

LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN III

**PENGAWASAN PROSES PENGOLAHAN GULA
DI PT. INDUSTRI GULA GLENMORE BANYUWANGI**



Oleh:

Ribsi Esa Vylonia Putri

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

POLITEKNIK LPP

YOGYAKARTA

2021

LEMBAR PENGESAHAN KAMPUS

LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN III

PENGAWASAN PROSES PENGOLAHAN GULA DI PT. INDUSTRI GULA GLENMORE BANYUWANGI

Oleh:

Nama : Ribsisa Vylonia Putri
NIM : 1801010
Program Studi : Teknik Kimia

Telah diperiksa dan disetujui
Yogyakarta, 20 Agustus 2021

Kepala Program Studi



Ir. Kunthi Widhyasih., S.T., M.Eng., IPM
NIDN. 0529098203

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ratna Sri Harjanti'.

Ratna Sri Harjanti., S.T., M.Eng.
NIDN. 0020027801

LEMBAR PENGESAHAN PABRIK

LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN III

PENGAWASAN PROSES PENGOLAHAN GULA DI PT. INDUSTRI GULA GLENMORE BANYUWANGI

Disusun oleh:

Gigih Gumelar	(1801002)
Amelya Ayusari	(1801004)
Ela Komang Lestari	(1801006)
Ribsi Esa Vylonia Putri	(1801010)

Telah diperiksa dan disetujui
Banyuwangi, 4 Agustus 2021

Manager Pabrik



Bahtiar Yudhistira, S.T

Pembimbing Praktik



Stefanus Tri Adi Purwandoko, S.T

SURAT KETERANGAN SELESAI PKL

 **PT INDUSTRI GULA GLENMORE**
Integrity Growth Green

SURAT KETERANGAN 2.3/S-1551/X/IGG/VIII/2021

Bersama ini disampaikan surat keterangan, bahwa:

No	Nama	Nim
1.	Gigih Gumelar	18.01.002
2.	Amelya Ayusari	18.01.004
3.	Ribsi Esa Vylonia	18.01.010
4.	Ela Komang L	18.01.006

Merupakan mahasiswa/i Politeknik LPP Yogyakarta yang telah melakukan kerja praktik di PT Industri Gula Glenmore pada tanggal 31 Mei 2021 s.d 7 Agustus 2021.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana semestinya.

PT. Industri Gula Glenmore
Bidang SDM & Umum




Guntur Prihatomo
Manajer

 Jl. Lintas Selatan Km.04 Kec. Glenmore Kab. Banyuwangi 68466 - Jawa Timur Indonesia

 (0333) 849166 : 848199

 industri.gula.glenmore2@gmail.com

 www.industrigulaglenmore.com

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ribsisa Vylonia Putri

NIM : 18.01.010

Program Studi : D III Teknik Kimia

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penelitian Laporan Praktik Kerja Lapangan yang telah saya buat dengan judul “**PENGAWASAN PROSES PENGOLAHAN GULA DI PT. INDUSTRI GULA GLENMORE BANYUWANGI**”

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan data-data hasil pelaksanaan praktik di lokasi PKL
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

Banyuwangi, 26 Juli 2021

Ribsisa Vylonia Putri

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT. Berkat rahmat, hidayah, dan inayah-Nya penulis dapat melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) III serta dapat menyusun Laporan PKL III yang berjudul “*PENGAWASAN PROSES PENGOLAHAN GULA DI PT. INDUSTRI GULA GLENMORE BANYUWANGI*” sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan PKL III bagi mahasiswa Program Studi Teknik Kimia DIII Politeknik LPP Yogyakarta.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa selesainya laporan PKL III ini tidak lepas dari dukungan, semangat, serta bimbingan dari berbagai pihak, baik bersifat moril maupun materil. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesempatan umur, kesehatan, keselamatan, dan kebahagiaan kepada penulis
2. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungannya baik doa, moral, maupun materiil kepada penulis
3. Dewan Direksi PT. IGG yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan PKL III di PT. IGG
4. Bapak *Ir. Yus Martin* selaku Direktur PT. IGG.
5. Bapak *Ahmad Hatta* selaku General Manager Operasional PT. IGG.
6. Bapak *Bahtiar Yudhistira, S.T* selaku Manager Pabrik PT. IGG.
7. Bapak *Stefanus Tri Adi Purwandoko, S.T* selaku pembimbing Praktik Kerja Lapangan III di PT. IGG
8. Bapak *Ir. M. Mustangin, S.T., M.Eng., IPM.* selaku Direktur Politeknik LPP
9. Ibu *Ir. Kunthi Widhyasih, S.T., M.Eng., IPM.* selaku Kepala Program Studi Teknik Kimia Politeknik LPP
10. Bapak *Anugerah Perdana, S.T., M.Eng.* selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Politeknik LPP
11. Ibu *Ratna Sri Harjanti, S.T., M.Eng.* selaku dosen pembimbing Praktik Kerja Lapangan III

12. Seluruh *chemicker* (RC) dan asisten *chemicker* PT. IGG

13. Seluruh Staf dan karyawan PT. IGG.

Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari kata sempurna, karena keterbatasan ilmu dan pengalaman yang penulis miliki. Meskipun demikian,, penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Banyuwangi, 26 Juli 2021

Ribsi Esa Vylonia Putri

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN KAMPUS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PABRIK.....	iii
SURAT KETERANGAN SELESAI PKL.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
ABSTRAK	xvii
BAB I PENDAHULUAN	18
I.1 Latar Belakang.....	18
I.2 Tujuan Penyusunan Laporan	19
I.3 Batasan Masalah.....	19
I.4 Metodologi	20
BAB II TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN	21
II.1 Sejarah Pabrik.....	21
II.2 Struktur Organisasi.....	23
II.3 Tenaga Kerja	24
II.4 Visi dan Misi Perusahaan	24
II.5 Lokasi dan Pengolahan.....	25
II.6 Landasan Nilai.....	25
BAB III PROSES DAN PENGAWASAN	26
III.1 Halaman Pabrik	26

III.1.1	Halaman Pabrik.....	26
III.1.2	Luas dan Cara Mengatur Tebu.....	27
III.1.3	Waktu dan Cara Menghitung Tebu Digiling.....	28
III.1.4	Problematik dan Cara Mengatasi	29
III.2	Penimbangan Tebu.....	29
III.2.1	Penimbangan Tebu.....	29
III.2.2	Pengaturan Tebu.....	31
III.2.3	Pengawasan Kualitas Tebu	31
III.2.4	Prosedur Penimbangan Tebu.....	32
III.2.5	Problematik dan Cara Mengatasi	33
III.2.6	<i>Core Sampler</i>	33
III.3	Stasiun Pemerahan Nira	35
III.3.1	Persiapan dan Pendahuluan Tebu (<i>Cane Preparation</i>).....	36
III.3.2	Pemerahan Nira.....	51
III.3.3	Problematik dan Cara Mengatasi	57
III.3.4	Imbibisi.....	58
III.3.5	Aliran Nira dan Penyaringan Nira.....	64
III.3.6	Sanitasi Gilingan	66
III.4	Pemurnian Nira.....	68
III.4.1	Operasi Pemurnian Nira.....	70
III.4.2	Tinjauan Alat di Proses Pemurnian.....	72
III.4.3	Bahan Pembantu Proses Pemurnian.....	101
III.5	STASIUN PENGUAPAN.....	108
III.5.1	Proses Penguapan.....	109
III.5.2	Skema Kerja Stasiun Penguapan.....	112

III.5.3	Kondensor	120
III.5.4	Alat Pengeluaran Air Embun	123
III.5.5	Pompa Air Embun.....	125
III.5.6	Operasi Penguapan.....	126
III.5.7	Pengerakan (Scalling)	129
III.6	STASIUN KRISTALISASI	135
III.6.1	Kristalisasi.....	135
III.6.2	Proses Kristalisasi	143
III.6.3	Operasi Kristalisasi	152
III.6.4	Perhitungan Kebutuhan Uap Pemanas Masakan.....	158
III.6.5	Problematik dan Cara Mengatasi	160
III.6.6	Kristalisasi Lanjut	162
III.7	STASIUN KARBONATASI.....	170
III.7.1	Pemurnian Karbonatasi	170
III.7.2	Proses Remelt Karbonatasi	170
III.7.3	Bahan Pembantu Proses Karbonatasi.....	181
III.8	STASIUN PEMUTARAN	186
III.8.1	Operasi Stasiun Pemutaran	188
III.8.2	Macam-Macam Putaran	192
III.8.3	Problematik dan Cara Mengatasi	196
III.9	PENYELESAIAN DAN GUDANG	197
III.9.1	Proses Pengeringan	197
III.9.2	Penyimpanan.....	202
III.10	STASIUN PEMBANGKIT TENAGA UAP.....	207
III.10.1	Bagian-Bagian Boiler dan Fungsinya.....	208

III.10.2	Air Pengisi Ketel	211
III.10.3	Problematik dan Cara Mengatasi.....	215
III.10.4	Diagram Penggunaan Uap dan Air.....	218
III.10.5	Turbin Uap.....	223
III.11	LABORATORIUM	227
III.11.1	Tujuan Analisis.....	227
III.11.2	Macam Analisa dan Frekuensi Analisa	228
III.11.3	Cara Pengambilan Sample Analisa	229
III.11.4	Problematik dan Cara Mengatasi.....	231
III.12	LIMBAH.....	232
III.12.1	Penanganan Limbah	233
III.12.2	Limbah Cair.....	237
III.12.3	Limbah Padat.....	239
III.12.4	Limbah Udara (EMISI)	241
III.12.5	Limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya).....	241
III.13	PENETAPAN AWAL DAN AKHIR GILING.....	244
III.13.1	Persiapan Awal Giling.....	244
III.13.2	Persiapan Akhir Giling	248
BAB IV	PENUTUP	251
IV.1	Kesimpulan.....	251
IV.2	Saran	254
DAFTAR PUSTAKA	256

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Jembatan Timbang.....	30
Tabel 2. Spesifikasi <i>Tippler</i>	38
Tabel 3. Spesifikasi <i>Cane Leveller</i>	40
Tabel 4. Spesifikasi <i>Cane Carrier</i>	43
Tabel 5. Spesifikasi <i>Cane Cutter</i>	45
Tabel 6. Spesifikasi <i>Cane Kicker</i>	46
Tabel 7. Spesifikasi <i>Magnetic Iron Separator</i>	47
Tabel 8. Spesifikasi <i>Heavy Duty Hammer Shredder</i>	50
Tabel 9. Spesifikasi Gilingan	53
Tabel 10. Data Operasional Gilingan.....	55
Tabel 11. Spesifikasi <i>Rotary Drum Screen</i>	65
Tabel 12. Spesifikasi <i>Sand Filter</i>	65
Tabel 13. Spesifikasi <i>Magnetic Flow Meter</i>	73
Tabel 14. Spesifikasi <i>Juice Heater</i>	77
Tabel 15. Spesifikasi <i>Static Mixer</i>	90
Tabel 16. Spesifikasi <i>Lime Juice Tank</i>	92
Tabel 17. Spesifikasi <i>Flash Tank</i>	93
Tabel 18. Spesifikasi <i>Single Tray Clarifier</i>	98
Tabel 19. Spesifikasi <i>Rotary Vacuum Filter</i>	100
Tabel 20. Syarat-syarat Susu Kapur.....	103
Tabel 21. Spesifikasi <i>Lime Slacker</i>	104
Tabel 22. Data <i>Baume Milk Of Lime</i>	105
Tabel 23. Spesifikasi Evaporator	116
Tabel 24. Spesifikasi <i>Barometric Kondensor</i>	123
Tabel 25. Spesifikasi <i>Condensate Tank Evaporator</i>	126
Tabel 26. Karakteristik Kerak	132
Tabel 27. Sasaran Mutu Masakan	144
Tabel 28. Spesifikasi <i>Continuous Vacuum Pan</i>	145
Tabel 29. Spesifikasi <i>Seed Vacuum Pan</i>	146

Tabel 30. Spesifikasi <i>A Vacuum Pan</i>	147
Tabel 31. Spesifikasi <i>R Vacuum Pan</i>	148
Tabel 32. Spesifikasi <i>Continupus Vertical Crystallizer</i>	164
Tabel 33. Spesifikasi <i>Reheater Massecuite C</i>	165
Tabel 34. Spesifikasi <i>C Massecuite Receiver</i>	166
Tabel 35. Spesifikasi <i>B Massecuite Receiver</i>	166
Tabel 36. Spesifikasi <i>C Seed Massecuite Receiver</i>	167
Tabel 37. Spesifikasi <i>B Seed Massecuite Receiver</i>	167
Tabel 38. Spesifikasi <i>A Massecuite Receiver</i>	168
Tabel 39. Spesifikasi <i>R Massecuite Receiver</i>	168
Tabel 40. Spesifikasi <i>Raw Sufar Melter</i>	174
Tabel 41. Spesifikasi <i>Lime Mixing</i>	175
Tabel 42. Spesifikasi Karbonator	178
Tabel 43. Spesifikasi <i>Rotary Leaf Filter</i>	180
Tabel 44. Spesifikasi <i>Sludge Filter Press</i>	181
Tabel 45. Kebutuhan Cao	182
Tabel 46. Sasaran Mutu Centrifuge R	190
Tabel 47. Sasaran Mutu Centrifuge A	190
Tabel 48. Sasaran Mutu Centrifuge B	191
Tabel 49. Sasaran Mutu Centrifuge C1	191
Tabel 50. Sasaran Mutu Centrifuge C2	191
Tabel 51. Spesifikasi Puteran	195
Tabel 52. Spesifikasi <i>Sugar Dryer and Cooler</i>	200
Tabel 53. Spesifikasi <i>Vibrating Screen</i>	201
Tabel 54. Syarat Mutu Air Pengisi Boiler	212
Tabel 55. Penggunaan Air	219
Tabel 56. Penggunaan Air dDIngin & Air Cucian	222
Tabel 57. Analisa Tiap 1 Jam	228
Tabel 58. Analisa Tiap 2 Jam	228
Tabel 59. Analisa Tiap Shift	229
Tabel 60. Analisa Tiap Putar	229

Tabel 61. Analisa Tiap Turun	229
------------------------------------	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Logo PT. Industri Gula Glenmore.....	21
Gambar 2. Lokasi Pabrik Gula Terpadu PT. IGG & Kebun Tebu PTPN XII	22
Gambar 3. Struktur Organisasi PT. IGG.....	23
Gambar 4. Jembatan Timbang	30
Gambar 5. <i>Core Sampler</i>	34
Gambar 6. <i>PFD Cane Preparation</i>	37
Gambar 7. <i>Truck Tippler</i>	39
Gambar 8. <i>Cane Leveller</i>	41
Gambar 9. <i>Side Carrier</i>	44
Gambar 10. <i>Main Carrier</i>	44
Gambar 11. <i>Cane Cutter I & II</i>	46
Gambar 12. <i>Magnetic Iron Separator</i>	48
Gambar 13. <i>Heavy Duty Hammer Shredder</i>	50
Gambar 14. <i>PFD ST. Gilingan</i>	53
Gambar 15. Skema Imbibisi.....	61
Gambar 16. <i>PFD Stasiun Pemurnian (Defekasi)</i>	72
Gambar 17. <i>Juice Heater</i>	76
Gambar 18. Alur Uap di <i>Juice Heater</i>	77
Gambar 19. <i>Static Mixer</i>	90
Gambar 20. <i>Flash Tank</i>	93
Gambar 21. <i>Single Tray Clarifier</i>	97
Gambar 22. Proses Pembuatan Susu Kapur	104
Gambar 23. <i>PFD Stasiun Penguapan</i>	113
Gambar 24. Badan Evaporator	115
Gambar 25. <i>Barometric Kondensor</i>	123
Gambar 26. Instalasi Alat Pengeluaran Air Embun dan Pompa Air Embun	125
Gambar 27. Grafik Daerah Kejenuhan.....	139
Gambar 28. Skema Masak ABC	143
Gambar 29. Skema Masak <i>Rafinasi</i>	144

Gambar 30. <i>Continuous Vacuum Pan</i>	145
Gambar 31. <i>Seed Vacuum Pan</i>	146
Gambar 32. <i>A Vacuum Pan</i>	147
Gambar 33. <i>R Vacuum Pan</i>	148
Gambar 34. Palung Pendingin (<i>Receiver</i>).....	162
Gambar 35. <i>Continuous Vertical Crystallizer</i>	163
Gambar 36. <i>Reheater</i>	165
Gambar 37. PFD Stasiun Karbonatasi	172
Gambar 38. <i>Raw Sugar Melter</i>	173
Gambar 39. <i>Lime Mixing</i>	175
Gambar 40. Karbonator.....	177
Gambar 41. <i>Rotary Leaf Filter</i>	179
Gambar 42. <i>Sludge Filter Press</i>	181
Gambar 43. Proses <i>Treatment Gas CO₂</i>	184
Gambar 44. <i>Low Grade Centrifugal</i>	192
Gambar 45. <i>High Grade Centrifugal</i>	194
Gambar 46. <i>Sugar Dryer and Cooler</i>	199
Gambar 47. <i>Vibrating Screen</i>	201
Gambar 48. <i>Sugar Bin</i>	203
Gambar 49. Boiler di PT. Industri Gula Glenmore.....	208
Gambar 50. PFD <i>Water Treatment Plant</i>	213
Gambar 51. Diagram Penggunaan Uap dan Siklus Air Embun.....	218
Gambar 52. Diagram Penggunaan Air Pendingin dan Air Cucian	221
Gambar 53. Komponen Turbin Uap.....	223
Gambar 54. <i>Steam Flow Diagram</i>	225
Gambar 55. Skema <i>Waste Water Treatment Plant</i>	233
Gambar 56. <i>Aerasi Pond</i>	235
Gambar 57. <i>Emergency Pond</i>	235
Gambar 58. <i>Equalisasi Pond</i>	236
Gambar 59. <i>Stabilisasi Pond</i>	236

ABSTRAK

Di Indonesia gula merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat, dimana ketersediaannya harus terpenuhi. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut tidak lepas dari pihak produsen yaitu Pabrik Gula dalam mengolah tebu menjadi kristal gula. PT. Industri Gula Glenmore (IGG) merupakan pabrik gula yang memiliki kapasitas giling 8000 TCD dengan proses pengolahan gula sistem DRK (*Defekasi Remelt Karbonatasi*) yang nantinya akan menghasilkan Gula Kristal Putih 80-300 ICUMSA. Proses pengolahan tebu menjadi kristal gula sendiri dilakukan secara bertahap dimulai dari pengerjaan pendahuluan tebu, pemerahan tebu sehingga didapatkan nira, pemurnian nira cara defekasi, penguapan (*evaporasi*) nira, kristalisasi nira hingga diperoleh kristal gula mentah, proses *remelt*, pemurnian *liquor* cara karbonatasi, kristalisasi *liquor* menjadi gula kristal putih (gula produk), pemisahan kristal gula dari *mother liquor*, serta pengemasan dan penyimpanan gula produk. Pada laporan PKL III ini juga terdapat pembahasan tentang pengawasan disetiap prosesnya, analisa yang dilakukan di laboratorium, penanganan limbah, serta pembangkit uap yang digunakan.

Kata Kunci : *Defekasi Remelt Karbonatasi*, nira, kristal gula, *liquor*, *mother liquor*, ICUMSA, gula produk, *remelt*, laboratorium, limbah, pembangkit uap.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi yang semakin pesat dan sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan mendorong dunia industri untuk meningkatkan kualitasnya. Kemajuan industri sangat terkait dengan kapasitas sumber daya manusia (SDM) baik secara kolektif maupun individu. Kapasitas SDM akan menentukan kreativitas, daya inovasi, dan efektifitas kerja, sehingga mutu SDM yang professional sangat dibutuhkan dalam dunia kerja. Untuk menciptakan mutu SDM yang professional maka dibutuhkan suatu sistem pendidikan yang berorientasi pada pengembangan kemampuan dan peningkatan kompetensi SDM, baik dari segi pengetahuan, keterampilan, maupun *softskill* lainnya.

Politeknik LPP sebagai salah satu perguruan tinggi di bidang perkebunan yang telah bertekad untuk menciptakan tenaga professional yang tangguh dan mandiri membuat sebuah program Praktik Kerja Lapangan (PKL) kepada akademisinya. Dimana PKL merupakan suatu bentuk kegiatan belajar di luar kampus, dengan tujuan supaya mahasiswa dapat meningkatkan pengetahuan, keterampilan dan *softskill* lainnya, serta mampu membandingkan ilmu teori yang telah didapat di Politeknik LPP dengan aplikasi terapan di lapangan.

Dengan adanya program PKL ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam memperoleh pengetahuan teknologi pengolahan gula baik secara teoritis maupun teknis sehingga kelak dapat menunjang mahasiswa dalam mengabdikan diri di dunia kerja industri gula.

I.2 Tujuan Penyusunan Laporan

Tujuan penyusunan laporan adalah sebagai salah satu syarat kelulusan bagi setiap mahasiswa Politeknik LPP Program Studi Teknik Kimia. Dimana laporan ini disusun sebagai pertanggung jawaban mahasiswa atas pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan yang dilaksanakan pada akhir semester genap. Adapun titik berat dari Praktik Kerja Lapangan ini adalah memahami proses, operasi, dan pengawasan pengolahan gula.

Adapun tujuan Praktik Kerja Lapangan secara khusus di PT. Industri Gula Glenmore adalah:

1. Mempelajari dan memahami proses, operasi, dan pengawasan pengolahan pembuatan gula dari bahan baku tebu hingga menjadi kristal gula
2. Memahami berbagai problem, hambatan, dan kasus serta cara penanganan dalam proses dan operasi pengolahan gula
3. Menambah dan meningkatkan pengetahuan di lapangan, melatih bekerja di dalam pabrik, serta memahami analisa-analisa dan pengelolaan limbah, sehingga diharapkan dapat digunakan sebagai bekal dimasa yang akan datang.

I.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari terjadinya perluasan materi, maka penulis memberikan batasan masalah yang termasuk tujuan dari Program Praktik Kerja Lapangan di PT. Industri Gula Glenmore, diantaranya:

1. Memahami proses, operasional, dan pengawasan pengolahan tebu sampai menjadi kristal gula
2. Mengetahui berbagai macam problem, hambatan, dan kasus beserta cara menanganinya
3. Mengetahui pengelolaan limbah dan hasil samping yang dihasilkan dari proses pengolahan gula.

I.4 Metodologi

Metode yang digunakan oleh penulis dalam Praktik Kerja Lapangan yang dilaksanakan di PT. Industri Gula Glenmore yaitu:

1. Observasi, dimana penulis dengan turun langsung mengamati, memahami proses dan operasi pengolahan beserta parameter-parameter pendukungnya
2. Wawancara dan diskusi, yaitu dengan cara berkomunikasi atau bertukar pikiran langsung dengan pembimbing praktek, karyawan pimpinan, dan karyawan pelaksana di pabrik untuk memperoleh suatu informasi yang tepat dan jelas tentang cara operasi, hambatan, problematis, dan kasus operasional beserta cara menanganinya
3. Training, yaitu dengan melaksanakan tugas yang diberikan oleh pembimbing praktek seperti pelaksanaan tugas jaga/shift sebagai Chemiker di salah satu Stasiun Pabrik
4. *Study Literature*, yaitu dengan cara studi pustaka yang diambil baik dari referensi/literature, perpustakaan, data-data dan SOP di pabrik, serta melalui media internet dan lainnya yang diperlukan terkait dengan pembahasan laporan PKL.

BAB II

TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN

II.1 Sejarah Pabrik



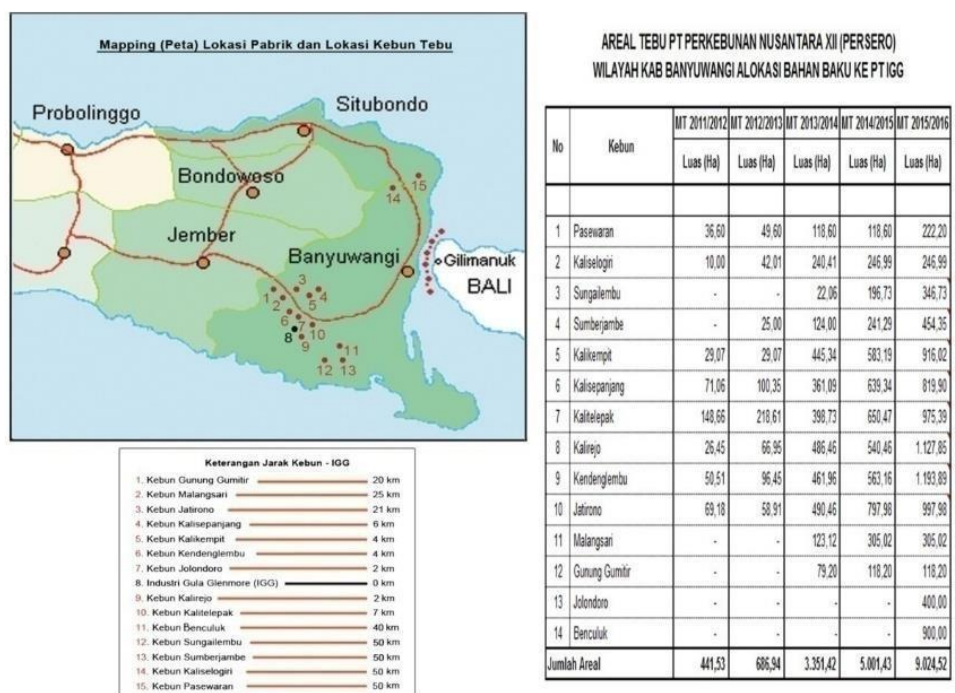
Gambar 1. Logo PT. Industri Gula Glenmore

PT Industri Gula Glenmore (IGG), merupakan anak Perusahaan yang sahamnya dimiliki oleh PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) 99,5% dan PT. Perkebunan Nusantara XI (Persero) 0,5%, dibentuk berdasarkan Surat Menteri BUMN No. S-684/MBU/2012, tanggal 28 November 2012, dan No. S-491/MBU/2013, tanggal 31 Juli 2013, yang dituangkan dalam Akte Notaris Aryanti Artisari, SH.MKn., Nomor 07, tanggal 3 Desember 2012, disahkan dengan Surat Keputusan Menteri Hukum dan HAM Nomor AHU-00727.AH.01.01. Tahun 2013., tanggal 4 Januari 2013, dan terakhir diubah dengan Akte Notaris Nur Muhammad Dipo Nusantara Pua Upa, SH.,M.Kn. Nomor 06, tanggal 19 Agustus 2013 dikukuhkan dengan Surat Menteri Hukum dan HAM dengan Nomor AHU-0081568.AH.01.09 Tahun 2013, tanggal 29 Agustus 2013.

Tugas utama PT IGG adalah melaksanakan pembangunan dan pengelolaan Pabrik Gula Terpadu Glenmore berkapasitas 6.000 TCD (expandible 8.000 TCD) di atas sebagian lahan PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) seluas 102,4 Ha yang di-inbreng-kan kepada PT. IGG yang

berlokasi di Desa Karangharjo, Kecamatan Glenmore, Kabupaten Banyuwangi.

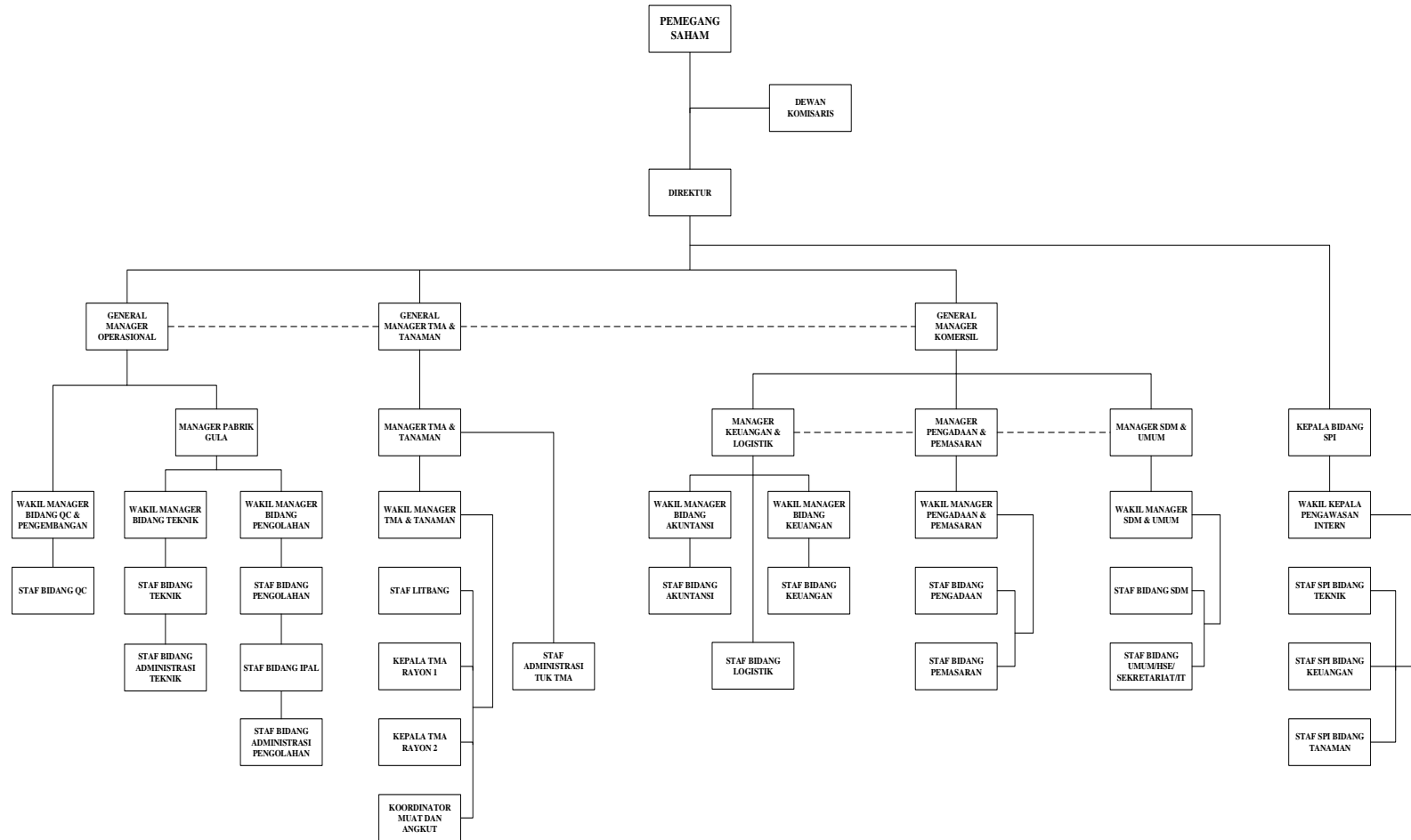
Bahan baku tebu akan dipasok sepenuhnya oleh kebun-kebun penanam tebu PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) yang ada di wilayah Kabupaten Banyuwangi dan Kabupaten Jember. Dari pabrik gula terpadu ini akan diproduksi gula putih premium, daya listrik, bio-ethanol, pupuk organik, dan pakan ternak.



Gambar 2. Lokasi Pabrik Gula Terpadu PT. IGG & Kebun Tebu PTPN XII

Pabrik gula terpadu dimana yang berfungsi selama 150 hari mengolah bahan baku tebu, menggunakan proses DRK (*Defekasi Remelt Karbonatasi*) dan menghasilkan Gula Kristal putih (GKP) dengan kualitas premium 80-300 *ICUMSA*. Kebutuhan daya listrik di dalam pabrik gula disuplai dari pembangkit listrik menggunakan boiler 45 bar dengan bahan bakar ampas tebu (*bagasse*). Pabrik gula terpadu ini juga dirancang mampu untuk menghasilkan kelebihan listrik yang akan dijual ke PLN pada musim giling.

II.2 Struktur Organisasi



Gambar 3. Struktur Organisasi PT. IGG

II.3 Tenaga Kerja

Tenaga kerja dalam istilah manajemen dikenal dengan sebutan Sumber Daya Manusia (SDM) merupakan salah satu aset perusahaan yang paling penting, selain peralatan pabrik dan mutu bahan. Ketiga komponen tersebut saling terkait satu sama lain sehingga produksi yang optimal dapat tercapai. Di PT. Industri Gula Glenmore tenaga kerja dapat dikelompokkan menjadi:

1. Karyawan Tetap

Karyawan yang memiliki hubungan kerja dengan perusahaan untuk jangka waktu yang tidak tentu yaitu sampai masa purna tugas

2. Karyawan Kontrak

Karyawan yang memiliki hubungan kerja dengan perusahaan untuk jangka waktu yang telah ditentukan atau PKWT (Perjanjian Kerja Waktu Tertentu)

3. Karyawan Kampanye

Karyawan yang bekerja pada masa giling saja

4. Karyawan Borongan

Karyawan yang bekerja pada saat tertentu apabila pabrik membutuhkan dan sistemnya tidak terikat oleh pabrik.

II.4 Visi dan Misi Perusahaan

Visi :

“Menjadi perusahaan industri gula modern terpadu”

Misi :

1. Memproduksi gula dan produk turunannya dengan mutu tinggi. Membangun perusahaan yang tumbuh dan kuat sehingga lebih bermakna dan mampu memberikan nilai tambah bagi *shareholder* dan *stakeholder*
2. Berkomitmen menjalankan bisnis dengan mengutamakan kelestarian lingkungan
3. Menumbuh-kembangkan budaya usaha tani tebu yang berkualitas di kawasan Banyuwangi.

II.5 Lokasi dan Pengolahan

1. Lokasi Pabrik : Desa Karangharjo, Kecamatan Glenmore,
Kabupaten Banyuwangi
2. Kapasitas Proyek : 6.000 TCD → 8.000 TCD
3. Lama Hari Giling : ≤ 150 hari
4. Kebutuhan Tebu : 900.000 ton → 1.200.000 ton
5. Kebutuhan Lahan : 9.000 ha → 11.250 ha
6. Produk utama : Gula Kristal Putih Premium 80-300 *ICUMSA*
7. Produk ikutan : Bioethanol, pupuk organik, eksek power, dan pakan ternak

II.6 Landasan Nilai

1. INTEGRITY

Bekerja atas landasan kejujuran, tanpa pamrih, dan berkomitmen tinggi terutama untuk pelayanan *costumer*

2. GROWTH

Selalu berusaha untuk tumbuh, baik secara korporasi, setiap individu yang terlibat, maupun dilingkungan perusahaan sendiri

3. GREEN

Selalu menjaga dan mengutamakan kelestarian lingkungan dan mewujudkannya di setiap proses bisnis dan tindakan.

BAB III

PROSES DAN PENGAWASAN

III.1 Halaman Pabrik

III.1.1 Halaman Pabrik

Halaman pabrik atau *cane yard* ataupun *emplacement* merupakan sarana yang cukup penting untuk tempat menampung bahan baku tebu sebelum digiling. Halaman pabrik juga berfungsi sebagai tempat untuk mengatur truk tebu yang masuk agar sesuai dengan sistem *FIFO* (*First In First Out*) sekaligus dapat menunjang kelancaran proses di pabrik gula.

Beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh halaman pabrik antara lain:

- a. Luas halaman pabrik harus mampu menampung tebu yang akan digiling hari ini maupun untuk persiapan cadangan besok sesuai kapasitas giling pabrik dan mampu menjadi tempat pengaturan tebu sebelum digiling
- b. Halaman pabrik harus rindang agar tebu yang berada di halaman pabrik tidak kontak langsung dengan sinar matahari, yang berisiko terjadinya penguapan air pada batang tebu dan memicu proses hidrolisa sukrosa pada batang tebu. Semakin tinggi suhu yang mengenai tebu, pH sukrosa di dalam tebu akan menurun dan perpecahan akan semakin cepat. Perpecahan akan menghasilkan glukosa dan fruktosa, di dalam pan masakan glukosa dan fruktosa akan sulit dikristalkan. Tebu setelah mengalami proses penebangan akan mengalami proses desimilasi yaitu proses terpecahnya sukrosa menjadi fruktosa dan glukosa untuk menumbuhkan tunas baru atau mata tunas dalam sel tebu sehingga harus segera digiling
- c. Dilengkapi dengan alat penimbang tebu guna mengetahui berat tebu yang akan digiling.

III.1.2 Luas dan Cara Mengatur Tebu

Luas halaman pabrik harus mampu menampung tebu sesuai dengan kapasitas pabrik. Berikut cara untuk menghitung kapasitas halaman pabrik.

Diketahui:

M (muatan tebu rata-rata tiap truk)	= 10 ton
Kapasitas giling	= 6000 TCD
Panjang truk kecil	= 6 m
Lebar truk kecil	= 2,5 m
Panjang truk besar	= 10 m
Lebar truk besar	= 2,5 m

Maka:

$$A \text{ (kapasitas tiap jam)} = \frac{6000}{22} = 273 \frac{\text{ton}}{\text{jam}} \quad (3.1)$$

$$n \text{ (jumlah truk)} = (22 + 2) \times \frac{273}{10} = 656 \text{ truk} \quad (3.2)$$

(angka 2 merupakan margin untuk menjaga agar antrean truk tidak terputus)

$$\text{Luas tanah untuk truk kecil} = 6 \times 2,5 = 15 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas tanah untuk truk besar} = 10 \times 2,5 = 25 \text{ m}^2$$

$$\text{Rata - rata luas tanah untuk truk} = \frac{15+25}{2} = 20 \text{ m}^2 \quad (3.3)$$

Maka:

$$\text{Luas halaman pabrik} = \Sigma \text{ truk} \times \text{rata - rata luas tanah} \quad (3.4)$$

$$\text{Luas halaman pabrik} = 656 \times 20 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas halaman pabrik} = 13120 \text{ m}^2 \approx 14 \text{ hektare}$$

Halaman pabrik di PT. IGG terdiri dari 15 jalur untuk antrean truk, dimana setiap jalur berisi 40 truk, sehingga di halaman pabrik bagian luar mampu menampung 600 truk. Sedangkan untuk halaman pabrik bagian dalam muat untuk ± 65 truk.

Proses pengaturan bahan baku yang akan diangkut truk harus diatur dengan baik. Truk yang berisi tebu akan memasuki pintu masuk pos. Kemudian truk akan masuk ke selektor I untuk dilakukan pengecekan SPTA (Surat Perintah Tebang Angkut) kemudian dicek kadar brix tebu untuk

mengetahui kualitas dan mutu tebu yang akan digiling serta pengecekan kebersihan tebu secara fisik. Idealnya brix tebu yang diterima yakni 17%. Truk tebu yang lolos dari selektor I akan diarahkan ke selektor II untuk menukarkan *barcode* dari koperasi kebun/pemilik tebu dengan RFID sebagai *ID card* untuk dapat masuk ke pos selanjutnya dan truk akan menunggu antrian di emplasement. Pada saat tiba antrianya, truk diarahkan untuk menuju ke *core sampler* untuk dianalisa brix, pol, dan HK. Selanjutnya truk menuju jembatan timbang untuk mengetahui berat muatannya, kemudian akan mengantri lagi untuk diarahkan ke *cane tippler* jika truk tersebut tidak memiliki seling. Apabila truk tersebut mempunyai seling, truk akan diarahkan menuju *unloading crane*. Setelah itu, tebu akan ditumpahkan langsung ke *side carrier* dan dibawa menuju *main carrier* untuk *preparation* yang kemudian diteruskan ke stasiun gilingan. Di *cane tippler* juga dilakukan pengecekan serta penentuan kebersihan tebu.

Proses tebu yang akan digiling menggunakan sisem FIFO (*First In Frist Out*). Tebu yang datang terlebih dahulu harus digiling lebih dulu. Dikarenakan tebu yang sudah ditebang harus sesegera mungkin digiling mengingat sifat sukrosa dalam tebu mudah rusak. Batas maksimal tebu yang akan digiling kurang dari 24 jam. Ada pengecualian untuk tebu wayu dan terbakar, untuk tebu tersebut langsung diarahkan menuju *cane tippler* untuk langsung digiling tanpa harus menunggu antrian, karena tebu wayu dan terbakar lebih cepat terinversi daripada tebu yang ditebang seperti biasa.

III.1.3 Waktu dan Cara Menghitung Tebu Digiling

Untuk mengetahui berat tebu yang masuk di pabrik untuk digiling dilakukan perhitungan data tiap jam dan dikumpulkan, kemudian dihitung tiap shiftnya yaitu 8 jam dan dilakukan perhitungan 3 *shift* sehingga didapat 24 jam dalam satu hari. Proses perhitungan jumlah tebu giling dilakukan tiap jam 06.00 pagi. “*Persediaan tebu di halaman pabrik adalah sebesar 122,5-125% dari kapasitas giling*” (J. Sartono, 1988). Jumlah tebu yang digiling tiap hari dapat diketahui dengan menghitung sisa tebu tergiling. PT. IGG

memiliki *software* yakni *SIMPG IGG* yang digunakan untuk menginput berbagai macam data proses selama giling termasuk perhitungan jumlah tebu.

Contoh perhitungan sisa tebu :

$$\text{Sisa tebu kemarin} = a \text{ ku} \quad (3.5)$$

$$\text{Tebu masuk hari ini} = b \text{ ku} \quad (3.6)$$

$$\text{Jumlah} = a + b \text{ ku} \quad (3.7)$$

$$\text{Tebu digiling hari ini} = c \text{ ku} \quad (3.8)$$

$$\text{Sisa tebu hari ini} = (a + b) - c = d \text{ ku} \quad (3.9)$$

III.1.4 Problematik dan Cara Mengatasi

Kurangnya pepohonan yang rindang untuk parkir truk di *emplacement* dalam sehingga, tebu terkena sinar matahari langsung. Akibatnya membuat kehilangan sukrosa dalam batang tebu karena terjadinya proses inversi.

III.2 Penimbangan Tebu

III.2.1 Penimbangan Tebu

Proses penimbangan tebu merupakan proses paling awal sebelum tebu digiling dengan tujuan untuk mengetahui berat tebu yang akan digiling di pabrik gula. Penimbangan tebu bagi proses pengolahan gula sangatlah penting dilakukan, karena berat tebu yang diketahui dari hasil penimbangan berguna untuk mengetahui jumlah tebu yang digiling selama 24 jam dan menunjukkan kapasitas giling pabrik gula tersebut. Selain itu, proses penimbangan tebu juga berguna dalam perhitungan angka-angka pengawasan proses pabrikasi gula. Penimbangan tebu juga menjadi salah satu dasar perhitungan bagi hasil antara pabrik gula dan petani tebu rakyat (selain faktor rendemen tebu), serta untuk mengetahui produktivitas suatu kebun tebu (perhektar).

Sistem penimbangan tebu di PT. IGG menggunakan sistem yang disebut dengan *SIMPG IGG* dimana sistem ini dapat diakses oleh semua bagian. Penimbangan tebu di PT. IGG dilakukan di *emplacement* dalam

dengan menggunakan dua jembatan timbang untuk mengetahui berat bruto (pada saat truk masuk) masing-masing berkapasitas 50 ton, serta satu jembatan timbang dengan kapasitas 50 ton untuk mengetahui berat tarra (pada saat truk akan keluar). Jembatan timbang yang digunakan tipe *platform* dengan *load cell*. PT. IGG memiliki 3 unit jembatan timbang dengan ukuran (4 x 15) meter.



Gambar 4. Jembatan Timbang

Berikut spesifikasi alat dari jembatan timbang:

Tabel 1. Spesifikasi Jembatan Timbang

Item	Unit	Spesifikasi
Jembatan timbang (in/bruto)		
Jumlah	Unit	2
Kapasitas	Ton	50
Minimum graduation	Kg	20
Jembatan timbang (out/tarra)		
Jumlah	Unit	1
Kapasitas	Ton	50
Minimum graduation	Kg	20
Platform dimension	mm	4000 (W) × 15000 (L)
Scale head type		Digital
Interconnection system		Displaying Computing Recording & printing unit Control programing unit With display & printer unit Printing style

III.2.2 Pengaturan Tebu

Dalam pengaturan antrian giling, truk tebu diatur menggunakan metode FIFO (*First In First Out*) sesuai urutan penebangan sehingga truk tebu yang datang lebih awal akan ditimbang dan digiling terlebih dahulu. Selain itu truk pertamakali harus melewati sebuah selektor yang digunakan sebagai tempat penukaran *barcode* (dari koperasi kebun atau pemilik tebu) dengan RFID untuk bisa masuk ke pabrik. Tebu yang di proses di PT. IGG berasal dari 15% tebu rakyat (TR) dan 85% tebu sendiri (TS).

III.2.3 Pengawasan Kualitas Tebu

Penilaian kualitas tebu dilakukan untuk mengetahui bagaimana kondisi tebu yang akan digiling. Tebu yang baru ditebang dengan tebu yang sudah sampai di halaman pabrik pasti akan berbeda kualitasnya. Kualitas tebu akan menurun sejak tebu ditebang hingga tebu sampai di pabrik. Kualitas tebu menurun karena dipengaruhi oleh adanya rentang waktu untuk digiling. Penundaan giling tebu menyebabkan proses hidrolisis yang mengakibatkan terjadinya inversi sukrosa menjadi fruktosa dan glukosa. Fruktosa dan glukosa akan membentuk asam dan senyawa berwarna yang disebabkan karena adanya faktor peningkatan suhu, pH rendah, dan waktu tinggal yang lama serta aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan enzim. Tebu yang digiling harus memiliki kriteria MBS, yaitu:

a. Manis

Untuk mengidentifikasi manis lebih mengacu pada kemasakan tebu, dimana kemasakan tebu akan dilakukan analisa pendahuluan perpetak oleh QC, sehingga dapat diketahui kemasakan tebu perpetak. Standar kemasakan tebu atau FK 20-30%.

b. Bersih

Kadar kotoran atau trash <5%. Setiap truk akan dinilai seberapa bersih tebu yang digiling, penilaian ini dilihat secara fisik di *cane tippler* dimana tebu akan terlihat secara langsung karena proses pembongkaran.

c. Segar

Tebu dikategorikan segar apabila waktu antara tebu ditebang dan digiling tidak lebih dari 24 jam. Selain itu untuk tebu wayu dan tebu terbakar harus ditekan seminimal mungkin karena dapat menurunkan kadar sukrosa serta meningkatkan beban proses selanjutnya.

III.2.4 Prosedur Penimbangan Tebu

Proses penimbangan tebu di PT. IGG dilakukan dengan menggunakan jembatan timbang. PT. IGG memiliki 3 unit jembatan timbang, dimana 2 unit digunakan untuk menimbang tebu yang masuk (berat bruto=berat truk + tebu) dan 1 unit jembatan timbang untuk menimbang berat tarra truk ketika truk keluar. Sehingga berat tebu dapat diketahui.

$$\mathbf{Berat\ Tebu = Berat\ Bruto - Berat\ Tarra} \quad (3.10)$$

Berikut prosedur penimbangan truk tebu atau material pabrik yang lain:

- a. Truk yang membawa muatan tebu/material sebelum masuk pabrik harus melewati area jembatan timbang. *Loadsell* jembatan timbang akan mengukur beban gaya kebawah yang diberikan oleh berat truk dan muatannya, sehingga diperoleh berat bruto truk yang diteruskan ke analog komputer untuk disimpan di komputer
- b. Setelah muatan tebu/material yang dibawa oleh truk digiling atau dipindahkan, truk harus melakukan proses penimbangan kembali di jembatan timbang sebelum keluar dari pabrik guna mengetahui beban truk tanpa muatan (berat tarra)
- c. Dari hasil penimbangan awal yaitu ketika truk masuk pabrik (berat bruto) dan penimbangan kedua yaitu ketika truk keluar pabrik (berat tarra), komputer akan menghitung netto berat muatan truk dan diinputkan ke SIMPG IGG.

Tarra ulang timbangan dilakukan secara berkala sedikitnya satu kali setahun oleh Badan Metrologi untuk menjaga keakuratan alat penimbang dan menjaga kepercayaan petani kepada pihak pabrik.

III.2.5 Problematik dan Cara Mengatasi

Kesalahan yang sering terjadi saat proses penimbangan tebu yang masuk yaitu, tebu yang ditimbang secara bersamaan pada 2 unit jembatan timbang terjadi kesalahan dalam proses input data dimana data truk A dan truk B tertukar. Data yang seharusnya milik truk A masuk kedalam data truk B dan begitu sebaliknya. Untuk mengantisipasi hal tersebut setiap operator melakukan pendataan secara manual dalam buku yang digunakan sebagai pengecekan ulang terhadap data yang masuk kedalam komputer, sehingga data yang salah dapat dikoreksi kembali.

Kesulitan yang dihadapi selain itu yakni ketika proses penimbangan truk gandeng. Proses penimbangan truk gandeng membutuhkan waktu yang lebih lama, karena truk tersebut harus dibuka gandengannya, kemudian bagian truk depan dan belakang dirapatkan. Hal ini dikarenakan proses penimbangan harus sesuai dengan SOP. Dimana SOP penimbangan yakni semua ban truk harus berada di dalam jembatan timbang.

III.2.6 Core Sampler

Core sampler digunakan untuk mengambil sampel tebu dari kendaraan sebelum dilakukan proses penimbangan tebu dengan tujuan sebagai analisa pendahuluan untuk mengetahui kandungan tebu meliputi brix, pol, dan HK untuk diketahui rendemen awal. *Core sampler* berperan mengawasi kualitas tebu masuk dari berbagai blok panen dan wilayah kemitraan, sekaligus sebagai dasar bagi hasil gula bagi petani mitra. *Core sampler* juga menjawab tuntutan transparansi dan akurasi analisa tebu per blok panen area maupun per wilayah kemitraan

Core sampler terdiri dari tabung yang berputar, dengan diameter 150-200 mm dengan gigi di bagian ujung tabung dan kemiringan 60 °busur. Tabung akan menembus bagian atas tebu di kendaraan baik dari depan, tengah, ataupun belakang (titik sampling bebas). Tebu yang ada dalam tabung akan dikeluarkan setelah tabung ditarik keatas kembali. *Corer* yang digunakan

harus tetap tajam untuk mendapatkan potongan tebu yang bersih, jika *corer* tumpul maka hanya akan menarik kotoran didalamnya dan menyebabkan kesalahan ekstraksi nira. Sampel yang diekstraksi umumnya sekitar 10-15 kg. Sampel kemudian dimasukkan kedalam alat *shredder* untuk dihaluskan dan memudahkan proses ekstraksi. Sampel sabut di ambil sebanyak 1 kg untuk di ekstraksi dengan alat *press*. Berat nira kemudian ditimbang untuk mengetahui bobot sebagai dasar perhitungan Nilai Faktor Perah (NPP). Nira yang terperah kemudian disaring dan dianalisa brik, pol, dan HK dengan menggunakan NIR (*Near Infrared Spektroskopi*). Waktu kerja dari *core sampler* sendiri mulai dari penurunan *corer* hingga didapatkan nira sample kurang lebih 4-5 menit.



Gambar 5. *Core Sampler*

III.3 Stasiun Pemerahan Nira

Stasiun pemerahan adalah stasiun yang berfungsi untuk mengeluarkan nira sebanyak-banyaknya yang terkandung di dalam tebu dengan cara digiling dengan menggunakan rol-rol gilingan, sehingga diperoleh ekstraksi yang maksimal dengan menekan kehilangan gula seminimal mungkin. Di PT. IGG proses pemerahan nira melalui beberapa tahapan proses yaitu:

a. Tahap pembongkaran tebu

Proses pembongkaran tebu dilakukan dari truk menuju *cane carrier* dengan bantuan alat *cane tippler*

b. Tahap pekerjaan tebu

Pengerjaan pendahuluan dilakukan dengan tujuan memotong tebu dan mencacah tebu agar sel-sel tebu terbuka untuk membantu memudahkan proses pemerahan, alat pendahuluan yang ada di PT. IGG yaitu *cane leveler*, *cane cutter* dan *heavy duty hammer shredder*

c. Tahap pemerahan nira

Setelah dari pengerjaan pendahuluan batang tebu akan menjadi cacahan tebu. Cacahan tebu ini kemudian di perah dengan bantuan rol gilingan. PT. IGG memiliki 4 unit gilingan dimana tiap-tiap unit berjumlah 3 buah rol gilingan yang terdiri dari rol depan, rol atas, dan rol belakang untuk menggiling dan mengekstraksi sabut tebu, seta terdapat 3 buah rol pengumpan atau *feeding roll* yang berfungsi untuk menerima umpan sabut yang dibawa oleh *intermediet carrier* pada gilingan I dan 1 buah *feeding roll* pada gilingan II, III, dan IV.

Berdasarkan *anatomi* batang tebu, nira yang mengandung sukrosa terdapat didalam sel-sel batang tebu yang dilindungi oleh kulit tebu dan buku (ruas) yang keras sehingga terlindungi dengan baik. Agar dapat terambil niranya (berarti juga sukrosanya) maka sel-sel batang tebu harus dipecah atau dibuka. Untuk membuka sel-sel tebu tersebut dilakukan proses kerja pendahuluan (*cane preparation*) berupa proses pencacahan dan penghancuran batang tebu dengan tujuan membuka sel-sel tebu agar

mudah diperah dan menghasilkan nira yang maksimal dalam proses penggilingan. Supaya kehilangan gula yang terikut dalam ampas seminimal mungkin, maka pemerahan yang dilakukan oleh rol-rol gilingan harus dapat berlangsung dengan baik. Supaya pemerahan nira berlangsung secara efektif serta kehilangan gula dalam ampas dapat ditekan, maka pada ampas diberi larutan pengencer (*imbibisi*) berupa nira dan air panas dengan suhu 80–90°C.

Kehilangan gula di stasiun pemerahan nira selain dalam ampas, dapat juga disebabkan karena terjadinya inversi akibat pH yang rendah serta aktifitas mikrobial *Leuconostoc Mesenteroides*. Upaya untuk mengurangi dan mematikan bakteri tersebut dapat dilakukan dengan menjaga sanitasi di stasiun pemerahan nira yang meliputi:

- a. Pembersihan ampas dibawah rol-rol gilingan secara rutin
- b. Penyemprotan dengan steam tiap 1 menit dalam 1 jam sekali pada gilingan maupun pada talang-talang nira
- c. Penambahan bahan kimia tertentu

Untuk menghasilkan proses pemerahan yang maksimal maka perlu dilakukan proses kerja pendahuluan pada tebu, pengaturan bukaan kerja unit gilingan dengan memberikan tekanan hidrolik yang tepat, dilakukan penambahan imbibisi nira dan air, serta menjaga sanitasi stasiun pemerahan agar terhindar dari kehilangan gula karena inversi sukrosa.

III.3.1 Persiapan dan Pendahuluan Tebu (*Cane Preparation*)

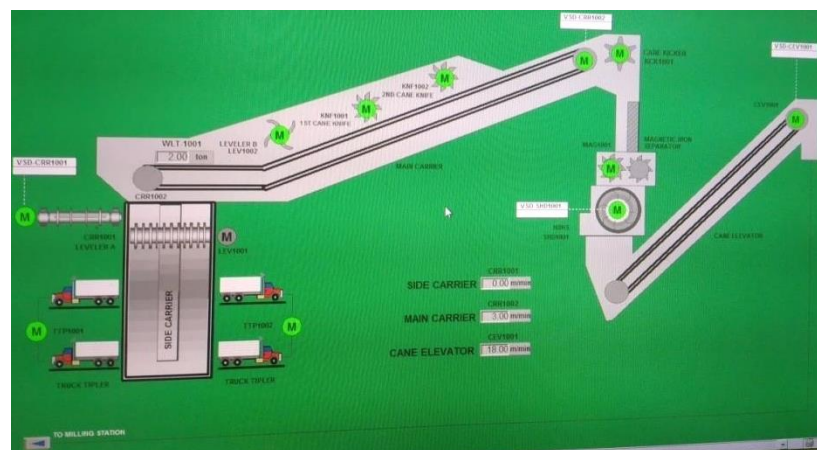
III.3.1.1 Operasi Persiapan Tebu

Persiapan tebu atau *cane preparation* merupakan bagian stasiun pemerahan yang bertujuan untuk mempersiapkan tebu sebelum diperah agar dihasilkan pemerahan nira yang maksimal dengan resiko kehilangan gula seminimal mungkin. Pengerjaan pendahuluan sebelum digiling secara berkala dilakukan analisa *trash*, yaitu tebu pertruk dibongkar dan diawasi jumlah kotorannya (tebu mati, sogolan, daduk, dan tebu berpenyakit). Setelah itu petugas yang mengawasi akan memberi cap

pada SPTA truk termasuk kategori bersih, kotor atau terbakar yang kemudian akan di input oleh petugas. Keberhasilan alat kerja pendahuluan ini diketahui dengan cara analisa *Preparation Index/PI* yaitu >90%. Fungsi dari kerja alat pendahuluan meliputi:

- a) Menaikkan kapasitas giling agar di peroleh *bulk density* yang tinggi
- b) Meratakan umpan tebu yang akan digiling sehingga mempermudah pada kerja gilingan
- c) Memotong batang tebu menjadi bagian yang lebih kecil
- d) Menyayat, mengiris, serta menumbuk hingga seluruh bagian sel tebu terbuka. Dengan demikian, rongga-rongga udara lebih kecil dan berat jenis akan lebih besar sehingga diperoleh pemerahan yang optimal
- e) Mempermudah proses ekstraksi sabut tebu dengan menghancurkan struktur tebu
- f) Membuat nira lebih siap untuk perlakuan imbibisi.

Berikut merupakan gambar flow diagram dari proses *cane preparation*.



Gambar 6. PFD *Cane Preparation*

III.3.1.2 Tahapan Proses Pendahuluan

Tahapan operasional persiapan tebu diawali dari proses pemindahan dan pembongkaran tebu oleh *cane tippler* dari truk menuju *cane carrier*. Untuk selanjutnya tebu dibawa oleh *cane carrier* menuju *cane cutter* untuk proses pemotongan dan pencacahan menjadi bagian

yang lebih kecil. *cane cutter* I akan memotong dan mencacah tebu menjadi ukuran 8-10 cm, sedangkan *cane cutter* II menjadi 4-6 cm. Hasil cacahan akan dibawa menuju HDHS untuk ditumbuk sehingga sel-sel batang tebu dapat terpecah dan terbuka sehingga memudahkan proses ekstraksi. Berikut penjelasan proses disetiap peralatan *cane preparation*.

a. Alat Pembongkar Tebu (*Cane Tippler*)

Cane Tippler digunakan untuk membongkar tebu dari truk yang tidak memiliki seling. Sumber tenaga untuk mengangkat truk menggunakan pompa *hydraulic* dengan kapasitas 40 ton. PT. IGG memiliki 4 *cane tippler* yaitu, dua *cane tippler* dengan ukuran (3,2 × 6,5) untuk truk kecil dan dua lagi dengan ukuran (4 × 10) meter untuk truk besar atau truk fuso. Berikut keuntungan menggunakan *cane tippler*:

- 1) Waktu lebih singkat
- 2) Tanpa kabel selling
- 3) Tenaga kerja yang dibutuhkan lebih sedikit
- 4) Tebu yang tercecceh/tertinggal lebih sedikit
- 5) Mengurangi kerusakan rol gilingan.

Berikut merupakan spesifikasi *cane tippler* yang terpasang di PT. IGG:

Tabel 2. Spesifikasi *Tippler*

Manufaktur	<i>Tippler</i> 1 dan 2	<i>Tippler</i> 3 dan 4
Platform type	flat	flat
Jumlah	2 unit	2 unit
Kapasitas	40 ton	40 ton
Cycle	30 jam	30 jam
Max. tekanan operasi	200 bar	200 bar
Panjang	10 m	6,5 m
Lebar	4 m	3,2 m
Derajat kemiringan	48°	48°
Penggerak	45 kw	45 kw
Jenis penggerak	AC motor, 4-o, 400 v, 50 Hz, Siemens	AC motor, 4-o, 400 v, 50 Hz, Siemens



Gambar 7. *Truck Tippler*

b. *Unloading Crane*

Untuk truk tebu yang menggunakan seling, maka proses pembongkaran tebu dilakukan menggunakan *unloading crane*. Seling pada truk tebu akan dikaitkan pada pengait *crane*, kemudian tebu diangkat dan di pindahkan ke *side carrier*. *Unloading crane* di PT. IGG terdiri dari 4 unit dengan kapasitas masing-masing 15 ton.

c. Cane Leveller

Cane leveler adalah alat untuk mengatur ketebalan tebu yang masuk kedalam *main carrier* dan sebelum masuk *cane cutter*. *Cane leveller* berfungsi untuk menjaga dan meratakan ketinggian tumpukan tebu agar tidak terjadi *overload* pada *cane cutter* sehingga hasil cacahan dapat merata. Di PT. IGG memiliki dua unit *cane leveller* yaitu pada *side carrier* sebelum masuk pada *main carrier* dan pada *main carrier* sebelum *cane cutter*.

Berikut spesifikasi *cane leveler* yang terpasang di PT. IGG:

Tabel 3. Spesifikasi *Cane Leveller*

Item	Unit	Spesifikasi
Cane leveler on side carrier		
Type		Revolving arm
Model		LV 3622
Manufacture		Allied-tek, Thailand
Jumlah		1
Tip dia. X width	mm	2000 × 3600
Speed	1/min	50-60
Hollow shaft :		
Diameter	mm	508
Drive :		
AC motor, 4p, 400 v, 60 hz	Kw	132
Cane carrier on main carrier :		
Type		Revolving arm
Model		LV 2214
Manufacture		Allied-tek, Thailand
Jumlah		1
Tip dia. X width	mm	2000 × 2000
Speed	1/min	50-60
Hollow shaft :		
Diameter	mm	508
Drive :		
AC motor, 4p, 400 v, 50 hz	Kw	110



Gambar 8. *Cane Leveller*

d. *Cane Carrier*

Cane Carrier adalah alat pengangkut tebu yang digunakan untuk membawa tebu menuju alat kerja pendahuluan. *Cane carrier* tersusun dari plat yang dirangkai pada rantai dan digerakkan oleh *variable speed* motor melalui roda gigi. *Cane carrier* di PT. IGG terdiri dari 2 unit yaitu *side carrier* dan *main carrier*. *Side carrier* digunakan untuk membawa tebu dari *cane tippler* menuju *main carrier*, sedangkan *main carrier* digunakan untuk membawa tebu menuju alat kerja pendahuluan. Berikut merupakan cara untuk mengetahui kapasitas *cane carrier*.

Kapasitas *Cane Carrier*

$$A = 60 u L h d \quad (3.11)$$

Dimana:

A = Kapasitas (TCH)

u = Kecepatan rantai (m/menit)

L = Lebar *carrier* (m)

h = Tinggi lapisan tebu (m)

d = *Bulk Density* (kg/m^3) = 175 kg/m^3

Jawab:

1) *Main Carrier*

$$A = 60 \times 20 \frac{m}{menit} \times 2,2 m \times 1 m \times 175 kg/m^3$$

$$A = \frac{462000 \frac{kg}{jam}}{1000} \times 24$$

$$A = 11080 TCD$$

2) *Side Carrier*

$$A = 60 \times 12 \frac{m}{menit} \times 3,6 m \times 1 m \times 175 kg/m^3$$

$$A = \frac{453600 \frac{kg}{jam}}{1000} \times 24$$

$$A = 10886,4 TCD$$

Jadi, kapasitas *carrier* di PT. IGG sudah mencukupi untuk sasaran giling 6000 TCD samapi 8000 TCD.

Berikut spesifikasi *cane carrier* yang terpasang di PT. IGG:

Tabel 4. Spesifikasi *Cane Carrier*

Item	Unit	Spesifikasi
Main Carrier :		
Jumlah		1
Manufacture		Allied-tek, Thailand
Type		Slat type chain conveyor
Dimensi :		
Width, wall to wall	mm	2200
Horizontal + inclined length	mm	13150 + 32420
Inclination angle	°	18
Thickness of side wall plates	mm	9
Slat, W × L × thk :		
Lifter type	mm	2160 x 274 x 8
Flat type	mm	2160 x 274 x 8
Drive shaft dia.	mm	330
Return shaft dia.	mm	220
Kecepatan :		
Peripheral speed	m/min	0-20
Drive shaft revolving speed	1/min	0-5,4
Drive variable speed with inverter		
AC motor, 4P, 400 V, 50 Hz	kW	132
Side Carrier :		
Jumlah		1
Manufacture		Allied-tek, Thailand
Type		Slat type chain conveyor
Dimensi :		
Width, wall to wall	mm	3600
Horizontal + inclined length	mm	13680 + 20250
Inclination angle	°	22
Thickness of side wall plates	mm	9
Slat, W × L × thk:		
Lifter type	mm	3560 x 285 x 8
Flat type	mm	3561 x 274 x 8
Drive shaft dia.	mm	330
Return shaft dia.	mm	220
Kecepatan :		
Peripheral speed	m/min	0-12
Drive shaft revolving speed	1/min	0-3,3
Drive variable speed with inveter :		
AC motor, 4P, 400 V, 50 Hz	kW	132



Gambar 9. *Side Carrier*



Gambar 10. *Main Carrier*

e. *Cane Cutter*

Pisau tebu merupakan alat kerja pendahuluan yang berfungsi untuk membantu proses pemotongan dan pencacahan batang-batang tebu menjadi lebih pendek. Untuk *cane cutter* I batang tebu dipotong menjadi 8-10 cm sedangkan *cane cutter* II menjadi 4-6 cm. Jarak antara *cane cutter* I dengan *cane carrier* sebesar 45-50 cm, sedangkan *cane cutter* II berjarak 5 cm dari *cane carrier*. Jarak *cane cutter* II lebih dekat dengan *cane carrier* karena cacahan tebu lebih lembut akibat cacahan dari CC I. *Cane cutter* dan *heavy duty hammer*

shredder ditutupi oleh sebuah dinding pelindung agar hasil cacahan tebu tidak berserakan dan terlempar keluar. *Cane cutter* di PT IGG di design khusus memiliki 2 mata pisau di setiap bagiannya, dan terdiri dari 3 pisau disetiap shaftnya sehingga memungkinkan untuk mendapatkan 6 sisi dalam satu shaft. Berikut cara untuk mengetahui kapasitas *cane cutter* yang terpasang.

Kapasitas Cane Cutter

$$\underline{Knife = 1,9 \text{ kW/tch} = 2,5 \text{ hp/tch} \text{ (Hugot, hal 43)}}$$

Jika kebutuhan power 1,9 kW/tch, maka kapasitas alat yang tersedia yaitu:

$$Kapasitas \text{ Cane Cutter} = \frac{800 \text{ kW}}{1,9 \text{ kW/tch}} \quad (3.12)$$

$$Kapasitas \text{ Cane Cutter} = 421,05 \text{ TCH}$$

$$Kapasitas \text{ Cane Cutter} = 10105,2 \text{ TCD}$$

Jadi, kapasitas *cane cutter* mencukupi untuk kapasitas giling PT. IGG sebesar 6000 TCD yang dapat diekspansi menjadi 8000 TCD.

Berikut spesifikasi *cane cutter* yang terpasang:

Tabel 5. Spesifikasi *Cane Cutter*

Item	Unit	Spesifikasi
Cane Cutter I		
Manufacture		Allied-tek, Thailand
Type		Rotating blade
Tip diameter × effective width	mm	1600 × 2200
Shaft diameter	mm	3000
Knife supply		56
Drive, AC Slip ring motor 10-P, 3.3 kW, 50 Hz	kW	800
Cane Cutter II		
Manufacture		Allied-tek, Thailand
Type		Rotating blade
Tip diameter × effective width	Mm	1600 × 2200
Shaft diameter	Mm	3000
Knife supply		56
Drive, AC Slip ring motor 10-P, 3.3 kW, 50 Hz	Kw	800



Gambar 11. *Cane Cutter I & II*

f. *Cane kicker*

Cane kicker merupakan alat untuk meratakan ketinggian sabut yang akan masuk ke HDHS. Arah putaran *cane kicker* berlawanan dengan arah tebu dimana *cane kicker* akan menjaga ketebalan dari tebu agar ketinggian sabut tebu konstan.

Berikut spesifikasi dari *cane kicker*:

Tabel 6. Spesifikasi *Cane Kicker*

Item	Unit	Spesifikasi
Type		Rotating arm
Model		KK 2230
Manufacture		Allied-tek, Thailand
Jumlah		1
Tip. dia × width	mm	1700 × 2200
Speed	1/min	100-110
Hollow shaft :		
Diameter	mm	457,2
Material		ASTM A36-Sch80
Stup end material to jis		SCM 440
Drive :		
AC motor, 4P, 400 V, 50 Hz	Kw	110
Speed reducer		Helical gears unit

g. *Magnetic Iron Separator*

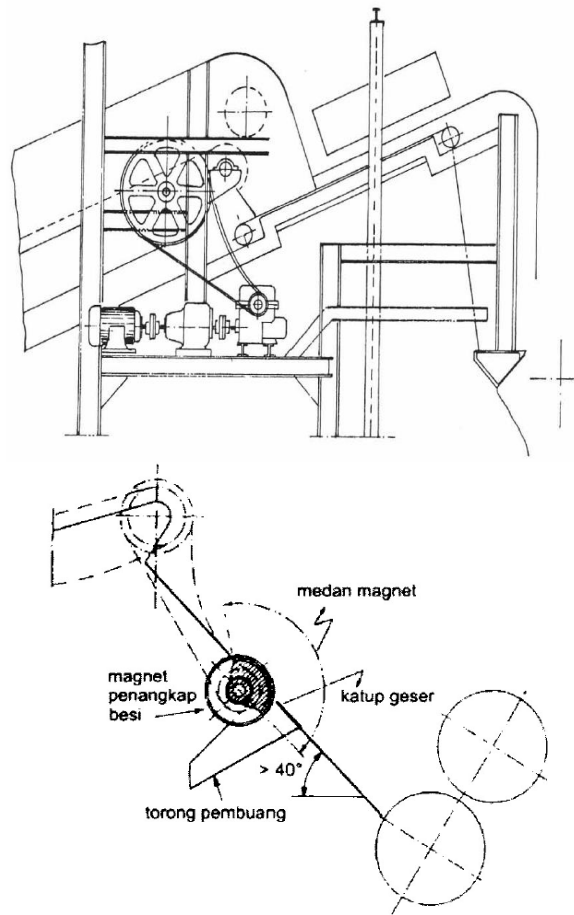
Tebu yang telah ditebang dari kebun dan diangkut ke lokasi pabrik, kadang-kadang pada tumpukannya terbawa potongan-potongan besi, baut linggis, beton, potongan sabit dan bahkan potongan pisau dari pisau tebunya sendiri.

Jika potongan besi terbawa diantara tebu yang akan digiling maka dapat merusak gigi-gigi alur rol gilingan dan bahkan akan memetakkan rol gilingannya. Selain itu, jika potongan besi masuk kedalam HDHS akan menyebabkan kerusakan pada *hammer* dan memperpendek umur pemakaian HDHS. Untuk mencegah hal itu, maka dipasang *magnetic iron separator* untuk menangkap potongan besi agar tidak terbawa menuju rol gilingan. Alat ini ditempatkan pada saat ampas akan ditumpahkan menuju HDHS, sehingga pada saat ampas jatuh potongan besi akan menempel pada *magnetic iron separator*.

Berikut spesifikasi dari alat *magnetic iron separator*:

Tabel 7. Spesifikasi *Magnetic Iron Separator*

Item	Unit	Spesifikasi
Model		ES 2215
Manufacture		Allied-tek, Thailand
Jumlah		1
Electromagnetic surface, W x L	Mm	2200 × 1450
Coil power	kW	13,300
Coil voltage	V-DC	513,000
Input voltage/phase		400 V/3
Duty cycle		100%
Insulation class		C
Protection class		IP 56



Gambar 12. *Magnetic Iron Separator*

h. HDHS (*Heavy Duty Hammer Shredder*)

Setelah tebu melewati *cane cutter*, maka tebu akan masuk ke HDHS. HDHS berfungsi untuk menyayat dan menghancurkan tebu agar nira yang terkandung dalam tebu dapat dikeluarkan dengan mudah. Cacahan tebu setelah keluar dari HDHS berukuran 2-3 cm. Kriteria keberhasilan HDHS dapat dilihat dari hasil analisa mengenai prosentase sel yang terbuka. Sebagai penilaian hasil analisa itu dinyatakan dengan PI (*preparation index*). Hasil cacahan dinyatakan baik apabila nilai analisa PI-nya $> 90\%$. Semakin tinggi nilai PI maka semakin banyak sel tebu yang terbuka, sehingga semakin mudah pengambilan nira yang masih terikat di dalam ampas. Hal ini dapat menunjukkan bahwa ekstraksinya semakin tinggi. Namun, apabila

nilai PI terlalu tinggi dapat menghasilkan cacahan ampas terlalu halus yang dapat menyulitkan pengaliran nira di rol gilingan karena lapisan sabutnya padat. Cacahan tebu yang terlalu halus dapat berpotensi menyumbat lubang-lubang rol gilingan maupun saringan nira mentah, selain itu akibat adanya ampas halus dikhawatirkan terikut di dalam nira mentah sehingga dapat menambah beban proses pemurnian.

Berikut cara untuk mengetahui kapasitas HDHS yang terpasang.

Kapasitas HDHS

Power HDHS = 60 kW/tfh dengan PI 92% (Hugot, hal 63)

Jika kebutuhan power HDHS 60 kW/tfh maka kapasitas alat yang tersedia yaitu:

$$Kapasitas\ HDHS = \frac{2500\ kw}{60\ kw/tfh} \quad (3.13)$$

$$Kapasitas\ HDHS = 41,67\ tfh$$

Apabila kadar sabut 12,5%, maka:

$$Kapasitas\ HDHS = \frac{41,67\ fth}{0,125}$$

$$Kapasitas\ HDHS = 333,36\ TCH$$

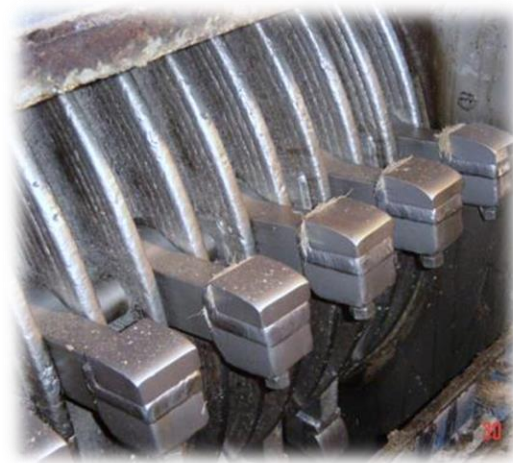
$$Kapasitas\ HDHS = 8000\ TCD$$

Jadi, kapasitas HDHS yang terpasang di PT. IGG mencukupi sasaran kapasitas giling 6000 – 8000 TCD.

Berikut spesifikasi *heavy duty hammer shredder* yang terpasang:

Tabel 8. Spesifikasi *Heavy Duty Hammer Shredder*

Item	Unit	Spesifikasi
Model		SD 1822-8
Manufacture		Allied-tek, Thailand
Jumlah		1
Design dan type		8-Row swing hammer
Tip. diameter × width	mm	1830 × 2242
Nominal speed	1/min	980
Open cell/PI	%	>90%
Nomor Hammer		88 EA
Drive :		
Motor, AC slip ring motor 6-P, 3.3 kV, 50 Hz	kW	2500
Coupling, gear type, siemens/flender		ZAPEX ZWN465



Gambar 13. *Heavy Duty Hammer Shredder*

III.3.1.3 Problematik di cane preparation dan cara mengatasi:

Problematika yang sering terjadi yakni ketebalan tebu yang masuk *cane carrier* tidak merata (kadang terlalu tebal, dan tipis) sehingga, tebu yang masuk ke gilingan dalam kondisi bergelombang, hal ini berpengaruh pada pemerahan di gilingan. Jika terlalu tebal dan banyak akan menimbulkan kemacetan karena beban gilingan tinggi (*overload*),

jika terlalu tipis kerja gilingan untuk pemerah ampas tidak maksimal (slip). Adapun cara mengatasinya yakni mengusahakan agar tebu yang masuk sedapat mungkin merata dan ajeg (tidak bergelombang).

III.3.2 Pemerahan Nira

Tebu yang telah melalui proses persiapan dan kerja pendahuluan selanjutnya akan diperah untuk diambil sebanyak mungkin *sucrose* yang ada pada nira. Pemerahan cacahan tebu dilakukan dengan alat pemerah yang biasa disebut dengan Unit Gilingan. Peralatan gilingan tersusun dari tiga buah rol silinder utama yang terletak dalam rumah silinder dan adanya rol pengumpan (*feeding roll*). Ketiga rol gilingan dikenal sebagai rol atas (*top roll*), rol depan, dan rol belakang. Dimana dua rol bawah (rol depan dan rol belakang) dipasang dengan bukaan kerja tetap, sedangkan rol atas dapat bergerak naik turun dengan mekanisme *hydraulic*. Fungsi rol atas yang dapat bergerak naik turun yaitu supaya rol atas dapat menyesuaikan bukaan kerja gilingan dengan umpan cacahan tebu yang disuplai oleh *Feeding Roll*. Dengan demikian, bila ada fluktuasi umpan cacahan tebu yang masuk ke unit gilingan akan tetap mendapatkan tekanan hidrolis, sehingga nira dapat terperah keluar dan terpisah dari sabut penahannya.

PT. IGG menggunakan 4 unit gilingan yang terdiri dari rol pengumpan, rol atas, rol depan, dan rol belakang. Pada unit gilingan I terdiri dari 6 rol (*six roll*) dimana 3 *roll feeding* dan 3 rol utama. Sedangkan untuk unit gilingan II, III, dan IV terdiri dari 4 rol yang terdiri dari 1 *roll feeding* dan 3 rol utama. Nira yang baru terperah memiliki pH yang rendah yaitu ± 5 . Pada hasil pemerahan gilingan 1 dan 2 (*mixed juice*) di berikan tambahan fosfat 250-300 ppm.

Prinsip pemerahan tebu adalah pemerah nira sebanyak-banyaknya agar sukrosa yang terkandung dalam batang tebu dapat diambil semaksimal mungkin dengan tanpa merusak sukrosa tersebut. Ampas masuk gilingan dengan bantuan *pressure feeder* melalui bukaan muka sehingga nira akan keluar dan ampas melewati plat ampas masuk bukaan belakang kemudian

ampas keluar dibawa *intermediate carrier* (IMC) ke gilingan berikutnya demikian hingga gilingan akhir.

Untuk meningkatkan hasil ekstraksi dan luas bidang perahan, maka gilingan dibuat beralur. Alur-alur pada rol gilingan juga dimaksudkan untuk membantu kelancaran ampas masuk ke mulut gilingan, sehingga proses penggilingan tidak mengalami *selip*. Tipe alur gilingan ada 2 macam, yaitu tipe *porporate* dan tipe *chevron*. Tipe *porporate* digunakan pada unit gilingan 1, sedangkan *chevron* digunakan pada unit gilingan 2 sampai unit gilingan 4 dengan tujuan mencengkram setiap intermediet yang masuk ke unit gilingan agar tidak mudah *selip*.

Berikut ini adalah parameter di stasiun gilingan PT. IGG :

- a) *Preperation index* >90%, yaitu hasil kerja *cane cutter* dan HDHS
- b) *Feeding* (umpan) harus tebal dan merata
- c) Tekanan hidrolik konstan sekitar 160-240 Bar
- d) Rpm gilingan sekitar 3-6 rpm
- e) *Water imbibition* sekitar 25-30% tebu.

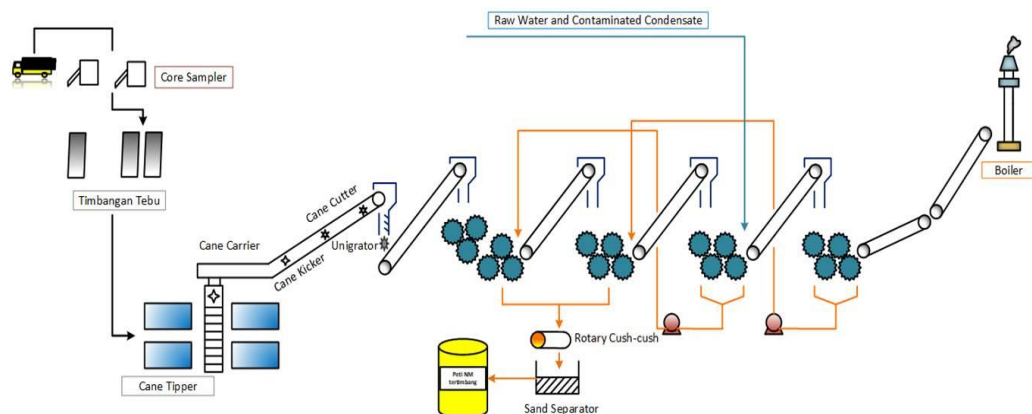
Faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan proses pemerahan nira di stasiun gilingan meliputi:

- a) Kualitas tebu (MBS, kadar sabut)
- b) Kapasitas giling/*Feeding*
- c) Setelan gilingan (rpm, tekanan hidrolik, ukuran rol, bukaan kerjaan gilingan, jumlah rol gilingan, dll)
- d) Pengaliran nira yang lancar sesudah terperas
- e) Pemberian air imbibisi (debit, temperature, tempat pemerahan)
- f) Sanitasi gilingan (*steam blazer*, *desinfection*, *cane milling aid*, sanitasi mekanis/manual, dsb)

Berikut spesifikasi dari unit gilingan yang terpasang:

Tabel 9. Spesifikasi Gilingan

Item	Unit	Spesifikasi
Gilingan I:		
Model		CM 4179-PF
Jumlah		1
Design dan type		Triangles stress dengan 3 crushing roll, 2 feeding, dan 1 undefeed roll
Roll diameter dan lenght	Mm	1050 × 2000
Mill apex angle	Degree	73
Shaft diameter	Mm	250
Tekanan hidrolik	Bar	160-240 (max)
Drive, ac motor mill, 690 V, 6-P, 50 Hz, 3-P	kW	880
Gilingan II, III, IV:		
Jumlah	Tandem	@1
Model		CM 4179-PF
Design dan type		Triangles stress dengan 3 crushing roll, 2 feeding, dan 1 undefeed roll
Roll diameter dan lenght	Mm	1050 × 2000
Mill apex angle	Degree	73
Shaft diameter	Mm	250
Tekanan hidrolik	Bar	160-240 (max)
Drive, ac motor mill, 690 V, 6-P, 50 Hz, 3-P	kW	880



Gambar 14. PFD ST. Gilingan

III.3.2.1 Kapasitas Gilingan

Kapasitas gilingan adalah jumlah tebu yang mampu digiling tiap satuan waktu. Kapasitas giling dipengaruhi oleh:

- a) Hasil kerja pendahuluan
- b) Dimensi dan kecepatan roll
- c) Jumlah rol
- d) Kadar sabut tebu.

Perhitungan Kapasitas Gilingan menurut *E. Hugot* (Hugot 1986, hal 191):

$$A = 0.9 \times \frac{c.n(1-0.06 n.D) L.D^2 .\sqrt{N}}{f} \quad (3.14)$$

Dimana:

- A : Kapasitas gilingan (TCD)
c : Koefisien faktor preparation (1,1 – 1,2)
n : Putaran rol (*rpm*)
D : Diameter rol (*m*)
L : Panjang rol (*m*)
N : Jumlah rol gilingan
Ft : Kadar sabut (%)

Berdasarkan peralatan yang ada di PT. Industri Gula Glenmore sendiri mempunyai kapasitas giling sebagai berikut:

- c = 1,2
D = 1,050 m
N = 3 rpm
L = 2 m
N = 12 rol
Ft = 12,5%

Maka kapasitas gilingan PT. Industri Gula Glenmore:

$$A = \frac{0,9 \times 1,2 \times 3 \times \{(1-0,06) \times 3 \times 1,050\} \times 2 \times 1,050^2 \times \sqrt{12}}{0,125}$$

$$A = 586,23 \text{ TCH}$$

$$A = 586,23 \times 24$$

$$A = 14069,52 \text{ TCD}$$

Jadi, total kapasitas gilingan PT. IGG mencukupi sasaran kapasitas giling 6000 TCD yang bisa diekspansi menjadi 8000 TCD.

Berikut data operasional gilingan:

Tabel 10. Data Operasional Gilingan

Unit Gilingan	Tekanan Hidrolik	RPM Gilingan
I	195 kg/cm ²	4,5
II	167 kg/cm ²	4,3
III	193 kg/cm ²	4
IV	183 kg/cm ²	2,6

III.3.2.2 Penyetelan Gilingan

Penyetelan gilingan yang dimaksud adalah bukaan (celah) antara rol atas dan rol depan serta antara rol atas dan rol belakang. Bukaan depan lebih besar dibanding bukaan belakang. Dengan demikian, tekanan saat cacahan tebu masuk melewati bukaan belakang mendapat tekanan lebih besar dibanding saat melewati bukaan depan. Jadi, untuk menghitung setelan gilingan termasuk pula menghitung bukaan depan dan belakang. Perbandingan besarnya kedua bukaan ini merupakan faktor penting. Dalam menetapkan bukaan ini berarti pula menentukan kedudukan pelat ampas.

III.3.2.3 Mekanisme Kerja Tekanan Hidrolik

Tekanan hidrolik pada rol atas merupakan faktor penting dalam kerja gilingan, tetapi hal ini sangat dipengaruhi oleh kualitas pengumpanan dibanding faktor-faktor lainnya dalam operasi gilingan. Bila pengumpan dapat mengangkat rol gilingan, tekanan hidrolik yang besar akan sepenuhnya terpakai, bila tidak maka tekanan penuh dari hidrolik tidak terjadi pada ampas dan ekstraksi akan menurun. Faktor lain

yang berpengaruh pada setiap unit gilingan adalah perbandingan bukaan muka dan bukaan belakang. Hal ini akan menentukan besarnya tekanan yang berarti pada ekstraksi dari seluruh gilingan.

III.3.2.4 Problematik dan Cara Mengatasi

Stasiun gilingan adalah stasiun pemerahan nira dimana gula yang terdapat pada bagian sabut akan terperah. Nira yang semula berada di dalam sel batang tebu harus dikeluarkan kemudian di peras. Pada proses ini kehilangan dan rusaknya gula dapat terjadi karena:

a. Hilang di dalam ampas

Apabila sabut yang dihasilkan banyak, maka akan membuat kehilangan gula lebih banyak. Cara untuk dapat menekan kehilangan gula dalam ampas adalah dengan pemakaian imbibisi baik air maupun nira dengan memperhatikan kadar zat kering ampas karena ampas nantinya akan digunakan sebagai bahan bakar boiler.

b. Perpecahan gula

Sifat gula (sukrosa) tidak tahan dalam suasana asam. Sementara itu sifat nira memang asam, apalagi nira yang diperoleh dari tebu wayu angka keasamannya lebih besar dibanding nira dari tebu segar. Cara mengurangi kerusakan gula karena proses ini dengan mengusahakan tidak terlalu lama di stasiun gilingan dengan cara memperkecil pemberhentian, misal menekan jumlah bak penampung. Selain itu, juga bisa dengan cara penambahan susu kapur pada nira gilingan.

c. Hilang karena jasad renik

Jasad renik dapat dijumpai dimana saja, setelah nira keluar dari sel tebu akan terjadi kontak dengan udara berarti dapat pula bertemu dengan jasad renik. Lebih lagi tebu yang sejak dari kebun telah terserang jasad renik yang masuk lewat luka potongan akibat adanya hama sehingga jasad renik ini dapat berkembang biak secara cepat. Karena hal-hal diatas setiap ada nira berhenti maka jasad renik akan

segera timbul. Usaha menekan pengaruh adanya jasad renik adalah dengan:

- 1) Membersihkan stasiun gilingan secara teratur (sanitasi gilingan) minimal 2 kali dalam 1 shift.
- 2) Berusaha mematikan jasad renik dengan diberikan *steam* bagian-bagian dimana kemungkinan jasad renik berinkubasi
- 3) Pemberian desinfektan
- 4) Penggunaan imbibisi panas di stasiun gilingan. Jumlah ampas yang masuk pada rol gilingan harus mempunyai ketebalan yang merata, *preparation index* tinggi, dan kejegan kapasitas giling. Apabila tidak terpenuhi maka gilingan akan mengalami slip maupun (*unbalance*).

Problematika di stasiun gilingan:

- a. Kualitas bahan baku yang kurang baik
- b. Kecepatan giling tebu dikurangi akibat nira mentah atau nira jernih penuh
- c. Kebocoran pipa sehingga kehilangan uap dan boros uap
- d. Terputusnya *seling* serta tatanan tebu dalam truk kurang rapi, akibatnya saat tebu diangkat oleh *tipler* jatuh berserakan
- e. Selip hingga retaknya *roll* gilingan akibat terbawanya batu-batu besar yang ikut tergiling
- f. Ampas yang dihasilkan terlalu halus, sehingga tidak dapat tersaring oleh *rotary drum screen*.

III.3.3 Problematik dan Cara Mengatasi

Hasil pemerahan nira di PT. IGG dapat dikatakan baik karena telah mencapai nilai standar SOP dimana %pol ampas harus <2% dan zat kering ampas >50%. Dilihat melalui rata-rata analisa pada giling tanggal 1 juli-15 juli 2021, rata-rata pol ampas yang diperoleh sebesar 1,49% dan zat kering ampas sebesar 53,88%. Dari hasil analisa tersebut dapat dikatakan bahwa

hasil pemerahan nira cukup baik karena jika pol ampas melebihi standar SOP (2%) maka kehilangan gula pada ampas akan semakin besar. Begitupun dengan zat kering ampas, semakin kecil zat kering tandanya ampas semakin basah, sehingga dapat meningkatkan beban pada stasiun boiler.

HPG (Hasil Pemerahan Gula) di PT. IGG pada giling tanggal 1 juli-15 juli 2021, rata-rata HPG yang diperoleh sebesar 94,54. Hal ini menandakan bahwa efisiensi kinerja stasiun gilingan PT. IGG sudah baik dan optimal, karena sudah melebihi angka standarnya yaitu ± 94 . Jika nilai HPG semakin rendah dapat dikatakan bahwa kinerja stasiun gilingan (pemerahannya) kurang baik. Untuk PSHK, rata-rata nilai yang diperoleh pada giling tanggal 1-15 juli 2021 adalah sebesar 97,86, yang berarti kerusakan gula karena bakteri pada proses pemerahan sangatlah kecil (angka standar dari PSHK minimal 95%). Dapat dikatakan bahwa sanitasi gilingannya sudah sangatlah baik. Secara keseluruhan hasil pemerahan nira di PT. IGG sudah cukup baik dinilai dari kinerja dan angka pengawasannya.

III.3.4 Imbibisi

Stasiun Gilingan merupakan bagian yang bertugas mengambil nira yang terkandung pada tebu sebanyak mungkin dengan resiko kehilangan gula sekecil mungkin. Untuk menghasilkan pemerahan yang maksimal, maka digunakan Sistem Imbibisi atau penyerapan air oleh zat yang hidrofilik (ampas) dengan tujuan mengambil dan mengikat nira yang masih terkandung dalam ampas tebu guna dikeluarkan pada pemerahan berikutnya.

Sistem imbibisi mengandalkan adanya daya potensial imbibisi yang dimiliki oleh ampas (mampu menyerap 10x lipat jumlah air), dengan adanya hal ini memungkinkan bagi air untuk masuk dan terserap ampas yang selanjutnya akan mengalami proses difusi dimana zat yang memiliki konsentrasi tinggi akan berpindah ke bagian zat yang memiliki konsentrasi lebih rendah, setelah terjadi proses difusi antara nira dan air imbibisi maka ampas akan kembali diperah sehingga nira yang telah berdifusi dan terikat dengan air imbibisi akan ikut terperah. Diharapkan dengan adanya sistem

imbibisi maka pengambilan/pemerahan nira yang masih terdapat pada ampas dapat berjalan dengan maksimal dan menekan adanya gula yang terikat ampas.

Berdasarkan bahan yang digunakan, sistem imbibisi ada dua macam yaitu:

1) Imbibisi nira

Penambahan imbibisi nira yang memiliki konsentrasi lebih rendah dibandingkan ampas, sehingga nira dengan konsentrasi lebih tinggi yang terkandung dalam ampas akan berdifusi dengan imbibisi nira (konsentrasi rendah) dan ikut keluar bila ampas diperah kembali. Contohnya yaitu penggunaan nira gilingan III untuk imbibisi ampas gilingan I, nira gilingan IV untuk imbibisi ampas gilingan II.

2) Imbibisi Air

Penambahan imbibisi air yang memiliki konsentrasi lebih rendah daripada ampas, sehingga nira dengan konsentrasi lebih tinggi yang terkandung dalam ampas akan berdifusi dan berikatan dengan air sehingga akan ikut keluar bila ampas diperah kembali. Air yang digunakan untuk imbibisi air biasanya memiliki suhu sekitar 80-90°C yang bertujuan untuk memaksimalkan proses difusi pada ampas tebu sehingga nira dalam ampas akan larut dan keluar dengan mudah saat diperah. Contohnya yaitu penambahan air untuk imbibisi ampas gilingan III.

Jumlah imbibisi yang diberikan dalam proses pemerahan sangat berpengaruh besar terhadap ekstrasi gilingan, secara teoritis semakin banyak imbibisi yang diberikan maka ekstrasi gilingan juga akan semakin baik. Dalam menentukan jumlah imbibisi perlu perhatikan hal-hal berikut ini diantaranya:

1) Kadar air ampas gilingan akhir

Jumlah penambahan air pada ampas akan mempengaruhi kadar zat kering ampas (zk ampas standar $\geq 50\%$), bila jumlah penambahan air imbibisi terlalu banyak maka kadar zat kering ampas akan semakin menurun

sehingga mengakibatkan turunnya pula nilai kalor ampas yang akan digunakan untuk bahan bakar boiler.

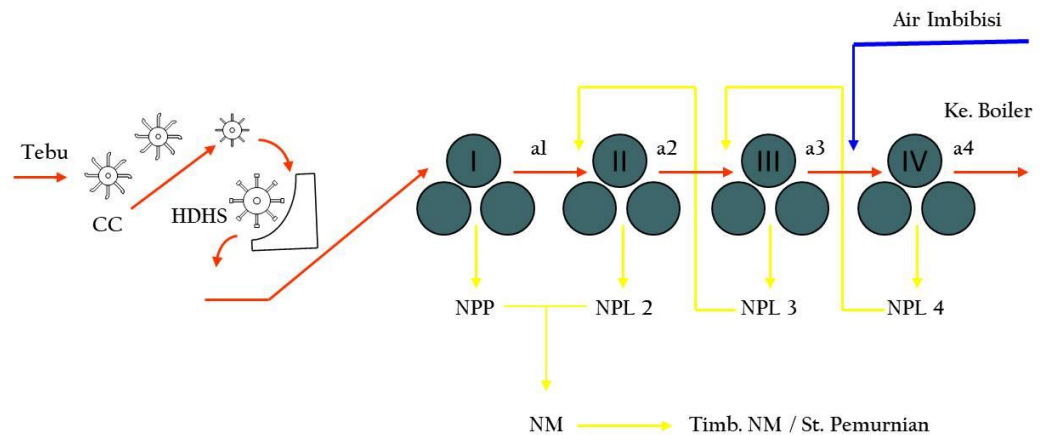
2) Beban evaporasi air di stasiun penguapan.

Jumlah penambahan air imbibisi juga berpengaruh terhadap kandungan air yang ada pada nira mentah, kadar air yang terlalu tinggi pada nira mentah akan menjadi beban stasiun penguapan dalam evaporasi air. Sehingga, dalam menghitung jumlah air imbibisi juga harus dipertimbangkan beban dan kemampuan stasiun penguapan dalam menguapkan air yang ada pada nira.

PT. IGG menggunakan Imbibisi Majemuk yaitu gabungan dari imbibisi nira dan imbibisi air. Pada ampas gilingan I dan II digunakan imbibisi nira, sedangkan pada ampas gilingan III menggunakan imbibisi air. Nira yang digunakan untuk proses imbibisi harus memiliki konsentrasi gula lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi gula dari ampas yang akan memperoleh imbibisi, hal ini dikarenakan imbibisi akan berperan sebagai pelarut dari gula yang masih terkandung dalam ampas, maka dari itu penggunaan nira untuk proses imbibisi biasanya memanfaatkan nira yang dihasilkan dari unit gilingan berikutnya. Pemberian imbibisi nira dilakukan dengan mengalirkan nira yang akan digunakan untuk imbibisi menuju tempat jatuhnya ampas dari unit gilingan.

Imbibisi air harus menggunakan air yang bersih dan memiliki suhu optimum imbibisi yaitu sekitar 80-90°C, biasanya air yang digunakan untuk imbibisi adalah kondensat yang mengandung gula. Jumlah imbibisi air yang ditambahkan biasanya sekitar 240% Sabut. Jumlah pemberian imbibisi air dapat diukur dengan menggunakan *flowmeter* imbibisi. Pemberian imbibisi air dilakukan dengan menyemprotkan air imbibisi melalui pipa berlubang yang dipasang melintang diatas *intermediate carrier*.

III.3.4.1 Operasi Skema Imbibisi



Gambar 15. Skema Imbibisi

Imbibisi majemuk diaplikasikan di PT. Industri Gula Glenmore. Imbibisi air diberikan kepada ampas yang keluar dari gilingan III dengan cara disemprotkan melalui pipa berlubang menyerupai *nozzle* sehingga diharapkan luas kontak antara imbibisi air dapat merata. Sedangkan untuk imbibisi nira diberikan kepada ampas gilingan I dari nira gilingan III dan ampas gilingan II dari ampas gilingan IV.

Air imbibisi akan melalui *electromagnetic flowmeter* untuk diukur aliran debitnya, sehingga dapat diketahui jumlah imbibisi yang diberikan. Air imbibisi diberikan pada ampas dari gilingan III dengan cara dialirkan ke seluruh bagian ampas. Air yang digunakan untuk imbibisi berasal dari air *contaminated condensate* atau yang kondensat yang mengandung gula. Sedangkan suhu imbibisi optimum yang digunakan 80-90°C.

Namun, juga harus diperhatikan untuk penggunaan suhu air imbibisi yang tinggi karena dapat dikhawatirkan terjadinya selip akibat dari lilin dalam tebu yang mencair, kerusakan sukrosa akibat inversi dan terjadinya penguapan sebagian air di gilingan. Pemberian air imbibisi di PT. IGG dilakukan melalui pipa yang dipasang melintang kemudian jatuh pada plat yang berada di atas *intermediate carrier* dimana jumlah air imbibisi yang diberikan berkisar 240 % sabut.

Secara teoritis suhu air imbibisi sangat berpengaruh terhadap ekstraksi gilingan, semakin tinggi suhu air imbibisi maka ekstraksi nira yang ada pada ampas semakin baik, hal ini dikarenakan sukrosa yang larut semakin banyak dan kecepatan reaksi proses imbibisi juga semakin meningkat. Berikut ini alasan penggunaan imbibisi air panas optimum 80-90°C diantaranya:

- a. Penggunaan imbibisi dengan suhu tinggi mampu merusak dinding sel tebu dan meningkatkan kecepatan potensial imbibisi, sehingga menghasilkan derajat campuran air dengan nira yang tinggi
- b. Reaksi pencampuran antara air imbibisi dengan ampas terjadi dengan waktu yang relatif cepat
- c. Menaikkan ekstraksi. Pada suhu tinggi sukrosa mudah larut dalam air sehingga akan lebih mudah dipisahkan dari ampasnya saat proses pemerahan
- d. Memiliki efek sanitasi karena dapat membunuh mikroorganisme yang terikut pada ampas tebu.

Namun, dengan suhu air imbibisi lebih dari 90°C ternyata memiliki efek negative pada proses pemerahan nira diantaranya:

- a. Terlarutnya kotoran seperti zat lilin yang ada pada ampas dan terikut bersama nira mentah sehingga akan menambah beban proses pemurnian
- b. Dengan adanya zat lilin yang terlarut, dapat mengakibatkan gilingan mudah slip pada proses pemerahan nira.

III.3.4.2 Jumlah Air Imbibisi

Diketahui :

Tebu digiling pada pukul 08.00 WIB adalah 1666 ku/jam

Kadar sabut tebu 12,5%

Ditanyakan :

Jumlah air imbibisi % sabut perjam

Jawab :

$$= 1666 \text{ ku/jam} \times 12,5\%$$

$$= 208,25 \text{ ku/jam}$$

Syarat imbibisi di PT. IGG 240% sabut

Jadi, jumlah air imbibisi % sabut perjam adalah

$$= 208,25 \text{ ku/jam} \times 240\%$$

$$= 499,8 \text{ ku/jam}$$

$$= 49,98 \text{ ton/jam}$$

Air imbibisi yang diberikan tidak boleh kurang dari 49,98 ton/jam.

III.3.4.3 Problematik dan Cara Mengatasi

Masalah yang sering timbul adalah suhu imbibisi kurang tinggi, air imbibisi berasal dari air jatuhan kondensor pada evaporator yang suhunya $\pm 60^{\circ}\text{C}$ dimana suhu imbibisi yang diharapkan $\pm 90^{\circ}\text{C}$ oleh karena itu pada bak penampung air imbibisi dilengkapi pipa pemanas uap 3 ato yang berfungsi sebagai pemanas atau krengsengan. Selain itu, rendahnya kadar zat kering ampas yang keluar dari unit gilingan IV (<50%) sehingga membebani boiler, untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan pengaturan pada pemberian imbibisi sesuai SOP baik dari komposisi jumlah air imbibisi hingga suhu imbibisi, serta mengoptimalkan pressing gilingan.

III.3.5 Aliran Nira dan Penyaringan Nira

III.3.5.1 Aliran Nira

Saluran nira dibuat dari bahan (*stainless steel*) yang mempunyai sifat oligodinamis yaitu menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan tidak mudah berkarat. Dalam sistem pembuatan saluran nira, salurannya harus terbuka dan diberi tutup yang juga berbahan *stainless steel*, agar tidak dimasuki bakteri dari luar. Nira yang keluar dari gilingan masih bercampur dengan kotoran berupa ampas, pasir, tanah dll. Untuk memisahkannya dilakukan proses penyaringan. Nira hasil dari pemerahan gilingan I dan II di alirkan menuju *rotary drum screening* kemudian di saring kembali dengan saringan *sand separator*. Nira yang keluar dari saringan akan ditampung di *screened juice tank*. Nira yang keluar dari unit gilingan III digunakan sebagai imbibisi untuk unit gilingan II. Nira yang keluar dari unit gilingan IV digunakan sebagai imbibisi untuk unit gilingan III. Nira yang sudah tersaring di pompa ke stasiun pemurnian.

III.3.5.2 Operasi Penyaringan Nira

Penyaringan nira gilingan I dan II (*mixed juice*) dilakukan menggunakan *rotary drum screening* digunakan untuk menyaring atau memisahkan nira dari ampas dan kotoran lainnya. Nira hasil saringan akan jatuh ke saringan *sand separator* untuk memisahkan pasir, tanah yang terbawa oleh nira. Nira yang keluar akan ditampung di *screened juice tank* sedangkan ampas yang keluar dari saringan *rotary drum screening* akan di jatuhkan kembali pada *intermediate carrier* gilingan I untuk di perah kembali pada gilingan II.

Tujuan penyaringan adalah untuk memisahkan nira mentah dari kotoran kasar seperti ampas, pasir, tanah dll yang terbawa nira untuk memudahkan proses pemurnian. Selain itu, supaya kerja pompa tidak terganggu karena kotoran kasar.

Berikut spesifikasi data saringan nira yang terpasang:

Tabel 11. Spesifikasi *Rotary Drum Screen*

Item	Unit	Spesifikasi
<i>Rotary Drum Screen</i>		
Jumlah	unit	1
Manufacture		Allied-tek, Thailand
Kapasitas	m ³ /jam	550
Model		RS 1848
Overall size, W x L x H	mm	2650 × 7654 × 3630
Trommel dia. × length	mm	1800 × 4824
Screen wadge bar aperature	mm	0,75
Drive AC geared motor 400 V, 50 Hz	kW	3 × 2 unit

Tabel 12. Spesifikasi *Sand Filter*

Item	Unit	Spesifikasi
<i>Sand Filter</i>		
Jumlah	unit	2
Manufacture		PT. Weltes Energi
Kapasitas	m ³ /jam	3,4
Type		Horizontal Rectangular
Dimension, W × L × H	mm	1200 × 2400 × 1200
Material :		
- Shell		Mild shell
- Nozzle		Carbon shell

III.3.5.3 Problematik dan Cara Mengatasi

Mesh pada saringan *Rotary Drum Screen* terlalu kecil sehingga tidak mampu menyaring ampas-ampas halus yang terikut di dalam nira, sehingga dapat mengakibatkan kerusakan pada alat-alat di proses setelahnya. Dengan adanya masalah ini maka mesh di *Rotary Drum Screen* diganti lebih besar lagi, sehingga mampu menyaring cacahan tebu yang terlalu halus tersebut.

III.3.6 Sanitasi Gilingan

Selain kehilangan gula yang terikut oleh ampas pada stasiun gilingan, kehilangan gula juga dapat disebabkan oleh bakteri *Leoconostoc Mesenteroides*. Bakteri ini menginversi *sucrose* pada nira mentah menjadi gula sederhana penyusunnya (*glucose* dan *fructose*). Hal ini tentu merugikan karena akan menurunkan kadar gula yang dapat dikristalkan pada nira mentah. Bakteri *Leoconostoc Mesenteroides* hidup pada suasana asam, dan nira mentah sendiri memiliki pH 5,4 (suasana asam). Dengan adanya hal ini, maka proses sanitasi diharapkan mampu membunuh dan menghambat pertumbuhan bakteri *Leoconostoc Mesenteroides* agar kehilangan gula karena inversi *sucrosa* dapat ditekan seminimal mungkin. Untuk mengetahui kerusakan *sucrosa* yang disebabkan oleh bakteri dapat dilihat dengan besarnya angka PSHK.

$$PSHK = \frac{1,4 \times HK \text{ Nira Mentah} - 40}{1,4 \times HK \text{ Nira Perahan Pertama} - 40} \times 100 \quad (3.15)$$

Angka standart dari PSHK >95 %, semakin tinggi nilai PSHK maka sanitasi pada stasiun gilingan semakin baik atau kerusakan *sukrosa* akibat bakteri semakin kecil. Proses sanitasi bertujuan untuk membunuh dan menghambat berkembangbiaknya mikroorganisme pada gilingan, khususnya pada talang-talang nira yang dapat menyebabkan kehilangan gula karena kerusakan yang disebabkan aktifitas mikroorganisme. Tebu dari kebun ternyata membawa kotoran yang tidak tampak oleh mata yaitu jasad renik (*mikroorganisme*) seperti jamur dan bakteri. Adanya mikroorganisme ini menyebabkan menurunnya kandungan gula (*rendemen*) nira. Selain itu juga menghasilkan bahan lain yang mempersulit proses pemurnian. Ada dua cara pelaksanaan sanitasi gilingan, yaitu:

1) Sanitasi cara fisis (menggunakan uap baru)

Bertujuan untuk mematikan bakteri yang ada pada gilingan agar mencegah kehilangan gula akibat aktivitas mikroba. Proses sanitasi sendiri di PT. IGG menggunakan sistem *semiautomatic*. Penerapan sistem sanitasi

semiautomatic dilakukan dengan menyemprotkan uap baru secara berkala pada tempat yang dikehendaki sesuai dengan perencanaan kerja stasiun gilingan (1 jam sekali), serta dilakukan pula penyemprotan uap panas secara manual menggunakan selang tahan panas pada tempat-tempat khusus yang dianggap membutuhkan sanitasi.

2) Sanitasi cara khemis (menggunakan susu kapur).

Pemberian susu kapur pada nira dengan tujuan menghambat pertumbuhan bakteri-bakteri yang hidup pada suasana asam. Susu kapur diberikan secara bertahap dengan bantuan selang dan diberikan dibawah gilingan no 1 dan 2. Proses sanitasi ini lebih dikenal sebagai proses *Pre Liming*. Susu kapur yang diberikan memiliki dosis $2^{\circ}be - 3^{\circ}Be$, hal ini dilakukan agar proses pencampuran dengan nira dapat terjadi dengan mudah, mengingat suhu reaksi pencampurannya masih rendah.

III.4 Pemurnian Nira

Menurut Honig, tebu tersusun dari berbagai zat diantaranya: *Sucrose, glucose, fructose*, gula invert, zat tepung, bahan serabut, *pectin*, asam organik, zat lilin, bahan warna (*klorofil, xantofil, karoten*), bahan yang mengandung unsur *nitrogen* dan abu (*K, Na, Ca, Mg, P, S, Cl, SiO₂*). Nira mentah yang dihasilkan dari proses pemerahan tebu di stasiun gilingan masih mengandung berbagai macam komponen selain gula (sukrosa) atau kotoran yang tidak diharapkan dalam proses pembuatan gula, komponen tersebut sebagian besar terbawa langsung oleh tebu dan ikut terperah pada saat proses penggilingan. Secara umum nira mentah tersusun dari komponen berikut:

- a) Air
- b) Brix
- c) Pol (gula)
- d) Bukan gula (kotoran).

Setelah diketahui komponen yang terdapat pada nira mentah, maka komponen bukan gula (sukrosa) yang tidak diharapkan harus dihilangkan, baik komponen bukan gula yang berbentuk senyawa organik maupun anorganik, baik kasar/padatan hingga molekuler yang terdapat dalam nira mentah, meskipun dalam pelaksanaannya belum dapat dihilangkan secara sempurna, khususnya kotoran-kotoran yang terlarut dan melayang. Proses penghilangan dan pemisahan senyawa-senyawa bukan gula ini disebut Pemurnian Nira. Sasaran proses pemurnian adalah menghilangkan kotoran, koloid, dan unsur bukan gula yang terkandung dalam nira sebanyak-banyaknya tanpa menimbulkan kehilangan/kerusakan gula, sehingga diperoleh hasil nira jernih yang baik. Perlu diperhatikan bahwa dalam proses pemurnian yang terpenting adalah menghindari terurainya *sukrosa* dan *monosakarida* pada nira yang disebabkan oleh pengaruh suhu, pH, dan waktu. Di dalam mengendalikan proses pemurnian nira, ketiga

faktor tersebut diharapkan tidak terjadi dalam keadaan ekstrim secara bersamaan.

Di PT. Industri Gula Glenmore proses penghilangan kotoran dalam proses pemurnian dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

1) Cara *Fisis*

Yaitu sebuah proses pemurnian yang dilaksanakan dengan cara memisahkan kotoran dan bukan gula yang tidak larut, berupa ampas halus, pasir, kerikil dengan pengendapan (*sedimentasi*), dan cara penapisan (*filtrasi*).

2) Cara *Chemis*

Proses pemurnian ini secara khusus bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang larut seperti garam-garam anorganik (*K, Na, Ca*) dan senyawa-senyawa asam. Penghilangan kotoran secara *chemis* dilakukan dengan cara menambahkan suatu bahan kimia yang dapat bereaksi dengan nira dan memberikan efek pemurnian pada nira mentah. Diharapkan dengan penambahan bahan kimia pada nira dapat bereaksi dengan komponen bukan gula dan membentuk endapan *incompressible* yang tidak larut dalam air, sehingga mudah dipisahkan dengan cara *fisis* (pengendapan dan penapisan).

3) Cara *Fisis-Chemis*

Proses penghilangan komponen bukan gula yang melayang-layang seperti koloid, protein, lilin, dan lainnya dengan cara melewati titik *isoelektris* (titik netral) masing-masing komponen bukan gula dengan menggunakan kombinasi pengaturan suhu dan pH, sehingga akan terjadi proses absorpsi dan pengendapan (*sedimentasi*). Proses absorpsi yaitu kemampuan suatu bahan untuk dapat menarik benda-benda lain disekitarnya ke permukaan benda tersebut dan membentuk endapan kotoran baru. Endapan yang terbentuk dari proses kimia akan menarik dan menyerap komponen partikel-partikel kecil disekitarnya sehingga ikut turun mengendap bersama endapan yang telah terbentuk (*sedimentasi*).

Mutu proses pemurnian dinilai dari:

- a) Pemisahan bukan gula = efek pemurnian (12-15%)
- b) ΔHK_{CJ-WJ} (1-1,5 %)
- c) *Turbidity* (<100 NTU)
- d) Kadar fosfat nira (250-300 ppm)
- e) Kadar CaO *clear juice* (<1000 ppm)
- f) Be *milk of lime* (8-10 °Be)
- g) Dosis flokulan (3-4 ppm). Jika flokulan diberikan dengan dosis yang kurang maka flokulan tidak akan bereaksi atau tidak bisa mengikat *kalsium fosfat* yang berada didalam nira, sehingga endapan akan melayang dan sulit diendapkan.
- h) Pol blotong (<2 %)
- i) Kapasitas tercapai.

III.4.1 Operasi Pemurnian Nira

Proses pemurnian nira di PT. Industri Gula Glenmore dilakukan menggunakan cara *Defekasi Remelt Karbonatasi*. Cara ini terbagi menjadi dua sistem pemurnian yaitu:

a. *Defekasi*

Proses pemurnian menggunakan cara *defekasi* akan menghasilkan gula dengan kualitas HS (*Hoodsuiker*) atau biasa disebut dengan *Raw Sugar*. *Raw Sugar* inilah yang selanjutnya akan dilebur dan dimurnikan kembali dengan cara *Remelt Karbonatasi*. Proses *defekasi* dilakukan dengan menambahkan susu kapur $Ca(OH)_2$ yang bertujuan untuk menetralkan pH nira dan mengikat kotoran bukan gula pada nira dalam bentuk endapan $Ca_3(PO_4)_2$ sehingga menghasilkan nira jernih.

b. *Remelt Karbonatasi*

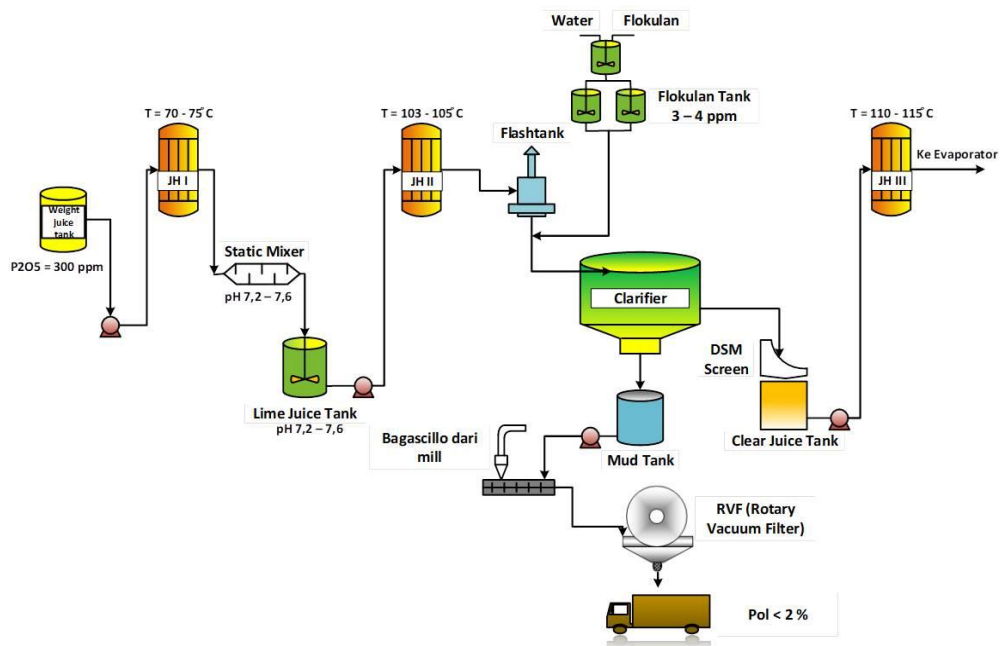
Proses pemurnian dengan cara *Remelt Karbonatasi* merupakan proses pemurnian lanjutan yang terjadi pada gula mentah, dimana gula mentah atau *Raw Sugar* akan dilebur kembali (*remelting*) dan dimurnikan dengan cara *Karbonatasi* sehingga menghasilkan *clear liquor* yang siap untuk

dikristalkan, sehingga didapatkan gula kristal putih premium yang memiliki kadar warna 80-300 ICUMSA. Untuk proses *Remelt Katrbonatasi* akan dijelaskan lebih dalam pada bab pembahasan yang berbeda.

Proses pemurnian di PT. IGG dimulai dari nira mentah yang sudah tersaring yang ada di tanki nira mentah diberi tambahan fosfat. Penambahan fosfat yang diberikan dengan dosis 250-300 ppm (40-100 karung/shift). Penambahan fosfat bertujuan untuk mempermudah/membantu Ca(OH)_2 untuk membentuk inti endapan. Setelah nira ditimbang dan berada di *weighed juice tank*, nira akan masuk ke *juice heater I* untuk dilakukan pemanasan hingga suhu 75°C . Pemanasan nira di *juice heater I* bertujuan untuk membunuh kuman/bakteri yang ada di dalam nira. Setelah dari *juice heater I* nira akan diberikan susu kapur Ca(OH)_2 8-10°Be sampai dengan pH 7,2-7,6. Pemberian susu kapur berlangsung di *Static Mixer*, setelah dari *static mixer* nira akan masuk ke *Lime Juice Tank* dimana terdapat *buffle* yang bertujuan untuk mengaduk nira, sehingga dapat mempercepat reaksi antara nira dengan susu kapur. Kemudian nira akan dialirkan ke *juice heater II* untuk dipanaskan kembali hingga suhu $100-105^\circ\text{C}$, hal ini bertujuan untuk menyempurnakan reaksi antara nira dengan susu kapur, menurunkan viskositas nira, serta mengeluarkan gas-gas yang terlarut dalam nira sehingga tidak mengganggu proses pengendapan di alat pengendapan (*Clarifier*). Setelah dari *juice heater II* nira akan dialirkan menuju *flash tank* dengan tujuan untuk membuang gas-gas yang tidak dapat terembunkan serta uap air yang terbentuk akibat proses pemanasan. Di pipa *output flash tank*, nira akan ditambahkan larutan flokulan yang bertujuan untuk menciptakan proses *flokulasi* dan menghasilkan flok-flok endapan yang dapat mempercepat reaksi pengendapan, dalam kata lain flokulan bertujuan untuk mengikat inti-inti kotoran yang sudah terbentuk akibat berekasinya susu kapur dan fosfat sehingga berat jenis kotoran semakin bertambah, akibatnya kotoran-kotoran tersebut dapat terendapkan di *clarifier*. Di *clarifier*, endapan yang terbentuk akan mengendap sehingga dihasilkan nira jernih sebagai hasil utama proses pemurnian *defekasi* dan nira

kotor sebagai perwujudan dari endapan kotoran nira. Nira jernih akan dialirkan secara *overflow* menuju *DSM Screen* untuk disaring guna menghindari terikutnya nira kotor. Kemudian nira jernih akan diproses lebih lanjut di St. Penguapan untuk mengurangi kadar airnya.

Nira kotor hasil pengendapan di *clarifier* akan ditapis untuk didapatkan nira yang masih memiliki kandungan gula cukup tinggi. Sebelum proses penapisan, nira kotor dipompa masuk ke *mud mixer* untuk dicampur dengan ampas halus (*bagassilo*). Ampas halus yang ditambahkan pada nira kotor berfungsi sebagai media penapis yang dapat memperkecil pori-pori permukaan penapisan di *RVF (Rotary Vacuum Filter)*, sehingga diperoleh nira tapis atau nira filtrat yang masih mengandung gula dengan kualitas baik. Nira filtrat ini akan dikembalikan ke *weight juice tank*.



Gambar 16. PFD Stasiun Pemurnian (*Defekasi*)

III.4.2 Tinjauan Alat di Proses Pemurnian

III.4.2.1 Alat Ukur Aliran Nira

Nira mentah yang dihasilkan oleh stasiun gilingan ditimbang terlebih dahulu sebelum diproses di stasiun pemurnian, tujuan penimbangan ini untuk mengetahui berat nira mentah yang masuk ke

dalam proses sekaligus sebagai data untuk perhitungan pengawasan proses pengolahan. Di PT. IGG nira tidak ditimbang melainkan diukur aliran niranya dengan *magnetic flow meter*. *Magnetic flow meter* akan mengukur volume nira mentah yang mengalir melalui pipa kemudian dikonversikan kedalam satuan massa nira mentah. Hasil pengukuran nira mentah akan disebut sebagai *weigh juice*.

Berikut spesifikasi dari *magnetic flow meter*:

Tabel 13. Spesifikasi *Magnetic Flow Meter*

Item	Unit	Spesifikasi
Type		<i>Magnetic</i>
Kapasitas	M ³ /jam	0-400
Diameter pipa	inchi	12
Kelengkapan		Indikator digital, <i>totalizing meter</i> .

III.4.2.2 Juice Heater

Juice Heater atau Pemanas Nira adalah suatu alat pemanas yang berfungsi mentransfer panas (*kalor*) dari bahan pemanas (uap) melalui bidang pemanas ke bahan yang dipanaskan (nira). Alat pemanas ini berfungsi untuk memanaskan nira mentah hingga suhu tertentu.

Sesuai dengan Hukum Termodinamika 2 ”*Kalor mengalir secara spontan dari benda bersuhu tinggi menuju benda yang bersuhu lebih rendah, dan panas tidak dapat mengalir secara spontan dari benda bersuhu rendah menuju benda bersuhu lebih tinggi.*”, maka kalor yang dimiliki oleh uap pemanas akan ditransfer ke nira melalui bidang pipa nira (*tube*). Proses transfer panas berjalan secara kontinue dimana nira bersirkulasi melalui sekat-sekat sirkulasi (kompartemen) yang berada dalam alat pemanas. Pada waktu nira mengalir ke bawah disebut perjalanan nira 1 Pass dan pada waktu nira mengalir ke atas juga disebut perjalanan nira 1 Pass. Pada waktu nira mengalir kebawah lalu ke atas disebut perjalanan nira dalam 1 Sirkulasi (*1 sirkulasi = 2 Pass*).

PT. IGG memiliki 3 unit *juice heater*, yaitu :

1) *Juice Heater I*

Proses pemanas pendahuluan di JH I merupakan proses pemanasan nira mentah sampai dengan suhu 70-75°C yang terdiri dari 3 unit yaitu I A/B/C. Uap yang digunakan berasal dari uap bleeding evaporator badan II, III, dan IV. Tujuan pemanasan ini yakni:

- a) Memenuhi sasaran suhu nira sebagai bentuk persiapan reaksi defekasi pada nira, agar reaksi defekasi pada proses pemurnian dapat berjalan dengan optimal dan cepat.
- b) Mematikan dan menghambat perkembangan mikroba, bakteri, dan jasad renik.
- c) Menggumpalkan senyawa putih telur, protein, dan unsur *Fe* serta *Al*. Pada suasana pH 5-7, *Fe* dan *Al* akan menggumpal menjadi $Fe(OH)_3$ dan $Al(OH)_3$ yang sukar larut pada air, dengan adanya penggumpalan ini diharapkan mampu meringankan proses absorpsi pada reaksi *defekasi*.
- d) Menurunkan viskositas nira mentah.

2) *Juice Heater II*

Proses pemanas pendahuluan di JH II merupakan proses pemanasan nira yang sudah diberi susu kapur sampai dengan suhu 100-105°C yang terdiri dari 3 unit yaitu II A/B/C. Uap yang digunakan yakni uap bleeding dari badan evaporator I dan II.

Tujuan proses pemanas pendahuluan II yakni:

- a) Memperbaiki dan menyempurnakan reaksi penggaraman terutama penggaraman *phosphate*.



- b) Mengekspansikan gas-gas (udara) yang terlarut dalam nira agar mudah keluar di bejana pengembang. Proses Pemanas Pendahuluan II yang diikuti oleh proses pengeluaran udara dalam bejana pengembang (*Flah Tank*) sangat efektif dalam mengeluarkan gas-gas yang terlarut dalam nira, dimana gas-gas udara dapat

mengganggu proses pengendapan karena memiliki arah gerakan yang naik ke atas (*floating*).

- c) Menggumpalkan *nitrogen* yang ada pada nira, dimana *nitrogen* akan menggumpal pada temperature tinggi sehingga dapat dengan mudah diendapkan.
- d) Menurunkan viskositas nira, sehingga membantu meningkatkan kecepatan pengendapan.

3) *Juice heater III*

Proses pemanas pendahuluan di JH III merupakan proses pemanasan nira jernih/nira encer sampai dengan suhu 105-110°C yang terdiri dari 2 unit yaitu III A/B. Tujuannya untuk menaikkan titik didih nira agar mempermudah penguapan di badan evaporator. Uap yang digunakan untuk proses pemanasan ini yakni uap bekas.

Transfer panas pada *juice heater* dipengaruhi beberapa faktor yaitu:

1) Koefisien perpindahan panas, terdiri dari:

a) Pemanas

Meliputi setum, permukaan pipa, adanya air embun, gas tidak terembunkan, dan kerak.

b) Logam pipa

Bahan logam yang dipakai dan koefisien konduktivitasnya.

c) Nira

Meliputi kecepatan aliran nira, pengaturan tekanan, sifat nira (panas jenis) dan adanya kerak.

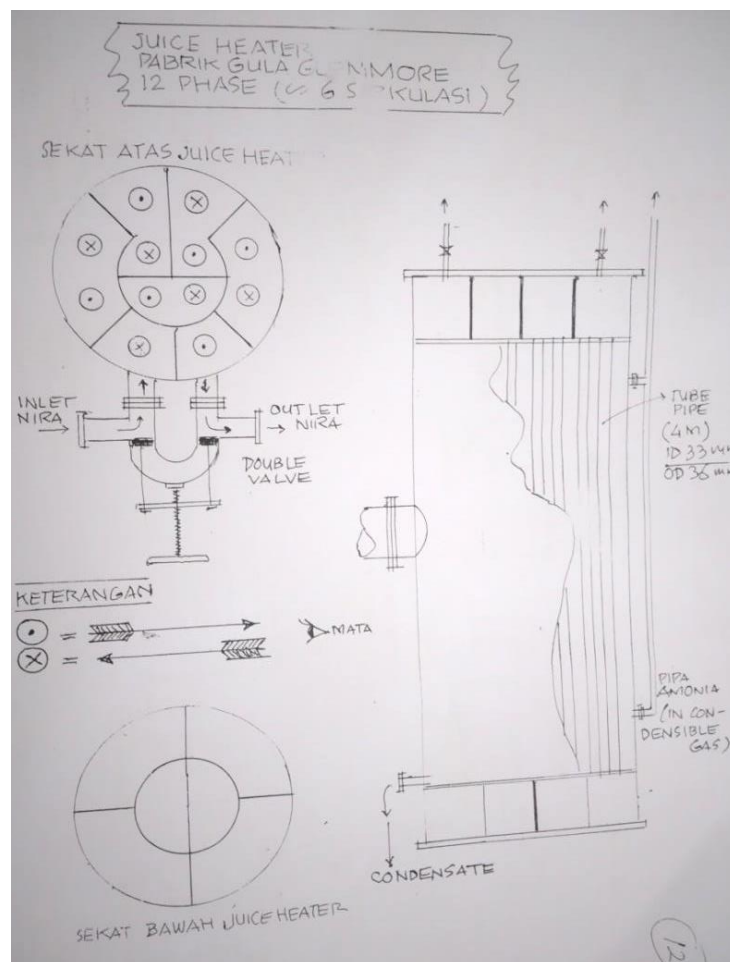
2) Luas bidang pemanas

Luas bidang pemanas adalah luas suatu bidang penghantar panas terhadap suatu cairan yang bersentuhan langsung dengan bidang tersebut. Pada *juice heater* luas bidang pemanasnya adalah luas permukaan dalam pipa nira (*tube*) *juice heater* dikalikan jumlah pipa nira dalam satu badan *juice heater*.

- 3) Selisih suhu antara pemanas dengan bahan yang dipanaskan
Yaitu selisih suhu (ΔT) antara bahan pemanas (uap) dengan bahan yang akan dipanaskan (nira).

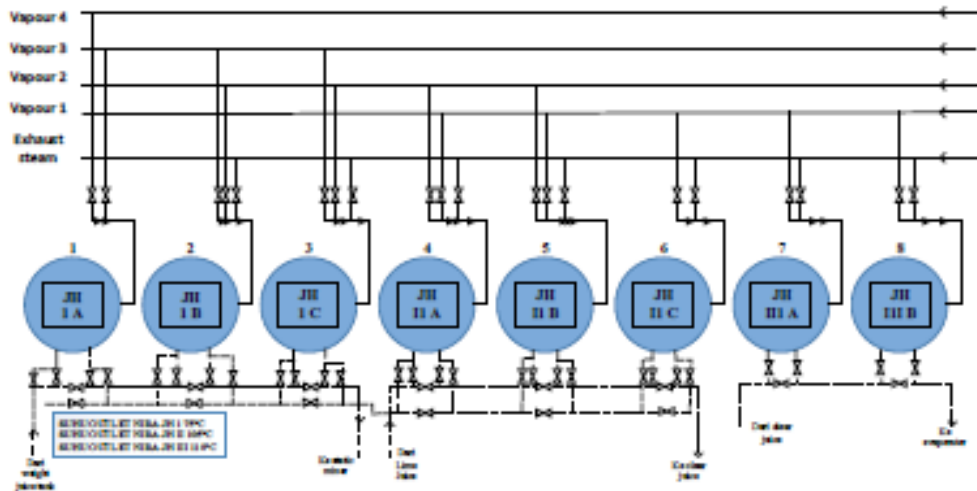
Berikut ini beberapa hal yang dapat menghambat proses transfer panas pada operasional *juice heater* yaitu:

- 1) Terjadinya pergerakan baik disisi nira maupun disisi pemanas
- 2) Pengeluaran air kondens yang tidak lancar
- 3) Adanya gelembung-gelembung gas pada nira yang mengakibatkan transfer panas terganggu.



Gambar 17. *Juice Heater*

Berikut adalah alur uap yang digunakan di *juice heater*:



Gambar 18. Alur Uap di *Juice Heater*

Berikut spesifikasi alat *juice heater*:

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah: <i>Juice Heater I</i> <i>Juice Heater II</i> <i>Juice Heater III</i>	Unit	3 (IA, IB, IC) 3 (IIA, IIB, IIC) 2 (IIIA, IIIB)
Manufacture		PT. Weltes Energi
Kapasitas	TCH	365
Tipe		Vertical cylindrical, shell & tube juice heater
Dimensi, dia. × H	mm	1650 × 5290
Size of tube	mm	36 OD × 4500 LG × 1,5 THK
Heating surface : <i>Juice Heater I & II</i> <i>Juice Heater III</i>	m ²	325 (masing-masing) 240 (masing-masing)
No. of tube : <i>Juice Heater I & II</i> <i>Juice Heater III</i>	tubes	708 552
Tube passes	pass	12
Material : Shell Nozzle		Mild shell Carbon shell

Tabel 14. Spesifikasi *Juice Heater*

Perhitungan Luas Bidang *Juice Heater*/Pemanas Pendahuluan

Juice Heater IA

Diketahui:

$$\text{Kapasitas Giling} = 6000 \text{ TCD}$$

$$\text{NM \% Tebu} = 105\%$$

$$\text{Nira Tapis \% Tebu} = 10\%$$

$$\% \text{ brix nira mentah} = 11\%$$

$$\text{T. uap pemanas} = 95^\circ\text{C (Uni 3)}$$

$$\text{T. nira masuk} = 30^\circ\text{C}$$

$$\text{T. nira keluar} = 45^\circ\text{C}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas giling tiap jam} &= 6000 \text{ TCD} \div 22 \\ &= 272,73 \text{ TCH} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat nira mentah} &= \text{NM \% Tebu} \times \text{Kapasitas giling} \\ &= 105\% \times 272,73 \text{ TCH} \\ &= 286,37 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat nira tapis} &= \text{Nira tapis \% tebu} \times \text{Kapasitas giling} \\ &= 10\% \times 272,73 \text{ TCH} \\ &= 27,27 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat nira total (p)} &= \text{berat nira mentah} + \text{berat nira tapis} \\ &= 286,37 + 27,27 \\ &= 313,64 \text{ ton/jam} \\ &= 313640 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit nira yang diolah (Q)} &= \text{Berat nira total} \div \text{massa jenis nira} \\ &= 313,64 \div 1,05 \\ &= 298,7 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0823 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Luas penampang tiap pass apabila diameter pipa nira 33 mm dan jumlah pipa dalam pemanas 708 buah.

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times \text{Jumlah pipa dalam satu kompartemen}$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,033)^2 \times (708 \div 12)$$

$$A = 0,051 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran nira (v)} &= Q \div A \\ &= 0,0823 \div 0,051 \\ &= 1,61 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien perpindahan panas (k)} &= 1,009 \times T (4,9987 + v) \\ &= 1,009 \times 95 (4,9987 + 1,61) \\ &= 633,476 \text{ kcal/m}^2/\text{jam}/^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panas jenis nira (c)} &= 1 - 0,006 \times \text{brix nira} \\ &= 1 - 0,006 \times 11 \\ &= 0,934 \text{ kcal/kg}/^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Maka, kebutuhan luas pemanas JH IA:

$$LP = \frac{p \times c}{k} \ln \frac{T - T_0}{T - T_1}$$

$$LP = \frac{313640 \times 0,934}{633,476} \ln \frac{95-30}{95-45}$$

$$LP = 281,97 \text{ m}^2$$

Juice Heater IB

Diketahui:

$$\text{Kapasitas Giling} = 6000 \text{ TCD}$$

$$\text{NM \% Tebu} = 105\%$$

$$\text{Nira Tapis \% Tebu} = 10\%$$

$$\text{\% brix nira mentah} = 11\%$$

$$\text{T. uap pemanas} = 105^\circ\text{C (Uni 2)}$$

$$\text{T. nira masuk} = 45^\circ\text{C}$$

$$\text{T. nira keluar} = 75^\circ\text{C}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas giling tiap jam} &= 6000 \text{ TCD} \div 22 \\ &= 272,73 \text{ TCH}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat nira mentah} &= \text{NM \% Tebu} \times \text{Kapasitas giling} \\ &= 105\% \times 272,73 \text{ TCH} \\ &= 286,37 \text{ ton/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat nira tapis} &= \text{Nira tapis \% tebu} \times \text{Kapasitas giling} \\ &= 10\% \times 272,73 \text{ TCH} \\ &= 27,27 \text{ ton/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat nira total (p)} &= \text{berat nira mentah} + \text{berat nira tapis} \\ &= 286,37 + 27,27 \\ &= 313,64 \text{ ton/jam} \\ &= 313640 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Debit nira yang diolah (Q)} &= \text{Berat nira total} \div \text{massa jenis nira} \\ &= 313,64 \div 1,05 \\ &= 298,7 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0823 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Luas penampang tiap pass apabila diameter pipa nira 33 mm dan jumlah pipa dalam pemanas 708 buah.

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times \text{Jumlah pipa dalam satu kompartemen}$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,033)^2 \times (708 \div 12)$$

$$A = 0,051 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan aliran nira (v)} &= Q \div A \\ &= 0,0823 \div 0,051 \\ &= 1,61 \text{ m/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Koefisien perpindahan panas (k)} &= 1,009 \times T (4,9987 + v) \\
&= 1,009 \times 105 (4,9987 + 1,61) \\
&= 700,158 \text{ kcal/m}^2/\text{jam}/^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Panas jenis nira (c)} &= 1 - 0,006 \times \text{brix nira} \\
&= 1 - 0,006 \times 11 \\
&= 0,934 \text{ kcal/kg}/^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

Maka, kebutuhan luas pemanas JH IB:

$$\begin{aligned}
\text{LP} &= \frac{p \times c}{k} \ln \frac{T - T_0}{T - T_1} \\
\text{LP} &= \frac{313640 \times 0,934}{700,158} \ln \frac{105 - 45}{105 - 75} \\
\text{LP} &= 290,01 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi alat yang terpasang, luas pemanas JH I di PT. IGG sudah mencukupi kapasitas 6000 TCD yang masih bisa diekspansi menjadi 8000 TCD.

Juice Heater IIA

Diketahui:

$$\begin{aligned}
\text{Kapasitas Giling} &= 6000 \text{ TCD} \\
\text{NM \% Tebu} &= 105\% \\
\text{Nira Tapis \% Tebu} &= 10\% \\
\% \text{ brix nira mentah} &= 11\% \\
\text{T. uap pemanas} &= 105^\circ\text{C (Uni 2)} \\
\text{T. nira masuk} &= 75^\circ\text{C} \\
\text{T. nira keluar} &= 90^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
\text{Kapasitas giling tiap jam} &= 6000 \text{ TCD} \div 22 \\
&= 272,73 \text{ TCH}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat nira mentah} &= \text{NM \% Tebu} \times \text{Kapasitas giling} \\
&= 105\% \times 272,73 \text{ TCH} \\
&= 286,37 \text{ ton/jam} \\
\\
\text{Berat nira tapis} &= \text{Nira tapis \% tebu} \times \text{Kapasitas giling} \\
&= 10\% \times 272,73 \text{ TCH} \\
&= 27,27 \text{ ton/jam} \\
\\
\text{Berat nira total (p)} &= \text{berat nira mentah} + \text{berat nira tapis} \\
&= 286,37 + 27,27 \\
&= 313,64 \text{ ton/jam} \\
&= 313640 \text{ kg/jam} \\
\\
\text{Debit nira yang diolah (Q)} &= \text{Berat nira total} \div \text{massa jenis nira} \\
&= 313,64 \div 1,05 \\
&= 298,7 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 0,0823 \text{ m}^3/\text{s}
\end{aligned}$$

Luas penampang tiap pass apabila diameter pipa nira 33 mm dan jumlah pipa dalam pemanas 708 buah.

$$\begin{aligned}
A &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times \text{Jumlah pipa dalam satu kompartemen} \\
A &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,033)^2 \times (708 \div 12) \\
A &= 0,051 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kecepatan aliran nira (v)} &= Q \div A \\
&= 0,0823 \div 0,051 \\
&= 1,61 \text{ m/s}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Koefisien perpindahan panas (k)} &= 1,009 \times T (4,9987 + v) \\
&= 1,009 \times 105 (4,9987 + 1,61) \\
&= 700,158 \text{ kcal/m}^2/\text{jam}/^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panas jenis nira (c)} &= 1 - 0,006 \times \text{brix nira} \\
 &= 1 - 0,006 \times 11 \\
 &= 0,934 \text{ kcal/kg/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Maka, kebutuhan luas pemanas JH IIA:

$$\begin{aligned}
 LP &= \frac{p \times c}{k} \ln \frac{T - T_0}{T - T_1} \\
 LP &= \frac{313640 \times 0,934}{700,158} \ln \frac{105 - 75}{105 - 90} \\
 LP &= 290,01 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Juice Heater IIB

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Giling} &= 6000 \text{ TCD} \\
 \text{NM \% Tebu} &= 105\% \\
 \text{Nira Tapis \% Tebu} &= 10\% \\
 \text{\% brix nira mentah} &= 11\% \\
 \text{T. uap pemanas} &= 113^\circ\text{C (Uni 1)} \\
 \text{T. nira masuk} &= 90^\circ\text{C} \\
 \text{T. nira keluar} &= 105^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas giling tiap jam} &= 6000 \text{ TCD} \div 22 \\
 &= 272,73 \text{ TCH}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat nira mentah} &= \text{NM \% Tebu} \times \text{Kapasitas giling} \\
 &= 105\% \times 272,73 \text{ TCH} \\
 &= 286,37 \text{ ton/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat nira tapis} &= \text{Nira tapis \% tebu} \times \text{Kapasitas giling} \\
 &= 10\% \times 272,73 \text{ TCH} \\
 &= 27,27 \text{ ton/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat nira total (p)} &= \text{berat nira mentah} + \text{berat nira tapis} \\
&= 286,37 + 27,27 \\
&= 313,64 \text{ ton/jam} \\
&= 313640 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Debit nira yang diolah (Q)} &= \text{Berat nira total} \div \text{massa jenis nira} \\
&= 313,64 \div 1,05 \\
&= 298,7 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 0,0823 \text{ m}^3/\text{s}
\end{aligned}$$

Luas penampang tiap pass apabila diameter pipa nira 33 mm dan jumlah pipa dalam pemanas 708 buah.

$$\begin{aligned}
A &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times \text{Jumlah pipa dalam satu kompartemen} \\
A &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,033)^2 \times (708 \div 12) \\
A &= 0,051 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kecepatan aliran nira (v)} &= Q \div A \\
&= 0,0823 \div 0,051 \\
&= 1,61 \text{ m/s}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Koefisien perpindahan panas (k)} &= 1,009 \times T (4,9987 + v) \\
&= 1,009 \times 113 (4,9987 + 1,61) \\
&= 753,504 \text{ kcal/m}^2/\text{jam}/^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Panas jenis nira (c)} &= 1 - 0,006 \times \text{brix nira} \\
&= 1 - 0,006 \times 11 \\
&= 0,934 \text{ kcal/kg}/^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

Maka, kebutuhan luas pemanas JH IIB:

$$\begin{aligned}
\text{LP} &= \frac{p \times c}{k} \ln \frac{T - T_0}{T - T_1} \\
\text{LP} &= \frac{313640 \times 0,934}{753,504} \ln \frac{113 - 90}{113 - 105} \\
\text{LP} &= 410,56 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi alat yang terpasang, luas pemanas JH IIA di PT. IGG sudah mencukupi kapasitas 6000 TCD yang bisa diekspansi menjadi 8000 TCD. Namun, untuk JH IIB belum mencukupi kapasitas. Hal ini akan mengakibatkan suhu nira yang keluar dari JH II tidak sesuai dengan angka pengawasan yakni 105°C.

Juice Heater III

Diketahui:

Kapasitas giling	=	6000 TCD
NM % Tebu	=	105%
Nira tapis % tebu	=	10%
Blotong % tebu	=	3,5%
% brix NM	=	11%
% brix NE	=	13%
T. uap pemanas	=	120°C
T. nira masuk	=	105°C
T. nira keluar	=	110°C

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas giling tiap jam} &= 6000 \text{ TCD} \div 22 \\ &= 272,73 \text{ TCH} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat nira mentah} &= \text{NM \% Tebu} \times \text{Kapasitas giling} \\ &= 105\% \times 272,73 \text{ TCH} \\ &= 286,37 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat nira tapis} &= \text{Nira tapis \% tebu} \times \text{Kapasitas giling} \\ &= 10\% \times 272,73 \text{ TCH} \\ &= 27,27 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat blotong} &= \text{Blotong \% tebu} \times \text{Kapasitas giling} \\ &= 3,5\% \times 272,73 \text{ TCH} \\ &= 9,55 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat nira yang diolah (p)} &= \text{Berat NM} + \text{Berat nira tapis} - \text{Berat} \\
&\quad \text{Blotong} \\
&= 286,37 + 27,27 - 9,55 \\
&= 304,09 \text{ ton/jam} \\
&= 304090 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Debit nira yang diolah (Q)} &= \text{Berat nira yang diolah} \div \text{massa jenis} \\
&\quad \text{nira} \\
&= 304,09 \div 1,05 \\
&= 289,61 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 0,08 \text{ m}^3/\text{s}
\end{aligned}$$

Luas penampang tiap pass apabila diameter pipa nira 33 mm dan jumlah pipa dalam pemanas 552 buah.

$$\begin{aligned}
A &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times \text{Jumlah pipa dalam satu kompartemen} \\
A &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,033)^2 \times (552 \div 12) \\
A &= 0,039 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kecepatan aliran nira (v)} &= Q \div A \\
&= 0,08 \div 0,039 \\
&= 2,05 \text{ m/s}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Koefisien perpindahan panas (k)} &= 1,009 \times T (4,9987 + v) \\
&= 1,009 \times 120 (4,9987 + 2,05) \\
&= 853,457 \text{ kcal/m}^2/\text{jam}/^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Panas jenis nira (c)} &= 1 - 0,006 \times \text{brix nira encer} \\
&= 1 - 0,006 \times 13 \\
&= 0,922 \text{ kcal/kg}/^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

Maka, kebutuhan luas pemanas JH III:

$$\begin{aligned}LP &= \frac{p \times c}{k} \ln \frac{T - T_0}{T - T_1} \\LP &= \frac{304090 \times 0,922}{853,457} \ln \frac{120 - 105}{120 - 110} \\LP &= 133,2 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi alat yang terpasang, luas pemanas JH III di PT. IGG sudah mencukupi kapasitas 600 TCD yang bisa diekspansi menjadi 8000 TCD. Sehingga, angka pengawasan dapat tercapai yakni suhu nira keluar 110°C.

Perhitungan Kebutuhan Uap Pemanas *Juice Heater*

Juice Heater I

Diketahui:

Berat nira yang dipanaskan (Qn)	= 313640 kg/jam
Panas jenis nira yang dipanaskan (c)	= 0,934 kcal/kg/°C
T. awal nira (t ₁)	= 30°C
T. akhir nira (t ₂)	= 75°C
T. uap pemanas	= 102°C
Panas laten media pemanas (pl)	= 537,609 kcal/kg (dari steam tabel)

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan uap} &= \frac{Qn \times c \times (t_2 - t_1)}{pl} \\&= \frac{313640 \times 0,934 \times (75 - 30)}{537,609} \\&= 24520,21 \text{ kg/jam} \\&= 24,52021 \text{ ton/jam}\end{aligned}$$

Juice Heater II

Diketahui:

Berat nira yang dipanaskan (Qn)	=	313640 kg/jam
Panas jenis nira yang dipanaskan (c)	=	0,934 kcal/kg/°C
T. awal nira (t ₁)	=	75°C
T. akhir nira (t ₂)	=	105°C
T. uap pemanas	=	109°C
Panas laten media pemanas (pl)	=	533,081 kcal/kg (dari steam tabel)

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan uap} &= \frac{Qn \times c \times (t_2 - t_1)}{pl} \\ &= \frac{313640 \times 0,934 \times (105 - 75)}{533,081} \\ &= 16485,66 \text{ kg/jam} \\ &= 16,48566 \text{ ton/jam}\end{aligned}$$

Juice Heater III

Diketahui:

Berat nira yang dipanaskan (Qn)	=	304090 kg/jam
Panas jenis nira yang dipanaskan (c)	=	0,922 kcal/kg/°C
T. awal nira (t ₁)	=	105°C
T. akhir nira (t ₂)	=	110°C
T. uap pemanas	=	120°C
Panas laten media pemanas (pl)	=	525,828 kcal/kg (dari steam tabel)

Penyelesaian:

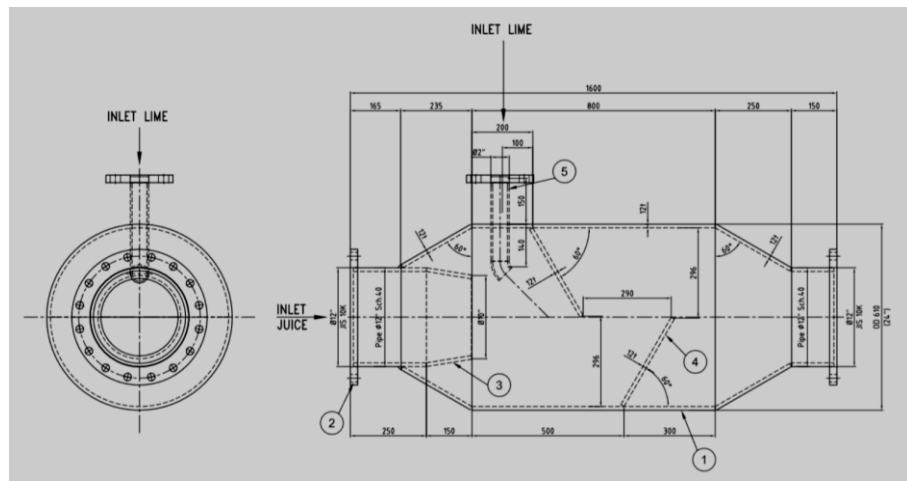
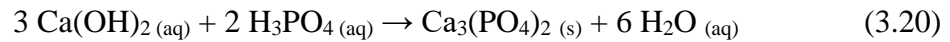
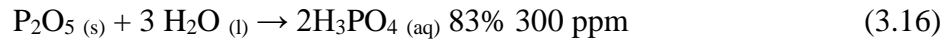
$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan uap} &= \frac{Qn \times c \times (t_2 - t_1)}{pl} \\ &= \frac{304090 \times 0,922 \times (110 - 105)}{525,828} \\ &= 2665,995 \text{ kg/jam} \\ &= 2,66599 \text{ ton/jam}\end{aligned}$$

Cara memulai kerja *juice heater* ini dengan dipanaskan terlebih dahulu badan *juice heater* dengan uap pemanas sebelum nira masuk untuk dipanaskan. Adapun hasil kerja *juice heater* di PT. IGG kurang optimal, karena JH II dan JH III masih belum bisa mencapai SOP atau angka pengawasan suhu outlet nira. Pembersihan kerak pada pipa *juice heater* di PT. IGG dilakukan skrap manual dengan metode mekanik dengan penambahan soda kaustik secara rutin dan bergantian, setiap hari selalu ada yang diskrap baik JH I, II, dan III.

III.4.2.3 Static Mixer Defecation

Langkah pertama proses pemurnian adalah menghilangkan asam pada nira, yaitu dengan menetralkan asam tersebut dengan menambahkan basa, sehingga diperlukan tambahan bahan pembantu proses berupa susu kapur 8-10 °Be. Langkah selanjutnya adalah penetralan koloid (penggumpalan koloid). Umumnya koloid dalam nira juga bermuatan negatif dan umumnya titik isoelektris koloid ini berada pada pH yang lebih tinggi dari pH nira mentah, untuk mencapainya maka diperlukan kenaikan pH. Proses reaksi akan terjadi bila reaktan (unsur yang bereaksi) bertemu atau bertumbukan, maka salah satu syarat yang harus dipenuhi adalah harus mampu menciptakan pencampuran yang baik antara kapur dengan nira sehingga penetralan dan penggumpalan koloid dapat terjadi dengan maksimal. Untuk dapat tercampur secara homogen alat ini dilengkapi dengan sekat-sekat, sehingga nira dengan susu kapur akan saling bertumbukan dan tercampur membuat homogenisasi nira lebih baik. *Static mixer* ini terletak setelah nira keluar dari *juice heater I* menuju *juice heater II*. Dari reaksi ini akan terbentuk garam anorganik yang mengendap (Ca-phospat) dan sekaligus akan mengikat butiran koloid.

Berikut reaksi kimia yang terjadi:



Gambar 19. *Static Mixer*

Berikut spesifikasi alat *static mixer*:

Tabel 15. Spesifikasi *Static Mixer*

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah	Unit	1
Type		<i>Static Mixer</i> (ventury)
Kapasitas	M ³ /jam	390
Dimensi	mm	610 (OD) × 1600 (L)
Material :		
Tabung silinder		SS 400
Element		Stainless stell

III.4.2.4 Lime Juice Tank

Merupakan tanki penampung nira yang sudah direaksikan dengan susu kapur di *static mixer*. Di tanki ini juga terdapat agitator atau *stirrer* untuk mengaduk nira dengan tujuan dapat mempercepat reaksi yang terjadi antara susu kapur dengan nira.

Berikut cara menghitung waktu tinggal di *lime juice tank*:

Diketahui:

Kapasitas giling	=	6000 TCD
NM % tebu	=	105% tebu
Massa jenis nira mentah	=	1 ton/m ³
Kapasitas <i>lime juice tank</i>	=	30 m ³

Penyelesaian:

$$\text{Kapasitas giling tiap jam} = \frac{6000}{22} = 272 \frac{\text{ton}}{\text{jam}}$$

$$\text{Berat nira mentah} = \text{NM \% tebu} \times \text{kapasitas giling} \quad (3.21)$$

$$\text{Berat nira mentah} = 105\% \times 272 \frac{\text{ton}}{\text{jam}}$$

$$\text{Berat nira mentah} = 285,6 \text{ ton/jam}$$

$$\text{Volume nira mentah} = \frac{\text{Berat nira mentah}}{\text{Massa jenis nira mentah}} \quad (3.22)$$

$$\text{Volume nira mentah} = \frac{285,6 \text{ ton/jam}}{1 \text{ ton/m}^3}$$

$$\text{Volume nira mentah} = 285,6 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Maka:

$$\text{Waktu tinggal} = \frac{\text{Kapasitas lime juice tank}}{\text{volume nira mentah}} \quad (3.23)$$

$$\text{Waktu tinggal} = \frac{30 \text{ m}^3}{285,6 \text{ m}^3/\text{jam}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 6,3 \text{ menit}$$

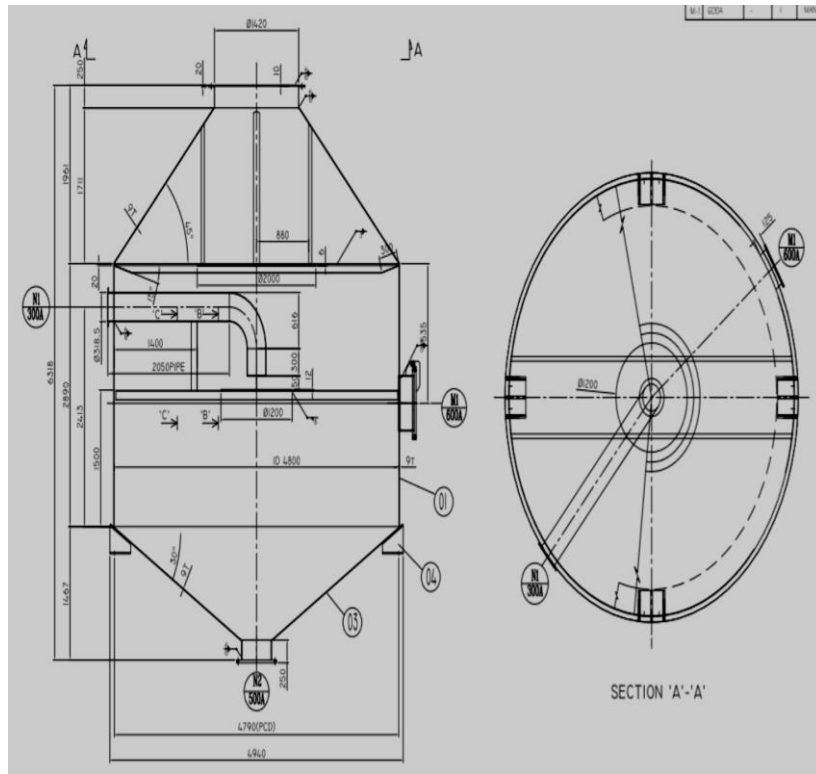
Berikut spesifikasi alat dari *lime juce tank*:

Tabel 16. Spesifikasi *Lime Juice Tank*

Item	Unit	Spesifikasi
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Type		Vertical Cylindrical Tank With Agitator
Jumlah		1
Volume	M ³	30
Dimensi : Diameter Tinggi	mm	3800 (ID) 3000 (H)
Material: Shell Bottom Top cover Stirrer shaft		SS 400 SS 400 SS 401 Carbon Steel
Drive: Geared motor, 4P	kW	5,5
Kecepatan putar: Agitator	rpm	50

III.4.2.5 *Flash Tank*

Bejana pengembang berfungsi untuk mengeluarkan gas-gas dalam nira dan pemberian flokulan. Dosis untuk penambahan flokulan adalah 2-3 ppm, sedangkan flokulan berfungsi untuk memperbesar diameter endapan sehingga akan mempercepat kotoran mengendap. *Flash tank* juga mengatur agar aliran nira masuk ke dalam peti pengendap menjadi aliran yang laminar/aliran tenang (mencegah turbulensi aliran). Gas-gas yang terdapat di dalam nira perlu dikeluarkan agar tidak mengganggu proses pengendapan, karena sifat dari udara akan mengarah ke permukaan sehingga harus di hilangkan sebelum masuk *clarifier*.



Gambar 20. *Flash Tank*

Berikut spesifikasi alat dari *flash tank*:

Tabel 17. Spesifikasi *Flash Tank*

Item	Unit	Spesifikasi
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Jumlah	unit	1
Type		Vertical Cyindrical Tank With Conical Top & Bottom
Volume	M ³ /jam	50
Dimensi	mm	4800 (ID) × 4500 (H)
Material		Carbon steel/SS 400

Perhitungan kapasitas *flashtank*:

Diketahui:

Dimensi = 4,8 m; maka Luas area (L) = 18,1 m²

Temperature nira masuk = 105°C

Temperature nira keluar = 97°C

Selisih temperature nira (Δt) = 8°C

Panas latent pada temperature 105°C = 535,6 kcal/kg

$$\text{Kapasitas flashtank } (w) = \frac{L \times \text{Panas Latent}}{4,186 \times \Delta t} \quad (3.24)$$

$$\text{Kapasitas flashtank } (w) = \frac{18,1 \times 535,6}{4,186 \times 8}$$

$$\text{Kapasitas flashtank } (w) = 289,5 \frac{\text{ton}}{\text{jam}} = 6958 \text{ TCD}$$

Jadi, kapasitas *flashtank* yang terpasang di PT. IGG tercapai untuk kapasitas giling 6000 TCD, namun apabila kapasitas diekspansi menjadi 8000 TCD maka *flashtank* tersebut masih kurang dari kapasitas.

III.4.2.6 *Single Tray Clarifier*

Peti pengendapan atau disebut *Clarifier* berfungsi untuk memisahkan kotoran yang ada didalam nira melalui proses pengendapan sehingga didapatkan nira jernih. Gumpalan kotoran dari nira yang masuk *Clarifier* akan mengendap karena terdapat perbedaan densitas antara gumpalan kotoran dan larutan nira, dengan adanya pengaruh gaya gravitasi maka gumpalan kotoran akan lebih mudah dan cepat dalam proses pengendapannya. Proses pengendapan bertujuan untuk memisahkan gumpalan-gumpalan endapan hasil reaksi defekasi dari larutan induk niranya. Hasil dari proses pengendapan ini yakni nira jernih dan nira kotor.

PT. IGG menggunakan peti pengendapan tipe *Single Tray Clarifier*. *Singe tray clarifier* memiliki *scraper* yang beroperasi pada kecepatan rotasi rendah (0,05 rpm) untuk menyingkirkan kotoran nira melayang yang sulit turun mengendap ke dasar *clarifier*, sehingga tidak menyumbat saluran nira jernih. Level ketinggian endapan nira kotor

diperiksa setiap jamnya. Kotoran yang mengendap akan dikeluarkan dari dasar *clarifier* dan akan ditampung dalam tangki penampung nira kotor untuk dipompa menuju *rotary vacuum filter*. Sementara itu, nira jernih akan *overflow* ke pipa pengeluaran nira jernih ke bak atau peti nira jernih menuju saringan nira jernih. Selanjutnya nira jernih akan dialirkan menuju stasiun penguapan. Untuk mendapatkan kecepatan pengendapan yang maksimal maka terdapat faktor/komponen yang perlu diperhatikan:

1) Diameter endapan

Gumpalan yang semakin besar akan semakin mudah mengendap, untuk memperbesar diameter endapan ditambahkan flokulan.

2) Densitas endapan

Semakin besar densitas endapan maka semakin cepat pula proses pengendapan. Hal ini tergantung jenis endapan dan keberhasilan proses serta komponen nira.

3) Viskositas nira

Semakin rendah viskositas nira semakin cepat proses pengendapan. Hal ini dapat diatasi dengan cara pengenceran nira.

4) Suhu nira

Semakin tinggi suhu nira maka densitas endapan yang terbentuk semakin tinggi, viskositas semakin rendah, dan gas terlarut dapat hilang keluar. Adanya gas (udara) memiliki kecenderungan keluar dari nira sehingga mengganggu pengendapan.

5) Bejana yang bergetar mengganggu ketenangan pengendapan, maka diletakan pada pondasi terpisah dari mesin penggerak yang ada di dalam pabrik.

6) Adanya isolator yang rusak pada dinding peti pengendap menyebabkan pancaran panas (kehilangan panas). Suhu nira dekat tempat-tempat ini akan lebih rendah dibanding nira ditengah bejana, perbedaan suhu mengakibatkan terjadi arus konveksi pada nira didalam peti pengendap sehingga ketenangan pengendapan akan terganggu.

Menurut Hukum Stokes, kecepatan pengendapan dirumuskan sebagai berikut:

$$V = \frac{g \times D^2 \times (\rho_e - \rho_n)}{18 \mu} \quad (3.25)$$

Dimana:

- V : Kecepatan pengendapan (cm/s)
- g : Gravitasi (cm/s²)
- D : Diameter partikel endapan (cm)
- ρ_e : Densitas partikel endapan (g/cm³)
- ρ_n : Densitas nira (g/cm³)

Volume *single tray clarifier* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = \frac{V \times \delta \times 22 \times 60}{t \times \varphi} \quad (3.26)$$

Dimana:

- Q : Kapasitas giling desain (TCD)
- V : Volume efektif peti pengendapan kontinyu (m³)
- δ : berat jenis nira mentah (kg/cm³)
- t : rata-rata waktu retensi (menit)
- φ : faktor pengaman (1,2)

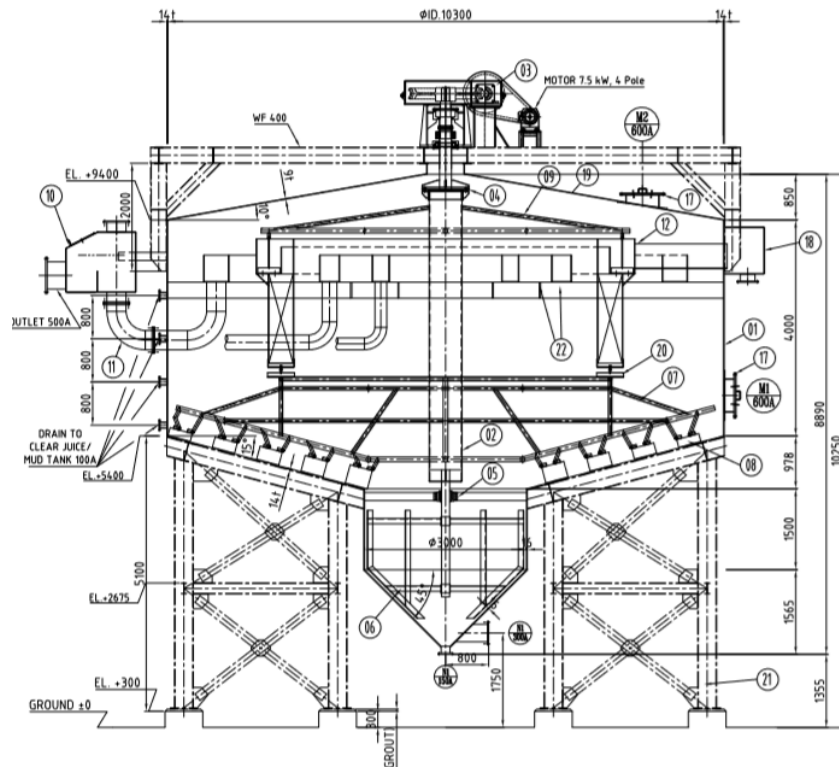
Di PT. IGG mempunyai kapasitas giling desain sebesar 6000 TCD yang bisa berekspansi menjadi 8000 TCD, berat jenis nira mentah sebesar 1,08 kg/cm³, sedangkan waktu tinggal nira mentah di *clarifier* sekitar 45 menit. Sehingga, dapat diketahui volume *clarifier* yang harus terpasang yakni:

$$V = \frac{Q \times t \times \varphi}{\delta \times 22 \times 60}$$

$$V = \frac{8000 \times 45 \times 1,2}{1,08 \times 22 \times 60}$$

$$V = 303 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa volume *clarifier* terpasang yang ada di PT. IGG sudah sesuai dengan kapasitas. Dimana volume terpasang di PT. IGG yakni 350m^3 .



Gambar 21. *Single Tray Clarifier*

Berikut spesifikasi alat dari *single tray clarifier*:

Item	Unit	Spesifikasi
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Jumlah	unit	1
Type		Continuous Trayless Clarifier
Kapasitas	m ³ /jam	350
Temperature clear juice	°C	98
Density clear juice	Kg/cm ³	1,080
Kecepatan overflow	mm/menit	68
Waktu tinggal	menit	45-60
Overall dimensi: Body	mm	10300 (D) × 10250 (H)
Mud boot	mm	10300 (D) × 4000 (H)
Volume total	m ³	350
Volume silinder mud boot	m ³	3000 (D) × 2100 (H) 15
Material: Shell Shaft		SS 400 Carbon steel
Kecepatan stirrer	Rpm	1,45/30 (0,048 ≈ 0,04 rpm)

Tabel 18. Spesifikasi *Single Tray Clarifier*

III.4.2.7 Rotary Vacuum Filter

Nira kotor yang dihasilkan oleh alat pengendap (*Single Tray Clarifier*) merupakan campuran yang terdiri dari nira jernih dan endapan yang sudah tidak dapat diendapkan lagi. Jumlah nira kotor berkisar antara 15-25% nira mentah. Kandungan gula pada nira kotor masih tinggi, sehingga perlu dilakukan pemisahan lanjut antara nira dengan endapan kotoran melalui proses *filtrasi* untuk mengambil sisa gula yang masih ada pada nira kotor.

Alat penapis yang digunakan di PT. IGG berupa *Rotary Vacuum Filter* (RVF) yang bekerja dengan prinsip filtrasi hampa udara. Dalam operasionalnya, nira kotor yang dihasilkan oleh *singley tray clarifier* akan ditambahkan ampas halus (*bagacillo*) sebanyak ¼ mill tebu yang

dilakukan di *Mud Mixer*. *Bagacillo* yang ditambahkan berfungsi sebagai pembantu media penapis yang dapat memperkecil pori-pori saringan penapis sehingga kotoran yang terikut ke filtrat dapat ditekan. Ampas halus yang ditambahkan berasal dari saringan ampas halus (ukuran 3 cm dan diameter 1 mm) yang diletakkan pada *conveyor* ampas menuju boiler. Untuk mencukupi jumlah kebutuhan ampas halus maka sebanyak 25-60% ampas gilingan dilewatkan saringan *conveyor*. Ampas halus ditarik dengan kipas (*fan blower*) lalu masuk ke *bagacillo cyclone* yang berada diatas bejana (*mud mixer*) . Ampas halus yang digunakan untuk campuran nira kotor memiliki ukuran \pm panjang 5 mm dan diameter 1 mm. Keberhasilan kinerja dari alat ini yaitu pol blotong yang dihasilkan <2%.

Rotary vacuum filter bekerja secara *continue* sehingga tidak diperlukan waktu untuk memasang dan membongkar saringan. Sistem kerja *rotary vacuum filter* menggunakan 3 ruang utama untuk proses penapisan yaitu :

1) Tempat Hampa Rendah (*Low Vacuum = 20 cmHg*)

Merupakan tempat pembentukan dan penebalan lapisan blotong pada silinder *vacuum filter*.

2) Tempat Hampa Tinggi (*High Vacuum = 40 cmHg*)

Merupakan tempat utama penghisapan nira yang terdapat pada blotong, tempat penambahan air cucian (seduhan), serta tempat pengeringan blotong dengan harapan memperkecil gula yang terikut blotong.

3) Tempat Tanpa Hampa (*Zero Vacuum = 0 cmHg*)

Merupakan tempat pelepasan blotong (disekrap).

Berikut spesifikasi alat dari *rotary vacuum filter*:

Tabel 19. Spesifikasi *Rotary Vacuum Filter*

Keterangan	Spesifikasi
Kebutuhan bagassilo	60%
Temperature mud	80°C
Luas tapis	86 m ²
Diameter	3,2 m
Panjang	8,5 m
Jumlah	2 unit
Putaran drum	0,2-0,5 rpm
Penggerak	Elektro motor
Kecepatan motor	1440/1740 rpm

Perhitungan jumlah blotong yang dihasilkan:

Diketahui:

Kapasitas giling = 6000 TCD

Diameter RVF = 3,2 m

Panjang RVF = 8,5 m

Tebal blotong = 1 cm/0,01 m

Massa jenis blotong = 1,5 ton/m³

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tapis} &= \pi \times \text{Diameter RVF} \times \text{Panjang RVF} & (3.27) \\
 &= 22/7 \times 3,2 \text{ m} \times 8,5 \text{ m} \\
 &= 85,485 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Siklus kerja RVF} &= \text{Luas tapis} \times \text{Tebal blotong} \times \text{Massa jenis blotong} & (3.28) \\
 &= 85,485 \text{ m}^2 \times 0,01 \text{ m} \times 1,5 \text{ ton/m}^3 \\
 &= 1,28 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Jika rpm RVF 0,5 rpm maka akan menghasilkan blotong:

$$0,5 \text{ rpm} \times 1,28 \text{ ton} = 0,64 \text{ ton/menit}$$

Setiap jamnya menghasilkan blotong:

$$60 \text{ menit} \times 0,64 \text{ ton/menit} = 38,4 \text{ ton/jam}$$

Setiap harinya bisa menghasilkan blotong:

$$24 \text{ jam} \times 38,4 \text{ ton/jam} = 921,6 \text{ ton/hari.}$$

III.4.3 Bahan Pembantu Proses Pemurnian

Bahan Pembantu Proses merupakan bahan yang digunakan untuk membantu atau menciptakan suatu proses tertentu dalam pemurnian nira, Syarat utama bahan pembantu proses pemurnian adalah :

- 1) Dapat memberikan efek pemurnian (menghilangkan kotoran)
- 2) Tidak merusak gula
- 3) Mudah didapatkan dan harganya murah.

III.4.3.1 Susu Kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Susu kapur merupakan larutan *slurry Calcium hidroksida* ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Susu kapur tersusun dari emulsi padatan ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan ion Ca^{2+} dalam pelarut air. Susu kapur dibuat dari pepadaman kapur tohor (CaO) yang akan menghasilkan *slurry* $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang lembut sehingga memiliki luas permukaan yang besar dan bermanfaat dalam proses disosiasi. Susu kapur merupakan bahan pembantu utama proses defekasi pada pemurnian nira dan proses *lime mixing* di proses karbonatasi.

Molekul $\text{Ca}(\text{OH})_2$ merupakan basa kuat, sehingga reaksi disosiasi molekul $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menjadi ion Ca^{2+} membutuhkan waktu yang relative lama, begitu pula pada proses pengikatan kotoran pada nira mentah oleh ion Ca^{2+} juga membutuhkan waktu yang cukup untuk bereaksi membentuk endapan. Dengan demikian, dalam reaksinya susu kapur perlu didukung oleh faktor-faktor yang mampu meningkatkan kecepatan reaksi daripada *calcium hidroksida* dengan nira maupun *liquor*. Susu kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) yang digunakan dalam proses pemurnian defekasi maupun karbonatasi berasal dari proses pepadaman kapur tohor (CaO), sementara kapur tohor diperoleh dari hasil pembakaran batu kapur (CaCO_3) yang diambil dari batu kapur galian tambang. Agar batu kapur dapat digunakan sebagai bahan pembantu proses pemurnian, maka harus diubah menjadi hidroksida kapur terlebih dahulu dengan langkah :

- a) Batu kapur (CaCO_3) dibakar menjadi kapur tohor (CaO).
- b) CaO dipadamkan menjadi $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Berikut reaksi kimia pengubahan batu kapur menjadi susu kapur:



PT. IGG tidak melakukan pembakaran batu kapur sendiri, namun membeli *CaO* langsung dari penyedia lokal. Pembakaran kapur membutuhkan pengawasan yang lebih rumit dan juga membutuhkan peralatan dan areal khusus. Kapur tohor yang didatangkan harus memenuhi kriteria mutu yang diinginkan pabrik, hal ini berkaitan dengan pengaruh mutu bahan kapur terhadap hasil pemurnian nira yang diharapkan. PT. IGG menggunakan kapur tohor (*CaO*) untuk membuat susu kapur. Pembuatan susu kapur ini dilaksanakan pada unit pemadam kapur yang dimiliki oleh PT. IGG.

Susu kapur dapat dibuat dengan mereaksikan kapur tohor (*CaO*) dengan air hinggaterjadi reaksi:



Pemadaman kapur tohor dengan menggunakan air merupakan reaksi *eksotermis*. Saat reaksi berlangsung, muncul kalor (panas) yang dapat mendidihkan air yang diberikan, seolah-olah air yang digunakan berfungsi untuk memadamkan sumber api. Inilah mengapa dalam pembuatan susu kapur sering disebut dengan pemadaman kapur. Pada awal terbentuknya hidroksida kapur (*Ca(OH)₂*) akan terlarut sempurna (larutan putih), tetapi setelah batas kelarutan tercapai hidroksida yang terbentuk akan mengendap. Endapan yang berwarna putih menyebabkan keruh sehingga disebut sebagai susu kapur (emulsi hidroksida kapur). Kualitas Susu kapur yang dibuat umumnya dinilai dari dispersitasnya. Semakin tinggi dispersitas (penyebaran molekul) susu kapur yang dihasilkan artinya proses pemadaman kapur berjalan dengan baik.

Untuk mendapatkan susu kapur dengan dispersitas yang tinggi maka air yang digunakan untuk memadamkan *CaO* harus bersuhu tinggi karena reaksi pemadaman kapur tohor merupakan reaksi *eksotermis*. Air

panas yang diberikan juga berfungsi untuk membentuk partikel *slurry* ($Ca(OH)_2$) yang lembut. Setelah kapur tohor dipadamkan dengan air panas, selanjutnya ditambahkan air dingin untuk mengendalikan konsentrasi dari susu kapur yang dibuat, disamping itu kelarutan $Ca(OH)_2$ juga lebih tinggi pada suhu rendah. Proses disosiasi butiran *slurry* $Ca(OH)_2$ menjadi ion Ca^{2+} akan berlangsung dengan baik pada suhu dan konsentrasi larutan rendah.

Pada pelaksanaan proses, analisa yang sering dilakukan pada susu kapur yaitu :

- a) Densitas susu kapur
- b) Dispersitas susu kapur
- c) Reaktivitas susu kapur
- d) Kapur Ca^{2+} aktif dalam susu kapur.

Susu kapur yang dibuat di PT. IGG memiliki kekentalan 8-10°Be untuk proses defekasi dan kekentalan 10-15°Be untuk proses *preliming* karbonatasi. Semakin encer susu kapur yang dibuat maka akan bereaksi lebih cepat dengan nira dan menghasilkan butiran endapan yang lebih banyak sehingga memperbaiki kualitas proses pengendapan. Tetapi, hal tersebut menyebabkan penggunaan air dalam proses semakin banyak, dan dapat membebani stasiun penguapan dalam mengevapoasikan air tambahan tersebut.

Syarat-syarat susu kapur:

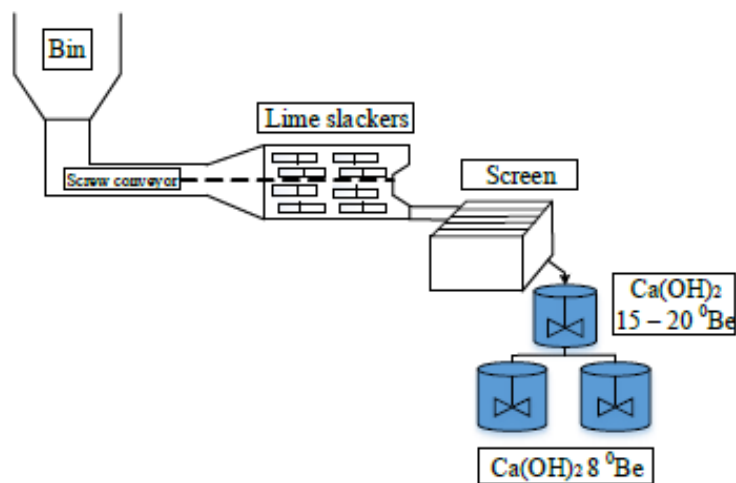
Tabel 20. Syarat-syarat Susu Kapur

No.	Keterangan	Syarat
1	Kapur aktif % zat kering susu kapur	88,5 %
2	Kapur total % zat kering susu kapur	94,3 %
3	Asam arang % zat kering susu kapur	0,5 %
4	Zat kering susu kapur	16,1 %
5	Kapur aktif dalam susu kapur	14,3 %

Berikut spesifikasi alat *lime slacker*:

Tabel 21. Spesifikasi *Lime Slacker*

Item	Unit	Spesifikasi
Lime slacker		
Jumlah	unit	1
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Type		Horizontal revolving drum
Kapasitas	Ton/jam	5
Dimensi	mm	1200 (ID) × 6000 (L)
Material		SS 42 OR Equivalent
Drive	kW	motor/7,5 kW, 4P, 6-7 rpm, Chain RS-120, 22T/96T
Grass hopper screen		
Jumlah	unit	1
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Model		Single deck
Type		Vibrating screen
Kapasitas	Ton/jam	3
Dimensi	mm	200 (L) × 1300 (W) × 300 (H)
Angle of repose	°	15-20
Mesh size	mesh	26
Screen area	M ²	1,5
Material		Mild steel
Drive	kW	motor/0,37 kW, 4P, 50 Hz, 380 V



Gambar 22. Proses Pembuatan Susu Kapur

Berikut perhitungan kebutuhan susu kapur:

Tabel 22. Data *Baume Milk Of Lime*

Data Baume Milk of Lime				
Baume °Be	Density, gr/mL	kg CaO per m ³	%CaO by weight	kg water per kg CaO
1	1,007	7,5	0,745	133
2	1,014	16,5	1,64	60
3	1,021	26	2,54	38
4	1,0285	36	3,485	29,8
5	1,036	46	4,43	21,6
6	1,0436	55,6	5,292	19,36
7	1,0512	65,2	6,154	17,12
8	1,0588	74,8	7,016	14,88
9	1,0664	84,4	7,878	12,64
10	1,074	94	8,74	10,4

Untuk pembuatan susu kapur 8°Be sebanyak 30m³ maka:

$$\text{Kebutuhan kapur} = 74,8 \text{ kg} \frac{\text{CaO}}{\text{m}^3} \times 30 \text{ m}^3 \quad (3.32)$$

$$\text{Kebutuhan kapur} = 2,244 \text{ kg}$$

III.4.3.2 Flokulan

Flokulan adalah suatu *polyelektrolit* yang dalam jumlah sedikit dapat membantu proses flokulasi, menghasilkan pengendapan yang lebih cepat, volume endapan yang lebih solid (kompak), dan tidak mempengaruhi pH. Sifat flokulan antara lain larut dalam air yang memiliki suhu <50 °C dan mudah rusak bila terkena sinar *ultraviolet*. Sedangkan syarat pencampuran flokulan yang baik adalah alirannya turbulen (bergelombang), tujuannya adalah agar larutan dapat tercampur dengan baik. Menurut FDA (*Food and Drug Administration*) penggunaan flokulan maksimal 5 ppm dikarenakan flokulan bersifat karsinogenik. Pemakaian larutan flokulan di PT. IGG sekitar 7-8 kg flokulan dalam satu *shift* dengan dosis penggunaan 3-4 ppm dengan konsentrasi larutan 0.1% dan setelah dilarutkan dengan air konsentrasi larutan menjadi 0.01%. Ada dua jalur pemberian flokulan yaitu :

a. Di jalur nira masuk *clarifier* setelah keluar dari *flash tank* (titik utama)

- b. Di empat titik *feed box* nira yang akan masuk ke *clarifier* (titik tambahan).

Pemberian larutan flokulan yang paling optimum pada titik a (perpipaan keluar dari *flash tank*), sedangkan titik b (empat titik *feedbox*) digunakan sebagai tambahan apabila pemberian flokulan dititik a sudah tidak maksimal.

Cara pembuatan flokulan :

- a. Diambil flokulan sebanyak 1 kg
- b. Sebuk flokulan dimasukkan kedalam *preparation tank* secara perlahan sambil dikucuri air (campuran 50 % air panas (*contaminated condensate*) dan 50 % air dingin kedalam *preparation tank* sampai terlarut semua sampai *level tank* penuh 1000 L
- c. Flokulan dari *preparation tank* dialirkan ke *holding tank* untuk diencerkan dengan air panas dan air dingin hingga *level* 2000 L

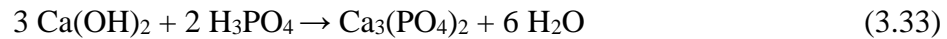
Problematic dan cara mengatasi

Flokulan berbentuk benang yang bermuatan. Dalam proses pelarutannya dilakukan dengan air mengalir dan bersih serta dilakukan sedikit demi sedikit sehingga kelarutannya merata. Kesulitan yang sering timbul adalah kelarutan flokulan yang tidak merata. Untuk mengatasi dengan memberi pengaduk dengan rpm lambat atau dengan hembusan udara pada tangki sehingga benang tidak terputus.

III.4.3.3 Phospat

Pada stasiun gilingan dilakukan penambahan phospat cair yang bertujuan untuk menambah kadar *phospate* dalam nira, karena reaksi terbentuknya endapan adalah *phosphate* dengan susu kapur. Selain itu, susu kapur yang bereaksi dengan *phosphate* pada nira mentah membentuk endapan *calcium phosphate*. *Phosphate* (P_2O_5) yang ada pada nira mentah, baik yang berasal dari tebu maupun hasil penambahan pada nira mentah di peti tunggu nira mentah akan bereaksi dengan air

H₂O membentuk asam phosphate (H₃PO₄). *Asam phosphate* yang telah terbentuk bereaksi dengan ion-ion Ca²⁺ susu kapur membentuk endapan *calcium phosphate* Ca₃(PO₄)₂. Berikut persamaan reaksinya :



Endapan *calcium phosphate* merupakan garam anorganik yang memiliki *absorber powerill* tinggi, dimana endapan garam ini mampu menyerap senyawa dan partikel lain yang berada disekitarnya sehingga proses pemisahan nira dari komponen bukan gula semakin baik. Untuk dapat menghasilkan endapan *calcium phosphate* yang baik, maka kadar *phosphate* dalam nira mentah haruslah berkisar 250-300 ppm. Hasil proses pemurnian sangat tergantung pada perbandingan antara kadar *phosphate* dengan kadar *silicon dioxide* (SiO₂), kadar *sesquioxides* (Fe₂O₃ dan Al₂O₃) dan kadar bahan-bahan yang tidak larut dalam *asam chlorida*.

Proses penambahan fospat:

- a. Apabila hasil analisa kadar phosphate < 250 ppm, maka *asam phosphate* 85 % (sebanyak 35 kg) dituangkan kedalam tangki fospat
- b. *Asam phosphate* 85 % diencerkan sampai volume 300 L
- c. *Asam phosphate* dialirkan sesuai dosis yang terlampir ke dalam *weighed juice tank* dengan mengatur bukaan *valve* menyesuaikan *flow juice* dan kekurangan fospat pada nira mentah.

III.5 STASIUN PENGUAPAN

Nira jernih yang dihasilkan oleh stasiun pemurnian umumnya memiliki kandungan yang hampir serupa dengan nira mentah, yaitu terdiri dari:

- a) Air (zat yang melarutkan)
- b) Gula (terlarut)
- c) Bukan gula (terlarut dan tidak larut)

Perbedaannya dengan nira mentah hanya pada jumlah persentasenya yang berubah, nira jernih lebih didominasi oleh air yang melarutkan gula dan zat bukan gula. Oleh karena itu nira jernih yang diproses di stasiun penguapan disebut juga nira encer. Bila di stasiun pemurnian dilakukan proses penghilangan zat bukan gula (kotoran) pada nira, maka di stasiun penguapan yang dihilangkan adalah air yang ada pada nira.

Nira encer memiliki brix berkisar antara 10-12% yang menunjukkan kadar air sebesar 88-90%. Gula sukrosa yang akan dijadikan kristal (hablur) berada dalam brix nira, sementara brix nira terlarut pada air yang dikandung oleh nira encer, untuk memudahkan pengambilan gula sukrosa yang ada dalam brix nira perlu menghilangkan air yang terkandung pada nira (komponen selain brix). Penghilangan air dilakukan dengan cara *evaporasi* air sampai didapatkan larutan dengan konsentrasi/kejenuhan tertentu. Pada proses penguapan (*evaporasi*) yang dihilangkan hanya airnya saja tanpa menghilangkan kandungan yang ada pada nira (gula dan zat bukan gula). Oleh karena itu proses penguapan (*evaporasi*) dinilai sangat efektif dalam menghilangkan kandungan air dalam nira karena resiko kehilangan gula (sukrosa) terikut air sangatlah kecil.

Penghilangan air (penguapan) pada nira di pabrik gula dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu :

a) Stasiun Penguapan

Stasiun penguapan bertujuan mengurangi sebagian besar air yang terkandung dalam nira encer (80%) tanpa merusak sukrosa hingga nira berada pada titik saturasi. Titik saturasi merupakan titik dimana keadaan kristal gula mulai muncul dalam cairan yang diakibatkan oleh meningkatnya konsentrasi/kejenuhan larutan nira, titik saturasi ini merupakan batas antara proses penguapan dan pengkristalan (masakan) gula. Nira encer yang telah mengental umumnya memiliki titik saturasi pada brix sekitar 78-80% ($41-42^{\circ}Be$). Oleh karena itu proses penguapan secara teoritis dilakukan hingga brix nira mencapai 72-74% (Soebagio, 1983). Namun pada kenyataannya, brix nira kental yang dapat dicapai sekitar 62-70%.

b) Stasiun Kristalisasi

Bertujuan melanjutkan proses penguapan air yang telah dilakukan oleh stasiun penguapan sampai muncul kristal gula sukrosa dalam larutan nira. Air dan sisa gula yang tidak dapat dikristalkan akan terikut bersama *stroop*/tetes hasil masakan.

III.5.1 Proses Penguapan

Proses penguapan adalah proses perubahan air menjadi uap sehingga air dapat dipisahkan dari nira. Pada proses penguapan akan terjadi proses perpindahan panas dari bahan pemanas ke nira, sehingga air yang tadinya berada pada fase cair di dalam nira berubah menjadi fase gas. Panas yang diperlukan untuk mengubah fase cair menjadi fase gas ini disebut Panas *Laten*. Didalam peristiwa ini, proses perpindahan panas akan dapat berlangsung bila ada daya dorong terjadinya perpindahan panas, dan daya dorong terjadinya perpindahan panas adalah selisih suhu antara sumber/bahan pemanas dengan nira yang akan dipanaskan. Makin besar selisih ini akan

makin besar pula jumlah panas yang berpindah, berarti semakin banyak air yang diuapkan.

$$Q = U \times A \times \Delta T \quad (3.34)$$

Dimana:

Q = Panas yang berpindah (*kcal/jam*)

A = Luas bidang perpindahan panas (*kcal/m²/jam/°C*)

U = Koefisien perpindahan panas (*m²*)

ΔT = Selisih suhu (*°C*)

Agar proses penguapan berjalan cepat berarti panas yang berpindah (Q) harus besar, maka daya dorong perpindahan panas (ΔT) diusahakan besar. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan guna mendapatkan laju perpindahan panas yang tinggi, antara lain:

1. Bahan media pemanas harus memiliki suhu tinggi. Suhu media pemanas yang tinggi akan memberikan selisih suhu (ΔT) yang tinggi pula sehingga laju proses transfer panas dapat meningkat
2. Proses transfer panas harus berjalan dengan baik tanpa banyak kehilangan panas. Dalam proses transfer panas diharapkan seluruh media pemanas dapat memberikan dan mentransfer seluruh kalori yang dimiliki guna menguapkan air yang ada pada nira. Hal-hal yang dapat mengganggu proses transfer panas:
 - a. Gas ammonia (gas tak mengembun) pada ruang pemanas
 - b. Air embun penguapan pada ruang pemanas
 - c. Kerak pada permukaan media pemanas.

Bahan pemanas yang mudah dikendalikan suhunya adalah uap, dimana suhu uap dapat berubah sesuai dengan tekanannya. Dikarenakan sukrosa dapat rusak akibat suhu yang tinggi, maka **Paul Kestner** membatasi suhu bahan pemanas tidak lebih dari 135°C untuk menghindari kehilangan gula akibat proses inversi sukrosa.

Norbert Rillieux seorang ahli gula Amerika di Louisiana pada tahun 1830–1843 melakukan penelitian terhadap proses penguapan dan mengemukakan bahwa penguapan nira dapat dilakukan menggunakan beberapa pan penguapan yang bekerja dengan cara *multiple effect*. Penguapan dilaksanakan pada beberapa bejana tertutup, pada bejana yang pertama digunakan uap bekas sebagai media pemanasnya. Kemudian pada bejana yang kedua digunakan uap nira dari bejana pertama sebagai media pemanasnya. Namun karena uap nira dari bejana pertama tidak memiliki suhu yang cukup untuk mendidihkan nira pada bejana kedua, maka ruangan uap pada bejana kedua ini tekanannya dibuat sedikit dibawah tekanan atmosfer (sedikit *vacuum*) , sehingga nira pada bejana kedua ini dengan suhu pemanas di bawah 100°C pun dapat mendidih (mengindikasikan adanya penguapan air). Selanjutnya uap nira dari bejana kedua yang suhunya lebih kurang berada dibawah 98°C, digunakan sebagai media pemanas pada bejana ketiga yang ruangan uapnya juga dibuat vacuum lebih rendah lagi. Sistem kerja seperti itu berlanjut hingga pada bejana berikutnya dengan tekanan vacuum dibuat semakin rendah, tergantung dari sistem yang diterapkan. Berikut ini aplikasi penerapan sistem *multiple effect* diantaranya :

- 1) *Double Effect*, memakai dua badan penguap
- 2) *Triple Effect*, memakai tiga badan penguap
- 3) *Quadruple Effect*, memakai empat badan penguap
- 4) *Quintruple Effect*, memakai lima badan penguap.

Sistem penguapan yang digunakan di PT. IGG adalah *Quintuple Effect*, yaitu 1 unit penguapan menggunakan lima tingkat badan penguapan. Sesuai dengan kaidah Relliux, dengan sistem *quintuple effect* maka 1 kilogram uap pemanas dapat menguapkan sebanyak 5 kilogram air. Kaidah Relliux menyatakan:

- 1) Dalam penguapan sistem *multiple effect*, maka setiap satuan bahan pemanas dapat menguapkan air sebanyak jumlah badannya.

Contoh: Setiap 1 kg pemanas dapat menguapkan 1 kg air. Karena proses menggunakan sistem *quintuple effect*, maka jumlah air yang diuapkan dikalikan dengan jumlah efek yang digunakan yaitu 5, pada *quintuple effect* air yang teruapkan sebanyak 5 kg.

- 2) Pada proses pengambilan uap nira untuk pemanas (*Vapour bleeding*). Sebanyak uap (P) dari badan (M) dalam satu seri badan penguap yang terdiri dari (n) badan penguap, maka penghematan uap yang dapat diperoleh sebesar:

$$E = \frac{M \times P}{n} \quad (3.35)$$

Dimana:

E = Penghematan uap

M = Nomor badan yang disadap uapnya

P = Jumlah uap yang disadap

n = Jumlah badan dalam satu seri

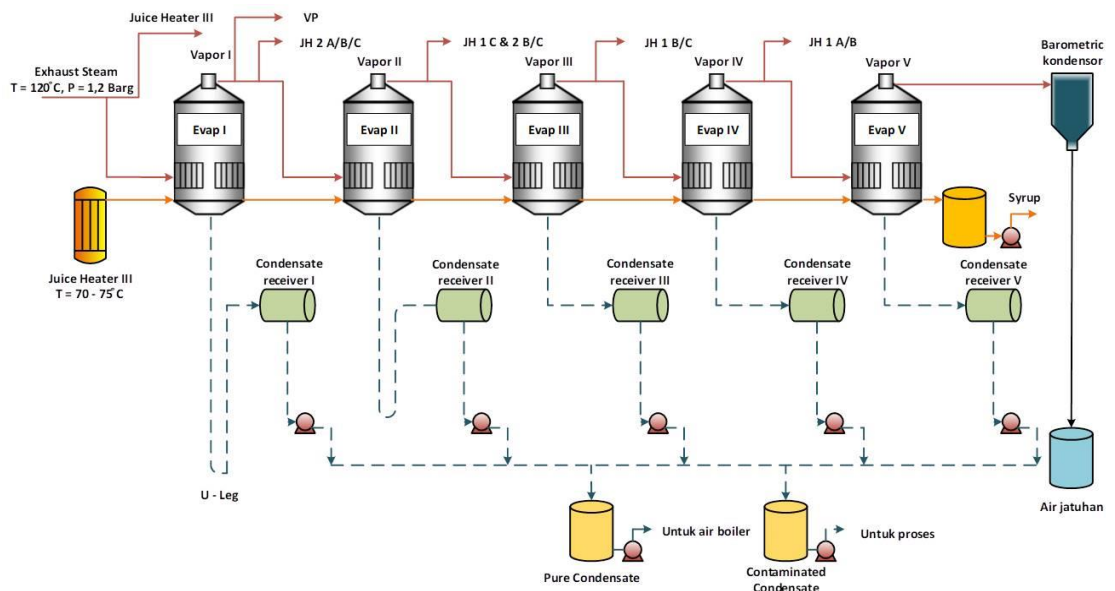
Pada proses penguapan, yang dikehendaki hanyalah menghilangkan kandungan air yang ada di dalam nira, proses penghilangan ini berupa reaksi *fisis* evaporasi air pada nira (fase cair) menjadi uap nira (fase gas). Tetapi pada prosesnya terdapat beberapa hal-hal yang tidak dikehendaki terjadi selama proses ini berlangsung, diantaranya:

- 1) Air embun dari hasil penguapan tidak murni (mengandung gula)
- 2) HK nira kental berbeda dengan nira encer
- 3) Perubahan intensitas warna nira
- 4) Terjadi tambahan kekeruhan nira (*destruksi monosakarida*)
- 5) Terjadi perubahan pH (*pH drop juice*)
- 6) Terjadi pengerakan (zat *anorganik* nira tertinggal pada badan penguapan).

III.5.2 Skema Kerja Stasiun Penguapan

PT. IGG mempunyai 6 evaporator, dimana 5 operasioanl dan 1 *stanby*. Untuk operasionalnya di PT. IGG menggunakan skema penguapan *quintuple effect*. Evaporator I menggunakan uap bekas untuk bahan pemanasnya,

kemudian uap nira I (hasil penguapan badan I evaporator) digunakan untuk bahan pemanas Evaporator II serta *bleeding vacuum pan* dan *juice heater II A/B/C*. Sedangkan uap nira II (hasil penguapan badan evaporator II) digunakan untuk bahan pemanas Evaporator III dan *bleeding juice heater I C & II A/B*. Kemudian uap nira III (hasil penguapan badan III evaporator) digunakan untuk bahan pemanas Evaporator IV dan *bleeding juice heater I B/C*. Uap nira dari badan IV digunakan untuk bahan pemanas Evaporator V serta *bleeding juice heater I A/B*. Syrup atau nira kental dari evaporator dipompa ke peti nira kental yang nantinya akan diproses di stasiun kristalisasi.



Gambar 23. PFD Stasiun Penguapan

Dalam operasionalnya, PT. IGG mempunyai lima badan evaporator. Syrup dari badan penguapan dipompa ke *syrup tank* selanjutnya diproses di stasiun kristalisasi. Untuk mencegah kerusakan komponen nira akibat inversi *sucrose* maka titik didih nira dibuat rendah dengan cara mengatur tekanan udara ruang nira dibawah 1 atm (hampa), air akan menguap bila tekanan di permukaan air lebih besar dari tekanan ruang sekitar, untuk pengaturan tekanan udara dilakukan dengan jalan menghubungkan ruang nira ke alat pembuat hampa. Hal ini sesuai dengan sistem penguapan yang dicetuskan

oleh *Reflux*. Dengan demikian, badan penguapan disusun secara seri bertingkat, dimana setiap tingkat badan penguapan masing-masing memiliki suhu bahan pemanas, tekanan hampa ruang nira (*vacuum*), titik didih nira yang berbeda-beda, brix nira yang dihasilkan oleh masing-masing badan penguapan juga berbeda yaitu semakin tinggi. Sedangkan jumlah uap pemanas yang dibutuhkan untuk proses penguapan air sebanding dengan banyaknya air yang berhasil diuapkan.

Proses penguapan di dalam evaporator dapat terjadi dalam dua tahap yaitu:

1. Penguapan dengan sendirinya

Proses ini terjadi karena suhu nira yang masuk lebih tinggi dari titik didih nira di dalam badan tersebut, sehingga ketika nira masuk ke dalam badan akan langsung menguap dengan sendirinya.

2. Penguapan akibat adanya selisih suhu

Suhu uap pemanas yang lebih tinggi dari suhu nira menyebabkan terjadinya transfer panas sehingga nira akan mendidih.

Dalam menguapkan nira dapat dipastikan terjadi peningkatan warna sebesar 5-60%. Hal ini disebabkan oleh reaksi zat pembentuk warna yaitu:

1. Karamelisasi

Reaksi *browning non-enzimatis* pada nira disebabkan oleh pemanasan molekul gula pada suhu tinggi di atas titik leburnya, sehingga proses ini menyebabkan warna larutan menjadi coklat.

2. Reaksi *maillard*

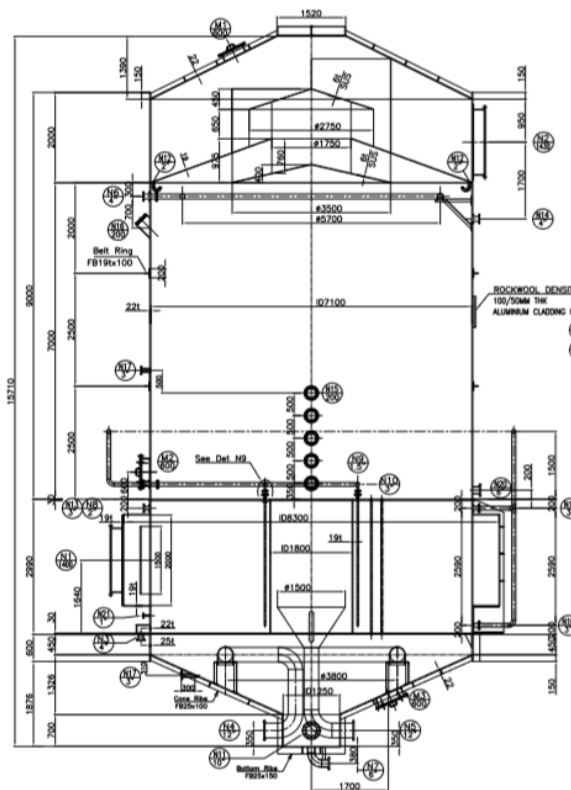
Reaksi *maillard* ditemukan seorang ahli kimia Prancis bernama Louis Camille Maillard dimana reaksi juga dikenal sebagai reaksi *browning non enzymatic*. Reaksi ini terjadi antara gugus karbonil yang reaktif dari senyawa gula reduksi yang bereaksi dengan gugus amino nukleofilik, yang menghasilkan campuran kompleks molekuler yang bertugas untuk membentuk bau/aroma dan rasa. Proses ini akan dipercepat dalam kondisi basa.

3. Reaksi pembentukan ikatan *ferry-phenol*

Ikatan *Ferry-phenol* atau ikatan *Ferry phelanoat* merupakan ikatan yang terbentuk akibat reaksi antara phenol dalam nira dan *ferry* (Fe^{3+}) yang berasal dari tangki nira berbahan besi yang dapat mengakibatkan terbentuknya zat warna dalam nira.

4. *Dextruksi monosakarida*

Inversi sukrosa menjadi monosakarida menyebabkan naiknya kadar *glucose* dan *fructose* yang ada pada nira. Apabila *glucose* dan *fructose* mengalami destruksi akan beresiko menyebabkan terbentuknya zat warna selain terbentuknya *dextran*. Maka dari itu pH dan suhu penguapan harus benar benar optimum untuk menghindari inversi dari sukrosa dan destruksi dari monosakarida (*glucose* dan *fructose*) menjadi zat warna dalam nira.



Gambar 24. Badan Evaporator

Berikut spesifikasi alat evaporator:

Tabel 23. Spesifikasi Evaporator

Item	Unit	Spesifikasi
Manufacture		PT. Waltes Energi Nusantara
Jumlah	unit	6
Type		Vertical vessel standart with calandria (robert type evaporator)
Kapasitas	TCH	365
Heating surface: Evaporator I Evaporator II Evaporator III Evaporator IV Evaporator V Evaporator VI	m ²	4800 2650 2200 2150 2000 2000
Overall dimension: Evaporator I Evaporator II Evaporator III Evaporator IV Evaporator V Evaporator VI	mm	7100 dia. × 15710 H 5300 dia. × 14856 H 4830 dia. × 14750 H 4830 dia. × 14750 H 4830 dia. × 14750 H 4830 dia. × 14750 H
No. of tube: Evaporator I Evaporator II Evaporator III Evaporator IV Evaporator V Evaporator VI	unit	14250 7860 6550 6400 6000 6000
Diameter of tube (OD)	mm	36
Length tube	mm	3000
Wall thick tube	mm	1,5
Material: Heating tube Tube plate Calandria shell Evaporator I Evaporatot II-VI Centre downtake Evaporator I Evaporator II-VI		Welded stainless steel tube, JIS SUS 304 TP SS – 400, tebal 30 mm SS – 400, tebal 22 mm SS – 400, tebal 19 mm SS – 400, tebal 19 mm SS – 400, tebal 16 mm

III.5.2.1 Beberapa hal yang harus diperhatikan agar penguapan berjalan lancar:

Kelancaran proses penguapan ditentukan oleh beberapa hal penting agar dicapai kecepatan penguapan yang tinggi dengan brix nira kental seperti yang diharapkan. Hal-hal yang perlu diperhatikan tersebut antara lain ialah:

1. Badan penguap

Tekanan uap bekas sebagai bahan di badan penguap harus dijaga dan diusahakan kestabilannya sesuai dengan kebutuhan yang diharapkan oleh badan itu sendiri.

2. Kehampaan (*vacuum*)

Keadaan *vacuum* harus dijaga kestabilannya terutama di badan akhir, sedikitnya mencapai tekanan hampa 60-65 cmHg. Turunnya tekanan *vacuum* terutama disebabkan oleh adanya bocoran-bocoran badan penguap, kelancaran pengeluaran gas tidak terembunkan, dan kebutuhan air injeksi terhadap kondensor serta kapasitas pompa udara.

3. Pengeluaran air embun (kondensat)

Kelancaran air embun merupakan indikasi kapasitas penguapan, karena setelah uap melepaskan panas latennya maka akan segera berubah fase menjadi air embun, air embun ini harus segera dikeluarkan karena air embun di dalam tromol akan mengurangi bidang kontak uap terhadap pipa-pipa pemanas yang berarti memperkecil luas pemanas yang semestinya. Kecepatan penguapan akan terganggu dan yang lebih ekstrim lagi jika air embun tidak dikeluarkan dengan lancar, maka akan terjadi akumulasi semakin banyak dan penuh akibatnya terjadi water slag yang dapat merusak alat karena goncangan atau ledakan dalam tromol.

4. Pengeluaran gas tidak terembunkan (*uncondensable gases*)

Pengeluaran *uncondensable gases* diantaranya gas amoniak harus selancar mungkin untuk menghindari terbawanya uap pemanas yang

mengakibatkan kehilangan kalori. Gas tak mengembun akan menghambat transfer panas dan mengganggu kecepatan penguapan.

5. Tinggi permukaan nira dalam badan

Tinggi permukaan nira berpengaruh langsung terhadap kecepatan pelepasan uap yang masih terdapat dalam nira, sehingga makin tinggi permukaan nira maka kecepatan pelepasan uap nira semakin berkurang karena adanya tekanan hidrostatik. Tetapi jika permukaan nira terlalu rendah maka kontak antara nira dengan pipa pemanas juga semakin berkurang (kecil) sehingga kecepatan penguapan secara menyeluruh juga mengecil. Dari pengalaman dan pelaksanaannya, pada level nira 25-36% panjang pipa pemanas akan dicapai kecepatan yang optimal dengan dampak kecepatan pergerakan kecil.

6. Kebersihan pipa pemanas

Seperti dijelaskan di depan bahwa transfer panas akan terhambat oleh berbagai lapisan diantaranya kotoran kerak. Adanya kotoran kerak ini amat nyata menurunkan kecepatan penguapan, maka kebersihan pipa pemanas harus dijaga diantaranya dengan mengusahakan efek pemurnian nira sebaik mungkin di stasiun pemurnian, kadar kapur terlarut dalam nira encer sekecil mungkin. Jika kotoran telah terjadi maka pembersihan pipa pemanas haruslah rutin dan sebaik-baiknya dengan cara *chemis* maupun mekanis.

III.5.2.2 Beberapa hal yang menjadi dasar pemikiran level nira 1/3 panjang pipa nira :

1. Kondisi operasional evaporator sehingga dengan level tersebut diharapkan kemungkinan *overspate* (nira terbawa *vacuum*) kecil
2. Mempercepat proses transfer panas karena jika nira tersebut mendidih dan membentuk gelembung-gelembung nira sehingga menambah permukaan pemanas (*climbing film effect*)
3. Mempermudah sirkulasi dalam badan evaporator sehingga mempercepat proses penguapan.

III.5.2.3 Problematik dan cara mengatasi di stasiun penguapan:

1. Brix nira kental tidak tercapai. Hal ini dapat disebabkan oleh:
 - a. Tekanan steam tidak tercapai
 - b. Pengaturan tekanan tidak tepat
 - c. Kerja evaporator kurang baik
 - d. Pipa-pipa nira di kalandria kotor
 - e. *Vacuum* badan akhir tidak tercapai
2. Gangguan pengeluaran gas/udara atau air embun
3. Kadar kerak (pengerakan) yang tinggi pada badan akhir yang diakibatkan oleh kepekatan nira yang tinggi. Cara mengatasinya dengan melakukan pembersihan (*scrub*) secara rutin dan bergantian.

III.5.2.4 Perhitungan Kebutuhan Uap Bekas untuk St. Penguapan dengan Sistem Quintuple Effect.

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas giling} &= 8000 \text{ TCD} = 364 \text{ ton/jam} \\ \text{NM \% tebu} &= 100\% \\ \text{Brix nira encer} &= 13\% \\ \text{Brix nira kental} &= 65\% \\ \text{Kebutuhan Bleeding total} &= 102 \text{ ton/jam} \\ \text{Berat NM/jam} &= 100\% \times 364 \text{ ton/jam} = 364 \text{ ton/jam} \\ \text{Air yang diuapkan total (W)} &= \text{Berat NM} \times \left(1 - \frac{bne}{bnk}\right) \quad (3.36) \\ &= 364 \times \left(1 - \frac{13}{65}\right) \\ &= 291 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Air yang diuapkan di setiap badan penguapan:

$$\text{BP 1} = X + \text{kebutuhan uap bleeding}$$

$$\text{BP 2} = X$$

$$\text{BP 3} = X$$

$$\text{BP 4} = X$$

$$\text{BP 5} = X$$

Dengan mekanisme penguapan air diatas, maka didapatkan persamaan:

$$W = 5X + \text{kebutuhan uap bleeding}$$

$$291 = 5X + 102$$

$$5X = 291 - 102$$

$$5X = 189$$

$$X = 37,8 \text{ ton/jam setiap BP}$$

Khusus BP 1 dengan penggunaan uap bleeding, dapat menguapkan air sebanyak:

$$\text{BP 1} = X + \text{kebutuhan uap bleeding}$$

$$\text{BP 1} = 37,8 + 102$$

$$\text{BP 1} = 139,8 \text{ ton/jam} = 139800 \text{ kg/jam}$$

Kebutuhan uap bekas bleeding jika:

$$\text{Panas laten uap bekas pada tekanan 2} = 525,68 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{Panas laten uap nira I pada tekanan 1,6} = 530,41 \text{ kcal/kg}$$

Maka, kebutuhan uap bekas dengan menggunakan bleeding uni :

$$= 139800 \text{ kg/jam} \times (525,68 \div 530,41) \times 1,2$$

$$= 166263,97 \text{ kg/jam}$$

$$= \underline{166,26 \text{ ton/jam}}$$

III.5.3 Kondensor

Kondensor pada pabrik gula adalah suatu alat yang digunakan untuk mengkondensasikan uap nira yang dihasilkan oleh pan penguapan badan akhir melalui proses kondensasi. Di PT. IGG kondensor yang dipakai pada badan evaporator adalah *type barometris*. Sebagai alat pembuat hampa (*vacuum*), pada kondensor diberi air pendingin atau air injeksi yang dimasukkan dari atas dan membentuk tirai air dengan bantuan sekat-sekat pada badan kondensor yang berfungsi untuk memperluas permukaan pendingin. Prinsip kerja dari alat pembuat hampa yaitu mengubah uap yang masuk menjadi embun dengan cara mengkontakkannya dengan media air injeksi yang memiliki suhu lebih rendah, akibat adanya perbedaan suhu maka

terjadi transfer panas dari uap menuju air injeksi. Uap yang telah mentranfer suhunya akan berubah fase dari gas menjadi cair dalam bentuk air embun (*kondensasi*). Perubahan uap menjadi air embun inilah yang menyebabkan adanya perubahan volume (penyusutan) pada ruang *kondensor*. Volume ruang kondensor yang menyusut inilah penyebab terjadinya tekanan hampa udara (*vacuum*). Sesuai dengan teori *Azaz Watt*, Proses kehampaan ini sangat dipengaruhi oleh selisih suhu antara uap dan suhu air injeksi pada proses *kondensasi*. Kebutuhan air injeksi kondensor dapat dihitung dengan persamaan:

$$A = \frac{Q-T_2}{T_2-T_1} \quad (3.37)$$

Dimana:

A = kebutuhan air pendingin tiap jumlah uap (kg air/kg uap)

Q = jumlah panas yang dikandung uap/panas laten (kcal/kg)

T₂ = suhu air keluar/air jatuhan (°C)

T₁ = suhu air masuk/air injeksi (°C)

Contoh perhitungan kebutuhan air injeksi

Jika diketahui suhu air masuk kondensor 35°C dan air keluar kondensor 45°C. Uap yang didinginkan adalah uap nira dari badan akhir dengan berat 21,5 ton/jam (21500 kg uap/jam) dan tekanan 0,16 kg/cm² (panas laten 566,67 kcal/kg).

$$A = \frac{566,67-45}{45-35}$$

$$A = 52,167 \text{ kg air/kg uap}$$

Maka, kebutuhan air injeksi:

$$= \text{berat uni BP akhir} \times A$$

$$= 21500 \text{ kg uap/jam} \times 52,167 \text{ kg air/kg uap}$$

$$= 121590,5 \text{ kg air/jam}$$

$$\text{Atau setara dengan } 121,591 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pada proses pembentukan hampa melalui jalan kondensasi, uap yang telah mengembun diharapkan turun jatuh ke bawah bersama air injeksi, karena adanya perbedaan tekanan antara ruang kondensor dengan tekanan udara luar, maka air jatuhan kondensor akan sulit turun kebawah. Dengan demikian perlu dilakukan penghilangan efek tekanan ($\pm 1 \text{ atm}$) yang ada di kondensor dengan cara meletakkan kondensor pada ketinggian bebas tekanan atmosfer. Berikut ini cara menghitung ketinggian minimal dari kondensor agar air jatuhan bisa turun langsung ke bawah (kolam air jatuhan).

Standart tekanan atmosfer pada barometris air raksa sebesar 760 mmHg .

$$1 \text{ atm (barometris)} = 76 \text{ cmHg}$$

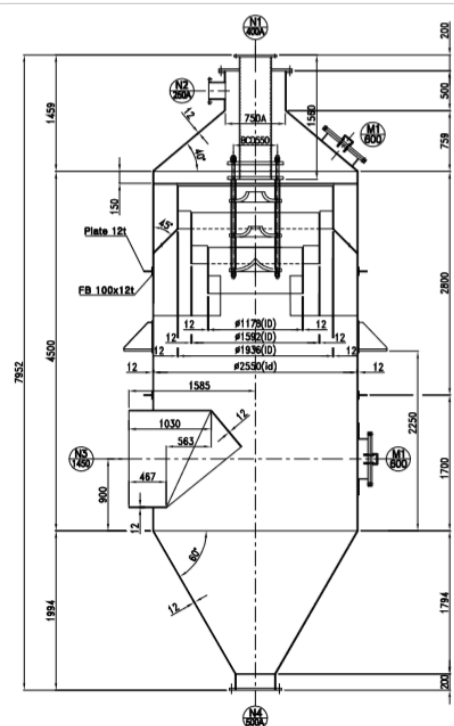
$$\text{BJ air raksa (Hg)} = 13,6 \text{ gr/cm}^3$$

Sehingga, ketinggian minimal yang dibutuhkan agar air jatuhan turun ke bawah yakni:

$$= 1 \text{ atm} \times \text{BJ air raksa}$$

$$= 76 \text{ cmHg} \times 13,6 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 1033,6 \text{ cm} = 10,336 \text{ m ketinggian bebas tekanan atmosfer.}$$



Gambar 25. Barometric Kondensor

Berikut spesifikasi alat dari *barometric kondensor*:

Tabel 24. Spesifikasi *Barometric Kondensor*

Item	Spesifikasi
Manufacture	PT. Waltes Energi Nusantara
Type	Counter current barometric
Jumlah	1
Overall dimension	Dia 2550 (ID) × 8022 (H) mm
Material:	
Shell	Steel
Defucer	Cast iron
Legs	Stell

III.5.4 Alat Pengeluaran Air Embun

Uap pemanas yang telah berubah menjadi air embun di ruang pemanas harus segera dikeluarkan agar tidak terjadi *flooding* pada dinding *tube* sehingga mengganggu transfer panas dengan nira. Air embun yang menumpuk di ruang pemanas akan mengurangi bidang kontak uap terhadap pipa pemanas atau mengganggu perpindahan panas dari uap pemanas ke pipa nira. Pipa pengeluaran air embun terletak di bagian bawah dari ruang

pemanas. Pipa pengeluaran air embun terletak di bagian bawah dari ruang pemanas, pengeluaran ini berupa pipa yang terpasang di beberapa tempat ruang pemanas. Kira – kira untuk setiap 2,8 m² luas penampang badan akan terpasang sebuah pipa pengeluaran. Setelah itu air embun akan masuk ke dalam kempu, dari kempu lalu dipompa menuju tanki kondensat tercemar atau tidak tercemar.

Cara untuk mengetahui bahwa alat pengeluaran air embun beroperasi dengan baik (lancar) adalah :

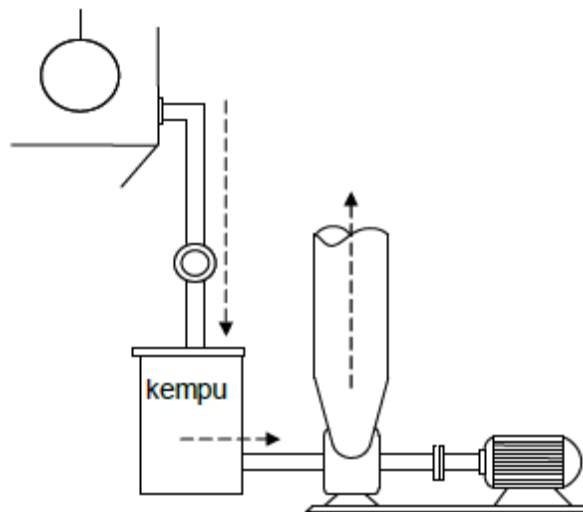
1. Adanya sedikit Uap yang keluar dari pipa pengeluaran gas – gas pada kondenspot.
2. Air embun keluar dengan lancar yang dapat dilihat dari kaca pengontrol pada kondenspot dan tangki (kempu).
3. Adanya perbedaan suhu yang menyolok antara ruang pemanas dan ruang nira.
4. Tidak terjadi *water slag* pada ruang pemanas.

Air embun atau air kondensat dari badan penguapan pertama digunakan sebagai air pengisi boiler karena suhu air embun ini masih tinggi dan belum mengandung gula, sedangkan untuk air embun dari badan penguapan kedua dan seterusnya digunakan sebagai proses sebagai air siraman imbibisi, air cucian masakan, puteran dan RVF. Namun tidak menutup kemungkinan apabila air embun dari badan penguapan kedua dan ketiga digunakan sebagai air pengisi boiler apabila tidak mengandung gula, sehingga perlu dilakukan analisa *sugar content* setiap 1 jam sekali dengan cara mengambil \pm 1 ml contoh air embun dan dimasukoefisien kejenuhanan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 1 ml *1-Naphthol* dan 2 ml *asam sulfat* pekat kemudian dibaca menggunakan *spektrofotometer*. Apabila air embun mengandung gula, maka air kondensat tersebut tidak digunakan sebagai umpan boiler.

III.5.5 Pompa Air Embun

Pengeluaran air embun di pabrik-pabrik gula sudah banyak menggunakan pompa *centrifugal*. Pompa pengeluaran air embun dapat digunakan diruang pemanas yang bertekanan ataupun yang *vacuum*/hampa. Penggunaan pompa ini sering dilengkapi dengan tangki penampung. Pompa *centrifugal* ini bila digunakan untuk pemanasan yang mempunyai tekanan hampa harus memenuhi syarat:

1. Pompa harus dapat mengeluarkan air embun dari perbedaan tekanan ruang pemanas dengan udara luar, hal ini dilengkapi dengan pipa pengimbang tekanan (*ekualisasi*)
2. Adanya pipa kecil yang menghubungkan ruang pompa dengan badan *calandria* bagian atas yang berfungsi mengeluarkan udara yang terbawa oleh air dan mengeluarkan uap yang terikut dalam pompa
3. Pipa penghubung antara pompa dan *calandria* harus sependek mungkin, sedikit bengkokan, ukuran pipa air keluar sedemikian rupa hingga kecepatan air tidak lebih 0,76 m/s, pipa air masuk pompa harus horizontal.



Gambar 26. Instalasi Alat Pengeluaran Air Embun dan Pompa Air Embun

Berikut spesifikasi *condensate tank evaporator*:

Tabel 25. Spesifikasi *Condensate Tank Evaporator*

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah	unit	2
Manufacture		PT. Welter Energi Nusantara
Kapasitas	M ³ /jam	3,4
Type		Horizontal Rectanguler
Dimension: W × L × H	mm	1200 × 2400 × 1200
Material: Shell Nozzle		Mild shell Carbon shell

III.5.6 Operasi Penguapan

III.5.7.1 Cara Memulai Operasi Penguapan

Mengoperasikan seri penguap berarti menjalankan stasiun ini sesuai dengan rencana yang telah dibuat. Karena itu, rencana proses penguapan merupakan salah satu petunjuk bagaimana pelaksanaan penguapan dilakukan. Pada saat dimulainya proses penguapan (awal giling atau setelah berhenti), dilakukan setelah diperoleh nira encer, tiap badan evaporator dalam suatu rangkaian seri penguap dalam kondisi benar-benar bersih, langkah dilakukan :

- a. Semua katub (afsluiter) mula-mula tertutup rapat. Kemudian, kalau akan ada bahan masuk atau keluar dari bejana/bagian alat dari badan baru katub dibuka. Untuk seri penguap dimulai dengan memanaskan ruang pemanas dengan uap 3 *ato* sampai suhu ruang pemanas tercapai. Lalu menjalankan kondensor. Katub pengeluaran udara/gas dari kondensor dibuka, pompa udara dijalankan, kemudian katub pemasukan air pendingin dibuka. Pompa air pendingin (air injeksi) dijalankan sehingga kehampaan kondensor mencapai maksimal dan stabil.
- b. Katub pipa amoniak dibuka lambat sehingga badan penguap mulai jadi hampa secara perlahan-lahan. Bila kehampaan badan terakhir sudah melebihi 40-45 cmHg, maka katub besar dibuka penuh, sedang

badan lain diatur sehingga memiliki tekanan/kehampaan sesuai dengan rencana (distribusi *vacuum* telah dihitung sebelumnya). Katub bahan pemanas mulai dibuka untuk memanasi bejana.

- c. Katub nira dibuka perlahan-lahan sambil mengatur tinggi level nira didalam pipa (30% atau 1/3 tinggi dari pipa pemanas badan penguapan), kemudian jalankan pompa kondensat BP I.
- d. Langkah selanjutnya, katub nira di BP II dibuka sehingga nira mengalir ke BP II hingga level ketinggian nira dicapai. Bersamaan dengan itu pipa uap nira BP I dibuka dan pipa amonia juga dibuka. Uni I akan masuk keruang pemanas BP II dan menguapkan nira. Pengoperasian penguap dilanjutkan hingga ke badan terakhir sambil diatur sehingga distribusi tekanan dan tinggi level nira dalam bejana sesuai dengan kecepatan penguapan. Nira mengalir ke badan berikutnya dengan adanya perbedaan hampa, badan berikutnya dari satu rangkaian penguapan akan memiliki kehampaan lebih tinggi dari badan sebelumnya sehingga dapat menarik nira dengan sendirinya.

III.5.7.2 Pengendalian dan Pemberhentian Pengoperasian Stasiun Penguapan

Bila ada gangguan atau penyimpangan pengaturan dari yang seharusnya akibat perubahan kuantum nira (kapasitas giling) atau kualitas nira, maupun perubahan bahan pembantu (setum pemanas atau kualitas dan kuantitas air pendingin) perlu diadakan perubahan dan pengendalian sesuai keadaan. Berikut ini hal hal yang perlu diperhatikan dalam proses penguapan di stasiun penguapan adalah:

1. Bahan Pemanas (uap bekas)

Tekanan uap bekas harus terpenuhi agar proses dan vapour bleeding berjalan optimal yaitu $\geq 0,5 \text{ kg/ cm}^2$ dimana suhu didih nira $>110^\circ\text{C}$ dan tekanan uap nira badan $1 \pm 0,3 \text{ kg/ cm}^2$. Jadi, suhu minimal pemanas $\pm 115^\circ\text{C}$ dari tekanan $0,5 \text{ kg/ cm}^2$, bila tidak tercapai maka perlu ditambah suplesi uap baru.

2. Hampa badan akhir

Hampa badan akhir diupayakan mencapai 61-64 cmHg agar proses penguapan berjalan cepat serta untuk menghindari kerusakan gula, dengan pemenuhan air injeksi yang cukup, dan kinerja pompa hampa optimal serta tidak ada kebocoran dalam *kondensor* atau saluran pembuat hampa.

3. Transfer panas

Transfer panas diusahakan lancar dengan menjaga kebersihan hasil sekrap, kelancaran pengeluaran gas *amoniak*, dan kelancaran pengeluaran air embun (kondensat *evaporator*).

4. Level nira

Diupayakan level nira tidak lebih dari 1/3 pipa pemanas agar nira dapat membentuk lapisan film tipis yang mengingkari pipa dan naik perlahan ke ujung pipa nira sehingga memperbesar luas bidang kontak penguapan besar. Proses ini disebut *Climbing Film* yang dicetuskan oleh **Paul Kestner** pada abad 20.

III.5.7.3 Mengakhiri Kerja Penguapan

Pertama-tama afsluiter nira ke BP I ditutup dan dibiarkan nira mengalir ke BP berikutnya sampai habis diikuti afsluiter uap pemanas ditutup. Kemudian tutup afsluiter nira ke badan-badan berikutnya. Selanjutnya pipa amoniak ditutup dan pompa air embun dimatikan. Setelah semua nira keluar dari pompa ke peti nira kental, afsluiter hubungan dengan kondensor juga ditutup. Selanjutnya membersihkan sisa nira yang tertinggal dalam badan dengan air pencuci secukupnya.

III.5.7.4 Pengawasan Standar Operasional Penguapan

Agar operasional penguapan berjalan lancar, berikut standar operasi penguapan yang harus diperhatikan adalah:

- a. Kejegan tekanan uap pemanas ($\pm 0,5-0,7 \text{ kg/cm}^2$)
- b. Pengaturan level nira dalam badan penguap $\pm 1/3$ tinggi pipa nira

- c. Kelancaran pengeluaran air kondensat
- d. Kelancaran pengeluaran gas tak terembunkan
- e. Kebersihan pipa pemanas dari kerak
- f. Vacuum badan akhir 61-64 cmHg
- g. Debit air injeksi cukup.

III.5.7.5 Problematik dan Cara Mengatasi

- a. Brix nira kental tidak tercapai. Pemanas kurang memeriksa pengeluaran air kondens.
- b. Salah satu badan penguap tidak beroperasi dalam kehampaan yang biasa, selalu lebih rendah. Dilakukan pemeriksaan pada kondensor
- c. Gangguan pengeluaran gas/udara atau air embun
- d. Brix nira kental tidak tercapai akibat adanya hambatan transfer panas (pemanas kurang). Cara mengatasinya dengan memeriksa pengeluaran air kondens dan menaikkan tekanan uap pemanas
- e. Kadar kerak (pengerakan) yang tinggi pada badan akhir yang diakibatkan oleh kepekatan nira yang tinggi.

III.5.7 Pengerakan (*Scaling*)

III.5.7.1 Proses Terjadinya Kerak

Dalam nira jernih atau nira encer masih terdapat kotoran meskipun dalam jumlah kecil. Kotoran dalam nira, baik yang larut maupun yang melayang dapat menyebabkan pengotoran dalam pan penguapan. Akibat suhu yang tinggi, sebagian komponen nira dapat mengendap dan menempel pada permukaan bidang pemanas nira (pipa -pipa pemanas). Pengerakan dapat juga disebabkan pemekatan nira karena air menguap sehingga sebagian komponen nira mencapai kejenuhan dan mengendap. Bila kecepatan giling menurun dengan alasan apapun ternyata berakibat pada intensitas pengerakan pada pan penguapan.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi pengerakan adalah tinggi nira dalam pipa. Bila ketinggian nira ditahan pada nilai yang tetap antara

10-20% dari panjangnya pipa, kecepatan penguapan akan meningkat dan mampu meminimalisir pengerakan pada pipa.

Berikut ini beberapa penyebab pengerakan pada pipa nira :

- a. Komponen penyebab kerak menjadi kelewat jenuh akibat menurunnya kadar air pada nira.
- b. *Ca-Mg-phosphate* dan mungkin juga *Fe-phosphate* akan mengendap:
 - 1) Pada pipa badan pertama sebagai pengaruh suhu yang tinggi pada pipa pemanas.
 - 2) Pada pipa badan terakhir, terjadi pengendapan karena pengaruh pemekatan nira.
 - 3) Adanya pengendapan bukan gula, disebabkan oleh kemungkinan pH yang berbeda-beda selama pemurnian (misal dalam pengendapan *continue*, kompartemen atas mungkin memberikan pH yang berbeda dengan kompartemen bawah). Bila nira-nira ini nantinya dicampur dan dididihkan akan terjadi pengendapan, endapan ini terdiri dari: *Ca-Mg-phosphate*, *Fe-phosphate*, *Fe-silikat*, *SiO₂* dan bukan gula lainnya semacam protein yang terkandung pada nira. Kelarutan dan penggumpalan bukan gula ini memerlukan pH tinggi dalam pemurnian. Dalam pabrik yang menggunakan pengendapan terputus, dengan mengawasi pH yang baik dalam proses pengapuran dapat mengurangi pengerakan. Penggunaan pengendapan *continue* dimana pH nira kemungkinan tidak sama dari masing-masing kompartemen dapat menambah terbentuknya kerak. Memberikan/menambahkan nira tapisan kepada nira bersih dari pengendapan juga dapat menimbulkan pengaruh perbedaan pH.
- c. Kerak dari zat organik seperti *pektin*, *lipid*, dan zat-zat protein lainnya dapat mengendap dan menjadi kerak disebabkan adanya pengaruh *koagulasi* yang dipicu oleh tingginya temperature pemanasan nira. Ini adalah *koagulasi* lanjutan dari proses yang telah terjadi dalam pemurnian (*defekasi*).

- d. Pengerakan SiO_2 hanya sebagian disebabkan koagulasi, karena pengaruh suhu tinggi. Biasanya SiO_2 yang terlarut dalam nira menjadi kelewat jenuh selama penguapan. SiO_2 memiliki kelarutan yang lebih kecil di dalam larutan gula yang brixnya tinggi dibandingkan dalam nira yang brixnya rendah. Kelarutan SiO_2 dalam air murni pada $20^\circ C$ dan pH 7-7,2 adalah 100 ppm. Dalam larutan dengan brix 60 kelarutan SiO_2 adalah 70 ppm. Kelarutan SiO_2 jauh lebih besar pada suhu $95-100^\circ C$ ialah 380 ppm, pada temperature $60^\circ C$ (suhu nira kental normal) kelarutan SiO_2 adalah 300 ppm.
- e. Pengerakan karena besi (Fe) berbeda antara badan pertama dan terakhir. Pada badan pertama endapan besi dapat larut dalam 1/100 N asam, kemungkinan ini adalah kerak *Fe-phosphate*. Dalam badan terakhir kerak besi hanya dapat larut dengan menggunakan asam yang lebih pekat, kemungkinan besar berikatan dengan *silikat*.

Klasifikasi kerak secara praktis hanya dapat digolongkan berdasarkan tiga sifat yang berbeda yaitu:

a. Kekerasan (*Physical Hardness*)

- 1) Lunak
- 2) Amorf
- 3) Mikrokristalin
- 4) Kristalin

b. Reaktivitas dengan Bahan Kimia

Sebagai dasar dalam pembersihan kerak, biasanya jenis kerak tertentu akan berbeda reaktivitasnya dengan bahan kimia dengan jenis kerak yang lainnya. Sehingga apabila penyusun kerak diketahui dapat ditentukan bahan pembersih yang paling efektif.

c. Pengaruh kepada perpindahan panas

Kerak-kerak yang termasuk kategori kerak amorf seperti *silikat* bersifat lebih isolator. *Asam silikat* sejumlah 10 gr/m^2 akan

memberikan pengaruh yang sama terhadap kerak *Ca-sulfat* atau *Ca-aconitat* sebanyak 70-80 gr/m².

Karakteristik kerak tiap badan:

Tabel 26. Karakteristik Kerak

No.	Evaporator	Karakteristik kerak	Kandungan senyawa
1	Badan I	Endapan lumpur lunak	Endapan organik
2	Badan II	Endapan lumpur lunak keputihan	Endapan organik dan Ca ²⁺
3	Badan III	Kerak putih agak keras	Campuran Ca ²⁺ dan Si ²⁺
4	Badan IV	Kerak putih keras	Campuran Ca ²⁺ dan Si ²⁺ (<<<=
5	Badan V	Kerak putih keras	Campuran Ca ²⁺ dan Si ²⁺ (<<<<)

III.5.7.2 Pembersihan Kerak

Pembersihan badan penguapan dari kerak secara periodik merupakan salah satu cara paling efektif untuk mengurangi kadar kerak yang tinggi pada badan penguapan. Apabila kerak dibiarkan dan tidak dilakukan pembersihan, maka kerak akan mengganggu proses perpindahan panas dari media pemanas (uap) ke nira, secara sederhana kerak akan menjadi isolator pada pipa nira. Dalam pabrik gula, kecepatan pergerakan tergantung dari proses pemurniannya. Pembersihan kerak dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu:

a. Secara *chemis*

Pembersihan kerak dengan menggunakan bahan kimia yang tujuan untuk melunakkan kerak sehingga mudah dibersihkan secara mekanis (diskrap). PT. IGG menggunakan *soda caustic* sebagai bahakan kimia pelunak kerak.

Cara pemakaiannya yakni, *Soda caustic* dimasukkan ke dalam *praperation tank* yang sudah berisi air. Kemudian disalurkan ke dalam

badan penguapan diisi setinggi pipa pemanas kemudian di didihkan selama 10-12 jam. Selanjutnya dibuang dan dibilas dengan air.

b. Secara mekanis

Pembersihan kerak cara mekanis dilakukan setelah tahap pembersihan secara *chemis*. Dengan cara di skrap dengan sikat baja atau dengan skrap yang terbuat dari plat baja berbentuk cocor bebek. Selesai penyekrapan, dilakukan pemadatan tromol dengan menggunakan air untuk mengetahui adanya kebocoran pipa nira, bila ada pipa nira yang bocor maka segera ditambal agar tidak mengganggu *vacuum* badan dan proses perpidahan panas. Setelah proses pembersihan kerak cara mekanis selesai biasanya dilakukan pengecekan pipa hasil sekrapan guna mengetahui apakah masih ada kerak yang tertinggal dan menempel pada pipa atau sudah hilang saat proses pembersihan.

Pembersihan dilakukan secara periodik tanpa mengganggu jalannya proses penguapan. Dan diatur dengan jadwal skrap, sehingga masing-masing pan melalui proses pembersihan dengan periode waktu yang sama sehingga diharapkan kerak yang terbentuk tidak tebal/keras dan mengganggu transfer panas pada badan penguapan (evaporator).

Prosedur oprasional *evaporator cleaning* :

- a. Mempersiapkan *chemical* untuk *cleaning* di satu tangki soda 30 m³. Tangki soda lainnya diisi dengan *raw water*
- b. Proses operasional *evaporator cleaning* dimulai segera setelah *stop giling*
- c. Likuidasi nira *evaporator* 1,2,3 ke *clear juice tank* dan tangki penampung nira melalui jalur *drain* soda. Sedangkan nira *evaporator* 4,5 ke *syrup head tank*
- d. *Valve exhaust steam* pada badan evaporator I dan *valve* air injeksi ditutup
- e. *Valve vacuum breaker* evaporator 3,4,5 di buka

- f. Badan evaporator di *flushing* dengan *raw water* hingga evaporator bersih dari nira
- g. Badan evaporator di *creacking* dengan membuka *valve cracking* masing-masing evaporator. Kerak akan pecah karena beda koefisien muai pipa dengan kerak. *Temperature cracking* calandria 80°C selama 1 menit.
- h. Badan evaporator di *flusing* kembali dengan *raw water* untuk menghilangkan kerak yang rontok
- i. Soda di *spray* keseluruh badan evaporator selama 230-240 menit dan temperatur badan dinaikkan menjadi 100°C dengan membuka *valve cracking* pada masing-masing evaporator
- j. Badan evaporator di *flusing* kembali dengan *raw water* untuk merontokkan kerak hasil sirkulasi dan dikeluarkan dari evaporator
- k. Menutup kembali *valve vacuum breaker* evaporator 3,4,5 dan membuka *valve* air injeksi untuk evaporator
- l. Badan evaporator diisi kembali dari clear juice tank
- m. Membuka *valve exhaust steam* dan mulai operasional evaporator.

III.6 STASIUN KRISTALISASI

III.6.1 Kristalisasi

Stasiun Kristalisasi merupakan stasiun yang bertugas mengambil *sucrose* dalam bentuk kristal gula dengan cara menguapkan air yang masih terdapat dalam nira kental secara terkendali, dalam mendapatkan kristal gula perlu memenuhi ketentuan diantaranya:

1. Mengambil sukrosa yang ada pada nira kental ataupun *liquor* semaksimal mungkin dalam bentuk kristal yang kualitasnya sesuai standart mutu (BJB kristal gula produk = 0,8-1,2 mm).
2. Melakukan proses kristalisasi secara efisien, yaitu dengan waktu proses sesingkat mungkin, biaya murah, dan kehilangan gula seminimal mungkin.

Pada proses kristalisasi agar didapat mutu yang tinggi, pengkristalan dilakukan dalam bejana tertutup dan *vaccum*, serta dilakukan secara bertingkat. Proses kristalisasi dilakukan dengan membawa nira kental ke konsentrasi lewat jenuh dengan jalan menguapkan air hingga diperoleh hasil kristal yang memenuhi syarat. Pemilihan skema tingkat kristalisasi didasarkan pada Harkat Kemurnian (HK) bahan baku kristalisasi yang akan diolah, serta kualitas yang ingin dihasilkan.

Berikut penetapan skema kristalisasi yang didasarkan pada HK nira mentah:

1. Skema 4 tingkat (ABCD) bagi nira mentah dengan $HK > 85\%$
2. Skema 3 tingkat (ABD atau ACD) bagi nira mentah dengan $HK 74-84\%$
3. Skema 2 tingkat (AD) bagi nira mentah dengan $HK < 73\%$.

Hal-hal yang berpengaruh dalam mengendalikan proses memasak adalah:

1. Sifat kelarutan sukrosa

Sukrosa memiliki kelarutan yang berbeda-beda didasarkan pada suhu, tekanan hampa, dan konsentrasi yang menunjukkan kejenuhan dari larutan sukrosa.

2. Mekanisme skema kristalisasi dan metode kristalisasi

Skema kristalisasi juga menentukan hasil kristal gula, dimana pemilihan skema mempunyai peran utama dalam menentukan kualitas gula produk, kualitas *stroop* sebagai hasil samping suatu masakan, serta kemurnian dari tetes sebagai hasil samping proses kristalisasi. Metode kristalisasi juga tak kalah penting dalam menentukan kualitas hasil kristal dan waktu proses kristalisasi. Contoh metode yang menghasilkan kristal berkualitas baik adalah metode operan (potongan) pasir.

3. Sifat komponen nonsukrosa dalam nira yang berhubungan erat dengan proses kristalisasi

Semakin banyak komponen nonsukrosa terkandung dalam larutan yang digunakan untuk proses masak, maka semakin lama pula waktu proses kristalisasi. Hal ini diakibatkan proses pengkristalan molekul sukrosa akan terhambat oleh adanya komponen bukan gula dalam larutan induk masakan.

4. Peralatan yang digunakan untuk proses kristalisasi

Pada dasarnya peralatan akan mendukung kecepatan proses kristalisasi. Dengan suplai uap yang baik, dan adanya stirrer untuk mensirkulasikan larutan dalam pan, serta operasional yang baik akan mempercepat proses masak di pan kristalisasi.

5. *Vaccum* dan suhu proses kristalisasi

Vaccum (hampa) berfungsi sebagai rekayasa kehampaan ruang yang dapat menurunkan titik didih suatu larutan, oleh karenanya *vaccum* dan suhu akan sangat mempengaruhi proses kristalisasi. Suhu proses kristalisasi yang tinggi dapat menyebabkan karamelisasi dan menurunkan kualitas masakan.

6. Bahan baku masakan

Apabila bahan yang dimasak memiliki kualitas kurang baik, maka dapat menyebabkan sulitnya proses masak dan turunnya kualitas masakan yang turun. Tebu muda/tebu terbakar dapat menyebabkan bahan masak menjadi

berlendir atau pliket sehingga harus ditambahkan bahan pembantu untuk menghilangkan lendir dalam bahan masak.

Terbentuknya kristal dari nira dipengaruhi oleh sifat komponen nira, khususnya sifat kelarutan bahan. Kelarutan sukrosa didalam air yang diteliti oleh **HERZFELD** mendapatkan hasil bahwa kelarutan gula dalam air dipengaruhi suhu dan komponen lain yang terlarut bersama gula. Untuk kelarutan gula murni didalam air, hubungannya dengan suhu dinyatakan sebagai berikut:

$$S = 64,1835 + 0,13477 t + 0,0005307 t^2 \quad (3.38)$$

Dimana:

S = kadar sukrosa (%) (gram sukrosa/100 gram larutan)

t = suhu larutan (°C)

Dari hubungan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu maka semakin besar pula kadar sukrosa dalam larutan. Selanjutnya diketahui bahwa:

1. Apabila suhu dari larutan sukrosa tersebut ditinggikan t_1 ($t_1 > t$), maka larutan tersebut menjadi tidak jenuh
2. Apabila suhu dari larutan sukrosa tersebut didinginkan t_2 ($t_2 < t$), larutan tersebut menjadi kelewat jenuh, (akan muncul kristal yang tidak dapat terlarut lagi).

Dengan keterangan diatas, dapat disimpulkan bahwa terbentuknya kristal terjadi pada kondisi kelewat jenuh. Untuk larutan gula, (termasuk larutan gula teknis = nira) pada umumnya kondisi jenuh didapat apabila kadar sukrosa $>65\%$ dengan demikian jumlah air pada kondisi terbentuknya kristal selalu pada kadar air $<35\%$, maka pada proses kristalisasi banyak dilakukan dengan menggunakan perbandingan sukrosa % air.

Nira kental dari penguapan yang memiliki zat kering terlarut sekitar 65% adalah merupakan suatu larutan dibawah jenuh (larutan encer). Untuk dapat melakukan proses kristalisasi konsentrasi nira kental harus dinaikkan,

penaikkan konsentrasi ini dilakukan dengan menguapkan airnya dengan kecepatan penguapan yang dapat dikendalikan konsentrasinya agar menghasilkan kristal dengan syarat-syarat tertentu, sehingga tidak heran bila dalam pelaksanaannya dilakukan pengenceran dengan menambah air (air cucian) agar diperoleh mutu kristal gula yang dikehendaki.

Menurut HONIG, proses kristalisasi melewati 3 *phase* yaitu:

1. Fase pembentukan inti kristal
2. Fase pembesaran kristal sampai didapat ukuran yang dikehendaki
3. Fase merapatkan kristal / mengakhiri konsentrasi dari masakan (memasak tua) untuk mendapatkan hasil yang tertinggi.

Untuk mendapatkan hasil yang baik, harus dipahami sifat-sifat sukrosa di dalam larutan pada tiap daerah konsentrasi kejenuhan. Menurut SOEJARDI (1975), konsentrasi kejenuhan larutan nira dapat diketahui dengan melihat perbandingan antara kandungan *sucrose* di dalam suatu larutan dengan kandungan *sucrose* di dalam larutan jenuh pada suhu yang sama, harga perbandingan ini dikenal sebagai KOEFISIEN KEJENUHAN = K.K.(pustaka Belanda menyebutkan: *Overzadiging Coefficient* = O.V.C; sedangkan pustaka Bahasa Inggris menyebutkan: *Saturation* = S)

$$K. K = \frac{\text{Sucrose \% air larutan murni pada } t^{\circ}\text{C}}{\text{Sucrose \% air larutan jenuh murni pada } t^{\circ}\text{C}} \quad (3.39)$$

Sehingga didapatkan daerah-daerah konsentrasi larutan gula yang didasarkan pada koefisien kejenuhan dengan sifat-sifat larutannya.

Derajat Kejenuhan

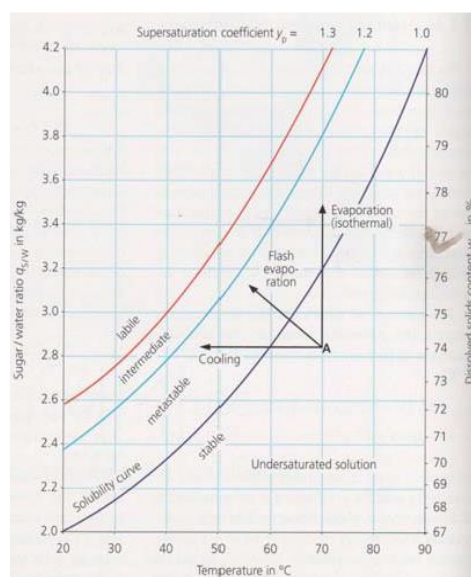
Dalam pelaksanaan proses kristalisasi, akan dijumpai beberapa keadaan derajat kejenuhan, dimana jika :

- a. Koefisien kejenuhan < 1, larutan di bawah jenuh
- b. Koefisien kejenuhan = 1, larutan tepat jenuh
- c. Koefisien kejenuhan > 1, larutan lewat jenuh

Derajat kejenuhan ini juga dapat dinyatakan dalam beberapa daerah tingkatan menurut kejenuhannya, yaitu:

- Daerah encer, daerah dimana harga koefisien kejenuhan <1 , sehingga larutan masih dapat melarutkan kristal sakarosa
- Daerah jenuh, daerah dimana koefisien kejenuhan tepat 1, disini terjadi kesetimbangan antara jumlah sukrosa yang larut dengan yang mengkristal. Sehingga larutan ini tidak dapat melarutkan sukrosa kristal yang terbentuk.
- Daerah *metamantap*, daerah dengan harga koefisien kejenuhan 1-1,2, dimana pada daerah ini molekul sukrosa hanya dapat menempelkan diri pada kristal yang telah ada, dan daerah ini juga disebut daerah pembesaran kristal.
- Daerah *intermediate*, daerah dengan harga koefisien kejenuhan 1,2-1,3, dimana molekul sukrosa telah dapat membentuk inti kristal baru jika terdapat kristal sakarosa dalam larutan.
- Daerah goyah (*labil*), daerah dengan harga koefisien kejenuhan $>1,3$, dimana molekul sukrosa dalam larutan telah mampu untuk membentuk inti kristal secara serentak tanpa hadirnya kristal lain.

Daerah pada proses kristalisasi dapat dilihat pada grafik yang dikutip dari *Peter Rein*, 354 yang ditinjau dari nilai koefisien kejenuhan.



Gambar 27. Grafik Daerah Kejenuhan

Dalam semua proses kristalisasi lebih disukai bila dihasilkan kristal yang sendiri-sendiri (tidak rapat) dan memiliki besar kristal rata dan teratur. Dalam fase pembentukan inti kristal larutan dibawa sampai konsentrasi tinggi, besarnya berbeda-beda tergantung dari kemurnian larutan yang dikerjakan, pada proses ini mula-mula molekul sukrosa membentuk rantai-rantai (benangan) kemudian diantara rantai-rantai tersebut saling bergabung membentuk inti kristal.

Dalam fase kedua, inti kristal yang telah terbentuk tersebut dibesarkan dengan cara penambahan larutan sukrosa kepada inti kristal yang telah terbentuk tadi. Selama pembesaran kristal dijaga supaya konsentrasi larutan tidak menaik, sebab akan mengakibatkan terbentuknya kristal palsu. Sebaliknya, konsentrasi juga jangan menurun dibawah jenuh karena akan menyebabkan larutnya kristal yang sudah jadi.

Sehingga dengan mengendalikan daerah-daerah tertentu tadi, maka proses kristalisasi dapat diatur sesuai dengan kondisi operasional. Dalam pelaksanaannya, terjadi perubahan koefisien kejenuhan pada saat proses kristalisasi disebabkan karena:

- a. Penguapan air, sehingga dapat menaikkan koefisien kejenuhan
- b. Pengkristalan, dapat menurunkan harga koefisien kejenuhan
- c. Penambahan larutan yang lebih encer, dapat menyebabkan menurunnya harga koefisien kejenuhan

Proses kristalisasi dilakukan dalam sebuah pan masakan (pan kristalisasi). Pan kristalisasi memiliki bentuk yang mirip dengan pan penguapan yang merupakan suatu bejana berbentuk silinder yang di dalamnya terdapat suatu sekat dalam bentuk pipa-pipa. Bahan pemanas berada diluar pipa-pipa sedang larutan sukrosa bersirkulasi dalam pipa-pipa nira. Dibagian atas dari bejana kristalisasi terdapat cukup ruang untuk menjaga bila terjadi pemuncratan dari bahan-bahan yang sedang diolah juga terdapat alat penangkap nira.

Bahan pemanas yang digunakan adalah uap nira (*bleeding*) dan uap bekas. Dalam melakukan proses kristalisasi dimulai dengan penarikan larutan/bahan, dikentalkan, kemudian bibitan/*einwurf* dimasukan, bila inti kristal telah terbentuk maka segera ditambahkan larutan dan diatur sedemikian rupa sehingga kejenuhan berada pada daerah metamantap, sehingga inti kristal yang telah terbentuk tadi tidak larut dan dapat dibesarkan. Karena larutan sukrosa telah berubah menjadi kristal maka penambahan larutan/bahan baru dari luar sebagai bahan pembesar kristal dilakukan secara *discontinue* untuk memudahkan proses pengendalian pada daerah metamantap.

Menurut **Hugot**, proses kecepatan kristalisasi *massecuite* dipengaruhi oleh:

a. Viskositas

Kandungan bukan gula dalam larutan dapat menaikoefisien kejenuhanan viskositas, naiknya viskositas karena pengaruh bukan gula yang akan memperlambat dan menghambat penempelan molekul sukrosa pada inti kristal.

b. Temperatur (mempengaruhi viskositas)

c. Kejenuhan

d. Kemurnian larutan induk

Semakin tinggi kemurnian suatu larutan semakin cepat proses kristalisasi. Selain itu sirkulasi larutan dalam pan juga mempengaruhi kecepatan masak, karena dengan adanya sirkulasi berarti memberikan banyak kesempatan molekul sukrosa saling bertemu. Kebutuhan bahan pemanas juga harus diperhatikan karena apabila bahan pemanas berkurang maka kecepatan kristalisasi akan berkurang sehingga masakan akan lama dalam pan masak dan dapat menyebabkan terbentuknya karamelisasi/pewarnaan.

Parameter proses masakan di stasiun masakan:

Masakan R

- a. HK = 95-98%
- b. Brix = 89-90%
- c. BJB = 0,9-1,1 mm
- d. Cuite putting = 55-60%
- e. Colour = < 300 IU
- f. Kondisi kristal = rata dan jernih

Masakan A

- a. HK = 80-82%
- b. Brix = 94%
- c. BJB = 0,7-0,9 mm
- d. Cuite putting = 50-55%

Masakan B

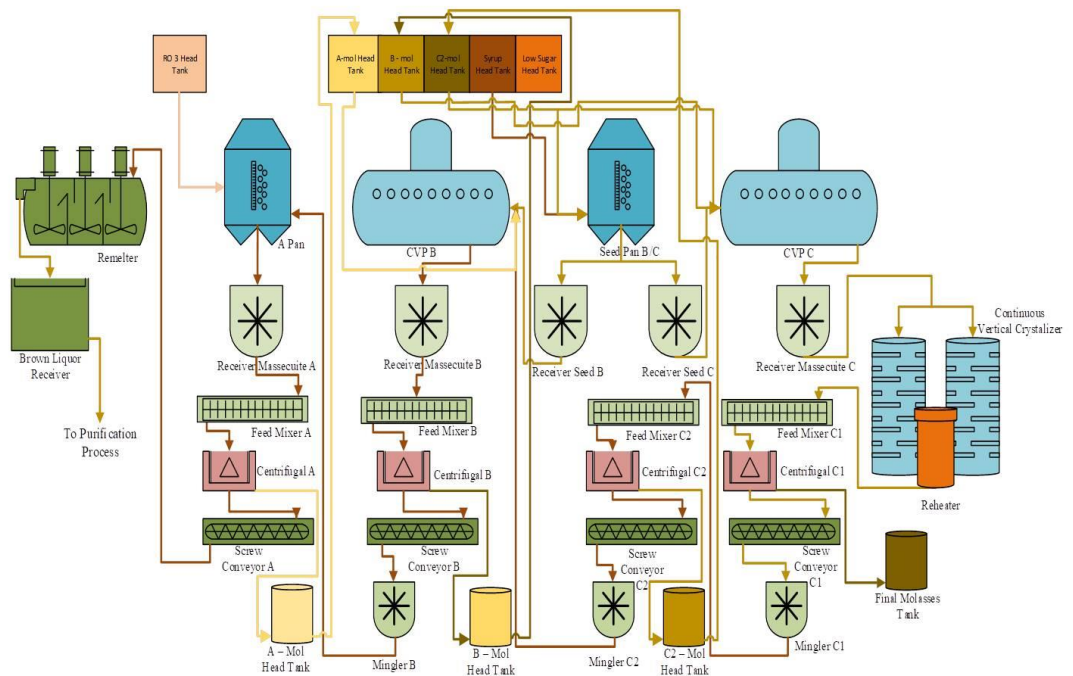
- a. HK = 68-72%
- b. Brix = 97%
- c. BJB = 0,5-0,7 mm
- d. Cuite putting = 45-50%

Masakan C

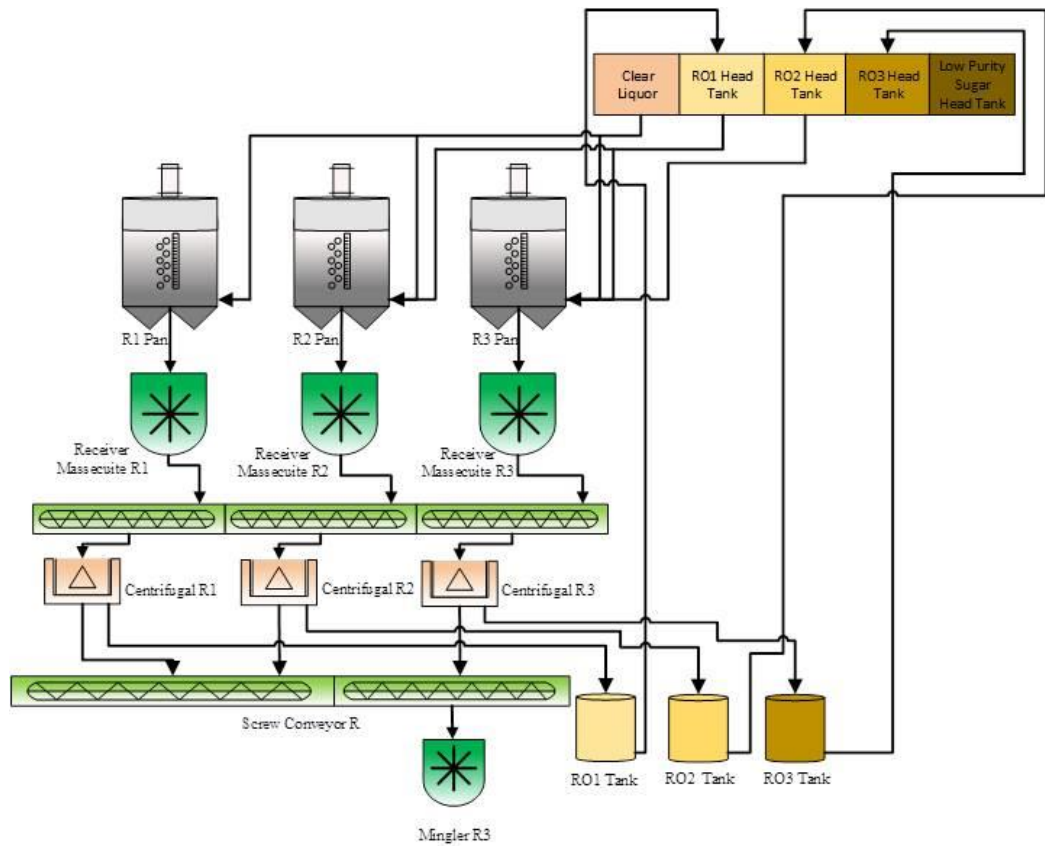
- a. HK = 55-60
- b. Brix = > 98%
- c. BJB = 0,3-0,5 mm
- d. Cuite putting = 45-50%

III.6.2 Proses Kristalisasi

Di PT.IGG, proses kristalisasi dilakukan di dalam pan masak tipe *batch calandria* dan *continuous pan*. PT. IGG menggunakan sistem masak R-ABC dimana *massecuite A* yang diputar dalam putaran afinasi akan menghasilkan gula mentah (*raw sugar*) yang di *remelt* atau dilebur dan ditarik menuju stasiun karbonatasi untuk menghasilkan *clear liquor*. *Clear liquor* inilah yang akan dikristalkan dengan skema masak *refine* yang akan menghasilkan gula R atau gula produk dengan kualitas GKP 80-300 ICUMSA. Pan jenis *batch* digunakan untuk pan R, pan A, pan B, dan *seeding pan*. sedangkan pan *continuous* digunakan untuk pan B dan pan C. Penggunaan *multijet condenser* sebagai alat pembuat hampa pada stasiun masakan dikarenakan jumlah air yang cukup banyak di PT. IGG sehingga memungkinkan untuk menggunakannya dan penghematan dalam biaya pemasangan pompa *vacuum*, hal ini dikarenakan *multijet condenser* tidak lagi membutuhkan pompa *vacuum*.



Gambar 28. Skema Masak ABC



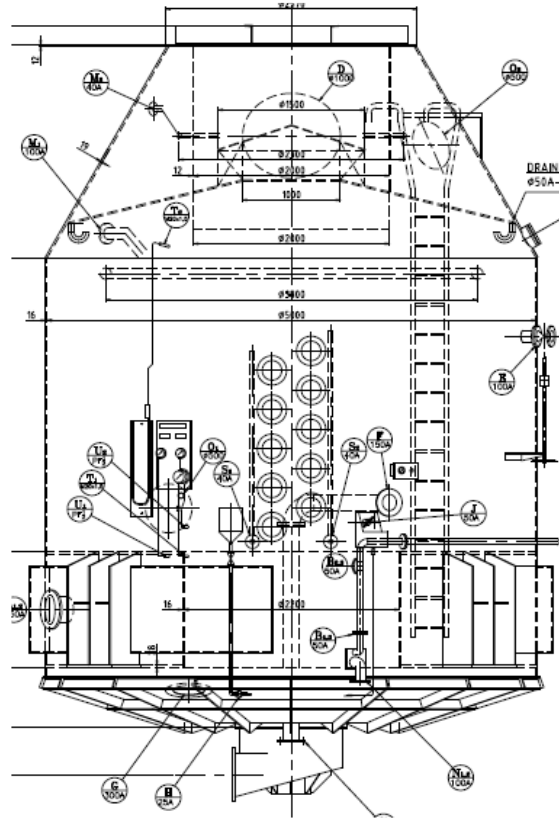
Gambar 29. Skema Masak Rafinasi

Sasaran mutu pada setiap unit :

Tabel 27. Sasaran Mutu Masakan

	Masakan R	Masakan A	Masakan B	Masakan C
HK	94-98%	85-89%	72-78%	55-60%
Brix	89-90%	90-93%	90-94%%	92-96%
BJB	0,9-1,1 mm	0,7-0,9 mm	0,5-0,7 mm	0,3-0,5 mm
Cuite putting	55-60%	50-55%	45-50%	45-50%
Colour	<2000 IU	-	-	-

Seed Vacuum Pan



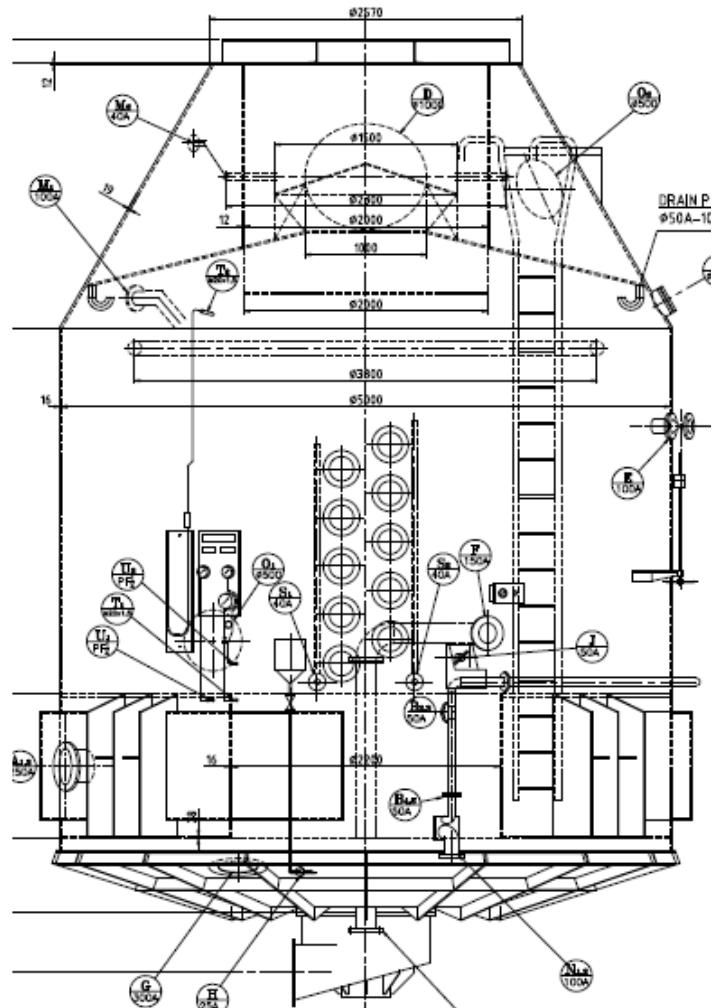
Gambar 31. *Seed Vacuum Pan*

Berikut spesifikasi alat *seed vacuum pan*:

Tabel 29. Spesifikasi *Seed Vacuum Pan*

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah	Unit	1
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Kapasitas	M ³ /jam	45
Tipe		Batch, Shell and Tube, Flat Fixed Calandria with Centre Downtake
Dimensi	mm	5000 ID x 6972 H
Heating surface area	M ²	280

A Vacuum Pan



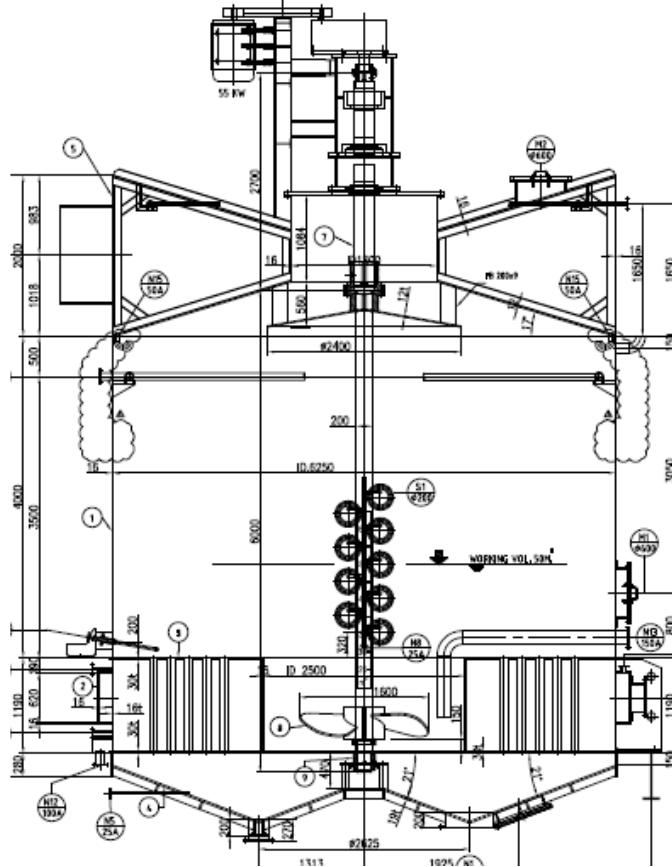
Gambar 32. A Vacuum Pan

Berikut spesifikasi alat A vacuum pan:

Tabel 30. Spesifikasi A Vacuum Pan

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah	Unit	4
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Kapasitas	M ³ /jam	50
Tipe		Batch, Shell and Tube, Flat Fixed Calandria with Centre Downtake
Dimensi	mm	5000 ID x 7172 H
Heating surface area	M ²	360

R Vacuum Pan



Gambar 33. *R Vacuum Pan*

Berikut spesifikasi alat *R vacuum pan*:

Tabel 31. Spesifikasi *R Vacuum Pan*

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah	Unit	3
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Kapasitas	M ³ /jam	45
Tipe		Batch, Shell and Tube, Flat Fixed Calandria with Centre Downtake
Dimensi	mm	5000 ID x 6972 H
Heating surface area	M ²	480

Perubahan pada *vacuum pan A*

Perubahan pada *shell plate existing vacuum pan A* dibuat lebih tinggi daripada kondisi awal dengan tujuan untuk mencegah terjadinya *carry over*. Pada kondisi awal ketinggian *vacuum pan* 3000 mm dengan penambahan 1800 mm.

1. *Strike height* : 1,5-2 m
2. *Disengagement height* : 2-2,4 m (P. Rein-373).

Semua *vacuum pan* dilengkapi dengan *entrainment separator* dimana pada *vacuum pan batch* (pan A, R, *seed*) terdiri dari *demister*, *sapvange*, dan *juice catcher* (*verkliker*). Sedangkan pada *continuous vacuum pan entrainment separator* terdapat pada *vapor line*.

III.6.2.2 Alur Proses di Stasiun Masakan

Proses Masakan C

Masakan C dilakukan dengan cara membuat bibitan C (*seed C*) dari pan *seed B/C*. Bibitan C dibuat menggunakan *fondant* sebagai *seeding* dan menggunakan *syrup* (jika HK <70%), *A-mol*, *B-mol*, dan *C2-mol* sebagai *feeding*. Bahan bibitan untuk masakan C yaitu dibuat dengan :

1. *Graining* hingga volume 25 m³
2. Pembentukan benangan
3. Penambahan *fondant* ± 50 ml berfungsi sebagai pemicu terbentuknya kristal

Setelah terbentuk pasir kristal, ditambahkan bahan *raw syrup* lagi hingga volume pan masakan 400-500 HL. Untuk melihat ukuran kristal *seed C* dalam pan maka digunakan alat bantu mikroskop. Setelah masakan tua dan ukuran kristal gula mencapai ukuran yang diinginkan maka masakan siap turun. Waktu yang diperlukan untuk memasak *seed C* dan masakan C kurang lebih 3 jam. Untuk memanaskan gula dalam pan digunakan bahan pemanas yaitu uap *bleeding* dari evaporator badan I. Untuk penggunaan *exhaust steam* tekanan bahan pemanas yang tercapai yaitu

0,05-0,2 kg/cm² dengan *vacuum* dalam pan 62-68 cmHg dan temperatur 65°C. *Seed C* yang turun akan ditampung pada *receiver seed C* untuk digunakan pada waktu tertentu atau bisa langsung di tarik *vacuum* ke *continous vaccum pan C* untuk dimasak sebagai bibitan masak masakan *massecuite C*. *Massecuite C* akan secara *continous* turun ke *receiver massecuite C* dan dipompa ke menuju *continous vertical crystalizer* selama 24 jam untuk kristalisasi lanjutan. Setelah 24 jam *massecuite C* akan dikurangi viskositasnya dengan pemanasan didalam *reheater* dengan temperatur 55 °C menggunakan *hot water*. *Massecuite C* yang keluar dari *reheater* akan ditampung pada *feed mixer C1* dan akan diputar di dalam putaran LGF *continous C1* untuk proses pemisahan antara kristal gula dengan tetes. Tetes yang keluar diharapkan memiliki HK <34% karena semakin tinggi HK tetes semakin tinggi *losses* gula dalam tetes. Gula yang dihasilkan disebut gula C1, dan turun pada *screw conveyor* yang dialirkan ke *mingler C1* dan ditambahkan dengan *sweet water*. Dari *mingler C1*, gula akan dipompa ke *feed mixer C2* dan diputar dengan putaran LGF *continous C2* menghasilkan *C2-mol* dan gula C2. Gula C2 akan diubah menjadi *magma C2* untuk *seeding* masakan B dengan penambahan *sweet water* pada *mingler C2*.

Proses Masakan B

Bahan utama masakan B adalah A-mol dan C magma, jumlah bahan yang diberikan disesuaikan dengan kebutuhan pan masak. Awal pembuatan masakan B yaitu dengan memenuhi *continous vacuum pan B* dengan masakan C (3 *batch*). Selanjutnya penarikan bahan akan dilakukan secara otomatis sesuai dengan set point pada masing-masing kompartement yang terdiri dari 10 bagian kompartement. Untuk pemakaian *exhaust steam* tekanan badan pemanas mencapai 0,5-0,2 kg/cm². Namun diutamakan penggunaan *steam* berasal dari uap *bleeding I* dengan maksud *steam* yang digunakan lebih stabil daripada *exhaust steam*. *Massecuite B* akan secara *continous* turun dan ditampung

pada *receiver B*. *Massecuite B* akan dialirkan ke *feed mixer* dan selanjutnya diputar di putaran LGF B dan menghasilkan gula B dan B-mol. Gula B akan jatuh pada *screw conveyor* dan ditambahkan dengan *sweet water* yang kemudian ditampung di *mingler magma B*, sedangkan B-mol akan ditampung pada B-mol *head tank* untuk bahan masak masakan C.

Proses Masakan A

Masakan A dibuat pada *bacth vacuum pan* dan bahan pemanas uap *bleeding evaporator 1* dengan tekanan 0,2-0,5 kg/cm². Bahan untuk masakan A yaitu *syrup*, *low sugar purity*, dan RO3 dengan seeding menggunakan magma B. *Low sugar purity* dihasilkan dari kelebihan gula A yang dilebur. Proses masakan A dilakukan dengan memasukan bahan *syrup* sebanyak 20 m³ untuk dituakan menjadi benangan, kemudian tambahkan magma B sebagai seeding sebanyak 10 m³. Pembesaran menggunakan *feeding syrup*, *low sugar purity*, dan RO tergantung pada HK masing masing bahan sampai volume masakan A sebanyak 50 m³. *Massecuite A* yang turun akan ditampung pada *receiver A* dengan volume maksimum 60 m³. *Massecuite A* kemudian dialirkan ke *feed mixer A* dan putar pada putaran LGF A. Dari pemutaran dihasilkan gula A dan A-mol. Gula A akan diturun di *screw conveyor* dan ditambahkan dengan *sweet water* dan akan dilebur kembali di *remelter* dengan suhu 75-80 °C dan ditambahkan dengan *sweet water* atau *hot water*, sehingga menghasilkan *brown liquor*. Sedangkan A-mol digunakan sebagai bahan masak untuk masakan B.

Proses Masakan R

Masakan R dilakukan dengan cara membuat bibitan R dari *fondant* dan *clear liquor* yang berasal dari gula A yang di *remelt* dan dimurnikan distasiun karbonatasi. *Clear liquor* yang digunakan untuk membuat bibitan memerlukan volume 40-45 m³ yang dituakan sampai mencapai brix yang ditentukan (64-68%). Setelah brix tercapai ditambahkan

fondant sebanyak ± 75 ml. Kemudian di masak hingga muncul inti kristal, setelah muncul inti kristal ditambahkan *hot water* untuk menurunkan brix agar inti kristal tidak menumpuk atau dapat memakan inti kristal yang lain sehingga menempel kristal kolongmerat. *Hot water* ditambahkan sampai benangan putus dan kristal kuat. Setelah benangan putus dan kristal kuat, masukkan bahan *clear liquor* sampai 60 m^3 . Setelah itu bibitan dapat dipotong ke pan R atau *cutting* R yang lainnya untuk melanjutkan masakan sampai selesai. Untuk bahan masak R memerlukan RO yang merupakan hasil putaran dari gula R (produk). Jumlah volume RO yang digunakan untuk masakan R yaitu 25 m^3 , bibitan diambil sebanyak $\pm 30 \text{ m}^3$, cuci dengan *hot water* apabila terdapat kristal palsu, kemudian tambahkan RO untuk menambahkan warna pada kristal agar warna dari gula dan *purity massecuite* yang dihasilkan dapat sesuai dengan yang diinginkan. Setelah tua, *massecuite* dan ukuran kristal gula mencapai ukuran yang diinginkan maka masakan siap turun. Uap yang digunakan untuk pan masakan R yaitu uap *bleeding* dari evaporator badan I. *Massecuite* R yang turun di *receiver* R akan diputar dengan putaran HGF untuk memisahkan antara gula dan molassesnya (RO). Putarannya akan menghasilkan gula produk R (IU 80-300) dan R mol atau RO. Gula produk R dikemas dan RO digunakan untuk bahan masak R dan A.

III.6.3 Operasi Kristalisasi

PT. IGG memiliki 10 unit pan masak yaitu 8 pan *type batch* dan 2 pan *type continuous* yang terdiri dari

- a. 3 unit untuk pan masak R (R1/2/3)
- b. 4 unit untuk pan masak A (A1/2/3/4)
- c. 1 unit untuk pan masak B (CVP B)
- d. 1 unit untuk pan masak C (CVP C)
- e. 1 unit untuk pan masak *seed* B/C (*seeding*)

Bentuk dari *vacuum pan* identik dengan evaporator yang dilengkapi dengan *calandria* atau *tromol* uap dengan menggunakan bahan pemanas dari *bleeding* evaporator dan uap bekas. Namun, *vacuum pan* merupakan pan yang bekerja secara *single effect*. *Kalandria* atau *tromol* uapnya menggunakan pipa-pipa *messing* (loyang) atau *stainless steel* dengan diameter yang lebih besar, umumnya 101,6 mm agar terjadi sirkulasi yang baik sewaktu proses pemasakan. Tinggi *tromol* uapnya tidak boleh lebih dari 1,2 meter.

Sedangkan pada *Continues Vaccum Pan (CPV)*, pan masak berbentuk silinder dengan posisi horizontal. Cara kerjanya *continue* dan tidak ada waktu tunggunya seperti halnya pada pan masak umumnya. Peralatan ini memungkinkan pengurangan konsumsi uap. Dengan memberikan pertukaran panas yang sangat baik dan tekanan uap yang rendah.

III.6.3.1 Persiapan Pan Masak

Setelah masakan turun, bersihkan pan masak dengan cara membuka *valve steam* klangsengan selama 10-15 menit untuk membersihkan pan, kemudian membuka *valve* air klangsengan. Air yang masuk akan menyembur di dalam pan selama beberapa saat dan akan membersihkan kristal gula yang tersisa dalam pan masak sebelumnya. Apabila kristal dalam pan tidak dibersihkan maka akan memicu terbentuknya ukuran kristal yang tidak seragam dan timbulnya kristal palsu pada proses masak selanjutnya. Berikut ini adalah persiapan alat dan penarikan *vacuum* sebelum masak :

- a. *Valve discharge*, *valve* buangan *vacuum*, *valve* pancingan *vacuum*, *valve* amoniak, *valve* uap bekas, *valve* tarikan bahan, *valve* air *discharge* semuanya harus dalam keadaan tertutup
- b. Mengaktifkan pompa *vacuum* masakan, sementara itu *valve* pokok *vacuum* dalam keadaan tertutup
- c. Setelah *vacuum* pada pompa *vacuum* mencapai ± 70 cmHg buka *valve* pokok

Tahap Tarikan Bahan

- a. Masakan bibitan R dibuat dari fine liquor dan fondant HG (High Grade)
- b. Masakan R dibuat dari fine liquor, RO dan bibitan R (dari cutting R)
- c. Masakan A dibuat dari bahan B magma, syrup, low purity sugar dan RO
- d. Masakan B dibuat dari bahan C magma, A molasses dan syrup (HK > 70)
- e. Masakan B/C (bibitan C) dibuat dari bahan syrup dan fondant
- f. Masakan C dibuat dari bahan bibitan C dan B-mol

Tahap Memasak

- a. Buka valve pokok tarikan bahan dan valve bahan. Tarik bahan yang akan dimasak (sesuai jenis masakan yang akan dibuat) sampai mencapai graining volume dan kentalkan hingga tingkat kejenuhan yang dikehendaki
- b. Kentalkan hingga tingkat kejenuhan yang dikehendaki dengan membuka valve steam sesuai kebutuhan (perhatikan kondisi vacuum)
- c. Memasukkan kristal bibitan dapat berupa fondant, bibitan yang telah dibuat dalam vacuum pan yang lain
- d. Pembesaran kristal dengan menarik bahan sampai mencapai volume efektif yang dikehendaki
- e. Pada volume efektif, tuakan masakan sampai mencapai brix yang dikehendaki
- f. Pada kondisi ini masakan siap diturunkan

Pembuatan Bibitan

Sebelum memasak masakan A, B, C, dan R terlebih dahulu membuat bibitan yang dilakukan dengan cara membuat benangan terlebih dahulu. Bibitan yang pertama dibuat adalah bibitan untuk masakan C, dengan menggunakan *fondant* pada *seed pan* untuk memenuhi *continous vacuum pan C*, setelah itu membuat bibitan lagi

untuk masakan untuk memenuhi *continous vacuum pan B*. Nantinya gula C akan menjadi *magma C* dan gula B menjadi *magma B*. *Magma C* digunakan untuk tarikan masakan B, sedangkan *magma B* untuk tarikan masakan A. Gula A yang dihasilkan akan dilebur kembali dan dimurnikan pada proses karbonatasi sebagai bahan masak masakan R. Tarikan *magma* berfungsi sebagai bibit inti kristal tempat melekatnya sukrosa menjadi kristal gula. Di dalam proses pembuatan bibit atau inti kristal (*seeding*) dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu *full seeding* (pembesaran kristal secara penuh), *shock seeding* atau kejutan, dan *boil to grain* atau pembentukan kristal dengan sendirinya. Dari ketiga cara ini cara *full seeding* yang lebih mudah terkontrol karena dapat membentuk kristal serentak dengan ukuran yang seragam.

Pembesaran Kristal

Proses pembesaran inti kristal dilakukan dengan cara menarik bahan. Selama proses pembesaran kristal dijaga agar konsentrasi masakan tidak naik, sebab dapat memicu terbentuknya kristal kembar dan konglomerat, semakin tingginya konsentrasi akan menimbulkan terbentuknya kristal palsu. Selain itu konsentrasinya dijaga tidak boleh sampai konsentrasinya turun karena dapat melarutkan kembali kristal yang telah terbentuk. Selain itu kerapatan kristal harus dijaga karena apabila kristal dalam pan renggang akan memicu terbentuknya kristal palsu. Maka dari itu penarikan bahan, kondisi *vacuum*, dan pemakaian bahan pemanas harus diatur dan dijaga sesuai SOP.

Memasak Tua

Apabila besar kristal sudah memenuhi standart dan HK masakan telah tercapai maka tidak lagi ditarik koefisien kejenuhanan bahan. Proses selanjutnya yaitu dengan menguapkan air yang terkandung dalam masakan sebanyak-banyaknya hingga diperoleh brix yang setinggi-tingginya dengan tetap menganalisa apakah terbentuk kristal palsu atau tidak dengan cara menyogok masakan dan dilihat dengan alat bantu kaca.

Menurunkan Masakan

Berikut ini adalah persyaratan menurunkan masakan:

- a. Ukuran kristal memenuhi syarat BJB dan memenuhi HK yang dikehendaki
- b. Volume masakan mencapai kapasitas pan

Sedangkan untuk menurunkan masakan sebagai berikut :

- a. *Valve steam* yang digunakan sebagai bahan pemanas ditutup
- b. *Valve* pipa yang menghubungkan pan masakan ke kondensor ditutup
- c. *Valve* pipa yang menghubungkan antara ruang nira dengan udara luar dibuka (membuang *vacuum*) dengan menyisakan 20 cmHg sehingga mengakibatkan *vacuum* dalam pan turun dan tekanan naik
- d. *Valve discharge* dibuka untuk mengeluarkan masakan, masakan turun dan melewati talang di bawah pan kemudian masuk ke dalam *receiver*, jika masakan sudah turun semuanya maka pan masak dikrengseng untuk membersihkan sisa masakan atau kristal gula dalam pan
- e. Kemudian *valve discharge* ditutup lagi dan selanjutnya ditarik *vacuum* dan pan siap dioperasikan lagi untuk dipakai memasak

Cara Oper Masakan

Sistem oper pasir antar *vacuum* pan persiapan *vacuum* pan yang akan mengoper bahan masakan ke *vacuum* pan lain:

- a. Periksa dan tutup valve pemasukan bahan, air, uap pemanas, dan *valve discard*
- b. Buka *valve* buang *vacuum*
- c. Siapkan untuk dibuka *valve* operan masakan antar *vacuum* pan

Persiapan *vacuum pan* yang akan mengoper menerima operan pasir masakan dari *vacuum pan* lain :

- a. Periksa dan tutup *valve-valve* pemasukan bahan, air, uap pemanas, dan *valve discard*, *valve* buangan *vacuum*

- b. Jalankan pompa pancingan *vacuum* dan buka *valve* pancingan *vacuum* pada *vacuum pan*
- c. Tarik *vacuum* sampai *vacuum* pada pan masak mencapai ± 40 cmHg
- d. Buka *valve damplaiding vacuum* pan kemudian tutup *valve* pancingan *vacuum* dan matikan pompa pancingan *vacuum*
- e. Siapkan untuk dibuka *valve* operan masakan antar *vacuum pan*.

Oper Masakan

- a. Buka *valve* operan masakan pada *vacuum pan* yang akan mengoper masakan
- b. Buka *valve* operan masakan pada *vacuum pan* yang akan menerima masakan
- c. Setelah masakan dioper sampai volume tertentu, tutuplah *valve* operan tersebut

Oper Masakan Sistem *Bombay*

Pada dasarnya oper masakan sistem *bombay* ini sama. Perbedaannya adalah *vacuum pan* yang akan menerima dari *vacuum pan* lain terlebih dahulu telah melakukan proses masak bahan sampai tingkat kejenuhan yang dikehendaki. Sedang yang akan dioper sesuai kebutuhan (volume atau kerapatannya).

Graining Volume Pan

Masakan *graining* volume merupakan volume terkecil yang dapat memproses suatu masakan dalam pan masakan. Di PT. IGG *graining* volumenya yaitu diatas pipa pemanas yaitu sekitar 40 m³ atau sekitar 37,5 - 50% dari tinggi badan pan masakan. Proses memasak dilakukan diatas pemanas dengan tujuan yaitu:

- a. Menghindari terjadinya kerak dalam pipa pemanas
- b. Mempercepat proses masak
- c. Meningkatkan efisiensi kerja pan masak

Tempat-tempat Penambahan Air

Dalam stasiun masakan biasanya diberikan air siraman maupun krengsengan yang bertujuan untuk :

- a. Membersihkan pan masakan saat masakan sudah turun
- b. Mencuci atau menghilangkan kristal palsu
- c. Membersihkan sisa-sisa masakan yang menempel pada pipa nira, *valve* masakan dan kaca penglihat
- d. Mixer *magma C* untuk bahan masak B, *mixer magma B* untuk bahan masak A, *mixer gula affinasi* menuju *remelter*
- e. Pemberian air dalam putaran untuk mempermudah proses pemisahan *molasses* dengan kristal gula.

III.6.4 Perhitungan Kebutuhan Uap Pemanas Masakan

Masakan A, B, C, dan Seed B/C

Menurut E. HUGOT ((*Handbook of Cane Sugar Engineering* hal 666) kebutuhan uap untuk masakan yakni:

$$G = Q \times k \times m \quad (3.40)$$

Dimana:

G = Kebutuhan uap (kg/jam/ton tebu)

Q = Massa *massecuite* (kg/jam/ton tebu)

k = Koefisien *massecuite*

Masakan A = 0,275

Masakan B = 0,300

Masakan C = 0,360

m = Faktor operasional

Batch operation = 1,5

Continuous operation = 1,2

Diketahui:

Kapasitas giling = 6000 TCD

Masakan A % tebu = 34%

Masakan B % tebu = 14%

Masakan C % tebu = 9%

Seed B/C % tebu = 6%

Maka:

$$Q \text{ masakan A} = \frac{34\% \times 6000 \times 1000}{22} = 92727,27 \text{ kg/jam}$$

$$Q \text{ masakan B} = \frac{14\% \times 6000 \times 1000}{22} = 38181,82 \text{ kg/jam}$$

$$Q \text{ masakan C} = \frac{9\% \times 6000 \times 1000}{22} = 24545,45 \text{ kg/jam}$$

$$Q \text{ Seed B/C} = \frac{6\% \times 6000 \times 1000}{22} = 16363,63 \text{ kg/jam}$$

$$G \text{ Masakan A} = 92727,27 \times 0,275 \times 1,5 = 38249,99 \text{ kg/jam}$$

$$G \text{ Masakan B} = 38181,82 \times 0,300 \times 1,2 = 13745,45 \text{ kg/jam}$$

$$G \text{ Masakan C} = 24545,45 \times 0,360 \times 1,2 = 10603,63 \text{ kg/jam}$$

$$G \text{ Seed B/C} = 16363,63 \times 0,330 \times 1,5 = 8099,99 \text{ kg/jam}$$

Total kebutuhan uap Masakan A, B, C dan seed B/C

$$= 70699,06 \text{ kg/jam} = 70,69 \text{ ton/jam}$$

Masakan R

Kebutuhan uap pemanas masakan R dapat dihitung berdasarkan jumlah air yang diuapkan saat proses memasak. Uap pemanas yang digunakan adalah uap bleeding evaporator 1. Kebutuhan uap = air yang diuapkan

$$W = CL \times \left(1 - \frac{\text{brix cl}}{\text{brix R}}\right) \quad (3.41)$$

Dimana:

W = Air yang diuapkan (kg/jam)

Brix cl = % brix *clear liquor*

Brix R = % brix Masakan R

CL = Berat *clear liquor* (kg/jam)

Diketahui:

CL % tebu = 14,5%

Masakan R % tebu = 24%

Brix cl = 64%

Brix R = 91%

Maka:

$$\text{Berat CL} = \frac{14,5\% \times 6000 \text{ TCD}}{22} = 39,54 \text{ ton/jam}$$

Maka, air yang diuapkan:

$$W = 39,54 \times \left(1 - \frac{64}{91}\right) = 11,73 \frac{\text{ton}}{\text{jam}}$$

Sehingga, total kebutuhan uap total untuk skema masak R-ABC di PT.

IGG yakni:

$$= 70,69 \text{ ton/jam} + 11,73 \text{ ton.jam}$$

$$= 82,42 \text{ ton/jam}$$

III.6.5 Problematik dan Cara Mengatasi

Berikut ini masalah/problem yang sering terjadi pada proses kristalisasi di stasiun masakan diantaranya:

- a. Masakan R merupakan masakan dengan HK yang sangat tinggi ($\pm 98\%$), akibat tingginya HK tersebut masakan R sulit dipertahankan pada daerah metamantap. Sehingga peluang hadirnya kristal palsu pada proses masak sangat sulit bahkan tidak mungkin dihindari, begitu pula dengan hadirnya kristal konglomerat dan kristal kompleks yang akan muncul sebelum hadirnya kristal palsu dalam larutan induk masakan R. Bila operator masakan melakukan pencucian kristal palsu maka akan memperlama waktu masak R. Proses masak R yang terlalu lama dapat mempengaruhi warna kristal gula akibat efek karamelisasi, oleh karena itu proses masak R dituntut cepat agar kualitas warna kristal baik. Dengan adanya tuntutan proses masak R yang harus cepat maka tentunya menyulitkan pengendalian kristal palsu dengan cara penambahan air cucian pada masakan.

Cara menanggulangnya yaitu dengan pemberian alat bantu pengaduk (*Stirrer*) pada pan masak agar sirkulasi bahan pada pan masak baik sehingga munculnya kristal palsu, kristal kembar, dan kristal konglomerat dapat ditekan seminimal mungkin dengan meningkatnya sirkulasi dari larutan dalam pan masak.

- b. HK bahan masakan R yang tinggi juga mengakibatkan larutan/bahan cepat mengeras, sehingga tidak jarang jalur pipa bahan ke masakan dan jalur pipa masakan ke palung masakan tersumbat bahan masakan R (*Clear Liquor*) yang telah mengeras.

Cara menanggulangnya adalah dengan pemberian uap kregnsengan sebagai pemanas pada beberapa titik jalur yang rawan tersumbat agar bahan masakan R (*Clear Liquor*) tidak mengeras dan menyebabkan penyumbatan.

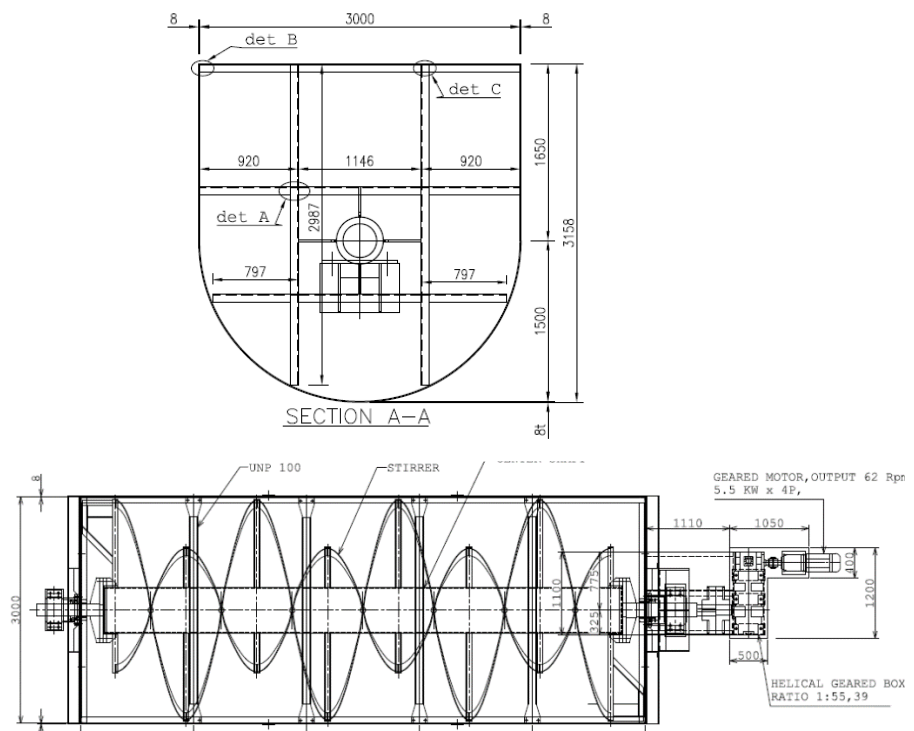
- c. Timbulnya kristal palsu akibat kurangnya kerapatan kristal gula dalam pan masak. Cara mengatasinya yaitu dengan diberikan air siraman, pencucian dengan menarik bahan dan menurunkan vacuum.
- d. Kurangnya bahan masakan yang dapat memicu timbulnya kristal konglomerat atau kristal kembar karna telat memberikan bahan. Cara mengatasinya dengan mengatur waktu masak tidak harus sesuai dengan kapasitas pan dan sering melihat pasokan bahan. Selain itu juga kinerja stasiun sebelumnya (stasiun penguapan) harus optimal.
- e. Kualitas bahan masakan kurang baik yang disebabkan oleh tebu yang digiling, misalnya *syrup* terlalu encer sehingga harus memekatkan lagi di dalam *vacuum* pan.
- f. Turunnya *vacuum* akibat dari suhu air injeksi yang terlalu tinggi serta tarikan air injeksi yang kurang mencukupi. Cara mengatasinya dapat dengan memperkecil valve bukaan steam, bisa juga dengan membuka valve injeksi lebih besar.
- g. Suhu pemanas dan tekanan uap pemanas yang belum memenuhi kebutuhan yang mengakibatkan masakan lama dalam pan. Cara

mengatasinya dengan membuka full valve steam dengan vacuum tetap 65 cmHg, bisa juga dengan mengganti uap *bleeding* menjadi *exhaust*.

III.6.6 Kristalisasi Lanjut

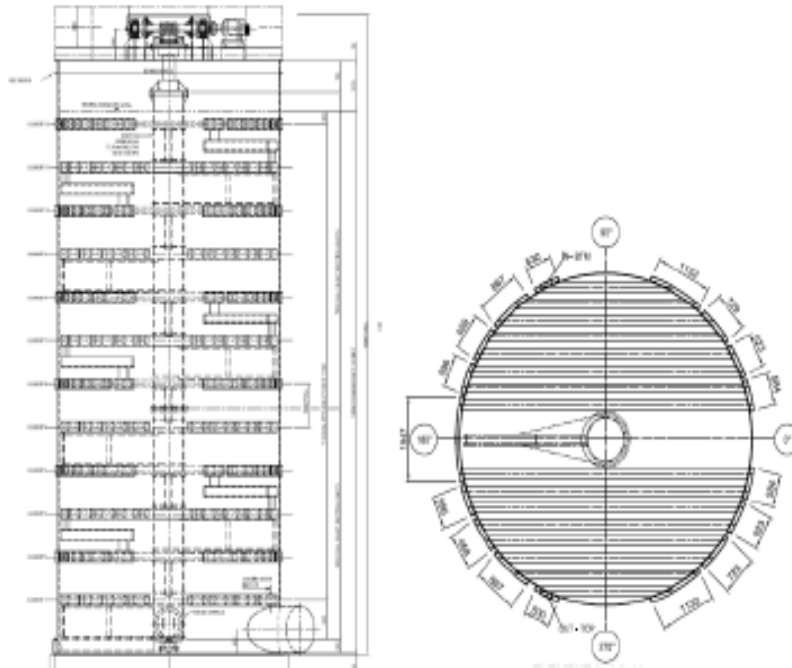
III.6.6.1 Proses Kristalisasi Lanjut

Proses kristalisasi lanjut berlangsung pada palung pendingin. Palung pendingin adalah tempat untuk menampung hasil masakan dari *vacuum* pan (masih dalam keadaan panas) untuk didinginkan mencapai suhu 45-50°C. Tujuan dari proses pendinginan ini yaitu diharapkan dengan adanya penurunan suhu, butir-butir gula yang telah berbentuk kristal dapat membesar akibat adanya proses penempelan larutan sukrosa pada lapisan kristal. Proses ini biasanya juga disebut sebagai Na-Kristalisasi atau kristalisasi lanjutan yang terjadi di luar pan masak. Konstruksi palung pendingin yang umum adalah berupa peti horizontal yang penampangnya berbentuk U (disebut model *Blanchard*) atau peti horizontal yang berbentuk silinder.



Gambar 34. Palung Pendingin (*Receiver*)

Selain palung pendingin konstruksi U ada pula pendingin tipe *continuous vertical crystallizer (CVC)*. *Continuous vertical crystallizer* digunakan untuk Na-Kristalisasi atau kristalisasi lanjutan dengan memberikan waktu tinggal untuk masakan C agar melanjutkan proses kristalisasi pada saat waktu pendinginan. Waktu tinggal dalam CVC dapat mencapai 1-2 hari. Kristalisasi lanjutan dapat membuat lapisan kristal semakin besar sehingga pada saat diputar tidak mengikis lapisan kristal utama sehingga sukrosa akan terperangkap dalam kristal dan tidak mudah keluar bersama *final molasses* (tetes).



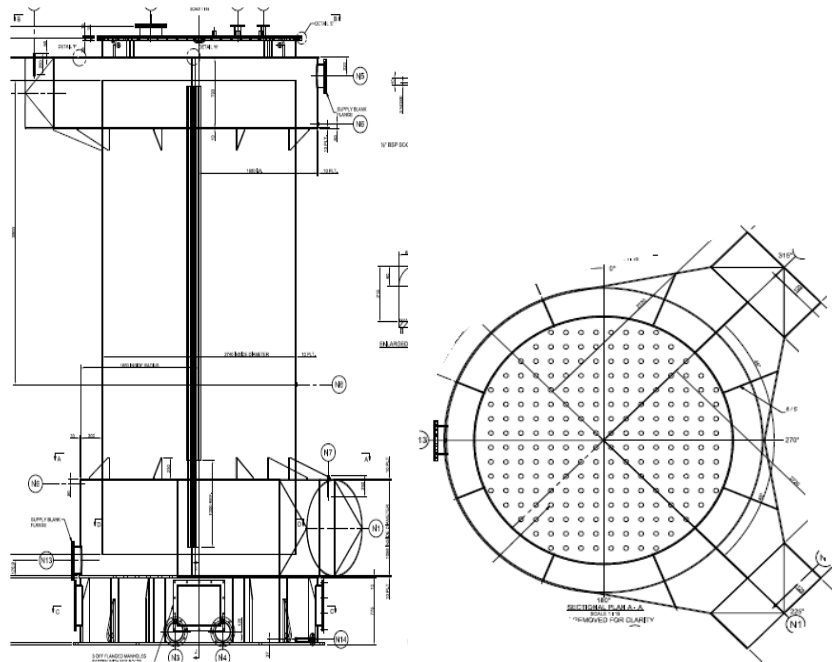
Gambar 35. *Continuous Vertical Crystallizer*

Berikut spesifikasi dari CVC:

Tabel 32. Spesifikasi *Continupus Vertical Crystallizer*

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah	Unit	2
Tipe		Vertical Cylindrical with agitator
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Flow rate	Ton/jam	14
Volume efektif	M ³	338
Dimensi	mm	6000 OD x 144285 H
Waktu tinggal	jam	36
Cooling surface area	M ²	465
No. of cooling element/vessel		12
Stirring speed	rpm	0,16
Height to massecuite surface	mm	12890
Sistem pendinginan		Continuous
Motor: Tipe Jumlah Power	Unit kW	Warm gear-drive 2 22 Kw x 4P
Temperature massecuite: Inlet Outlet	°C °C	67 40
Temperature cooling water inlet	°C	32
Cooling water flow rate	Ton/jam	67,1

Apabila palung pendingin menggunakan konstruksi *continuous vertical crystallizer* maka akan terdapat alat tambahan berupa palung pemanas atau *Re-Heater*. *Re-heater* digunakan untuk memanaskan kembali masakan C yang sudah didiamkan di dalam *vertical crystallizer* pada proses pembesaran kristal gula, tujuan pemanasan kembali ini yaitu untuk menurunkan viskositas masakan agar memudahkan pemutaran masakan di dalam alat sentrifugal. Pemanas menggunakan *hot water* dengan suhu 65 °C untuk memanaskan *massecuite* C sampai suhu 55 °C.



Gambar 36. Reheater

Berikut spesifikasi alat *Reheater Masecuite C*:

Tabel 33. Spesifikasi *Reheater Masecuite C*

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah	Unit	1
Tipe		Rectangular Shape With Pyramidal Bottom and Fin Tube Type Heating
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Kapasitas	Ton/jam	28
Dimensi	mm	2740 ID x 7122 H
Heating surface	M ²	1460
Material		Mild steel

Berikut spesifikasi alat dari *receiver*:

C Masseurite Receiver

Tabel 34. Spesifikasi *C Masseurite Receiver*

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah	Unit	1
Tipe		U-Shape Horizontal Tank with stirrer
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Kapasitas	M ³	60
Dimensi	mm	3000 W x 3150 H x 7500 L
Stirrer		Ribbon Type Agitator
Stirring Speed	rpm	1
Motor: Tipe Gear motor Jumlah	 kW unit	 Helical geared motor, rasio1 : 55,39 5,5 kW, output 62 rpm 1

B Masseurite Receiver

Tabel 35. Spesifikasi *B Masseurite Receiver*

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah	Unit	1
Tipe		U-Shape Horizontal Tank with stirrer
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Kapasitas	M ³	60
Dimensi	mm	3000 W x 3150 H x 7500 L
Stirrer		Ribbon Type Agitator
Stirring Speed	rpm	1
Motor: Tipe Gear motor Jumlah	 kW unit	 Helical geared motor, rasio1:55,39 5,5 kW, output 62 rpm 1

C Seed Masseur Receiver

Tabel 36. Spesifikasi *C Seed Masseur Receiver*

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah	Unit	1
Tipe		U-Shape Horizontal Tank with stirrer
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Kapasitas	M ³	60
Dimensi	mm	3000 W x 3150 H x 7500 L
Stirrer		Ribbon Type Agitator
Stirring Speed	rpm	1
Motor:		
Tipe		Helical geared motor, rasio 1:55,39
Gear motor	kW	5,5 kW, output 62 rpm
Jumlah	unit	1

B Seed Masseur Receiver

Tabel 37. Spesifikasi *B Seed Masseur Receiver*

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah	Unit	1
Tipe		U-Shape Horizontal Tank with stirrer
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Kapasitas	M ³	60
Dimensi	mm	3000 W x 3150 H x 7500 L
Stirrer		Ribbon Type Agitator
Stirring Speed	rpm	1
Motor:		
Tipe		Helical geared motor, rasio 1:55,39
Gear motor	kW	5,5 kW, output 62 rpm
Jumlah	unit	1

A Masseur Receiver (A1/A2/A3/A4)

Tabel 38. Spesifikasi *A Masseur Receiver*

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah	Unit	4
Tipe		U-Shape Horizontal Tank with stirrer
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Kapasitas	M ³	60
Dimensi	mm	3000 W x 3150 H x 7500 L
Stirrer		Ribbon Type Agitator
Stirring Speed	rpm	1
Motor:		
Tipe		Helical geared motor, rasio 1:55,39
Gear motor	kW	5,5 kW, output 62 rpm
Jumlah	unit	1

R Masseur Receiver (R1/R2/R3)

Tabel 39. Spesifikasi *R Masseur Receiver*

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah	Unit	3
Tipe		U-Shape Horizontal Tank with stirrer
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Kapasitas	M ³	60
Dimensi	mm	3000 W x 3150 H x 7500 L
Stirrer		Ribbon Type Agitator
Stirring Speed	rpm	1
Motor:		
Tipe		Helical geared motor, rasio 1:55,39
Gear motor	kW	5,5 kW, output 62 rpm
Jumlah	unit	1

III.6.6.2 Problematik dan Cara Mengatasi

Terjadi gangguan pada *elektromotor* pengaduk, sehingga pengaduk pada palung pendingin berhenti berputar. Maka upaya yang dilakukan agar masakan tetap homogen adalah dengan memutar pengaduk secara manual sambil menunggu *electromotor* siap beroperasi kembali, sehingga masakan tidak menggumpal dan proses Na-kristalisasi lanjut tetap berlangsung dengan baik.

Kendala-kendala lain yang menentukan berhasil tidaknya proses pendinginan masakan adalah bocoran-bocoran air pendingin yang disebabkan oleh elemen pendingin yang bocor atau metal pengaduk aus. Untuk mengatasi hal ini maka terpaksa palung pendingin harus dikosongkan, karena dapat menyebabkan masakan yang didalamnya menjadi encer karena penambahan air. Agar palung pendingin dapat bekerja dengan baik maka sebelum giling alat pendingin tersebut harus benar-benar dikontrol dan diperbaiki bila ditemukan kerusakan.

Problem yang juga pernah terjadi adalah tingginya HK dari tetes, maka perlu dilakukan pengujian dan analisa pada masakan C yang akan diputar baik dari HK, suhu *masscuite* dan viskositasnya.

III.7 STASIUN KARBONATASI

III.7.1 Pemurnian Karbonatasi

Karbonatasi merupakan reaksi pemurnian yang terjadi akibat interaksi antara susu kapur $Ca(OH)_2$ dan gas CO_2 yang menghasilkan endapan senyawa *Calcium karbonat* $CaCO_3$. Berdasarkan proses pemurnian nira, Bahan pengotor yang dapat dihilangkan dengan Defekasi, Sulfitasi, dan Karbonatasi adalah 12,7%, 11,7%, dan 27,9% (Mathur, 1978). Pertama kali pemurnian nira dengan cara karbonatasi diintroduksi oleh peneliti-peneliti dari Perancis yang diterapkan pada pabrik-pabrik gula beet di Eropa pada tahun 1856. Penerapan dan percobaannya memakan waktu sekitar 20 tahun hingga dapat dinyatakan secara teknologi adalah baik dan menguntungkan. Penerapan pertama kali cara karbonatasi pada pabrik-pabrik gula di Indonesia adalah di pulau Jawa pada sekitar tahun 1876.

Proses pemurnian karbonatasi di PT. IGG tidak sama seperti yang lazim dijumpai pada PG karbonatasi lain di Jawa, dimana proses karbonatasi tidak dilakukan di Stasiun Pemurnian pada nira mentah (Pabrik tengah), melainkan di Stasiun Karbonatasi (Stasiun belakang) pada *Liquor* (hasil proses *remelt* pada *Raw Sugar*). Sehingga proses pemurnian karbonatasi di PT. IGG lebih dikenal dengan sebutan ***Defekasi Remelt Karbonatasi (DRK)***.

III.7.2 Proses Remelt Karbonatasi

Proses pemurnian *Defekasi Remelt Karbonatasi (DRK)* sudah dapat dikatakan sebagai proses semi rafinasi. Proses *Defekasi Remelt Karbonatasi (DRK)* dimulai dari stasiun pemurnian, dimana nira mentah akan dimurnikan dengan penambahan $Ca(OH)_2$ (pemurnian defekasi), selanjutnya nira diuapkan airnya dan dikristalkan menjadi Gula A (*raw sugar*) dengan ICUMSA 1000-1500. *Raw sugar* inilah yang nantinya akan dilebur kembali (*remelting*) kemudian ditambahkan susu kapur $Ca(OH)_2$ sebelum akhirnya direaksikan dengan gas CO_2 (*karbonatasi*).

Proses karbonatasi di mulai dari melebur Gula A (*raw sugar*) pada *remelter* dengan bantuan *hot water* (80°C) dan *sweet water* yang berperan

sebagai pelarut gula A. Peleburan gula A dimaksudkan untuk mempermudah penghilangan komponen bukan gula (kotoran dan zat warna) yang terdapat di dalam kristal gula, bersama dengan larutnya kristal gula maka komponen bukan gula yang tadinya terkandung di dalam kristal gula juga ikut larut sehingga diharapkan proses pemisahan senyawa bukan gula menjadi lebih mudah dengan berubahnya fase gula dari kristal gula menjadi larutan/*liquor*.

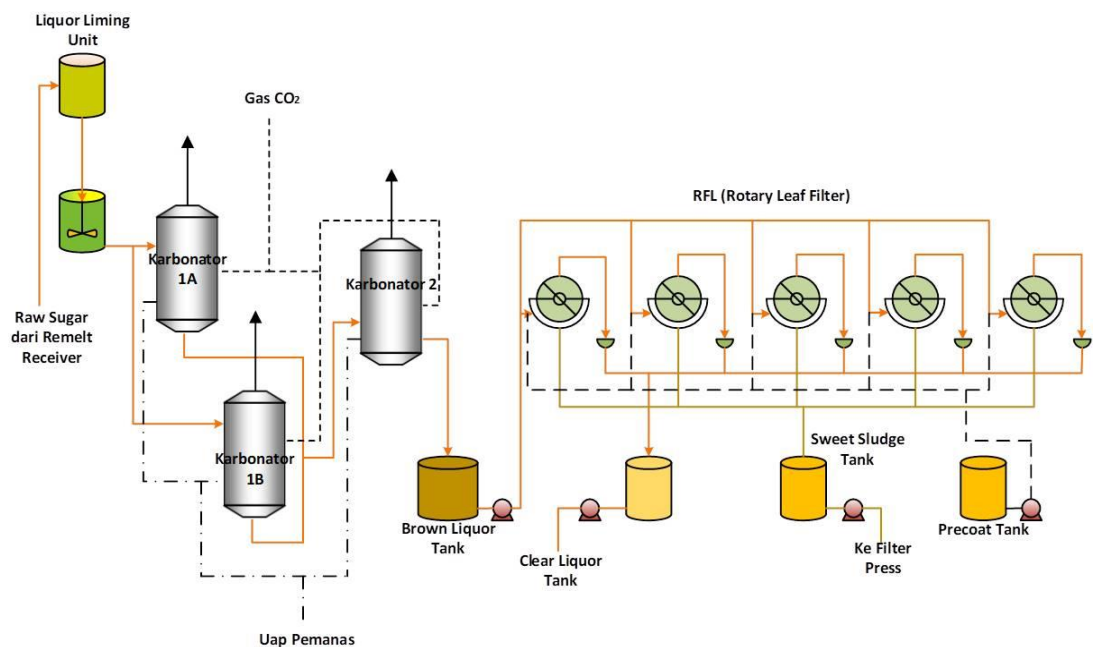
Hasil peleburan gula A pada *remelter* selanjutnya disebut *raw liquor*, yang umumnya memiliki brix 62-64 % dan ICUMSA 1000-1200. Kemudian disaring dan dipompa ke peti *raw liquor* dan akan ditambahkan susu kapur (Ca(OH)_2) yang lebih dikenal sebagai proses *lime mixing* dan menghasilkan *saccharat lime liquor* dengan pH akhir reaksi 10,5. Diharapkan dari proses *lime mixing* tersebut mampu mengikat sebagian besar zat abu dan zat warna (dominan terikat pada suasana alkalis) serta kotoran lainnya yang terkandung pada *raw liquor*.

Saccharat lime liquor kemudian di reaksikan dengan gas CO_2 di bejana karbonator dengan tujuan memurnikan kembali *liquor* dan memucatkan warna, proses inilah yang disebut *karbonatasi*. Proses *karbonatasi* dilakukan sebanyak dua kali, dengan sasaran pH karbonatasi I adalah 9,4-9,6 dan pH 8,4-8,6 untuk karbonatasi II. *Liquor* hasil reaksi karbonatasi disebut *carbonated liquor*. Pada proses pemurnian *carbonated liquor* dengan cara karbonatasi, kotoran (zat abu dan zat warna) akan terperangkap dan terikat ke dalam endapan CaCO_3 selama proses pembentukan, pengembangan dan konglomerasi gumpalan kristal CaCO_3 , sehingga kotoran tersebut pada akhirnya akan ikut mengendap bersama dengan massa dari endapan kristal *calcium karbonat* (CaCO_3) yang telah terbentuk. *Carbonated liquor* selanjutnya ditapis di *Rotary Leaf Filter* (RLF) untuk di pisahkan dari kotoran-kotoran yang terkandung didalamnya sehingga menghasilkan *clear liquor*, dari proses penapisan menghasilkan *sludge* sebagai bentuk dari endapan zat bukan gula yang terpisah dari *liquor*. Pada proses penapisan digunakan bahan pembantu proses berupa *precoat* yang berfungsi sebagai *filter cloat* sehingga memperkecil pori-pori penapisan. *Clear liquor*

selanjutnya akan dikirim ke stasiun masakan sebagai bahan masakan R, sementara *sludge* akan ditampung di peti *sludge* untuk ditapis di *filter press* menghasilkan *cake* (blotong karbonatasi) dan *sweet water*.

Standarat mutu PT. IGG pada proses *remelt karbonatasi* :

1. *Colour raw sugar* : 1000-1500 IU
2. *Colour raw liquor* : 1000-1200 IU
3. *Brix raw liquor* : 62-64 %
4. *pH raw liquor* : 10,5
5. *pH karbonator I* : 9,4-9,6
6. *T karbonator I* : 80°C
7. *pH karbonator II* : 8,4-8,6
8. *Colour clear liquor* : 500-700 IU
9. *Kadar CO₂* : 10-12 %
10. *Tekanan gas CO₂* : 0,7-0,9 bar.g
11. *Be milk of lime* : 10-15°Be

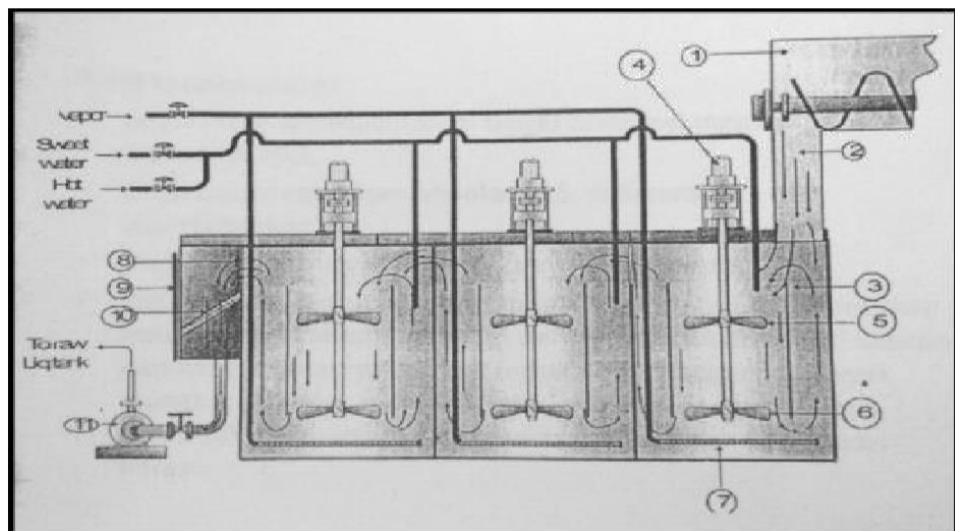


Gambar 37. PFD Stasiun Karbonatasi

III.7.2.1 Remelter

Remelter merupakan suatu peti yang di lengkapi dengan *direct contact* pemanas yang digunakan untuk melebur Gula A (*raw sugar*), proses peleburan Gula A disebut *remelting*. *Direct contact* pada *remelter* berfungsi memanaskan *remelter* sehingga kristal gula mudah melebur karena adanya pemanasan.

Proses *remelting* dibantu dengan penambahan *hot water* dan *sweet water* sebagai pelarutnya, proses *remelting* berjalan secara *continue*. *Remelter* dilengkapi *plate perforated* yang dipasang di tengah-tengah tangki yang berfungsi sebagai penahan gumpalan gula agar tidak masuk ke *compartement* berikutnya, *remelter* juga di lengkapi *agitator* untuk mencampurkan larutan dengan sempurna dalam setiap kompartemennya. Hasil dari proses *remelting* adalah *raw liquor* dengan suhu 65-70°C dengan % brix 62-64. *Raw liquor* dipompa ke *raw liquor tank* untuk ditampung sementara.



Gambar 38. *Raw Sugar Melter*

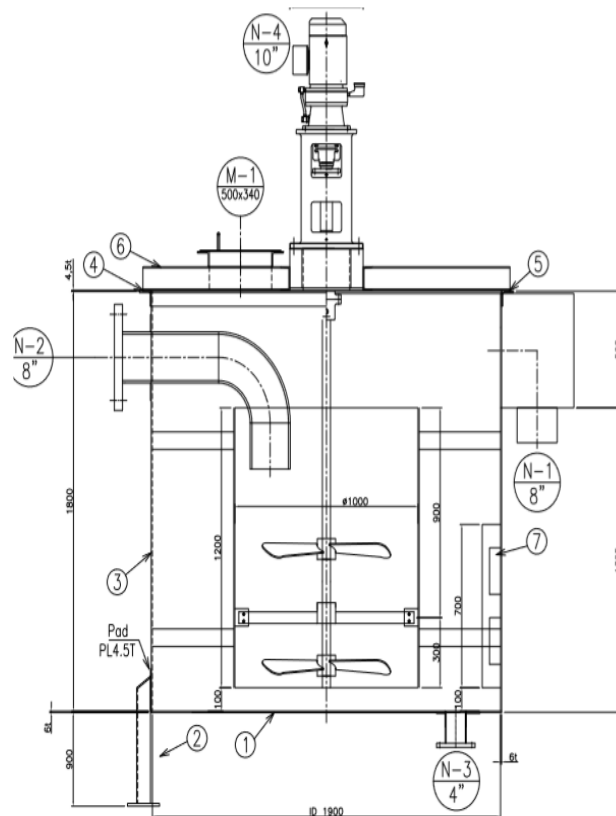
Berikut spesifikasi dari alat *raw sugar melter*:

Tabel 40. Spesifikasi *Raw Sugar Melter*

Item	Unit	Spesifikasi
Manufacture		PT. Waltes Energi Nusantara
Tipe		Horizontal cylindrical
Kapasitas	M ³	45
Overall dimension	mm	Dia. 2860 x L 7500
Stirrer type		Marine propeller type
Jumlah stirrer	set	3
Stirring speed	rpm	230
Motor		11 kW x 4P
Jumlah motor	set	3
Redactor		Gear motor

III.7.2.2 Lime Mixing

Raw liquor yang ada pada *raw liquor tank* kemudian di pompa menuju *lime mixing reaction tank* yang berfungsi mereaksikan *raw liquor* dengan susu kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 10-15°Be menjadi *saccharat lime liquor* dengan pH akhir reaksi mencapai 10,5. Penambahan susu kapur pada proses *lime mixing* bertujuan untuk menyiapkan reaksi antara *liquor* dengan gas CO_2 , diharapkan ion Ca^{2+} yang ada pada *saccharat lime liquor* akan beraksi dengan gas CO_2 yang diberikan saat proses karbonatasi, sehingga dapat mengikat zat bukan gula yang masih terkandung dalam *liquor*. Penetapan pH 10,5 pada reaksi *lime mixing* didasarkan pada titik isoelektris zat bukan gula yang terkandung pada *raw liquor*. Koloid dan zat bukan gula akan mengendap pada titik keadaan dimana muatannya bersifat netral, titik inilah yang disebut titik isoelektris. Dengan range pH *lime mixing* $\pm 10,5$ diharapkan semua titik isoelektris terlewati, terutama zat-zat warna yang dominan memiliki titik isoelektris pada keadaan alkalis sehingga zat bukan gula akan terikat oleh ion Ca^{2+} .



Gambar 39. Lime Mixing

Berikut spesifikasi alat lime mixing:

Tabel 41. Spesifikasi Lime Mixing

Item	Unit	Spesifikasi
Manufacture		PT. Waltes Energi Nusantara
Type		Vertical Cylindrical Tank With Stirrer
Kapasitas	M ³	4
Dimensi	mm	Dia. 1,900 mm (ID) x 1,800 mm (H)
Speed stirrer	rpm	91
Motor	kW	4
Redactor		Gear motor
Material:		
Shell		SS 400
Side plate		SS 400
Stirrer		Carbon steel
Stirrer shaft		Carbon steel

III.7.2.3 Karbonator

Saccharat lime liquor selanjutnya direaksikan dengan CO₂ di karbonator sebagai inti dari proses karbonatasi. PT. IGG memiliki 3 unit bejana karbonator yang digunakan bergantian secara berkala. Proses reaksi karbonatasi antara *saccharat lime liquor* dengan CO₂ dilakukan sebanyak 2 kali dengan sasaran pH yang berbeda, yaitu karbonatasi I dengan sasaran pH 9,4-9,6 dan karbonatasi II dengan sasaran pH akhir mencapai pH 8,4-8,6 dan menghasilkan *carbonated liquor* atau *brown liquor*.

“Adanya absorpsi dari gas CO₂ akan meningkatkan kondisi asam dan mengganggu kestabilan senyawa *intermediet*, sehingga senyawa tersebut akan terurai menjadi sukrosa dan garam *kalsium karbonat*. Terbentuknya senyawa kalsium karbonat dapat mengabsorpsi dan mengendapkan bahan pengotor” (Goutara dan Wijandi, 1975).

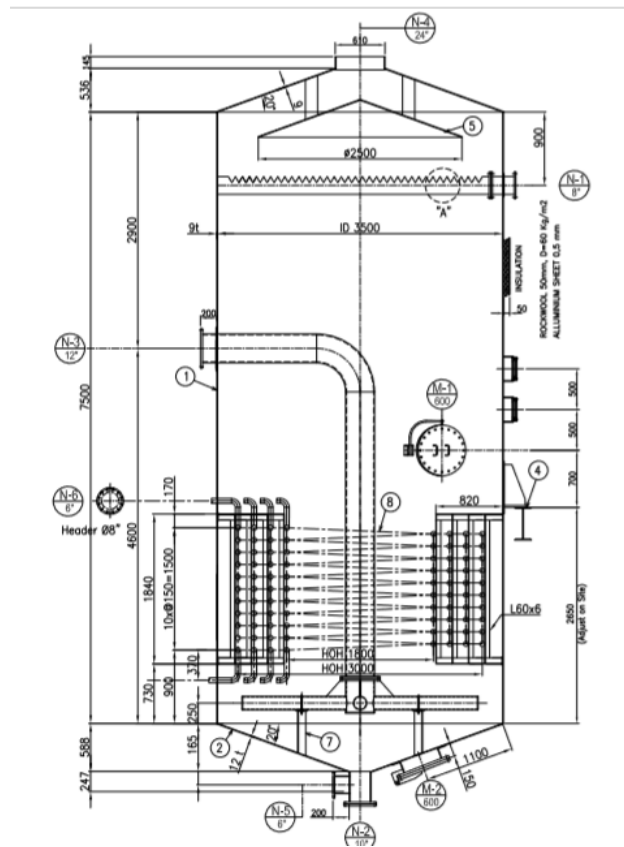
Gas CO₂ akan mengikat gumpalan kotoran/endapan (senyawa *intermediet* hasil reaksi antara zat bukan gula dengan ion Ca²⁺ pada proses *lime mixing*) yang terkandung dalam *saccharat lime liquor* membentuk senyawa *kalsium karbonat* (CaCO₃). Senyawa *kalsium karbonat* yang terbentuk pada akhir reaksi akan mengikat dan mengendapkan zat bukan gula sekaligus zat warna yang terkandung pada *liquor*. Berikut persamaan reaksinya :



Penetapan pH akhir karbonatasi didasarkan pada sifat dari endapan CaCO₃ yang terbentuk, secara teoritis CO₂ akan mengabsorpsi zat bukan gula yang didominasi oleh zat abu untuk selanjutnya akan diikat bersama endapan yang terbentuk. Namun menurut **Chung-Chi Chou**, partikel endapan garam *kalsium karbonat* yang terbentuk akibat absorpsi CO₂ optimum hingga pH 8,2. Bila kurang dari pH tersebut absorpsi CO₂ optimum hingga pH 8,2. Bila kurang dari pH tersebut maka endapan CaCO₃ akan memiliki diameter yang lebih kecil (dapat larut) sehingga

endapan dapat lolos pada proses penapisan (*Handbook of Sugar Refining*).

Oleh karena itu, setelah dilakukan pengkajian teori dan penelitian sifat *liquor* dan endapan CaCO_3 yang terbentuk pada proses DRK di PT. IGG, maka ditetapkanlah pH 8,5 sebagai pH optimum akhir reaksi karbonatasi. Senyawa CaCO_3 yang terbentuk akan menjadi *sludge* dan nantinya dibuang sebagai blotong setelah mengalami proses penapisan akhir di *filter press*. CO_2 berasal dari gas sisa hasil pembakaran boiler. Selanjutnya *carbonated liquor* masuk ke *brown liquor tank* dan siap untuk proses filtrasi di RLF.



Gambar 40. Karbonator

Berikut spesifikasi alat karbonator:

Tabel 42. Spesifikasi Karbonator

Item	Unit	Spesifikasi
Manufacture		PT. Weltes Energi Nusantara
Type		Vertical cylindrical tank with gas distribution and discharge chimney
Jumlah: Karbonator I Karbonator II	Unit Unit	2 1
Kapasitas: Karbonator I Karbonator II	M ³ M ³	30 33
Overall dimension: Karbonator I Karbonator II	mm mm	3500 (ID) x 8725 (H) 3800 (ID) x 3000 (H)
Heating surface: Karbonator I Karbonator II	M ² M ²	70 -
Pressure design	Kg/cm ² g	2
Material: Casing Gas inlet (distribution) Gas distribution Coil element		SS 400 SS 400 SUS 304 SUS 304 TP WELDED

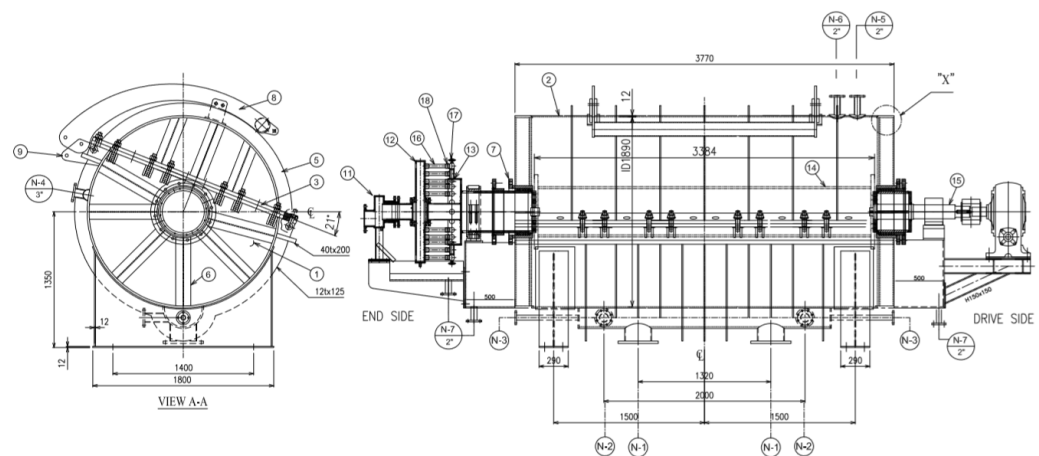
III.7.2.4 Penapisan Liquor (Rotary Leaf Filter)

Carbonated liquor yang ada di *carbonated tank* kemudian ditapis di RLF (*Rotary Leaf Filter*), proses penapisan bersifat *continue*. Pada proses penapisan digunakan bahan pembantu proses yaitu *precoat (Diatoms)* yang berfungsi memperkecil luas pori-pori permukaan penapisan dan melapisi *filter cloth* sehingga *sludge* yang dihasilkan tidak menempel pada bagian *screen filter cloth*. Proses penapisan bertujuan menapis dan memisahkan endapan CaCO₃ yang terkandung dalam *carbonated liquor*. Proses penapisan dilakukan menggunakan RLF 1-5 untuk menghasilkan *clear liquor* dan *sweet sludge*. *Liquor* selanjutnya ditampung di *clear liquor tank* sebelum dipompa ke stasiun kristalisasi.

Operasional RLF dilaksanakan secara *continue*. Secara operasional penapisan dengan RLF dilaksanakan dengan dua proses yaitu *draining* dan *precoating*.

Draining adalah proses pengetapan RLF untuk mengeluarkan *sludge* sebagai hasil samping proses penapisan yang ada didalam RLF dengan menggunakan *hot water*. Kotoran tap-tapan berupa *sludge* kemudian ditampung di *sludge tank* dan di pompa ke *filter press* untuk diambil airnya yang masih mengandung gula (*sweet water*).

Precoating adalah proses pelapisan kain tapis RLF dengan bantuan penambahan *filter aid (diatoms)* pada RLF yang berfungsi memperkecil pori-pori penapisan sehingga endapan CaCO_3 akan tertapis dengan sempurna di RLF dan melapisi *filter cloth* sehingga *sludge* yang dihasilkan tidak menempel pada bagian *screen filter cloth*. Sebelum proses *precoating*, RLF dicuci terlebih dahulu menggunakan *hot water* guna membersihkan kain tapis dari *sludge* yang masih menempel. *Precoating* dilaksanakan dengan cara memompa dan mensirkulasikan larutan *filter aid* ke dalam RLF dengan waktu kurang lebih 30 menit, jika hasil sirkulasi yang keluar dari RLF sudah jernih (bening) maka proses *precoating* dihentikan, karena hal tersebut menunjukkan bahwa lapisan *filter aid* pada kain tapis RLF sudah baik dan siap digunakan.



Gambar 41. Rotary Leaf Filter

Berikut spesifikasi alat *rotary leaf filter*:

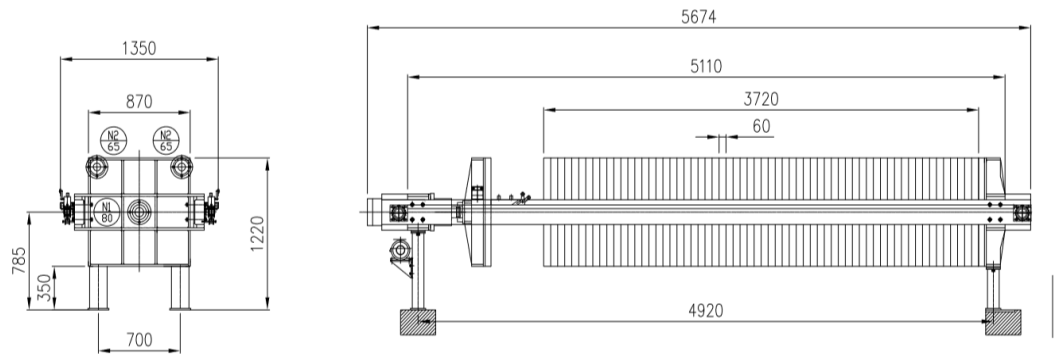
Tabel 43. Spesifikasi *Rotary Leaf Filter*

Item	Unit	Spesifikasi
Manufacture		PT. Waltes Energi Nusantara
Type		Rotary leaf preassure filter
Jumlah	unit	5
Kapasitas	M ³	380
Dimensi	mm	1890 dia. x 3770 L
Filtering area	M ²	160
Pressure	Kg/cm ² g	4
Wetcake thickness	mm	20
Working temperature	°C	80
Jumlh leaf	pcs	38
Drive		3,7 kW x 4P ratio 1/30 x 1/50
Material: Body Leaf frame Cloth		Mild steel Stainless steel (SUS 304) Polypropilene, multi-mono filament

III.7.2.5 Penapisan Slude (Filter Press)

Filter press merupakan mesin *press* yang terdiri dari *frame-frame* yang di lapiasi oleh *cloth* yang disusun secara rapat untuk menapis *sludge* yang merupakan hasil tap-tapan dari RLF. Di PT. IGG memiliki 4 unit *filter press* yang dioperasikan bergantian secara berkala. Tap-tapan *sludge* hasil penapisan di RLF yang telah ditampung di *sludge tank* pada proses *draining* selanjutnya akan ditapis kembali guna memisahkan *sucrose* yang masih terkandung di dalamnya.

Proses penapisan *sludge* dilakukan dengan memompa *sludge* menuju *filter press*, kemudian ditapis guna mengeluarkan air yang masih mengandung gula. Proses penapisan akan menghasilkan *sweet water* dan *cake* (blotong karbonatasi). *Sweet water* merupakan air hasil penapisan *sludge* dengan kandungan gula $\pm 2\%$, *Sweet water* akan dimanfaatkan menjadi bahan pelarut *raw sugar* pada *remelter*. Sementara *cake* akan dibuang sebagai hasil samping yang sudah tidak digunakan untuk proses lagi.



Gambar 42. *Sludge Filter Press*

Berikut spesifikasi alat *sludge filter press*:

Tabel 44. Spesifikasi *Sludge Filter Press*

Item	Unit	Spesifikasi
Manufacture		PT. Waltes Energi Nusantara
Type		Automatic pressure filter XMZ 80/870
Jumlah	Unit	4
Jumlah plate	Pcs	62
Inner diameter	mm	800
Out diameter	mm	870
Kapasitas	M ³	380
Dimensi	mm	5500 L x 1200 W x 1300 H
Filtering area	M ²	80
Pressure	Kg/cm ² g	4
Thickness of plate	mm	55
Tickness of cake	mm	30
Power pf shifter motor	kW	0,75
Power of hydrolic motor	kW	2,2
Power		380 V, 50 Hz, 3 PH
Weight	kg	3000

III.7.3 Bahan Pembantu Proses Karbonatasi

III.7.3.1 Karbondioksida (CO₂)

Sistem pemurnian secara DRK memerlukan bahan pembantu berupa gas CO₂. Gas CO₂ merupakan bahan pembantu proses karbonatasi, dimana gas CO₂ akan beraksi dengan Ca²⁺ menghasilkan endapan CaCO₃ pada proses karbonatasi. Kadar pemberian gas CO₂ untuk proses *remelt* karbonatasi adalah 10-12 %. Sedangkan jumlah CO₂

yang diberikan tergantung dari sasaran pH akhir reaksi di masing masing karbonator, pH akhir reaksi dari karbonatasi adalah antara pH 8,4-8,6. Fungsi dari gas CO₂ adalah untuk mengabsopsi zat bukan gula (kotoran) sekaligus menurunkan kadar kapur pada nira.

Gas CO₂ sendiri langsung diambil dari gas buang boiler melalui proses penyadapan. Sebelum digunakan, gas CO₂ akan dilakukan proses *treatment* terlebih dahulu untuk memisahkan kotoran yang ikut terbawa oleh gas CO₂ (partikel debu dan abu), proses pemisahan kotoran yang terbawa oleh gas CO₂ dilakukan pada *gas scrubber*. *Gas scrubber* akan menangkap dan memisahkan kotoran (partikel debu dan abu) yang dibawa oleh gas buang boiler sehingga gas CO₂ yang dihasilkan benar-benar bersih dari kotorannya. *Gas scrubber* juga berfungsi untuk mendinginkan udara sampai suhu ± 60°C.

Perhitungan kebutuhan CO₂ per ton remelt

Kapasitas giling : 6000 TCD = 272,72727 ton/jam

Raw sugar : 12% tebu = 32,73 ton/jam

Brix raw sugar : 98%

Brix raw liquor : 65%

Densitas *raw liquor* : 1,3 ton/m³

Melt raw liquor : 49,34 ton/jam = 37,96 m³/jam

Kebutuhan CO₂ (menurut Rein.p. 517)

Untuk pemakaian 5-9 kg CaO/ton melt memerlukan CO₂ 60-120 m³ gas CO₂/ton melt

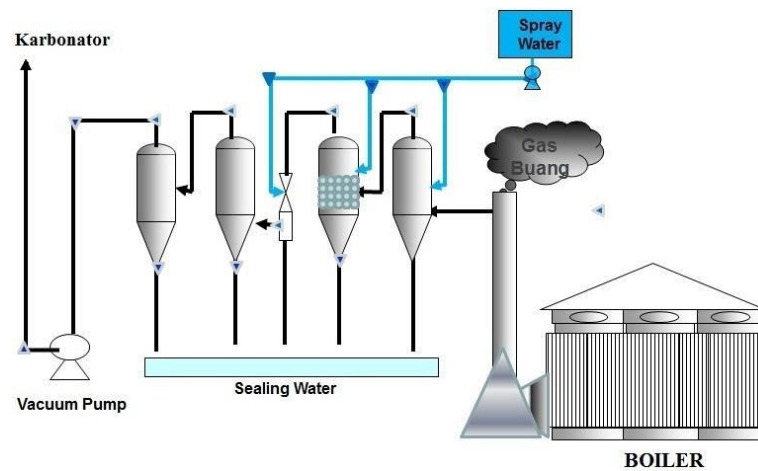
Untuk pemakaian 10 kg CaO/ton melt memerlukan CO₂ 150 m³ gas CO₂/ton melt

Tabel 45. Kebutuhan Cao

Kebutuhan CaO		Kebutuhan CO₂	
5 kg CaO/ton melt	0.25 ton/jam	60 m ³ CO ₂ /ton melt	2960.56 m ³ /jam
9 kg CaO/ton melt	0.44 ton/jam	120 m ³ CO ₂ /ton melt	5921.12 m ³ /jam
10 kg CaO/ton melt	0.49 ton/jam	150 m ³ CO ₂ /ton melt	7401.40 m ³ /jam

Pembersihan yang dilakukan oleh gas *scrubber* dilakukan dengan sebagai berikut :

- a. Gas buang CO₂ yang keluar dari boiler di salurkan ke sebuah *dust collector cyclone*, yang berfungsi untuk menangkap abu yang terikat dalam gas buang boiler. Pada bagian bawah terdapat *sealing water tank* untuk menangkap kotoran dan abu yang terbawa oleh gas buang boiler yang kemudian dibuang melalui *rotary valve*.
- b. Gas buang yang telah terpisah dari kotoran akan menuju ke *gas scrubber* untuk mendinginkan gas dan menangkap abu halus yang lolos dari *dust collector cyclone* dan jatuh pada bak penampung.
- c. Setelah melalui *gas scrubber* gas akan melalui *venturi scrubber*.
- d. Gas yang keluar dari *venturi scrubber* akan melalui *mist catcher* untuk menangkap air embun yang terbawa oleh gas CO₂ setelah pendinginan.
- e. Kemudian gas masuk ke dalam *mist collector* untuk menghilangkan air atau titik embun yang masih terbawa oleh gas.
- f. Gas CO₂ yang sudah dingin dan bersih akan ditarik dan didorong dengan pompa *vacuum* ke dalam tangki penampung gas CO₂ yang terletak di stasiun pemurnian.
- g. Gas CO₂ di dalam tangki penampung yang sudah dingin dan bersih, dapat digunakan untuk proses pemurnian *liquor*.
- h. Kandungan gas asap ketel %-nya cukup materil yaitu Nitrogen (63%) dan Karbondioksida (12-16%).



Gambar 43. Proses *Treatment Gas CO₂*

Problematic yang sering terjadi pada penambahan gas CO₂ dan cara mengatasinya:

Sering kurangnya kadar CO₂ yang tersedia sehingga pH tidak tercapai. Cara mengatasinya adalah dengan melaporkan ke pihak boiler bahwa kadar CO₂ berkurang, maka pihak boiler akan menambahkan suplai kadar CO₂ yang akan digunakan untuk proses karbonatasi.

III.7.3.2 Filter Aid

Diatomeus Earth adalah jenis *filter aid* yang digunakan untuk mempermudah proses filtrasi di RLF (*Rotary Leaf Filter*). Sistem kerjanya adalah *filter aid* akan menempel pada dinding-dinding saringan dan memperkecil pori-pori penapisan sehingga endapan CaCO₃ tidak lolos pada proses filtrasi, *filter aid* juga mempermudah penempelan kotoran sekaligus menjaga kain saringan agar tidak cepat rusak.

Cara pemberian *filter aid* pada *rotary leaf filter* adalah sebagai berikut :

- a. *Filter aid* dicampur dengan air pada *precoating tank* sehingga menjadi larutan. Dosis pemberian *filter aid* adalah ± 67,5 kg/shift (3 karung).
- b. Larutan *filter aid* dipompa dan sirkulasi ke RLF (*Rotary Leaf Filter*) hingga menempel di kain saringan, sedangkan airnya akan kembali ke *precoating tank* bersirkulasi).

- c. Hentikan sirkulasi jika *filter aid* sudah menempel di dinding saringan. Untuk mengetahui apakah *filter aid* sudah menempel atau belum, bisa dilihat dari hasil air sirkulasi *precoating* yang semakin lama semakin jernih.
- d. Setelah sirkulasi selesai, proses *precoating* dihentikan dan RLF siap dioperasikan sesuai fungsinya.

III.8 STASIUN PEMUTARAN

Stasiun puteran merupakan suatu proses pemisahan kristal gula dari larutan induknya (*mother liquor*) dengan cara penyaringan menggunakan tenaga putaran (*gaya sentrifugal*). Dengan adanya gaya sentrifugal maka massa yang masuk ke dalam alat pemutar akan terlempar menjauhi titik pusat perputarannya dan kristal tertahan pada dinding *screen*, sedangkan larutan yang menyertai akan terlempar keluar melalui lubang *screen*.

Menurut Soejardi (1975), hasil proses pengkristalan dalam pan kristalisasi adalah suatu massa campuran antara kristal gula dengan larutan jenuh. Untuk mendapatkan kristal dalam bentuk murni maka campuran ini harus dipisahkan, pemisahan dilakukan dalam suatu alat saringan dengan menggunakan *dryer centrifugal* sebagai pendorong. Karena adanya gaya *centrifugal* maka massa yang telah dimasukkan kedalam alat pemutar ini akan terlempar menjauhi titik pusat perputarannya. Berhubung adanya saringan pada bagian dindingnya maka kristal akan tertahan sedangkan larutannya akan menembus lubang-lubang saringan dengan demikian terpisahkan antara kristal dengan larutannya. Walaupun demikian tetap ada sebagian kotoran yang masih menempel pada kristal sehingga dilaksanakan penyiraman air dengan maksud untuk memisahkan kotoran yang masih menempel pada kristal dan diharapkan kotoran tersebut dapat larut dan dengan dilakukan pemutaran akan mampu dipisahkan.

Baik tidaknya produk yang dihasilkan dipengaruhi oleh besarnya gaya *sentrifugal* dan viskositas larutan. Semakin tinggi viskositas masakan, semakin besar tenaga putar yang dibutuhkan. Kemampuan unit puteran dipengaruhi tiga faktor, dirumuskan sebagai berikut :

$$F = m \times w^2 \times R \quad (3.43)$$

Dimana:

F = Gaya putaran (kg m/s)

m = Massa yang diputar (kg)

w = Kecepatan sudut atau sudut (radian/detik, n = rpm)

r = Jari – jari (m)

Kapasitas puteran *continue* (BMA) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = 2 \times K \times W^2 \times V \quad (3.44)$$

Dimana :

Q = Kapasitas puteran (ton/jam)

K = Koefisien yang tergantung dari jenis masakan

W = Kecepatan sudut dari mesin puteran

V = Volume dari bagian puteran yang berbentuk

Isi atau volume alat pemutaran dapat digunakan rumus dari *Hugot* :

$$V = 0,000196 \times D^2 \times H \quad (3.45)$$

Dimana :

V = isi maksimal (dm²)

D = diameter basket (m)

H = tinggi basket (m)

Volume masakan yang dikerjakan dapat dihitung :

$$Y = N \times Vp = 0,000196 \times D^2 \times H \times N \quad (3.46)$$

Dimana :

Y = volume masakan yang dikerjakan

D = diameter basket

H = tinggi basket

N = *cycle* tiap jam

Sedangkan jumlah *cycle* tiap jam dapat dihitung :

$$N = K \times n^2 \times D \quad (3.47)$$

Dimana :

N = jumlah *cycle* per jam

K = koefisien yang tergantung dari sifat-sifat masakan yang dikerjakan dan derajat kekeringan kristal yang dikehendaki

n = puteran tiap menit (rpm)

D = diameter basket (inch)

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemutaran, antara lain :

1. Kualitas Masakan, tergantung pada Viskositas, suhu dan HK masakan
2. Ukuran dan kerataan kristal masakan
3. Besarnya percepatan alat untuk mencapai kecepatan operasi
4. Gaya centrifugal.

Di dalam praktiknya, untuk mendapatkan kualitas yang baik, pemisahan dengan pemutaran yang tinggi (*setting rpm* >1000), sedangkan jari-jari putaran dan massa yang diputar disesuaikan dengan kapasitas alat.

Dalam masakan dikenal 2 macam *stroop*, yaitu :

1. *Stroop* yang mengisi ruang antar kristal
2. *Stroop* yang melapisi kristal (*film stroop*)

Untuk *stroop* pengisi ruang antar kristal dapat dipisahkan dengan tenaga putaran (*centrifugal*), sedangkan untuk memisahkan *stroop* yang melapisi kristal dibantu dengan pencucian, namun jumlah air pencuci harus optimal sesuai kebutuhan.

III.8.1 Operasi Stasiun Pemutaran

Operasi pemutaran akan dipengaruhi oleh jenis masakan, waktu, suhu, rpm, bahan pencampur, tebal lapisan, penyiraman, penyetuman dan termasuk SDM nya. Operasi pemutaran meliputi pengisian bahan kedalam *basket* maupun besarnya rpm menjelang pengisian. Pada saat pengisian dengan rpm yang tidak tercapai (rpm 300) maka akan mengakibatkan ketebalan masakan pada dinding *basket* tidak merata sehingga putaran menjadi goyang. Apabila hal ini dilakukan terus menerus maka akan terjadi vibrasi yang mengakibatkan kerusakan alat. Berdasarkan mutu masakan yang diputar, maka alat pemutar *sentrifugal* dibagi menjadi dua yaitu :

1. LGF (*Low Grade Fugal*) untuk masakan dengan tingkat kemurnian rendah
2. HGF (*Hight Grade Fugal*) untuk masakan dengan tingkat kemurnian tinggi.

PT. IGG menggunakan 17 alat putaran yang terdiri dari HGF dan LGF, dimana:

1. Pemutar *massecuite* C berjumlah 6 buah (LGF *continue*)
2. Pemutar *massecuite* B berjumlah 3 buah (LGF *continue*)
3. Pemutar *massecuite* A berjumlah 4 buah (LGF *continue*)
4. Pemutar *massecuite* R berjumlah 4 buah (HFG *batch*)

Hal-hal yang berpengaruh terhadap pemutaran :

1. Gaya sentrifugal dan waktu

Lamanya proses pemutaran masakan sangat menentukan hasil proses sehingga perlu diadakannya percobaan lama pemutaran terhadap jenis masakan yang mempunyai sifat berbeda.

2. Suhu dan rpm

Suhu secara tidak langsung berpengaruh terhadap beban alat, karena perubahan viskositas dan rpm sangat mempengaruhi besarnya hasil atau kecepatan proses. Suhu dapat mempengaruhi beban kerja alat pemutar karena dapat mempengaruhi kelarutan bahan dalam masakan sehingga berpengaruh terhadap viskositas masakan. Semakin tinggi viskositas masakan yang diputar semakin berat kerja putaran sehingga semakin sulit kristal gula dengan larutan induk terpisahkan.

3. Bahan pencampur

Bahan pencampur biasanya berupa larutan yang konsentrasinya lebih rendah, hal ini dimaksudkan untuk mengencerkan masakan yang akan di putar dengan harapan beban alat berkurang dan hasilnya baik.

4. Penyiraman

Penyiraman dimaksudkan untuk melarutkan partikel-partikel kecil yang melekat pada dinding kristal sekaligus sebagai pencuci sehingga diharapkan gula yang keluar dari alat pemutaran bisa lebih putih dan bersih. Air siraman menggunakan *contaminated condensat*. Air siraman memiliki suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$, diharapkan dengan suhu tersebut lapisan *stroop*

yang menempel pada kristal dapat larut dan keluar dengan mudah serta tidak banyak kristal gula yang larut bersama *stroop*.

Untuk mengetahui kebutuhan air siraman (pencuci) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$W = \frac{p' - p}{100 - p} \quad (3.48)$$

Dimana :

W = Air % masakan yang dibutuhkan

p = Kemurnian gula sebelum dicuci

p' = Kemurnian gula sesudah dicuci

Sasaran mutu di stasiun puteran PT. IGG

Tabel 46. Sasaran Mutu Centrifuge R

Centrifuge R			
	R Masecuite	RO	R Sugar
Brix	88-92%	70-75%	99,99%
Pol	83-91%	62-71%	99,80%
HK	94-98%	88-94%	99,81%
Colour	2000 IU	800 IU	80-200 IU
BJB	-	-	0,8-1,2 mm

Tabel 47. Sasaran Mutu Centrifuge A

Centrifuge A			
	A Masecuite	A Mol	A Sugar
Brix	90-93%	80-85%	95-99%
Pol	77-92%	52-60%	91-97%
HK	85-98%	65-70%	95-98%
Colour	-	-	<1500 IU
BJB	-	-	0,7-0,9 mm

Tabel 48. Sasaran Mutu Centrifuge B

Centrifuge B			
	B Masecuite	B Mol	B Sugar
Brix	90-94%	80-85%	95-97%
Pol	65-74%	36-43%	86-93%
HK	72-78%	45-50%	90-95%
BJB	-	-	0,5-0,7 mm

Tabel 49. Sasaran Mutu Centrifuge C1

Centrifuge C1			
	C1 Masecuite	Final Molasses	C1 Magma
Brix	92-96%	82-88%	88-92%
Pol	51-58%	25-36%	66-74%
HK	55-60%	30-40%	75-80%
BJB	-	-	0,3-0,5 mm
TSAI		50-55%	
pH		6,9-7	

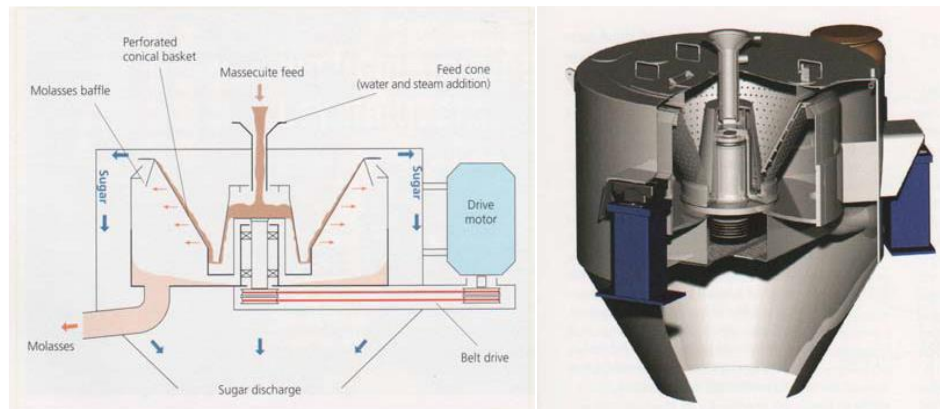
Tabel 50. Sasaran Mutu Centrifuge C2

Centrifuge C2			
	C2 Masecuite	C2 Mol	C2 Magma
Brix	92-96%	80-85%	88-92%
Pol	51-58%	44-56%	71-83%
HK	55-60%	55-65%	80-90%
BJB	-	-	0,3-0,5 mm

III.8.2 Macam-Macam Putaran

III.8.2.1 Putaran LGF (Low Grade Centrifugal)

Low grade centrifugal digunakan untuk memutar masakan A, B, dan C yang dilakukan secara kontinyu. Putaran bekerja dengan gaya *centrifugal* sehingga kristal terlempar menjauhi pusat menuju dinding saringan yang berbentuk konus. Masakan A diputar satu kali dan menghasilkan A *molasses* dan gula A. Masakan B diputar satu kali dan menghasilkan B *molasses* dan menghasilkan gula B magma. Sedangkan masakan C diputar satu kali untuk memisahkan *final molasses* (tetes) dan gula C1, dan diputar kembali menghasilkan gula C2 magma dan C2 *molasses*. Secara periodic ditambahkan air pencuci dengan suhu 30-40 °C untuk mempermudah proses penghilangan *molasses* pada lapisan kristal. Akibat gaya sentrifugal dengan putaran yang cepat, *molasses* akan menyebar dan terjadilah pemisahan antara *molasses* dengan kristal. *Molasses* akan menembus saringan pada dinding bagian luar basket sedangkan kristal gula akan terpisah dan merambat menuju penampung kristal bagian bawah alat pemutar untuk di bawa *screw conveyor*.



Gambar 44. *Low Grade Centrifugal*

III.8.2.2 Putaran HGF (High Grade Centrifugal)

Putaran HGF digunakan untuk memutar masakan R yang turun dan dilakukan secara *batch*. Putaran HGF bekerja secara terputus dimana alat pemutar diisi *massecuite* dengan secukupnya lalu diputar. Proses pemutaran berlangsung kurang lebih 2–3 menit. Masakan R diputar secara *automatic discontinue* dimana putaran dalam keadaan kosong diputar dengan pelan disertai pemasukan bahan sampai volume tertentu. Kecepatan rotasi putaran akan semakin cepat disertai pemberian air cucian dengan suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$ berfungsi memisahkan kristal dari larutan induknya. Rotasi putaran akan diturunkan, kemudian gula R yang jatuh dibawa menuju *sugar drier and cooler* untuk selanjutnya dipisahkan antara kristal kasar, *standart*, dan halus di talang goyang. Selain gula juga dihasilkan R *molasses* yang akan ditampung dan diolah kembali sebagai bahan di masakan. Setelah terjadi pemisahan antara kristal gula dengan *molasses* nya, pengambilan sample dapat diambil dari lubang sogokan untuk mengetahui kondisi kristal gula dalam putaran.

Berikut merupakan mekanisme kerja putaran HGF :

a. Tahap pengisian

Putaran dijalankan dalam keadaan kosong, sebelum bahan masuk dilakukan pembersihan dengan cara disemprotkan air untuk pembersihan saringan. Pada kecepatan putaran 160 rpm, katub pengisian terbuka masakan mengalir masuk ke dalam basket sampai memenuhi kapasitas basket tersebut, katub pengisian menutup dan rpm putaran meningkat hingga 300 rpm.

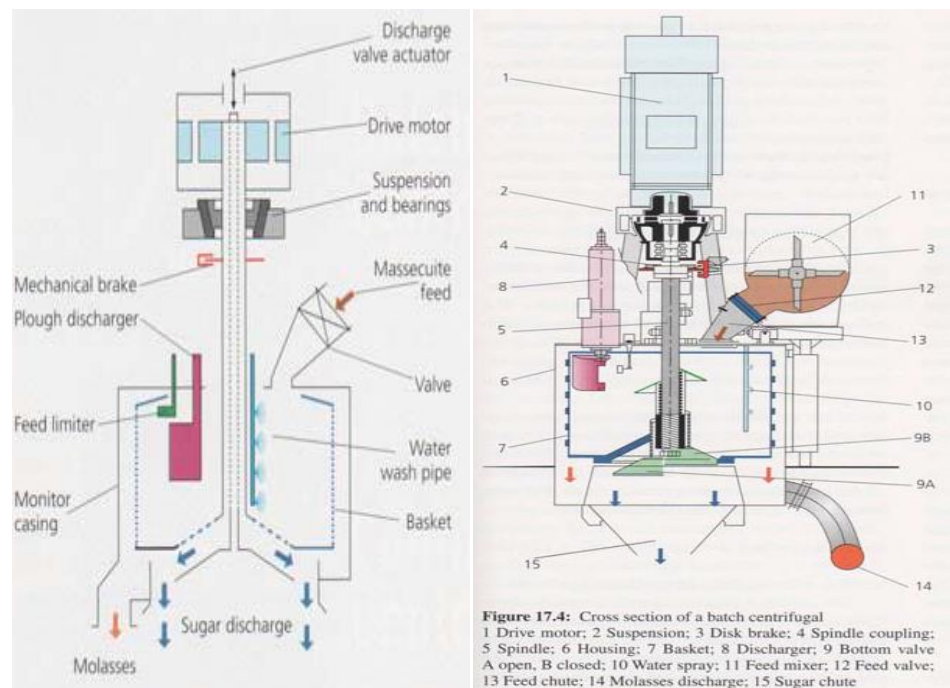
b. Tahap kecepatan

Pada putaran 300-700 rpm (saat terjadi perubahan warna) dilakukan proses penyiraman dengan suhu 70°C dimaksudkan untuk melarutkan partikel-partikel kecil yang melekat pada dinding kristal sekaligus sebagai pencuci sehingga diharapkan gula yang keluar dari alat pemutaran bisa lebih putih dan bersih. Penyemprotan dilakukan selama 5 detik, kemudian dilanjutkan dengan proses *steaming* untuk

mengeringkan gula setelah dilakukan penyiraman dengan air. Dari putaran 700 rpm lalu ditingkatkan hingga putaran mencapai 1000 rpm maksimal.

c. Tahap penurunan

Pada tahap ini proses kecepatan mulai menurun sampai 60 rpm yang bertujuan untuk proses penyekarapan lapisan gula. Katup pengeluaran terbuka, *scraper* bekerja untuk menurunkan gula, kemudian katub pengeluaran menutup kembali sedangkan *scraper* naik ke posisi semula dan kembali pada tahap permulaan.



Gambar 45. High Grade Centrifugal

Berikut spesifikasi alat puteran:

Tabel 51. Spesifikasi Puteran

Item	Unit	Spesifikasi
A Centrifugal		
Jumlah	Unit	4
Type		High grade continue centrifugal bma, Germany
Speed	rpm	1200
Kapasitas	Ton/jam	31
Power	kW	90
B Centrifugal		
Jumlah	Unit	3
Type		High grade continue centrifugal bma, Germany
Speed	rpm	1450
Kapasitas	Ton/jam	31
Power	kW	90
Screen size	mm	0,6 x 1,65 S 24
Basket size:		
Conical angle	deg	30
Diameter	mm	2118
C1 dan C2 Centrifugal		
Jumlah	Unit	6
Type		High grade continue centrifugal bma, Germany
Speed	rpm	1750
Kapasitas	Ton/jam	31
Power	kW	90
Screen size	mm	0,6 x 1,65 S 24
Basket size:		
Conical angle	deg	30
Diameter	mm	2118
R1, R2, R3 Centrifugal		
Jumlah	unit	3 (masing-masing 1)
Type		U-shape with stirrer
Kapasitas	M ³	60
Power	kW	5,5 x 4 P
Dimensi	mm	3000 W x 3150 H x 7500 L
Stirrer type		Ribbon type agigator
Stirring speed	rpm	1

III.8.3 Problematik dan Cara Mengatasi

1. Viskositas masakan yang tinggi akan menyebabkan kristal gula sulit dipisahkan dengan larutan induknya, kurangnya air cucian dalam putaran, rpm putaran kurang maksimal. Untuk mengatasi dilakukan dengan menaikkan temperature *massecuite*.
2. Saringan basket yang tersumbat akibat hadirnya kristal palsu. Dapat diatasi dengan cara pembersihan secara periodik pada *screen* pemutar.
3. Alat pemutar sering bergetar yang disebabkan karena mutu masakan yang masuk kurang baik atau hasil masakan lengket. Sehingga pada hasilnya didapatkan gula yang sedikit dan molasses yang dihasilkan semakin banyak. Caranya dilakukan koreksi kerja tukang masakan agar bisa didapatkan mutu masakan yang baik sehingga tidak membebani di stasiun puteran.
4. Kendala pada saat padamnya listrik, untuk menutup valve masakan yang akan dialirkan ke puteran harus dikerjakan dengan manual oleh bantuan manusia. Cara mengatasinya dilakukan reparasi alat.

III.9 PENYELESAIAN DAN GUDANG

Penyelesaian merupakan tahap akhir dari rangkaian proses produksi gula sebelum dikemas dan dimasukkan ke gudang penyimpanan. Tahap ini merupakan tahap yang menentukan terhadap daya simpan gula selama proses penyimpanan di gudang.

Gula yang dihasilkan dari stasiun puteran akan melalui tahap pengeringan dan kemudian dibawa oleh talang goyang melewati saringan menuju ke pengemasan. Disaringan inilah akan dipisahkan antara gula halus, gula kasar, dan gula produk. Gula halus dan kasar akan dilebur kembali dengan air panas dan dimasukkan ke peti *clear liquor* karena tidak memenuhi syarat mutu gula produk. Sementara Gula produk akan dikemas dan disimpan dalam gudang. Instalasi penyelesaian terdiri dari :

1. Pengangkutan dan pengeringan gula.
2. Penyaringan dan pemisahan gula.
3. Pengarungan dan penimbangan gula.
4. Penimbunan gula.

Gudang merupakan tempat penyimpanan/penimbunan gula yang telah mengalami proses penyelesaian (pengemasan). Gudang sendiri memiliki beberapa persyaratan khusus untuk menjaga kualitas gula agar tidak berubah/menurun. Disamping itu, peran manajemen dan pengaturan gula dalam gudang juga dituntut baik demi menjaga kualitas gula dan kepuasan konsumen.

III.9.1 Proses Pengeringan

Sebelum dilakukan proses pengemasan gula harus melalui beberapa tahapan untuk menentukan daya tahan simpan gula di gudang gula. Pada stasiun penyelesaian, gula R yang dihasilkan dari stasiun pemutaran memiliki suhu yang cukup tinggi yaitu berkisar antara $\pm 50^{\circ}\text{C}$ dengan kadar air 0,5-2,0% sehingga mempunyai kelembaban yang tinggi. Perlu di adakan perlakuan khusus sebelum dikemas agar tidak terjadi kerusakan atau

perubahan warna gula akibat mikroorganisme yang hidup pada kelembaban tertentu. Usaha yang dilakukan untuk menghindari kerusakan pada gula dengan mengeringkan kristal sebelum disimpan di gudang penyimpanan. Di negara beriklim tropis seperti Indonesia mengeringkan gula SHS dapat dengan *grasshopper conveyor* (talang goyang) yang cukup panjang sehingga selain proses pengeringan juga terjadi proses pendinginan.

Di PT. IGG sudah menggunakan *fluidized bed sugar dryer and cooler*, dimana udara kering bertekanan dihembuskan dari bawah hamparan gula yang disalurkan ke dalamnya, setelah itu melalui hamparan selanjutnya dihembuskan udara dingin serta di dalamnya dilengkapi dengan penghisap gula debu yang memisahkan gula produk dengan gula debu yang selanjutnya akan dilebur. Adapun tujuan dari proses pengeringan kristal gula sebelum disimpan di gudang penyimpanan yakni:

1. Menekan kadar air gula hingga kurang dari 0,1%
2. Mencegah pembusukan mikroorganisme ataupun jamur
3. Menjaga kualitas gula selama penyimpanan/penimbunan
4. Umur penyimpanan lebih lama.

Berikut sasaran mutu gula produk setelah proses pengeringan:

1. Kadar air : <0,1 %
2. Temperature gula : 36-40 °C
3. Colour GKP : 80-300 IU
4. HK gula produk : 99,80 %
5. BJB : 0,8-0,12 mm

Menurut hugot, hubungan kadar air dalam kristal dengan Faktor Daya Simpan (FDS) yang digunakan sebagai faktor keamanan, dimana dirumuskan sebagai berikut:

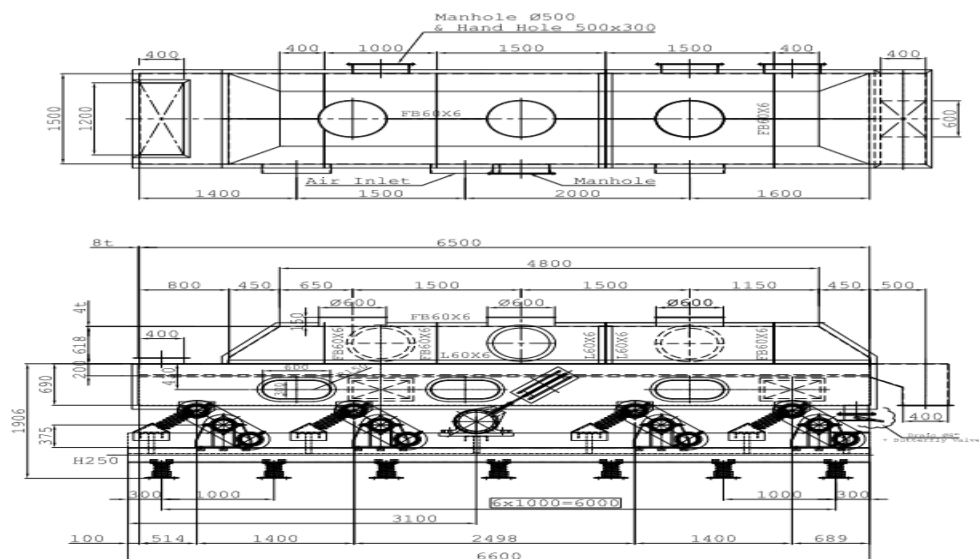
$$FDS = \frac{\text{Kadar air gula}}{100 - \% \text{pol gula}} \quad (3.49)$$

Dimana standar FDS = 0,3%.

Sehingga, daya simpan gula tergantung dari kadar air dan % pol gula, yaitu semakin tinggi nilai FDS, maka daya simpan gula semakin rendah

III.9.1.1 Operasi Pengeringan

Gula R yang dihasilkan dari alat putaran akan turun ke *screw conveyor*. Kemudian masuk ke alat pengering gula (*sugar dryer*). *Sugar dryer* dilengkapi dengan *blower* yang berfungsi untuk menghembuskan udara kering dengan suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$ dari arah bawah dengan tekanan 4 kg/cm^2 . Di dalam *sugar dryer* terdapat talang getar dan berlubang dengan diameter $\pm 0,2 \text{ mm}$. Fungsi adanya lubang pada talang dengan ukuran diameter lebih kecil dari ukuran Gula Kristal Produk (GKP) adalah agar hembusan udara kering tersebut dapat mengenai gula secara maksimal dan gula tidak berjatuhan ketika proses tersebut berlangsung. Suhu gula keluar dari *sugar dryer* $\pm 40^{\circ}\text{C}$ (*optimalisasi* sesuai dengan keadaan, jika terlalu panas suhu diturunkan minimal 36°C). Setelah dari *sugar dryer* kemudian gula menuju *sugar cooler* yang didalamnya diberi hembusan udara dingin dari *blower* pengering dengan suhu 35°C . Dari proses ini tentu menghasilkan debu gula sehingga debu gula ini dihisap oleh *cyclone separator* dan disemprot dengan air di dalam *cyclone separator* agar debu-debu ini larut kemudian dipompa ke peti leburan.



Gambar 46. *Sugar Dryer and Cooler*

Berikut spesifikasi alat *sugar dryer and cooler*:

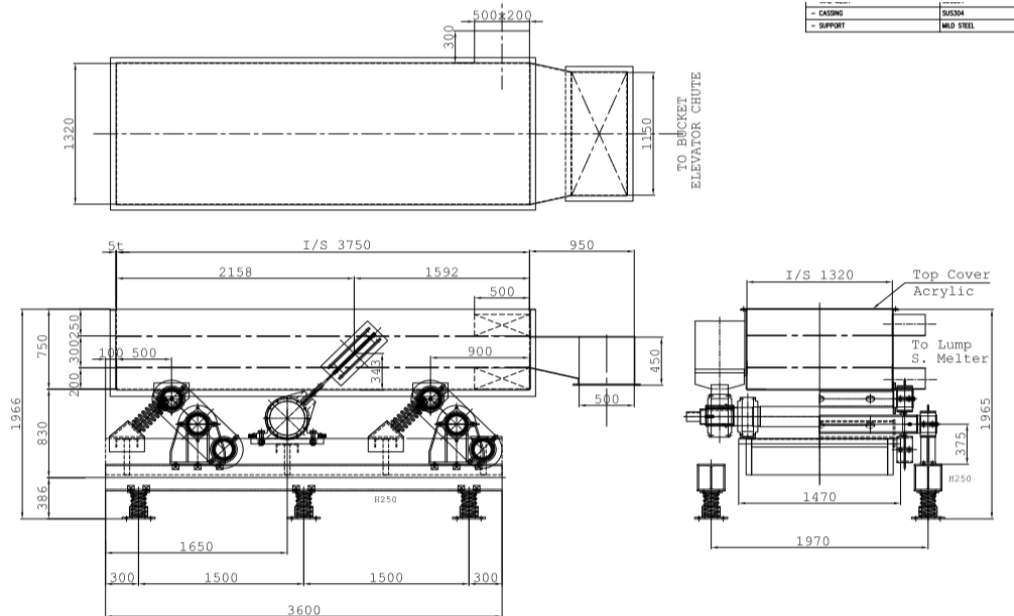
Tabel 52. Spesifikasi *Sugar Dryer and Cooler*

Item	Unit	Spesifikasi
Sugar Dryer		
Jumlah	Unit	1
Type		Fluidezed sugar bed
Widths of through	mm	1500
Lenght of through	mm	6000
Frequensi of through	Cyle/mnt	±550
Material		ss 400, untuk bahan yang bersinggungan dengan gula dilapisi bahan sus 304
Acc's		set belt & pulley, 1 set cover for drive part, 1 set flexible canvas for air inlet & outlet
Sugar Cooler		
Jumlah	Unit	1
Type		Fluidezed sugar bed
Widths of through	mm	1500
Length of through	mm	6000
Frequensi of through	Cyle/mnt	±550
Material		ss 400, untuk bahan yang bersinggungan dengan gula dilapisi bahan sus 304
Acc's		1 set belt & pulley, 1 set cover for drive part, 1 set flexible canvas for air inlet & outlet

III.9.1.2 Operasi Penyaringan

Saringan gula (*vibrating screen*) adalah alat untuk memisahkan gula produk (BJB 0,8-1,2 mm) dengan gula krikilan. Gula krikilan akan dilebur ke dalam *melter*. Gula produk akan masuk *sugar bin* dan kemudian dikemas. Selain gula produk dan gula krikilan, di saringan gula ini juga terdapat gula debu yang terikut saat proses penyaringan. Sementara kristal gula halus atau gula debu ini akan terhembus ketika melewati *dryer cooler* dan ditangkap oleh separator yang dikontakkan dengan air sehingga menjadi *sweet water*. Saringan gula ini terdiri dari 2 lapis saringan. Saringan atas untuk menyaring gula krikilan dan yang lolos akan diteruskan. Untuk gula halus yang terikut bersama gula produk

akan hilang ketika melewati *dryer cooler*. Untuk diameter saringan gula krikilan, ukuran lubangnya berukuran 7 *mesh* dan untuk penyaringan kedua 23 *mesh*.



Gambar 47. *Vibrating Screen*

Berikut spesifikasi alat *vibrating screen*:

Tabel 53. Spesifikasi *Vibrating Screen*

Item	Unit	Spesifikasi
Jumlah	Unit	1
Type		Horizontal vibrating double deck vibrating with cover plate
Kapasitas	Ton/jam	40
Frame width	mm	1320
Frame length	mm	3750
Drive output revolution	rpm	480
Driven		7,5 kW x 6 P
Acc's		1 set belt & pulley, 1 set cover for drive part, 1 set flexible canvas for air inlet & outlet

III.9.1.3 Problematik dan Cara Mengatasi

- Gula yang keluar dari alat *sugar dryer* masih basah/lembab. Cara mengatasinya yakni dengan penambahan *steam* pada udara kering.

- b. Hasil penyaringan gula sehingga didapat gula yang tidak sama rata ukurannya. Cara mengatasinya yakni dilakukan pengecekan ulang, apabila saringannya rusak dilakukan perbaikan ulang atau diganti dengan saringan yang baru.
- c. *Screen* sering tersumbat karna kristal yang tersangkut, menyebabkan gula menumpuk dan tumpah. Cara mengatasinya yakni melakukan penyikatan pada screen.

III.9.2 Penyimpanan

Gula yang telah dikeringkan dan disaring selanjutnya dikemas guna memudahkan proses penyimpanan. Gula dikemas dalam karung dengan berat netto 50 kg secara *semi-automatic*, selanjutnya gula yang telah dikemas akan disimpan dalam Gudang Gula.

III.9.2.1 Syarat Baku Mutu Gula Produk

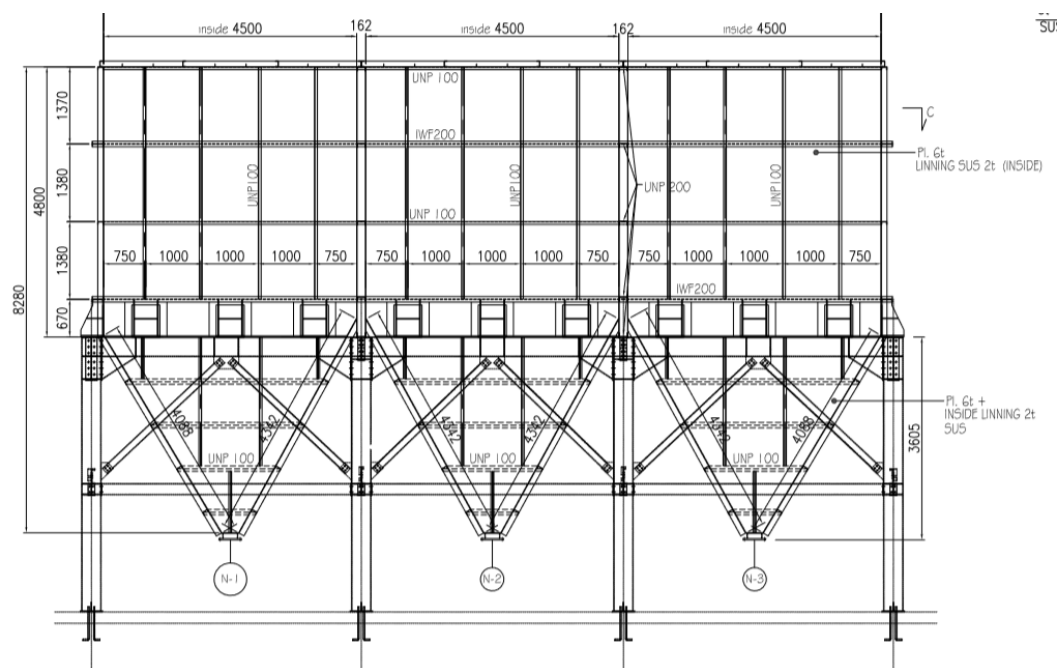
Gula yang dihasilkan dari stasiun pemutaran perlu dikemas dan disimpan dalam gudang gula. Dalam penentuannya dilakukan pengawasan baik secara analisa maupun visual. Berikut ini adalah persyaratan gula masuk gudang:

- a. Warna gula standart sesuai standart P3GI berdasarkan SNI 3149.3:2010
- b. GKP = 80-300 IU
- c. Gula harus kering dan bersih (kadar air maksimal 0,1%)
- d. Ukuran kristal atau BJB harus memenuhi standart (0,8-1,2 mm)
- e. Berat bersih (netto) tiap karung harus 50 kg
- f. Karung utuh atau tidak robek dan harus dalam keadaan rapi.

Dalam menyimpan gula di gudang, harus memperhatikan sirkulasi udara dan kondisi tempat penyimpanan yang memungkinkan terjadinya kerusakan gula akibat dari kelembaban udara, kebocoran, kebakaran maupun resiko banjir dan sebagainya.

III.9.2.2 Pengemasan Gula

Proses pengemasan gula dilaksanakan setelah gula keluar dari *sugar dryer and cooler* kemudian di bawa ke atas oleh *bucket elevator* dan disalurkan menuju pengepakan atau *sugar bin*. PT. IGG memiliki 3 *sugar bin*. Saat gula dibawa ke gudang gula menggunakan *belt conveyor* terdapat *magnetic separator* agar gula bersih dari benda lain mengandung logam yang terbawa selama perjalanan ke pengepakan. *Sugar bin* berfungsi untuk penyaluran gula yang akan di kemas dengan kapasitas masing-masing *sugar bin* 120 m³. Proses pengemasan gula yang dilakukan di PT. IGG dilakukan dengan kemasan 50 kg yang dikemas dalam karung plastik yang dilengkapi dengan *inner bag* untuk menjaga kebersihan dan kelembapan gula.



Gambar 48. *Sugar Bin*

III.9.2.3 Syarat Gudang Gula

Gudang gula berfungsi untuk menyimpan gula produk yang sudah dikemas di dalam karung plastik (zak). Agar mutu gula yang disimpan dalam gudang dapat tahan lama maka harus diperhatikan beberapa syarat gudang gula :

- a. Suhu ruangan normal $\pm 35^{\circ}\text{C}$
- b. Udara dalam gudang harus kering (tidak lembab), kelembaban udara $\pm 75\%$
- c. Kondisi bangunan atap tidak bocor, dinding kokoh, kedap air dan tidak terpengaruh udara luar, lantai kokoh serta kedap air
- d. Sirkulasi udara dalam ruang gudang harus baik
- e. *Drainase* lingkungan sekitar baik
- f. Dilengkapi pengukur suhu ruang (*Thermometer*)
- g. Dilengkapi pengukur kelembaban udara (*Hygrometer*)
- h. Dilengkapi alat pemadam kebakaran
- i. Dilengkapi dengan *conveyor* untuk menyusun tumpukan gula dalam gudang.

III.9.2.4 Operasi Penyimpanan

Gula yang telah dikemas dalam karung (zak) dengan masing-masing *netto* 50kg selanjutnya disimpan dalam gudang, dalam operasi penyimpanan gula perlu adanya pengaturan tumpukan gula dengan tujuan diantaranya :

- a. Agar tumpukan gula tidak mudah runtuh
- b. Agar tumpukan gula mudah dihitung
- c. Agar pengaturan sirkulasi udara dalam ruang gudang mudah dan baik
- d. Agar memudahkan proses pemasukan atau pengeluaran gula dalam gudang.

Penyusunan gula dalam gudang gula di mulai dari bagian tepi dengan jarak 1-1,5 m dari dinding gudang, kemudian gula disusun dari bagian bawah (dasar) ke bagian atas dengan *stappel* (sistem penyusunan),

dimana 1 *staple* terdapat 3 zak yang disusun vertikal dan 2 zak disusun horizontal sedangkan ketinggiannya 40 zak. Penyusunan ke atas dilakukan berselang selang sehingga zak satu dengan yang lainnya saling mengunci. Jadi dalam 1 *staple* memiliki 200 zak gula.

Sistem pengeluaran gula di PT. IGG menggunakan sistem FIFO (*First In First Out*). Gula yang masuk pertama kali akan dikeluarkan dari gudang pertama kali.

III.9.2.5 Administrasi Gudang

Administrasi gudang gula di PT. IGG yaitu seluruh gula produk yang dihasilkan tiap hari, harus dimasukkan gudang. Proses perhitungan dilakukan oleh petugas dari keuangan dan proses. Selanjutnya buat berita acara mengenai:

- a. Jumlah produksi
- b. Laporan harian produksi
- c. Berita acara dan laporan di (ACC) oleh masing- masing kepala bagian selanjutnya diserahkan ke bagian keuangan untuk dilaporkan dan disahkan kepada General Menager.

Sistem pengeluaran gula di PT. IGG menggunakan sistem FIFO (*Fisrt In First Out*). Gula yang masuk pertama kali akan di dikeluarkan dari gudang pertama kali, hal ini disebabkan karena disesuaikan dengan waktu produksi untuk mencegah perubahan baik warna maupun kelembaban pada gula sehingga segera dikeluarkan. Pencatatan gula yang keluar diatur dengan menggunakan surat DO (*Delivery Order*), yaitu surat pengantar pengeluaran gula dari gudang PG. Dalam proses pengeluaran gula milik PG sendiri, surat DO dikeluarkan oleh Bidang Pengadaan dan Pemasaran. Pelayanan pengeluaran gula dilakukan sesuai dengan DO permintaan. Surat DO akan dilampiri Surat Jalan yang juga dilengkapi dengan data kendaraan pengangkut gula dan jumlah gula yang disahkan oleh bagian pengadaan dan pemasaran untuk memastikan kebenaran jumlah gula yang dikeluarkan.

Pemasaran gula produk yang ada dalam gudang dilakukan dengan dua cara yaitu dengan penjualan secara langsung (*sport sale*) dan penjualan secara lelang. Penjualan secara langsung (*sport sale*) dilakukan dengan menjual produk langsung kepada konsumen dengan pembelian minimum 1 zak (50 kg). Sedangkan penjualan secara lelang dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu :

- a. Penentuan harga lelang
- b. Pengeluaran SPP (Surat Penjualan dan Pelayanan)
- c. Pengeluaran SPS (Surat Perintah Setor)
- d. Pengeluaran surat DO

III.9.2.6 Problematik dan Cara Mengatasi

Masalah yang dapat terjadi saat proses pengeluaran gula dari gudang yaitu pada saat proses penyiapan maupun saat pengeluaran gula bila terjadi kerusakan sak (robek) sehingga gula tumpah, maka cara mengatasinya yaitu gula yang rusak dikumpulkan dalam satu periode selanjutnya dikembalikan pada bagian pengemasan. Gula yang rusak dibuatkan berita acara kerusakan.

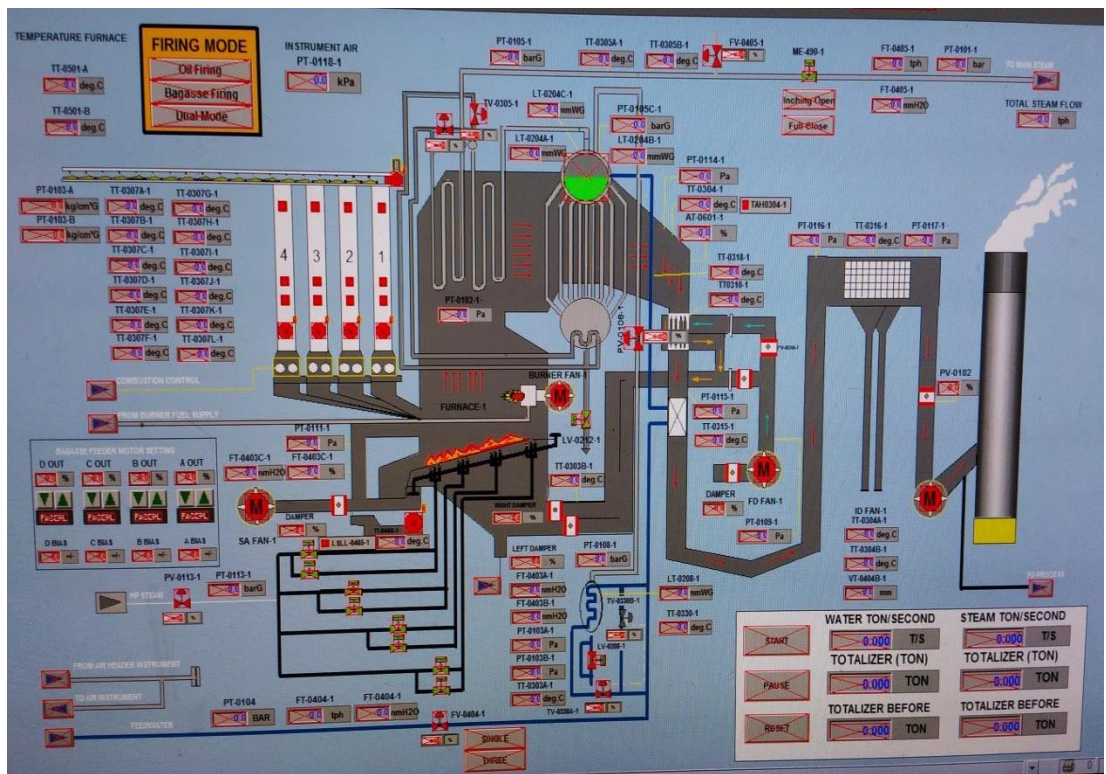
Adapun hal-hal yang harus diperhatikan yang berkaitan dengan administrasi gudang antara lain:

- a. Penyimpanan dokumen harus disimpan/ditata sehingga memudahkan dalam pengeluaran dan proses administrasi
- b. Dalam penerimaan barang, fisik barang, jumlah dan spesifikasi barang harus sama dengan yang tertera pada surat pengantar (Surat DO dan Surat Jalan)
- c. Proses pengeluaran harus sesuai dengan dokumen atau Bon Gudang yang tercatat pada Kartu Gudang.

III.10 STASIUN PEMBANGKIT TENAGA UAP

Boiler adalah suatu alat penghasil tenaga uap melalui pembakaran bahan bakar untuk memanaskan air sampai menjadi uap (*Steve Robinson dkk*). Di pabrik gula, uap digunakan untuk proses pengolahan gula dan sebagai sumber tenaga penggerak. Untuk menunjang kelancaran proses dalam giling, maka pengadaan kebutuhan uap di stasiun boiler harus memperhatikan baik kapasitas maupun mutu, sehingga mampu mencukupi kebutuhan proses dengan tetap memperhatikan faktor-faktor efisiensinya. PT. IGG memiliki 2 unit boiler, dimana bahan bakar yang digunakan yaitu *bagasse* (ampas) dengan jenis boiler *Jhon Thompson*. Boiler tersebut merupakan pipa air yang beroperasi secara paralel dan uap yang dihasilkan digabung dalam *steam header* yang kemudian siap didistribusikan sesuai kebutuhan pabrik. Boiler tersebut tidak beroperasi bersamaan karena harus menyesuaikan kebutuhan uap yang akan digunakan pabrik. Boiler yang beroperasi di PT. IGG memiliki kapasitas sebesar 2 x 100 ton uap/jam. Untuk turbin penggerak dipakai uap baru dari boiler dengan tekanan 45 bar.g dan temperatur 450 °C, sedangkan untuk proses digunakan uap bekas yang berasal dari STG (*Steam Turbine Generator*) dengan tekanan 1,3 bar.g dengan temperatur ± 135 °C. Uap sangat penting dalam proses industri gula sehingga kinerja alat pembangkit uap yaitu boiler harus optimal dan untuk menunjang kinerja tersebut salah satu faktornya yaitu penyediaan air pengisi boiler yang baik.

III.10.1 Bagian-Bagian Boiler dan Fungsinya



Gambar 49. Boiler di PT. Industri Gula Glenmore

Berikut adalah bagian-bagian umum boiler:

1. Ruang bakar (*furnace*)

Yaitu tempat terjadinya pembakaran ampas. Suhu di dalam ruang bakar berkisar 750°C tergantung dari zat kering bahan bakar. Untuk mendapatkan suhu ruang bakar yang tinggi perlu pengaturan keseimbangan antara hembusan udara bakar oleh FDF dan tarikan sisa gas asap oleh IDF. Untuk pembuangan abu masing-masing boiler menggunakan *pin hole grate* agar tidak mengganggu proses pembakaran.

2. Drum atas (*Upper drum*)

Berfungsi menampung air umpan untuk didistribusikan ke pipa air pembangkit *steam*, menampung uap dari pipa pembangkit untuk selanjutnya uap dan titik air dipisahkan pada drum dilanjutkan mengalirkan uap ke *header* uap untuk di distribusikan ke *turbine*.

3. *Header* air umpan

Merupakan bejana baja berbentuk silinder dipasang sekeliling dapur dan dibawah *fire grade* pada dinding depan boiler. Berfungsi untuk menampung air umpan dan selanjutnya mendistribusikan ke pipa air pembangkit uap (*water wall*).

4. *Header* uap

Berfungsi sebagai penampung uap dari pipa air pembangkit uap dan selanjutnya mendistribusikan ke drum uap (drum atas). Biasanya berbentuk bejana silinder, tetapi ada juga yang berbentuk persegi empat.

5. *Tube* air pembangkit uap (*generating bank*)

Berfungsi mengubah air menjadi uap dengan pemanasan gas panas dari dapur/*furnace*. *Tube* air pembangkit uap dipasang disekeliling ruang dapur (*water wall*) dan diatas ruang dapur. Untuk menambah kapasitas uap, *tube* air pembangkit uap ini juga dipasang dibagian sebelah belakang dapur. Susunan pemasangan *tube* di *design* untuk dapat menerima panas semaksimal mungkin.

6. Pipa air turun (*downcomer pipe*)

Berfungsi mengalirkan umpan boiler dari drum atas ke *header* (*mechmar boiler*), drum atas ke drum bawah, drum bawah ke *header*. Pipa ini tidak mendapatkan pemanasan dari gas panas.

7. *Tube superheater*

Berfungsi untuk menaikkan temperatur uap kering (*satured steam*) sampai temperatur uap *superheat* (280-300 °C) . *Tube superheater* berisi uap yang berasal dari drum atas lalu dipanaskan gas panas dan selanjutnya di distribusikan ke *header* uap untuk seterusnya digunakan oleh turbin. Biasanya berbelok-belok yang mana ujung awal dihubungkan dengan uap drum atas, sedang ujungnya berhubungan dengan *header steam*.

8. Cerobong asap

Berfungsi membuang gas sisa pembakaran dan menurunkan temperatur gas panas dari dapur (800 °C) tersebut sebelum dibuang ke udara (250-300°C).

9. Ekonomiser

Berfungsi menaikkan temperatur air umpan dengan memanfaatkan sisa gas panas yang dialirkan melalui *heat exchanger* dan air umpan boiler dialirkan melalui peralatan ini. Keuntungan dari ekonomiser: meningkatkan efisiensi boiler, mengurangi tegangan pada boiler pada saat air umpan dimasukkan (mengurangi perbedaan temperatur air umpan dengan air pada drum boiler), pemakaian bahan bakar yang lebih efisien.

10. Pemanas udara (*air heater*)

Berfungsi untuk menaikkan temperatur pembakaran pada dapur boiler. Sisa gas panas dari ekonomiser kemudian dilakukan lagi melalui *heat exchanger* (penukar panas) yang dipasangkan pada *ducting force draft fan* untuk menaikkan temperatur udara pembakaran yang dihembuskan pada dapur.

11. Isolasi

Berfungsi untuk mengurangi panas yang hilang yang disebabkan tingginya temperatur pada dapur boiler (1200°C) serta menjaga keamanan lingkungan dan efisiensi boiler.

12. Peralatan pemisah air dan uap

Berfungsi memisahkan butir-butir air yang masih terbawa oleh uap saat memasuki drum bagian atas yang terletak pada bagian dalam drum. Ada beberapa tipe yang umum digunakan:

- a. *Dry pipe* bekerja dengan cara uap masuk secara *tangensial*, karena air lebih berat dari uap, pemisahan terjadi oleh gaya centrifugal
- b. *Chevron dryer* : saat *steam* masuk, air yang terikut akan mengenai plate beralur dan mengalir ke bawah

- c. *Cyclone separator* : uap dimasukkan ke beberapa *cyclone* secara *tangensial* sehingga akibat kecepatan aliran air terpisah disebabkan oleh gaya centrifugal.

III.10.2 Air Pengisi Ketel

Air pengisi boiler adalah air yang digunakan sebagai bahan utama pembuatan uap oleh boiler sebagai sumber energi/tenaga. Air pengisi boiler berfungsi untuk mengisi dan menggantikan air pada boiler yang telah mengalami proses pemanasan hingga menjadi uap. Air yang menjadi pengisi boiler diharapkan memiliki kemurnian tinggi agar tidak memberikan dampak pada proses pembuatan uap yang dilakukan oleh boiler.

III.10.2.1 Syarat Air Ketel dan Air Pengisi Ketel

Air pengisi boiler merupakan bahan yang mempunyai peranan penting bagi pengoperasian boiler. Air pengisi boiler yang digunakan harus memenuhi persyaratan mutu. Jika mutu air tidak di penuhi dapat mengakibatkan:

- a. Pengerakan karena air mengandung unsur kesadahan yang tinggi (ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+})
- b. Korosi pada boiler karena adanya oksigen dan bahan pemicu korosif lainnya yang terlarut dalam air
- c. *Carry over* karena peningkatan konsentrasi TDS dan silika dalam air boiler
- d. Perapuhan karena soda atau silikat.

PT. IGG menggunakan air pengisi boiler dari *kondensat negative* (tidak mengandung organik volatile, asam organik, alkohol, dan kontaminan lainnya) yang berasal dari kondensat evaporator (Badan Penguapan) badan 1.

Air pengisi boiler yang mengandung gula tidak digunakan untuk pengisi boiler tetapi digunakan untuk keperluan proses misalnya untuk siraman puteran, cucian masakan, remelter dan imbibisi. Sebagai

tambahan atau pada saat *start* giling digunakan suplesi air hasil *treatment* yang sudah melalui proses *internal* maupun *eksternal treatment*.

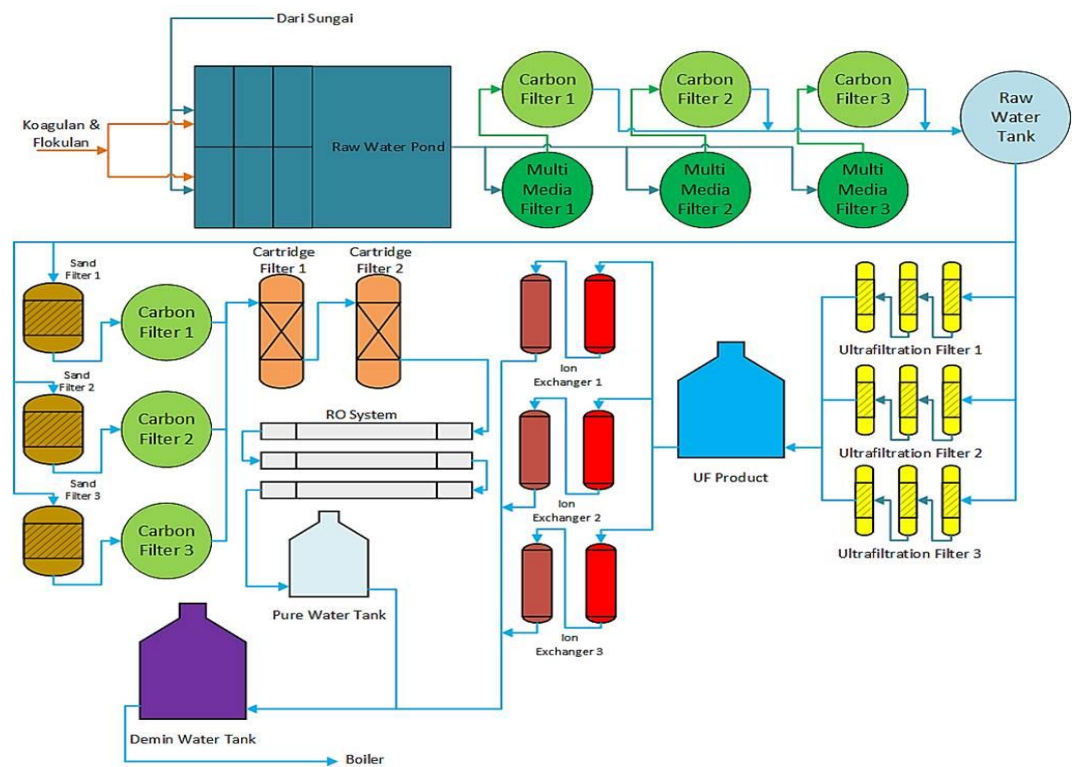
Berikut syarat mutu air pengisi boiler :

Tabel 54.Syarat Mutu Air Pengisi Boiler

Parameter	Standart
pH	10-11
TDS	100 ppm
Conductivity	20 ppm
P Alkalinity	-
M Alkalinity	-
Total hardness	0
Ca	0-1
Hidrazyne	<1
Mg	0-1
Sulfate	-
Chloride	<5
Fe	0,05
Phospat	20-40
Silica	-

III.10.2.2 Pengolahan Air Pengisi Ketel dan Air Ketel

Pengolahan air umpan (pengisi) boiler umumnya dilakukan dengan *internal treatment* dan *eksternal treatment*. Pada proses pengolahan air dengan *internal treatment* dan *eksternal treatment* dilakukan penghilangan zat-zat yang terkandung dalam air dengan 2 cara kimia dan fisika. Cara kimia yaitu membersihkan zat-zat atau unsur-unsur yang terlarut dengan menggunakan bahan kimia (tawas), *ion exchanger* (resin penukar ion). Sedangkan cara fisika yaitu mengendapkan gumpalan-gumpalan atau butiran-butiran asam garam dan asam padat serta menghilangkan gas-gas dengan cara pemanasan baik sebelum proses kimia dilakukan maupun setelah proses kimia terjadi. Usaha yang dilakukan untuk mencegah keburukan-keburukan dikarenakan kandungan air dalam boiler dapat dilakukan dengan *external treatment* dan *internal treatment*.



Gambar 50. PFD Water Treatment Plant

Proses *treatment* untuk air umpan boiler dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan *ion exchange* dan *reverse osmosis*. Di PT. IGG menggunakan kedua proses tersebut dimana jika kebutuhan air demin terlalu banyak maka proses *treatment* dilakukan dengan dua proses tersebut.

Air yang berasal dari sungai akan dimasukkan ke dalam *Raw Water Pond* untuk proses koagulasi dan flokulasi. Pada *Raw Water Pond* ditambahkan dengan 25 kg alum dan 50 ml flokulan dan diencerkan dengan 250 liter air. Pemberian dilakukan pada inlet air dengan menggunakan *dozing pump*. Dalam *Raw Water Pond* terdapat labirin-labirin yang berfungsi untuk proses koagulasi (pengikatan) dan setelah itu air secara *overflow* akan keluar dari labirin dan terjadi proses flokulasi (pengendapan). Dari *Raw Water Pond* air akan diproses di *Water Treatment Plant* untuk menghilangkan TDS dan TSS dalam air. Air pertama akan masuk ke dalam *Multi Media Filter* dan *Carbon Filter*

untuk menghilangkan TDS dan menurunkan turbidty air. Kemudian air dialirkan ke *Raw Water Tank*. Jika untuk kebutuhan proses dari *Raw Water Tank* akan langsung dialirkan ke proses, sedangkan untuk kebutuhan air umpan boiler masih harus diolah kembali dan ada dua proses pengolahannya yaitu, *internal dan external treatment*.

Proses *external treatment*

Ion Exchanger

Air yang berasal dari *Raw Water Tank* akan dialirkan ke *Ultrafiltration Filter* untuk di saring, ukuran saringan berukuran 10 μ . Air yang dihasilkan akan ditampung dalam *UF Product*. Air dari *UF Product* akan masuk melewati *ion exchanger*. Air dari *UF Product tank* akan masuk ke *kation exchanger* yang berisi resin positif untuk mengikat ion negatif. Setelah dari *kation exchanger*, air akan masuk ke *anion exchanger* yang berisi resin negatif untuk mengikat ion positif. Setelah dari *anion exchanger*. Setelah itu air akan masuk ke *denim tank* untuk menjadi air umpan boiler.

Reverse Osmosis (RO)

Air yang barasal dari *Raw Water Tank* dialirkan ke *Sand Filter* dan *Carbon Filter* untuk menghilangkan TDS yang masih terikut dalam air dan mengurangi turbidity air (<10). Selanjutnya air tersebut ditambahkan dengan *chlorine* (kaporit) untuk menjernihkan. Setelah itu air di alirkan ke *catridge filter* 1 dengan ukuran saringan 10 μ dan selanjutnya dialirkan ke *catridge filter* 2 dengan ukuran saringan 5 μ . Penyaringan dengan dua tahap ini dillakukan agar kotoran yang terbawa air tidak menyumbat di membran *RO System*. Kemudian air dipompa menggunakan *High Pressure Pump* ke *RO System*. Di *RO System* zat terlarut dalam air akan terpisah dengan air karena terhalangi membran, sehingga akan dihasilkan air yang mengandung sedikit zat terlarut. Air hasil *RO* akan ditampung pada *Pure Water Tank* dan selanjutnya akan

dialirkan ke *Demin Water Tank* untuk mencukupi kebutuhan air umpan boiler.

Proses *internal treatment*

Sedangkan proses pengolahan dengan *internal treatment* dilakukan pada air yang telah masuk dan digunakan sebagai air pengisi boiler dengan cara:

- a. Pemberian bahan pencegah kerak yaitu upaya untuk mencegah terjadinya endapan garam-garam terlarut di dalam boiler yang dapat meningkatkan kadar TDS (*Total Dissolve Solid*/kadar zat kering) sehingga akan mengakibatkan terjadinya *carry over*. Bahan yang digunakan antara lain : *Caustic soda* dan *Na-Phospat*
- b. Pengurasan (*blow down*) Pengurasan di PT. IGG dilakukan sesuai dengan hasil analisa. Jika kandungan TDS dalam boiler telah melebihi >2000 ppm maka harus dilakukan *blow down* pada boiler. Tujuannya untuk menghilangkan endapan kotoran yang terdapat dalam air boiler (didasar permukaan) dan busa yang terdapat di atas permukaan air
- c. Analisa kandungan air kondensat guna mengetahui positif atau negative mengandung gula.

III.10.3 Problematik dan Cara Mengatasi

Problematik pada WTP:

- a. Penyumbatan pada *catridge filter* yang menyebabkan naiknya tekanan pada manometer sehingga diperlukan penggantian *catridge*
- b. Resin pada *ion exchanger* mudah jenuh karena banyaknya ion yang terkandung dalam air sehingga diperlu kan *regeneration* resin
- c. Penyumbatan pada *sand filter* dan *carbon filter*, cara mengatasinya dengan melakukan *back wash*.

Problematik pada boiler:

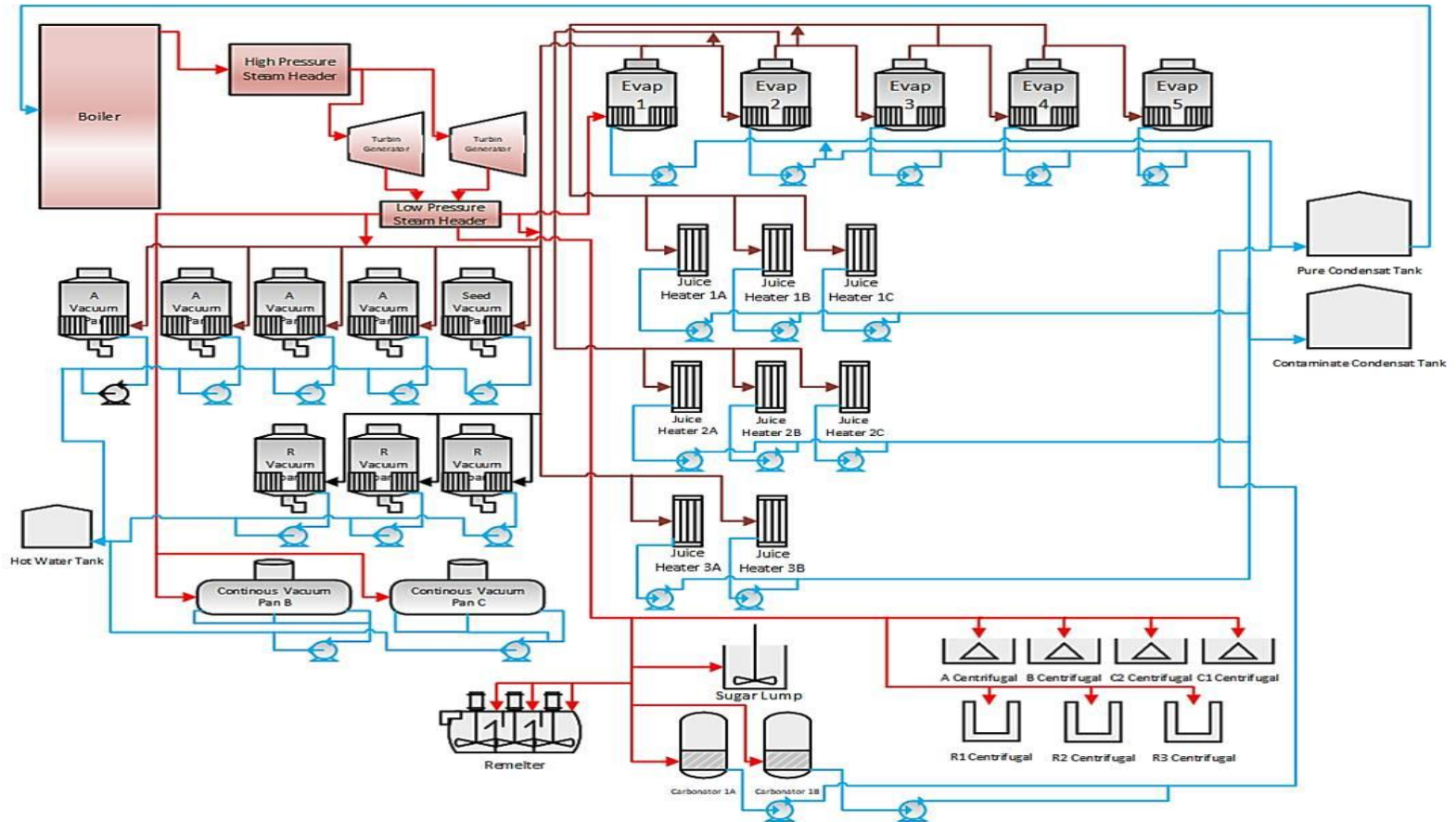
Berikut ini masalah/problematika yang sering terjadi pada boiler dan cara mengatasinya:

- a. Kondensat mengandung gula.
 - 1) Segera buang kondensat yang mengandung gula
 - 2) Cek air yang kemungkinan tercemar
 - 3) Frekuensi proses *blow down* di tambah
 - 4) Beri *caustic soda* ± 5 kg atau *pH booster* ± 10 liter.
- b. Boiler mengalami *carry over*
 - 1) Turunkan *level* air pada *drum*, apabila *level* terlalu tinggi lakukan *blow down* bila perlu
 - 2) Periksa TDS air boiler, lakukan *blow down* melebihi batas yang di persyaratkan.
- c. Drum level rendah
 - 1) Ubah pemasukan air dari *auto* ke manual
 - 2) Bila air deaerator habis ambil dari *storage tank*
 - 3) Untuk boiler yang dilengkapi dengan *emergency stop*, fungsi otomatis agar difungsikan
 - 4) Apabila boiler tersebut mati, matikan ID *Fan* dan FD *Fan*, *bagasse distributor fan* dan *secondary FD Fan*.
- d. Level air dalam drum tinggi
 - 1) Kurangi udara pembakaran
 - 2) Kurangi pemasukan bahan bakar
 - 3) Turunkan level air pada *level indicating control* bila boiler dilengkapi dengan *pneumatic level control*
 - 4) Lakukan *extra blow down* bila permukaan air tetap tidak terjadi penurunan
 - 5) Nilai permukaan air sudah normal, kembalikan posisi *level indicating control* pada posisi normal.

- e. Boiler mati karena listrik mati
 - 1) Pertahankan level *drum*, bila waktu lama tutup aliran uap ke *steam header*
 - 2) Bila ID *Fan* menggunakan motor listrik sebagai penggerak, alirkan gas asap lewat *by pass dumper* dengan tarikan alam
 - 3) Jalankan FW *pump* menggunakan motor listrik tunggu sampai ada aliran listrik.
- f. Kerusakan atau kebocoran pipa
 - 1) Hentikan segera pemasukan bahan bakar ampas dan minyak kedalam dapur boiler
 - 2) Matikan FD *Fan*
 - 3) Buka pintu di depan dapur/*grate*
 - 4) Apabila air sudah bisa masuk, isi dengan hati-hati dan perlahan agar tidak terjadi *water hammer*.
- g. Temperatur uap kering tidak tercapai
 - 1) Kurangi jumlah uap *attemperature*
 - 2) Buka *drain valve* pada saluran uap yang menuju turbin, kemungkinan terjadi kondensasi
 - 3) Cek level air dalam drum, turunkan bila terlalu tinggi
 - 4) Perbaiki sistem pembakaran dengan mengatur pemasukan bahan bakar dan udara agar terjadi pembakaran yang sempurna
 - 5) Periksa *steam flow*, bila *overload* kurangi pemakaian uap dan periksa beban tiap-tiap boiler, usahakan semua boiler bekerja optimal.

III.10.4 Diagram Penggunaan Uap dan Air

III.10.4.1 Diagram Penggunaan Uap dan Siklus Air Embun



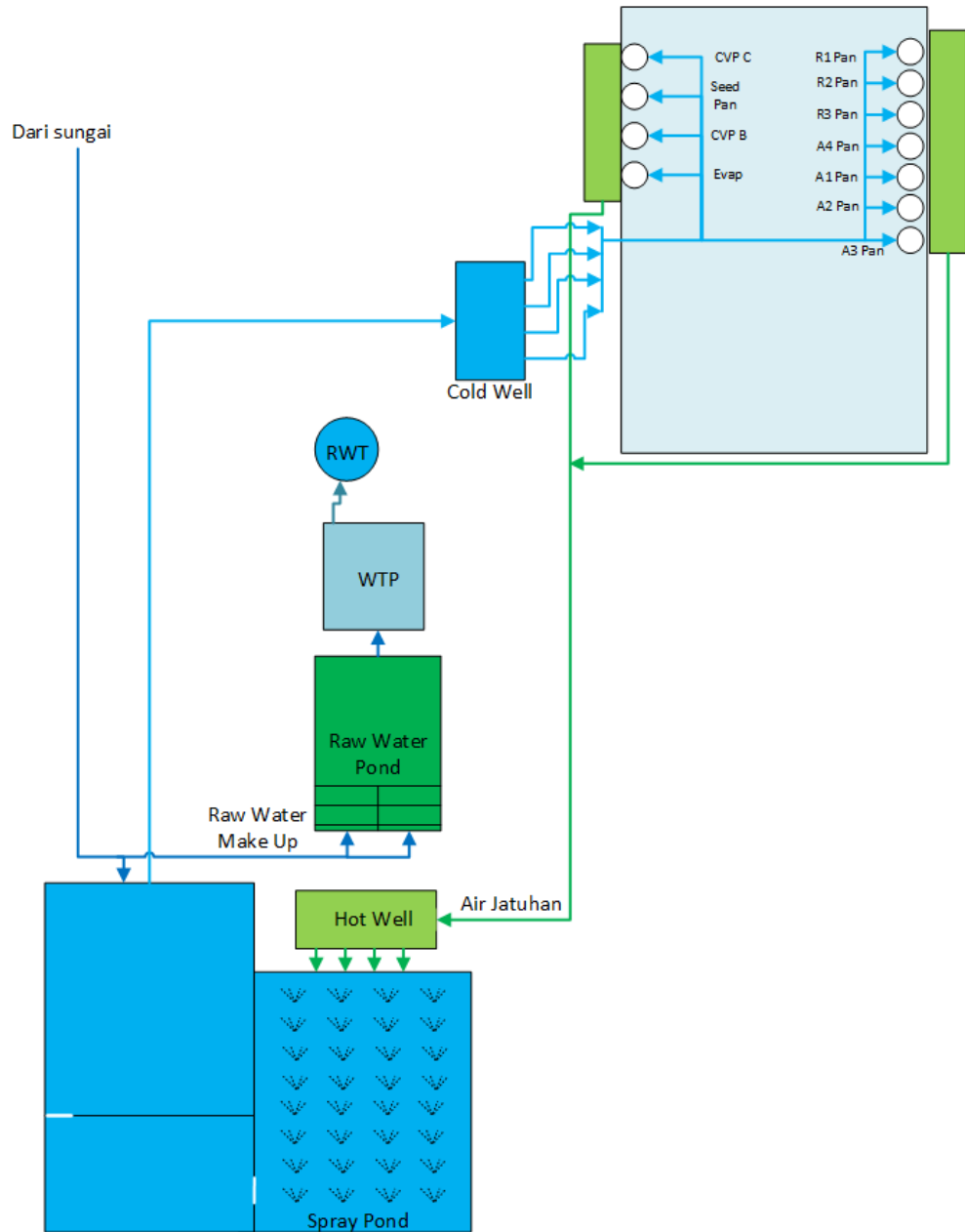
Gambar 51. Diagram Penggunaan Uap dan Siklus Air Embun

Tabel 55. Penggunaan Air

No	Penggunaan Air	Nilai Konsumsi
1	Cooling water - Suplai air sungai 500L/sec (close loop, 12,5% make up) - Total air injeksi - Cooling water for machine	4000 L/sec 2437 L/sec 145 L/sec
2	Contaminated condensate - Production Heater 1A Heater 1B Heater 1C Heater 2A Evaporator vassel III Evaporator vassel IV Evaporator vassel V Condenser evaporator - Consumption Imbibition 100 % Rotary vacuum filter Wash water for A seed Wash water for C seed Wash water for B seed Wash water for A massecuite Wash water for C massecuite Wash water for B massecuite Wash water for R1 massecuite Wash water for R2 massecuite Wash water for R3 massecuite Wash water A centrifugal Wash water C centrifugal Low remelter B dan C2 sugar Wash water C1 centrifugal Wash water C2 centrifugal Raw sugar remelter Wash water for leaf filter and preasure filter Losses-leakage	8039 kg/jam 8639 kg/jam - 5225 kg/jam 40357 kg/jam 31718 kg/jam 23680 kg/jam - 92264 kg/jam 2727 kg/jam 1310 kg/jam - 411 kg/jam 1192 kg/jam 439 kg/jam 412 kg/jam 1825 kg/jam - 2225 kg/jam 3775 kg/jam 1589 kg/jam 4075 kg/jam 855 kg/jam 338 kg/jam 18921 kg/jam 1605 kg/jam 423 kg/jam
3	Uncontaminated condensate - Production Condensing turbine Heater 2 B Heater 3 Pre evaporator Evaporator vassel I	- 5908 kg/jam 5186 kg/jam - 101387 kg/jam

	Evaporator vassel II	47156 kg/jam
	Boilling pan A	19890 kg/jam
	Boilling pan B	6358 kg/jam
	Boilling pan C	3961 kg/jam
	Boilling pan R	36118 kg/jam
	- Consumption	
	Imbibition 0 %	-
	De super heater for exhaust steam	7393 kg/jam
	De super heater for live steam supletion	(7468) kg/jam
	Milk of lime	8836 kg/jam
	Boiler feed water	149853 kg/jam
	Losses / leakage	3174 kg/jam

III.10.4.2 Diagram Penggunaan Air Pendingin dan Air Cucian



Gambar 52. Diagram Penggunaan Air Pendingin dan Air Cucian

Tabel 56. Penggunaan Air dDingin & Air Cucian

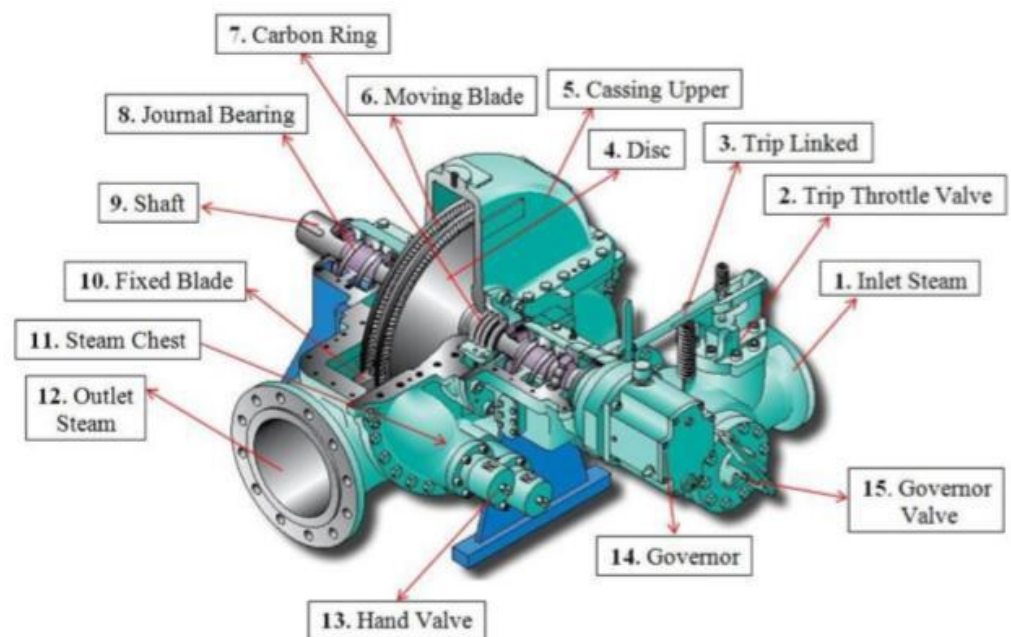
No	Penggunaan Air	Nilai Konsumsi
1	<p>Air Denim</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konsumsi air demin - Suplai air denim ke boiler island - Produksi air denim (20 jam waktu servis) - Kebutuhan air baku sebagai umpan denim 	<p>20 m³/jam</p> <p>20 m³/jam</p> <p>22 m³/jam</p> <p>22 m³/jam</p>
2	<p>Air pendingin (keseluruhan untuk crystalizer, mill, dan STG)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kebutuhan air pendingin Crystalizer Mill STG - Kebutuhan air baku sebagai make up pendingin Crystalizer Mill STG Total - Desain kapasitas cooling tower Crystalizer Mill (oleh vendor) STG 	<p>114,03 m³/jam</p> <p>75,00 m³/jam</p> <p>330,00 m³/jam</p> <p>1,81 m³/jam</p> <p>2,75 m³/jam</p> <p>7,950 m³/jam</p> <p>12,50 m³/jam</p> <p>155 m³/jam</p> <p>75 m³/jam</p> <p>330 m³/jam</p>
3	<p>Air injeksi dan spraypond</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kebutuhan air injeksi - Kebutuhan air sungai sebagai make up 	<p>7,500 m³/jam</p> <p>642 m³/jam</p>
4	<p>Air baku</p> <ul style="list-style-type: none"> - Total kebutuhan air baku - Kebutuhan air sungai sebagai umpan air baku <p>Air sungai</p> <ul style="list-style-type: none"> - Umpan air baku - Make up ke spray pond sebagai air injeksi - - Total kebutuhan air sungai 	<p>67 m³/jam</p> <p>72 m³/jam</p> <p>72 m³/jam</p> <p>642 m³/jam</p> <p>714 m³/jam</p>

III.10.4.3 Problematik dan Cara Mengatasi

- a. Kebutuhan air injeksi kurang karena tumpah atau banjir, dapat di tambah dengan *make up* dari *raw water*
- b. Air injeksi yang digunakan memiliki suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan gangguan pada *vacuum* condensor sehingga diperlukan penambahan air dari *raw water*
- c. Kebutuhan *steam* pada masakan tidak cukup sehingga menggunakan *exhaust steam* dan apabila *exhaust steam* tidak cukup maka diambil dari suplai *steam*

III.10.5 Turbin Uap

III.10.5.1 Bagian-Bagian Turbin Uap Serta Fungsinya



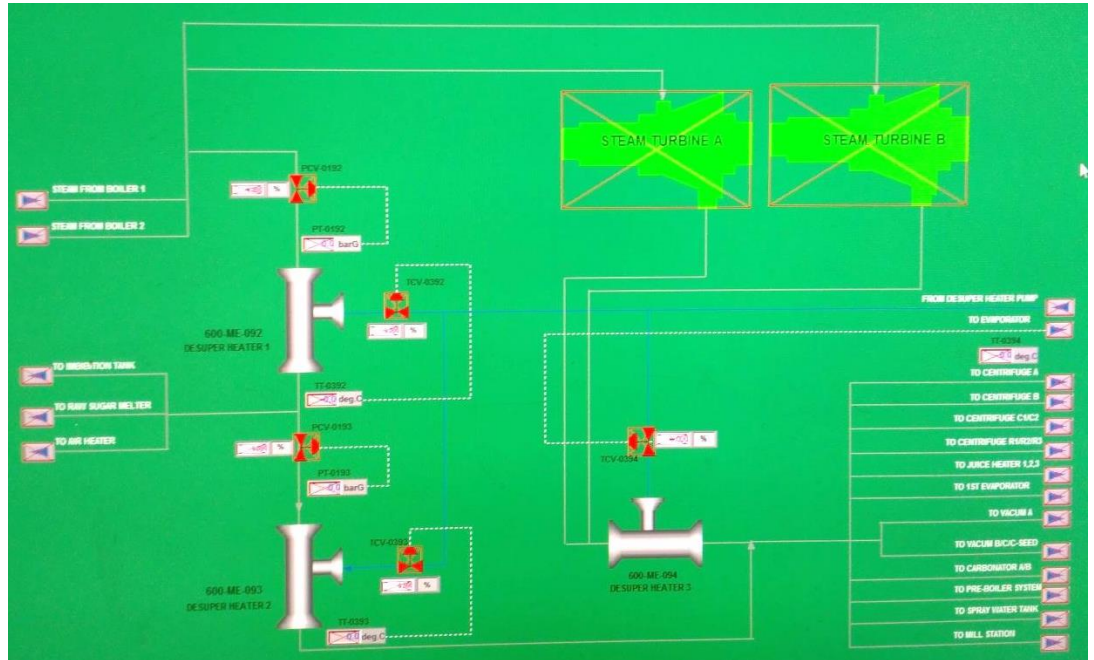
Gambar 53. Komponen Turbin Uap

Berikut bagian-bagian turbin uap:

- a. *Inlet Steam* berfungsi sebagai saluran masuk uap baru (*superheat steam*).
- b. *Thrip Thorttel Valve* berfungsi sebagai katup untuk menutup uap masuk bila terjadi *overspeed* pada turbin.

- c. Trip Linked berfungsi sebagai tangkai pendeteksi rpm turbin yang terhubung langsung dengan poros turbin, bila turbin mengalami *overspeed* maka *trip linked* akan melepaskan tekanan spring pada valve.
- d. *Disc* berfungsi sebagai struktur lempengan yang mengikat sudu-sudu (*blade*) turbin ke poros (rotor).
- e. *Cassing Upper* berfungsi sebagai penutup (labirin) turbin yang bekerja untuk menahan uap dari kebocoran dan sebagai sudu tetap turbin.
- f. *Moving Blade* berfungsi sebagai sudu-sudu jalan (rotor) turbin yang akan digerakan oleh uap dengan cara mengalirkan uap dari nozzle.
- g. *Carbon Ring* berfungsi sebagai ring penahan aliran uap ke poros turbin.
- h. *Journal Bearing* berfungsi sebagai bantalan penahan poros agar tidak terjadi getaran yang tinggi saat turbin dijalankan.
- i. *Shaft* berfungsi sebagai poros turbin yang akan menghasilkan putaran.
- j. *Fixed Blade* berfungsi sebagai nozzle yang akan mengalirkan uap dari sudu putar ke sudu putar berikutnya.
- k. *Steam Chest* berfungsi sebagai penampung uap sementara yang akan didistribusikan ke nozzle-nozzle turbin.
- l. *Outlet Seam* berfungsi sebagai saluran keluar uap bekas dari turbin.
- m. *Hand Valve* berfungsi sebagai katup untuk mengatur jumlah uap yang masuk ke sudu-sudu turbin.
- n. *Governor* berfungsi untuk mengatur kecepatan (rpm) turbin dengan cara mengatur jumlah uap yang masuk ke turbin.
- o. *Governor Valve* berfungsi sebagai katup yang akan mengatur jumlah uap masuk ke turbin.

III.10.5.2 Cara Kerja Turbin Uap



Gambar 54. *Steam Flow Diagram*

Turbin uap merupakan penggerak utama (*prime mover*) generator, cara kerja turbin uap adalah memanfaatkan uap superheater dari boiler yang ditampung di dalam HPSH (*High Pressure Steam Header*). Uap dengan tekanan minimal 17 kg/cm^2 dan suhu minimal 275°C dari HPSH didistribusikan ke turbin uap. Uap akan masuk kedalam *steam chest* turbin melalui valve yang akan mengatur jumlah uap masuk ke dalam turbin, dari steam chest uap akan masuk ke sudu-sudu turbin melalui nozzle turbin, nozzle akan merubah tekanan uap yang tinggi menjadi kecepatan sehingga uap yang memiliki kecepatan tinggi akan menabrak sudu-sudu (*blade*) dan memutar rotor turbin, kemudian uap yang telah menabrak sudu-sudu turbin akan melewati stator (*sudu tetap*) yang berfungsi sebagai nozzle yang akan mengarahkan uap ke sudu-sudu turbin dan memutar rotor pada tahap kedua, dan tahap-tahap selanjutnya untuk turbin multistage, sehingga dari putaran masing-masing sudu (*rotor*) tiap tahap akan menghasilkan daya putaran turbin yang dapat digunakan untuk memutar generator pembangkit listrik. Uap yang telah

melewati beberapa tahap ekstraksi melalui rotor dan stator turbin selanjutnya uap akan keluar melalui exhaust turbin dengan tekanan 3-0,8 kg/cm² dan suhu 120-130°C menuju ke LPSH (*Low Pressure Steam Header*). Uap di LPSH akan dimanfaatkan kembali untuk kebutuhan pemanas nira pada *juice heater*, evaporator, dan *vacuum pan*. Untuk mengatur rpm (putaran) turbin digunakan governor yang akan mengatur jumlah uap yang masuk ke dalam turbin.

III.11 LABORATORIUM

Laboratorium pabrik gula merupakan suatu bagian ruang yang dilengkapi dengan bahan-bahan kimia dan peralatan-peralatan yang digunakan untuk melaksanakan analisa-analisa terhadap bahan yang diproses di pabrik gula, mulai dari tebu masuk hingga gula produk (Premium) yang dihasilkan sebelum dikemas. Dari hasil analisa yang dilakukan di laboratorium dapat diketahui keadaan dari bahan baku, kondisi proses pengolahan dan kualitas/mutu dari gula produk. Laboratorium pabrik gula memegang peranan yang penting karena angka-angka hasil analisa menjadi dasar acuan perhitungan pengawasan pabrikasi untuk mengendalikan proses pabrikasi sehingga dicapai hasil yang optimum, baik secara kuantitatif maupun kualitatif.

Tujuan dilaksanakan pengawasan pabrikasi adalah untuk mendapatkan gambaran yang sebenar-benarnya dari jalannya proses dan hasil pabrik secara keseluruhan. Untuk mendapatkan hasil analisis yang tepat dan akurat, berikut hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan analisa antara lain :

1. Cara pengambilan contoh.
2. Tempat pengambilan contoh.
3. Perlakuan terhadap contoh setelah diambil.
4. Cara analisa.

III.11.1 Tujuan Analisis

Adapun tujuan dilakukannya analisa adalah:

- a. Untuk mengetahui seberapa besar gula yang diperoleh dari bahan baku yang masuk, sehingga kehilangan gula dapat ditekan
- b. Untuk mengetahui efektivitas pemberian bahan pembantu proses
- c. Untuk mengetahui apakah proses yang dilakukan sudah memenuhi ketentuan sehingga apabila terjadi penyimpangan segera dapat diketahui dan diatasi
- d. Menjaga agar kualitas produksi sesuai yang diharapkan, sehingga dari hasil analisa tersebut juga akan diketahui efektivitas alat yang digunakan.

III.11.2 Macam Analisa dan Frekuensi Analisa

Prosedur analisa dilakukan berdasarkan prosedur analisa yang disusun oleh P3GI Pasuruan dalam bentuk buku *Penuntun Pengawasan Gilingan (Buletin 4)* dan *Penuntun Pengawasan Pabrikasi (Buletin 11)*. Berikut ini adalah analisa yang dilakukan di PT. IGG berdasarkan frekuensi dan macam analisisnya :

Analisa Tiap 1 Jam

Tabel 57. Analisa Tiap 1 Jam

No	Sample Analisa	Analisa
1	Nira perahan pertama	Brix, Pol, HK
2	Nira perahan kedua	Brix, Pol, HK
3	Nira perahan ketiga	Brix, Pol, HK
4	Nira perahan akhir	Brix, Pol, HK
5	Nira mentah	Brix, Pol, HK, pH

Analisa Tiap 2 Jam

Tabel 58. Analisa Tiap 2 Jam

No	Sample Analisa	Analisa
1	Clear juice	Brix, Pol, HK, Turbidity
2	Syrup	Brix, Pol, HK
3	Massecuite B	Brix, Pol, HK
4	Massecuite C	Brix, Pol, HK
5	A mol	Brix, Pol, HK
6	B Mol	Brix, Pol, HK
7	Final Molasses	Brix, Pol, HK
8	C2 mol	Brix, Pol, HK
9	Remelt	Brix, Pol, HK
10	B magma	Brix, Pol, HK
11	C1 magma	Brix, Pol, HK
12	C2 magma	Brix, Pol, HK
13	Clear liquor	Brix, Pol, HK, Colour (ICUMSA), Turbidity
14	Run Off (RO)	Brix, Pol, HK
15	Bagasse	Moisture, ZK, Pol
16	Filter cake	Moisture, ZK, Pol
17	Gula A	Brix, Pol, HK, Colour (ICUMSA)
18	Gula B	Brix, Pol, HK, Colour (ICUMSA)
19	Gula C1	Brix, Pol, HK, Colour (ICUMSA)
20	Gula C2	Brix, Pol, HK, Colour (ICUMSA)

Analisa Tiap Shift

Tabel 59. Analisa Tiap Shift

No	Sample Analisa	Analisa
1	Nira perahan pertama	Gula reduksi
2	Nira mentah	Kadar phosphate, Gula reduksi
3	Clear juice	Kadar CaO, Gula reduksi
4	Syrup	Gula reduksi
5	Clear liquor	Kadar CaO, Gula reduksi
6	Cacahan tebu (setelah <i>cane preparation</i>)	<i>Pol open cel</i> (pol), <i>Preparation Index</i> (PI).
7	Final Molasses	Gula Reduksi, TSAI

Analisa Tiap Putar

Tabel 60. Analisa Tiap Putar

No	Sample Analisa	Jenis Analisa
1	Gula Produk	Colour (ICUMSA), BJB, Brix, Pol, HK, Moisture, ZK

Analisa Tiap Turun

Tabel 61. Analisa Tiap Turun

No	Sample Analisa	Jenis Analisa
1	Massecuite A	Brix, Pol, HK
2	Massecuite R	Brix, Pol, HK
3	Massecuite B	Brix, Pol, HK
4	Massecuite C	Brix, Pol, HK
5	Massecuite B/C Seed	Brix, Pol, HK

III.11.3 Cara Pengambilan Sample Analisa

Dalam pengambilan sample yang akan diuji atau dianalisa haruslah bersifat representatif atau mewakili dari keseluruhan bahan yang dianalisa.

III.11.3.1 Nira gilingan

Nira Perahan Pertama dilakukan dengan menggunakan alat bantu sekop yang dihubungkan dengan rol depan, akibat adanya putaran rol gilingan maka sekop akan bergerak naik turun mengambil nira yang mengalir pada talnag nira secara periodik. Contoh nira gilingan I, II, III, IV.

III.11.3.2 Nira mentah

Nira mentah diambil melalui pipa sadapan. Setiap nira mentah tertimbang keluar dari bak timbang maka akan mengalir contoh nira melalui pipa sadapan dan ditampung dalam ember.

III.11.3.3 Ampas

Dengan mengambil secara langsung pada plat krepak ampas yang menuju ke boiler.

III.11.3.4 Nira Encer

Pengambilan sample nira encer diambil dari nira yang keluar dari *single tray clarifier* menuju saringan DSM nira encer

III.11.3.5 Blotong

Blotong diambil langsung dari RFV saat akan jatuh.

III.11.3.6 Nira Kental

Diambil dari luapan yang digunakan untuk mengontrol Be nira kental badan akhir.

III.11.3.7 Masakan

Sample masakan diambil pada saat pan masak menurunkan masakan dan diambil masakan yang mengalir ke palung.

III.11.3.8 A mol, B mol, final molasses, dan C2 mol

Sample *A mol*, *B mol*, *final molasses*, dan *C2 mol* diambil dari talang masing-masing dengan gelas.

III.11.3.9 Tetes

Sample tetes diambil dari timbangan tetes yang turun ke peti tarik tetes menuju ke peti penampung tetes.

III.11.3.10 Gula

Sample gula diambil pada tempat contoh gula atau sogokan disetiap masing – masing putaran, gula *affinasi* diambil pada waktu gula turun dari putaran, gula produk diambil pada ujung akhir talang goyang.

III.11.3.11 Air Pengisi Boiler (air kondensat)

Sample diambil dari kran pada pipa yang berhubungan dengan drum air kondensat.

III.11.3.12 Fine liquor

Pengambilan sample dilakukan dengan menyadap pipa pengeluaran *clear liquor* dari RLF II yang menuju ke peti *clear liquor*.

III.11.4 Problematik dan Cara Mengatasi

Pengambilan sample yang kurang representatif atau kurang mewakili, sehingga menurunkan akurasi hasil analisa, sehingga analisa harus diulang dengan mengambil sample pada tempat yang dapat mewakili semua bahan.

III.12 LIMBAH

Pengelolaan lingkungan PT. IGG dimaksudkan sebagai rasa peduli serta rasa tanggung jawab pemrakarsa untuk mengupayakan melestarikan lingkungan dan mengembangkan konsep pembangunan berwawasan lingkungan. Hal ini merupakan usaha menyeluruh untuk mengelola dampak positif maupun negatif yang ditimbulkan dari kegiatan operasional PT. IGG merupakan salah satu perusahaan perkebunan yang sudah barang tentu mempunyai limbah. Dan ini bisa menjadi sumber pencemaran apabila tidak dilakukan penanganan secara tepat. Oleh karena itu PT. IGG sebagai salah satu bagian dari masyarakat industri menyadari sepenuhnya atas tanggung jawab sosial dalam menjaga kelestarian lingkungan hidup, tanpa mengesampingkan tanggung jawab intern perusahaan. PT. IGG memiliki unit pengolahan limbah cair. Dalam perjalanannya pada saat melaksanakan giling di samping menghasilkan produk utama (gula) juga menghasilkan limbah. Berikut jenis-jenis limbah :

1. Air dan air limbah
2. Pelumas bekas
3. Limbah padat
4. Emisi

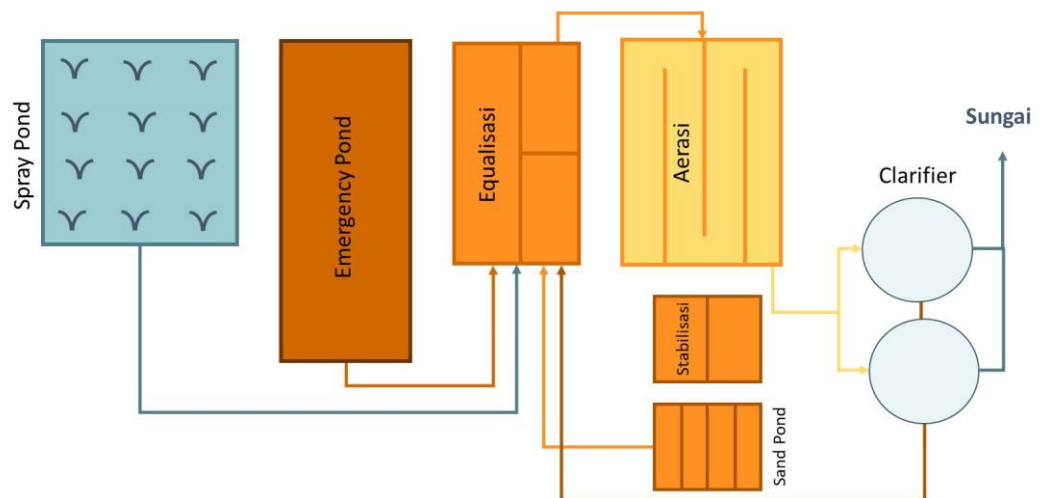
Limbah yang dihasilkan tersebut bila tidak dikelola dengan baik akan mengakibatkan dampak yang *negative* terhadap lingkungan dan kesehatan karyawan maupun masyarakat sekitar. PT. IGG dalam pelaksanaan kegiatan produksi meliputi penggilingan tebu, pemurnian nira, penguapan nira, kristalisasi, hingga proses pengemasan gula menghasilkan limbah berupa :

1. Limbah padat (ampas, abu boiler, blotong, cake blotong (*sludge*))
2. Limbah cair (air jatuhan kondensor, air limbah abu boiler, air hasil *blow down* boiler, air cucian/buangan, air skrap, bocoran nira, chemikalia laboratorium)
3. Limbah udara (emisi) berupa gas buang boiler (boiler)

4. Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) :
 - a. Oli bekas
 - b. Accu bekas
 - c. Pb (Timbal) pada limbah laboratorium

III.12.1 Penanganan Limbah

III.12.2.1 Skema Saluran Limbah



Gambar 55. Skema Waste Water Treatment Plant

- a. Emergency pond
 Berfungsi sebagai penampungan awal dimana limbah yang dihasilkan dari semua unit sebelum dilakukan proses *treatment* terhadap limbah dengan kandungan COD berkisar 5000 ppm.
- b. Kolam equalisasi
 Berfungsi sebagai bak penampung air limbah sebelum masuk ke dalam bak aerasi, selain itu di dalam bak ini dilakukan pengendalian debit air yang masuk, penetralan pH, serta pengendalian suhu air limbah proses dengan batuan pemberian air jernih dari embung. Pada umumnya air limbah yang masuk bersifat asam, sehingga dalam penanganannya diberikan air jernih untuk menetralkan pH air limbah. Apabila air limbah sudah dapat dinyatakan bersih dan sesuai

standart dengan kandungan COD <2000 ppm, maka proses dilanjutkan menuju bak aerasi.

c. Kolam aerasi

Berfungsi sebagai tempat menguraikannya zat organik di dalam air limbah dengan bantuan bakteri. Bakteri akan dapat bertahan hidup dan berkembang biak dengan baik dengan penambahan O₂ melalui *submersible aerator* dan nutrisi (*phospat, urea, dan gula*). Air limbah akan mengalir dari kolam aerasi I hingga bak aerasi ke IV secara *overflow* dan *zig-zag*.

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi agar pertumbuhan bakteri aerob tetap baik adalah :

- 1) Suhu air limbah yang diolah maksimal 38 °C
- 2) Kondisi pH berkisar antara 7 (netral)
- 3) Penyediaan *nutrient* harus seimbang
- 4) Kebutuhan O₂ terpenuhi
- 5) Pengaturan debit air limbah yang masuk
- 6) Outlet atau tempat pengeluaran air limbah bersih dimana pada *outlet* ini dilakukan pengukuran pH dan suhu

d. *Stabilisasi pond*

Stabilisasi pond berfungsi sebagai tempat mengurangi kandungan *sludge* pada erasi pond dimana pengukuran tingkat padatannya dilakukan cara mengambil air contoh sebanyak 500 ml dalam gelas ukur dan endapkan. Apabila kisaran padatan 100-250 ml maka kolam aerasi dalam kondisi baik, namun apabila kisaran endapan di atas 250 maka air dari kolam aerasi harus dialirkan ke dalam *stabilisasi pond*. Selain itu pada stabilisasi pond juga digunakan sebagai tempat pengembangbiakan pertama bakteri yang digunakan dalam aerasi pond.

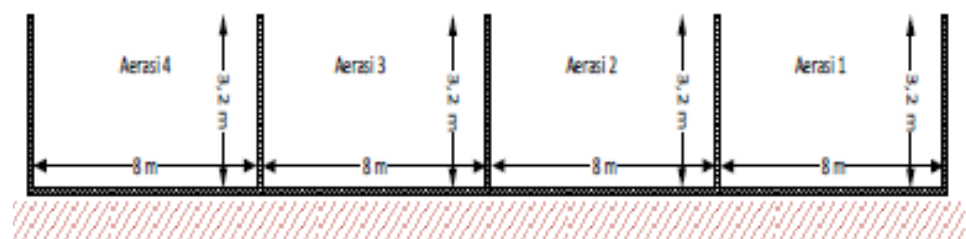
e. *Sand pond*

Bak saringan pasir ini berfungsi untuk mengurangi dan membuang padatan dalam air limbah yang dapat melebihi batas pada kolam aerasi.

f. *Clarifier*

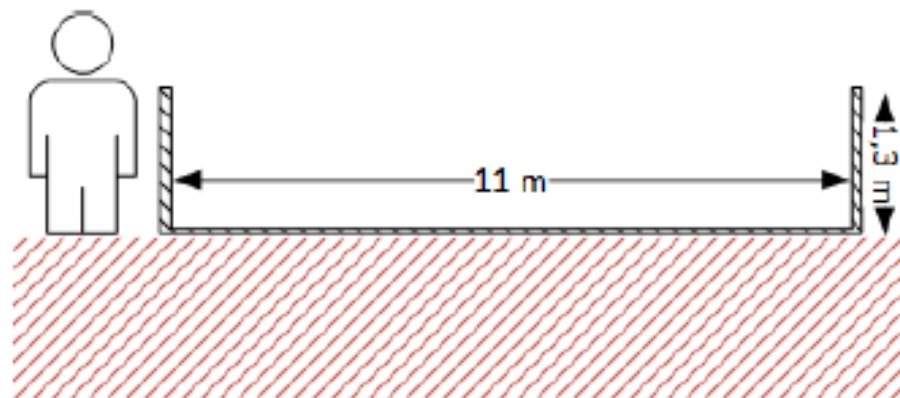
Clarifier berfungsi untuk mengendapkan mikroba dan endapan mikroba. Mikroba dan endapan mikroba yang masih aktif ini nantinya akan dikembalikan di kolam aerasi. Sedangkan air jernih yang dihasilkan dari *clarifier* akan dialirkan menuju indicator pond.

III.12.2.2 Gambar Penampang Lintang Saluran Limbah Aerasi Pond



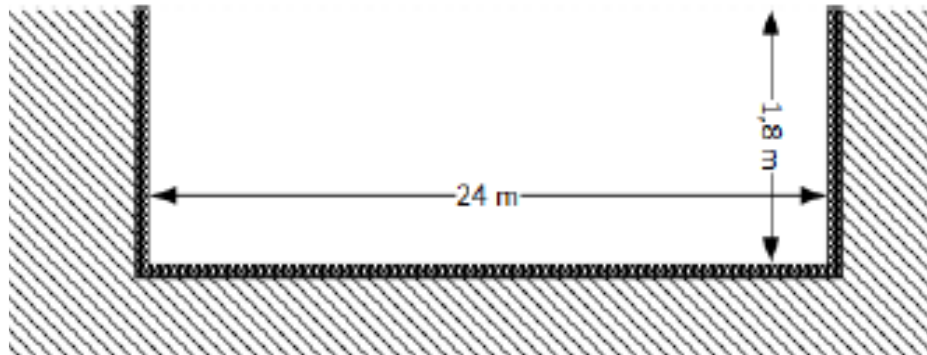
Gambar 56. *Aerasi Pond*

Emergency Pond



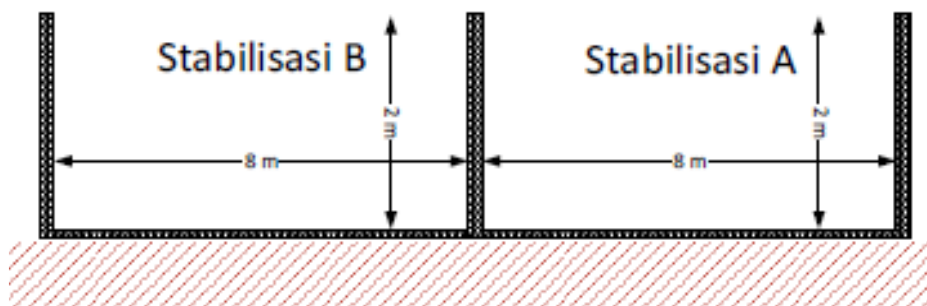
Gambar 57. *Emergency Pond*

Equalisasi Pond



Gambar 58. *Equalisasi Pond*

Stabilisasi Pond



Gambar 59. *Stabilisasi Pond*

III.12.2.3 Struktur Saluran Penanganan Limbah

Limbah yang telah dihasilkan dari setiap unit operasi harus diproses terlebih dahulu sebelum di buang ke sungai. Limbah yang dihasilkan dari setiap unit memiliki saluran tersendiri. Pada stasiun proses saluran limbah berada pada bagian luar proses sehingga limbah yang ada tidak mengontaminasi baik nira maupun bahan pembantu. Untuk limbah yang berupa minyak atau oli yang dihasilkan dari pompa material, maka pada bagian luar pompa di beri sekat yang cukup sehingga tumpahan oli yang ada tidak terkontaminasi dengan bocoran nira maupun tetes yang ada pada lantai. Saluran dari limbah yang terbuka untuk memudahkan pembuangan. Limbah yang keluar dari unit operasi akan dialirkan melalui saluran atau *drainasse* yang kemudian dialirkan pada pipa menuju *waste water treatment plant*.

III.12.2.4 Ukuran Debit Dan Kekuatan (BOD & COD) Limbah

Pengukuran debit pada limbah yang keluar dari masing-masing unit tidak diperhitungkan, namun pengukuran dilakukan secara keseluruhan pada akhir pembuangan limbah di *emergancy pond*, serta pengukuran kekuatan COD juga dilakukan pada saat limbah sudah masuk dalam *emergancy pond* untuk hasil pengukuran COD memiliki nilai yang tidak stabil tergantung dari jumlah dan jenis limbah yang dihasilkan dari setiap unit sehingga pengukuran dilakukan 1 x 24 jam. Kadar COD yang terdapat pada *emergancy pond* berkisar 50.000 ppm dengan debit $\pm 16 \text{ m}^3/\text{hari}$.

III.12.2 Limbah Cair

III.12.3.1 Air Limbah Kondensor dan Blow Down Ketel

Sumber utama limbah cair yang memiliki temperature tinggi di antaranya air kondensat, *blow down* boiler. Limbah ini sebelum dibuang ke badan air wajib di dinginkan terlebih dahulu (menggunakan *spray pon*) sehingga suhunya memenuhi syarat Baku Mutu Air limbah (BMAL). Proses pendinginan dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah melalui suatu pipa dan menyemprotnya ke atas dengan bantuan *nozzle* membentuk butiran-butiran air agar dapat berkontak langsung dengan udara bebas. Selain itu untuk menguraikan zat organik air limbah, dalam unit *spray pound* diberikan suatu bak yang berisi sapu ijuk dan mikroba yang memiliki sifat tahan pada suhu tinggi (*biotray*).

Limbah *blowdown* merupakan limbah yang berasal dari *feedwater* yang masih mengandung zat-zat pengotor seperti *suspense*, garam-garaman, lumpur, maupun padatan. Kotoran ini dapat mengendap dan terakumulasi di dalam boiler apabila boiler beroperasi secara terus menerus. Akibat adanya peningkatan konsentrasi kotoran yang terlarut dalam air boiler dapat tercampur dengan uap yang dihasilkan sehingga dapat mempengaruhi kualitas *steam*, proses *heat transfer*, serta efisiensi kerja boiler. Maka dari itu perlu dilakukannya pembersihan secara

berkala (*blowdown*). Limbah dari *blowdown* akan di buang pada pembuangan kolam abu dengan siklus *make up water blowdown* dilakukan kurang lebih 30 menit sekali.

Pengolahan air limbah proses PT. IGG sendiri menggunakan *water waste treatment plant* adalah salah satu sistem aerasi yang di gunakan untuk menurunkan kandungan senyawa organik dalam limbah dengan memanfaatkan bakteri aerob (*Inola 221*). Bakteri ini memiliki aktivitas dan daya degradasi terhadap polutan yang sangat baik. Dalam pertumbuhannya bakteri ini akan mengkosumsi senyawa organik, membutuhkan oksigen dan nutrien dalam mempertahankan hidup. Pengolahan air limbah proses dilakukan dengan cara bertahap dimulai dari bak equalisasi, bak netralisasi, bak aerasi, dan bak clarifier. Selain itu juga terdapat bak saringan pasir, bak stabilisasi, dan bak bibitana mikroba.

III.12.3.2 Air Limbah Proses

Sumber utama limbah cair organik berasal dari tumpahan nira, bocoran peralatan, air skrap, soda bekas skrap yang diukur dengan parameter BOD. Limbah tersebut sebelum di buang ke badan air terlebih dahulu diolah sehingga kandungan BOD menjadi minimal sesuai dengan Baku Mutu Air Limbah (BMAL).

III.12.3.3 Air Limbah Abu Boiler

Air limbah abu boiler dihasilkan dari stasiun boiler yang berasal dari asap pembakaran ampas pada boiler. Agar abu yang terkandung dalam asap tidak ikut terbawa oleh gas buang yang dapat menyebabkan polusi udara, maka asap ini ditreatment terlebih dahulu menggunakan alat *dust collector* dan *wet scrubber*. Asap yang telah ditreatment akan keluar dari cerobong asap menuju udara bebas, sedangkan air yang mengandung abu akan dialirkan menuju kolam pengendap untuk dilakukan proses pengendapan dan pemisahan air dengan abu. Abu yang mengendap akan

tetap tinggal sedangkan air bersih yang dihasilkan akan disirkulasi kembali sebagai air penyemprot abu dalam *wet scrubber*.

III.12.3.4 Pengolahan Limbah Cair yang Mengandung Minyak

Limbah cair yang mengandung minyak umumnya berasal dari air pendingin mesin seperti pompa yang nantinya dialirkan menuju kolam pengendap minyak. Metode efektif yang biasanya digunakan yaitu dengan cara pengapungan atau *floating* untuk menyingkirkan polutan berupa minyak atau lemak. Proses pengapungan dilakukan dengan menggunakan alat yang dapat menghasilkan gelembung-gelembung udara berukuran kecil $\pm 30-120$ mikron. Gelembung udara tersebut akan membawa partikel-partikel minyak dan lemak naik ke atas permukaan air limbah yang nantinya dapat dengan mudah disingkirkan.

III.12.3 Limbah Padat

III.12.3.1 Filter Cake/Cake Sludge

Timbulan limbah padat dari proses produksi tebu menjadi produk gula, meliputi blotong dari proses defeksi dan karbonatasi. Seperti urairan proses produksi, nira setelah dilakukan proses defekasi sehingga terbentuk endapan dari kotoran non-gula, dilakukan pemisahan di clarifier dan selanjutnya proses *rotary vacuum filter*, padatan yang dipisah disebut sebagai blotong. Untuk proses karbonatasi, *raw liquor* dinaikan pHnya setelah itu dinetralkan sehingga terbentuk endapan non gula yang selanjutnya dilakukan proses penyaringan dengan alat *press filter*, hasil padatan yang dipisahkan disebut sebagai blotong.

Blotong atau filter cake hasil dari RVF dan *filter press* di PT. Industri Gula Glenmore digunakan sebagai pupuk. Blotong nantinya akan diangkut menuju lahan tebu milik PT. IGG.

III.12.3.2 Ampas

Ampas tebu merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pemerahan tebu di stasiun gilingan, ampas tidak sepenuhnya dianggap sebagai limbah karena masih memiliki nilai ekonomis dan di pabrik gula dijadikan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan uap. Ampas dari gilingan akhir akan dibawa oleh *carrier* menuju boiler. Sebagai bahan bakar utama boiler, kelebihan jumlah ampas disimpan digudang ampas guna memenuhi kebutuhan bahan bakar baik saat proses maupun awal giling.

III.12.3.3 Abu Ketel

Ada 2 jenis abu boiler yang terbentuk selama proses produksi, yaitu:

a. Limbah boiler (*battom ash*)

Abu dari bahan bakar (*bagasse*) yang tertinggal dalam ruang bakar boiler. Dengan beroprasinya boiler yang menggunakan bahan bakar (*bagasse*) akan menyisakan abu pembakaran. Abu boiler terdiri dari partikulat kasar dan halus, dimana partikulat kasar yang mengerak dibagian dasar dapur dibuang dengan cara disekrup (manual) atau otomatis dan ditampung pada lori untuk ditumpuk pada tumpukan limbah padat. Sedangkan untuk partikel halus akan di pisahkan di *wet scrubber*.

b. Abu terbang (*fly ash*)

Abu halus yang terbawa bersama sisa udara dari ruang bakar boiler dan dipisah dari gas buang pada unit ESP (*Electrostatic Precipitator*). Pada ESP abu akan diberi muatan negatif melalui *discharge electrode* dan abu akan menempel pada *collector electrode* (bermuatan positif), abu yang menempel akan dirontokan oleh *rappet* dan abu akan terkumpul pada *hopper* yang ada pada bagian bawah. Abu yang terkumpul di *spray* dengan air dan akan ditampung pada kolam dan di endapkan sehingga diperoleh air jernih yang dapat di umpan kan lagi.

III.12.4 Limbah Udara (EMISI)

Proses pengadaan uap air (*steam*) di unit boiler dengan bahan bakar *bagasse* menyebabkan kemungkinan ampas tebu (*bagasse*) halus terbawa bersama gas buang atau yang yang dikenal sebagai jelaga atau tulu selalu ada. Jelaga diukur pada emisi sebagai parameter partikel atau debu. Gas buang boiler merupakan asap yang keluar dari cerobong asap boiler. Asap ini akan membawa partikel – partikel padat yang merupakan sisa pembakaran abu boiler. Untuk menangani gas buang boiler, semua boiler dilengkapi dengan *dust collector* sistem basah untuk menangkap abu boiler yang terikut asap cerobong dengan cara sebelum asap keluar cerobong di-*spray* dengan menggunakan air dalam *wet scrubber*. Abu boiler yang tertangkap diendapkan pada unit kolam pengendapan, Secara periodik kolam pengendapan dikuras untuk membersihkan hasil pengendapan. Tidak semua asap yang dihasilkan oleh boiler dibuang ke udara bebas, namun sebagian didistribusikan menuju stasiun karbonatasi untuk dimanfaatkan kandungan CO₂-nya.

III.12.5 Limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya)

Limbah B3 merupakan limbah yang dikategorikan sebagai limbah yang berbahaya dan beracun karena sifat atau konsentrasinya, jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemari atau merusak lingkungan hidup dan membahayakan lingkungan hidup, kesehatan serta kelangsungan hidup manusia. Limbah B3 dapat diklasifikasikan menjadi :

1. Mudah meledak atau *explosive*
2. Pengoksidasi atau *oxidizing*
3. Mudah menyala atau flammable
4. Beracun atau toxic
5. Berbahaya atau harmful
6. Irritant
7. Korosif
8. Berbahaya bagi lingkungan

9. Karsiogenik
10. Mutagenik
11. Teratogenik
12. Bahaya lain berupa gas bertekanan

Sumber limbah B3 pada umumnya di PT. IGG ini didominasi oleh :

1. Oli bekas

Proses pengolahan gula dari bahan baku tebu sebagian besar merupakan proses mekanis sehingga memerlukan pelumas/oli untuk kelancaran operasinya. Pelumas bekas tidak dibuang tetapi disimpan di gudang B3. Untuk memisahkannya dapat dilakukan dengan cara oli trap. Oli dianggap berbahaya karena mengandung unsure Pb dan Hg.

2. *Chemical cleaning*

Chemical cleaning dapat bersifat asam kuat atau basa kuat. Pengelolaan *chemical cleaning* dapat dilakukan di dalam bak stabilisasi dan dialirkan sedikit demi sedikit ke kolam WWTP.

3. *Accu* bekas atau yang dikenal dengan *secondary lead acid battery*

Kandungan unsur timah dan senyawa H₂SO₄. *Accu* bekas untuk selanjutnya akan ditangani dan diproses oleh pihak ke tiga untuk diambil timahnya, dimana kandungan timah untuk aki bekas kurang lebih sebanyak 65% dari berat *netto* aki bekas apabila diproses dengan menggunakan *rotary furnace* namun apabila diproses dengan menggunakan metode tradisional hanya akan mendapatkan 55% timah.

4. Lampu neon

Lampu neon juga termasuk limbah B3 karena mengandung logam berat seperti Cd, Pb, Ni, Zn, Hg dimana semua zat ini merupakan karsinogenik.

5. Kertas saring

Kertas saring yang digunakan untuk memisah penjernih kimia dalam analisa kadar gula. Kertas saring dan padatan yang mengandung Pb tersebut selama ini dikenal sebagai sumber limbah B3 di pabrik gula

walaupun jumlahnya tidak terlalu besar. Analisa kadar gula dilakukan setiap 1-2 jam dengan kandungan padatan atau endapan yang mengandung Pb sekitar 0,1 mg.

III.13 PENETAPAN AWAL DAN AKHIR GILING

III.13.1 Persiapan Awal Giling

Dalam lingkup kerja Pabrik Gula dikenal adanya musim giling dan luar musim giling. Pada musim giling semua sumber daya yang ada dioptimalkan semua kinerjanya untuk mencapai kapasitas giling dan pada saat di luar musim giling digunakan untuk persiapan giling (evaluasi dan maintenance).

III.13.2.1 Penetapan Awal Giling

Penetapan awal giling di PT. IGG didasarkan pada:

a. Analisa pendahuluan tebu

Analisa pendahuluan tebu dilakukan untuk mendapatkan nilai:

1) Faktor Kemasakan (FK)

Nilai FK bertujuan untuk melihat pemerataan kematangan batang tebu dari bawah sampai bagian atas. Tingkat kemasakan yang ideal yaitu apabila rendemen bawah sama dengan rendemen atas, sehingga $FK=0$, namun di lapangan FK sudah optimal pada kisaran 20-30%.

$$FK = \frac{\text{Rendemen bawah} - \text{Rendemen atas}}{\text{Rendemen bawah}} \times 100\% \quad (3.50)$$

2) Koefisien Peningkatan (KP)

Nilai KP bertujuan untuk mengetahui apakah tingkat rendemen dari analisa yang terakhir masih dapat bertambah atau tidak apabila tebunya ditahan di lahan. Jika $KP=100$ maka rendemen akan tetap, $KP>100$ maka rendemen masih bisa meningkat, dan apabila $KP<100$ maka rendemen akan menurun.

$$KP = \frac{\text{Rendemen terakhir}}{\text{Rendemen 2 periode yang lalu}} \times 100\% \quad (3.51)$$

3) Koefisien Daya Tahan (KDT)

Nilai KDT bertujuan untuk menyatakan apakah tebu masih kuat ditahan untuk kemasakan yang sempurna atau tidak. Bila $KDT<100$ maka telah terjadi penurunan HK, sehingga tanpa

mempertimbangkan keadaan kemasakan tebu secepatnya harus ditebang dan digiling.

$$KDT = \frac{HK \text{ bawah terakhir}}{HK \text{ bawah 2 periode yang lalu}} \times 100\% \quad (3.52)$$

- b. Selesainya proses maintenance
- c. Dan data rata-rata umur tebu dan varietasnya

Semua di atas di masukkan ke perhitungan statistic (hitungan penentuan awal giling)

III.13.2.2 Pelaksanaan Testing Peralatan

Setelah di luar masa giling maka peralatan direparasi dan mendapatkan perawatan, maka menjelang giling peralatan pabrik perlu dilakukan uji coba supaya pada saat giling benar-benar mampu menunjang kapasitas giling yang direncanakan. Uji coba/testing peralatan disebut dengan *Profstoomen*. Testing peralatan terdiri dari *individual test* dan *steam test*.

Dalam pelaksanaannya dapat dikelompokkan masing-masing bagian sebagai berikut:

- a. Peralatan laboratorium dilakukan peneraan terhadap alat-alat analisa.
- b. Stasiun pembangkit tenaga uap :
 - 1) Watertreatment dengan memeriksa kelengkapannya.
 - 2) Ketel Uap dengan memeriksa kelengkapan dan tekanan kerjanya serta berapa ketel yang harus dipakai.
 - 3) Turbin dengan mencatat rpm dan amper pada beban maksimum.
 - 4) Generator dengan mencatat rpm dan ampere pada beban maksimum.
- c. Stasiun Gilingan
 - 1) Alat kerja pendahuluan dengan memeriksa kelengkapan alat, mencatat rpm dan power.
 - 2) Gilingan dan mesin penggerak dengan mencatat rpm mesin, rol dan periksa kebocoran air pendingin.

- 3) Pompa dan bak nira mentah dengan cara mengisi bak dengan air, jalankan pompa nira mentah, periksa rpm pompa dan kebocoran pipa-pipa.

d. Stasiun Pemurnian

Air dari bak nira mentah di gilingan dipompa ke timbangan flowmeter, kemudian diperiksa:

- 1) Keakuratan timbangan flowmeter.
- 2) Pompa tarik nira mentah tertimbang dengan mengecek rpm pompa, tarikan pompa dan kebocoran pipa-pipa.
- 3) Pemanas pendahuluan dengan mengontrol bocoran pipa-pipa, afsluiter, dan packing pada deksel.
- 4) Pembuatan susu kapur dengan mengecek pipa air dingin/panas, cara rpm tromol, pengaduk, pompa dan jalur perpipaannya.
- 5) Penjatah susu kapur dengan memeriksa perlengkapan dan mengatur ketinggian susu kapur atau nira mentah, as dan rantai penggerak, nozzle nira/kapur dan kerapatan perpipaan.
- 6) Peti reaksi dengan mengontrol rpm pengaduk defekator, adanya kebocoran alat dan kran contoh, dsb.
- 7) Flash tank dan Snow baling dengan memeriksa kerapatan perpipaan pengeluaran gas dan pemasukan flokulan.
- 8) Bak pengendap dengan mencatat rpm skraper, periksa pompa diafragma, dan periksa pengaturan overflow.

e. Stasiun Penguapan

Tes vacuum masing-masing badan dan sebelum akhir, periksa kerapatan perpipaan (uap, nira, kondensat, air dan amoniak) dan perlengkapan badan penguap, pompa air kondensat, pompa nira, dan vacuum, periksa keragaman kondensor dan air injeksi.

f. Stasiun Kristalisasi

Tes vacuum masing-masing pan masak dan keragaman kondensor, periksa kerapatan perpipaan (air, stolon, dll), periksa alat

pengeluaran air embun, pengaduk palung penampung masakan, dan pipa-pipa masakan.

g. Stasiun Karbonatasi

- 1) Pompa tarik peti raw liquor dan saringannya, peti clear liquor, peti sludge, peti precoating, peti carbonated liquor dengan mengecek rpm pompa, tarikan pompa dan kebocoran pipa-pipa.
- 2) Affinasi dengan mengecek screw conveyornya.
- 3) Remelter dengan mengecek pengaduk, rpm pengaduk, saringan getar beserta penggerakannya, dan pompa raw liquor ke peti raw liquor.
- 4) Tes accumulator gas CO₂ dan instrumentnya beserta kerapatan pipanya.
- 5) Tes static mixer apakah tidak mengalami kebuntuan dan juga screw/lintasan dalam static mixer sudah sesuai atau belum dan juga periksa alat pendeteksi pH.
- 6) Periksa kerapatan pipa (liquor masuk dan keluar, uap masuk, gas CO₂) pada Badan Karbonator beserta perlengkapan karbonator dan juga periksa alat pendeteksi pH.
- 7) Periksa jalur pipa untuk precoating dan carbonated liquor pada Rotary Leaf Filter sudah sesuai atau belum dan juga tes saringan RLF mengalami kebocoran atau tidak.
- 8) Periksa jalur air siraman pada Filter Press dan cek saringannya mengalami kebocoran atau tidak.

h. Stasiun Pemutaran dan Penyelesaian

Uji coba jalannya putaran, mencatat waktu start sampai rpm putaran maksimal, waktu rpm yang dapat dicapai, periksa kran-kran air pemanas, pipa-pipa krengsengan, pompa masakan, magma, stroop, klare, dan tetes, periksa tangga yakob, saringan dan pengering gula.

III.13.2 Persiapan Akhir Giling

Pada prinsipnya persiapan akhir giling adalah mendapatkan produk sebanyak mungkin, sehingga menyelesaikan masakan terakhir lebih cepat dan gula sisa yang didapatkan kecil, gula produk yang dihasilkan tetap baik dan penyelesaian diharapkan secepat mungkin.

III.13.2.1 Persiapan Pabrik Dalam Menghadapi Akhir Giling

Dalam persiapan akhir giling, ada beberapa hal yang harus dipersiapkan di antaranya adalah:

- a. Perkiraan atau estimasi hasil Afwerken, hasil gula yang akan dicapai dan kesempatan masak soda di evaporator serta membersihkan peralatan pabrik.
- b. Penyediaan karung gula untuk mengarungi gula kerikilan, gula debu, gula MS, dsb.
- c. Kebutuhan peralatan, misalnya sekop dan sorok untuk menguras gula sisa.

Sebelum akhir giling perlu adanya pengaturan di stasiun masakan agar beban seminimal mungkin. Mulai dengan mengurangi pemakaian alat secara bertahap dan melakukan pembersihan di palung-palung pendingin, peti stroop, dsb.

III.13.2.2 Pelaksanaan Operasi Akhir Giling (Afwerken)

- a. Stasiun Pemurnian

Setelah diketahui jam perkiraan tebu habis, maka kebutuhan susu kapur dalam peti tunggu diperhitungkan secukupnya. Pada saat tebu habis, maka nira didorong dengan air secukupnya sampai tidak ada yang tertinggal baik di bak nira mentah, defekator, pemanas sampai ditampung dalam clarifier. Nira dalam clarifier terus dimasukkan dalam badan penguap. Mulai dilakukan pembersihan terhadap semua peralatan seperti timbangan nira mentah, pemanas, defekator, dan semua peralatan lain.

b. Stasiun Penguapan

Setelah nira encer habis di evaporator, evaporator masih tetap beroperasi dengan memasak air untuk menyuplai kondensat sebagai boiler feed water selama stasiun masakan dan juga turbine alternator masih beroperasi. Biasanya kondensat evaporator badan I, II dan III dialirkan ke pure condensat untuk boiler feed water, kondensat badan IV dan V untuk kebutuhan air panas proses. Bila sudah ada keputusan boiler akan berhenti kurang lebih 10-12 jam sebelumnya evaporator memasak pelunak untuk penyekrapan setelah selesai dioperasikan.

c. Stasiun Masakan

- 1) Selalu melakukan taksasi dengan cermat untuk mengetahui potensi kristal yang ada sehingga waktu mengakhiri giling dapat dipertimbangkan dari efisiensi biaya, tenaga kerja, persediaan bahan bakar dan kondensat
- 2) Mengatur beberapa kebutuhan masakan R dan A yang harus turun lagi. Memperbanyak masakan D sehingga gula D2 yang dilebur untuk masakan A.
- 3) Pan-pan masak yang sudah tidak digunakan langsung masak pelunak untuk persiapan cleaning.
- 4) Setelah nira kental habis, kebutuhan bibit masakan diperhitungkan. Apabila bibit masakan dianggap telah cukup, maka gula bukan produk dicampur dengan nira kental untuk dikristalkan.
- 5) Gula yang tersisa yang tidak sesuai dengan baku mutu dimasukkan dalam karung beserta gula yang tertempel di pipa atau talang yang telah dikeruk.

d. Stasiun Puteran dan Penyelesaian

- 1) Masakan D di palung diputar untuk menghasilkan gula D untuk leburan masakan A.
- 2) Mengkarungi gula sisa.
- 3) Mengeruk gula-gula yang masih tertinggal

e. Boiler dan Power House

Setelah semua selesai masak bahan pelunak, boiler di nonaktifkan dan untuk kebutuhan energi listrik terutama untuk stasiun puteran karena masih beroperasi memutar gula D dan masakan sisa dan lain-lain akan disuplai oleh generator dan suplai listrik PLN.

BAB IV

PENUTUP

IV.1 Kesimpulan

Dengan melihat, mengamati, berdiskusi dan mencari data yang dilakukan pada pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan di PT. IGG didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

PT. IGG dalam melaksanakan proses pemurnian menggunakan cara *Defekasi Remelt Karbonatasi (DRK)*. Pada proses *Defekasi* dapat menghasilkan gula yang masih kualitas *HS* atau biasa disebut *Raw Sugar*. *Raw sugar* inilah yang menjadi bahan baku utama pada proses *Remelt Karbonatasi* sehingga dihasilkan gula R atau gula kristal putih (gula produk). Dengan menggunakan sistem pemurnian *Karbonatasi*, diharapkan gula yang diproduksi jauh lebih bersih, putih, dan memenuhi semua kriteria pasar.

Hal-hal yang perlu diperhatikan agar proses dapat berjalan lancar dan efisien antara lain:

1. Untuk menekan kehilangan gula sebelum proses, telah dilakukan berbagai upaya antara lain dengan perencanaan tebang dan angkut dengan memperhatikan data sisa tebu pagi. Dengan diketahuinya sisa tebu pagi, maka dapat ditentukan berapa tebu yang harus ditebang pada hari itu, sehingga jumlah tebu di emplasemen dapat dikendalikan. Selain itu pengaturan tebu yang akan digiling dilaksanakan dengan system FIFO. Sehingga kerusakan tebu selama proses menunggu giling di emplasemen dapat ditekan bahkan dihindari.
2. Kapasitas giling PT. IGG pada masa giling tahun 2021 yaitu 6000 TCD. Usaha-usaha yang dilakukan untuk mencapai sasaran tersebut adalah:
 - a. Sebelum dilaksanakan pemerahan harus dilakukan pekerjaan pendahuluan dengan sasaran *Preparation Indeks (PI)* >90.

- b. Umpan tebu dari *cane carrier* menuju alat kerja pendahuluan yang ajeg dan merata.
 - c. Melakukan penyetelan gilingan secara periodik bila sewaktu-waktu diketahui kinerja gilingan kurang optimal
 - d. Pemberian imbibisi yang secara tepat
 - e. Pengaturan rpm, rol gilingan dan motor sesuai setelan kerja.
 - f. Menekan kehilangan gula dengan sanitasi secara rutin.
3. Tujuan dari pemurnian adalah menghilangkan bukan gula dalam nira mentah sebanyak – banyaknya dengan resiko kehilangan gula seminimal mungkin dan biaya yang serendah – rendahnya, dengan cara;
- a. Secara Kimia
Yaitu dengan pemberian bahan kimia pembantu.
 - b. Secara Fisika.
Yaitu dengan melakukan penyaringan dan pengendapan.
 - c. Secara Kimia dan Fisika.
Yaitu kombinasi antara cara kimia dan cara fisika.

Bahan pembantu yang digunakan dalam proses pemurnian antara lain

- a. Susu kapur.
- b. *Asam phospat*.
- c. *Flokulant*.
- d. Ampas halus (*bagasillo*).

Pada proses pemurnian dilakukan pemanasan pendahuluan dengan tujuan untuk mempercepat terjadinya reaksi dan mematikan pertumbuhan serta aktifitas bakteri dalam nira, menghilangkan gas-gas yang dapat mempersulit proses pengendapan dan juga mempersiapkan temperature nira pada kondisi optimum proses pemurnian *defekasi*.

Pemanas pendahuluan terdiri dar:

- a. Pemanas Pendahuluan (PP) I dengan temperature 75°C
- b. Pemanas Pendahuluan (PP) II dengan temperature 105°C
- c. Pemanas Pendahuluan (PP) III dengan temperature 115°C

4. Air yang terkandung dalam nira diuapkan dengan menggunakan Badan Penguapan (Evaporator), sebab air yang terkandung dalam nira encer masih sangat tinggi $\pm 80\%$. Sasaran proses penguapan yakni brix nira kental 60-64% atau setara dengan $30-32^{\circ}Be$.
5. Proses Kristalisasi adalah proses pembentukan kristal gula pada larutan gula di dalam Pan masakan, sedangkan prosesnya disebut memasak, dan hasilnya disebut masakan (*Massecuite*). Kristalisasi dapat terbentuk apabila nira dipekatkan hingga mencapai tingkat kejenuhan tertentu (*Koefisien Kejenuhan* > 1). Jenis masakan yang dilakukan yaitu A, B, C dan masakan R.
6. Karbonatasi merupakan proses pemurnian lanjut. Gula *Raw Sugar* yang dihasilkan dalam proses kristalisasi masakan A akan dilebur kembali (*Remelt*) menjadi *Liquor*. *Liquor* yang dihasilkan kemudian di reaksikan dengan susu kapur dan gas CO_2 sehingga menghasilkan *Carbonated Liquor* dengan kualitas yang lebih jernih dan murni kemudian disaring kembali sehingga didapatkan *Clear Liquor*. *Clear Liquor* inilah yang menjadi bahan dasar pembuatan gula kristal putih atau gula produk (Gula R).
7. Masakan yang diperoleh dari proses kristalisasi merupakan campuran antara larutan dan kristal sukrosa. Proses pemisahan kristal terhadap larutannya tersebut dilakukan dengan menggunakan *centrifuge*, sehingga terjadi gaya *sentrifugal*. Dengan mengupayakan efisiensi dan kehilangan gula sekecil mungkin.
8. Dari hasil alat puteran, ukuran dari kristal gula yang dihasilkan tidak selalu sama, ada yang berukuran kecil dan ukuran besar. Ukuran Kristal yang dikehendaki pasar 0,8-1,2 mm. Pemisahan ukuran kristal dilakukan pada talang goyang dengan pemasangan saringan diatas talang goyang tersebut. Kristal gula yang berukuran terlalu kecil atau terlalu besar akan dilebur dicampur dengan *Raw liquor* dan dimasak kembali menjadi masakan R. Kristal gula yang dikehendaki kemudian

dikarungi dan ditimbang dengan kemasan 50 *kg/sak*, kemudian disimpan di gudang.

9. Untuk menunjang keberhasilan proses, dilakukan pengawasan angka-angka analisa disetiap bagian, dilaksanakan di laboratorium, guna sebagai control standart operasional.
10. Produk PT. IGG selain gula adalah:
 - a. Ampas.
 - b. Digunakan untuk bahan bakar stasiun ketel.
 - c. Tetes.
 - d. Dijual kepada pihak yang membutuhkan.
11. Sedangkan limbah yang dihasilkan berupa limbah padat, limbah cair, dan limbah B3
 - a. Limbah padat
Untuk blotong dan abu ketel dimanfaatkan sebagai pupuk di lahan tebu milik PT. IGG
 - b. Limbah cair
Diolah di WWTP dengan sistem aerob menggunakan INOLA 221 dan selanjutnya air bisa dimanfaatkan kembali.
 - c. Limbah B3
Limbah ini terlebih dahulu ditampung di tempat penyimpanan limbah B3 hingga pihak berwenang mengambil limbah tersebut.

IV.2 Saran

Setelah melaksanakan kegiatan praktek kerja lapangan, adapun saran yang dapat diberikan :

1. Untuk memperoleh hasil gula yang baik kualitas maupun kuantitasnya maka perlu diperhatikan faktor-faktor produksi yang baik pula. Mulai dari bahan baku, peralatan kerja, dan tenaga kerja (SDM).
2. Pengawasan Proses Pabrikasi pada tiap – tiap tahapan proses pengolahan tebu menjadi gula harus dilaksanakan sesuai standar (SOP) sehingga giling dapat berjalan secara *ajeg* dan *mantep*.

3. Pengawasan dan perawatan terhadap alat – alat operasional yang ada perlu dilakukan secara intensif dan periodic untuk menunjang kelancaran proses pabrikasi. Kesadaran karyawan akan pemakaian alat-alat kesehatan dan keselamatan kerja perlu digiatkan.
4. Meningkatkan sinergi yang baik antar bagian yang terkait, yaitu saling mendukung dan bekerja sama antar bagian.
5. Membangun kesadaran serta motivasi kepada karyawan akan kondisi dan tantangan industri gula di Indonesia pada masa sekarang dan masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2015 *Instalatie Staat PT. IGG*. Banyuwangi: PT. Industri Gula Glenmore.
- Anonim. 2021. *Petunjuk Umum dan Teknis Praktek Kerja Lapang III Program Studi Teknik Kimia*. Yogyakarta: Politeknik LPP.
- Chung C, Chou. 2000. *Handbook of Sugar Refining : A Manual for the Design and Operation of Sugar Refining Facilities*. New York: Willey.
- Honig, P. 1953. *Principles of Sugar Technology Vol VIII*. Amsterdam: Elsevier Publishing Company.
- Hugot, E. 1986. *Handbook of Cane Sugar Engineering 3rd*. Amsterdam: Elsevier Publishing Company.
- Rein, Peter. 2007. *Cane Sugar Engineering*. Berlin: Verlag Dr. Albert Bartens KG.
- Soejardi. 1988. *Dasa-dasar Teknologi Gula*. Yogyakarta: Lembaga Pendidikan Perkebunan Yogyakarta.
- Soejardi. 1988. *Pabrikasi Gula*. Yogyakarta: Lembaga Pendidikan Perkebunan Yogyakarta.
- Soemohandojo, Toat. 2009. *Pengantar Injiniring Pabrik Gula*. Surabaya: MASKIBBU.