Severity*, *Occurance*, *Detection* (SOD)

Penentuan *severity*, *occurance*, dan *detection* dilakukan pada *waste* kritis yaitu *waste defect* dan *waste waiting*. Penentuan *rating* menyesuaikan dengan kondisi eksiting perusahaan.

*Severity* dapat dikatakan sebagai tingkat pengaruh buruk terhadap *waste* yang terjadi. *Severity* adalah langkah untuk menganalisis risiko dengan menghitung dampak kejadian akan mempengaruhi *output* proses. Semakin besar suatu kegagalan mempengaruhi *output* proses, maka semakin tinggi tingkat pengaruh buruknya (*severity*). Skala penilaian *severity* berada dalam *range* 1-10.

Penilaian *rating severity* pada *waste defect* yang digunakan mengenai persentase proses yang dilakukan akibat *rework* untuk mengetahui tingkat keparahan *defect*. Dapat dilihat pada tabel 5.5 mengenai *rating severity* pada *waste defect*.

Tabel 5.5 *Rating Severity* pada *Waste Defect*

<i>Severity</i>	Deskripsi	<i>Rating</i>
Tidak ada	Tidak ada produk yang di- <i>rework</i>	1
Sangat minor	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 1%-10%	2
Minor	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 11%-20%	3
Sangat rendah	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 21%-30%	4
Rendah	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 31%-40%	5
Sedang	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 41%-50%	6
Tinggi	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 51%-70%	7
Sangat tinggi	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 71%-90%	8
Berbahaya	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai >90%	9
Sangat berbahaya	Produk langsung di reject, ketika proses produksi gagal 100%	10

Penilaian *rating severity* pada *waste waiting* yang digunakan mengenai pengaruh *waiting* terhadap keberlangsungan proses produksi dan terhadap produk yang harus di-*rework* untuk mengetahui keparahan *waiting*. Dapat dilihat pada tabel 5.6 mengenai *rating severity* pada *waste waiting*.

Tabel 5.6 Rating *Severity* pada *Waste Waiting*

<i>Severity</i>	Deskripsi	<i>Rating</i>
Tidak ada	Proses produksi berlangsung dengan lancar	1
Sangat minor	Proses produksi berhenti selama < 10 menit	2
Minor	Proses produksi berhenti selama 10 menit -15 menit	3
Sangat rendah	Proses produksi berhenti selama 16 menit -30 menit	4
Rendah	Proses produksi berhenti selama 31 menit - 60 menit	5
Sedang	Proses produksi berhenti selama 61 menit - 180 menit	6
Tinggi	Proses produksi berhenti selama 181 menit - 300 menit	7
Sangat tinggi	Proses produksi berhenti selama 301 menit - 480 menit	8
Berbahaya	Proses produksi berhenti selama 481 menit - 1440 menit	9
Sangat berbahaya	Proses produksi berhenti selama > 1440 menit	10

*Occurance* dapat didefinisikan sebagai peluang munculnya kegagalan selama berlangsungnya proses produksi. Skala penilaian *occurance* juga dalam *range* 1-10. Dalam penelitian ini, nilai *occurance* didasarkan pada nilai probabilitas atau frekuensi kemungkinan terjadinya kesalahan.

Penilaian rating *occurance* pada *waste defect* yang digunakan adalah banyaknya jumlah *defect* yang terjadi selama masa produksi untuk mengetahui tingkat keseringan *defect*. Dapat dilihat pada tabel 5.7 mengenai rating *occurance* pada *waste defect*.

Tabel 5.7 Rating *Occurance* pada *Waste Defect*

<i>Occurance</i>	Deskripsi	<i>Rating</i>
Tidak pernah	Tidak terdapat produk <i>defect</i>	1
Jarang	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai < 0,1%	2
	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai 0,1% - 0,5%	3
Kadang - kadang	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai 0,51% - 1%	4
	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai 1,1% - 1,5%	5
Cukup sering	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai 1,51% -2%	6
	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai 2,1% - 3%	7
Sering	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai 3,1% - 5%	8
	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai 5,1% - 10%	9
Sangat sering	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai >8%	10

Penilaian rating *occurance* pada *waste defect* yang digunakan yaitu frekuensi terjadinya *waiting* selama masa produksi untuk mengetahui tingkat



keseringan *waste waiting*. Dapat dilihat pada tabel 5.8 mengenai rating *occurance* pada *waste waiting*.

Tabel 5.8 Rating *Occurance* pada *Waste Waiting*

<i>Occurance</i>	Deskripsi	<i>Rating</i>
Tidak pernah	Tidak pernah terjadi kesalahan	1
Jarang	Frekuensi kesalahan sebanyak 1 kali periode giling	2
	Frekuensi kesalahan sebanyak 2 kali - 3 kali periode giling	3
Kadang - kadang	Frekuensi kesalahan sebanyak 1 kali per bulan	4
	Frekuensi kesalahan sebanyak 2 kali - 3 kali per bulan	5
Cukup sering	Frekuensi kesalahan sebanyak 1 kali per minggu	6
	Frekuensi kesalahan sebanyak 2 kali - 4 kali per minggu	7
Sering	Frekuensi kesalahan sebanyak 1 kali per hari	8
	Frekuensi kesalahan sebanyak 2 kali - 5 kali per hari	9
Sangat sering	Kesalahan terjadi setiap saat	10

*Detection* adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan kegagalan yang akan terjadi. Pemberian skala nilai pada *detection* menggunakan range 1-10. Pendefinisian nilai *detection* melibatkan pihak manajemen, sehingga dapat diasumsikan nilai yang diberikan tidak bias.

Penilaian rating *detection* pada *waste defect* dan *waste waiting* yang digunakan mengenai deteksi tingkat kegagalan. Dapat dilihat pada tabel 5.9 mengenai rating *detection* pada *waste defect* dan *waste waiting*.

Tabel 5.9 Rating *Detection* pada *Waste Defect* dan *Waste Waiting*

<i>Severity</i>	Deskripsi	<i>Rating</i>
Pasti	Kegagalan terdeteksi secara visual dan langsung terlihat	1
Sangat mudah	Kegagalan terdeteksi ketika proses selesai	2
Mudah	Kegagalan terdeteksi dengan mudah pada alat deteksi sederhana dengan akurasi rendah	3
Cukup mudah	Kegagalan terdeteksi dengan cukup mudah pada alat deteksi sederhana dengan akurasi tepat	4
Sedang	Kegagalan terdeteksi tidak hanya dengan alat deteksi, tapi juga terdapat alat ukur	5
Cukup sulit	Kegagalan terdeteksi menggunakan alat deteksi dan alat ukur dengan toleransi yang besar	6
Sulit	Kegagalan terdeteksi menggunakan alat deteksi dengan akurasi rendah, sehingga membutuhkan pemeriksaan lanjut	7
Sangat sulit	Kegagalan terdeteksi dengan ketrampilan khusus dan alat deteksi yang kompleks dan mahal	8

Tabel 5.10 Rating *Detection* pada *Waste Defect* dan *Waste Waiting* (Lanjutan)

<i>Severity</i>	Deskripsi	<i>Rating</i>
Ekstrim	Kegagalan terdeteksi dengan alat deteksi yang kompleks, mahal dan alat saat ini tidak mampu mendeteksi	9
Hampir tidak mungkin	Kegagalan tidak dapat terdeteksi dalam keadaan apapun	10

### 5.2.2.2 *Failure Mode And Effect Analysis* pada *Waste Defect*

*Failure mode and effect analysis* pada *waste defect* adalah proses identifikasi *waste* kritis yang di mulai dari menemukan bentuk kegagalan secara kumulatif pada *waste defect*, identifikasi mode kegagalan pada *waste defect* dan tingkat keparahan efeknya dari *defect* dan berguna untuk meningkatkan kualitas, keandalan, dan keamanan produk, ketika dilakukan penilaian terhadap *defect*. Berdasarkan rating dari *severity*, *occurance* dan *detection* adalah hasil penilaian FMEA pada *waste defect* dapat dilihat pada tabel 5.11 dan 5.12.

Tabel 5.11 Hasil Penilaian FMEA pada *Waste Defect*

<i>Potential failure mode</i>	<i>Potential effect</i>	<i>Potential causes</i>	<i>Control</i>	RPN	<i>Action taken</i>
Terangkutnya tebu cacat di stasiun persiapan	Terjadi <i>rework</i> inspeksi tebu di stasiun persiapan	Terdapat tebu cacat yang lolos saat inspeksi di pos gawang	Pengawasan di pos gawang	60	Melakukan pencatatan terhadap tebu yang masuk
Adanya tebu cacat di lori	Kualitas tebu turun	Penimbunan tebu di lori yang terlalu lama	Inspeksi di meja tebu	80	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> beserta aktivitas produksi di meja tebu
Kandungan nira perahan pertama terdapat serabut	Analisa kimia gilingan pertama tidak akurat	Operator belum terampil dalam mensetting <i>cane cutter</i> dan <i>cane unigator</i>	Inspeksi operator	16	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula
Adanya serabut tebu pada nira mentah	Terbuangnya kandungan nira mentah	Kurang disiplin dalam pengontrolan putaran gilingan	Inspeksi di stasiun gilingan	60	Melakukan <i>controlling</i> pada aktivitas produksi secara teratur
Adanya ampas pada nira mentah	Komponen mesin pada stasiun gilingan bekerja tidak maksimal	Pembersihan kerak nira tidak dilakukan secara rutin	<i>Cleaning instrument</i>	175	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>

Tabel 5.12 Hasil Penilaian FMEA pada *Waste Defect* (Lanjutan)

<i>Potential failure mode</i>	<i>Potential effect</i>	<i>Potential causes</i>	<i>Control</i>	RPN	<i>Action taken</i>
Adanya cacat pada nira mentah	Terjadi <i>rework</i> pengolahan nira mentah di stasiun gilingan	Kurang pengawasan dalam pengontrolan dalam proses pencampuran	Pengawasan di stasiun gilingan	40	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur
Adanya cacat pada nira jernih	Terjadi <i>rework</i> pengolahan nira jernih di stasiun pemurnian	Kurangnya inspeksi pol dan brix nira jernih	Inspeksi di stasiun pemurnian	63	Melakukan <i>controlling</i> pada aktivitas produksi secara teratur
Adanya kandungan susu kapur pada nira jernih	Terjadi pengontrolan berulang-ulang	Kurangnya pengontrolan PH nira kapur dan nira sulfitasi	Pengawasan di stasiun pemurnian	105	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur
Adanya blotong pada nira jernih	Pengulangan penyaringan di stasiun pemurnian	Operator belum terampil dalam mensetting <i>rotary vacuum filter</i>	Inspeksi operator	20	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula
Adanya nira jernih pada nira kental	Tingkat kekentalan nira turun	Pembersihan pada evaporator tidak dilaksanakan rutin	<i>Cleaning instrument</i>	150	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>
Adanya kandungan air pada kristal gula	Pengkristalan tidak sempurna	Kurangnya pengawasan inspeksi pada <i>cook pan</i>	Pengawasan di stasiun masakan	112	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur
Adanya kristal palsu	Kristal gula menjadi tidak manis	Pembersihan pada <i>cook pan</i> tidak dilaksanakan rutin	<i>Cleaning instrument</i>	180	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>
Kristal gula tidak dingin	Berpotensi merusak komponen mesin di stasiun putaran	Operator belum terampil dalam mensetting pendingin	Inspeksi operator	12	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula
Proses memutar <i>masscuite</i> tidak maksimal	Kerusakan pada komponen mesin di stasiun putaran	Pengontrolan mesin putaran tidak di kondisikan dalam kondisi normal	Pengawasan di stasiun putaran	60	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur
Adanya cacat pada gula kasar	Terjadi <i>rework</i> pengolahan gula kasar di stasiun putaran	Operator kurang terampil sehingga dilakukan penyettingan ulang kondisi normal	Inspeksi operator	15	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula

Pada tabel 5.11 dan tabel 5.12 menunjukkan terdapat 5 kegagalan proses produksi gula pada *waste defect* memiliki nilai *risk priority number* di atas 100 dikategorikan tinggi. 5 kegagalan proses produksi gula pada *waste defect* adalah sebagai berikut.

1. Terdapat kerak-kerak nira pada *juice heater I* dengan nilai *risk priority number* sebesar 175.
2. PH nira kapur dan nira sulfitasi tidak mengalami penurunan dengan nilai *risk priority number* sebesar 105.
3. Terdapat uap air pada nira saat berada di evaporator dengan nilai *risk priority number* sebesar 150.
4. *Cook pan* tidak *vacuum* akibat kebocoran kehampaan dengan nilai *risk priority number* sebesar 112.
5. Terdapat kristal yang menempel pada *cook pan* dengan nilai *risk priority number* sebesar 180.

### 5.2.2.3 Failure Mode And Effect Analysis pada Waste Waiting

*Failure mode and effect analysis* pada *waste waiting* digunakan untuk menemukan kegagalan dengan rinci, sehingga kegagalan-kegagalan kritis dapat ditunjukkan dan wajib diantisipasi oleh pihak perusahaan, agar bisa segera diatasi. *Failure mode and effect analysis* yang dicapai untuk perusahaan dengan mengidentifikasi *waste* kritis dan signifikan. *Failure mode and effect analysis* berguna untuk mengurangi waktu tunggu yang lama, selama proses produksi berlangsung. Berdasarkan rating dari *severity*, *occurance* dan *detection* adalah hasil penilaian FMEA pada *waste waiting* dapat dilihat pada tabel 5.13, tabel 5.14 dan tabel 5.15

Tabel 5.13 Hasil Penilaian FMEA pada *Waste Waiting*

<i>Potential failure mode</i>	<i>Potential effect</i>	<i>Potential causes</i>	<i>Control</i>	RPN	<i>Action taken</i>
<i>Breakdown stasiun persiapan</i>	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat kapasitas lori terbatas	Kapasitas lori kurang besar dalam menampung muatan tebu dari truk-truk	Pengawasan di meja tebu	56	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> pada lori di stasiun persiapan

Tabel 5.14 Hasil Penilaian FMEA pada *Waste Waiting* (Lanjutan)

<i>Potential failure mode</i>	<i>Potential effect</i>	<i>Potential causes</i>	<i>Control</i>	RPN	<i>Action taken</i>
Terhambatnya aliran serabut tebu	Lamanya produksi akibat komponen bekerja tidak maksimal	Kurangnya inspeksi dari operator terhadap ampas di <i>rake elevator</i>	Inspeksi di stasiun gilingan	160	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi ampas secara berkala oleh operator
<i>Breakdown</i> stasiun gilingan	Lamanya produksi akibat <i>cutter</i> bekerja tidak maksimal	Kurangnya inspeksi dan pengontrolan dari operator terhadap ampas pada <i>cutter</i>	Pengawasan di stasiun gilingan	160	Membuat pencatatan aktivitas pengontrolan komponen yang dilakukan operator
Pencampuran nira mentah dengan susu kapur dan gas SO <sub>2</sub> tidak maksimal	Waktu produksi menjadi lama akibat pergantian komponen	Kurangnya inspeksi dan pengontrolan dari operator terhadap <i>defecator</i> I dan <i>defecator</i> II	Inspeksi di stasiun pemurnian	200	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi komponen di stasiun pemurnian secara berkala oleh operator
Komponen mesin di bekerja tidak maksimal	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat pembersihan	Pembersihan kerak nira di <i>door clarifier</i> tidak dilakukan secara rutin	<i>Cleaning instrument</i>	175	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>
<i>Breakdown</i> stasiun pemurnian	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat terdapat komponen bekerja tidak maksimal	Lemahnya pengawasan penyettingan terhadap kecepatan drum di <i>vacuum filter</i>	Pengawasan di stasiun pemurnian	175	Membuat pencatatan aktivitas pengontrolan komponen yang dilakukan operator
Kapasitan penampung ampas terbatas	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat	Kurangnya pengontrolan ketersediaan ampas	Pengawasan di stasiun penguapan	36	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> mengenai drum penampung ampas
<i>Breakdown</i> stasiun penguapan	Waktu produksi menjadi lama akibat pergantian komponen	Operator tidak rutin dalam mengontrol proses <i>switching</i> dengan disiplin	Inspeksi operator	60	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun penguapan
Adanya kristal palsu	Proses pengkristalan berlangsung lama	Operator tidak rutin dalam pengamatan kristal gula pada kaca transparan	Inspeksi operator	20	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi kristal gula secara berkala oleh operator
<i>Breakdown</i> stasiun masakan	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat kinerja komponen turun	Operator belum terampil dalam mensetting pendingin di stasiun masakan	Inspeksi operator	15	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun masakan

Tabel 5.15 Hasil Penilaian FMEA pada *Waste Waiting* (Lanjutan)

<i>Potential failure mode</i>	<i>Potential effect</i>	<i>Potential causes</i>	<i>Control</i>	RPN	<i>Action taken</i>
Adanya komponen tidak bekerja maksimal	Lamanya proses putaran kristal gula	Kurangnya pengawasan operasional pada <i>Low Grade Centrifugal</i> dan <i>High Grade Centrifugal</i>	Pengawasan di stasiun putaran	105	Membuat pencatatan aktivitas pengotrolan komponen yang dilakukan operator
<i>Breakdown</i> stasiun putaran	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat kinerja komponen turun	Operator belum terampil dalam mensetting motor penggerak	Inspeksi operator	15	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun putaran
Adanya kandungan air pada kristal gula	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat terdapat komponen bekerja tidak maksimal	Operator belum terampil dalam mensetting motor penggerak dan talang goyang	Inspeksi operator	10	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun penyelesaian
Adanya proses tunggu kristal gula yang sudah jadi untuk di packing	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat proses packing masih tradisional	Kurang adanya packing secara otomatis	Inspeksi di gudang gula	36	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> mengenai teknologi <i>packing</i> kemasan gula

Pada tabel 5.13, tabel 5.14 dan tabel 5.15 menunjukkan bahwa terdapat 6 kegagalan proses produksi gula pada *waste waiting* yang memiliki nilai *risk priority number* di atas 100 dikategorikan tinggi. 6 kegagalan proses produksi gula pada *waste defect* adalah sebagai berikut.

1. Tersumbatnya *rake elevator* mengakibatkan aliran nira tidak mengalir lancar dengan nilai *risk priority number* sebesar 160.
2. *Feeding roll* yang macet dapat membawa ampas yang menempel di *cutter* dengan nilai *risk priority number* sebesar 160.
3. Lamanya kecepatan pengadukan pada *defecator* dengan nilai *risk priority number* sebesar 200.

4. Terdapat kerak pada ruang-ruang *door clarifier* mengakibatkan lamanya proses pengendapan dengan nilai *risk priority number* sebesar 175.
5. Lamanya putaran pada drum di *vacuum filter* dengan nilai *risk priority number* sebesar 175.
6. Terdapat perubahan kecepatan di *grade centrifugal* dengan nilai *risk priority number* sebesar 105.

### 5.2.3 Rekomendasi Tindakan Penanganan Kegagalan Proses

Pada tahapan ini memberikan rekomendasi dalam menangani kegagalan proses produksi gula, sehingga didapatkan nilai *new risk priority number* berdasarkan *failure mode and effect analysis*. Evaluasi desain baru *failure mode and effect analysis* dengan cara mengukur efektifitas hasil desain ulang *failure mode and effect analysis* dengan parameter yang sesuai hasil pengukuran kegagalan proses produksi gula pada tahap sebelumnya.

Tabel 5.16 Hasil Rekomendasi Penanganan Kegagalan Proses Produksi Gula pada *Waste Defect*

Kegagalan Proses Produksi Gula	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>	New RPN
Kualitas nira turun akibat tebu cacat yang lolos di pos gawang	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh terhadap tebu yang masuk	Melakukan pencatatan terhadap tebu yang masuk	12
Kapasitas lori terbatas sehingga terjadi penimbunan tebu	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada lori	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> beserta aktivitas produksi di meja tebu	24
Kesalahan setting <i>cane cutter</i> dan <i>cane unigator</i>	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula	4
Penyaringan nira yang mengandung ampas	Melakukan inspeksi yang ketat di stasiun giling	Melakukan <i>controlling</i> pada aktivitas produksi secara teratur	20
Terdapat kerak-kerak nira pada <i>juice heater I</i>	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>	20
Takaran larutan <i>triple super phospat</i> tidak sesuai prosedur	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun gilingan	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur	16

Tabel 5.17 Hasil Rekomendasi Penanganan Kegagalan Proses Produksi Gula pada  
*Waste Defect* (Lanjutan)

Kegagalan Proses Produksi Gula	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>	New RPN
<i>Juice heater II</i> memiliki suhu tidak sesuai prosedur sehingga pemisahan gas O <sub>2</sub> dan NH <sub>3</sub> tidak dapat berlangsung di <i>flash tank</i>	Melakukan inspeksi yang ketat di stasiun pemurnian	Melakukan <i>controlling</i> pada aktivitas produksi secara teratur	18
PH nira kapur dan nira sulfitasi tidak mengalami penurunan	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun pemurnian	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur	15
Terdapat blotong pada nira jernih akibat kesalahan <i>setting filter valve</i> di <i>rotary vacuum filter</i>	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula	8
Terdapat uap air pada nira saat berada di evaporator	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>	24
<i>Cook pan</i> tidak <i>vacuum</i> akibat kebocoran kehampaan	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun masakan	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur	16
Terdapat kristal yang menempel pada <i>cook pan</i>	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>	24
Kemurnian nira mengalami penurunan akibat kesalahan <i>setting</i> pengaduk di palung pendingin	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula	6
Terdapat kristal palsu yang menyumbat saringan	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun putaran	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur	20
<i>Rework</i> proses pengkristalan gula	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula	10

Pada tabel 5.16 dan tabel 5.17 setiap kegagalan proses produksi gula yang terdapat *waste defect* dilakukan rekomendasi penanganan kegagalan. Hal tersebut juga dilakukan pada tabel 5.18 dan 5.19 dengan evaluasi desain baru *failure mode and effect analysis*, pada kegagalan proses produksi gula yang terdapat *waste waiting*. Evaluasi desain baru *failure mode and effect analysis*, dilakukan dengan cara memperkecil nilai *occurance* dengan memperkecil peluang kegagalan proses



produksi dan nilai *detection* dengan memperkecil keterlambatan deteksi kegagalan proses produksi.

Tabel 5.18 Hasil Rekomendasi Penanganan Kegagalan Proses Produksi Gula pada *Waste Waiting*

Kegagalan Proses Produksi Gula	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>	New RPN
Lamanya penimbunan tebu pada lori mengakibatkan adanya proses tunggu tebu yang seharusnya sudah di giling	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada lori	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> pada lori di stasiun persiapan	21
Tersumbatnya <i>rake elevator</i> mengakibatkan aliran nira tidak mengalir lancar	Melakukan inspeksi secara rutin	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi ampas secara berkala oleh operator	20
<i>Feeding roll</i> yang macet dapat membawa ampas yang menempel di <i>cutter</i>	Melakukan pengawasan secara rutin kepada operator	Membuat pencatatan aktivitas pengotrolan komponen yang dilakukan operator	15
Lamanya kecepatan pengadukan pada <i>defecator</i>	Melakukan inspeksi secara rutin	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi komponen di stasiun pemurnian secara berkala oleh operator	15
Terdapat kerak pada ruang-ruang <i>door clarifier</i> mengakibatkan lamanya proses pengendapan	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>	20
Lamanya putaran pada drum di <i>vacuum filter</i>	Melakukan pengawasan secara rutin kepada operator	Membuat pencatatan aktivitas pengotrolan komponen yang dilakukan operator	30
Proses menunggu pengiriman batu bara sebagai ganti bahan bakar ampas	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada drum penampung ampas	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> mengenai drum penampung ampas	12
Proses <i>switching</i> antar evaporator cukup lama mengakibatkan terhambatnya proses penurunan tekanan uap	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun penguapan	5
Lamanya kondisi jenuh pada nira saat berada di <i>cook pan</i>	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi kristal gula secara berkala oleh operator	5

Tabel 5.19 Hasil Rekomendasi Penanganan Kegagalan Proses Produksi Gula pada  
*Waste Waiting* (Lanjutan)

Kegagalan Proses Produksi Gula	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>	New RPN
Lamanya kecepatan pendinginan pada proses kristalisasi	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun masakan	10
Terdapat perubahan kecepatan di <i>grade centrifugal</i>	Melakukan pengawasan secara rutin kepada operator	Membuat pencatatan aktivitas pengontrolan komponen yang dilakukan operator	15
Terjadi kemacetan pada motor penggerak di stasiun putaran	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun putaran	10
Pengaliran gula SHS mengalami kemacetan yang menuju <i>sugar dryer</i> pada <i>white sugar conveyor</i>	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun penyelesaian	5
Lamanya proses <i>packing</i> gula akibat penjahitan manual dan penimbangan ulang	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada teknologi <i>packing</i> kemasan gula	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> mengenai teknologi <i>packing</i> kemasan gula	12

#### 5.2.4 Usulan Perbaikan

Berdasarkan hasil *failure mode and effect analysis* sehingga dapat diketahui *waste* kritis. Pada *waste defect* disebabkan oleh komponen mesin aus dan komponen tidak rutin dalam pembersihan sehingga terdapat produk cacat, hal ini diperlukan perawatan mesin yang terjadwal agar komponen mesin yang aus pada saat berlangsungnya proses produksi tidak mengenai produk dan pembersihan komponen mesin agar tidak membawa kotoran pada produk.

Pada *waste waiting* dapat di ketahui *waste* kritis dikarenakan kurangnya perawatan mesin dimana hal ini diakibatkan karena masih menunggu aliran produk yang mengalami proses produksi berlangsung lama. Waktu tunggu ini diakibatkan produk yang tidak sesuai standar dimana produk di proses oleh mesin yang sering mengalami masalah terhadap komponennya. Oleh karena itu, kurangnya perawatan menjadi sebab utama dalam adanya waktu tunggu. Permasalahan mesin karena

kurangnya perawatan juga ditunjang dengan *resource* manusia yang kurang ahli dalam mengontrol kinerja mesin. Hal ini dapat dilakukan dengan pelatihan *maintenance*, dimana operator tidak hanya bekerja sebagai pelaksana produksi namun dalam *job desc* operator juga bertugas sebagai pemelihara mesin dengan cara melakukan perawatan mesin. Perawatan mesin juga dengan upaya pembersihan dapat dilakukan dengan pembuatan jadwal atau *checklist*.

#### 5.2.4.1 Penyusunan Alternatif Perbaikan

*Action taken* yang terdapat di *failure mode and effect analysis* digunakan dalam menyusun beberapa alternatif perbaikan yang dapat diimplementasikan pada perusahaan. Pada tahap ini akan dilakukan pemilihan usulan perbaikan dimulai dari penyusunan alternatif perbaikan. Alternatif terbaik yang terpilih akan digunakan sebagai rekomendasi perbaikan untuk dapat diimplementasikan perusahaan. Adapun alternatif perbaikan dapat dilihat pada tabel 5.20.

Tabel 5.20 Alternatif Perbaikan

Alternatif	Perbaikan	Upaya tindakan
Alternatif 1	Memperbaiki proses inspeksi dan pengawasan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menyusun <i>checklist</i> untuk inspeksi dan pengawasan di setiap stasiun produksi</li> <li>2. Menyusun <i>form</i> aktivitas <i>maintenance</i></li> </ol>
Alternatif 2	Melakukan perbaikan proses pembersihan komponen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menyusun <i>checklist</i> untuk aktivitas pembersihan komponen mesin di setiap stasiun produksi</li> <li>2. Menyusun <i>form</i> aktivitas <i>cleaning instrument</i></li> </ol>
Alternatif 3	Memperbaiki atau meningkatkan kinerja operator	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menyusun <i>form controlling</i> terkait kinerja operator</li> <li>2. Menambahkan operator pada proses produksi</li> <li>3. Memberikan <i>training</i> pada proses produksi</li> </ol>
Alternatif 4	Menambahkan <i>5S Red Tag</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menyusun <i>checklist</i> dan <i>form</i> aktivitas yang mengalami kegagalan proses produksi untuk operator dan supervisor</li> <li>2. Menyusun <i>log book</i> untuk mereview aktivitas</li> </ol>

#### 5.2.4.2 Pemilihan Alternatif Perbaikan

Alternatif perbaikan yang sudah disusun sebelumnya terdapat 4 alternatif perbaikan, langkah selanjutnya yaitu pemilihan alternatif perbaikan yang terbaik dilakukan dengan mempertimbangkan *high potential cause* dan alternatif yang diajukan. Kombinasi alternatif ini disesuaikan dengan *waste* kritis berdasarkan dari hasil wawancara langsung dan penyebaran kuesioner kepada *engineering manager* KB I, *engineering manager* KB II, *processing manager* KB I, *processing manager* KB II, kepala gudang material, kepala gudang gula dan kepala timbangan. 2. Alternatif perbaikan yang terpilih dapat lebih dari satu alternatif, dikarenakan perbaikan. Penentuan bobot pemilihan alternatif usulan perbaikan terhadap kriteria ditentukan dengan bobot tertinggi untuk setiap kombinasi alternatif adalah 5, bobot terendah untuk setiap kombinasi alternatif adalah 1 serta semakin tinggi bobot yang diberikan, berarti semakin kecil tingkat *waste defect* dan *waste waiting* karena usulan perbaikan berpengaruh atau memberikan perubahan.

Tabel 5.21 Hasil Penilaian Alternatif Usulan Perbaikan

No	Kombinasi Alternatif	Responden							Total
		1	2	3	4	5	6	7	
1	Menerapkan alternatif 1	2	2	2	2	2	3	1	14
2	Menerapkan alternatif 2	3	2	1	3	2	3	2	16
3	Menerapkan alternatif 3	3	2	2	3	1	2	2	15
4	Menerapkan alternatif 4	2	3	2	2	1	2	1	13
5	Menerapkan alternatif 1 dan alternatif 2	3	3	2	3	2	2	2	17
6	Menerapkan alternatif 1 dan alternatif 3	1	2	2	1	2	2	2	12
8	Menerapkan alternatif 1 dan alternatif 4	3	2	1	2	2	2	1	13
9	Menerapkan alternatif 2 dan alternatif 3	2	3	2	3	1	2	2	15
10	Menerapkan alternatif 2 dan alternatif 4	2	2	2	2	3	3	2	16
11	Menerapkan alternatif 3 dan alternatif 4	2	2	3	3	2	2	3	17
12	Menerapkan alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3	5	3	4	5	3	3	2	25
13	Menerapkan alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 4	5	4	5	3	3	4	3	27
14	Menerapkan alternatif 1, alternatif 3 dan alternatif 4	3	5	3	4	4	2	2	23
15	Menerapkan alternatif 2, alternatif 3 dan alternatif 4	2	3	4	3	5	2	2	21
16	Menerapkan semua alternatif	4	3	3	4	3	5	2	24

Berdasarkan tabel 5.21 pemilihan alternatif yang di usulkan yang terpilih adalah hasil pembobotan tertinggi dengan hasil skor 27 dengan menerapkan alternatif 1 dengan usulan perbaikan dalam memperbaiki proses inspeksi dan pengawasan, alternatif 2 mengajukan usulan perbaikan dengan melakukan perbaikan proses pembersihan komponen dan alternatif 4 dengan usulan perbaikan dapat menambahkan *5S Red Tag*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini membahas mengenai kesimpulan dari penelitian ini yang telah dilakukan dari hasil analisa dan usulan perbaikan pada tahap sebelumnya dan pemberian saran yang diajukan untuk perusahaan tempat penelitian ini dilaksanakan serta untuk keberlangsungan penelitian berikutnya.

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang disusun harus menjawab tujuan penelitian yang sebelumnya telah dikemukakan. Berikut adalah kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

4. Berdasarkan *process activity mapping* produksi gula di PT. PG. Rajawali 1 Unit PG. Kreet Baru, diketahui klasifikasi aktivitas antara lima jenis aktivitas yang dapat menimbulkan *waste* yaitu *operation*, *transportation*, *inspection*, *storage*, *delay* dengan hasil persentase *Value added Activities* (VA) sebesar 37%, *Necessary Non Value added Activities* (NNVA) sebesar 40% dan *Non Value added Activities* (NVA) 23%.
5. Berdasarkan hasil *waste assesment* waste terbesar adalah *defect* sebesar 28,88%, kedua adalah *waiting* sebesar 24,35%, dan ketiga adalah *inventory* sebesar 21,15%. Selanjutnya *waste* terkecil adalah *motion* dengan nilai 16,79% dan *process* dengan nilai 8,83%. Diketahui *waste* kritis adalah *waste defect* dan *waste waiting*. Dengan menggunakan *root cause analysis* dapat diketahui bahwa akar penyebab dari terjadinya *waste defect* yaitu kurangnya pengawasan terhadap tebang angkut tebu dan proses produksi gula, serta kurang ketatnya inspeksi dan pengontrolan pada setiap stasiun produksi. Sedangkan akar penyebab terjadinya *waste waiting* adalah perlunya penambahan *inventory* pada pos gawang dan gudang gula untuk mempercepat proses produksi gula, keterampilan operator sangat dibutuhkan ketika mesin bekerja tidak optimal, dan perlunya penjadwalan pembersihan setiap komponen pada setiap stasiun.

6. Terdapat tiga usulan perbaikan yang diajukan dan diterima oleh perusahaan adalah sebagai berikut.
  - a. Memperbaiki proses inspeksi serta pengawasan di setiap stasiun produksi dengan menyusun *checklist* dan menyusun *form* aktivitas *maintenance*.
  - b. Melakukan perbaikan proses pembersihan komponen dengan menyusun *checklist* untuk aktivitas pembersihan komponen mesin di setiap stasiun produksi dan menyusun *form* aktivitas *cleaning instrument*.
  - c. Menambahkan *5S Red Tag* dengan menyusun *checklist* dan *form* aktivitas yang mengalami kegagalan proses produksi untuk operator dan supervisor dan menyusun *log book* untuk mereview aktivitas.

## 6.2 Saran

Beberapa saran dan masukan dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Lingkup penelitian tidak hanya sebatas produksi gula di dalam pabrik (*off-farm*) namun juga memperhatikan pengawasan kualitas tebu di luar pabrik (*on-farm*).
2. Penelitian ini untuk peningkatan kualitas produksi gula dilakukan perusahaan secara berkala.

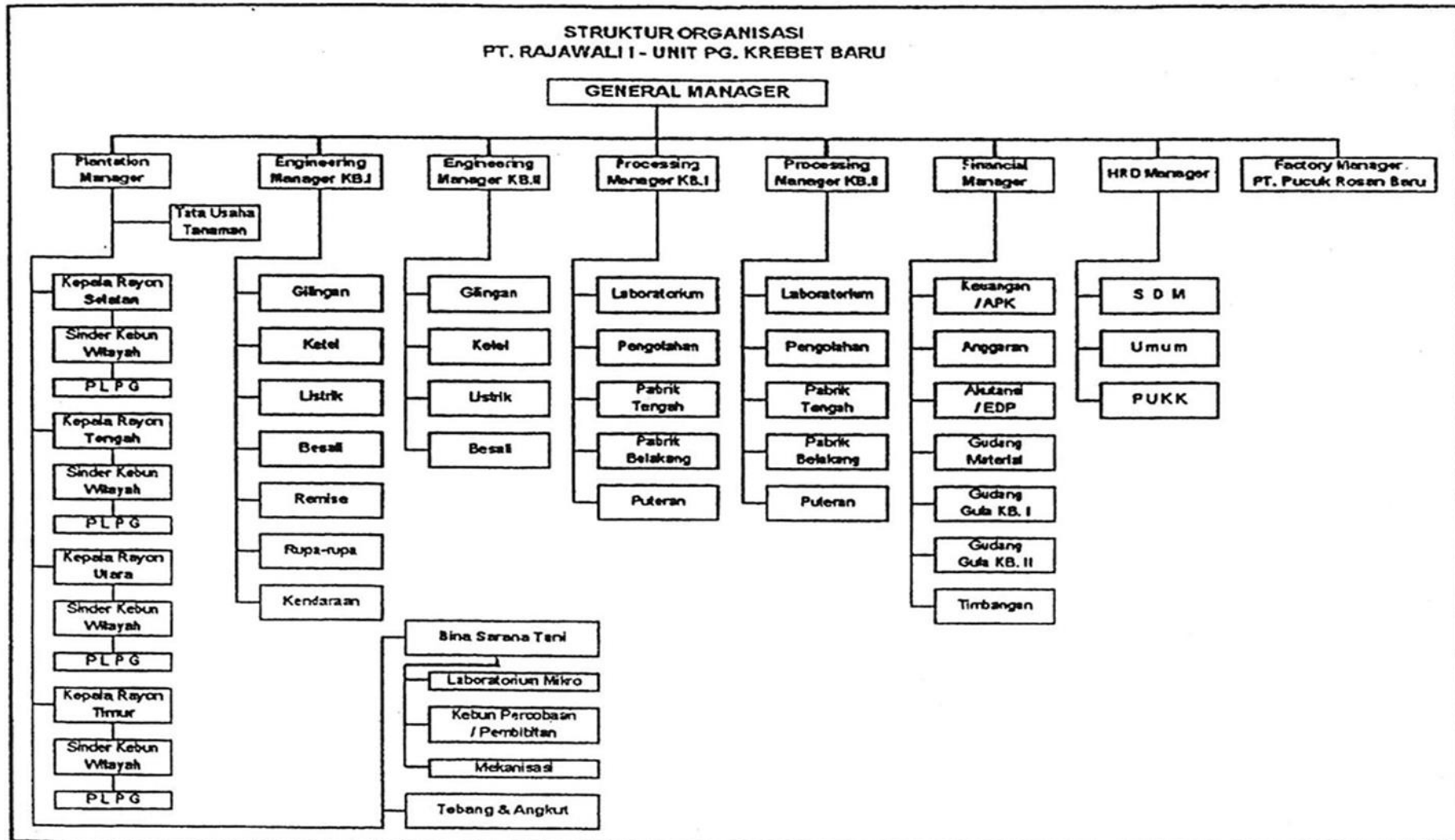


## DAFTAR PUSTAKA

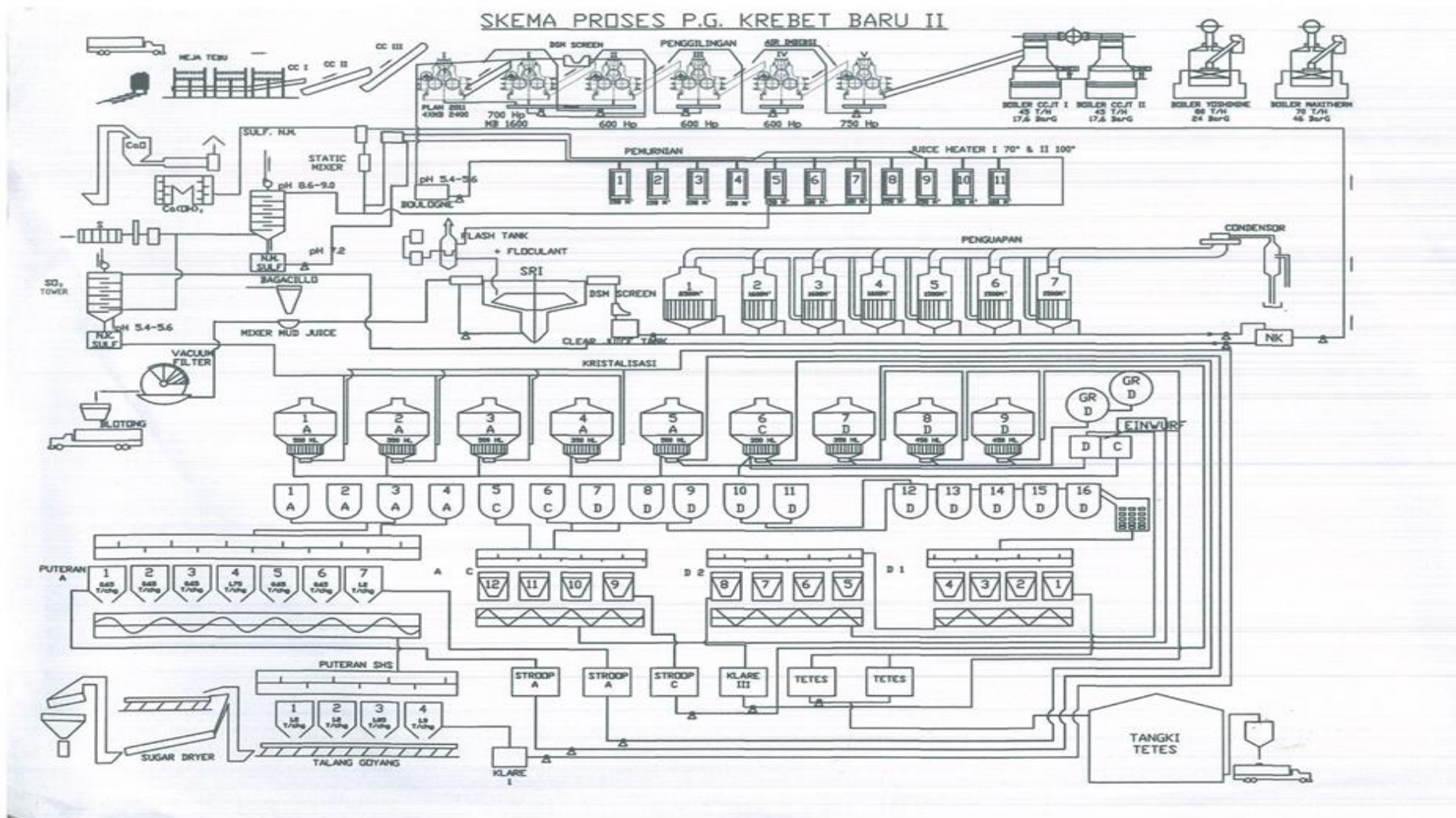
- BRC Global Standard (2012), *Understanding Root Cause Analysis*, British Retail Consortium, British.
- Elean, A.Y.W. dan Singgih, M.L. (2015), “Perbaikan Proses Produksi Dengan Pendekatan Lean Manufacturing Di Pabrik Gula Aren Masarang Tomohon”, *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXIII*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Garpersz, V. (2007), *Lean Sigma for Manufacturing and Service Industries*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hines, P. and Rich, N. (1997), “The Seven Value Stream Mapping Tools”, *International Journal of Operation and Production Management*, Vol. 17, No.1, hal. 46-64.
- Hines, P. and Taylor, D. (2000), *Going Lean*, Lean Enterprise Research Centre, Cardiff.
- Management Research Group, Practical (1993), *Seven Tools for Industrial Engineering*, PHP Institute, Tokyo.
- Nuruddin, A.W. et al. (2013), “Implementasi Konsep Lean Manufacturing Untuk Meminimalkan Waktu Keterlambatan Penyelesaian Produk ”A” Sebagai Value Pelanggan (Studi Kasus Pt. Tsw (Tuban Steel Work))”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 4, No. 2, hal. 147-156.
- Rawabdeh, I.A. (2005), “A Model for The Assessment of Waste in Companies”, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 25, No. 8, hal. 800-822.
- Rochman, M.R.F. et al. (2014), “Penerapan lean manufacturing menggunakan WRM, WAQ dan VALSAT untuk mengurangi waste pada proses finishing (Studi kasus di PT. Temprina Media Grafika Nganjuk)”, *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, Vol. 2, No.4, hal. 907 – 918.

- Rofi, M.W. dan Suparno. (2012), “Penerapan Lean Thinking Sebagai Upaya Peningkatan Produktivitas (Studi Kasus Pada PT. XYZ MFG &CO)”, *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIII*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Santoso, E. et al. (2017), “Analysis of Overall Equipment Effectiveness to Increase Turbine Gas Effectiveness (Case Study of Turbines MARS Compressor Set)”. *Proceedings of International Journal of International Seminar Of Contemporary Research In Business And Management*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, hal. 7.
- SAE International (2009), *Surface Vehicle Standard*, Society of Automotive Engineers, Washington.
- Stamatis, D. H. (1995), *Failure Mode and Effect Analysis : FMEA from Theory to Execution*, ASQC Quality Press, USA.
- Susanti, E.F.D, dan Singgih, M.L. (2017), “Implementation of Lean Manufacturing to Minimize Non Value Added in Fine Flexible Packaging Production Process”, *Proceedings of International Journal of International Seminar Of Contemporary Research In Business And Management*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, hal.15.
- Tjiong, W. dan Singgih, M.L. (2011), “Perbaikan Sistem Produksi Divisi Injection Dan Blow Plastik Di CV. Asia Dengan Metode Lean Manufacturing”. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIII*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Lampiran 1. Struktur Organisasi PG Krebet Baru

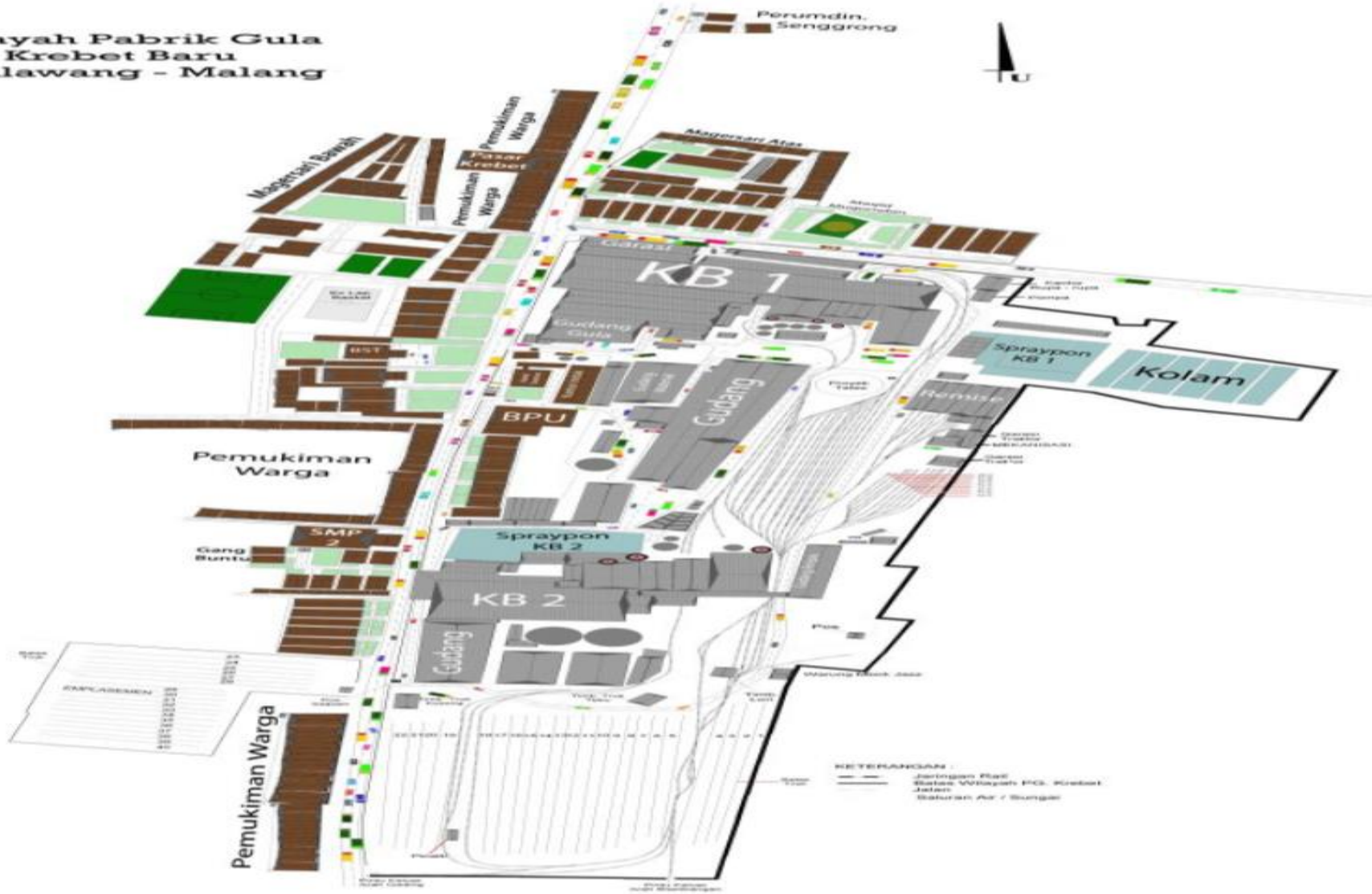


Lampiran 2. Skema Proses Produksi Gula di PG Krebet Baru



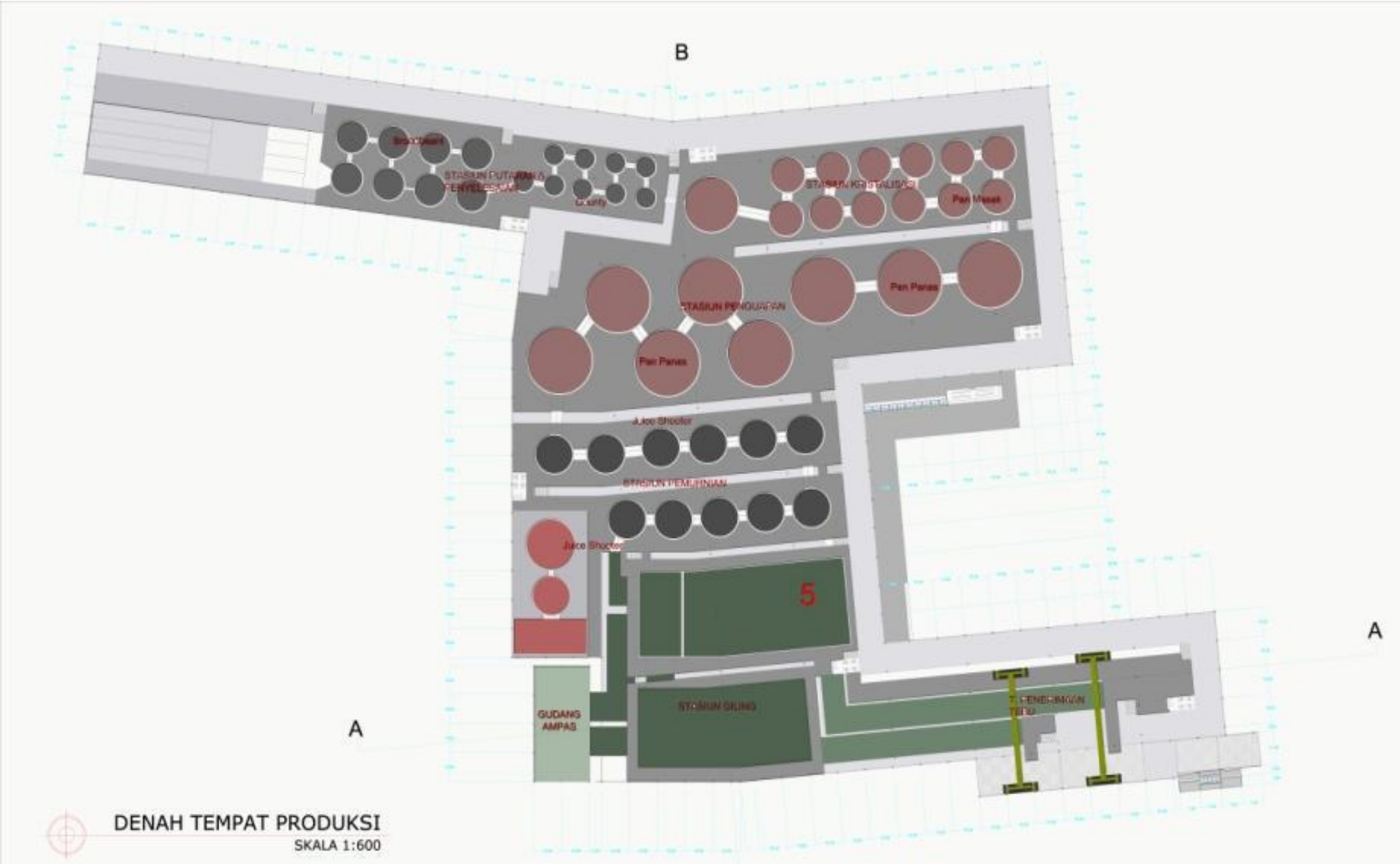
Layout 3. PG Kreetet Baru

Wilayah Pabrik Gula  
Kreetet Baru  
Bululawang - Malang

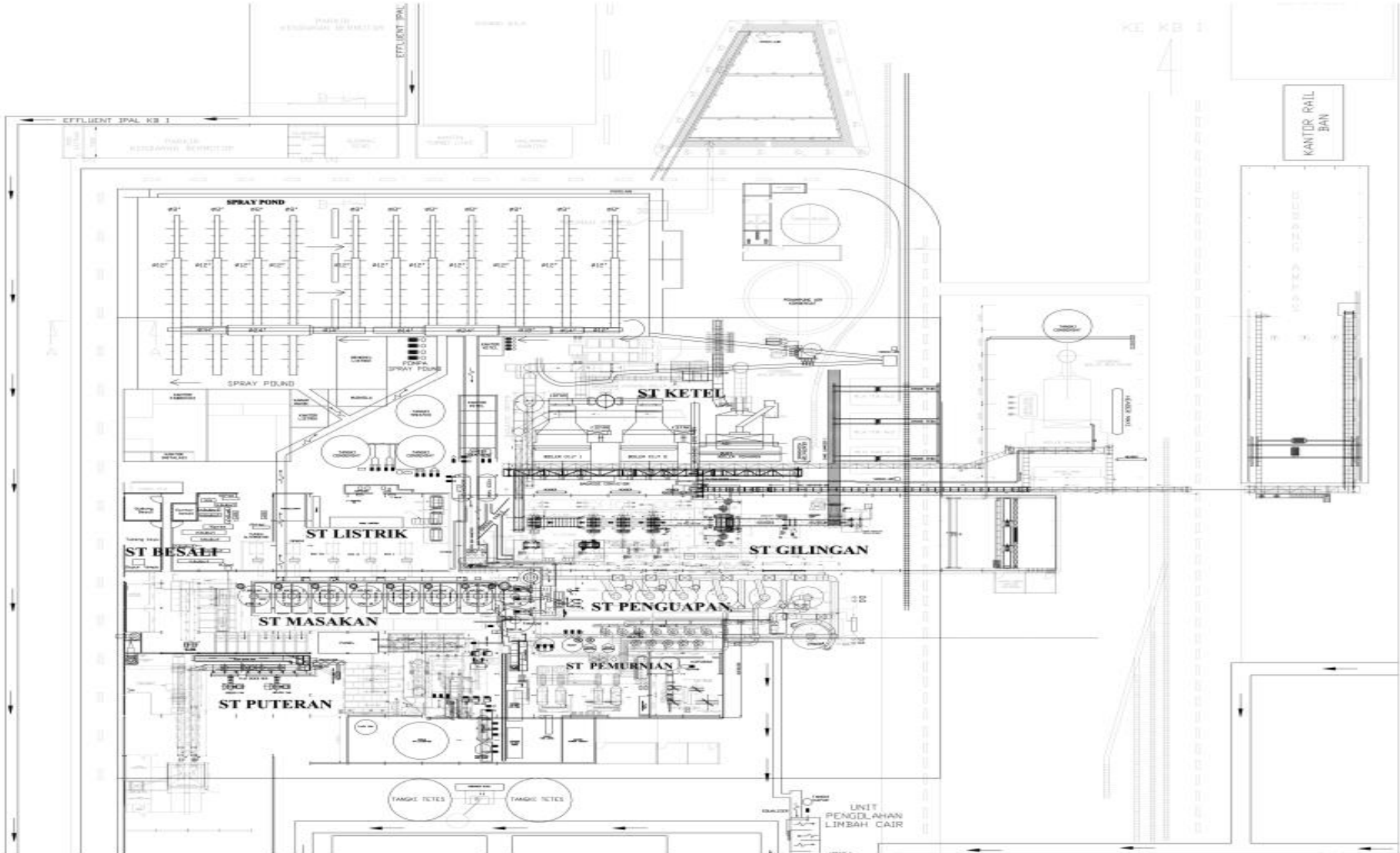




Lampiran 4. Tata Letak Setiap Stasiun Produksi Gula di PG Krebet Baru



**Layout 5. Tata Letak Produksi PG Krebet Baru**



## Lampiran 6. *Waste Assessment Questinnaire*

### SURAT PERMOHONAN PENGISIAN KUESIONER

Hal : Permohonan Pengisian Kuesioner

Yth : Bapak/Ibu Responden

Di Tempat.

Dengan hormat,

Untuk memenuhi persyaratan dalam penyelesaian pendidikan Program Studi Manajemen Industri Magister Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember, saya memerlukan beberapa informasi sebagai bahan penulisan tesis yang berjudul “**Penerapan *Lean Thinking* Untuk Mereduksi *Waste* Pada Proses Produksi Gula Di PT. PG Rajawali 1 Unit PG Krebet Baru**”

Sehubungan dengan itu, saya memohon kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi kuesioner ini sesuai dengan petunjuk pengisiannya. Kuesioner ini didesain untuk menilai penyediaan bahan baku tebu, alur distribusi bahan baku tebu, pergerakan operator produksi gula, pergerakan alat bantu produksi dan mesin, proses menunggu selama produksi gula, kerja ulang atau *rework* ditempat Bapak/Ibu bekerja.

Seluruh informasi yang diperoleh dari kuesioner ini hanya akan saya gunakan untuk keperluan penelitian saja dan saya akan menjaga kerahasiaannya sesuai dengan etika penelitian. Saya harap Bapak/Ibu dapat mengembalikan kuesioner ini.

Atas kesediaan Bapak/Ibu yang telah meluangkan waktu untuk mengisi kuesioner ini, saya ucapkan terima kasih.



## KUESIONER PENELITIAN

### I. Identitas Responden

1. Jenis Kelamin : a. Laki-laki b. Perempuan
2. Pendidikan Terakhir : a. D3 c. S1 d. S2 e. S3
3. Jabatan :
4. Lama Bekerja : a. 1-5 Tahun b. 6-10 Tahun c. 11-15 Tahun d. >15 Tahun
5. Usia anda Saat Ini : a. <25 Tahun b. 25-35 Tahun c. 36-45 Tahun  
d. 46-55 Tahun e. >55 Tahun

### II. Petunjuk Pengisian

Mohon memberikan tanda centang ( ✓ ) pada jawaban yang sesuai dengan kenyataan Bapak/Ibu selama bekerja di perusahaan.

Ya : Sistem kerja ada di perusahaan.

Sedang : Sistem kerja sedang dibentuk oleh perusahaan.

Tidak : Sistem kerja tidak ada di perusahaan.

No.	Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Jawaban		
			Ya	Sedang	Tidak
<b>Kategori Man</b>					
1	Apakah pihak manajemen sering melakukan rolling atau pemindahan operator untuk semua pekerjaan sehingga satu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua operator?	<i>To Motion</i>			
2	Apakah manajer produksi menetapkan standar untuk waktu dan kualitas produk (SOP) yang ditargetkan dalam produksi?	<i>From Motion</i>			
3	Apakah ada pengawasan kualitas pekerjaan pada saat lembur?	<i>From Defects</i>			
4	Apakah ada aktivitas atau kegiatan untuk meningkatkan semangat kerja?	<i>From Motion</i>			
5	Apakah ada program pelatihan untuk karyawan baru?	<i>From Motion</i>			
6	Apakah pekerja menanamkan rasa tanggung jawab terhadap pekerjaannya?	<i>From Defects</i>			
7	Apakah alat perlindungan keselamatan kerja sudah dimanfaatkan di area kerja?	<i>From Process</i>			
<b>Kategori Material</b>					
8	Apakah <i>lead time</i> dari <i>supplier</i> (termasuk dari proses sebelumnya) bisa diterapkan untuk penjadwalan produksi?	<i>To Waiting</i>			

No.	Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Jawaban		
			Ya	Sedang	Tidak
9	Apakah sudah terdapat pengecekan jadwal untuk ketersediaan bahan baku (termasuk WIP dari proses sebelumnya) sebelum memulai proses produksi?	<i>From Waiting</i>			
10	Apakah pihak manajemen rutin memberikan pemberitahuan atau laporan mengenai aktivitas penyimpanan barang (termasuk stok) di gudang?	<i>From Inventory</i>			
11	Apakah ada pemberitahuan kepada pekerja di gudang jika terdapat perubahan rencana simpanan atau inventori?	<i>From Inventory</i>			
12	Apakah terdapat akumulasi material yang berlebih yang menunggu untuk diperbaiki, dikerjakan ulang, atau dikembalikan (retur) dari proses setelahnya (termasuk dari konsumen)?	<i>From Defects</i>			
13	Apakah terdapat tumpukan bahan baku yang tidak diperlukan di sekitar area tumpukan bahan baku (termasuk di gudang)?	<i>From Inventory</i>			
14	Apakah tenaga kerja produksi harus menunggu di area produksi untuk menunggu kedatangan material?	<i>From Waiting</i>			
15	Apakah sering terjadi pemindahan material dari yang biasa dilakukan?	<i>To Defects</i>			
16	Apakah sering terjadi kerusakan material ketika proses pemindahan?	<i>From Defects</i>			
17	Apakah bongkar muat material atau bahan baku ditangani secara manual?	<i>To Motion</i>			
18	Apakah digunakan wadah sebelum proses pengemasan untuk mempermudah proses perhitungan jumlah dan memudahkan untuk perpindahan barang?	<i>From Waiting</i>			
19	Apakah barang atau bahan baku yang sejenis disimpan dalam satu area untuk memudahkan dan mengurangi waktu yang diperlukan dalam proses pencarian?	<i>From Motion</i>			
20	Apakah ada pengecekan material atau bahan baku yang diterima untuk mengetahui kesesuaian standar kualitas dan kuantitas barang?	<i>From Defects</i>			
21	Apakah material atau barang diberi label untuk mempermudah identifikasi?	<i>From Motion</i>			
22	Apakah pekerja menyimpan barang yang masih dalam proses (WIP) di area proses produksi?	<i>From Inventory</i>			
23	Apakah dilakukan pemesanan baku dan menyimpan dalam gudang persediaan, meskipun tidak diperlukan segera?	<i>From Inventory</i>			
24	Apakah ada kelonggaran waktu untuk barang yang masih dalam proses (WIP) sebelum diproses selanjutnya?	<i>To Waiting</i>			

No.	Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Jawaban		
			Ya	Sedang	Tidak
25	Apakah ada proses pengerjaan ulang untuk ukuran, berat, bentuk dan warna produk yang tidak sesuai?	<i>From Defects</i>			
26	Apakah bahan baku tiba tepat waktu ketika dibutuhkan?	<i>From Waiting</i>			
27	Apakah bahan baku dan peralatan disimpan dengan baik?	<i>To Motion</i>			
<b>Kategori <i>Machine</i></b>					
28	Apakah ada pengujian terhadap efisiensi mesin yang dilakukan secara berkala?	<i>From Process</i>			
29	Apakah beban kerja tiap mesin dapat diperkirakan dengan jelas?	<i>To Waiting</i>			
30	Apakah dilakukan pemeriksaan terhadap mesin yang telah dipasang dengan melihat kesesuaian kinerja dengan spesifikasinya?	<i>From Process</i>			
31	Jika menggunakan alat pemindah untuk barang atau bahan baku, apakah jumlah material yang dibawa sudah cukup?	<i>To Motion</i>			
32	Apakah mesin sering berhenti karena kerusakan mesin?	<i>From Waiting</i>			
33	Apakah alat-alat yang diperlukan sudah tersedia dan cukup untuk proses produksi?	<i>From Waiting</i>			
34	Apakah peralatan material handling berisiko terhadap kerusakan produk?	<i>To Defects</i>			
35	Apakah waktu setup yang lama bisa menyebabkan penundaan terhadap aliran operasi?	<i>From Waiting</i>			
36	Apakah masih terdapat alat-alat yang sudah rusak atau tidak terpakai di area kerja?	<i>To Motion</i>			
37	Apakah ada pertimbangan untuk mengurangi waktu setup mesin dengan menyesuaikan penjadwalan dan desain?	<i>From Process</i>			
<b>Kategori <i>Method</i></b>					
38	Apakah ada penomoran atau pelabelan dalam pengambilan material agar memudahkan dalam mengambil dan menyimpan bahan baku atau produk?	<i>From Motion</i>			
39	Apakah ruang penyimpanan digunakan secara efektif untuk menyimpan dengan bantuan rak-rak dan troli?	<i>From Waiting</i>			
40	Apakah ada pembagian area gudang, area aktif untuk order yang paling sering dan area cadangan untuk orderan yang lainnya?	<i>To Motion</i>			
41	Apakah waktu produksi disesuaikan dengan jumlah kebutuhan dan order pelanggan?	<i>To Waiting</i>			

No.	Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Jawaban		
			Ya	Sedang	Tidak
42	Apakah jadwal produksi dikomunikasikan ke semua bagian, sehingga isi jadwal dipahami secara luas?	<i>To Defects</i>			
43	Apakah telah dilakukan standar produksi untuk memudahkan loading mesin?	<i>From Motion</i>			
44	Apakah sudah ada sistem <i>Quality Control</i> untuk tiap departemen untuk menjamin kualitas?	<i>From Defects</i>			
45	Apakah ada waktu standar yang ditetapkan untuk setiap operasi atau pekerjaan?	<i>From Motion</i>			
46	Jika terjadi delay atau keterlambatan, apakah delay tersebut di komunikasikan ke semua bagian?	<i>To Waiting</i>			
47	Apakah ada pengaturan jadwal untuk kebutuhan tiap jenis produk sehingga tidak perlu ada pengulangan setting mesin untuk memproduksi ulang produk yang sama?	<i>From Process</i>			
48	Apakah memungkinkan untuk menggabungkan langkah-langkah proses pengerjaan menjadi lebih sederhana?	<i>From Process</i>			
49	Apakah ada prosedur untuk pemeriksaan atau inspeksi terhadap produk yang dikembalikan?	<i>To Defects</i>			
50	Apakah arsip penyimpanan digunakan untuk menjadwalkan produksi?	<i>From Inventory</i>			
51	Apakah area penyimpanan diberi tanda dan label di bagian-bagian tertentu?	<i>To Motion</i>			
52	Apakah terjadi penyimpanan material yang tidak seharusnya disimpan di area gudang?	<i>To Motion</i>			
53	Apakah ada jadwal rutin untuk membersihkan area produksi secara keseluruhan?	<i>To Motion</i>			
54	Apakah kebanyakan aliran produksi mengalir satu arah?	<i>From Motion</i>			
55	Apakah ada suatu kelompok yang berurusan dengan desain, kontruksi komponen, desain layout dan bentuk lain dari standarisasi?	<i>From Motion</i>			
56	Apakah standar kerja mempunyai tujuan yang jelas dan spesifik?	<i>From Motion</i>			
57	Apakah prosedur kerja yang sudah ada mampu menghilangkan pekerjaan yang tidak perlu atau berlebihan?	<i>From Process</i>			
58	Apakah hasil quality control, uji produk, dan evaluasi dilakukan dengan ilmu keteknikan?	<i>From Defects</i>			

## Lampiran 7. Keterkaitan *Five Waste Relationship*

### *Inventory*

- I\_D Peningkatan persediaan (RM, WIP dan FG) akan meningkatkan probabilitas cacat dikarenakan kurangnya perhatian dan kondisi penyimpanan yang tidak sesuai.
- I\_M Meningkatkan persediaan akan meningkatkan waktu untuk proses pencarian, pemilihan, menggenggam, mencapai, pemindahan dan penanganan.

### *Defect*

- D\_I Memproduksi komponen yang rusak perlu dikerjakan ulang berarti tingkat WIP mengalami peningkatan pada persediaan.
- D\_M Memproduksi cacat dapat meningkatkan waktu pencarian, seleksi, dan pemeriksaan, belum lagi pembuatan ulang yang membutuhkan keterampilan pelatihan yang lebih tinggi.
- D\_W Pengerjaan ulang akan menambah waktu proses di stasiun kerja sehingga komponen baru yang masuk akan menunggu untuk diproses.

### *Motion*

- M\_I Metode kerja yang tidak terstandarisasi akan menghasilkan jumlah pekerjaan yang banyak.
- M\_D Kurangnya pelatihan dan standarisasi menyebabkan peningkatan pada prosentase cacat.
- M\_P Bila pekerjaan tidak terstandarisasi, *waste* dari proses akan meningkat karena kurangnya pemahaman akan kapasitas teknologi yang ada.
- M\_W Bila standar tidak diatur, waktu yang akan dikonsumsi dalam proses mencari, menggenggam, bergerak, merakit, yang berakibat pada peningkatan waktu tunggu komponen yang diproses.

### *Process*

- P\_I Menggabungkan operasi dalam satu bagian akan menurunkan jumlah WIP karena menghilangkan *buffer*.
- P\_D Jika mesin tidak dipelihara dengan baik akan menghasilkan barang cacat.
- P\_M Teknologi baru yang kurang pelatihan akan menciptakan *waste* pada pergerakan manusia.
- P\_W Bila teknologi yang digunakan tidak sesuai, waktu pemasangan dan *downtime* yang terjadi akan menyebabkan waktu tunggu yang lebih lama.

*Waiting*

W\_I Menunggu berarti lebih banyak item daripada yang dibutuhkan pada titik tertentu, baik itu RM, WIP, atau FG.

W\_D *Waiting items* dapat menyebabkan kerusakan karena kondisi yang tidak sesuai.

### Lampiran 8. Tipe “From” dan “To” untuk pertanyaan kuesioner

No	Jenis Pertanyaan	Kategori	Penjelasan “From” dan “To”
<b>Kategori Man</b>			
1	<i>To Motion</i>	B	Keterbatasan jumlah operator menyebabkan seringnya suatu mesin kerja mengalami <i>delay</i> karena tidak adanya operator yang <i>available</i> . Oleh karena itu, pihak manajemen harus melatih operator untuk bisa ditempatkan pada departemen kerja manapun. Ketidakterampilan operator dalam menjalankan alat bantu kerja atau mesin bisa disebabkan pula karena kurangnya pengalaman maupun pelatihan teknis atau training.
2	<i>From Motion</i>	B	Tidak adanya standar jumlah dan kualitas produk menyebabkan tidak adanya parameter untuk mengontrol kerja operator, sehingga operator cenderung bekerja sesuai dengan keinginannya sendiri dan <i>lead time</i> menjadi lebih lama.
3	<i>From Defetcs</i>	B	Kurang adanya pengawasan terhadap operasional pada malam hari atau <i>shift</i> malam, mengakibatkan tingkat <i>defects</i> semakin besar, karena kecenderungan <i>shift</i> malam tingkat konsentrasi kerja operator menurun. Semakin besar <i>defects</i> yang terjadi, maka semakin lama proses inspeksi maupun proses <i>rework</i> yang harus dilakukan.
4	<i>From Motion</i>	B	Adanya program untuk meningkatkan semangat kerja, misalnya memberikan bonus terhadap karyawan yang memiliki prestasi kerja, sehingga dapat memacu semangat kerja guna meningkatkan produktivitas, sehingga tingkat kesalahan proses akibat kelalaian operator bisa berkurang dan <i>lead time</i> bisa diperkecil.
5	<i>From Motion</i>	B	Apabila tidak ada program training maka operator yang baru kurang menguasai pekerjaannya sehingga <i>motion</i> pekerja kurang teratur.
6	<i>From Defetcs</i>	B	Jika operator tidak bertanggung jawab terhadap pekerjaannya maka tingkat kesalahan yang akan menyebabkan <i>defects</i> akan bertambah.
7	<i>From Process</i>	B	Perlindungan keselamatan kerja mencakup keseluruhan proses dimana tidak adanya perlindungan keselamatan kerja menyebabkan munculnya peluang kecelakaan kerja yang menyebabkan <i>waste</i> .
<b>Kategori Material</b>			
8	<i>To Waiting</i>	B	Masalah <i>lead time</i> harus mempunyai perencanaan yang baik, semakin pendek <i>lead time</i> yang ditetapkan oleh <i>supplier</i> maka akan menyebabkan penumpukan <i>inventory</i> di gudang.
9	<i>From Waiting</i>	B	Apabila tidak ada <i>control</i> persediaan material di gudang sampai terjadi kekurangan bahan, maka produksi akan mengalami <i>waiting</i> hanya untuk menunggu kedatangan material dari <i>supplier</i> .

No	Jenis Pertanyaan	Kategori	Penjelasan “From” dan “To”
10	<i>From Inventory</i>	B	Informasi yang akurat tentang manajemen gudang sangat diperlukan agar operator tidak melakukan pekerjaan yang tidak berguna pada waktu mengambil, mencari dan meletakkan produk.
11	<i>From Inventory</i>	B	Perubahan <i>inventory</i> harus diinformasikan kepada tenaga kerja di gudang. Jika terdapat perubahan jumlah <i>inventory</i> serta kedatangan produk sesuai pesanan.
12	<i>From Defects</i>	A	Banyaknya jumlah produk yang mengalami <i>defects</i> mengindikasikan, bahwa sistem <i>quality control</i> yang sangat buruk. <i>Defects</i> bisa terjadi karena masalah material, manusia dan metode produksi yang salah.
13	<i>From Inventory</i>	A	Banyaknya tumpukan material yang tidak dipergunakan, menyebabkan jumlah <i>inventory</i> yang tinggi, sehingga pada waktu pencarian material akan diperlukan usaha yang lebih.
14	<i>From Waiting</i>	A	Operator akan memiliki banyak waktu menganggur, apabila material yang siap produksi jumlahnya kurang, berakibat pihak pembeli harus melakukan order terlebih dahulu, sehingga banyak waktu kerja yang terbuang hanya untuk menunggu kedatangan material.
15	<i>To Defects</i>	A	Penyebab material mengalami <i>defects</i> dikarenakan metode <i>material handling</i> yang salah, disamping itu cara penyimpanan material yang salah berakibat kerusakan pada material.
16	<i>From Defects</i>	A	Kerusakan produk akan menyebabkan <i>waiting</i> pada proses produksi selanjutnya. Perusahaan harus melakukan pembelian kembali material baru atau waktu untuk memperbaiki material yang rusak.
17	<i>To Motion</i>	A	Penanganan material dengan perhitungan manual, mengakibatkan memakan banyak waktu, apabila jumlah material yang akan diproses cukup banyak.
18	<i>From Waiting</i>	B	Penggunaan alat bantu atau mesin akan membantu mengurangi waktu tunggu dalam melakukan perhitungan.
19	<i>From Motion</i>	B	Penyimpanan material, <i>spare part</i> atau barang yang mendukung proses produksi, tidak pada tempatnya akan menyebabkan pencarian yang lebih lama berakibat proses selanjutnya akan menunggu setelah ditemukannya barang tersebut.
20	<i>From Defects</i>	B	Material harus mempunyai standar yang jelas, dengan demikian akan mengurangi <i>defects</i> yang akan terjadi pada proses produksi.
21	<i>From Motionn</i>	B	Pemberian nomor part atau barang akan dapat mempercepat proses <i>motion</i> dalam pencarian, pengambilan dan peletakan.
22	<i>From Inventory</i>	A	Apabila terjadi penundaan proses produksi akibat proses sebelumnya. Hal ini menyebabkan bertumpuknya produk <i>work in process</i> , sehingga jumlah <i>inventory</i> semakin tinggi. Produk <i>work in process</i> juga dapat rusak karena <i>material handling</i> serta penyimpanan yang salah.



No	Jenis Pertanyaan	Kategori	Penjelasan “From” dan “To”
23	<i>From Inventory</i>	A	Jumlah <i>inventory</i> yang banyak dan menumpuk di gudang akan memberikan peluang terjadinya <i>defects</i> dikarenakan metode penyimpanan, <i>space</i> serta proses <i>loading</i> dan <i>unloading material</i> yang berulang-ulang. <i>Unnecessary inventory</i> juga dapat menyebabkan <i>waste motion</i> karena operator akan kesulitan mencari material yang akan dipergunakan karena jumlah material yang terlalu banyak.
24	<i>To Waiting</i>	B	Semakin longgar rute aliran <i>wark in process</i> , maka semakin besar tingkat ketidakpastian rute <i>work in process</i> . Ketidakpastian ini akan berdampak <i>waiting</i> pada proses selanjutnya.
25	<i>From Defects</i>	A	<i>Finish good</i> yang dihasilkan, apabila tidak sesuai spesifikasi yang distandarkan karena mutu dari material yang digunakan akan menyebabkan perusahaan melakukan proses <i>rework</i> untuk memperbaiki.
26	<i>From Waiting</i>	B	Pemilihan material yang tidak sesuai akan menyebabkan <i>waiting</i> bagi operator dan proses selanjutnya, dikarenakan harus mengganti dengan material yang sesuai dengan spesifikasi.
27	<i>To Motion</i>	B	Proses pencarian, peletakan material yang salah akan menyebabkan <i>effort</i> dari <i>motion</i> bertambah sehingga akan membuang-buang waktu
Kategori <i>Machine</i>			
28	<i>From Process</i>	B	Pengecekan serta pengujian kinerja mesin secara periodik akan meminimasi terjadinya <i>defects</i> pada produk, dikarenakan kegagalan operasional mesin. Mesin yang berjalan dengan lancar akan menghasilkan produk yang bermutu.
29	<i>To Waiting</i>	B	Adanya kesalahan <i>setting</i> pada mesin yang tersusun seri akan menyebabkan 1 mesin mempunyai beban kerja yang berat dan terjadi <i>delay</i> akibat proses tunggu pada mesin lainnya.
30	<i>From Process</i>	B	Mesin yang tidak bekerja sesuai standar akan menyebabkan <i>inappropriate process</i> dan juga menyebabkan <i>defects</i> pada produk.
31	<i>To Motion</i>	B	Kapasitas <i>material handling</i> yang minim akan menyebabkan <i>motion</i> operator semakin tinggi karena proses tersebut dilakukan secara berulang-ulang.
32	<i>From Waiting</i>	A	Mesin yang berhenti dikarenakan rusak akan menimbulkan <i>waiting</i> baik dari segi operator maupun penumpukan <i>inventory</i> untuk menunggu proses produksi.
33	<i>From Waiting</i>	B	Minimnya ketersediaan peralatan serta perlengkapan menyebabkan <i>delay</i> yang cukup lama karena operator harus menunggu giliran dari operator lainnya untuk menggunakan peralatan yang sama. <i>Delay</i> ini menyebabkan <i>waste waiting</i> serta tumpukan <i>inventory material</i> untuk segera diproses.
34	<i>To Defects</i>	A	Kerusakan dan cacat atau <i>defects</i> yang terjadi pada produk akibat benturan, goresan, efek dari peralatan <i>material handling</i> saat proses pengangkutan.
35	<i>From Waiting</i>	A	<i>Set up</i> mesin memerlukan waktu agar mesin dapat berjalan dengan lancar. <i>Set up</i> mesin yang tidak terjadwal dengan baik akan menyebabkan <i>waiting</i> karena adanya tumpukan <i>inventory material</i> .

No	Jenis Pertanyaan	Kategori	Penjelasan “From” dan “To”
36	<i>To Motion</i>	A	Pencarian peralatan kerja yang tidak diatur dengan baik dan tidak ditempatkan di tempat-tempat yang disediakan, akibatnya lamanya proses pencarian peralatan kerja menyebabkan <i>motion</i> yang tidak perlu dari operator karena operator kesulitan mencari peralatan kerja.
37	<i>From Process</i>	B	Perubahan perencanaan desain produk seharusnya terencana dengan baik agar tidak mengganggu proses produksi. Apabila tidak terencana dengan baik, maka set up mesin akan dilakukan berulang-ulang sehingga menimbulkan <i>waiting</i> bagi operator serta proses produksi selanjutnya.
<b>Kategori Methods</b>			
38	<i>From Motion</i>	B	Adanya penomoran proses pengambilan material, maka dapat mempersingkat waktu untuk mengetahui urutan material mana yang akan diproses selanjutnya. Sehingga dalam proses mengambil, mencari, dan menyimpan material akan mempercepat waktu.
39	<i>From Waiting</i>	B	Pemanfaatan gudang yang efektif dapat membantu proses pencarian, pengambilan dan peletakan material maupun <i>finish goods</i> sehingga waktu yang diperlukan untuk <i>motion</i> menjadi lebih singkat dan <i>waiting</i> menjadi berkurang.
40	<i>To Motion</i>	B	Gudang yang digunakan dengan baik akan membantu proses penyimpanan yang efektif sehingga meminimasi <i>motion</i> walaupun jumlah material atau produk yang disimpan jumlahnya banyak.
41	<i>To Waiting</i>	B	<i>Waiting</i> bisa terjadi karena konsumen menunggu produk di pasaran. <i>Delay</i> yang terjadi karena perusahaan tidak dapat memprediksi <i>demand</i> pasar dan banyaknya <i>defects</i> di rantai produksi.
42	<i>To Defects</i>	B	Ketidaksesuaian jadwal produksi pada rantai produksi akan banyak menyebabkan penumpukan <i>inventory</i> , baik material itu sendiri maupun <i>finish goods</i> sehingga produk akan mudah rusak dan cacat jika cara penyimpanan yang salah.
43	<i>From Motion</i>	B	Proses <i>loading</i> mesin perlu diberi standarisasi dan parameter yang jelas, sehingga akan meminimasi peluang terjadinya kerusakan pada mesin yang menyebabkan produk menjadi cacat dan rusak.
44	<i>From Defects</i>	B	Terjadinya <i>defects</i> pada produk akan berdampak kerugian bagi perusahaan. Hal tersebut karena dianggap produk tidak sesuai standar yang diinginkan oleh konsumen, sehingga diperlukan proses <i>rework</i> .
45	<i>From Motion</i>	B	Harus adanya standar kerja sehingga proses produksi dapat berjalan lancar dan tidak bersifat fluktuatif, karena tidak adanya parameter yang jelas.
46	<i>To Waiting</i>	B	<i>Delay</i> yang terjadi di rantai produksi merupakan penyebab utama <i>waste waiting</i> . Tidak adanya komunikasi antar departemen dapat menyebabkan terganggunya aliran kerja, dimana gangguan tersebut dapat menyebabkan <i>delay</i> .
47	<i>From Process</i>	B	Semakin banyak jumlah proses produksi, maka semakin lama <i>set up</i> mesin yang dilakukan. Hal ini akan menyebabkan <i>waiting</i> , sehingga <i>lead time</i> menjadi lebih lama dan biaya produksi semakin besar.

No	Jenis Pertanyaan	Kategori	Penjelasan “From” dan “To”
48	<i>From Process</i>	B	Semakin sedikit langkah-langkah kerja dalam proses produksi, maka mempercepat <i>lead time</i> dan mengurangi biaya produksi. Jika banyak terjadi kesalahan pada langkah-langkah produksi, menyebabkan terjadinya <i>waste</i> .
49	<i>To Defects</i>	B	Proses pengawasan harus dijalankan secara disiplin mulai dari datangnya <i>raw material</i> sampai pengemasan produk. Hal ini dapat meminimasi <i>defects</i> di lntai produksi.
50	<i>From Inventory</i>	B	Pencatatab serta penyimpanan data <i>inventory</i> akan berfungsi untuk mengatur jenis dan jumlah material, <i>work in process</i> , serta <i>finish goods</i> . Proses pencatatan akan sangat berguna sebagai sarana informasi bagi setiap departemen di lantai produksi.
51	<i>To Motion</i>	B	Tidak adanya pemberian tanda pada bagian tertentu di area penyimpanan akan menyebabkan <i>waste motion</i> . Hal ini akan menimbulkan proses pencarian material menjadi lebih lama.
52	<i>To Motion</i>	A	Proses pencarian material akan menjadi lama, jika gudang menyimpan barang-barang yang tidak seharusnya disimpan, sehingga memperbesar <i>unnecessary inventory</i> .
53	<i>To Motion</i>	B	Kondisi pabrik yang tidak bersih, penuh dengan perkakas yang berserakan, maka dapat menyebabkan <i>waste</i> .
54	<i>From Motion</i>	B	Semakin banyak aliran produksi satu arah, maka akan mempermudah aktivitas kerja dan memudahkan dalam pembuatan standar waktu kerja.
55	<i>From Motion</i>	B	Baku mutu yang sudah dibentuk dengan jelas dijadikan SOP dalam lantai produksi akan membantu dalam mempermudah pelaksanaan proses produksi, karena sudah ada parameter yang jelas.
56	<i>From Motion</i>	B	Apabila standariisasi kerja sudah terbentuk, maka setiap proses yang dilakukan berdasarkan SOP dapat meminimasi terjadinya <i>waiting</i> untuk operator dan mesin.
57	<i>From Process</i>	B	Prosedur kerja yang tidak tepat menyebabkan pekerjaan berlebihan, kondisi ini termasuk <i>waste</i> sehingga menambah <i>lead time</i> dan biaya produksi.
58	<i>From Defects</i>	B	Proses pemeriksaan mutu serta kualitas material sampai <i>finish goods</i> diperlukan menjaga mutu produk, agar sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh perusahaan dan pemenuhan kebutuhan konsumen.

**Lampiran 9. Jawaban dan Skor Keterkaitan Antar Waste**

<i>Question Relationships</i>	1		2		3		4		5		6		<i>Score</i>	<i>Relationship</i>
	<i>Answer</i>	<i>Weight</i>	<i>Answer</i>	<i>Weight</i>	<i>Answer</i>	<i>Weight</i>	<i>Answer</i>	<i>Weight</i>	<i>Answer</i>	<i>Weight</i>	<i>Answer</i>	<i>Weight</i>		
I_D	a	4	c	0	a	4	a	2	g	4	a	4	18	A
I_M	b	2	b	1	a	4	a	2	g	4	a	4	17	A
D_I	a	4	a	2	b	2	c	0	d	2	a	4	14	E
D_M	a	4	a	2	a	4	b	1	g	4	a	4	19	A
D_W	a	4	a	2	a	4	c	0	d	2	a	4	16	E
M_I	c	0	c	0	b	2	a	2	b	1	b	2	7	O
M_D	c	0	c	0	b	2	a	2	d	2	c	0	6	O
M_P	b	2	b	1	b	2	a	2	b	1	b	2	10	I
M_W	b	2	b	1	b	2	b	1	f	2	a	4	12	I
P_I	a	4	b	1	b	2	c	0	c	1	b	2	10	I
P_D	a	4	a	2	a	4	a	2	a	1	b	2	15	E
P_M	c	0	c	0	b	2	b	1	b	1	b	2	6	O
P_W	b	2	a	2	a	4	a	2	f	2	a	4	16	E
W_I	a	4	a	2	b	2	a	2	g	4	a	4	18	A
W_D	a	4	b	1	b	2	a	2	d	2	b	2	13	E

**Lampiran 10. Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan *Waste Relationship Matrix***

No.	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal untuk Tiap Jenis Waste				
			I	D	M	P	W
1	Man	<i>To Motion</i>	10	10	10	4	0
2		<i>From Motion</i>	4	4	10	6	6
3		<i>From Defects</i>	8	10	10	0	8
4		<i>From Motion</i>	4	4	10	6	6
5		<i>From Motion</i>	4	4	10	6	6
6		<i>From Defects</i>	8	10	10	0	8
7		<i>From Process</i>	6	8	4	10	8
8	Material	<i>To Waiting</i>	0	8	6	8	10
9		<i>From Waiting</i>	10	8	0	0	10
10		<i>From Inventory</i>	10	10	10	0	0
11		<i>From Inventory</i>	10	10	10	0	0
12		<i>From Defects</i>	8	10	10	0	8
13		<i>From Inventory</i>	10	10	10	0	0
14		<i>From Waiting</i>	10	8	0	0	10
15		<i>To Defects</i>	10	10	4	8	8
16		<i>From Defects</i>	8	10	10	0	8
17		<i>To Motion</i>	10	10	10	4	0
18		<i>From Waiting</i>	10	8	0	0	10
19		<i>From Motion</i>	4	4	10	6	6
20		<i>From Defects</i>	8	10	10	0	8
21		<i>From Motion</i>	4	4	10	6	6
22		<i>From Inventory</i>	10	10	10	0	0
23		<i>From Inventory</i>	10	10	10	0	0
24		<i>To Waiting</i>	0	8	6	8	10
25		<i>From Defects</i>	8	10	10	0	8
26		<i>From Waiting</i>	10	8	0	0	10
27	<i>To Motion</i>	10	10	10	4	0	
28	Machine	<i>From Process</i>	6	8	4	10	8
29		<i>To Waiting</i>	0	8	6	8	10
30		<i>From Process</i>	6	8	4	10	8
31		<i>To Motion</i>	10	10	10	4	0
32		<i>From Waiting</i>	10	8	0	0	10
33		<i>From Waiting</i>	10	8	0	0	10
34		<i>To Defects</i>	10	10	4	8	8
35		<i>From Waiting</i>	10	8	0	0	10
36		<i>To Motion</i>	10	10	10	4	0
37		<i>From Process</i>	6	8	4	10	8

No.	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan	Bobot Awal untuk Tiap Jenis Waste				
			I	D	M	P	W
38	Method	<i>From Motion</i>	4	4	10	6	6
39		<i>From Waiting</i>	10	8	0	0	10
40		<i>To Motion</i>	10	10	10	4	0
41		<i>To Waiting</i>	0	8	6	8	10
42		<i>To Defects</i>	10	10	4	8	8
43		<i>From Motion</i>	4	4	10	6	6
44		<i>From Defects</i>	8	10	10	0	8
45		<i>From Motion</i>	4	4	10	6	6
46		<i>To Waiting</i>	0	8	6	8	10
47		<i>From Process</i>	6	8	4	10	8
48		<i>From Process</i>	6	8	4	10	8
49		<i>To Defects</i>	10	10	4	8	8
50		<i>From Inventory</i>	10	10	10	0	0
51		<i>To Motion</i>	10	6	0	0	0
52		<i>To Motion</i>	10	10	10	4	0
53		<i>To Motion</i>	10	10	10	4	0
54		<i>From Motion</i>	10	10	10	4	0
55		<i>From Motion</i>	4	4	10	6	6
56		<i>From Motion</i>	4	4	10	6	6
57		<i>From Process</i>	4	4	10	6	6
58		<i>From Defects</i>	8	10	10	0	8
Total Skor			420	474	414	244	348

**Lampiran 11. Bobot Pertanyaan dibagi Ni, serta Jumlah Skor (Sj) dan Frekuensi (Fj)**

No.	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Ni	Bobot Awal untuk Tiap Jenis Waste (Wj,k)				
				Wi,k	Wd,k	Wm,k	Wp,k	Ww,k
1	Man	<i>To Motion</i>	9	1,11	1,11	1,11	0,44	0
2		<i>From Motion</i>	11	0,36	0,36	0,91	0,55	0,55
3		<i>From Defects</i>	8	1	1,25	1,25	0	1
4		<i>From Motion</i>	11	0,36	0,36	0,91	0,55	0,55
5		<i>From Motion</i>	11	0,36	0,36	0,91	0,55	0,55
6		<i>From Defects</i>	8	1	1,25	1,25	0	1
7		<i>From Process</i>	7	0,86	1,14	0,57	1,43	1,14
8	Material	<i>To Waiting</i>	5	0	1,6	1,2	1,6	2
9		<i>From Waiting</i>	8	1,25	1	0	0	1,25
10		<i>From Inventory</i>	6	1,67	1,67	1,67	0	0
11		<i>From Inventory</i>	6	1,67	1,67	1,67	0	0
12		<i>From Defects</i>	8	1	1,25	1,25	0	1
13		<i>From Inventory</i>	6	1,67	1,67	1,67	0	0
14		<i>From Waiting</i>	8	1,25	1	0	0	1,25
15		<i>To Defects</i>	4	2,5	2,5	1	2	2
16		<i>From Defects</i>	8	1	1,25	1,25	0	1
17		<i>To Motion</i>	9	1,11	1,11	1,11	0,44	0
18		<i>From Waiting</i>	8	1,25	1	0	0	1,25
19		<i>From Motion</i>	11	0,36	0,36	0,91	0,55	0,55
20		<i>From Defects</i>	8	1	1,25	1,25	0	1
21		<i>From Motion</i>	11	0,36	0,36	0,91	0,55	0,55
22		<i>From Inventory</i>	6	1,67	1,67	1,67	0	0
23		<i>From Inventory</i>	6	1,67	1,67	1,67	0	0
24		<i>To Waiting</i>	5	0	1,6	1,2	1,6	2
25		<i>From Defects</i>	8	1	1,25	1,25	0	1
26		<i>From Waiting</i>	8	1,25	1	0	0	1,25
27		<i>To Motion</i>	9	1,11	1,11	1,11	0,44	0
28	Machine	<i>From Process</i>	7	0,86	1,14	0,57	1,43	1,14
29		<i>To Waiting</i>	5	0	1,6	1,2	1,6	2
30		<i>From Process</i>	7	0,86	1,14	0,57	1,43	1,14
31		<i>To Motion</i>	9	1,11	1,11	1,11	0,44	0
32		<i>From Waiting</i>	8	1,25	1	0	0	1,25
33		<i>From Waiting</i>	8	1,25	1	0	0	1,25
34		<i>To Defects</i>	4	2,5	2,5	1	2	2
35		<i>From Waiting</i>	8	1,25	1	0	0	1,25
36		<i>To Motion</i>	9	1,11	1,11	1,11	0,44	0
37		<i>From Process</i>	7	0,86	1,14	0,57	1,43	1,14

No.	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Ni	Bobot Awal untuk Tiap Jenis Waste (Wj,k)				
				Wi,k	Wd,k	Wm,k	Wp,k	Ww,k
38	<i>Method</i>	<i>From Motion</i>	11	0,36	0,36	0,91	0,55	0,55
39		<i>From Waiting</i>	8	1,25	1	0	0	1,25
40		<i>To Motion</i>	9	1,11	1,11	1,11	0,44	0
41		<i>To Waiting</i>	5	0	1,6	1,2	1,6	2
42		<i>To Defects</i>	4	2,5	2,5	1	2	2
43		<i>From Motion</i>	11	0,36	0,36	0,91	0,55	0,55
44		<i>From Defects</i>	8	1	1,25	1,25	0	1
45		<i>From Motion</i>	11	0,36	0,36	0,91	0,55	0,55
46		<i>To Waiting</i>	5	0	1,6	1,2	1,6	2
47		<i>From Process</i>	7	0,86	1,14	0,57	1,43	1,14
48		<i>From Process</i>	7	0,86	1,14	0,57	1,43	1,14
49		<i>To Defects</i>	4	2,5	2,5	1	2	2
50		<i>From Inventory</i>	6	1,67	1,67	1,67	0	0
51		<i>To Motion</i>	9	1,11	1,11	1,11	0,44	0
52		<i>To Motion</i>	9	1,11	1,11	1,11	0,44	0
53		<i>To Motion</i>	9	1,11	1,11	1,11	0,44	0
54		<i>From Motion</i>	11	0,36	0,36	0,91	0,55	0,55
55		<i>From Motion</i>	11	0,36	0,36	0,91	0,55	0,55
56		<i>From Motion</i>	11	0,36	0,36	0,91	0,55	0,55
57		<i>From Process</i>	7	0,86	1,14	0,57	1,43	1,14
58	<i>From Defects</i>	8	1	1,25	1,25	0	1	
Skor (Sj)				58	68	54	36	50
Frekuensi (Fj)				53	58	50	36	43



Lampiran 12. Jawaban Responden Untuk *Waste Assessment Questinare*

No.	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Kategori	Responden							Rata- rata Jawaban
				1	2	3	4	5	6	7	
1	Man	<i>To Motion</i>	B	1	1	1	1	1	1	1	1
2		<i>From Motion</i>	B	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0,1
3		<i>From Defects</i>	B	1	1	0,5	0,5	1	1	1	0,9
4		<i>From Motion</i>	B	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,6
5		<i>From Motion</i>	B	0	0	0	0	1	1	0	0,3
6		<i>From Defects</i>	B	0	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,3
7		<i>From Process</i>	B	0	0	1	1	1	1	0	0,6
8	Material	<i>To Waiting</i>	B	0,5	0,5	1	1	0	1	1	0,7
9		<i>From Waiting</i>	B	0	0	0	0	0	0,5	0	0,1
10		<i>From Inventory</i>	B	1	1	1	1	0	1	0	0,7
11		<i>From Inventory</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
12		<i>From Defects</i>	A	0	0	0	0	0	0	0	0
13		<i>From Inventory</i>	A	0	0	1	1	1	1	0	0,6
14		<i>From Waiting</i>	A	0	0	0	0,5	0	0,5	0	0,1
15		<i>To Defects</i>	A	0	0	0	0	0	0	0	0
16		<i>From Defects</i>	A	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,7
17		<i>To Motion</i>	A	0	0	0	0	0	0	0	0
18		<i>From Waiting</i>	B	0	0	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5
19		<i>From Motion</i>	B	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,7
20		<i>From Defects</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
21		<i>From Motion</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
22		<i>From Inventory</i>	A	0	0	0	0	0	0	0	0
23		<i>From Inventory</i>	A	0	0	0	0	0	0	0	0
24		<i>To Waiting</i>	B	1	1	1	1	1	1	1	1
25		<i>From Defects</i>	A	1	1	1	1	1	1	1	1
26		<i>From Waiting</i>	B	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,7
27	<i>To Motion</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	Machine	<i>From Process</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
29		<i>To Waiting</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
30		<i>From Process</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
31		<i>To Motion</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
32		<i>From Waiting</i>	A	1	1	1	1	0	0	1	0,7
33		<i>From Waiting</i>	B	0,5	0,5	0	0	1	1	1	0,6
34		<i>To Defects</i>	A	1	1	0,5	0,5	1	1	1	0,9
35		<i>From Waiting</i>	A	1	1	1	1	1	1	1	1
36		<i>To Motion</i>	A	0	0	0	0	0	0	0	0
37		<i>From Process</i>	B	1	1	1	1	1	1	1	1

No.	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Kategori	Responden							Rata- rata Jawaban
				1	2	3	4	5	6	7	
38	Method	<i>From Motion</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
39		<i>From Waiting</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
40		<i>To Motion</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
41		<i>To Waiting</i>	B	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,7
42		<i>To Defects</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
43		<i>From Motion</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
44		<i>From Defects</i>	B	0	0	0	1	1	1	0	0,4
45		<i>From Motion</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
46		<i>To Waiting</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
47		<i>From Process</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
48		<i>From Process</i>	B	1	1	1	1	1	1	1	1
49		<i>To Defects</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
50		<i>From Inventory</i>	B	1	1	0,5	0,5	1	1	1	0,9
51		<i>To Motion</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
52		<i>To Motion</i>	A	0	0	0	0	0	0	0	0
53		<i>To Motion</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
54		<i>From Motion</i>	B	0	0	0	0	1	1	1	0,4
55		<i>From Motion</i>	B	1	1	0	0	1	1	1	0,7
56		<i>From Motion</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0
57		<i>From Process</i>	B	1	1	1	1	1	1	1	1
58	<i>From Defects</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0	

Keterangan: Responden 1 adalah *Engineering Manager* KB I  
Responden 2 adalah *Engineering Manager* KB II  
Responden 3 adalah *Processing Manager* KB I  
Responden 4 adalah *Processing Manager* KB II  
Responden 5 adalah Kepala Gudang Material  
Responden 6 adalah Kepala Gudang Gula  
Responden 7 adalah Kepala Timbangan

Lampiran 13. Penilaian Bobot dari Penilaian Kuesioner, Jumlah Skor (sj), Frekuensi (fj)

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Rata- rata Jawaban	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wj,k)				
				Wi,k	Wd,k	Wm,k	Wp,k	Ww,k
1	Man	To Motion	1	1,11	1,11	1,11	0,44	0
2		From Motion	0,1	0,05	0,05	0,13	0,1	0,1
3		From Defects	0,9	0,86	1,07	1,07	0	0,86
4		From Motion	0,6	0,23	0,23	0,58	0,35	0,35
5		From Motion	0,3	0,10	0,10	0,26	0,16	0,16
6		From Defects	0,3	0,29	0,36	0,36	0	0,29
7		From Process	0,6	0,49	0,65	0,33	0,82	0,65
8	Material	To Waiting	0,7	0	1,14	0,86	1,14	1,43
9		From Waiting	0,1	0,09	0,07	0	0	0,09
10		From Inventory	0,7	1,19	1,19	1,19	0	0
11		From Inventory	0	0	0	0	0	0
12		From Defects	0	0	0	0	0	0
13		From Inventory	0,6	0,95	0,95	0,95	0	0
14		From Waiting	0,1	0,18	0,14	0	0	0,18
15		To Defects	0	0	0	0	0	0
16		From Defects	0,7	0,7	0,9	0,9	0	0,71
17		To Motion	0	0	0	0	0	0
18		From Waiting	0,5	0,63	0,50	0	0	0,63
19		From Motion	0,7	0,26	0,26	0,65	0,39	0,39
20		From Defects	0	0	0	0	0	0
21		From Motion	0	0	0	0	0	0
22		From Inventory	0	0	0	0	0	0
23		From Inventory	0	0	0	0	0	0
24		To Waiting	1	0	1,6	1,2	1,6	2
25		From Defects	1	1	1,25	1,25	0	1
26		From Waiting	0,7	0,89	0,71	0	0	0,89
27	To Motion	0	0	0	0	0	0	
28	Machine	From Process	0	0	0	0	0	0
29		To Waiting	0	0	0	0	0	0
30		From Process	0	0	0	0	0	0
31		To Motion	0	0	0	0	0	0
32		From Waiting	0,7	0,89	0,71	0	0	0,89
33		From Waiting	0,6	0,71	0,57	0	0	0,71
34		To Defects	0,9	2,14	2,14	0,86	1,71	1,71
35		From Waiting	1	1,25	1	0	0	1,25
36		To Motion	0	0	0	0	0	0
37		From Process	1	0,86	1,14	0,57	1,43	1,14

No ·	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Rata- rata Jawaban	Nilai Bobot untuk Tiap Jenis Waste (Wj,k)				
				Wi,k	Wd,k	Wm,k	Wp,k	Ww,k
38	Method	<i>From Motion</i>	0	0	0	0	0	0
39		<i>From Waiting</i>	0	0	0	0	0	0
40		<i>To Motion</i>	0	0	0	0	0	0
41		<i>To Waiting</i>	0,7	0	1,14	0,86	1,14	1,43
42		<i>To Defects</i>	0	0	0	0	0	0
43		<i>From Motion</i>	0	0	0	0	0	0
44		<i>From Defects</i>	0,4	0,43	0,54	0,54	0	0,43
45		<i>From Motion</i>	0	0	0	0	0	0
46		<i>To Waiting</i>	0	0	0	0	0	0
47		<i>From Process</i>	0	0	0	0	0	0
48		<i>From Process</i>	1	0,86	1,14	0,57	1,43	1,14
49		<i>To Defects</i>	0	0	0	0	0	0
50		<i>From Inventory</i>	0,9	1,43	1,43	1,43	0	0
51		<i>To Motion</i>	0	0	0	0	0	0
52		<i>To Motion</i>	0	0	0	0	0	0
53		<i>To Motion</i>	0	0	0	0	0	0
54		<i>From Motion</i>	0,4	0,16	0,16	0,39	0,23	0,23
55		<i>From Motion</i>	0,7	0,26	0,26	0,65	0,39	0,39
56		<i>From Motion</i>	0	0	0	0	0	0
57		<i>From Process</i>	1	0,86	1,14	0,57	1,43	1,14
58		<i>From Defects</i>	0	0	0	0	0	0
Skor (sj)				18,88	23,68	17,26	12,74	20,18
Frekuensi (fj)				27	30	23	14	26

Lampiran 14. *Process Activity Mapping* Produksi Gula

No	Aktivitas Produksi	Mesin dan Alat	Jarak (meter)	Waktu (menit)	Jumlah Orang	O	T	I	S	D	VA / NNVA / NVA
<b>Stasiun Persiapan</b>											
1	Antrian truk tebu sebelum masuk pos gawang	-	-	216	-					✓	NVA
2	Identifikasi truk muatan tebu masuk ke pos gawang	-	100	30	3		✓				NNVA
3	Antrian truk tebu di pos gawang	-	-	30	-					✓	NVA
4	Inspeksi tebu dengan tes nilai <i>brix</i> batang tebu	<i>Refractometer</i>	-	20	3			✓			VA
5	Pencatatan manual data nilai <i>brix</i> dan varietas tebu	-	-	5	2	✓					NVA
6	Mengentry di komputer data nilai <i>brix</i> , varietas tebu dan data SPTA	-	-	5	2	✓					NNVA
7	Antrian truk tebu pada proses timbangan bruto	-	-	35	-					✓	NVA
8	Identifikasi nomor truk dengan stiker RFID saat proses timbangan bruto	-	50	5	1		✓				NNVA
9	Menimbang berat bruto yang terdiri truk dan muatan tebu	<i>Weigh Bridge</i>	-	10	2	✓					VA
10	Identifikasi truk masuk pos lerekan dengan <i>barcode</i> pada nomor antrian	-	40	5	2		✓				NNVA
11	Mengentry data kode posisi meja tebu untuk setiap truk	-	-	5	1		✓				NNVA
12	Pencatatan manual data kode posisi meja tebu untuk setiap truk	-	-	5	1		✓				NVA
13	Memberikan informasi kepada pos meja tebu tentang rafaksi pada setiap truk yang telah di inspeksi	-	-	3	1	✓					NNVA

No	Aktivitas Produksi	Mesin dan Alat	Jarak (meter)	Waktu (menit)	Jumlah Orang	O	T	I	S	D	VA / NNVA / NVA
14	Mencatat secara manual setiap nomor truk beserta nomor SPTA yang sudah masuk di pos meja tebu	-	-	5	1		✓				NVA
15	Mengentry setiap nomor truk beserta nomor SPTA yang sudah masuk di pos meja tebu	-	-	5	1		✓				NNVA
16	Antrian truk tebu pada proses pembongkaran muatan	-	-	25	-					✓	NVA
17	Pembongkaran tebu dari truk ke lori	<i>Transloading Crane</i>	2	20	3	✓					NNVA
18	Pengambilan tebu yang jatuh saat pemindahan	<i>Transloading Crane</i>	-	15	2	✓					NVA
19	Penimbunan tebu dari lori	Lori	-	20	2				✓		NVA
20	Antrian lori dalam menjatuhkan tebu ke meja tebu	-	1	50	-					✓	NVA
21	Identifikasi dan pengamatan terhadap tebu yang jatuh di meja tebu	<i>Cane Table</i>	5	10	2			✓			NNVA
22	Pengamatan rafaksi untuk setiap sample tebu di pos meja tebu	<i>Refractometer</i>	5	10	4			✓			VA
23	Memilih nomor SPTA dan mengentry nomor sample serta data rafaksi saat di pos meja tebu	-	-	5	1	✓					NNVA
<b>Stasiun Gilingan</b>											
24	Pengaliran tebu untuk dicacah dan di pukul	<i>Cane Carrier</i>	4	144	-	✓					NNVA
25	Menetapkan nomor sample tebu dari truk yang sudah jatuh di <i>cane carrier</i> berdasarkan data software perhitungan pulsa nira	-	-	10	1	✓					NNVA
26	Proses pecacahan tebu menjadi serabut kasar	<i>Cane Cutter</i>	4	72	3	✓					VA
27	Proses pemukulan tebu menjadi serabut halus	<i>Cane Unigator</i>	2	72	5	✓					VA

No	Aktivitas Produksi	Mesin dan Alat	Jarak (meter)	Waktu (menit)	Jumlah Orang	O	T	I	S	D	VA / NNVA / NVA
28	Pengaliran serabut tebu ke gilingan	<i>Rake Elevator</i>	10	144	2	✓					NNVA
29	Proses penggilingan dengan pemerahan nira dari serabut tebu	<i>Mills</i>	20	648	15	✓					VA
30	Pengambilan sampel Nira dan Nira Perahan Pertama (NPP) untuk analisa kimia di gilingan I	<i>Refractometer</i>	1	10	4			✓			VA
31	Pengontrolan putaran gilingan	-	-	60	5	✓					NNVA
32	Inspeksi <i>brix</i> nira gilingan I-V	-	1	10	4			✓			VA
33	Pengamatan <i>brix</i> dan pol tebu untuk mengetahui Hablur Keluaran (HK) dan rendemen	-	-	10	10			✓			VA
34	Mengentry data analisa <i>brix</i> dan pol tebu serta penyajian hasil rendemen	-	-	5	1	✓					NNVA
35	Penyaringan nira mentah	<i>Vibration Screen</i>	1	72	3	✓					VA
36	Pemisahan ampas halus dan ampas kasar	<i>Baggase Carrier</i>	2	60	3	✓					VA
37	Pengontrolan keluaran ampas	-	-	15	3	✓					NNVA
38	Inspeksi zat kering dan pol ampas	-	1	10	2			✓			VA
<b>Stasiun Pemurnian</b>											
39	Proses penimbangan nira mentah dan penambahan larutan TSP ( <i>Triple Super Pospat</i> )	<i>Mixed Juice Weight</i>	1	72	3	✓					VA
40	Pemanasan nira mentah	<i>Juice Heater I</i>	2	72	3	✓					VA
41	Pencampuran nira mentah dengan susu kapur dan gas SO <sub>2</sub>	<i>Defecator</i>	3	216	7	✓					VA
42	Proses sulfitasi alkalis	<i>Sulphited Juice Tank</i>	5	216	8	✓					VA
43	Pengontrolan PH nira kapur dan nira sulfitasi	-	-	30	3	✓					NNVA
44	Pemanasan ketika proses sulfitasi alkalis	<i>Juice Heater II</i>	2	72	3	✓					VA

No	Aktivitas Produksi	Mesin dan Alat	Jarak (meter)	Waktu (menit)	Jumlah Orang	O	T	I	S	D	VA / NNVA / NVA
45	Proses pemisahan gas O <sub>2</sub> dan NH <sub>3</sub>	<i>Flash Tank</i>	3	72	3	✓					VA
46	Pengendapan nira kotor dan penambahan <i>flocculant</i>	<i>Dorr Clarifier</i>	7	72	3	✓					VA
47	Pencampuran nira kotor dengan ampas halus atau <i>bagasillo mud juice</i>	<i>Mud Feed Mixer</i>	3	72	3	✓					VA
48	Penyaringan nira kotor menjadi nira jernih dan blotong	<i>Rotary Vacuum Filter</i>	2	60	3	✓					VA
47	Penyaringan kembali nira jernih yang masih terdapat kotoran	<i>Clear Juice DSM Screen</i>	2	60	3	✓					VA
48	Penampungan nira jernih dari <i>clear juice DSM Screen</i>	<i>Clear Juice Tank</i>	1	72	3				✓		NNVA
49	Pengontrolan proses pemurnian	-	-	30	2	✓					NNVA
50	Inspeksi pol, brix nira jernih	-	-	15	2			✓			NNVA
51	Pengangkutan blotong ke truk	-	5	144	3		✓				NNVA
<b>Stasiun Penguapan</b>											
52	Penguapan nira jernih menjadi nira kental	<i>Evaporator</i>	15	144	6	✓					VA
53	Penurunan tekanan uap dan titik didih nira dalam evaporator	<i>Jet Kondensor</i>	15	60	6	✓					VA
54	Pengontrolan proses penguapan dan PH nira sulfitasi	-	-	15	3	✓					NNVA
55	Inspeksi PH nira kental	-	-	10	2			✓			NNVA
56	Penampungan nira kental sulfitasi	<i>Sulphited Syrup Tank</i>	2	72	3				✓		NVA
<b>Stasiun Masakan</b>											
53	Pengkritalan nira kental	<i>Cook Pan A, C, D</i>	30	792	20	✓					VA



No	Aktivitas Produksi	Mesin dan Alat	Jarak (meter)	Waktu (menit)	Jumlah Orang	O	T	I	S	D	VA / NNVA / NVA
54	Inspeksi kristal palsu pada masakan	-	-	10	5			✓			NNVA
55	Pendinginan kristal gula dari pan masakan	<i>Crystalizer A, C, D</i>	15	288	10	✓					VA
56	Pengontrolan proses pemasakan	-	-	30	4	✓					NNVA
57	Inspeksi pol, brix masakan	-	-	10	3			✓			VA
58	Mengentry data pol dan brix masakan	-	-	5	1	✓					VA
<b>Stasiun Putaran</b>											
60	Memutar <i>masscuite</i> dari <i>crystalizer</i>	<i>Feed Mixer</i>	3	216	5	✓					VA
61	Memutar masakan C dilakukan 1 putaran menghasilkan gula C dan <i>stroop C</i>	<i>Low Grade Centrifugal</i>	3	216	5	✓					VA
62	Memutar masakan D dilakukan 2 putaran pada putaran pertama menghasilkan gula D2 dan klare D serta putaran kedua menghasilkan gula D1 dan klare D	<i>Low Grade Centrifugal</i>	3	288	7	✓					VA
63	Memutar masakan A sebanyak 2 putaran pada putaran pertama menghasilkan gula A1 dan <i>stroop A</i> dan putaran kedua menghasilkan gula SHS dan klare A	<i>High Grade Centrifugal</i>	3	288	7	✓					VA
64	Pengontrolan proses pemutaran	-	-	30	3	✓					NNVA
<b>Stasiun Penyelesaian</b>											
65	Pengaliran gula SHS dengan getaran menuju <i>sugar dryer</i>	<i>White Sugar Conveyor</i>	1	72	3		✓				NNVA
66	Pengeringan gula SHS yang masih basah	<i>Sugar Dryer</i>	10	72	3	✓					VA
67	Pengaliran gula SHS menuju <i>vibrating screen</i>	<i>Bucket Elevator</i>	7	72	3		✓				NNVA

No	Aktivitas Produksi	Mesin dan Alat	Jarak (meter)	Waktu (menit)	Jumlah Orang	O	T	I	S	D	VA / NNVA / NVA
68	Penyaringan partikel-partikel logam yang masih terikat gula SHS	<i>Vibrating Screen</i>	8	72	3	✓					VA
69	Pengaliran gula kasar yang terdapat partikel-partikel logam	<i>Elevator</i>	12	72	3		✓				NVA
70	Pengkristalan kembali gula kasar yang tidak sesuai standar	<i>Cook Pan A, C, D</i>	50	822	20	✓					NVA
71	Pemasangan karung gula ke dalam sak	<i>Sugar Bin</i>	4	72	20	✓					NNVA
72	Antrian pemasangan karung gula	-	-	30	-					✓	NVA
73	Penimbangan sak gula yang telah di <i>packing</i>	<i>Sugar Weight 50 kg</i>	2	72	10	✓					VA
74	Antrian penimbangan sak gula	-	-	30	-					✓	NVA
75	Pengecekan ketepatan berat setiap sak gula	-	2	30	4			✓			NNVA
76	Penjahitan sak di <i>stamp floor</i>	<i>Sewing Machine</i>	3	20	20	✓					NVA
77	Antrian menjahit secara manual sak gula	-	-	10	-					✓	NVA
78	Pemindahan sak gula ke gudang gula	<i>Truck</i>	250	216	15		✓				NNVA
79	Antrian truk dalam pemindahan sak gula ke gudang	-	-	30	-					✓	NVA
80	Penyimpanan sak gula di gudang	-	-	72	3				✓		NNVA
81	Pengambilan sak gula di gudang gula	<i>Crane Car</i>	-	216	3		✓				NNVA
82	Antrian konsumen dalam pengambilan sak gula	-	-	288	-					✓	NVA
<b>Total</b>			723	7898	347	43	13	12	4	10	

**Lampiran 15. Root Cause Analysis Pada Waste Defect**

<i>Waste</i>	<i>Sub-waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
<i>Defect</i>	Adanya cacat pada tebu	Kualitas tebu buruk setelah di panen	Penebangan tebu yang tidak sesuai standart	Tidak menyeleksi tebu yang akan dimuat ke truk setelah di tebang	Kurangnya inspeksi ketika penyeleksian tebu di lahan petani	Terdapat tebu cacat yang lolos saat inspeksi di pos gawang
		Kualitas tebu turun ketika proses pembongkaran dan penimbunan	Pembongkaran tebu dari truk ke lori	Pengambilan tebu yang terjatuh saat pembongkaran	Penimbunan tebu di lori yang terlalu lama	
	Adanya cacat pada nira mentah	Proses pencacahan dan pemukulan tebu yang tidak sempurna	Terjadi kerusakan pada <i>cane cutter</i> dan <i>cane unigator</i>	Kesalahan dalam mensetting <i>cane cutter</i> dan <i>cane unigator</i>	Operator belum terampil dalam mensetting <i>cane cutter</i> dan <i>cane unigator</i>	
		Pemerahan nira kurang optimal	Tidak optimal proses pemisahan ampas halus dan ampas kasar	Penyaringan nira mentah yang masih mengandung ampas	Lemahnya pengawasan dalam inspeksi brix nira gilingan 1-V	Kurang disiplin dalam pengontrolan putaran gilingan
		Pemanasan yang kurang optimal nira mentah	Terdapat kerak-kerak nira pada <i>juice heater I</i>	Pembersihan kerak nira tidak dilakukan secara rutin		
		Pencampuran susu kapur dan gas SO <sub>2</sub> dengan nira mentah yang tidak merata	Kesalahan operator dalam memberikan takaran larutan <i>Triple Super Pospat</i>	Kurang pengawasan dalam pengontrolan dalam proses pencampuran		

<i>Waste</i>	<i>Sub-waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
<i>Defect</i>	Adanya cacat pada nira jernih	Tidak sempurna reaksi sulfitasi alkalis	Pemanasan yang tidak sempurna ketika proses sulfitasi alkalis	<i>Juice Heater II</i> tidak pada suhu antara 100°C – 105°C	Tidak terjadi pemisahan reaksi antara gas O <sub>2</sub> dan NH <sub>3</sub> di <i>flash tank</i>	Kurangnya inspeksi pol dan brix nira jernih
		Pengendapan nira kurang maksimal	Takaran busa yang masuk dalam <i>feed compartement</i> tidak sesuai standart	Terjadi kesalahan dalam penambahan <i>flooculant</i>	PH nira kapur dan nira sulfitasi tidak mengalami penurunan	Kurangnya pengontrolan PH nira kapur dan nira sulfitasi
		Kebocoran pada <i>clear juice tank</i>	Terdapat blotong pada nira jernih	Kesalahan dalam <i>setting filter valve</i> di <i>rotary vacuum filter</i>	Operator belum terampil dalam mensetting <i>rotary vacuum filter</i>	
	Adanya cacat pada nira kental	Kurang optimal proses penguapan nira jernih menjadi nira kental	Lamanya proses penurunan tekanan uap dan titik didih nira dalam evaporator	Terdapat uap air pada evaporator	Pembersihan pada evaporator tidak dilaksanakan rutin	
		Kebocoran pada <i>cook pan A, C, D</i>	Pan masakan dalam kondisi tidak <i>vacuum</i>	Perubahan kehampaan pada pan tidak sesuai dengan ketinggian air raksa pada manometer	Kurangnya pengawasan inspeksi pada <i>cook pan</i>	.
		Kurang optimal proses pemasakan nira	Terdapat kristal yang menempel di <i>cook pan</i>	Semburan <i>steam</i> dari air panas tidak merata	Pembersihan pada <i>cook pan</i> tidak dilaksanakan rutin	

<i>Waste</i>	<i>Sub-waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
<i>Defect</i>	Adanya cacat pada nira kental	Pendinginan yang tidak sempurna ketika kristal gula terbentuk	Tidak terjadi perubahan suhu secara homogen	Terjadi penurunan kemurnian nira	Kesalahan dalam <i>setting</i> pengaduk di palung pendingin	Operator belum terampil dalam mensetting pendingin
	Adanya cacat pada gula kasar	Kurang optimal proses pemutaran	Kristal gula dari pan masakan tidak rata	Kristal gula terlalu halus karena masih banyak mengandung tetes	Adanya kristal palsu sehingga akan menyumbat lubang – lubang saringan	Pengontrolan mesin putaran tidak di kondisikan dalam kondisi normal
		Pengeringan gula SHS yang masih basah yang tidak sempurna	Terdapat kandungan partikel-partikel logam yang masih terikat gula SHS dalam proses penyaringan	Pengkristalan kembali gula kasar yang tidak sesuai standar	Operator kurang terampil sehingga dilakukan penyettingan ulang kondisi normal	

**Lampiran 16. Root Cause Analysis Pada Waste Waiting**

<i>Waste</i>	<i>Sub-waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
<i>Waiting</i>	<i>Breakdown stasiun persiapan</i>	Antrian truk tebu masuk pos gawang	Lamanya inspeksi ketika penyeleksian tebu di pos gawang	Tidak sebanding jumlah timbangan bruto dengan truk masuk	Tidak sebanding jumlah <i>transloading crane</i> dengan truk ketika proses pembongkaran muatan tebu	Kapasitas lori kurang besar dalam menampung muatan tebu dari truk-truk
	<i>Breakdown stasiun gilingan</i>	<i>Cane carrier</i> tidak bekerja maksimal sehingga tidak dapat mengalir lancar	<i>Rake elevator</i> mengalami penyumbatan	Terdapat ampas yang menghalangi keluaran nira	Kurangnya inspeksi dari operator terhadap ampas di <i>rake elevator</i>	
		<i>Feeding roll</i> macet	Terdapat ampas yang menempel pada <i>cutter</i>	Kurangnya inspeksi dan pengontrolan dari operator terhadap ampas pada <i>cutter</i>		
	<i>Breakdown stasiun pemurnian</i>	Proses pencampuran nira mentah dengan susu kapur tidak optimal	Motor penggerak di <i>defecator</i> tidak berjalan baik	Kecepatan pengadukan pada <i>defecator I</i> tidak mencapai 70 rpm dan <i>defecator II</i> tidak mencapai 90 rpm	Kurangnya inspeksi dan pengontrolan dari operator terhadap <i>defecator I</i> dan <i>defecator II</i>	
		Lamanya proses pengendapan nira	Terdapat kerak pada ruang-ruang pengendapan di dalam <i>door clarifier</i>	Penambahan <i>flooculant</i> menjadi tidak maksimal	Pembersihan kerak nira di <i>door clarifier</i> tidak dilakukan secara rutin	

<i>Waste</i>	<i>Sub-waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
<i>Waiting</i>	<i>Breakdown</i> stasiun pemurnian	Terhambatnya penyaringan nira kotor menjadi nira jernih dan blotong	Proses penyaringan berjalan lama	Drum pada <i>vacuum filter</i> tidak berputar dengan kecepatan 0,1-1,5 rpm	Lemahnya pengawasan penyettingan terhadap kecepatan drum di <i>vacuum filter</i>	
	<i>Breakdown</i> stasiun penguapan	Kekurangan bahan bakar ampas	Menunggu pengiriman batu bara sebagai bahan bakar pengganti	Kurangnya pengontrolan ketersediaan ampas		
		Proses <i>switching</i> antar <i>evaporator</i> cukup lama	Lamanya penurunan tekanan uap	Operator tidak rutin dalam mengontrol proses <i>switching</i> dengan disiplin		
	<i>Breakdown</i> stasiun masakan	Proses pemasakan dalam pembetukan kristal gula tidak optimal	Lamanya kondisi jenuh ketika nira berada di pan masakan	Ukuran pembesaran kristal tidak sesuai standart	Operator tidak rutin dalam pengamatan kristal gula pada kaca transparan	
		Lamanya proses pendinginan pada proses kristalisasi	Palung pendingin tidak bekerja secara optimal	Kecepatan pendinginan yang lama	Operator belum terampil dalam mensetting pendingin di stasiun masakan	

<i>Waste</i>	<i>Sub-waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
<i>Waiting</i>	<i>Breakdown stasiun putaran</i>	Kecepatan putaran tidak sesuai standart	Terjadi perubahan kecepatan putaran tidak sesuai standart di <i>Low Grade Centrifugal</i> 1250 rpm dan <i>High Grade Centrifugal</i> 1000 rpm	Kurangnya pengawasan operasional pada <i>Low Grade Centrifugal</i> dan <i>High Grade Centrifugal</i>		
		Mesin bantu dalam penggerak di stasiun putaran tidak berjalan baik	Motor penggerak putaran <i>continue</i> dan putaran <i>discontinue</i> tidak sesuai standart	Operator belum terampil dalam mensetting motor penggerak		
	<i>Breakdown stasiun penyelesaian</i>	Terhambatnya pengaliran gula SHS dengan getaran menuju <i>sugar dryer</i>	<i>White sugar conveyor</i> bergetar tidak sesuai standart	Kesalahan dalam mensetting motor penggerak dan talang goyang	Operator belum terampil dalam mensetting motor penggerak dan talang goyang	
		Packing gula yang tidak optimal	Penimbangan ulang setelah dilakukan penimbangan dari <i>sugar bin</i>	Penjahitan sak gula secara manual	Kurang adanya packing secara otomatis	



**Lampiran 17. Kuesioner *Failure Mode And Effect Analysis* pada *Waste Defect***

**KUESIONER PENELITIAN**

**I. Identitas Responden**

1. Jenis Kelamin : a. Laki-laki b. Perempuan  
 2. Pendidikan Terakhir : a. D3 c. S1 d. S2 e. S3  
 3. Jabatan :  
 4. Lama Bekerja : a. 1-5 Tahun b. 6-10 Tahun c. 11-15 Tahun d. >15 Tahun  
 5. Usia anda Saat Ini : a.<25 Tahun b. 25-35 Tahun c. 36-45 Tahun  
 d. 46-55 Tahun e. >55 Tahun

**II. Petunjuk Pengisian**

Mohon mengisi jawaban yang sesuai dengan kenyataan Bapak/Ibu selama bekerja di perusahaan.

Rating	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
1	Tidak ada produk yang di-rework	Tidak terdapat produk <i>defect</i>	Kegagalan terdeteksi secara visual dan langsung terlihat
2	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 1%-10%	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai < 0,1%	Kegagalan terdeteksi ketika proses selesai
3	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 11%-20%	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai 0,1% - 0,5%	Kegagalan terdeteksi dengan mudah pada alat deteksi sederhana dengan akurasi rendah
4	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 21%-30%	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai 0,51% - 1%	Kegagalan terdeteksi dengan cukup mudah pada alat deteksi sederhana dengan akurasi tepat
5	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 31%-40%	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai 1,1% - 1,5%	Kegagalan terdeteksi tidak hanya dengan alat deteksi, tapi juga terdapat alat ukur
6	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 41%-50%	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai 1,51% - 2%	Kegagalan terdeteksi menggunakan alat deteksi dan alat ukur dengan toleransi yang besar
7	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 51%-70%	Terdapat produk <i>defect</i> mencapai 2,1% - 3%	Kegagalan terdeteksi menggunakan alat deteksi dengan akurasi rendah, sehingga membutuhkan pemeriksaan lanjut

Rating	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
8	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 71%-90%	Terdapat produk defect mencapai 3,1% - 5%	Kegagalan terdeteksi dengan ketrampilan khusus dan alat deteksi yang kompleks dan mahal
9	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai >90%	Terdapat produk defect mencapai 5,1% - 10%	Kegagalan terdeteksi dengan alat deteksi yang kompleks, mahal dan alat saat ini tidak mampu mendeteksi
10	Produk langsung di reject, ketika proses produksi gagal 100%	Terdapat produk defect mencapai >8%	Kegagalan tidak dapat terdeteksi dalam keadaan apapun

No.	Kegagalan Proses Produksi Gula	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
1	Kualitas nira turun akibat tebu cacat yang lolos di pos gawang			
2	Kapasitas lori terbatas sehingga terjadi penimbunan tebu			
3	Kesalahan setting <i>cane cutter</i> dan <i>cane unigator</i>			
4	Penyaringan nira yang mengandung ampas			
5	Terdapat kerak-kerak nira pada <i>juice heater I</i>			
6	Takaran larutan <i>triple super phospat</i> tidak sesuai prosedur			
7	<i>Juice heater II</i> memiliki suhu tidak sesuai prosedur sehingga pemisahan gas O <sub>2</sub> dan NH <sub>3</sub> tidak dapat berlangsung di <i>flash tank</i>			
8	PH nira kapur dan nira sulfitasi tidak mengalami penurunan			
9	Terdapat blotong pada nira jernih akibat kesalahan <i>setting filter valve</i> di <i>rotary vacuum filter</i>			
10	Terdapat uap air pada nira saat berada di evaporator			
11	<i>Cook pan</i> tidak <i>vacuum</i> akibat kebocoran kehampaan			
12	Terdapat kristal yang menempel pada <i>cook pan</i>			
13	Kemurnian nira mengalami penurunan akibat kesalahan <i>setting</i> pengaduk di palung pendingin			
14	Terdapat kristal palsu yang menyumbat saringan			
15	<i>Rework</i> proses pengkristalan gula			

**Lampiran 18. Kuesioner *Failure Mode And Effect Analysis* pada *Waste Waiting***

**KUESIONER PENELITIAN**

**I. Identitas Responden**

1. Jenis Kelamin : a. Laki-laki b. Perempuan  
 2. Pendidikan Terakhir : a. D3 c. S1 d. S2 e. S3  
 3. Jabatan :  
 4. Lama Bekerja : a. 1-5 Tahun b. 6-10 Tahun c. 11-15 Tahun d. >15 Tahun  
 5. Usia anda Saat Ini : a. <25 Tahun b. 25-35 Tahun c. 36-45 Tahun  
 d. 46-55 Tahun e. >55 Tahun

**II. Petunjuk Pengisian**

Mohon mengisi jawaban yang sesuai dengan kenyataan Bapak/Ibu selama bekerja di perusahaan.

Rating	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
1	Proses produksi berlangsung dengan lancar	Tidak pernah terjadi kesalahan	Kegagalan terdeteksi secara visual dan langsung terlihat
2	Proses produksi berhenti selama < 10 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 1 kali periode giling	Kegagalan terdeteksi ketika proses selesai
3	Proses produksi berhenti selama 10 menit -15 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 2 kali - 3 kali periode giling	Kegagalan terdeteksi dengan mudah pada alat deteksi sederhana dengan akurasi rendah
4	Proses produksi berhenti selama 16 menit -30 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 1 kali per bulan	Kegagalan terdeteksi dengan cukup mudah pada alat deteksi sederhana dengan akurasi tepat
5	Proses produksi berhenti selama 31 menit - 60 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 2 kali - 3 kali per bulan	Kegagalan terdeteksi tidak hanya dengan alat deteksi, tapi juga terdapat alat ukur
6	Proses produksi berhenti selama 61 menit - 180 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 1 kali per minggu	Kegagalan terdeteksi menggunakan alat deteksi dan alat ukur dengan toleransi yang besar
7	Proses produksi berhenti selama 181 menit - 300 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 2 kali - 4 kali per minggu	Kegagalan terdeteksi menggunakan alat deteksi dengan akurasi rendah, sehingga membutuhkan pemeriksaan lanjut

Rating	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
8	Proses produksi berhenti selama 301 menit - 480 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 1 kali per hari	Kegagalan terdeteksi dengan ketrampilan khusus dan alat deteksi yang kompleks dan mahal
9	Proses produksi berhenti selama 481 menit - 1440 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 2 kali - 5 kali per hari	Kegagalan terdeteksi dengan alat deteksi yang kompleks, mahal dan alat saat ini tidak mampu mendeteksi
10	Proses produksi berhenti selama > 1440 menit	Kesalahan terjadi setiap saat	Kegagalan tidak dapat terdeteksi dalam keadaan apapun

No.	Kegagalan Proses Produksi Gula	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
1	Lamanya penimbunan tebu pada lori mengakibatkan adanya proses tunggu tebu yang seharusnya sudah di giling			
2	Tersumbatnya <i>rake elevator</i> mengakibatkan aliran nira tidak mengalir lancar			
3	<i>Feeding roll</i> yang macet dapat membawa ampas yang menempel di <i>cutter</i>			
4	Lamanya kecepatan pengadukan pada <i>defecator</i>			
5	Terdapat kerak pada ruang-ruang <i>door clarifier</i> mengakibatkan lamanya proses pengendapan			
6	Lamanya putaran pada drum di <i>vacuum filter</i>			
7	Proses menunggu pengiriman batu bara sebagai ganti bahan bakar ampas			
8	Proses <i>switching</i> antar evaporator cukup lama mengakibatkan terhambatnya proses penurunan tekanan uap			
9	Lamanya kondisi jenuh pada nira saat berada di <i>cook pan</i>			
10	Lamanya kecepatan pendinginan pada proses kristalisasi			
11	Terdapat perubahan kecepatan di <i>grade centrifugal</i>			
12	Terjadi kemacetan pada motor penggerak di stasiun putaran			
13	Pengaliran gula SHS mengalami kemacetan yang menuju <i>sugar dryer</i> pada <i>white sugar conveyor</i>			
14	Lamanya proses packing gula akibat penjahitan manual dan penimbangan ulang			

**Lampiran 19. Hasil *Failure Mode And Effect Analysis* Pada *Waste Defect***

<i>Potential failure mode</i>	<i>Potential effect</i>	S	<i>Potential causes</i>	O	<i>Control</i>	D	RPN	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>
Terangkutnya tebu cacat di stasiun persiapan	Terjadi <i>rework</i> inspeksi tebu di stasiun persiapan	3	Terdapat tebu cacat yang lolos saat inspeksi di pos gawang	5	Pengawasan di pos gawang	4	60	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh terhadap tebu yang masuk	Melakukan pencatatan terhadap tebu yang masuk
Adanya tebu cacat di lori	Kualitas tebu turun	8	Penimbunan tebu di lori yang terlalu lama	10	Inspeksi di meja tebu	1	80	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada lori	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> beserta aktivitas produksi di meja tebu
Kandungan nira perahan pertama terdapat serabut	Analisa kimia gilingan pertama tidak akurat	4	Operator belum terampil dalam mensetting <i>cane cutter</i> dan <i>cane unigator</i>	4	Inspeksi operator	1	16	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula
Adanya serabut tebu pada nira mentah	Terbuangnya kandungan nira mentah	5	Kurang disiplin dalam pengontrolan putaran gilingan	6	Inspeksi di stasiun gilingan	2	60	Melakukan inspeksi yang ketat di stasiun giling	Melakukan <i>controlling</i> pada aktivitas produksi secara teratur
Adanya ampas pada nira mentah	Komponen mesin pada stasiun gilingan bekerja tidak maksimal	5	Pembersihan kerak nira tidak dilakukan secara rutin	5	<i>Cleaning instrument</i>	7	175	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>
Adanya cacat pada nira mentah	Terjadi <i>rework</i> pengolahan nira mentah di stasiun gilingan	4	Kurang pengawasan dalam pengontrolan dalam proses pencampuran	5	Pengawasan di stasiun gilingan	2	40	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun gilingan	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur

<i>Potential failure mode</i>	<i>Potential effect</i>	S	<i>Potential causes</i>	O	<i>Control</i>	D	RPN	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>
Adanya cacat pada nira jernih	Terjadi <i>rework</i> pengolahan nira jernih di stasiun pemurnian	3	Kurangnya inspeksi pol dan brix nira jernih	3	Inspeksi di stasiun pemurnian	7	63	Melakukan inspeksi yang ketat di stasiun pemurnian	Melakukan <i>controlling</i> pada aktivitas produksi secara teratur
Adanya kandungan susu kapur pada nira jernih	Terjadi pengontrolan berulang-ulang	5	Kurangnya pengontrolan PH nira kapur dan nira sulfitasi	3	Pengawasan di stasiun pemurnian	7	105	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun pemurnian	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur
Adanya blotong pada nira jernih	Pengulangan penyaringan di stasiun pemurnian	4	Operator belum terampil dalam mensetting <i>rotary vacuum filter</i>	5	Inspeksi operator	1	20	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula
Adanya nira jernih pada nira kental	Tingkat kekentalan nira turun	6	Pembersihan pada evaporator tidak dilaksanakan rutin	5	<i>Cleaning instrument</i>	5	150	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>
Adanya kandungan air pada kristal gula	Pengkristalan tidak sempurna	4	Kurangnya pengawasan inspeksi pada <i>cook pan</i>	4	Pengawasan di stasiun masakan	7	112	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun masakan	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur
Adanya kristal palsu	Kristal gula menjadi tidak manis	6	Pembersihan pada <i>cook pan</i> tidak dilaksanakan rutin	6	<i>Cleaning instrument</i>	5	180	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>
Kristal gula tidak dingin	Berpotensi merusak komponen mesin di stasiun putaran	3	Operator belum terampil dalam mensetting pendingin	4	Inspeksi operator	1	12	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula

<i>Potential failure mode</i>	<i>Potential effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential causes</i>	<i>O</i>	<i>Control</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>
Proses memutar masscuite tidak maksimal	Kerusakan pada komponen mesin di stasiun putaran	5	Pengontrolan mesin putaran tidak di kondisikan dalam kondisi normal	2	Pengawasan di stasiun putaran	6	60	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun putaran	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur
Adanya cacat pada gula kasar	Terjadi <i>rework</i> pengolahan gula kasar di stasiun putaran	5	Operator kurang terampil sehingga dilakukan penyettingan ulang kondisi normal	3	Inspeksi operator	1	15	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula

**Lampiran 20. Hasil *Failure Mode And Effect Analysis* Pada *Waste Waiting***

<i>Potential failure mode</i>	<i>Potential effect</i>	S	<i>Potential causes</i>	O	<i>Control</i>	D	RPN	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>
<i>Breakdown stasiun persiapan</i>	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat kapasitas lori terbatas	7	Kapasitas lori kurang besar dalam menampung muatan tebu dari truk-truk	8	Pengawasan di meja tebu	1	56	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada lori	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> pada lori di stasiun persiapan
Terhambatnya aliran serabut tebu	Lamanya produksi akibat komponen bekerja tidak maksimal	5	Kurangnya inspeksi dari operator terhadap ampas di <i>rake elevator</i>	4	Inspeksi di stasiun gilingan	8	160	Melakukan inspeksi secara rutin	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi ampas secara berkala oleh operator
<i>Breakdown stasiun gilingan</i>	Lamanya produksi akibat <i>cutter</i> bekerja tidak maksimal	5	Kurangnya inspeksi dan pengontrolan dari operator terhadap ampas pada <i>cutter</i>	4	Pengawasan di stasiun gilingan	8	160	Melakukan pengawasan secara rutin kepada operator	Membuat pencatatan aktivitas pengontrolan komponen yang dilakukan operator
Pencampuran nira mentah dengan susu kapur dan gas SO <sub>2</sub> tidak maksimal	Waktu produksi menjadi lama akibat pergantian komponen	5	Kurangnya inspeksi dan pengontrolan dari operator terhadap <i>defecator I</i> dan <i>defecator II</i>	5	Inspeksi di stasiun pemurnian	8	200	Melakukan inspeksi secara rutin	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi komponen di stasiun pemurnian secara berkala oleh operator
Komponen mesin di bekerja tidak maksimal	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat pembersihan	5	Pembersihan kerak nira di <i>door clarifier</i> tidak dilakukan secara rutin	5	<i>Cleaning instrument</i>	7	175	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>



<i>Potential failure mode</i>	<i>Potential effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential causes</i>	<i>O</i>	<i>Control</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>
<i>Breakdown stasiun pemurnian</i>	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat terdapat komponen bekerja tidak maksimal	5	Lemahnya pengawasan penyettingan terhadap kecepatan drum di <i>vacuum filter</i>	5	Pengawasan di stasiun pemurnian	7	175	Melakukan pengawasan secara rutin kepada operator	Membuat pencatatan aktivitas pengontrolan komponen yang dilakukan operator
Kapasitan penampung ampas terbatas	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat	6	Kurangnya pengontrolan ketersediaan ampas	3	Pengawasan di stasiun penguapan	2	36	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada drum penampung ampas	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> mengenai drum penampung ampas
<i>Breakdown stasiun penguapan</i>	Waktu produksi menjadi lama akibat pergantian komponen	5	Operator tidak rutin dalam mengontrol proses <i>switching</i> dengan disiplin	3	Inspeksi operator	4	60	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun penguapan
Adanya kristal palsu	Proses pengkristalan berlangsung lama	5	Operator tidak rutin dalam pengamatan kristal gula pada kaca transparan	4	Inspeksi operator	1	20	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi kristal gula secara berkala oleh operator
<i>Breakdown stasiun masakan</i>	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat kinerja komponen turun	5	Operator belum terampil dalam mensetting pendingin di stasiun masakan	3	Inspeksi operator	1	15	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun masakan

<i>Potential failure mode</i>	<i>Potential effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential causes</i>	<i>O</i>	<i>Control</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>
Adanya komponen tidak bekerja maksimal	Lamanya proses putaran kristal gula	5	Kurangnya pengawasan operasional pada <i>Low Grade Centrifugal</i> dan <i>High Grade Centrifugal</i>	3	Pengawasan di stasiun putaran	7	105	Melakukan pengawasan secara rutin kepada operator	Membuat pencatatan aktivitas pengontrolan komponen yang dilakukan operator
<i>Breakdown</i> stasiun putaran	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat kinerja komponen turun	5	Operator belum terampil dalam mensetting motor penggerak	3	Inspeksi operator	1	15	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun putaran
Adanya kandungan air pada kristal gula	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat terdapat komponen bekerja tidak maksimal	5	Operator belum terampil dalam mensetting motor penggerak dan talang goyang	2	Inspeksi operator	1	10	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun penyelesaian
Adanya proses tunggu kristal gula yang sudah jadi untuk di packing	Waktu produksi menjadi lebih lama akibat proses packing masih tradisional	6	Kurang adanya packing secara otomatis	6	Inspeksi di gudang gula	1	36	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada teknologi <i>packing</i> kemasan gula	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> mengenai teknologi <i>packing</i> kemasan gula

**Lampiran 21. Kuesioner Rekomendasi Penanganan Kegagalan Proses Produksi Gula pada *Waste Defect***

**KUESIONER PENELITIAN**

**I. Identitas Responden**

1. Jenis Kelamin : a. Laki-laki b. Perempuan  
 2. Pendidikan Terakhir : a. D3 c. S1 d. S2 e. S3  
 3. Jabatan :  
 4. Lama Bekerja : a. 1-5 Tahun b. 6-10 Tahun c. 11-15 Tahun d. >15 Tahun  
 5. Usia anda Saat Ini : a. <25 Tahun b. 25-35 Tahun c. 36-45 Tahun  
 d. 46-55 Tahun e. >55 Tahun

**II. Petunjuk Pengisian**

Mohon mengisi jawaban yang sesuai dengan kenyataan Bapak/Ibu selama bekerja di perusahaan.

Rating	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
1	Tidak ada produk yang di- <i>rework</i>	Tidak terdapat produk <i>defect</i>	Kegagalan terdeteksi secara visual dan langsung terlihat
2	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 1%-10%	Terdapat produk defect mencapai < 0,1%	Kegagalan terdeteksi ketika proses selesai
3	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 11%-20%	Terdapat produk defect mencapai 0,1% - 0,5%	Kegagalan terdeteksi dengan mudah pada alat deteksi sederhana dengan akurasi rendah
4	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 21%-30%	Terdapat produk defect mencapai 0,51% - 1%	Kegagalan terdeteksi dengan cukup mudah pada alat deteksi sederhana dengan akurasi tepat
5	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 31%-40%	Terdapat produk defect mencapai 1,1% - 1,5%	Kegagalan terdeteksi tidak hanya dengan alat deteksi, tapi juga terdapat alat ukur
6	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 41%-50%	Terdapat produk defect mencapai 1,51% - 2%	Kegagalan terdeteksi menggunakan alat deteksi dan alat ukur dengan toleransi yang besar
7	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 51%-70%	Terdapat produk defect mencapai 2,1% - 3%	Kegagalan terdeteksi menggunakan alat deteksi dengan akurasi rendah, sehingga membutuhkan pemeriksaan lanjut

Rating	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
8	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai 71%-90%	Terdapat produk defect mencapai 3,1% - 5%	Kegagalan terdeteksi dengan ketrampilan khusus dan alat deteksi yang kompleks dan mahal
9	Proses produksi mengalami kegagalan mencapai >90%	Terdapat produk defect mencapai 5,1% - 10%	Kegagalan terdeteksi dengan alat deteksi yang kompleks, mahal dan alat saat ini tidak mampu mendeteksi
10	Produk langsung di reject, ketika proses produksi gagal 100%	Terdapat produk defect mencapai >8%	Kegagalan tidak dapat terdeteksi dalam keadaan apapun

No.	Kegagalan Proses Produksi Gula	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
1	Kualitas nira turun akibat tebu cacat yang lolos di pos gawang	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh terhadap tebu yang masuk	Melakukan pencatatan terhadap tebu yang masuk			
2	Kapasitas lori terbatas sehingga terjadi penimbunan tebu	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada lori	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> beserta aktivitas produksi di meja tebu			
3	Kesalahan setting <i>cane cutter</i> dan <i>cane unigator</i>	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula			
4	Penyaringan nira yang mengandung ampas	Melakukan inspeksi yang ketat di stasiun giling	Melakukan <i>controlling</i> pada aktivitas produksi secara teratur			
5	Terdapat kerak-kerak nira pada <i>juice heater I</i>	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>			
6	Takaran larutan <i>triple super phospat</i> tidak sesuai prosedur	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun gilingan	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur			
7	<i>Juice heater II</i> memiliki suhu tidak sesuai prosedur sehingga pemisahan gas O <sub>2</sub> dan NH <sub>3</sub> tidak dapat berlangsung di <i>flash tank</i>	Melakukan inspeksi yang ketat di stasiun pemurnian	Melakukan <i>controlling</i> pada aktivitas produksi secara teratur			

No.	Kegagalan Proses Produksi Gula	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
8	PH nira kapur dan nira sulfitasi tidak mengalami penurunan	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun pemurnian	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur			
9	Terdapat blotong pada nira jernih akibat kesalahan <i>setting filter valve</i> di <i>rotary vacuum filter</i>	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula			
10	Terdapat uap air pada nira saat berada di evaporator	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>			
11	<i>Cook pan</i> tidak <i>vacuum</i> akibat kebocoran kehampaan	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun masakan	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur			
12	Terdapat kristal yang menempel pada <i>cook pan</i>	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>			
13	Kemurnian nira mengalami penurunan akibat kesalahan <i>setting</i> pengaduk di palung pendingin	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula			
14	Terdapat kristal palsu yang menyumbat saringan	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun putaran	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur			
15	<i>Rework</i> proses pengkristalan gula	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula			

**Lampiran 22. Kuesioner Rekomendasi Penanganan Kegagalan Proses Produksi Gula pada *Waste Waiting***

**KUESIONER PENELITIAN**

**I. Identitas Responden**

1. Jenis Kelamin : a. Laki-laki b. Perempuan  
 2. Pendidikan Terakhir : a. D3 c. S1 d. S2 e. S3  
 3. Jabatan :  
 4. Lama Bekerja : a. 1-5 Tahun b. 6-10 Tahun c. 11-15 Tahun d. >15 Tahun  
 5. Usia anda Saat Ini : a. <25 Tahun b. 25-35 Tahun c. 36-45 Tahun  
 d. 46-55 Tahun e. >55 Tahun

**II. Petunjuk Pengisian**

Mohon mengisi jawaban yang sesuai dengan kenyataan Bapak/Ibu selama bekerja di perusahaan.

Rating	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
1	Proses produksi berlangsung dengan lancar	Tidak pernah terjadi kesalahan	Kegagalan terdeteksi secara visual dan langsung terlihat
2	Proses produksi berhenti selama < 10 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 1 kali periode giling	Kegagalan terdeteksi ketika proses selesai
3	Proses produksi berhenti selama 10 menit -15 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 2 kali - 3 kali periode giling	Kegagalan terdeteksi dengan mudah pada alat deteksi sederhana dengan akurasi rendah
4	Proses produksi berhenti selama 16 menit -30 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 1 kali per bulan	Kegagalan terdeteksi dengan cukup mudah pada alat deteksi sederhana dengan akurasi tepat
5	Proses produksi berhenti selama 31 menit - 60 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 2 kali - 3 kali per bulan	Kegagalan terdeteksi tidak hanya dengan alat deteksi, tapi juga terdapat alat ukur
6	Proses produksi berhenti selama 61 menit - 180 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 1 kali per minggu	Kegagalan terdeteksi menggunakan alat deteksi dan alat ukur dengan toleransi yang besar
7	Proses produksi berhenti selama 181 menit - 300 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 2 kali - 4 kali per minggu	Kegagalan terdeteksi menggunakan alat deteksi dengan akurasi rendah, sehingga membutuhkan pemeriksaan lanjut

Rating	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
8	Proses produksi berhenti selama 301 menit - 480 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 1 kali per hari	Kegagalan terdeteksi dengan ketrampilan khusus dan alat deteksi yang kompleks dan mahal
9	Proses produksi berhenti selama 481 menit - 1440 menit	Frekuensi kesalahan sebanyak 2 kali - 5 kali per hari	Kegagalan terdeteksi dengan alat deteksi yang kompleks, mahal dan alat saat ini tidak mampu mendeteksi
10	Proses produksi berhenti selama > 1440 menit	Kesalahan terjadi setiap saat	Kegagalan tidak dapat terdeteksi dalam keadaan apapun

No.	Kegagalan Proses Produksi Gula	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
1	Lamanya penimbunan tebu pada lori mengakibatkan adanya proses tunggu tebu yang seharusnya sudah di giling	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada lori	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> pada lori di stasiun persiapan			
2	Tersumbatnya <i>rake elevator</i> mengakibatkan aliran nira tidak mengalir lancar	Melakukan inspeksi secara rutin	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi ampas secara berkala oleh operator			
3	<i>Feeding roll</i> yang macet dapat membawa ampas yang menempel di <i>cutter</i>	Melakukan pengawasan secara rutin kepada operator	Membuat pencatatan aktivitas pengontrolan komponen yang dilakukan operator			
4	Lamanya kecepatan pengadukan pada <i>defecator</i>	Melakukan inspeksi secara rutin	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi komponen di stasiun pemurnian secara berkala oleh operator			
5	Terdapat kerak pada ruang-ruang <i>door clarifier</i> mengakibatkan lamanya proses pengendapan	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>			
6	Lamanya putaran pada drum di <i>vacuum filter</i>	Melakukan pengawasan secara rutin kepada operator	Membuat pencatatan aktivitas pengontrolan komponen yang dilakukan operator			

No.	Kegagalan Proses Produksi Gula	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
7	Proses menunggu pengiriman batu bara sebagai ganti bahan bakar ampas	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada drum penampung ampas	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> mengenai drum penampung ampas			
8	Proses <i>switching</i> antar evaporator cukup lama mengakibatkan terhambatnya proses penurunan tekanan uap	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun penguapan			
9	Lamanya kondisi jenuh pada nira saat berada di <i>cook pan</i>	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi kristal gula secara berkala oleh operator			
10	Lamanya kecepatan pendinginan pada proses kristalisasi	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun masakan			
11	Terdapat perubahan kecepatan di <i>grade centrifugal</i>	Melakukan pengawasan secara rutin kepada operator	Membuat pencatatan aktivitas pengontrolan komponen yang dilakukan operator			
12	Terjadi kemacetan pada motor penggerak di stasiun putaran	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun putaran			
13	Pengaliran gula SHS mengalami kemacetan yang menuju <i>sugar dryer</i> pada <i>white sugar conveyor</i>	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun penyelesaian			
14	Lamanya proses packing gula akibat penjahitan manual dan penimbangan ulang	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada teknologi <i>packing</i> kemasan gula	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> mengenai teknologi <i>packing</i> kemasan gula			



**Lampiran 23. Hasil Rekomendasi Penanganan Kegagalan Proses Produksi Gula pada *Waste Defect***

No.	Kegagalan Proses Produksi Gula	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>	S	O	D	RPN
1	Kualitas nira turun akibat tebu cacat yang lolos di pos gawang	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh terhadap tebu yang masuk	Melakukan pencatatan terhadap tebu yang masuk	3	2	2	12
2	Kapasitas lori terbatas sehingga terjadi penimbunan tebu	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada lori	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> beserta aktivitas produksi di meja tebu	8	3	1	24
3	Kesalahan setting <i>cane cutter</i> dan <i>cane unigator</i>	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula	4	1	1	4
4	Penyaringan nira yang mengandung ampas	Melakukan inspeksi yang ketat di stasiun giling	Melakukan <i>controlling</i> pada aktivitas produksi secara teratur	5	2	2	20
5	Terdapat kerak-kerak nira pada <i>juice heater I</i>	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>	5	1	4	20
6	Takaran larutan <i>triple super phospat</i> tidak sesuai prosedur	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun gilingan	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur	4	2	2	16
7	<i>Juice heater II</i> memiliki suhu tidak sesuai prosedur sehingga pemisahan gas O <sub>2</sub> dan NH <sub>3</sub> tidak dapat berlangsung di <i>flash tank</i>	Melakukan inspeksi yang ketat di stasiun pemurnian	Melakukan <i>controlling</i> pada aktivitas produksi secara teratur	3	2	3	18
8	PH nira kapur dan nira sulfitasi tidak mengalami penurunan	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun pemurnian	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur	5	1	3	15
9	Terdapat blotong pada nira jernih akibat kesalahan setting <i>filter valve</i> di <i>rotary vacuum filter</i>	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula	4	2	1	8
10	Terdapat uap air pada nira saat berada di evaporator	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>	6	2	2	24
11	<i>Cook pan</i> tidak <i>vacuum</i> akibat kebocoran kehampaan	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun masakan	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur	4	1	4	16

No.	Kegagalan Proses Produksi Gula	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>	S	O	D	RPN
12	Terdapat kristal yang menempel pada <i>cook pan</i>	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>	6	2	2	24
13	Kemurnian nira mengalami penurunan akibat kesalahan <i>setting</i> pengaduk di palung pendingin	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula	3	2	1	6
14	Terdapat kristal palsu yang menyumbat saringan	Melakukan pengawasan yang ketat dan menyeluruh di stasiun putaran	Melakukan pencatatan aktivitas produksi secara rinci dan teratur	5	2	2	20
15	<i>Rework</i> proses pengkristalan gula	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator	Memberikan training bagi operator terkait sistem produksi gula	5	2	1	10

**Lampiran 24. Hasil Rekomendasi Penanganan Kegagalan Proses Produksi Gula pada *Waste Waiting***

No.	Kegagalan Proses Produksi Gula	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>	S	O	D	RPN
1	Lamanya penimbunan tebu pada lori mengakibatkan adanya proses tunggu tebu yang seharusnya sudah di giling	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada lori	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> pada lori di stasiun persiapan	7	3	1	21
2	Tersumbatnya <i>rake elevator</i> mengakibatkan aliran nira tidak mengalir lancar	Melakukan inspeksi secara rutin	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi ampas secara berkala oleh operator	5	1	4	20
3	<i>Feeding roll</i> yang macet dapat membawa ampas yang menempel di <i>cutter</i>	Melakukan pengawasan secara rutin kepada operator	Membuat pencatatan aktivitas pengontrolan komponen yang dilakukan operator	5	1	3	15
4	Lamanya kecepatan pengadukan pada <i>defecator</i>	Melakukan inspeksi secara rutin	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi komponen di stasiun pemurnian secara berkala oleh operator	5	1	3	15
5	Terdapat kerak pada ruang-ruang <i>door clarifier</i> mengakibatkan lamanya proses pengendapan	Pembersihan peralatan dilakukan oleh operator	Membuat jadwal perencanaan <i>cleaning instrument</i>	5	2	2	20
6	Lamanya putaran pada drum di <i>vacuum filter</i>	Melakukan pengawasan secara rutin kepada operator	Membuat pencatatan aktivitas pengontrolan komponen yang dilakukan operator	5	2	3	30
7	Proses menunggu pengiriman batu bara sebagai ganti bahan bakar ampas	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada drum penampung ampas	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> mengenai drum penampung ampas	6	1	2	12
8	Proses <i>switching</i> antar evaporator cukup lama mengakibatkan terhambatnya proses penurunan tekanan uap	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun penguapan	5	1	1	5
9	Lamanya kondisi jenuh pada nira saat berada di <i>cook pan</i>	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat <i>checklist</i> pengecekan kondisi kristal gula secara berkala oleh operator	5	1	1	5

No.	Kegagalan Proses Produksi Gula	<i>Recommended action</i>	<i>Action taken</i>	S	O	D	RPN
10	Lamanya kecepatan pendinginan pada proses kristalisasi	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun masakan	5	2	1	10
11	Terdapat perubahan kecepatan di <i>grade centrifugal</i>	Melakukan pengawasan secara rutin kepada operator	Membuat pencatatan aktivitas pengotrolan komponen yang dilakukan operator	5	1	3	15
12	Terjadi kemacetan pada motor penggerak di stasiun putaran	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun putaran	5	2	1	10
13	Pengaliran gula SHS mengalami kemacetan yang menuju <i>sugar dryer</i> pada <i>white sugar conveyor</i>	Melakukan inspeksi terhadap kinerja operator lebih ketat	Membuat perencanaan <i>controlling</i> kinerja operator di stasiun penyelesaian	5	1	1	5
14	Lamanya proses packing gula akibat penjahitan manual dan penimbangan ulang	Mengajukan <i>inventory</i> tambahan pada teknologi <i>packing</i> kemasan gula	Membuat laporan pengajuan <i>inventory</i> mengenai teknologi <i>packing</i> kemasan gula	6	2	1	12

## Lampiran 25. Kuesioner Penilaian Alternatif Usulan Perbaikan

### I. Identitas Responden

1. Jenis Kelamin : a. Laki-laki b. Perempuan
2. Pendidikan Terakhir : a. D3 c. S1 d. S2 e. S3
3. Jabatan :
4. Lama Bekerja : a. 1-5 Tahun b. 6-10 Tahun c. 11-15 Tahun d. >15 Tahun
5. Usia anda Saat Ini : a. <25 Tahun b. 25-35 Tahun c. 36-45 Tahun  
d. 46-55 Tahun e. >55 Tahun

### II. Petunjuk Pengisian

Mohon mengisi jawaban yang sesuai dengan kenyataan Bapak/Ibu selama bekerja di perusahaan.

1. Memahami setiap alternatif yang diajukan.
2. Penentuan bobot pemilihan alternatif usulan perbaikan terhadap kriteria ditentukan dengan :
  - a. Bobot tertinggi untuk setiap kombinasi alternatif adalah 5.
  - b. Bobot terendah untuk setiap kombinasi alternatif adalah 1.
  - c. Semakin tinggi bobot yang diberikan, berarti semakin kecil tingkat *waste defect* dan *waste waiting* karena usulan perbaikan berpengaruh atau memberikan perubahan.

Alternatif	Perbaikan	Upaya tindakan
Alternatif 1	Memperbaiki proses inspeksi dan pengawasan	3. Menyusun <i>checklist</i> untuk inspeksi dan pengawasan di setiap stasiun produksi 4. Menyusun <i>form</i> aktivitas <i>maintenance</i>
Alternatif 2	Melakukan perbaikan proses pembersihan komponen	3. Menyusun <i>checklist</i> untuk aktivitas pembersihan komponen mesin di setiap stasiun produksi 4. Menyusun <i>form</i> aktivitas <i>cleaning instrument</i>
Alternatif 3	Memperbaiki atau meningkatkan kinerja operator	4. Menyusun <i>form controlling</i> terkait kinerja operator 5. Menambahkan operator pada proses produksi 6. Memberikan <i>training</i> pada proses produksi
Alternatif 4	Menambahkan <i>5S Red Tag</i>	3. Menyusun <i>checklist</i> dan <i>form</i> aktivitas yang mengalami kegagalan proses produksi untuk operator dan supervisor 4. Menyusun <i>log book</i> untuk mereview aktivitas

No	Kombinasi Alternatif	Bobot Nilai				
		1	2	3	4	5
1	Menerapkan alternatif 1					
2	Menerapkan alternatif 2					
3	Menerapkan alternatif 3					
4	Menerapkan alternatif 4					
5	Menerapkan alternatif 1 dan alternatif 2					
6	Menerapkan alternatif 1 dan alternatif 3					
8	Menerapkan alternatif 1 dan alternatif 4					
9	Menerapkan alternatif 2 dan alternatif 3					
10	Menerapkan alternatif 2 dan alternatif 4					
11	Menerapkan alternatif 3 dan alternatif 4					
12	Menerapkan alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3					
13	Menerapkan alternatif 1, alternatif 3 dan alternatif 4					
14	Menerapkan alternatif 2, alternatif 3 dan alternatif 4					
15	Menerapkan semua alternatif					

## Lampiran 26. Hasil Penilaian Alternatif Usulan Perbaikan

No	Kombinasi Alternatif	Responden							Total
		1	2	3	4	5	6	7	
1	Menerapkan alternatif 1	2	2	2	2	2	3	1	14
2	Menerapkan alternatif 2	3	2	1	3	2	3	2	16
3	Menerapkan alternatif 3	3	2	2	3	1	2	2	15
4	Menerapkan alternatif 4	2	3	2	2	1	2	1	13
5	Menerapkan alternatif 1 dan alternatif 2	3	3	2	3	2	2	2	17
6	Menerapkan alternatif 1 dan alternatif 3	1	2	2	1	2	2	2	12
8	Menerapkan alternatif 1 dan alternatif 4	3	2	1	2	2	2	1	13
9	Menerapkan alternatif 2 dan alternatif 3	2	3	2	3	1	2	2	15
10	Menerapkan alternatif 2 dan alternatif 4	2	2	2	2	3	3	2	16
11	Menerapkan alternatif 3 dan alternatif 4	2	2	3	3	2	2	3	17
12	Menerapkan alternatif 1, alternatif 2 dan alternatif 3	5	3	4	5	3	3	2	25
13	Menerapkan alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 4	5	4	5	3	3	4	3	27
14	Menerapkan alternatif 1, alternatif 3 dan alternatif 4	3	5	3	4	4	2	2	23
a1 5	Menerapkan alternatif 2, alternatif 3 dan alternatif 4	2	3	4	3	5	2	2	21
16	Menerapkan semua alternatif	4	3	3	4	3	5	2	24

Keterangan: Responden 1 adalah *Engineering Manager* KB I  
Responden 2 adalah *Engineering Manager* KB II  
Responden 3 adalah *Processing Manager* KB I  
Responden 4 adalah *Processing Manager* KB II  
Responden 5 adalah Kepala Gudang Material  
Responden 6 adalah Kepala Gudang Gula  
Responden 7 adalah Kepala Timbangan



Penulis kelahiran Surabaya, 14 Juni 1993 dari Jawa Timur, Indonesia. Anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal yaitu TK Dharmawanita ITS, SDN Keputih No. 245 Surabaya, SMPN 19 Surabaya, SMAN 3 Surabaya dan Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Surabaya melalui jalur reguler SNMPTN pada tahun 2011 dan terdaftar menjadi mahasiswi dengan NRP. 4211100050. Penulis melanjutkan studi pascasarjana S-2 di Magister Manajemen Teknologi program studi Manajemen Industri pada tahun 2016 dan terdaftar menjadi mahasiswi dengan NRP. 09211650013042, serta dapat menempuh masa studi selama 2 tahun. Selama kuliah, penulis aktif dalam organisasi yakni Himpunan Mahasiswa Pascasarjana ITS sebagai Sekretaris. Pada penulisan tesis, penulis mengambil bidang *Industry Manufacture* untuk menyelesaikan tesis. Penulis dapat di hubungi via e-mail melalui [vivy.brilliani@gmail.com](mailto:vivy.brilliani@gmail.com) bila ada penelitian terkait tesis yang telah dikerjakan ini.