

LAPORAN MAGANG
PROSES PRODUKSI GULA PG. MADUKISMO (PT. MADUBARU)
BANTUL, YOGYAKARTA
(08 AGUSTUS s/d 08 OKTOBER 2022)

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan

Mata Kuliah Magang



Disusun oleh:

TUMIAR IRIANA BR SIMARMATA

40040119650019

SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2023

INTISARI

Tujuan dari pelaksanaan Magang di PG Madukismo adalah untuk mempelajari serta mengamati secara langsung seluruh kegiatan pabrik meliputi proses, laboratorium, penanganan limbah, peralatan, utilitas, serta manajemen pada PG Madukismo Yogyakarta. Pabrik gula yang didirikan pada awal tahun 1955, yang merupakan pabrik gula tertua di Jawa Tengah dan satu-satunya pabrik gula di Daerah Istimewa Yogyakarta yaitu PT Madubaru pabrik gula Madukismo yang terletak 5 km Barat Daya Yogyakarta tepatnya di Desa Padokan, Kelurahan Tirtonirmolo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul. Pabrik gula Madukismo dari awal tahun berdiri hingga sekarang masih aktif memproduksi gula pasir rata-rata sebanyak 3000 ton per harinya, yang digunakan untuk kebutuhan gula dalam negeri dan kini telah dikelola oleh Rajawali Nusantara Indonesia.

Proses pembuatan gula pada PG Madukismo dilakukan dalam lima stasiun, yaitu stasiun gilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun kristalisasi, stasiun pemutaran. Selain stasiun-stasiun tersebut juga terdapat sarana pendukung yaitu stasiun ketel, unit pengolahan limbah dan laboratorium analisa Tahap prosesnya adalah sebagai berikut, tebu ditimbang terlebih dahulu kemudian diangkat ke stasiun gilingan. Pada stasiun pemurnian, nira mentah akan dipisahkan dari kotoran-kotoran yang terikut dalam nira dengan menggunakan proses sulfitasi, sedangkan nira jernih yang dihasilkan akan diuapkan pada stasiun penguapan sehingga akan dihasilkan nira kental. Nira kental masuk ke stasiun kristalisasi untuk menguapkan nira kental lebih lanjut sehingga didapatkan kristal-kristal gula, setelah itu masuk ke stasiun putaran untuk dipisahkan kristal dengan stroop yang kemudian kristal gula menuju ke stasiun penyelesaian dan penyimpanan.

Kata kunci: Madukismo, Tebu, Gula, Yogyakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Tumiar Iriana Br Simarmata
NIM : 40040119650019
Program Studi : Teknologi Rekayasa Kimia Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Universitas : Universitas Diponegoro
Dosen Pembimbing : Mohamad Endy Yulianto S.T.,M.T
Judul Laporan Magang : Laporan Magang Proses Produksi Gula PG.MADUKISMO
(PT.MADUBARU) Bantul, Dacrah Istimewa Yogyakarta.

Laporan Magang ini telah diperiksa dan disetujui pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 15 Juni 2023

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Magang
Semarang, 15 Juni 2023

Dosen Pembimbing,

Mohamad Endy Yulianto S.T.,M.T

NIP:197107311999031001

Pembimbing Lapangan

Nomor Induk : 19-07-2511

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN MAGANG

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Tumiar Iriana Br Simarmata
NIM : 40040119650019
Program Studi : Teknologi Rekayasa Kimia Industri
Fakultas/Universitas : Sekolah Vokasi/ Universitas Diponegoro
Judul Laporan Magang : Laporan Magang Proses Produksi Gula PG.MADUKISMO
(PT. MADUBARU) Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Laporan Magang ini merupakan hasil magang, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar ijazah pada Universitas Diponegoro atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Diponegoro. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Semarang, 15 Juni 2023

Yang membuat pernyataan,



1000
METER
TEMPEL
2AB11AJX257551720

Tumiar Iriana Br Simarmata

40040119650019

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat dan juga perlindungan-Nya, sehingga kami dapat melaksanakan kegiatan magang di PG Maduksimo dan menyelesaikan laporan magang dengan tepat waktu. Magang dilakukan selama dua bulan yaitu 08 Agustus – 08 Oktober. Dimana magang merupakan matakuliah wajib yang harus di laksanakan di semester tujuh pada jurusan Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

Magang berfokus pada Proses Produksi Gula yang bertujuan untuk mengetahui dan manambah wawasan serta untuk mengaplikasikan ilmu yang diperoleh di dunia perkuliahan ke dalam dunia industri. Laporan mangan di susun berdasarkan hasil pengamatan data yang diperoleh dilapangan dan disertai dengan data umum dari berbagai referensi. Dalam proses pelaksanaan magang dan penyelesaian laporan magang tidak lupa kami mengucapkan terimakasih banyak atas dukungan dan bantuan dari:

1. Prof. Dr. Ir Budiyo, M. Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan untuk menimba ilmu di Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri
2. Bapak Endy Yulianto, S.T, M.T. selaku Dosen Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan kegiatan magang.
3. Bapak Irwan Hartono, S.T. selaku pembimbing lapangan yang telah membimbing dan membantu selama magang dan belajar di PG Madukismo
4. Seluruh staf dan karyawan PG Madukismo yang bersedia untuk membantu kami
5. Teman teman magang yang sudah bekerja sama untuk melaksanakan dan menyelesaikan magang
6. Orang Tua dan keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan secara moral, kasih sayang dan finansial

Kami juga mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan laporan magang ini karena kami menyadari laporan magang ini masih jauh dari kesempurnaan.

DAFTAR ISI

INTISARI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Kerja Praktik.....	1
1.2 Tujuan Kerja Praktik	1
1.3 Manfaat Kerja Praktik	2
1.4 Profil Perusahaan.....	3
1.4.1 Sejarah Perusahaan	2
1.4.2 Visi dan Misi Perusahaan.....	4
1.4.3 Struktur Organisasi Perusahaan	4
1.4.4 Keselamatan dan Kesehatan Kerja.....	7
1.4.5 Lokasi Pabrik PG. Madukismo	7
1.4.6 Pengolahan Karyawan	12
1.4.7 Kegiatan Produksi Pabrik	13
1.4.8 Fasilitas	14
1.5 Produk yang dihasilkan	14
1.6 Pemasaran.....	15
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	16
2.1 Gula	16
2.2 Jenis Jenis Gula	17
2.3 Manfaat Gula.....	18
2.4 Kandungan Gula.....	20
2.5 Syarat Mutu Gula	20
2.6 Bahan Baku	21
2.7 Proses Produksi Gula	24
2.7.1 Penimbangan.....	24
2.7.2 Stasiun Penggilingan.....	25
2.7.3 Stasiun Pemurnian	28
2.7.4 Stasiun Penguapan	30
2.7.5 Stasiun Masakan	30

2.7.6 Stasiun Putaran	31
2.7.7 Pengeringan, Pendinginan, dan Penyaringan.....	31
2.8 Pengendalian Mutu.....	32
BAB III HASIL KEGIATAN MAGANG/KERJA PRAKTIK	33
3.1. Lingkup Kerja.... ..	33
3.1.1 Lingkungan Kerja	33
3.2. Aktivitas Kerja	34
3.3. Tugas Khusus... ..	38
BAB IV PROSES PRODUKSI.....	43
4.1 Bahan Baku.....	44
4.1.1 Bahan Baku Utama.	45
4.1.1 Bahan Baku Penunjang.	46
4.2 Uraian Proses.....	47
4.2.1 Stasiun Persiapan	47
4.2.2 Stasiun Gilingan.....	48
4.2.3 Stasiun Pemurnian	50
4.2.4 Stasiun Penguapan	55
4.2.5 Stasiun Masakan	57
4.2.6 Stasiun Putaran dan Penyelesaian.....	58
4.3 Neraca Massa.....	65
4.4 Neraca Panas.....	69
4.5 Flowsheet	72
4.6 Spesifikasi Alat	73
4.7 Utilitas.....	98
4.8 Laboratorium.....	108
BAB V PENUTUP.....	144
5.1 Kesimpulan.....	114
5.2 Saran.....	115
DAFTAR PUSTAKA	116
LAMPIRAN.....	117

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Karyawan PG.Maduksimo	12
Tabel 2. 1 Kandungan Gula	19
Tabel 2. 2 Syarat Mutu Gula	19
Tabel 3. 1 Aktivitas Magang.....	35
Tabel 3. 2 Konsumsi Bahan Bakar.....	19
Tabel 4. 1 Nomor Lori	43
Tabel 4. 2 Spesifikasi Evaporator	89
Tabel 4. 3 Spesifikasi Pan Masakan.....	91
Tabel 4. 4 Karakteristik Air Baku	98
Tabel 4. 5 Syarat Baku Umpan Boiler	100
Tabel 4. 6 Syarat Baku Air Pendingin	102
Tabel 4. 7 Kebutuhan Uap	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Struktur Organisasi Perusahaan	6
Gambar 1. 2 Layout Pabrik	6
Gambar 1. 3 Denah Lokasi Pabrik	11
Gambar 1. 4 Gula Produk... ..	115
Gambar 4. 1 Diagram Alir Proses Gilingan	49
Gambar 4. 2 Diagram Alir Proses Pemurnian.....	75
Gambar 4. 3 Diagram Alir Proses Penguapan	75
Gambar 4. 4 Diagram Alir Proses Masakan	75
Gambar 4. 5 Diagram Alir Proses Penyelesaian	64
Gambar 4. 6 Cane Table	73
Gambar 4. 7 Cane Leveller	73
Gambar 4. 8 Cane Carrier	73
Gambar 4. 9 Unigrator	74
Gambar 4. 10 Gilingan.....	75
Gambar 4. 11 DSM Screen	77
Gambar 4. 12 Timbangan Boulogne	78
Gambar 4. 13 Voor Warmer	80
Gambar 4. 14 Defekator.....	81
Gambar 4. 15 Sulfitir Tank	82
Gambar 4. 16 Flash Tank.....	83
Gambar 4. 17 Snow Balling Tank.....	86
Gambar 4. 18 Rotary Vacuum Filter.....	85
Gambar 4. 19 Pembuat Susu Kapur	88
Gambar 4. 20 Evaporator	89
Gambar 4. 21 Kondensor	90
Gambar 4. 22 Pan Masakan	91
Gambar 4. 23 Palung Pendingin	92
Gambar 4. 24 Putaran High Grade Fugal.....	93
Gambar 4. 25 Putaran Low Grade Fugal	93
Gambar 4. 26 Vibrating Screen.....	96
Gambar 4. 27 Peleburan Gula	95
Gambar 4. 28 Diagram Alir Proses Pengolahan air	98
Gambar 4. 29 Diagram Alir Proses Penyediaan uap.....	105

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Kerja Praktik

Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, merupakan salah satu program studi di Universitas Diponegoro yang memiliki visi dan misi untuk mempersiapkan sumber daya manusia (SDM) yang mumpuni, baik secara kognitif maupun keterampilan non-teknis (*soft skills*) untuk memenuhi kebutuhan dunia usaha dan dunia industri (DUDI) di bidang teknik kimia melalui penyelenggaraan pembelajaran vokasi, penelitian terapan, penciptaan karya inovatif dan teruji, serta menerapkannya dalam memecahkan permasalahan dalam dunia usaha dan dunia industri (DUDI) melalui pendekatan inter/multi disiplin. Demi menunjang hal tersebut, maka mahasiswa Teknologi Rekayasa Kimia Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro diwajibkan untuk melaksanakan kerja Praktik/magang sebagai kelengkapan teori, khususnya dalam bidang keahlian yang dipelajari selama perkuliahan.

Kerja Praktik/magang ditujukan agar mahasiswa mendapat pengetahuan yang lebih luas khususnya di dunia kerja, sehingga menjadi bekal dalam menyusun tugas-tugas berikutnya, dimana penempatan/titik fokus kerja praktik mahasiswa Teknologi Rekayasa Kimia Industri adalah pada proses produksi. Dengan mengetahui proses produksi dalam suatu industri, mahasiswa diharapkan mampu membandingkan proses produksi yang ada dengan teori dalam perkuliahan. Perbedaan yang ada dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam menganalisa proses produksi tersebut. Pemilihan tempat kerja Praktik di Pabrik Gula Madukismo Yogyakarta ini berdasarkan berbagai macam pertimbangan, antara lain:

1. Pada pabrik gula Madukismo Yogyakarta terdapat proses industri kimia, yang merupakan fokus utama kegiatan kerja praktik.
2. Pengolahan aliran fluida cair yang terbuka, sehingga memungkinkan untuk melihat secara langsung sifat fisik dan sifat fluida.
3. Adanya *shutdown* yang terjadi pada alat-alat produksi sehingga memungkinkan melihat secara langsung bagian dalam suatu alat.

1.2 Tujuan Kerja Praktik

Tujuan dari pelaksanaan kerja Praktik di PG. Madukismo Yogyakarta ini adalah sebagai berikut:

1. Mahasiswa dapat mengaplikasikan ilmu yang telah dipelajari selama dibangku perkuliahan secara langsung.
2. Mahasiswa dapat mengetahui serta memperoleh wawasan dan pengalaman kerja.
3. Mahasiswa dapat mengetahui perkembangan teknologi dalam bidang keteknikan-kimiaan yang modern, terutama yang diterapkan di pabrik gula Madukismo.

4. Mahasiswa dapat memperoleh pengalaman praktik dibidang industri yang sesuai dengan teori dasar yang diperoleh selama perkuliahan.
5. Mahasiswa dapat melihat dan mempelajari secara langsung tentang keadaan dan dimensi serta implementasi proses dalam skala pabrik.

1.3 Manfaat Kerja Praktik

Kerja praktik atau magang ini dilakukan untuk memperoleh manfaat bagi mahasiswa, dan pembaca yaitu:

1. Mengetahui identifikasi bahan baku dan bahan pendukung yang digunakan dalam proses.
2. Mengetahui proses produksi dari bahan mentah menjadi bahan jadi/produk komersil.
3. Mengetahui identifikasi peralatan yang digunakan selama proses produksi.
4. Mengetahui proses pengolahan limbah yang ada di pabrik gula Madukismo.
5. Mengetahui identifikasi utilitas yang dibutuhkan oleh pabrik.

1.4 Profil Perusahaan

1.4.1 Sejarah Perusahaan

Pada zaman pemerintahan Hindia-Belanda di Yogyakarta pada tahun 1941 banyak didirikan pabrik-pabrik gula yang luasnya kurang lebih 3.185.080 km², terdapat kurang lebih 17 pabrik gula antara lain:

- Pabrik Gula Randu Gunting.
- Pabrik Gula Tanjung Tirto.
- Pabrik Gula Kedaton Pleret.
- Pabrik Gula Wonocatur.
- Pabrik Gula Padokan.
- Pabrik Gula Bantul.
- Pabrik Gula Barongan.
- Pabrik Gula Sewu Galur.
- Pabrik Gula Gondang Lipuro.
- Pabrik Gula Pundong.
- Pabrik Gula Gesikan.
- Pabrik Gula Rewulu.
- Pabrik Gula Demakijo.
- Pabrik Gula Cebongan.
- Pabrik Gula Medari.
- Pabrik Gula Beran.
- Pabrik Gula Sendangpitu.

Pada tahun 1942, seluruh pabrik dikuasai oleh Jepang. Dalam perkembangannya pemerintah Jepang tidak dapat mengoperasikan pabrik-pabrik tersebut secara penuh. Meskipun terdapat 12 pabrik yang masih beroperasi, namun keadaan tersebut tidak berlangsung lama dan hanya berlangsung sampai saat proklamasi kemerdekaan tanggal 17 Agustus 1945 saja.

Gagasan untuk mendirikan Pabrik Gula Madukismo berasal dari Sultan. Tujuan semula adalah untuk membantu rakyat yang banyak kehilangan pekerjaan karena hagusnya pabrik-pabrik gula waktu itu. Pendirian pabrik ini diyakini dapat menampung banyak tenaga kerja yang nanti akan dilibatkan didalam proses produksi gula, seperti petani dalam proses penanaman tebu sebagai bahan dasar gula beserta rakyat Yogyakarta sendiri. Pabrik gula Madukismo Yogyakarta merupakan salah satu unit usaha dari PT. Madubaru Yogyakarta yang bergerak dibidang usaha mengelola bahan baku tebu menjadi produksi utama gula pasir dengan hasil samping ampas yang difungsikan untuk bahan bakar *boiler*, blotong sebagai pupuk dan tetes yang digunakan sebagai bahan baku spiritus atau alkohol. Pabrik gula Madukismo Yogyakarta berlokasi di Desa Padokan, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, didirikan pada tanggal 14 Juni 1955 atas prakarsa Sri Sultan Hamengkubuwono IX dan diresmikan oleh presiden RI pertama, Ir. Soekarno. PT. Madubaru Yogyakarta dibangun diatas lokasi bangunan Pabrik Gula Padokan, dimana pabrik tersebut merupakan salah satu diantara 17 pabrik gula di Daerah Istimewa Yogyakarta yang dibangun pada masa pemerintahan Belanda, namun kemudian dibumihanguskan pada masa penjajahan Jepang.

Pada tahun 1955 Pabrik gula Madukismo didirikan, yang tidak hanya memproduksi gula melainkan spiritus juga. Pabrik gula mulai produksi pada tahun 1958 dan pabrik spiritus produksi pada tahun 1959. Pabrik Gula Madukismo merupakan satu-satunya pabrik gula dan pabrik alkohol/spirtus di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang mengemban tugas untuk mensukseskan program pengadaan pangan nasional, khususnya gula pasir. Sebagai perusahaan padat karya banyak menampung tenaga kerja dari Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Pabrik gula dan pabrik spiritus Madukismo yang dibangun pada tahun 1955 atas prakarsa Sri Sultan Hamengku Buwono IX yang diresmikan pada tanggal 29 Mei 1958 oleh Presiden Republik Indonesia Pertama Ir. Soekarno. Status perusahaan yaitu Perseroan Terbatas yang didirikan pada tanggal 14 Juni 1955, diberi nama” Pabrik-Pabrik Gula madukismo PT” (P2G. Madubaru PT). Kontraktor utama perusahaan ini adalah *Machine Fabrick Sangerhausen* dari Jerman Timur.

Kepemilikan saham PT. Madubaru pada awal berdirinya sebesar 75% dipegang oleh Sri Sultan Hamengku Buwono IX dan 25% dipegang oleh pemerintah Indonesia (Departemen Pertanian Republik Indonesia), yang saat ini telah dirubah menjadi 65% dipegang oleh Sri Sultan Hamengku Buwono X, 35% dipegang oleh pemerintah (dikuasakan kepada PT. Rajawali

Nusantara Indonesia, yaitu sebuah BUMN). Kronologi status perusahaan dan perubahan management adalah sebagai berikut:

- Tahun 1955-1962 perusahaan swasta.
- Tahun 1962-1966 PT. Madubaru bergabung dengan perusahaan negara dibawah BPU-PPM (Badan Pimpinan Umum-Perusahaan Negara), karena adanya *policy* Pemerintah RI yang mengambil alih semua perusahaan di Indonesia.
- Tahun 1966 BPU-PPN bubar, PG-PS Madukismo diperbolehkan untuk memilih tetap sebagai Perusahaan Negara atau keluar menjadi Perusahaan Swasta (PT.) dan PT. Madubaru memilih untuk menjadi perusahaan swasta.
- Tahun 1966-1984 PT. Madubaru kembali menjadi perusahaan swasta dengan susunan direksi yang dipimpin Sri Sultan Hamengku Buwono IX sebagai Presiden Direktur.
- Tahun 1984-sekarang Pada tanggal 04 Maret 1984 sampai 24 Februari 2004 diadakan kontrak management dengan PT. Rajawali Nusantara Indonesia (RNI) yaitu salah satu BUMN milik Departement Keuangan Republik Indonesia. Sejak pada tanggal 24 Februari 2004 sampai sekarang, PT. Madubaru menjadi perusahaan mandiri yang dikelola secara professional dan independen.

1.4.2 Visi dan Misi Perusahaan

Visi dari PT. Madubaru adalah menjadikan PT. Madubaru (PG/PS Madukismo) perusahaan Agro Industri yang unggul di Indonesia dengan menjadikan petani sebagai mitra sejati. Misi yang ingin dicapai oleh perusahaan adalah:

- Menghasilkan gula dan etanol yang berkualitas untuk memenuhi permintaan masyarakat dan industri di Indonesia.
- Menghasilkan produk dengan memanfaatkan teknologi maju yang ramah lingkungan, dikelola secara professional dan inovatif, memberikan pelayanan yang prima kepada pelanggan serta mengutamakan kemitraan dengan petani.
- Mengembangkan produk/bisnis baru yang mendukung bisnis inti.
- Menempatkan karyawan dan *stake holders* lainnya sebagai bagian terpenting dalam proses penciptaan keunggulan perusahaan dan pencapaian *share holder values*

1.4.3 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi PT. Madubaru adalah struktur organisasi fungsional yaitu sistem organisasi yang wewenang pimpinan dilimpahkan kepada bagian organisasi yang ada dibawahnya dalam bidang tertentu. Segala kegiatan organisasi dan produksi pabrik dipimpin oleh seorang direktur, dibantu kepala bidang (kabid) yang membawahi kepala bagian (kabag), masing-masing bertanggung jawab terhadap unit yang dikepalainya. Kabag membawahi staf bagian yang jumlahnya bervariasi, bergantung pada banyaknya tugas yang harus diselesaikan.

Pimpinan tiap bidang berhak memerintah semua pelaksana yang ada sejauh masih terdapat bidang kerjanya. Pimpinan tertinggi dipegang oleh direksi yang mempunyai bawahan langsung 4 orang kepala bagian, yaitu: Kabag. Tanaman, Kabag. Pabrikasi, Kabag. Instalasi, Kabag. Spiritus dan Alkohol. Masing-masing jabatan memiliki tugas dan tanggung jawab, yaitu sebagai berikut:

1. Dewan Komisaris

- Mengawasi jalannya perusahaan dan kebijaksanaan yang diambil dalam operasional perusahaan.
- Komisaris berhak memeriksa pembukuan, surat, dan alat bukti lainnya.
- Memeriksa dan mencocokkan keadaan uang kas dan lain-lain.

2. Direktur

- Melakukan manajemen yang meliputi keseluruhan kegiatan termasuk keputusan dan kebijakan yang telah ditetapkan oleh dewan reaksi.
- Bertanggung jawab kepada direksi dan semua faktor produksi.
- Mengevaluasi hasil kerja pabrik setiap tahunnya.

3. Satuan Pengawasan *Intern* (SPI)

- Pemimpin, mengkoordinasi, dan pengawasan bagian-bagian dibawahnya.
- Melaksanakan kebijakan perusahaan sesuai yang telah ditetapkan direksi.
- Mengajukan rencana produksi.

4. Kepala Bagian Tanaman

- Bertanggung jawab kepada administrator dibagian tanaman.
- Mengkoordinir penyusunan rencana areal tanaman untuk penanaman yang akan datang.
- Menyusun komposisi tanaman mengenai luas, letak, massa tanam, dan jenis sehingga penyediaan bahan baku selama masa giling yang telah ditentukan dapat dijamin.
- Mengawasi dan mengadakan evaluasi pembiayaan pada bidang tanaman, tebang, dan angkut.

5. Kepala Bagian Pabrikasi

- Bertanggung jawab kepada administrator didalam pabrikasi.
- Mengkoordinir dan memimpin kegiatan dibidang pabrikasi.
- Meningkatkan efesiensi proses serta menjaga kualitas produksi.

6. Kepala Bagian Pabrik Spiritus

- Menjalankan kebijaksanaan administrator dalam bidang produksi alkohol dan spiritus.
- Menjalankan kebijaksanaan administrator dalam hal proses produksi, pengendalian, dan pemeliharaan produk serta reparasi dan perluasan instalasi pabrik alkohol dan spiritus.

7. Kepala Bagian Instalasi

- Bertanggung jawab kepada administrator dibidang instalasi (mesin).
- Mengkoordinir dan memimpin kegiatan bidang instalasi.
- Meningkatkan efisiensi kerja alat produksi untuk melangsungkan proses produksi.

8. Kepala Bagian Sumber Daya Manusia

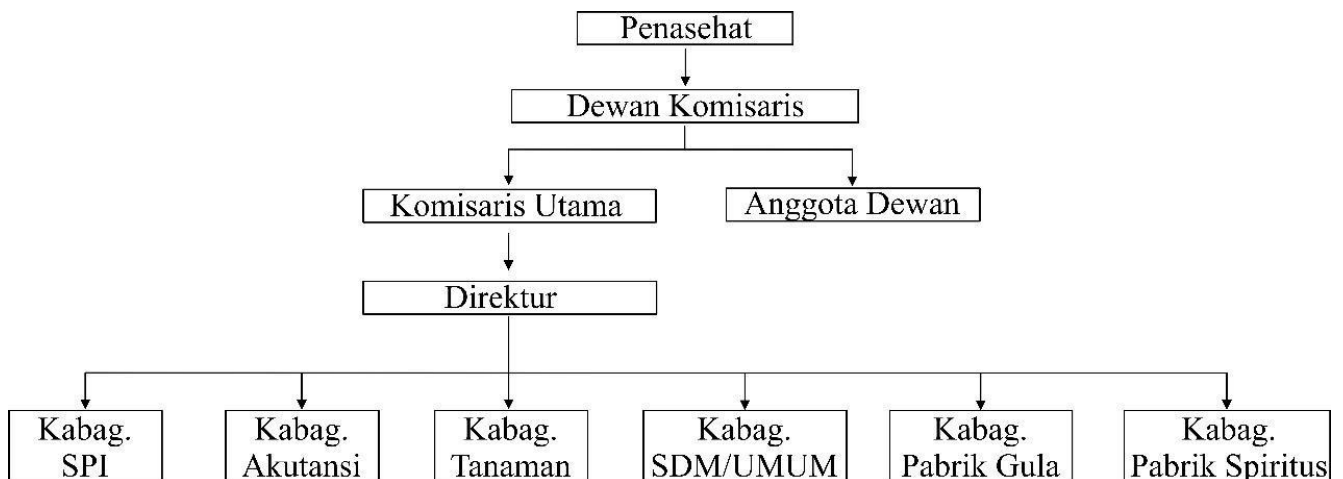
- Bertanggung jawab kepada administrator dibidang tata usaha dan keuangan perusahaan.
- Mengkoordinir dan memimpin kegiatan pengelolaan tenaga kerja dan kesehatan karyawan.
- Mengkoordinir kegiatan pendidikan karyawan.
- Mengkoordinir dan memimpin kegiatan pengaturan penggunaan kendaraan.
- Mengkoordinir dan memimpin kegiatan dibidang keamanan.

9. Kepala Bagian Akuntansi dan Keuangan

- Bertanggung jawab kepada administrator dibidang tata usaha dan keuangan perusahaan
- Mengkoordinir dan memimpin kegiatan pengelolaan dibidang keuangan, anggaran, dan biaya produksi.
- Mengkoordinir administrasi tebu rakyat dan timbangan tebu.
- Mengkoordinir dan memimpin kegiatan penjualan.

10. Kepala Bagian Pemasaran

- Bertanggung jawab kepada administrator dibidang umum
- Mengkoordinir dan memimpin kegiatan pengelolaan dibidang pembelian dan penjualan.



Gambar 1. 1 Struktur Organisasi Perusahaan

Adapun susunan Direksi PT. Madubaru saat ini sebagai berikut:

Penasehat	: Sri Sultan Hamengkubowono X
Komisaris Utama	: GKR Mangkubumi, Endang Suraningsih, Ir. Rahmad Edycahyana

Direktur	: Irwan Revianto Rares SE. MSc, CA
Kepala Bagian	:
• Tanaman	: Yudha Ekoyuwono S.P.
• SPI (Satuan Pengawasan Interen)	: Haris Subiantara S.T. MSi.
• SDM dan Umum	: Retna Isharsriyani SE.
• Akuntansi dan Keuangan	: Gatot Wibowo S.E.
• Pabrik Gula	: Eko Sudrajad S.T.
• Pabrik Spiritus	: Iwantara S.T.

Susunan Direksi PG. Madukismo saat ini adalah:

• Kepala Pabrik Gula	: Eko Sudrajad, ST.
• Wakil Kepala Pabrik Gula	: Taufik Ramdhan, STP, M.Si
• Kabag. Stasiun Pabrik tengah	: Irwan Hartono, ST.
• Kabag. Stasiun Ketel dan turbin	: Nashruddin Abdu Salam, STP.
• Kabag. Stasiun Listrik dan Instrumentasi	: Hariyadi
• Kabag. Stasiun Gilingan	: Kirniyatno (Pjs)
• Kabag. Stasiun Remise, Besali dan WTP	: Harman Sutopo, ST.
• Kabag. Stasiun Kendaraan, Bangunan	: Slamet Basuki, (Pjs)
• Kabag. Stasiun Pabrik Belakang	: Maryoto Tri S.

1.4.4 Keselamatan Kesehatan Kerja

Keselamatan dan Kesehatan Kerja karyawan perlu diperhatikan oleh perusahaan selama pengoperasian pabrik. Keduanya telah diatur dalam undang-undang keselamatan dan kesehatan kerja yaitu:

a. UU No. 1 tahun 1970

Mencakup jaminan keselamatan kerja dalam segala tempat kerja: darat, dalam tanah, permukaan air, dalam air, dan udara. Materi yang diatur meliputi mesin, peralatan, landasan tempat tinggal, lingkungan kerja, mencegah terjadinya kecelakaan kerja, dan sakit akibat kerja.

b. UU No. 3 tahun 1992

Undang-undang tentang jaminan sosial tenaga kerja (jamsostek), tenaga kerja, pengusaha, dan kecelakaan kerja. Meskipun banyak menggunakan peralatan mesin selama beroperasi, tenaga kerja manusia masih sangat berperan di PG. Madukismo. Keselamatan dan kesehatan kerja karyawan merupakan suatu kebutuhan pokok dalam menjalankan pekerjaan mereka. Oleh karena itu, diperlukan standar keselamatan dan kesehatan kerja bagi para karyawan agar tercapainya keselamatan, kesehatan, dan produktivitas karyawan. Berikut peralatan yang disediakan oleh pabrik dalam menunjang keselamatan para karyawan:

1. Topi Penutup Kepala

Topi penutup kepala terbuat dari fiber standar yang ringan namun kuat, dilengkapi tali untuk dikaitkan dibagian bawah kepala. Berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan dan memberikan rasa aman selama bekerja

2. Sarung tangan

Diberikan kepada pekerja lapangan dan operator yang terbuat dari bahan kulit, karet maupun kain yang tebal tergantung kebutuhan dari masing- masing unit kerja berfungsi untuk melindungi tangan dari rasa panas, arus listrik, zat-zat kimia, benda tajam dan kotor. Dan menjamin kebersihan dan higienis hasil produk dari operator.

3. Kacamata Pelindung

Kacamata pelindung diberikan pada pekerja lapangan dan operator yang berhubungan dengan pengelasan, permesinan dan ketel. Berfungsi untuk melindungi mata dari rasa panas dan silau pada pekerja bagian ketel, perbengkelan atau pengelasan dan mata dari percikan ketel pada pekerja bagian perawatan dan mesin.

4. Penutup Telinga

Penutup telinga diberikan pada pekerja lapangan operator yang berhubungan dengan pabrikasi, stasiun tenaga listrik dan perawatan. Berfungsi untuk melindungi telinga dari kebisingan alat-alat proses maupun pembangkit tenaga listrik yang ada di perusahaan. Dan telinga dari kemungkinan penyebab ketulian akibat kebisingan.

5. Sepatu Kerja

Sepatu kerja diberikan pada pekerja lapangan dan operator yang terbuat dari karet tahan panas, tidak menghantarkan listrik, dan tidak licin. Berfungsi untuk melindungi kaki dari kemungkinan-kemungkinan terkena benda tajam, air, maupun bahan-bahan yang membahayakan dan menghindari dari terpeleset akibat lantai yang licin di pabrik saat operasi.

6. Pakaian Kerja dan Pelindung Dada

Pakaian kerja dan pelindung dada diberikan pada pekerja lapangan dan khususnya bagian perbengkelan. Berfungsi untuk melindungi tubuh dari percikan api pada pengelasan dan dari oli dan lainnya pada bagian bengkel.

7. Masker

Masker diberikan pada pekerja lapangan dan operator yang bagian unit kerjanya terdapat gas-gas yang keluar. Berfungsi untuk melindungi hidung dari kemungkinan menghirup udara atau gas yang dikeluarkan dari alat-alat di unit kerjanya. Melindungi diri dari debu-debu yang beterbangan dan kemungkinan terhirup oleh pekerja.

8. Kotak P3K

Di setiap unit kerja disediakan kotak-kotak P3K untuk memberikan pertolongan pertama pada kecelakaan ringan misalnya tergores dan luka ringan.

9. Poliklinik

Perusahaan menyediakan poliklinik yang dilengkapi satu unit mobil ambulans untuk pertolongan pertama pada kecelakaan karyawan yang sakit. Apabila sakitnya parah maka poliklinik ini merujuk ke rumah sakit yang menjadi mitra perusahaan. Poliklinik ini setiap harinya ditangani oleh seorang dokter dan perawat.

10. Alat Pemadam Kebakaran dan Alarm Bahaya

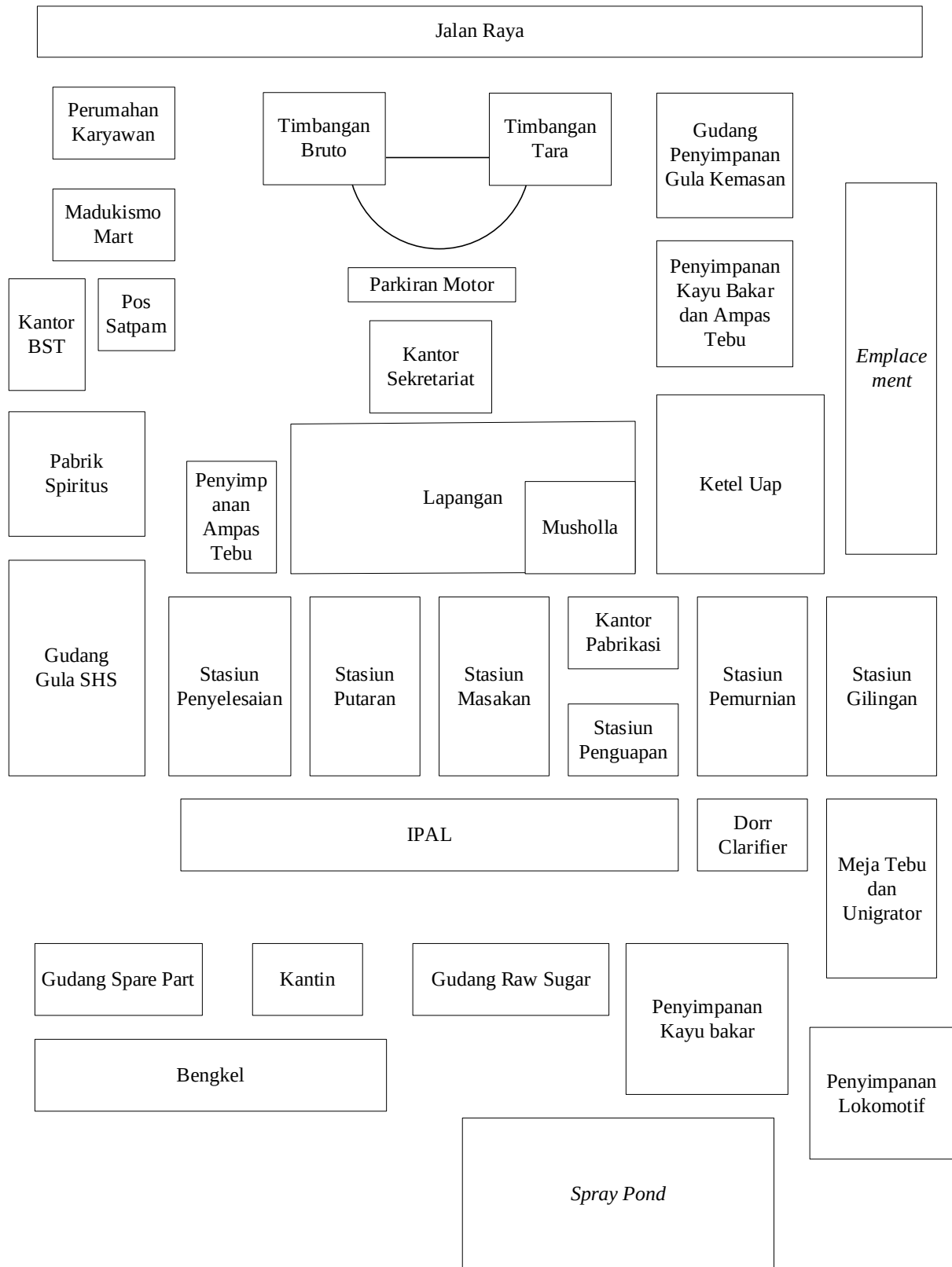
Perusahaan menyediakan satu unit mobil pemadam kebakaran dan alat-alat pemadam kebakaran yang ditempatkan di setiap unit kerja, untuk mencegah kemungkinan terjadinya kebakaran.

11 Fasilitas sanitasi

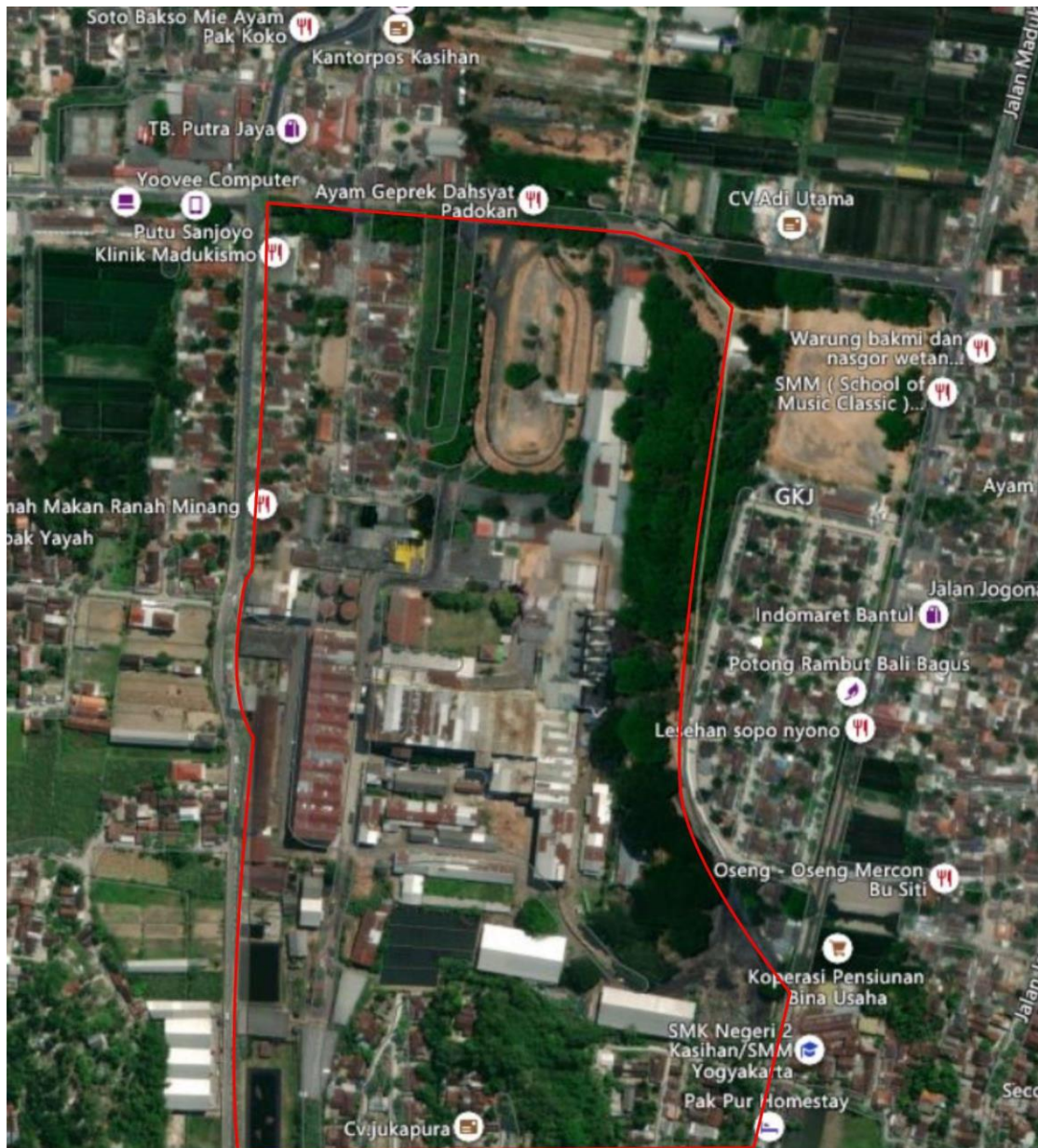
Fasilitas sanitasi yang disediakan PT. Madubaru diantaranya disediakan kamar mandi dan WC setiap unit kerja, kantin yang dikelola oleh Dharma Wanita dan warung-warung makan yang dikoordinasi oleh perusahaan, mushola yang didirikan didalam lingkungan perusahaan, sarana-sarana olahraga, taman kanak-kanak perusahaan, pakaian dinas dua setel per tahun. Keamanan dalam bekerja merupakan suatu hal yang penting, hal ini sebagai upaya untuk mengurangi kecelakaan kerja atau untuk mencapai keadaan *zero accident*. Untuk itu beberapa upaya yang telah dilakukan PT. Madubaru sebagai berikut:

- Menyelenggarakan penyuluhan tentang pentingnya K3.
- Menyelenggarakan pelatihan K3.
- Mengurangi resiko kecelakaan.
- Mematuhi peraturan yang telah dibuat oleh P2K3 (Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja).
- Memberikan susu setiap dua kali seminggu yang bertujuan untuk menetralkan racun apabila bekerja dengan bahan kimia berbahaya.
- Kecelakaan dilindungi oleh JAMSOSTEK.

1.4.5 Lokasi Pabrik Madukismo Yogyakarta



Gambar 1.2 Layout Pabrik Gula Madukismo



Gambar 1. 3 Denah Lokasi Pabrik

PG. Madukismo terletak di Desa Padokan, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Kode pos perusahaan adalah 55181 dengan nomor telepon atau fax (0274) 377 049 dan (0274) 377 916. Pabrik Gula Madukismo terletak di Dusun Padokan, Desa Tirtonimolo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pemilihan lokasi pabrik ini dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Letak pabrik yang dekat dengan pusat kota dan sebagai sarana transportasi, sehingga memudahkan dalam penyaluran hasil produksi dan pengadaan bahan baku serta bahan pembantu untuk pabrik gula maupun spiritus.
- Daerah sekitar pabrik merupakan kawasan persawahan, sehingga menguntungkan dan baik untuk tanaman tebu sebagai bahan produksi gula.
- Dekat dengan sumber bahan baku tebu seperti kabupaten Kulonprogo, Purworejo, Sleman, dan Magelang.

- Dekat dengan sumber air.
- Tenaga kerja mudah dicari dan didapat, karena sebagai perusahaan padat karya PT. Madubaru banyak menampung tenaga kerja dari daerah sekitar saja.

1.4.6 Penggolongan Karyawan PG Madukismo

Pada PT Madubaru PG Madukismo terdapat dua penggolongan karyawan. Penggolongan tersebut berdasarkan sifat dan jenis pekerjaan yakni karyawan tetap dan karyawan tidak tetap. Karyawan tetap yaitu karyawan yang bekerja pada jangka waktu yang tidak ditentukan oleh masa giling atau masa suling. Adanya masa percobaan selama tiga bulan diharuskan untuk menjadi karyawan tetap. Adapun karyawan tetap terbagi menjadi dua yaitu karyawan staff dan karyawan non staff. Jumlah karyawan tetap pada saat ini yaitu 682 orang. Rincian jumlah tenaga kerja PT Madubaru dapat dilihat pada table dibawah:

Table 1.1 Data Karyawan PT Madubaru

Uraian	Status Karyawan	Tingkat Pendidikan						Jenis Kelamin		Jumlah
		SD	SMP	SMA	D3	S1	S2	L	P	
Pimpinan	Tetap	-	-	16	4	26	11	52	5	57
Pelaksana	Tetap	6	29	250	14	26	-	307	18	325
Muskam	Tidak Tetap	-	-	-	-	-	-	-	-	0
PKWT Harian	Tidak Tetap	18	25	138	9	22	-	200	12	212
PKWT Borong	Tidak Tetap	14	25	49	-	-	-	88	-	88
Jumlah		38	79	453	27	74	11	647	35	682

Penggolongan karyawan PG Madukismo Yogyakarta dilakukan berdasarkan system pengupahan, dan terbagi menjadi dua golongan, yaitu:

1. Karyawan tetap

- Karyawan pimpinan

Merupakan tenaga kerja yang pengangkatanya melalui direksi di Yogyakarta, dimana tugas pokoknya sebagai pengantur yang bertanggung jawab atas kelangsungan hidup perusahaan. Sedangkan tugas dan pelaksanaanya dibantu oleh karyawan pelaksana.

- Karyawan pelaksana

Merupakan tenaga kerja yang melaksanakan kerja dan wewenang serta instruksi dari pemimpin. Sistem pengupahan diatur tersendiri dalam Perjanjian Kerja Bersama antara Serikat Pekerja PT. Madu Baru (SPPT Madu Baru) dengan Direksi.

2. Karyawan tidak tetap

- Karyawan kerja waktu tertentu

Karyawan yang hanya bekerja pada masa produksi.

- Karyawan borong

Karyawan yang hanya bekerja bila ada pekerjaan borong. Sistem pengupahan mengacu pada upah minimum Provinsi yang berlaku.

1.4.7 Kegiatan Produksi Pabrik

Kegiatan proses produksi yang dilaksanakan di PT. Madu Baru Yogyakarta terbagi atas dua tahap, yaitu:

- Kegiatan masa giling

Masa giling tebu berlangsung selama 4-5 bulan, yaitu antara Mei hingga Oktober. Pada musim giling, semua peralatan pabrik seperti ketel uap, turbin uap, generator, dan motor-motor bekerja selama 24 jam *non-stop* setiap harinya. Waktu kerja bagi karyawan yang terkait shift/ploeg adalah selama 8 (delapan) jam setiap hari. Jam kerja karyawan dibagi menjadi:

- Shift pagi, : pukul 06.00 – 14.00 WIB.
- Shift siang : pukul 14.00 – 22.00 WIB.
- Shift malam : pukul 22.00 – 06.00 WIB.

- Kegiatan pada masa tidak giling

Kegiatan ini dilaksanakan setelah musim giling selesai. Fungsi dan tugas karyawan, terutama bagian instalasi, adalah melakukan perawatan dan perbaikan (*maintenance*) pada peralatan proses produksi, yang dilakukan secara rutin untuk mencegah terjadinya kerusakan yang lebih berat pada peralatan-peralatan tersebut.

Pengaturan jam kerja bagi karyawan pada masa tidak giling:

- Hari Senin sampai Jumat
 - Pukul 06.30 – 11.30 WIB.
 - Pukul 11.30 – 12.30 WIB (istirahat)
 - Pukul 12.30 – 15.00 WIB.
- Hari Sabtu dan Minggu
 - Pukul 06.30 – 11.30 WIB.

Untuk kegiatan laboratorium analisa, bertugas untuk meningkatkan efisiensi produksi pabrik berdasarkan jenis air tebu/nira yang dihasilkan. Selain itu juga menganalisa adanya

kandungan gula dalam air kondensat, serta analisa air pengisi dan air ketel yang harus memenuhi syarat sebelum digunakan. Peningkatan efisiensi produksi pabrik yaitu dengan meminimalisir kadar gula yang terkandung dalam blotong dan tetes hingga sekecil mungkin. Kegiatan bagian administrasi selalu dilakukan dan tidak bergantung pada masa giling, yang meliputi kegiatan pembelajaran bahan baku atau komponen mesin pabrik, serta penjualan dan pemasaran gula dari pabrik ke konsumen.

1.4.8 Fasilitas

Demi menjamin hak karyawan perusahaan, PG Madukismo memberikan fasilitas-fasilitas berupa:

1. Program JAMSOSTEK (Jaminan Sosial Tenaga Kerja) untuk seluruh karyawan.
2. Hak Pensiun bagi karyawan tetap.
3. Program Taskat (Tabungan Asuransi Kesejahteraan Hari Tua) untuk karyawan kampanye.
4. Koperasi karyawan dan pensiunan PT Madu Baru (Kopkar Bina Usaha).
5. Perumahan dinas untuk karyawan tetap.
6. Poliklinik dan klinik KB perusahaan untuk seluruh karyawan dan keluarga.
7. Biaya pengobatan
8. Pakaian dinas bagi karyawan tetap, kampanye, dan musiman.
9. Rekreasi karyawan dan keluarga.
10. Gedung Serba Guna (Madu Chandya).
11. Sekolah Taman Kanak-Kanak untuk karyawan dan umum.
12. Sarana ibadah (berupa masjid) untuk karyawan dan umum.
13. Sarana olah raga dan kesenian untuk karyawan dan umum.

1.5 Produk

Produk utama PG. Madukismo adalah gula kristal. Selain itu dihasilkan produk samping berupa ampas, tetes, dan blotong. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat, cair dan gas.

1. Produk Utama

PG. Madukismo menghasilkan gula kristal putih jenis SHS I sebagai produk utama. Analisa kualitas gula dilakukan secara berkala dalam laboratorium pabrik, meliputi analisa polarisasi, kadar air, kadar abu kandungan SO_2 , berat jenis butir, dan sebagainya. Produk samping yang diperoleh berupa ampas tebu, blotong dan tetes. Ampas tebu yang dihasilkan digunakan sebagai bahan bakar stasiun ketel, sebanyak 30% dari tebu yang digiling per hari. Sedangkan blotong, dihasilkan sebanyak 40-45% dari tebu yang digiling setiap harinya, dimanfaatkan sebagai pupuk untuk lahan tebu yang dikelola oleh para petani PG. Madukismo. Tetes yang dihasilkan dari stasiun kristalisasi digunakan sebagai bahan baku dalam Pabrik Spiritus Madukismo.

2. Produk Limbah

Limbah yang dihasilkan PG. Madukismo dapat dibagi menjadi tiga golongan yaitu:

- 1) Limbah Padat
 - a) Blotong
 - b) Abu
- 2) Limbah Cair
 - a) Limbah cair nonpolutan (berasal dari kondensor, air pendingin tobong belerang, air pendingin pompa vakum, air pendingin sublimator, air injeksi).
 - b) Limbah polutan (berasal stasiun gilingan, stasiun pemurnian dan air semprotan dari *dust collector*).
- 3) Limbah Gas
 - a) Gas SO₂
 - b) Gas hasil pembakaran ketel

1.6 Pemasaran

Gula yang dihasilkan oleh PG. Madukismo dipasarkan secara bebas, dengan sistem yang diterapkan oleh perusahaan adalah DO (Delivery Order). Sistem ini diberlakukan dengan menyalurkan langsung ke retail atau distributor penampung yang telah memesan dengan kemasan yang dibedakan. Kemasan karung sebesar 50 kg (netto) untuk distributor curah dan kemasan 1 kg untuk retail.



Gambar 1. 4 Gula Produk

Pemasaran dilakukan oleh RNI melalui anak perusahaannya yang bergerak di bidang perdagangan, yaitu PT. Rajawali Nusindo. Gula milik petani diserahkan dan dijual kembali oleh petani, dengan sistem bagi hasil gula yaitu 65 % untuk petani dan 35% untuk pabrik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gula

Gula atau sukrosa adalah senyawa organik terutama golongan karbohidrat. Sukrosa juga termasuk disakarida yang didalamnya terdiri dari komponen komponen D-glukosa dan D-fruktosa. Rumus molekul sukrosa adalah $C_{22}H_{22}O_{11}$, Gula dengan berat molekul 342 g/mol dapat berupa kristal-kristal bebas air dengan berat jenis 1,6 g/ml dan titik leleh 160°C. Sukrosa ini kristalnya berbentuk prisma monoklin dan berwarna putih jemih. Warna tersebut sangat tergantung pada kemumiannya. Bentuk kristal murni dapat tahan lama bila disimpan dalam gudang yang baik. Gula dalam bentuk larutan yang baik ketika masih berada dalam batang tebu maupun ketika masih berada dalam larutan. Bentuk gula selama proses dalam pabrik tak tahan lama dan akan cepat rusak karena terjadi hidrolisis/inversi/penguraian. Inversi adalah peristiwa pecahnya sukrosa menjadi gula-gula reduksi (glukosa, fruktosa, dan sebagainya) (Hasna, 2020)

Gula sebagai sukrosa diperoleh dari nira tebu, bit gula, atau aren. Gula merupakan hal paling banyak digunakan dan memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Berbagai makanan dan minuman menggunakan bahan dari gula untuk pemanis misalnya untuk makanan hampir 95%, maka produksi gula semakin meningkat. Mengenai sejarah negara-negara maju gula sangat diperlukan selamanya sehingga kebutuhan akan gula semakin meningkat. Menurut Utami, (2013) secara umum gula dibedakan menjadi dua diantaranya:

2.1.1 Monosakarida

Monosakarida sering disebut gula sederhana (*Simple Sugars*) adalah karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis menjadi bentuk yang lebih sederhana lagi. Monosakarida tidak berwarna merupakan kristal padat, yang mudah larut dalam air, tetapi tidak larut dalam pelarut non polar. Kebanyakan monosakarida mempunyai rasa manis, dengan rumus empiris $(CH_2O)_n$, dimana $n = 3$, atau jumlah yang lebih besar lainnya. Berdasarkan banyaknya atom karbon (C) di dalam molekulnya, monosakarida dapat dibedakan menjadi triosa (3 atom C), tetrosa (4 atom C), pentosa (5 atom C), heksosa (6 atom C) dan heptosa (7 atom C).

2.1.2 Disakarida

Berbeda dengan monosakarida, disakarida berarti terbentuk dari dua molekul gula. Yang termasuk disakarida adalah sukrosa (gabungan glukosa dan fruktosa), laktosa (gabungan dari glukosa dan galaktosa) dan maltosa (gabungan dari dua glukosa) Disakarida adalah gabungan dari dua macam monosakarida. Dalam proses metabolisme, disakarida akan dipecah menjadi dua molekul monosakarida oleh enzim dalam tubuh. Disakarida dikelompokkan menjadi 3 golongan:

a) Sukrosa, terdapat dalam gula tebu, gula aren. Dalam proses pencernaan, sukrosa akan dipecah

menjadi glukosa dan fruktosa b) Maltosa, hasil pecahan zat tepung (pati), yang selanjutnya dipecah menjadi dua molekul glukosa. c) Laktosa (gula susu), banyak terdapat pada susu, dalam tubuh manusia laktosa agak sulit dicerna jika dibanding dengan sukrosa dan maltosa. Dalam proses pencernaan laktosa akan dipecah menjadi 1 molekul glukosa dan 1 molekul galaktosa (Utari & Putri, 2021)

2.2 Jenis Jenis Gula

2.2.1 Gula Pasir (Raw Sugar)

Gula pasir adalah jenis gula yang paling mudah dijumpai, digunakan sehari-hari untuk pemanis makanan dan minuman. Gula pasir juga merupakan jenis gula yang digunakan dalam penelitian ini. Gula pasir berasal dari cairan sari tebu. Setelah dikristalkan, sari tebu akan mengalami kristalisasi dan berubah menjadi butiran gula berwarna putih bersih atau putih agak kecoklatan (raw sugar). Raw sugar berasal dari bahan baku tebu dengan bentuk kristal berwarna kecoklatan. Gula ini di dapat dari pabrik-pabrik penggilingan tebu yang tidak memiliki unit bleaching dan disebut gula setengah jadi, gula inilah yang banyak diimpor yang nantinya akan dijadikan gula rafinasi maupun gula kristal putih.

2.2.2 Gula Pasir Kasar (Crystallized Sugar)

Gula jenis ini memiliki tekstur yang lebih besar dan kasar dari gula pasir pada umumnya. Biasanya gula jenis ini dijual dengan aneka warna di pasaran. Gula jenis ini sering digunakan sebagai bahan taburan karena tidak meleleh saat dioven. Gula Kristal Putih Gula kristal putih memiliki nilai ICUMSA antara 250-450 IU. Departemen Perindustrian mengelompokkan gula kristal putih ini menjadi tiga bagian yaitu Gula kristal putih 1 (GKP 1) dengan nilai ICUMSA 250, Gula kristal putih 2 (GKP 2) dengan nilai ICUMSA 250-350 dan Gula kristal putih 3 (GKP 3) dengan nilai ICUMSA 350-4507. Semakin tinggi nilai ICUMSA maka semakin coklat warna dari gula tersebut serta rasanya semakin manis. Gula tipe ini umumnya digunakan untuk rumah tangga dan diproduksi oleh pabrik-pabrik gula didekat perkebunan tebu dengan cara menggiling tebu dan melakukan proses pemutihan, yaitu dengan teknik sulfitasi.

2.2.3 Gula Balok (Gula Dadu)

Gula balok terbuat dari sari tebu. Bentuknya menyerupai balok dadu dengan warna putih bersih. Biasanya gula jenis ini digunakan sebagai campuran minuman kopi atau teh

2.2.4 Gula Batu

Gula batu diperoleh dari pengolahan gula pasir biasa agar mudah larut. Bentuknya merupakan bongkahan gula menyerupai batu berwarna putih, dimana tingkat kemanisan gula batu lebih rendah dibanding gula pasir, hampir 1/3 dari gula pasir. Bagi pankreas dan organ tubuh, gula batu lebih sehat dan bersahabat dibanding dengan gula pasir

2.2.5 Brown Sugar

Brown sugar terbuat dari tetes tebu, namun dalam proses pembuatannya dicampur dengan molase sehingga menghasilkan gula berwarna kecoklatan. Terbagi menjadi 2 jenis yaitu light atau dark brown sugar. Light brown sugar biasanya digunakan dalam pembuatan kue, seperti membuat butterscotch, kondimen 13 dan glazes. Dark brown sugar biasanya digunakan untuk membuat gingerbread dan bahan tambahan untuk makanan seperti mincemeat, baked bean, dan lain-lain.

2.2.6 Gula Merah

Gula merah terbuat dari air sadapan bunga pohon kelapa atau air nira kelapa, sering juga disebut dengan gula jawa. Teksturnya berupa bongkahan berbentuk silinder dan berwarna coklat. Biasanya digunakan dalam bahan pemanis makanan dan minuman dengan cara diiris tipis.

2.2.7 Gula Aren

Gula aren merupakan gula yang dimana bentuk, tekstur, warna dan rasanya mirip dengan gula merah, yang membedakan hanya bahan bakunya. Gula aren terbuat dari air nira yang disadap pohon aren, tanaman dari keluarga palem. Proses pembuatan gula aren umumnya lebih alami, sehingga zat-zat tertentu yang terkandung di dalamnya tidak mengalami kerusakan dan tetap utuh.

2.2.8 Gula Rafinasi (Refined Sugar)

Refined Sugar atau gula rafinasi merupakan hasil olahan lebih lanjut dari gula mentah atau raw sugar melalui proses defikasi yang tidak dapat langsung dikonsumsi oleh manusia sebelum diproses lebih lanjut. Yang membedakan dalam proses produksi gula rafinasi dan gula kristal putih yaitu gula rafinasi menggunakan proses karbonasi sedangkan gula kristal putih menggunakan proses sulfitasi. Gula rafinasi digunakan oleh industri makanan dan minuman sebagai bahan baku. Peredaran gula rafinasi ini dilakukan secara khusus dimana distributor gula rafinasi ini tidak bisa sembarangan beroperasi namun harus mendapat persetujuan serta penunjukkan dari pabrik gula rafinasi yang kemudian disahkan oleh Departemen Perindustrian. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi “rembesan” gula rafinasi ke rumah tangga (Utami, 2013).

2.3 Manfaat Gula

Menurut Shafira, (2019) manfaat gula adalah

- Sebagai sumber energi
- Sebagai bahan baku industri makanan dan minuman
- Bahan produk kecantikan
- Dapat digunakan sebagai pupuk dalam industri pertanian
- Dapat membunuh hama pada tanaman
- Anti penuaan
- Mengatasi tekanan darah rendah

2.4 Kandungan Gula

Tabel 2. 1 Kandungan Gula Pasir Putih

Zat Gizi	Gula Pasir
Energi (kkal)	364
Protein (g)	0
Lemak (g)	0
Karbohidrat (g)	94
Kalsium (mg)	5
Fosfor (mg)	1

Sumber : *SNI 3140.3:2010*

Pada umumnya gula dikonsumsi oleh masyarakat sebagai sumber energi, pemberi cita rasa dan sebagai bahan industri makanan dan minuman. Dalam pedoman Pola Pangan Harapan (PPH) tercantum energi yang dianjurkan yang berasal dari gula sebesar 6% dari total kecukupan energi atau 110 kalori per kapita/ hari yang dimana setara dengan 30gram gula pasir

2.5 Syarat Mutu Gula

Standar kualitas gula pasir antara lain ditentukan oleh nilai polarisasi, kadar abu, kadar air dan kadar gula reduksi. Semakin tinggi polarisasinya, semakin tinggi kadar sukrosanya dan semakin baik kualitas gula, sebab akan tahan dalam penyimpanan yang juga ditentukan oleh kadar airnya. Makin tinggi kadar abu, maka makin rendah kualitas gulanya, sebab kadar abu menunjukkan adanya bahan anorganik yang akan berpengaruh pada warna dan sifat higroskopis gula. Kadar gula reduksi akan mempengaruhi nilai polarisasi. Apabila kadar gula reduksi tinggi maka nilai polarisasi tidak akan menunjukkan jumlah sakarosa yang terdapat dalam gula dan menunjukkan kualitas gula rendah sehingga lebih mudah rusak (Moerdokusumo, 1993).

Tabel 2. 2 Syarat Mutu Gula

No	Parameter	Satuan	Persyaratan	
			GKP 1	GKP 2
1	Warna Kristal	CT	4-7	7,6 - 10
2	Warna Larutan	IU	81-200	201 - 300
3	Berat jenis butir	mm	0,8 – 1,2	0,8 – 1,2
4	Susut pengeringan	%	Maks 0,1	Maks 0,1
5	Polarisasi	“Z”	Min 99,6	Min 99,5
6	Abu konduktifiti	%	Maks 0,1	Maks 0,15
7	Belerang dioksida	Mg/kg	Maks 30	Maks 30
8	Cemaran logam	Mg/kg		
9	Timbal (Pb)	Mg/kg	Maks 2	Maks 2
10	Tembaga (cu)	Mg/kg	Maks 2	Maks 2
11	Arsen (As)	Mg/kg	Maks 1	Maks 1

Sumber : SNI 3140.3:2010

Gula adalah nama umum untuk sukrosa atau sakarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) sukrosa dapat mengkristal, jika sukrosa dipanaskan maka akan terurai dan mengalami karamelisasi dan akhirnya terurai menjadi CO_2 dan H_2O . Selain karena panas, sukrosa juga dapat terurai karena air (hidrolisis) menjadi glukosa dan fruktosa

Sifat sifat sukrosa:

- Rumus molekul : $C_{12}H_{22}O$
- Titik Lebur ($^{\circ}C$) : 185
- Berat jenis, g/ml : 1,6
- Struktur : molekul
- Bentuk : Kristal
- Kelarutan : mudah larut dalam air dan tidak larut dalam eter.

Sukrosa adalah senyawa disakarida dan secara komersial diperoleh dari batang tebu dan bibit gula. Standar gula pasir antara lain ditentukan oleh nilai polarisasi, kadar abu, dan kadar gula reduksi. Semakin tinggi polarisasinya, semakin tinggi kadar glukosanya dan sukrosanya dan kualitas gula semakin baik pula. Makin tinggi kadar abu maka makin rendah kualitas gulanya, sebab kadar abu menunjukkan adanya bahan anorganik yang akan berpengaruh pada warna dan sifat higroskopis gula. Kadar gula reduksi akan mempengaruhi nilai polarisasinya. Apabila kadar gula reduksi tinggi maka nilai polarisasi tidak akan menunjukkan jumlah sakarosa yang terdapat

dalam gula dan menunjukkan kualitas gula rendah sehingga lebih mudah rusak (Moerdokusumo,1993).

2.6 Bahan Baku

2.6.1 Tebu

Tebu merupakan komoditas perkebunan yang penting di Indonesia dan erat kaitannya dengan industri gula. Sebagai tanaman tropika, tebu membutuhkan iklim yang sesuai untuk mencapai pertumbuhan yang optimum yaitu berkisar 24-34°C. Curah hujan, cahaya dan suhu merupakan faktor iklim yang utama dalam mengendalikan pertumbuhan tanaman tebu. Di samping itu, tanah juga merupakan faktor penting sebagai media tempat tumbuh yang dapat menyediakan hara tanaman, air, dan oksigen bagi tanaman. Tebu dapat tumbuh pada bermacam-macam jenis tanah dengan pH tanah 4-9 namun dapat tumbuh dengan sangat baik pada pH 5,8-7,2.

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) tergolong dalam famili *Graminae* yaitu rumput-rumputan. *Saccharum officinarum* merupakan spesies paling penting dalam genus *Saccharum* sebab kandungan sukrosanya paling tinggi dan kandungan seratnya paling rendah. Secara morfologi, tanaman tebu dapat dibagi menjadi beberapa bagian yaitu; batang, daun, akar, dan bunga. Tanaman tebu mempunyai sosok yang tinggi kurus tidak bercabang, dan tumbuh tegak. Tinggi batangnya dapat mencapai 3-5 m atau lebih. Kulit batang keras berwarna hijau, kuning, ungu, merah tua atau kombinasinya. Pada batang terdapat lapisan lilin yang berwarna putih keabu-abuan dan umumnya terdapat pada tanaman tebu yang masih muda.

Daun tebu merupakan daun tidak lengkap, karena hanya terdiri dari pelepah dan helaian daun, tanpa tangkai daun. Daun berpangkal pada buku batang dengan kedudukan yang berseling. Pelepah memeluk batang, makin ke atas makin sempit dan terdapat bulu-bulu dan telinga daun. Pertulangan daun sejajar. Tebu mempunyai akar serabut yang panjangnya dapat mencapai satu meter. Sewaktu tanaman masih muda atau berupa bibit ada 2 macam akar, yaitu akar setek/bibit yang berasal dari setek batangnya, tidak berumur panjang, dan hanya berfungsi sewaktu tanaman masih muda dan akar dan akar tunas yang berasal dari tunas, berumur panjang, dan tetap ada selama tanaman masih tumbuh. Bunga tebu merupakan bunga majemuk yang tersusun atas malai dengan pertumbuhan terbatas. Panjang bunga majemuk 70-90 cm. Setiap bunga mempunyai tiga daun kelopak, satu daun mahkota, tiga benang sari, dan dua kepala putik (Sinaga, 2011).

Fase pertumbuhan tanaman tebu meliputi fase perkecambahan, pertunasan (vegetatif), dan fase pemasakan (generatif).

- Fase perkecambahan tanaman tebu ditandai dengan tumbuhnya akar, batang, dan primordia daun pada mata ruas dengan periode umur 0-1 bulan.

- Fase pertunasan atau percabangan pada tanaman tebu merupakan langkah awal dalam memperoleh jumlah batang banyak sehingga dapat mencapai produktivitas tinggi. Fase pertunasan terjadi pada umur tanaman sekitar 1-3 bulan.
- Fase pertumbuhan tanaman adalah fase peningkatan volume tanaman baik mengenai ukuran maupun bobot dengan periode umur 3-9 bulan.
- Fase pemasakan merupakan fase paling penting dalam tanaman tebu karena mulai berhentinya fase vegetatif dan terjadi peningkatan jumlah sukrosa batang tebu sehingga tebu dapat segera ditebang dan diolah menjadi gula.

Tebu yang digunakan berasal dari petani-petani berbagai daerah di pulau Jawa, contohnya yaitu dari daerah Sragen, Purbalingga, dan Kidul Tanjung. Kadar gula dalam tebu sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor intern dan faktor ekstern. Faktor *intern* yaitu varietas tebu itu sendiri, dan Faktor *ekstern* yaitu iklim, tanah, serta perawatan atau pemeliharaan yang dilakukan. Faktor paling nyata adalah faktor iklim

Komponen yang ada dalam tebu terdiri dari:

a) Air

Air merupakan komponen terbesar dalam tebu. Untuk mendapatkan gula, jumlah air harus dihilangkan sebanyak mungkin dalam proses penguapan dan kristalisasi.

b) Senyawa Anorganik

Senyawa anorganik yang ditemukan dalam tebu biasanya berbentuk oksida, antara lain: Fe_2O_3 , CaO , Al_2O_3 , MgO , H_3PO_4 , K_2O , SO_2 , dan H_2SO_4 .

c) Senyawa Organik

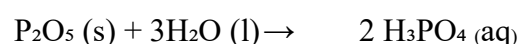
Senyawa organik ditemukan dalam tebu berupa asam oksalat, asam suksinat, asam laktat, dan asam glukonat. Sebagian dari senyawa tersebut terikat sebagai garam dalam keadaan basa. Karena sebagian besar kandungan senyawa organik dalam nira berupa asam, maka pH nira tebu berkisar antara 5,5-5,6.

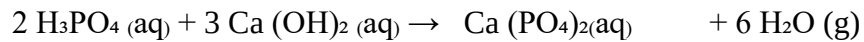
d) Gula reduksi

Gula reduksi, glukosa dan fruktosa memiliki komposisi perbandingan yang berlebihan antara satu sama lain. Semakin masak tebu, maka kandungan gula reduksinya semakin kecil. Proses pemecahan dalam gula reduksi akan menimbulkan kerugian pada industri gula. Temperatur dan nilai pH yang tinggi akan mempercepat pemecahan gula reduksi, sehingga harus dihindari.

e) Senyawa fosfat

Senyawa ini merupakan senyawa yang penting dalam proses pemurnian karena pada proses pengendapan dapat menarik kotoran, Menurut reaksi sebagai berikut:





Berdasarkan reaksi diatas, maka kebutuhan kapur dan senyawa fosfat harus mencukupi, sehingga dalam proses pemurnian, nira harus ditambahkan susu kapur dan asam fosfat.

f) Zat warna

Zat warna banyak ditemukan pada kulit, daun dan zat warna ini sulit larut dalam air (air suhu kamar). Komponen ini dihilangkan pada proses pemurnian.

g) Zat bergetah

Zat bergetah banyak ditemukan pada sabut atau serat tebu. Pada proses penggilingan, kemungkinan komponen ini bisa terikut dalam nira dan hanya sebagian saja yang dihilangkan.

h) Sabut

Sabut merupakan kumpulan zat-zat padat pada tebu yang tidak terdapat dalam air tebu dan nira, zat ini dapat berupa selulosa, lignin dan sebagian abu. Ampas terdiri dari sebagian besar sabut. Umur panen tebu tergantung dari jenis tebu:

- Varietas awal adalah tebu yang dipanen pada umur ≤ 12 bulan seperti BZ 132, PS 85-21050, dan triton.
- Varietas masak tengah, adalah tebu yang dipanen pada umur 12-14 bulan seperti BZ 148 dan PS 863 (Cheesman,2004)

2.6.2 Bahan Pembantu

a) Air Imbibisi

Air imbibisi adalah penyerapan air oleh permukaan atau masuknya air ke pori pori suatu permukaan benda. Dan pada industri gula air imbibisi ini untuk mengurangi kehilangan gula. Pertimbangan yang paling penting dalam pemberian air imbibisi adalah pemberian air imbibisi dapat menembus cacahan tebu sehingga air dapat menarik gula yang masih tersisa dalam ampas tebu. Pemberian air imbibisi juga harus dalam jumlah yang optimal agar ampas yang dihasilkan memiliki kadar air sekering mungkin. Selain itu, tekanan dalam gilingan juga harus cukup sehingga ampas yang keluar dari gilingan lebih kering tanpa meninggalkan banyak gula di dalamnya.

Tujuan penambahan imbibisi adalah agar proses ekstraksi nira dari tebu berlangsung secara optimal, sehingga dapat mengekstrak gula dari tebu sebanyak-banyaknya. Penggunaan air imbibisi yang dilakukan rata-rata sebesar 30 %. Perubahan jumlah penambahan air imbibisi akan berpengaruh pada parameter nilai brix, kadar sukrosa, kadar air, dan berat nira mentah dan ampas.

b) Voltabio

Voltabio adalah salah satu desinfektan yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan dari bakteri pemakan sukrosa, contohnya bakteri *leuconostoc mesenteroides* dan *Bacillus stearothermophilus*. Bahan ini ditambahkan dalam proses penggilingan, selain itu juga dilakukan penyemprotan uap panas ke gilingan.

c) Susu Kapur

Susu kapur atau milk of lime adalah suspensi kalsium hidroksida atau $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Susu kapur mengandung 40% berat padatan dan dengan kandungan padatan tinggi sering disebut “lime slurry”. Rumus kimia susu kapur adalah $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Susu kapur pada pabrik gula sudah lama digunakan untuk pemurnian nira, baik secara langsung maupun dalam bentuk kalsium-sakarar. Sakarar dibuat dari pencampuran susu kapur dan nira untuk mencapai pH 11. Adapun perbandingan penggunaan susu kapur dengan nira umumnya 1:7.

Dalam menggiling tebu yang kotor dan layu serta banyak tercampur daun kering, maka pemakaian susu kapur di stasiun gilingan untuk mengendapkan yang tidak mudah terhidrolisis. Fungsi pemberian susu kapur:

- 1) Menghambat pertumbuhan bakteri.
- 2) Mengurangi derajat keasaman pada nira tebu
- 3) Membantu proses pengendapan dengan membentuk gumpalan

Susu kapur pada nira akan membentuk gumpalan garam kalsium, gumpalan tersebut akan bertindak sebagai inti dari pembesaran kotoran yang mengendap, sehingga memudahkan proses filtrasi.

d) Belerang

Belerang merupakan bahan pembantu yang digunakan dalam tangki sulfitasi atau pada stasiun pemurnian. Penggunaan belerang bertujuan untuk mengurangi kelebihan susu kapur serta membantu menyerap atau menghilangkan zat warna pada nira (pemucatan) sehingga dapat dihasilkan kristal gula yang putih. Belerang yang digunakan pada proses pembuatan gula ini berbentuk gas SO_2 dengan perbandingan 10-12 % dari jumlah nira yang masuk.

e) Flokulan

Flokulan merupakan bahan pembantu dimana penambahan flokulan ini terdapat pada stasiun pemurnian, tepatnya sebelum masuk pada alat door clarifier. Flokulan berfungsi sebagai katalisator yang akan mempercepat proses koagulasi kotoran sehingga proses pengendapan dapat berlangsung lebih sempurna. Jenis flokulan yang biasa digunakan yaitu Super Flocc A-100 dengan konsentrasi sebesar 3 ppm.

f) Asam Fosfat

Penambahan asam fosfat dimaksudkan untuk membentuk endapan kalsium fosfat yang bersifat untuk mengumpulkan kotoran, sehingga nira dan kotoran mudah dipisahkan. Nira yang sudah dipisahkan dari kotoran akan menjadi lebih jernih. Penambahan asam fosfat dalam nira sampai kadar nira mencapai 300 ppm

g) Tripos (Tri Sodium Phospat)

Bahan tambahan Tripos digunakan untuk membersihkan kerak pada evaporator. Sebagai bahan pembuatan detergen, sebagai pencegah pembentukan kerak pada industri kimia bagian pengolahan air dalam boiler water treatment Triphos (Tri Sodium Phosphat) biasa juga digunakan untuk dikombinasikan dengan NaOH

h) NaOH

Digunakan untuk melunakkan kerak pada dinding boiler dan juga pada pipa pemanas evaporator. Kerak terbentuk karena proses pemanasan nira yang dilakukan secara terus menerus.

i) Alkon 20

Alkon merupakan cairan bahan kimia. Penambahan dari bahan tambahan ini dimaksudkan untuk menjaga alkalinitas dari boiler sehingga boiler tidak mengalami korosi. Selain itu juga dimaksudkan untuk menjaga agar endapan tetap dalam fase suspensi.

j) Hydrazin

Hydrazine merupakan cairan bahan kimia. Hydrazine merupakan suatu senyawa hydro nitrogen yang memiliki rumus molekul N_2H_4 dan dapat ditemui dalam bentuk larutan. Hydrazine adalah reduktor kuat dan banyak digunakan dalam bidang pengolahan air, khususnya dalam sistem air umpan boiler (Boiler Feed Water) sebagai pengikat oksigen. Penambahan dari bahan tambahan ini dimaksudkan untuk menjaga oksigen scavenger dari boiler sehingga boiler tidak mengalami korosi.

k) Bestchem 606

Bestchem 606 merupakan cairan bahan kimia, penambahan dari bahan ini dimaksudkan untuk kondensat treatment dari boiler sehingga boiler tidak mengalami korosi (Cheesman,2004)

2.7 Proses Produksi Gula

2.7.1 Penimbangan

Bahan baku yang diangkut dari kebun dengan truk, sesampai di pabrik akan ditimbang dan dipindahkan ke lori (kereta pengangkut Tebu) menuju meja tebu sebagai tempat dimulainya perlakuan pendahuluan pengolahan gula Kristal.

2.7.2 Stasiun Penggilingan

Penggilingan merupakan stasiun pengolahan pertama terhadap bahan baku tebu dimana stasiun ini bertujuan untuk mengekstrak atau memeras nira yang terkandung didalam tebu semaksimal mungkin. Dimana pada stasiun ini akan menghasilkan dua output yaitu nira mentah

dan ampas tebu. Nira mentah akan diproses hingga menjadi produk gula siap jual (SHS) dan ampas tebu kasar akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk pembangkit tenaga pada stasiun ketel dan boiler sedangkan ampas tebu halus akan dicampurkan pada dengan nira kotor hasil pengendapan yang akan dimasukan kedalam rotary vacuum hingga terpisah antara nira tipis dan blotong yang berguna sebagai pupuk tanaman pada kebun tebu.

Proses pada stasiun ini diawali dengan penimbangan tebu yang kemudian dilanjutkan dengan pengangkutan tebu menggunakan cane crane menuju meja tebu yang berfungsi mengatur jumlah tebu yang akan diolah. Selanjutnya tebu akan melewati leveler yang berguna membuat tebu menjadi rata saat melewati cane carrier I menuju unigrator. Pada unigrator terdapat dua alat pengolahan, yang pertama yaitu cane cutter yang berfungsi mencacah atau memotong tebu, yang kedua yaitu cane hammer yang berfungsi memukul-mukul potongan bambu hingga menjadi serpihan lembut dengan tujuan memudahkan kinerja gilingan.

Tebu yang sudah dalam bentuk serpihan atau pecahan akan dibawa menggunakan cane carrie II menuju mesin gilingan. Mesin gilingan pada pabrik gula pada umumnya terdiri atas 5 unit gilingan yang dipasang secara seri. Pada gilingan I menghasilkan nira murni atau Nira Perahan Pertama (NPP), pada gilingan II sampai IV proses penggilingan dicampur dengan hasil nira pada mesin selanjutnya, dan pada gilingan II sampai V ditambahkan air imbibisi bersuhu 80°C yang berfungsi mengurangi tingkat kehilangan gula dan memperlancar proses penggilingan. Pada penggilingan II juga ditambahkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang berguna mengatur pH menjadi sekitar 6,2 guna mencegah mikroorganisme masuk kedalam gula. Setiap nira yang dihasilkan setiap unit gilingan kemudian akan dikumpulkan dalam bak penampungan guna dilanjutkan pada proses selanjutnya. Sehingga inti utama proses ini adalah pemotongan, penumbukan, dan penggilingan tebu guna mendapatkan nira mentah (Cheesman, 2004).

2.7.3 Stasiun Pemurnian

Stasiun ini bertujuan memisahkan komponen gula dan bukan gula yang terkandung didalam nira mentah hasil penggilingan guna menekan kerusakan sukrosa dan monosakarida. Dalam nira mentah terdapat berbagai komponen seperti air, sukrosa, monosakarida, asam organik, protein, bahan lilin, bahan anorganik, dan kotoran (pasir, tanah, dan lain-lain). Dalam proses ini mampu menghilangkan 10-25% kotoran yang ada. Proses pemurnian ini dilakukan menggunakan sistem sulfikasi alkalis kontinyu. Proses pada stasiun ini diawali dengan penyaringan nira mentah guna memisahkan kotoran berat (pasir dan tanah) dengan cara memompa nira ke door clone yang kemudian nira mentah bersih akan ditampung dalam bak nira mentah yang kemudian akan dipompa menuju timbangan nira mentah (RWS I). Timbangan bolougne bekerja secara otomatis pada ukuran 5 ton dimana setiap sudah mencapai 5 ton klep tempat nira masuk akan menutup secara otomatis, selain untuk mengetahui jumlah nira yang

masuk juga berguna untuk memudahkan dalam penyesuaian nira mentah yang masuk dengan bahan tambahan lainnya pada penambungan selanjutnya (RWS II) diaman pada RWS II nira mentah akan ditambahkan dengan larutan asam phospat (H_3PO_4) yang dialirkan secara kontinyu guna mempercepat proses pengendapan pada nira kotor. Selanutnya akan dilakukan pemanasan (voorwarmer) I hingga nira mencapai suhu $65-75^{\circ}C$ dengan tujuan menghilangkan sifat koloid, membunuh mikroorganisme, dan menghambat terjadinya inversi sukrosa.

Setelah pemanasan I akan dilanjutkan dengan proses defekasi yaitu reaksi pencampuran (diaduk) antara zat kapur yang diberikan dengan komponen nira yang terjadi di defekator, hal ini dilakukan guna menetralkan nira agar tidak asam. Setelah tercampur secara homogen dilanjutkan dengan proses sulfikasi yang dilakukan dengan benjana sulfitir nira mentah dengan penambahan gas belerang yang bertujuan menetralsir kelebihan zat kapur hingga pH menjadi netral serta membentuk endapan garam untuk menyelubungi endapan yang sudah terbentuk dalam proses defekasi sebelumnya. Setelah tercampur maka akan dilakukan pemanasan II dengan panas sekitar $95-100^{\circ}C$ guna menyempurnakan reaksi sulfikasi sebelumnya. Setelah pemanasan akan dilakukan proses pengendapan nira hasil sulfitasi alkalis yang berguna untuk mengendapkan kotorankotoran yang menggumpal selama proses sebelumnya, dilakukan pada door clarifier. Nira jernih yang berada dibagian atas akan dipompa masuk kedalam bak nira jernih, sedangkan nira kotornya juga dipompa keluar agar menjadi blotong dan digunakan sebagai pupuk pada tanaman tebu. Nira jernih yang telah ditampung kemudian akan melalui proses pemanasan III pada suhu sekitar $100-150^{\circ}C$ berguna agar nira mendekati titik temperatur steam sehingga mempercepat proses penguapan (evaporator) (Cheesman,2004).

Menurut Soejardi (1983), ada tiga macam proses pembuatan gula yang ditinjau dari proses pemurniannya, ketiga proses tersebut adalah:

a. Proses defekasi

Proses defekasi adalah proses pengolahan gula yang didalam proses pemurniannya hanya menggunakan kapur sebagai bahan pemurni. Proses defekasi merupakan cara pengolahan gula yang banyak disukai karena caranya yang sederhana.

Prinsip kerja:

- Pengapuran, yaitu proses penambahan susu kapur pada nira mentah tertimbang dengan kekentalan $15^{\circ}Be$ (148gram CaO/L nira). Proses pengapuran dilakukan di Defekator.
- Pengendapan, yaitu proses pemisahan antara nira bersih dan nira kotor yang dilakukan ditangki pengendap.
- Penyaringan yaitu proses pemisahan nira dengan blotong yang dilakukan dengan kain filter press.

Berdasarkan cara pembersihan kapur, dibedakan menjadi lima macam, antara lain:

1. Defekasi Dingin

Pada defekasi dingin, susu kapur ditambahkan pada nira yang masih dingin artinya tanpa pemanasan terlebih dahulu.

2. Defekasi panas

Pada defekasi panas ini, penambahan susu kapur dilakukan setelah nira mentah dipanaskan. Keuntungan defekasi panas adalah:

- Susu kapur yang ditambahkan lebih sedikit dibandingkan dengan cara defekasi dingin, proses pengolahan gula yang di dalam proses pemurniannya menggunakan kapur dan SO_2
- Jumlah endapan lebih banyak sehingga kecepatan endapan lebih besar
- Dapat digunakan dengan baik untuk nira yang mengandung fosfat lebih besar dari 150 ppm.

b. Proses sulfitasi

Proses sulfitasi adalah Proses pengolahan gula yang di dalam proses pemurniannya menggunakan kapur dan SO_2 sebagai zat pemurni. Hal ini dimaksudkan agar reaksi penggaraman berjalan sempurna. Gula yang didapat dari proses ini berwarna putih.

Sulfitasi dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu:

1. Sulfitasi batch

Dengan metode ini, nira diberi susu kapur pada suatu bejana, setelah itu nira diproses pada proses selanjutnya.

2. Sulfitasi continue

Dengan metode ini, pengeluaran dan pemasukan nira dalam bejana reaksi berjalan terus-menerus. Proses sulfitasi merupakan perbaikan dari proses defekasi dalam memperoleh kristal gula yang lebih baik. Pada prinsipnya, proses sulfitasi yaitu penambahan susu kapur yang berlebihan dan kelebihannya dinetralkan dengan gas SO_2 kotoran yang dapat dihilangkan pada proses sulfitasi sebanyak 12-15%.

Prinsip kerja sulfitasi terdiri atas 5 proses sebagai berikut:

1. Pemanasan

Proses ini memberikan panas kepada nira mentah yang dilakukan dengan juice heater. Pada sulfitasi ini dilakukan proses pemanasan sebanyak dua kali, yaitu pada saat nira belum ditambahkan susu kapur yang dinamakan pemanasan pendahuluan I. kemudian pada saat setelah nira ditambahkan susu kapur dan gas SO_2 itu dinamakan pemanasan pendahuluan II.

2. Pengendapan

Proses ini merupakan pemberian susu kapur pada nira mentah tertimbang dengan derajat kekentalan 8°Be, pemberian susu kapur dilakukan dengan defecator.

3. Sulfitasi

Proses ini memberikan gas SO₂ pada nira mentah, yang terjadi di tangki sulfitasi.

4. Pengendapan

Proses ini memisahkan antara nira bersih dengan nira kotor. Pemisahan dilakukan dengan clarifier.

5. Penyaringan nira kotor.

Proses ini memisahkan antara nira bersih dan nira kotor yang dilakukan dengan filter press.

c. Proses karbonatasi

Proses karbonatasi adalah proses pengolahan gula yang proses pemurniannya menggunakan kapur dan CO₂ sebagai bahan pemurni. Pada dasarnya gas CO₂ berguna bagi bahan yang digunakan untuk mengendapkan kelebihan kapur menjadi CaCO₃. Jumlah kapur yang digunakan pada proses ini hampir sepuluh kali banyaknya dibandingkan untuk proses sulfitasi, tetapi proses karbonatasi mempunyai beberapa keuntungan:

- Lebih banyak bahan bukan gula yang tersaring
- Mutu gula putih yang dihasilkan relative lebih baik dibandingkan proses sulfitasi
- Kemurnian gulanya tinggi sehingga baik digunakan sebagai bahan industry minuman, susu kental dan coklat.

Proses karbonatasi terdiri dari empat macam proses, antara lain:

1. Pemanasan, yaitu proses pemberian panas dengan juice heater, dengan jumlah pemanas tergantung jenis karbonatasi
2. Pengapuran, yaitu proses pemberian susu kapur dengan derajat kekentalan tertentu, tergantung jenis karbonatasi. Proses pengapuran dilakukan ditangki karbonatasi bersama-sama dengan penambahan CO₂.

Menurut soejardi (1985), perbedaan proses sulfitasi dengan karbonatasi adalah:

- Penghilangan zat-zat bukan gula pada proses karbonatasi lebih besar bila dibandingkan proses sulfitasi, sehingga dapat menghasilkan gula yang lebih putih.
- Kualitas gula yang dihasilkan oleh pabrik cara karbonatasi lebih bagus bila dibandingkan dengan pabrik cara sulfitasi.
- Gula karbonatasi lebih sedikit kotorannya dan lebih disukai untuk gula dalam industry, misalnya pabrik minuman, pabrik susu, pabrik cokelat, dan lain-lain.
- Biaya untuk proses karbonatasi lebih mahal dari pada sulfitasi.

2.7.4 Stasiun Penguapan

Stasiun ini bertujuan menghilangkan kandungan air yang terdapat dalam nira jernih dengan cara menguapkan kandungan air yang ada didalam nira menjadi uap guna menekan peluangnya kehilangan gula sekecil mungkin. Hal ini biasanya dicapai dengan menggunakan evaporator multiple effect. Dimana nira jernih yang telah melalui pemanasan II masih memiliki banyak kandungan air didalamnya. Proses penguapan ini berjalan secara kontinyu dengan kecepatan tinggi dan waktu yang singkat guna mencegah karamelisasi. Pada proses ini akan merubah kepekatan nira yang awalnya $\pm 15,0$ brix menjadi minimal 60,0 brix. Pada proses ini menggunakan 5 evaporator yang disusun secara seri (4 digunakan 1 stand by). Dimana suhu pada evaporator I sekitar 120°C , evaporator II sekitar 110°C , evaporator III sekitar 100°C , dan evaporator IV sekitar 90°C , dimana perbedaan suhu inilah yang membuat nira dapat mengalir dari evaporator I hingga evaporator IV. Dengan efisien penggunaan evaporator I dan II adalah 11 hari, evaporator III adalah 6 hari, dan evaporator IV adalah 2 hari. Dikarenakan sistem yang kontinyu uap hasil pemanasan dalam evaporator sebelumnya akan digunakan pada evaporator selanjutnya. Nira kental yang keluar dari evaporator IV kemudian akan disaring dan ditampung dalam diskap tersulfitasi guna menuju proses selanjutnya (Cheesman,2004).

2.7.5 Stasiun Masakan

Stasiun ini bertujuan untuk mengkristalkan sukrosa yang ada pada nira kental dengan cara menguapkan air yang terkandung dalam nira sehingga dihasilkan kristal gula dengan sendirinya. Pada tahap awal ini nira kental akan direaksikan dengan gas SO_2 pada peti sulfikasi guna mengatur pH nira kental agar bekisar antara 5,5 sampai dengan 5,6 guna menaikkan kualitas produk, mengurangi viskositas nira, dan melancarkan proses kristalisasi. Setelah proses sulfikasi nira kental akan dimasukan kedalam tangki (pan) yang bertekanan tinggi. Setelah kristal gula jadi akan diturunkan ke palung pendingin, dan kemudian siap untuk dilanjutkan ke proses putaran. Hasil pada proses adalah kristal gula dan larutan caramel (stroop) (Cheesman,2004).

2.7.6 Stasiun Putaran

Pemutaran difungsikan untuk memisahkan kristal gula yang terbentuk dengan larutannya (stroop). Menggunakan proses sentrifugasi (memanfaatkan gaya sentrifugal) dalam saringan sehingga massa akan terlempar. Kristal akan tertahan didinding saringan dan cairan menembus lubang saringan. Saat pemutaran, kristal gula diberi tambahan air dimana hal ini bertujuan untuk mencuci kotoran dan melarutkan sirup yang masih menempel.

Untuk memisahkan kristal gula dari stroop yang masih tertinggal maka dilakukan:

- Penyiraman air
Lapisan gula yang sudah diputar akan mengering bila disiram dengan air, dengan jumlah dan suhu tertentu sehingga stroop yang masih tertinggal dapat terpisah.
- Pemberian steam

Pemberian steam mempunyai dua tujuan, yaitu memisahkan stroop yang masih tertinggal dan untuk pengeringan. Hasil pemutaran sangat tergantung pada kekuatan sentrifugal pemutaran, keseragaman dan ukuran kristal, viskositas, dan tebal tipisnya lapisan gula (Lutony, 1993).

2.7.7 Pengeringan, Pendinginan, dan Penyaringan

Pengeringan dilakukan dalam talang getar, dimana gula akan melompat – lompat dan dikontakkan dengan udara sekitar sehingga mempercepat pengeringan. Pendinginan gula dengan menghembuskan udara dingin sampai suhu gula sama dengan suhu udara. Setelah dingin dan kering, gula disaring untuk memisahkan antara gula halus, gula kasar, dan gula produk. Gula halus dan gula kasar akan dilebur kembali, sedangkan gula produk akan ditimbang kemudian dikemas.

2.8 Pengendalian Mutu

Pengendalian kualitas (kendali mutu) merupakan usaha melakukan pengawasan dan tindakan langsung pada suatu pekerjaan dengan tujuan hasil pekerjaan sesuai ketentuan yang telah ditetapkan dan atau disepakati dengan menghasilkan produk semurah mungkin dan memenuhi kebutuhan pengguna. Sedangkan sistem pengendalian kualitas (*Quality Management System*) merupakan pengendalian terhadap keseluruhan kegiatan dan aktivitas yang ada dalam proses bisnis perusahaan yang meliputi: input, proses, dan output untuk perbaikan kualitas produk.

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penerapan pengendalian mutu ialah sebagai berikut:

- Mengurangi biaya operasi
- Meningkatkan kepuasan pelanggan
- Meningkatkan moral perusahaan
- Membangun sebuah proses peningkatan yang berkelanjutan
- Menciptakan rekayasa ulang proses perusahaan
- Memperoleh/membangun keunggulan kompetitif
- Membangun dasar untuk mendapatkan pengakuan/sertifikasi

Pengendalian mutu dilakukan melalui proses yang membutuhkan keahlian serta instrument pendukung yang meliputi pengumpulan dan pengukuran data, analisis akar masalah, kerjasama kelompok, pencurahan ide, peningkatan proses secara berkelanjutan, serta pemecahan konflik dan pembangunan sinergi dalam organisasi. Pengendalian mutu meliputi metode-metode kuantitatif untuk memperbaiki semua proses dalam perusahaan, dan memperbaiki kemampuan perusahaan dalam memenuhi kebutuhan pelanggan saat ini dan dimasa datang. Pengendalian mutu merupakan perpaduan dari teknik-teknik manajemen fundamental, upaya perbaikan yang

nyata, dan peralatan teknis yang disesuaikan dengan dan terfokus pada kebutuhan dan proses perbaikan yang berkesinambungan. Pengendalian mutu melibatkan setiap orang yang ada didalam organisasi dalam upaya mencapai tujuan jangka panjang dan sistematis untuk mengembangkan proses yang berorientasi kepada kebutuhan pelanggan (Chen & Chou, 1993).

BAB III

HASIL KEGIATAN MAGANG

3.1 Lingkup Kerja dan Aktivitas Magang

Pelaksanaan kegiatan magang dimulai pada 08 Agustus – 08 Oktober 2022 di PG. Madukismo, Bantul Yogyakarta. Berikut adalah informasi kegiatan magang.

3.1.1 Lingkungan Kerja

- **Profil Peserta Mangang**

Nama : Tumiar Iraiana Br Simarmata
NIM : 40040119650019
Program Studi : S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri

- **Profil Perguruan Tinggi**

Nama Perguruan Tinggi : Unniversitas Diponegoro
Alamat : Jl. Prof. Soedarto, S.H., Tembalang, Semarang
Telepon : 024-7465403
E-mail : humas@live.undip.ac.id

- **Profil Perusahaan**

Nama perusahaan : PT. Madubaru PG. Madukismo
Alamat Kantor Pusat : Desa Tirtonimolo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.
Alamat Pabrik : Desa Tirtonimolo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.
Telepon : (0274) 377 049
Fax : (0274) 377 916
Jenis Usahan : BUMS
Bidang Usaha : Gula dan Spirtus

- **Tempat dan Waktu Pelaksanaan**

Tempat : Pabrik Gula Madukismo Yogyakarta

Periode : 08 Agustus -30 September 2022

Dosen Pembimbing : Mohamad Endy Julianto, ST, MT

Pembimbing Lapangan : Irwan Hartono S.T

Kegiatan magang dilakukan sesuai dengan ketentuan sebagai berikut:

- **Profil Departemen Penempatan dan Tinjauan Lapangan**

Madubaru adalah satu-satunya pabrik gula Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang mengemban tugas untuk mensukseskan program pengadaan pangan nasional, khususnya gula pasir atau gula kristal. PT Madubaru pertama kali dibangun pada tahun 1955 atas prakarsa Sri Sultan Hamengku Buwono IX dan diresmikan pada tanggal 29 Mei 1958 oleh Presiden RI pertama yaitu Ir. Soekarno. Status perusahaan perseroan terbatas yang didirikan pada tanggal 14 Juni 1955 dengan nama Pabrik-Pabrik Gula Madubaru atau P2G Madubaru PT yang memiliki dua pabrik yaitu pabrik gula (PG) Madukismo dan pabrik Alkohol atau Spirtus (PS) Madukismo.

Pabrik Gula (PG) Madukismo mulai memproduksi pada tahun 1958 dengan desain awal produksi yaitu 1.500 ton tebu per hari dan mulai tahun 2006 sampai sekarang produksi gula pasir ditingkatkan menjadi 3000 - 3.500 ton tebu per hari. PT Madubaru banyak menampung tenaga kerja dari Yogyakarta. Masa produksi pabrik gula sekitar 5 (lima) sampai 6 (enam) bulan per tahun dan beroperasi selama 24 jam/hari. Ada beberapa stasiun yang terdapat di PG Madukismo yaitu, Stasiun Gilingan, Stasiun Ketel, Stasiun Pemurnian, Stasiun Penguapan, Stasiun Masakan, Stasiun Puteran, Stasiun Penyelesaian. Proses yang terjadi di pabrik adalah continue.

3.2 Aktivitas Kegiatan Magang

Tabel 3.1 Aktivitas magang

No.	TANGGAL	KEGIATAN	KETERANGAN
1.	08/08/2022	Perkenalan, memberi surat magang dan bertemu dengan pembimbing lapangan	Terlaksana dengan baik
2.	09/08/2022	Bertemu pembimbing lapangan, mengamati dan penjelasan mengenai unit gilingan dan masakan	Terlaksana dengan baik
3.	10/08/2022	Mempelajari dan mengamati proses stasiun pemurnian, dan stasiun puteran.	Terlaksana dengan baik
4.	11/08/2022	Bertemu pembimbing lapangan dan mengamati stasiun puteran	Terlaksana dengan baik
5.	12/08/2022	Mempelajari data perhitungan produksi pabrik	Terlaksana dengan baik
6.	15/08/2022	Mengunjungi tempat penimbangan dan emplacement	Terlaksana dengan baik
7.	16/08/2022	Mengunjungi BST, dan mengunjungi stasiun gilingan	Terlaksana dengan baik
8.	17/08/2022	Memperingati Hari Kemerdekaan RI	-
9.	18/08/2022	Mengunjungi dan mengamati perkebunan tebu	Terlaksana dengan baik

10.	19/08/2022	Mengunjungi perpustakaan PG	Terlaksana dengan baik
11.	22/08/2022	Mengunjungi tim rafaksi dan mempelajari proses produksi pada stasiun gilingan	Terlaksana dengan baik
12.	23/08/2022	Mempelajari proses pada stasiun gilingan	Terlaksana dengan baik
13.	24/08/2022	Mengunjungi dan mempelajari proses produksi pada stasiun pemurnian, penguapan dan mengamati stasiun puteran	Terlaksana dengan baik
14.	25/08/2022	Mengunjungi dan mempelajari stasiun masakan dan puteran	Terlaksana dengan baik
15.	26/08/2022	Mengunjungi dan mempelajari staisun penyelesaian dan Gudang penyimpanan serta mempelajari unit utilitas pabrik.	Terlaksana dengan baik
16.	29/08/2022	Periziznan kelaboratorium dan mempelajari analisa petugas lab.	Terlaksana dengan baik
17.	30/08/2022	Uji analisa laboratorium, brix, pol dan Hk pada nira	Terlaksana dengan baik
18.	31/08/2022	Uji analisa laboratorium pada ampas	Terlaksana dengan baik
19.	31/08/2022	Uji analisa laboratorium nira gilingan, masakan	Terlaksana dengan baik

20.	01/08/2022	Uji analisa laboratorium nira jernih. Dan mengamati stasiun ketel	Terlaksana dengan baik
21.	02/09/2022	Bertemu pembimbing lapangan, selanjutnya membantu analisa di laboratorium.	Terlaksana dengan baik
22.	05/09/2022	Pengerjaan Laporan magang	Terlaksana dengan baik
23.	06/09/2022	Bertemu dan berdiskusi pembimbing lapangan	Terlaksana dengan baik
24.	07/09/2022	Pengerjaan laporan magang	Terlaksana dengan baik
25.	08/09/2022	Mengerjakan laporan magang	Terlaksana dengan baik
26.	09/09/2022	Mengerjakan laporan magang.	Terlaksana dengan baik
27.	12/09/2022	Asistensi dengan pembimbing lapangan, selanjutnya mengunjungi perpustakaan pabrik	Terlaksana dengan baik
28.	13/09/2022	Mengerjakan perhitungan neraca massa	Terlaksana dengan baik
29.	14/09/2022	Mengerjakan perhitungan neraca massa	Terlaksana dengan baik
30.	15/09/2022	Asistensi tugas khusus	Terlaksana dengan baik
31.	16/09/2022	Mengerjakan tugas khusus	Terlaksana dengan baik
32.	19/09/2022	Mengerjakan perhitungan neraca panas	Terlaksana dengan baik
33.	20/09/2022	Mengerjakan perhitungan neraca panas	Terlaksana dengan baik

34.	21/09/2022	Asistensi perhitungan neraca panas dan neraca massa	Terlaksana dengan baik
35.	22/09/2022	Mengerjakan revisian	Terlaksana dengan baik
36.	23/09/2022	Mengerjakan revisian dan laporan	Terlaksana dengan baik
37.	26/09/2022	Bertemu dengan pembimbing lapangan	Terlaksana dengan baik
38.	27/09/2022	Penyelesaian + penyusunan laporan	Terlaksana dengan baik
39.	27/09/2022	Penyelesaian + penyusunan laporan	Terlaksana dengan baik
40.	28/09/2022	Penyelesaian + penyusunan laporan	Terlaksana dengan baik
41.	29/09/2022	Penyerahan + bertemu pembimbing lapangan	Terlaksana dengan baik
42.	30/09/2022	Pencetakan buku laporan	Terlaksana dengan baik
53.	30/09/2022	Asistensi dan revisi laporan magang ke pembimbing lapangan	Terlaksana dengan baik
54.	31/09/2022	Pengumpulan laporan magang ke pabrik dan perpisahan	Terlaksana dengan baik

3.3 Tugas Khusus

ANALISA EFISIENSI BOILER DALAM PRODUKSI STEAM DI PG. MADUKISMO

a. Latar Belakang

Pada PG. Madukismo memiliki mesin penggerak uap yang dijadikan sebagai sumber energi pada proses produksi yaitu boiler. Boiler yang digunakan pada PG. Madukismo ada dua merek yaitu Cheng Chen dan Kesselbau Neumark kedua boiler ini menggunakan ampas tebu dan tambahan kayu bakar sebagai bahan bakar. Uap panas yang dihasilkan boiler atau ketel uap sangat menentukan kelancaran proses khususnya sebagai turbin penggerak pada stasiun gilingan

dan pemanas pada produksi. Pada prinsipnya boiler berfungsi untuk mengubah air menjadi uap pada tekanan dan suhu tertentu, dan membutuhkan yang namanya panas kalor. Kalor diperoleh dari hasil pembakaran atau gas asap dari bahan bakar yang terbakar di furnace. Boiler sangat berperan penting pada proses produksi, karena sangat mempengaruhi stasiun penggerak lainnya, maka perlu untuk melihat efisiensi kinerja dari boiler tersebut dan bertujuan untuk meningkatkan kinerja boiler.

b. Tinjauan Pustaka

1. Boiler

Boiler merupakan bejana tertutup dimana proses pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas yang menghasilkan steam. Steam atau uap yang dihasilkan kemudian akan digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses, sehingga boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dengan baik. Boiler terdiri atas 3 sistem pengolahan yang terdiri dari system air umpan, sistem steam, dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk kebutuhan steam. Sistem steam merupakan berfungsi untuk mengumpulkan, dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Kemudian sistem bahan bakar yaitu menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan.

2. Jenis jenis boiler

- **Fire Tube Boiler (Boiler Pipa Api)**

Pada fire tube boiler, gas panas melalui pipa-pipa dan air umpan boiler ada didalam shell untuk diubah menjadi steam. Fire tube boiler biasanya digunakan untuk kapasitas steam yang relatif kecil dengan tekanan steam yang rendah.

- **Water Tube Boiler (Boiler Pipa Air)**

Water tube boiler, air umpan boiler mengalir melalui pipa-pipa masuk ke dalam drum. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakar membentuk steam pada daerah uap dalam drum.

3. Perpindahan panas pada boiler

- **Radiasi**

Perpindahan panas secara radiasi adalah perpindahan panas antara suatu benda ke benda lain dengan perantara gelombang elektromagnetik tanpa tergantung pada media diantara benda yang menerima pancaran panas tersebut.

- **Konveksi**

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang dilakukan oleh molekul-molekul suatu fluida. Molekul-molekul fluida tersebut mengandung sejumlah panas. Pada saat molekul tersebut bersentuhan dengan dinding atau pipa ketel maka panas tersebut sebagian akan mengalir ke dinding atau pipa ketel tersebut, sedangkan sebagian

akan terbawa oleh molekul. Gerakan molekul tersebut disebabkan karena perbedaan temperatur didalam fluida itu sendiri.

- **Konduksi**

Perpindahan panas secara konduksi adalah perpindahan panas dari suatu bagian benda padat ke bagian lain dari benda padat yang sama atau dari benda padat yang satu ke benda padat yang lain karena terjadinya fisik tanpa terjadinya perpindahan panas molekul-molekul dari benda padat itu sendiri.

c. Pembahasan

Perhitungan efisiensi boiler yang digunakan yaitu dengan metode langsung, dimana sering juga dikenal sebagai metode input-output dapat dilakukan dengan membandingkan secara langsung energi panas yang diserap oleh air sehingga berubah fase menjadi uap air dengan energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar pada boiler. Pada PG. Madukismo data yang di peroleh adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Konsumsi Bahan Bakar dan Produksi Steam PG. Madukismo

Hari	Tekanan uap Boiler (Bar)	Bahan		Steam (kg/hari)
		Bahan Bakar (kg)	Air (m ³)	
1	5,9	6.076	427,6	1,214
2	12,4	6.076	588,3	1,418
3	11,4	6.076	555	1,426
4	9,25	6.076	504,16	1,413
5	7,5	6.095	338,3	273
6	4,1	6,112	286	1,560
7	8,25	6,112	462,6	1,460
Total	58,8	42,623	2.665,96	2,409,90
Rata rata	8,4	6,0845	379,42	344,27

Berdasarkan tabel diatas maka total konsumsi bahan baku air selama 7 hari yaitu 379,42m³. Sehingga untuk menghitung efisiensi boiler dengan melihat steam yang dihasilkan adalah dengan rumus sebagai berikut:

$$Efisiensi\ boiler = \frac{panas\ keluar}{panas\ masuk} \times 100$$

$$\eta = \frac{Q (hg - hf)}{q \times GCV}$$

Keterangan:

Q = Kapasitas produksi steam(kg/jam)

q = Kebutuhan Bahan Bakar (kg/jam)

hf = Entalphi air umpan (kj/kg)

hg = Entalphi uap (kj/kg)

GCV = Nilai Kalori Bahan Bakar

Maka diperoleh

Q = 344,2714 (kg/jam)

q = 60845 (kg/jam)

P Steam = 8,4 Bar = 840 Kpa

GCV = 4600 (Hugot,1998)

Berdasarkan tabel saturated steam diperoleh,

Hg = 2769,0 kj/kg = 661,8069 kkal/kg

Hf = 727,9 kj/kg = 173,9228 kkal /kg

T = 172°C

Sehingga efisiensi boiler =

$$\eta = \frac{Q (hg - hf)}{q \times GCV}$$
$$\eta = \frac{344,27 (661,8069 - 173,9228)}{60845 \times 4600}$$
$$= 60,61\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka di peroleh angka efisiensi boiler adalah 60,61% dan nilai tersebut masih dianggap aman oleh perusahaan untuk dapat beroperasi dalam menghasilkan uap. Namun untuk memperlancar system kerja boiler perlu untuk dilakukan perawatan seperti pembersihan, pemeriksaan bagian bagian boiler, kondisi bahan baku yang masuk sehingga tidak menyebabkan korosi. Hal ini bertujuan untuk memastikan kesiapan operasional dari peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat serta memperpanjang life time komponen boiler. Mampu menekan biaya maintenance atau perawatan dengan cara melaksanakan kegiatan perawatan. Pemeriksaan berkala setiap minggunya sehingga bagian bagian boiler yang rusak dapat segera diatasi. Tahapan pemeliharaan boiler adalah sebagai berikut:

a. Perawatan saat boiler beroperasi

Perawatan boiler pada saat beroperasi dilakukan dengan perawatan harian, mingguan dan bulanan, dengan memastikan boiler beroperasi dengan benar.

1. Pemeriksaan air yang masuk ke dalam boiler.
2. Melakukan blowdown setiap hari
3. Memeriksa pemakaian bahan bakar
4. Melakukan pengujian safety valve boiler
5. Pemeriksaan semua komponen boiler apakah ada yang perlu diperbaiki.

b. Perawatan saat boiler tidak beroperasi

Perawatan dilakukan pada saat tidak beroperasi dilakukan setiap tahun, dilakukan oleh tenaga ahli khusus serta memperoleh surat ijin operasi boiler.

1. Cleaning boiler (pembongkaran, pembersihan sesuai SOP)
2. Minor overhaul (pembongkaran, pembersihan dan penggantian bila terdapat komponen alat yang perlu di ganti sesuai SOP)
3. Mayor overhaul (pembongkaran, pembersihan, penggantian peralatan sesuai SOP)

BAB IV

PROSES PRODUKSI

4.1 Bahan Baku

4.1.1 Bahan Baku Utama

Tebu yang digunakan pada PG. Madukismo berasal dari berbagai lahan pertanian yang ada dikawasan D.I.Y. atau diluar kawasan D.I.Y. Dimana asal tebu ditandai dengan perbedaan warna pada kertas SPA (Surat Perintah Angkut)

Perbedaan Warna kertas SPA, sebagai berikut:

- Kuning : Tebu mitra yang ditanam diluar jogja.
- Putih : Tebu milik pabrik.
- Hijau : Tebu milik petani tetapi petani merupakan mitra dari pabrik.
- Merah : Tebu milik petani sendiri (petani mandiri).

Tabel 4. 1 Nomor Lori

No	No lori	Netto (KU)
1	DF	68
2	DF	64
3	DF	57
4	790	80
5	707	77
6	636	79
7	822	51
8	833	95
9	801	87
10	642	55
11	487	64
12	59	82
13	834	60
14	285	74
15	103	53
16	DF	65
17	DF	53
18	DF	47
19	DF	64

(Sumber: PG. MADUKISMO, 2022)

Kertas SPA berwarna putih, hijau dan merah merupakan tebu yang diambil pada kawasan DIY meliputi (Bantul, Gunungkidul, Sleman, Dan Kulon Progo). Dimana kertas SPA berwarna kuning merupakan tebu yang diambil diluar kawasan D.I.Y. meliputi (Wonogiri, Magelang, Temanggung, Kebumen, Purworejo, Karanganyar, Boyolali, Semarang, Sukoharjo, Salatiga, Klaten, Sragen, Dan Purbalingga). Sedangkan perbedaan petani mitra dengan petani mandiri atau sendiri terletak pada pemberian bibit dan pupuk, petani mitra diberikan bibitan tebu dan pupuk nantinya akan dilakukan pemotongan harga diakhir untuk pemberian bibit dan pupuk, kemudian petani mitra juga akan dipantau terkait hama dan pemberian peptisida, sedangkan petani mandiri merupakan petani yang mengelola tebu nya sendiri meliputi pemberian pupuk dan peptisida.

Varietas tebu yang digunakan pada PG. Madukismo memiliki beberapa macam diantaranya: PSBM, KK, TLH, PSDK, PS862, Biset, BZ132, VMC, BL, PS881, POJ. Dimana perbedaan dari beberapa varietas ini yang paling umum terletak pada masa tanam tebu, masa tanam tebu dibagi menjadi 3 yaitu Awal, Tengah dan Akhir.

- Masa Tanam Awal: Durasi tanam 10 bulan jenis varietas tebu Biset dan PS862
- Masa Tanam Tengah: Durasi tanam 12 bulan jenis varietas tebu DLH, PSBM, dll.
- Masa Tanam Akhir: Durasi tanam 14 bulan jenis varietas tebu BL dan POJ

Kriteria tebu yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Mutu A = Prima

- Tebangan once/dongkel pada pucuk masak
- Bersih mutlak (bebas daduk, pucuk, tanah, akar, sogolan, dan tebu mati)
- Batang besar, lurus, tidak dicacah, sangat segar, ruas normal)

b. Mutu B = MBS (Manis, Bersih, Segar)

- Masa optimal, tidak dicacah, bebas sogolan.
- Bersih (sedikit daduk, pucuk, tanah, dan akar, tebu mati)
- Batang agak besar, agak bengkok, ruas medium atau segar

c. Mutu C = Kotor, /dikembalikan

- Ada daduk, pucuk, tanah, akar, sogolan dan tebu mati
- Batang kecil, bengkok, ruas pendek, agak layu

d. Mutu D = Sangat kotor/ ditolak

- Banyak (daduk, pucuk, akar, sogolan) tebu mati, layu, tebu muda
- Batang kecil, bengkok, sangat pendek, banyak cacahan

e. Mutu E = terbakar

4.1.2 Bahan Baku Penunjang

a) Air Imbibisi

Air imbibisi digunakan untuk mengesktrak nira yang terkandung dalam tebu pada proses penggilingan. Air imbibisi yang digunakan ber suhu 80-90°C. Supaya gula yang terkandung dalam ampas mudah terekstrak.

b) Susu Kapur (Ca(OH)_2)

Susu kapur berfungsi untuk menaikkan pH dan menaikkan kotoran yang terkandung pada nira. Viskositas susu kapur yang digunakan adalah 6°Be. Pemakaian 450 - 500 kg/ hari, di pemurnian 450 di stasiun pemurnian dan 50 di nira kental diperoleh dari Tuban Jawa Timur

c) Belerang

Belerang berfungsi untuk menetralsir kelebihan susu kapur pada sulfitasi, mengendapkan kotoran, dan memutihkan gula di pemurnian. Belerang digunakan dalam bentuk gas SO_2 sebanyak 10 – 12% dari jumlah nira yang masuk, diperoleh dari Jerman

d) Flokulan

Flokulan berfungsi sebagai zat yang membantu pembentukan flok dan pengendapan. Proses penambahan dilakukan sebelum nira menuju door clarifier. Flokulan diberikan dengan konsentrasi sebesar 3 ppm / hari dengan jenis flokulan nya yaitu superfloc A110 PWG.

e) Asam Fosfat

Asam fosfat berfungsi untuk untuk mengendapkan kotoran di nira. Asam fosfat ditambahkan sampai 300 ppm/ hari

f) Bahan Sanitasi

Bahan sanitasi yang digunakan adalah voltabio yang terdiri dari tiga macam, yaitu:

- Voltabio 2303 dan 2219 yang digunakan sebagai bahan sanitasi di stasiun gilingan. Voltabio 2303 dan 2219 ysng berfungsi untuk menghambat pertumbuhan bakteri thermophilik pada nira hasil gilingan. Voltabio 2303 dispray setiap empat jam sekali pada jalur lewat nira di gilingan I-V. Voltabio 2219 diinjeksikan secara langsung pada nira mentah sebanyak 50 kg habis dalam 24 jam.
- Voltabio 2779: sebagai antiviskos yang ditambahkan pada nira kental. Voltabio 2779 diberikan sebanyak 25 kg.

g) Bahan Pelunak Kerak

- Triphos (Tri Natrium Phosphat)
Bahan tambahan Triphos dan soda api digunakan untuk membersihkan kerak pada pemanas pendahuluan dan evaporator.

- NaOH

NaOH digunakan untuk melunakkan kerak pada dinding boiler dan juga pada pipa pemanas evaporator. Kerak terbentuk karena proses pemanasan nira yang dilakukan secara terus menerus diperoleh dari Cina

4.2 Uraian Proses Produksi

4.2.1 Stasiun Persiapan

Sebelum tebu masuk dan digiling distasiun gilingan, tebu terlebih dahulu diproses distasiun persiapan. Stasiun persiapan merupakan stasiun yang berfungsi untuk mendata secara administratif serta melakukan pengecekan tebu dimana pada stasiun persiapan dibagi menjadi 4 bagian : post awal, timbangan bruto, pemindahan tebu, timbangan netto. Pada post awal, tebu yang telah diangkut oleh truk dari lahan pertanian, akan dilakukan pengecekan brix. Dimana pada post awal akan dilakukan pengecekan brix pada tebu, pengecekan ini meliputi pengambilan kadar brix (bagian pucuk, batang dan akar) dan surat SPA (Surat Perintah Angkut). Kadar rata-rata brix yang ditetapkan yaitu sekitar 17-18 brix.

Kemudian setelah melewati post awal, truk akan ditimbang beserta sopir dan isinya pada timbangan bruto, pada timbangan bruto ini bertugas untuk melakukan penimbangan total dimana sopir, truk dan tebu akan timbang, kemudian dicatat dikerja SPA dan database. Untuk mekanisme penimbangan pada timbangan bruto yaitu timbangan menggunakan sistem hidrolik atau perdimana truk akan berhenti diatas alas yang bawahnya terdapat, kemudian tekanan yang dihasilkan akan ditransfer pada berkel lalu data yang didapat tercatat secara otomatis pada monitor database. Setelah itu SPA yang telah diketahui data-data administratif dan berat keseluruhan akan diberikan kepada sopir.

Selanjutnya, dilakukan pemindahan tebu ke lori. Pada post ini tebu akan dipindahkan dari truk ke lori menggunakan crane trolley, dimana crane trolley yang digunakan pada PG. Madukismo memiliki beberapa kapasitas antara lain : 5, 10 , dan 15 ton. Kegunaan kapasitas crane trolley mengikuti berat tebu yang diangkut kedalam truk. Mekanisme pemindahan tebu dari truk ke lori antara lain : truk akan berhenti ditempat pemindahan atau dibawah crane trolley kemudian crane akan dikaitkan dengan tali kawat yang sebelumnya sudah disusun saat penataan tebu dari lahan pertanian ke truk, kemudian tebu diangkut dari truk ke lori, setelah tebu diletakkan ke lori, petugas akan mencatat angka lori ke SPA hal ini bertujuan memudahkan petugas untuk database waktu tebu datang dan waktu penggilingan sehingga diketahui waktu tunggu lori, kemudian tebu akan mengantri ditempat emplacement sesuai nomor giling.

Kemudian, truk kosong akan ditimbang kembali dipenimbangan netto. Penimbangan netto berfungsi untuk mengetahui berat tebu bersih dengan cara penimbangan awal - penimbangan akhir, mekanisme penimbangan sama dengan penimbangan yang ada dipenimbangan bruto, hanya saja pada penimbangan netto memiliki beberapa input data yaitu

input database tebu giling masuk per hari dan kotoran tebu atau tim rafaksi. Truk yang selesai ditimbang akan diberikan surat sebagai laporan untuk mandor/petani tebu, selanjutnya proses akan dilanjutkan pada stasiun gilingan.

4.2.2 Stasiun Gilingan

Pada bagian stasiun gilingan bahan baku tebu dilakukan pengecekan di bagian tim rafaksi yang dimana berfungsi mengambil atau mengecek kotoran yang terdapat di tebu sebelum masuk ke cane table. Pengambilan sampel dilakukan 3 kali, dalam waktu 07:00, 09:00 dan 11.00. setiap sampel mewakili 200 kg sampel. Kotoran yang ditemukan diantaranya meliputi ; rapak,tebu mati, tebu kering, akar tanah, dan bung (anakan tebu). Dari jumlah kotoran yang dihasilkan maka dapat ditentukan standart gula yaitu k1, k2, k3 dimana k1 terdiri dari 0-6% kotoran , k2 terdiri dari 6-9% kotoran dan k3 terdiri dari >9% kotoran.

Setelah tebu mengalami pengecekan di bagian rafaksi , tebu yang di angkut dari emplasmen menggunakan truk dan lori, tebu di angkut menggunakan cane trolley ke meja tebu atau cane table dengan kapasitas angkut 5, 10 dan 16 ton. Setelah itu tebu dari cane table didorong menggunakan cane leveler hingga jatuh ke cane carrier dengan ukuran 14 x 2 meter. Kemudian tebu diangkut menggunakan cane carrier dan di giling menggunakan unigrator yang terdiri dari 2 bagian yaitu pencacah dan penghancur yang jumlahnya 56 unit dengan kecepatan putaran 4300 rpm/4350 rpm. Pada unigrator, sel sel tebu dibuka dengan cara dihancurkan untuk membuka serabut serabut tebu, sehingga pemerahan dapat dilakukan secara maksimal.

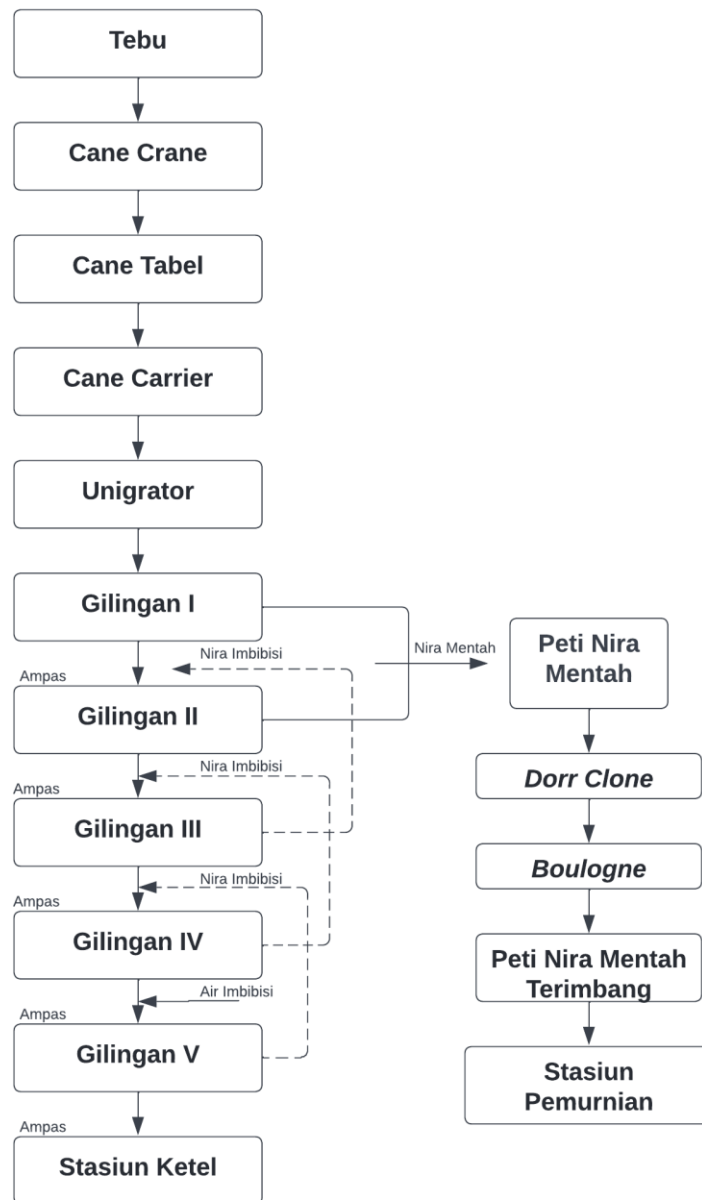
Untuk di PG.Madukismo sendiri perusahaan dapat menggiling bahan baku sebanyak 30.000 KU/ hari. Tebu yang diangkut menggunakan lori biasanya merupakan tebu yang telah dibiarkan di emplasment sampai berapa hari hingga masuk ke proses gilingan. sedangkan tebu yang dari truk biasanya tebu tebu yang masih segar langsung dari kebun yang setelah di tebang langsung ke proses giling. Sehingga disimpulkan bahwa kadar glukosa pada tebu yang dari truk lebih bagus dari pada dari lori yang sudah dibiarkan berhari hari.

Tebu yang digiling akan melewati 5 proses penggilingan dimana gilingan 1 tebu yang digiling belum dilakukan penambahan bahan pendukung , hasil nira gilingan pertama akan di hitung nilai npp (pol, birix dan rendemen.). Penambahan air imbibisi di berikan pada gilingan 3 dan 4 , air imbibisi diperoleh dari air kondensat dengan suhu 80-90oC. Fungsi dari penambahan air imbibisi untuk mempercepat reaksi pemerahan untuk mencapai % nira mentah yaitu 96%. Dan penambahan jumlah maksimum dan minimum air imbibisi menggunakan water meter. Pada proses produksi, pada proses gilingan terdapat pipa-pipa pendukung proses yaitu pipa berwarna kuning merupakan pipa dengan aliran nira, pipa berwarna biru muda adalah pipa dengan aliran air panas, pipa yang berwarna biru tua yaitu berisi aliran air pendingin, dan pipa yang berwarna hijau merupakan aliran oli pelumas mesin produksi.

Tebu gilingan 1 menghasilkan nira dan ampas, ampas dari gilingan 1 dibawa oleh carier masuk menuju kegilingan 2 agar pemerahan digilingan 2 maksimal maka di semprotkan nira dari pemerahan gilingan 3, nira hasil gilingan 1 dan 2, dialirkan ke tangki nira mentah selanjutnya dipompakan ke DSM screen untuk di saring dari kotoran yang masih terbawa oleh nira. Kemudian ampas dari gilingan 2 masuk ke gilingan 3 dan diberi semprotan nira hasil perahan 4 dan air imbibisi. Kemudian ampas perahan 3 masuk kegilingan 4 dengan penambahan hasil perahan 5 dan air imbibisi, air imbibisi berfungsi untuk melarutkan kadar gula yang terkandung di ampas tebu. Kemudian ampas perahan 4 masuk kegilingan 5 dengan penambahan air imbibisi, kemudian ampas dari gilingan 5 menjadi bahan bakar untuk st. ketel. Dimana kriteria ampas dengan zat kering sama dengan 50% ke atas dan pol dibawah 2% dimana ampas akan diangkut dengan baggase conveyor dengan melewati rotary screener untuk memisahkan ampas halus dan kasar. ampas kasar yang akan di jadikan bahan bakar di st. ketel sedangkan ampas halus dialirkan ke rotary vacuum filter, untuk memisahkan nira yang masih terkandung dan blotong. nira yang masih terkandung di alirkan ke bak penampung pasir di stasiun pemurnian. kemudian blotong dimanfaatkan sebagai pupuk tanaman pada kebun tebu.

Pada proses pemerahan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pemerahan nira tersebut diantaranya:

- **Persiapan Terhadap Umpan**
Persiapan terhadap umpan merupakan hasil kerja pendahuluan, yang dapat menaikkan kepadatan jenis (bulk density), serta membuka sel sel tebu yang akan dikerjakan.
- **Derajat Kompresi**
Derajat kompresi merupakan perbandingan dari serat dalam posisi ditekan dengan serat sebelum ditekan.
- **Permukaan Rol Gilingan**
Karena proses dilakukan dengan penekanan, daya cekam rol untuk menarik sabut harus besar. agar daya cekam ini besar, permukaan rol dibuat kasar serta diberi lekukan yang akan mencekam sabut yang akan masuk ke bukaan gilingan.
- **Drainage (Pengaliran Nira)**
Nira yang keluar dari hasil pemerahan perlu dialirkan supaya tidak terserap kembali oleh sabut yang keluar dari bukaan awal. karena sabut mempunyai sifat dapat menyerap 5-10 kali berat keringnya. agar nira dapat mengalir maka perlu ditambahkan alur alur pengaliran nira.



Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Stasiun Gilingan

4.2.3 Stasiun Pemurnian

Pada stasiun pemurnian ini bertujuan untuk memisahkan sukrosa dari kotoran yang ikut terlarut dalam nira agar mendapatkan gula yang murni dan mengoptimalkan pemakaian bahan pembantu proses. Dan terjadi penambahan bahan pembantu pada proses gula dalam pemurnian ini. Proses pemurnian diusahakan agar tidak merusak maupun menghilangkan sukrosa. Zat pengotor yang terdapat pada nira mentah antara lain yaitu:

- Zat yang terapung dalam nira berupa serabut serabut tebu yang masih terikut ke perasan nira.
- Zat yang mengendap baik suspense maupun emulsi, seperti: pasir, batuan kecil, lempung dan lain sebagainya.
- Bahan koloid yang terdapat dalam nira; seperti protein, pektin, dan lainnya

Proses pemurnian yang digunakan di PG. Madukismo adalah sistem sulfitasi alkalis kontinyu, dengan tahapan sebagai berikut:

a. Proses Penyaringan Nira Mentah

Pada proses penyaringan pertama nira mentah ini terdapat di *DSM screen* yang memisahkan nira dari ampas yang masih terikut. Selanjutnya nira dialirkan ke penyaring *Dore Clone* yang bekerja secara sentrifugal. Dimana terjadi pusaran ganda yaitu pusaran yang mengarah ke bawah disekitar dinding dan pusaran yang mengarah ke atas dipusat *door clone* sehingga nira berat akan turun dan nira ringan akan naik. Dimana yang dimaksud dengan nira berat adalah nira yang terikut pasir dan tanah serta kotoran lainnya akan masuk ke bak penampung yang kemudian akan disaring dan dipisahkan secara manual dan dipompa kembali ke bak nira mentah.

b. Proses Penimbangan Nira Mentah

Nira yang ada pada *Dore Clone* dialirkan ke timbangan *bolougne* secara otomatis. Dimana timbangan tersebut memiliki kapasitas 5 ton, karena klep pemasukan nira akan tertutup otomatis setelah mencapai kapasitas 5 ton. Penimbangan dilakukan bertujuan untuk mengetahui jumlah nira mentah yang didapat dari hasil tebu yang digiling. Nira selanjutnya dialirkan ke bak nira mentah tertimbang untuk ditambahkan asam fosfat (H_3PO_4) 85% yang dialirkan secara kontinyu, penambahan ini bertujuan untuk menyerap koloid dan zat warna, menurunkan kadar susu kapur nira mentah, melunakkan kerak evaporator, mempermudah proses pengendapan (pembentukan flok), sehingga nira yang dihasilkan lebih jernih.

c. Proses Pemanasan (Voor Warmer I)

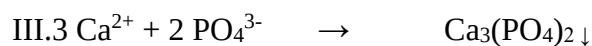
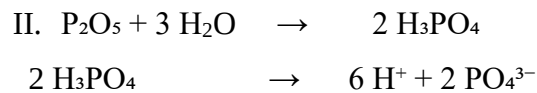
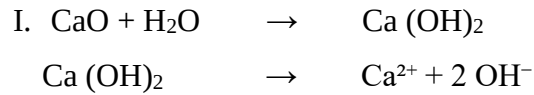
Nira yang telah ditambah asam fosfat, nira dari bak RWS II (TN-3), kemudian dipompakan menuju *Voor Warmer I* dimana pada PG. Madukismo memiliki alat *heater* yang bertujuan untuk memanaskan nira mentah sebelum mengalami proses defekasi-sulfitasi hingga suhu $\pm 75^\circ C$ dan dapat menyempurnakan proses reaksi antara H_3PO_4 saat ditambah dengan $Ca(OH)_2$ untuk mematikan bakteri mikroorganisme yang dapat merusak sukrosa. Pada proses pemanasan ini uap yang diperoleh yaitu uap bekas dari turbin uap dan uap dari stasiun gilingan. Mekanisme kerja dalam pemanasan ini adalah nira dipompa mengalir melalui pipa pipa yang terdapat uap panas, dimana nira bersirkulasi naik turun melalui pipa beberapa kali sebelum masuk ke alat berikutnya. Sirkulasi ini mengakibatkan terjadinya pertukaran panas dari pipa uap ke nira sehingga terjadi kenaikan suhu nira.

d. Proses Defeaksi

Nira dari VW I masuk kedalam tangki penampungan (*precontactor*) kemudian ditambahkan susu kapur $Ca(OH)_2$ sebelum kedalam defkator I. Dalam tangki tersebut terjadi pencampuran awal nira dengan susu kapur dimana pH nya 6 - 6,5. Setelah itu nira yang tercampur

susu kapur masuk ke defekator I dan terjadi pengadukan dengan waktu tinggal selama 12-24 menit, sampai Ph mencapai 7,2. Tujuan penambahan susu Kapur pada defecator I adalah:

1. Kapur dapat bereaksi dengan komponen bukan gula dalam nira mentah yang bersifat asam terutama fosfat yang menghasilkan endapan kalsium fosfat. Kalsium fosfat yang terbentuk dapat menyerap dan mengikat koloid yang ada disekitarnya.
2. Menaikkan pH Nira sampai netral agar sukrosa tidak mengalami kerusakan.
3. Reaksi yang terjadi adalah:



Proses defekasi adalah adanya proses reaksi antara susu kapur yang diberikan dengan komponen fosfat membentuk garam $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Nira mentah yang keluar dari *Voor Warmer* I dialirkann menuju *kalkdoozer apprat* tangki yang tersekat menjadi 2 bagian yaitu nira mentah dan susu kapur. Dimana alat ini berfungsi untuk mengatur aliran susu kapur secara otomatis sesuai aliran nira mentah. Tujuan pemberian susu kapur (CaO) untuk menetralkan nira agar tidak asam, membentuk inti endapan terutama $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ yang bergabung dengan sisqoioksida dan asam silikat yang nantinya akan mengadsorbsi kotoran lain membentuk gumpalan untuk mempermudah pengendapan. Pada tangki defekator II nira kembali ditambahkan susu kapur (CaO) hingga pH menjadi 8,5 - 9,0 agar pengendapan kotoran lebih efektif karena terjadi reaksi antara susu kapur dengan fosfat membentuk $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ yang mengikat kotoran serta mempersiapkan reaksi dengan SO_2

e. Proses Sulfitasi

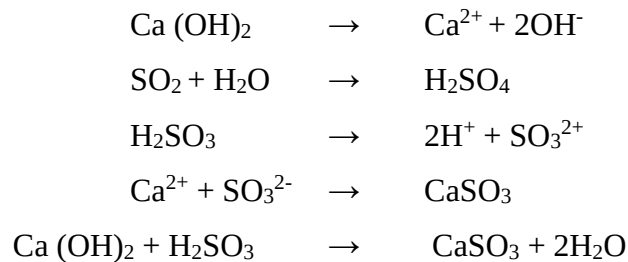
Reaksi yang terjadi di defeaktor menyebabkan terjadinya peningkatan kadar kapur yang menyebabkan terbentuknya kerak-kerak pada pipa pemanas, sehingga hal ini dapat menyebabkan:

- Terjadinya karamelisasi gula saat dipanaskan
- Terjadi pemborosan uap (Uap % tebu naik)
- Proses penguapan nira encer menjadi lebih lama

Peningkatan kadar kapur tersebut dapat diatasi dengan menambahkan gas SO_2 yang bertujuan untuk:

- Mengikat unsur unsur yang belum bereaksi di defecator
- Mendapatkan reaksi lanjut antara kelebihan kapur dengan gas SO_2

- Mengurangi viskositas larutan (kotoran yang terendapkan akan mengurangi kekentalan nira)
 - Mereduksi ion ion ferri menjadi ion ferro sehingga warna nya lebih pucat dan lebih jernih
- Nira dari defeaktor masuk ke dalam tangki sulfitor I dimana nira mentah dengan suhu 40°C diberi gas SO₂ hasil pembakaran belerang yang telah disublimasi dalam bejana *sublimator rawsap*. Reaksi nya yang terjadi adalah sebagai berikut:



Reaksi di atas menyebabkan pH nira dalam tangki mengalami penurunan. Karena garam CaSO₃ dalam tekanan 2,5 – 3 kg/cm² akan memperbesar inti endapan yang dapat memperbanyak gumpalan endapan. Indikator untuk mengetahui pH nira turun adalah timbulnya warna coklat pada sampel nira apabila ditetesi dengan indikator PAN (*Phenol Alpha Naphthol*) atau BTB (*Brom Thymol Blue*). Selain untuk mencegah *inverse* gula reduksi, gas SO₂ juga berfungsi untuk *bleaching* (pemucatan) pada nira akibat pengaruh reduksi asam sulfat. Pemucatan nira ini yang nantinya akan mempermudah terbentuknya kristal putih pada tahap selanjutnya. Nira dari tangki sulfitor I dipompa ke *Voor Warmer* II dan dipanaskan hingga suhu $\pm 100^\circ\text{C}$, dengan tujuan sebagai berikut:

- Agar reaksi sulfitasi berjalan sempurna dengan menghilangkan gas-gas dalam nira encer sehingga $\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaSO}_3$ bereaksi secara sempurna.
- Membunuh jasad renik yang masih hidup
- Mengubah fase komponen bukan gula menjadi fase gas agar mudah dipisahkan saat berada di bejana pengembang (*flash drum*)

Dari *Voor Warmer* II nira dialirkan menuju *expandeur* untuk menghilangkan gas atau udara yang terkandung dalam nira agar tidak menghalangi proses pengendapan. Didalam *expandeur* nira akan berputar secara sentrifugal sehingga gas dapat terdorong keluar dari nira.

f. Proses Pengendapan hasil Sulfitasi

Proses ini bertujuan untuk mengendapkan kotoran yang menggumpal selama proses sulfitasi didalam peti pengendap (*door clarifier*). Kemudian ditambahkan flokulan yang bertujuan agar molekul yang terbentuk pada proses defeaksi saling menggumpal dan membentuk partikel lebih besar untuk mempercepat proses pengendapan. Flokulan yang digunakan yaitu *superfloc* ± 3 ppm.

Nira yang tercampur dengan flokulan dialirkan menuju *snow balling*. Yang bertujuan untuk membuat campuran nira dan flokulan lebih homogen dan mengubah jenis aliran nira mentah yang sebelumnya aliran turbulen menjadi aliran lamiar, karena di *door clarifier* diperlukan aliran yang lebih lambat agar kotoran lebih mudah mengendap. Setelah nira dari *snow balling* dan sebelum masuk ke *door clarifier* ditambahkan lagi flokulam sebanyak 3 ppm Hal ini bertujuan untuk menggumpalkan flok - flok kecil untuk membentuk flok yang bermassa lebih besar sehingga dapat mempercepat proses pengendapan di *door clarifier*. *Door clarifier* merupakan bak pengendap kontinyu yang terdiri dari 4 *tray*. Nira akan masuk mengisi *tray* yang paling atas terlebih dahulu kemudian mengisi *tray* dibawahnya. Dipusat *tray* terdapat lubang untuk memasukkan pipa silindris yang merupakan tangan - tangan yang berserok, yang berfungsi untuk mengambil endapan atau kotoran yang mengendap pada *tray* tersebut. Pipa silindris dan tangan - tangan berputar perlahan (1 putaran / 6 menit) sehingga mengurangi busa pada permukaan nira.

Nira jernih yang berada di bagian atas masing - masing *tray* akan dipompa masuk ke suatu pipa pengeluaran nira yang berhubungan dengan luapan bak nira jernih. Setelah berada dalam *door clarifier* selama 2,5 – 3 jam nira selanjutnya disaring dalam DSM Screen II untuk memisahkan kotoran yang tersisa. Kemudian nira jernih dipompa ke peti *dunsap* (nira jernih) dengan pH akhir 6,8 – 7 dan suhu 95 – 98°C.

Nira jernih yang sudah tertampung di peti *dunsap* selanjutnya dipompa menuju *Voor Warmer III* dan dipanaskan pada suhu 100-105°C. Pemanasan nira dalam *Voor Warmer III* ini berfungsi sebagai pemanas pendahuluan sebagai tahap persiapan nira agar kondisinya mendekati titik temperatur *steam* sehingga mempercepat proses penguapan di *evaporator*. Nira kotor hasil pengendapan masing - masing *tray* pada *door clarifier* juga dipompa keluar untuk dialirkan ke *mixer bagacillo*, nira kotor bersama ampas halus dari gilingan akan tercampur dan dipompa menuju *rotarry vaccum filter*. Di *rottary vaccum filter* ini nira kotor dipisahkan antara padatan dan cairannya sehingga didapatkan nira tapis dan blotong.

Proses yang terjadi dalam *rottary vaccum filter* dapat dibagi berdasarkan tekanan dalam silindernya, yaitu:

a. Daerah *low vaccum* (15-10 cmHg)

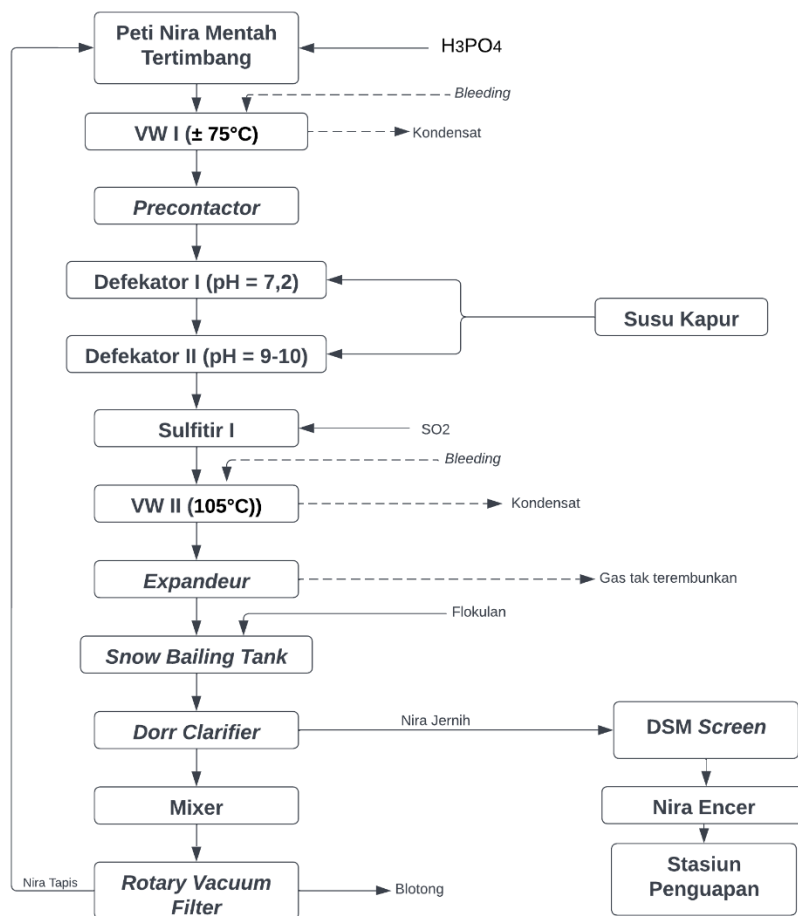
Merupakan bagian dari silinder *rottary filter* yang kontak dengan nira kotor pada bak penampung nira di *rottary vaccum filter*. Hal ini menyebabkan terikutnya nira kotor dalam silinder dari *rottary vaccum filter* sehingga nira kotor mulai mengalami penapisan dan terbentuk lapisan blotong yang menutupi saringan di *rottary vaccum filter*. Pada daerah ini juga disemprotkan air panas bertekanan (70°C, 2,5 kg / cm²) agar blotong yang mulai terbentuk mengembang sehingga memudahkan tersedotnya cairan gula dalam nira kotor tersebut.

b. Daerah *high vaccum* (40-55 cmHg)

Pada daerah ini nira tapis akan semakin terhisap sehingga nira yang terkandung dalam blotong menjadi lebih sedikit sehingga blotong akan semakin memadat. Proses penyaringan dan penyerapan nira tapis ini juga akan menjadi lebih baik dengan penambahan air bertekanan dengan suhu 70°C dan tekanan 2,5kg / cm². Nira tapis yang telah masuk ke dalam silinder *rottary vaccum filter* selanjutnya dipompa menuju peti tunggu nira tapis untuk kemudian dipompa lagi menuju ke bak RWS II (bak nira tertimbang)

c. Daerah *non vaccum*

Blotong yang telah terbentuk setebal ± 0,5-1 cm didaerah *high vacuum* akan tergaruk oleh skraper dan jatuh pada tampungan. Pada bagian dasar tampungan ini terdapat *belt conveyor* blotong yang berfungsi membawa blotong ke tempat penampungan blotong. Blotong ini merupakan produk samping yang masih mengandung unsur-unsur organik diantaranya NPK, sehingga blotong dimanfaatkan oleh petani sebagai pupuk pada tanaman tebu.



Gambar 4.2 Diagram Alir Proses Stasiun Pemurnian

4.2.4 Stasiun Penguapan

Proses yang terjadi di stasiun penguapan ini bertujuan untuk menguapkan sebagian air yang terkandung dalam nira dengan kehilangan gula seminimal mungkin dalam waktu yang singkat untuk memperoleh nira yang lebih pekat. Pada stasiun penguapan yang dimiliki PG. Madukismo ini terdapat 4 unit *evaporator* digunakan dalam proses dan 1 unit *evaporator* cadangan.

Sistem penguapan PG. Madukismo berlangsung secara kontinyu menggunakan sistem *multiple effect evaporator* dimana menggunakan 4 badan evaporator yang bekerja secara seri. Nira dapat mengalir dari evaporator I hingga IV karena adanya perbedaan tekanan uap dari masing-masing badan evaporator. Dimana tekanan uap dari evaporator I lebih tinggi dari pada badan evaporator dibelakangnya, dan semakin kebelakang nira yang dihasilkan semakin kental. Output yang diharapkan dari stasiun penguapan yaitu nira memiliki kekentalan sebesar $\pm 32^{\circ}\text{Be}$, jika kekentalan nira kurang dari itu dapat menambah beban pada stasiun kristalisasi karena proses pengkristalan akan berjalan lebih lambat. Nira yang masuk kedalam evaporator harus memiliki pH mendekati netral (7 – 7,2) untuk menghindari pembentukan kerak jika terlalu basa, sedangkan jika terlalu asam dapat merusak sukrosa. Sebelum nira encer masuk kedalam evaporator, nira terlebih dahulu ditampung dalam *clear juice tank* dengan suhu 105°C yang kemudian dipompa ke *Voor Warmer* III yang berfungsi sebagai pemanas awal nira encer dari stasiun pemurnian sebelum menuju evaporator.

Sistem kerja dari *Voor Warmer* III adalah sirkulasi dimana nira yang masuk melalui bawah dan dipompa ke atas dan bertemu dengan uap panas bekas penggerak turbin pada gilingan dan melewati lempengan tipis di evaporator sehingga terjadi perpindahan panas.

A. Evaporator I

Di PG Madukismo evaporator disusun secara seri, umpan nira yang masuk ke evaporator I yang sebelumnya telah ditampung dalam *buffer tank* terlebih dahulu dipanaskan di *Voor Warmer*. Uap panas yang digunakan pada evaporator I berasal dari uap bekas dari stasiun gilingan. Uap bekas yang digunakan bertekanan kurang lebih 1- 1,2 kg/cm^2 dan tekanan ruangnya adalah $\pm 1 \text{ kg/cm}$ dan suhu ruangan 110°C .

B. Evaporator II

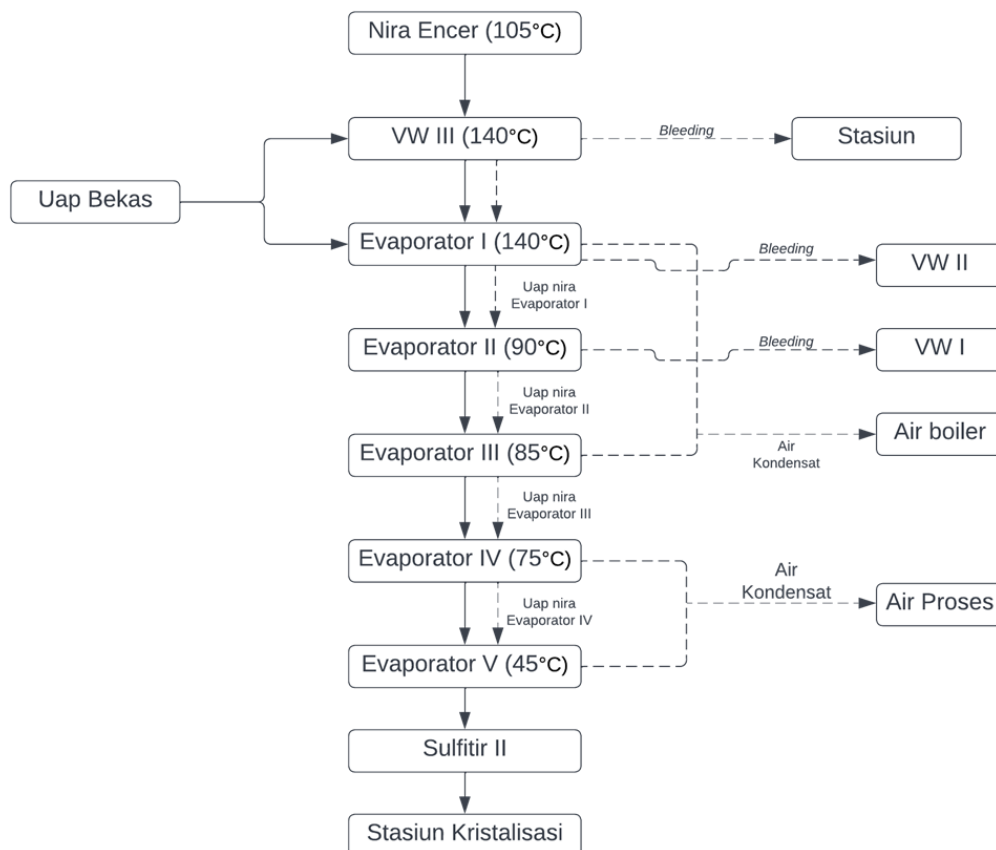
Output nira dari evaporator I dialirkan menggunakan jet ejector dengan efek venturi menjadi umpan evaporator II. Sedangkan, output uap dari evaporator I dialirkan ke evaporator II untuk digunakan sebagai *steam* pemanas. Tekanan ruang pada evaporator II adalah $\pm 1 \text{ kg/cm}^2$ dan temperatur ruangan 90°C .

C. Evaporator III

Umpan evaporator III berasal dari evaporator II, dimana nira dialirkan menggunakan prinsip beda tekanan. Dan *steam* yang digunakan adalah *steam* hasil pemanasan dari evaporator II. Temperatur evaporator III ini adalah 85°C dan tekanannya 80cmHg.

D. Evaporator IV

Umpan evaporator IV adalah output dari evaporator III, dimana nira dialirkan dengan prinsip beda tekanan. *Steam* yang digunakan adalah *steam* hasil pemanasan evaporator III. Temperatur evaporator IV ini adalah 75°C dan tekanannya 60cmHg. Karena nira pada badan IV semakin kental daripada badan sebelumnya, maka untuk menghindari terjadinya karamelisasi gula pada nira digunakan tekanan *vacuum* pada dua badan terakhir sehingga terjadi peningkatan kekentalan nira dibawah suhu 100°C. Sistem kerja *vacuum* dibantu oleh kondensor *barometric* yang menimbulkan tekanan sebesar ± 60 cmHg yang kemudian digunakan untuk menarik uap nira dari evaporator sebelumnya. Perubahan fase pada kondensor dari uap menjadi cair menyebabkan penurunan suhu dan volume sehingga tekanan *vacuum* semakin hampa.



Gambar 4.3 Diagram Alir Proses Penguapan

4.2.5 Stasiun Masakan

Pada stasiun masakan merupakan proses memasak nira kental hasil dari penguapan sehingga mengalami kristalisasi, yang dimana bertujuan untuk mengubah sukrosa dari nira menjadi kristal gula. Nira kental hasil penguapan di evaporator bagan 5 (akhir) yang masih berwarna coklat kehitaman dialirkan ke tank sulfitir untuk direaksikan dengan gas SO_2 hingga Ph mencapai 5,5 dengan waktu tinggal sebentar, bertujuan untuk menurunkan kadar warna atau memucatkan warna nira sehingga akan lebih terlihat terang. Proses pemucatan tersebut bertujuan untuk meningkatkan kualitas gula dan mengurangi viskositas dan mempermudah proses kristalisasi. Setelah melewati proses pemucatan, nira di alirkan ke bak penampung sementara, kemudian masuk ke pan masakan. Di PG madukismo terdapat 12 pan masakan yang dibagi menjadi 3 bagian pan berdasarkan gula masakan yaitu pan A, C dan D. Dimana A terdiri dari pan nomor 3,4,5, C terdiri dari pan nomor 6,7 dan D terdiri dari pan nomor 8, - 12. Dalam proses kristalisasi nira melalui 3 tahapan yaitu:

- Tahap pemekatan nira, dimana nira akan dipanaskan sampai lewat jenuh sehingga nira akan membentuk kristal sukrosa. sehingga untuk menjaga kristal tidak membentuk karamel maka pada pan masakan beroperasi dengan adanya tekanan vakum rata rata 62cmHg
- Tahap pembibitan, dimana diawal akan di beri foundat (bibit kristal gula) yang diperoleh dari PG3I Pasuruan.
- Tahap pembesaran kristal, proses pembesaran inti kristal yang telah terbentuk dengan pelapisan pada inti kristal

Dengan adanya proses penguapan hingga titik jenuh dimana menyebabkan terbentuknya kristal. Maka untuk mencapai tingkat kristalisasi yang baik maka ada beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu:

- Suhu, suhu dapat mempengaruhi kecepatan kristalisasi. Dimana semakin meningkat suhu maka semakin cepat waktu proses kristalisasi
- Tingkat kejenuhan Larutan, tingkat kejenuhan larutan mempengaruhi dimana semakin besar tingkat kejenuhan, kecepatan kristalisasi bertambah. Namun, apabila terjadi peristiwa lewat jenuh maka akan memperlambat kristalisasi karena kepekatan nira yang meningkat
- Kemurnian, semakin rendah kemurnian larutan, maka semakin berkurang kecepatan kristalisasinya. Hal tersebut disebabkan oleh terhalang nya pembentukan tarik menarik molekul sukrosa oleh kotoran yang terlarut. Harkat Kemurnian gula yaitu 80-85%. brix 60-65%, kadar air 35-40% dan kotoran 10-15%

Nira dari bak penampung sementara dialirkan ke pan dengan bantuan pompa. Di PG maduksimo, terdapat proses pemaskan berdasarkan sistem ACD. Masakan A menggunakan bibit

masakan dari gula C dan menghasilkan stroop A, klare SHS (Superior High Sugar), dan gula SHS. Dikarenakan HK (Harkat Kemurnian) klare SHS dan stroop A masih tinggi, akhirnya klare A dimasak ulang di masakan A. Sedangkan stroop A dimasak di masakan C dan menghasilkan stroop C serta gula C. Stroop C yang memiliki HK tinggi dimasak di masakan D dan menghasilkan gula D1 dan tetes, sedangkan gula D1 yang belum bersih diolah lagi dan menghasilkan gula D2 serta klare D. Gula D2 nantinya akan dimasak ulang di masakan C. Tetes dimasak menjadi alkohol di Pabrik Spiritus Madukismo.

Proses pemasakan dengan sistem ACD dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Masakan A

Proses masakan untuk gula produk, dimana ukuran kristal nya yaitu 0,8-1,2mm, Kemurnian 80-85%, brix 93% dengan bahan baku yaitu nira kental dan foundan dengan lama masakan 2-3 jam. Bahan bahan tersebut dimasak, kemudian masuk ke palung pendingin dengan waktu tinggal sebentar. Selanjutnya masuk ke puteran A, sehingga menghasilkan hasil akhir yang terdiri dari larutan (Stroop A) dan kristal gula. Kemudian gula masuk ke puteran SHS sehingga terjadi pemisahan klare dan gula. Dimana klare di alirkan ke bak penampung untuk dijadikan bahan masakan kembali, dan gula SHS dijadikan gula produk.

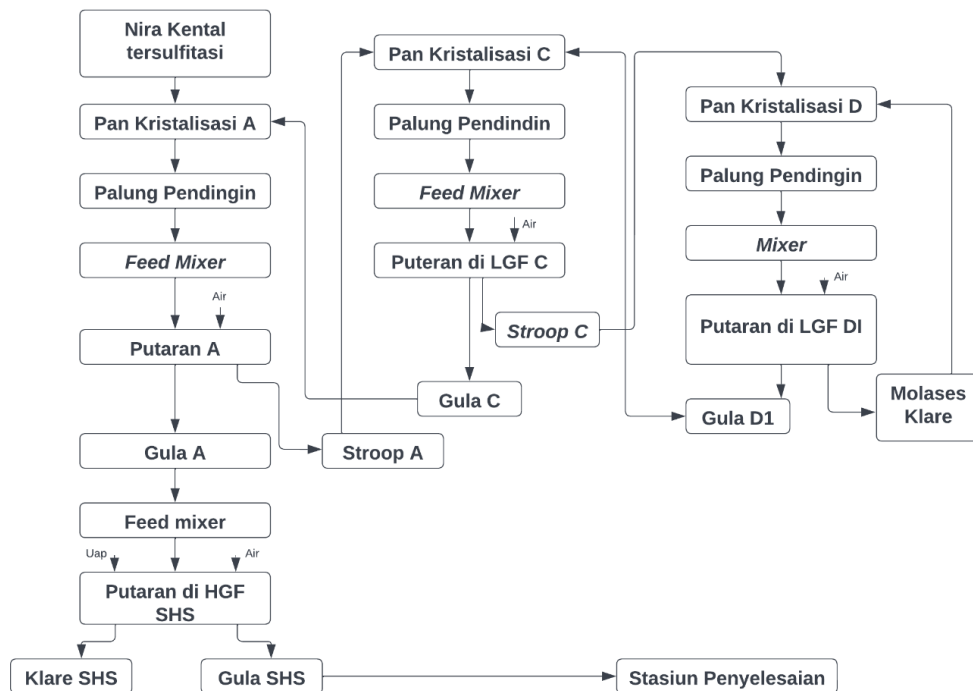
2. Masakan C

Stroop A hasil dari puteran gula A dengan Nira kental dan gula D2 hasil masakan D sebagai bahan baku di masakan C yang terdiri dari pan 6,7. Dengan ukuran kristal di masakan C yaitu 0,5-0,6. gula C akan digunakan sebagai bibit kristal di masakan A. Cara masakan nya yaitu stroop A ditambah dengan bibit gula. Jika kristal sudah sesuai dengan yang di inginkan maka proses kristalisasi dapat di hentikan, kemudian diturunkan ke palung pendingin. setelah itu masuk ke puteran dan menghasilkan stroop C dan gula C. HK kristalisasi C adalah 71-72% dengan % Brix 96% dengan lama masak yaitu 3-4 jam

3. Masakan D

Bahan pada masakan D adalah, stroop C, nira kental. Bibit gula pada masakan D di peroleh dari foundan dan diksap, dimana pembuatan bibit di lakukan di pan 9. Untuk kristalisasi D Stroop C, dan klare D dimasak di dalam pan. setelah kristalisasi mencapai ukuran yang diinginkan yaitu 0,3 mm maka proses kristalisasi diberhentikan. selanjutnya hasil kristalisasi D akan di puter di puteran D1, kemudian menghasilkan gula D1 dan tetes. setelah itu gula di puter di puteran D2 menghasilkan gula D2 dan klare. dimana klare akan dialirkan kembali untuk bahan masakan di D, sedangkan gula D2 akan masuk ke masakan C Sebagai bahan kristalisasi untuk pan masakan yaitu menggunakan pan 8-12. HK untuk kristalisasi D yaitu 59-60%, % brix 99% lama masak yaitu 6-8 jam. Kemudian gula pan dibuka untuk after cooking untuk gula dialirkan ke puteran dengan cara pipa vakum dibuka, uap bekas dibuang, aliran kondensat di tutup. Terdapat pipa pipa

dalam stasiun masakan yang dialirkan ke pan masakan, yaitu pipa warna merah adalah stroop A, pipa kuning adalah aliran Nira kental, warna coklat yaitu klare, warna hijau stroop c, warna putih yaitu steam dan pipa berwarna biru yaitu air panas.



Gambar 4.4 Diagram Alir Proses Masakan dan Putaran

4.2.6 Stasiun Putaran

Tujuan pada stasiun putaran adalah memisahkan kristal gula dengan menggunakan gaya sentrifugal. Proses pemutaran di PG Madukismo ada dua jenis centrifuge yang digunakan yaitu *high grade fugal* (HGL) dan *low grade fugal* (LGF). HGL berjumlah 9 buah HGF nomor 1,2,3 dan 4 digunakan untuk memisahkan antara gula SHS dan klare SHS pada HGF mempunyai putaran sistem batch yang memiliki waktu pemutaran selama 6 menit. Pada pemisahan klare SHS dan Gula SHS ditambahkan air panas (70-75°C) dan uap panas 100°C. Sedangkan nomor 5 hingga 9 digunakan untuk memisahkan antara gula A dan stroop A. Pada pemisahan gula A dan stroop A tidak perlu ditambahkan uap dalam hal ini HGF beroperasi secara diskontinyu, dimana setiap operasinya melalui beberapa tahap yaitu perputaran basket mula-mula dari perputaran yang besar dan kecil dengan kecepatan antara 200 dan 180 rpm. pipa air pencuci dibuka dan membasuh saringan kurang lebih 5 detik.

Katup pengisiannya terbuka dengan otomatis, masakan masuk kedalam basket setelah kecepatan putar mencapai 250 rpm. Setelah bahan masuk, pengaturan ketebalan gula tertentu (feed limit), media katup pengisian menutup steaming cover (penutup basket). Kecepatan putar naik 375 rpm (low speed), bersama kenaikan tersebut air pembilas menyembrot skrap. setelah penyemprotan dengan air dilanjutkan penyemprotan dengan uap (untuk putaran SHS) dan

dilanjutkan penyemprotan dengan air (untuk putaran A). Penyemprotan dilakukan selama kurang lebih 12 detik pada kecepatan tinggi (1000 rpm). Kecepatan turun dengan pelan pada kecepatan 350 rpm, rpm akan bekerja secara otomatis sehingga kecepatannya akan turun 100-200 rpm klep penutup terbuka dan scrapper turun dengan bersamaan membukanya lubang saringan gula. Scrapper masuk ke dalam basket untuk melepaskan gula secara otomatis. Setelah gula turun, scrapper kembali keatas untuk dimulai lagi pemutaran berikutnya. kinerja alat ini berlangsung secara otomatis.

Low grade fugal (LGF) beroperasi secara kontinyu dengan penambahan air dingin (32°C) dan digunakan untuk masakan C dan D. PG Madukismo menggunakan 8 buah alat LGF. LGF nomor 1 dan 2 digunakan untuk pemutaran masakan C yang berfungsi untuk memisahkan gula C dan stroop C untuk pemutaran gula D dilakukan pada LGF nomor 3 hingga 6 dan dihasilkan gula D1 dan klare D. gula D1 yang dihasilkan dileburkan kembali dan digunakan sebagai bahan masakan C, sedangkan klare D yang dihasilkan digunakan untuk bahan masakan D. Didalam puteran terdapat jenis saringan yang meliputi:

- saringan bagian dalam (*working screen*)
- Saringan penyangga (*buffer screen*)
- Saringan bagian luar (*backing screen*)

Masakan A diputar ulang dengan puteran diskontinyu menghasilkan kristal SHS. Gula hasil pemutaran dibawa ke stasiun penyelesaian melalui beberapa tahapan, yaitu Gula SHS dan puteran SHS masih dalam keadaan basah. gula ini dikeringkan dalam unit sugar dryer dan cooler melalui bucket elevator I. Didalam alat pengering, gula berbentuk debu dihisap dengan blower kemudian ditangkap dengan dust elector. Debu gula dari dust elector dilebur kembali dan digunakan sebagai bahan masakan di stasiun kristalisasi, gula yang dikeringkan dibawa ke talang getar dengan bucket elevator II. encek-encek memiliki beberapa ukuran saringan, sehingga diperoleh gula dengan ukuran normal, gula kasar dan gula halus gula dengan ukuran normal 0,9-1,1 mm kristal gula kasar dan halus kemudian dialirkan ke bak nira kental untuk dimasak lagi. Gula produk dikemas lagi dalam karung plastik dan ditimbang secara otomatis dicek dengan timbangan berkel agar sesuai dengan berat sebenarnya. Gula yang telah dikemas ditampung dalam penyimpanan. Adapun proses dimana gula akan terpisah dari larutannya yaitu sebagai berikut:

1. Proses Pemisahan Kristal Kristalisasi A

Kristalisasi A yang ditampung di talang atas alat pemutaran akan diturunkan pada ketebalan tertentu kedalam alat tersebut dan diputar pada kecepatan maksimal di high grade fugal (1000 rpm untuk broadbent dan 870 rpm untuk batch sanger hausen). Putaran dimulai dengan kecepatan rendah (0-200 rpm), bahan kemudian dimasukkan, diputar sampai kecepatan 370 rpm,

low speed, medium speed, dan akhirnya high speed. Saat kecepatan itulah dilakukan pencucian dengan air kemudian uap bertekanan 2,5-3 kg/cm secara bergantian, kecepatan putaran kemudian diturunkan sampai medium speed, low speed. Kemudian dilakukan scrapping menggunakan pisau khusus yang ada dalam sentrifugal, dan akhirnya putaran selesai. Hasil putaran A ini adalah Gula A dan Stroop A. Stroop A dipompa menuju bak tampung stroop A untuk kemudian dipompa lagi menuju peti tunggu di stasiun kristalisasi, sedangkan gula A turun ke talang getar untuk dicampur dengan gula A dari putaran batch pada mixer A. Didalam mixer A, gula A dicampur dengan air dengan tujuan untuk memisahkan kristal sekaligus memudahkan pemompaan ke putaran SHS. Selanjutnya mixer gula A ini dipompa ke talang getar putaran SHS untuk kemudian diputar di putaran SHS.

2. Proses pemisahan Kristal Gula A

Gula A hasil pemutaran kristalisasi A selanjutnya diputar lagi. Pemutaran kedua kalinya ini bertujuan menyempurnakan proses penghilangan kotoran pada kristal gula sehingga kristal gula yang dihasilkan memiliki kemurnian yang lebih tinggi dan berwarna lebih putih dari sebelumnya. Untuk mendapatkan kristal gula ini dilakukan penyemprotan uap panas dengan tekanan kurang lebih 3 kg/cm selama kurang lebih 15 detik proses pemutaran yang berkecepatan 1000 rpm ini akan menghasilkan gula SHS dan klare SHS, klare SHS akan dipompa lagi ke peti tunggu di stasiun kristalisasi. Sedangkan gula SHS akan diturunkan ke talang getar untuk penyelesaian akhir kristalisasi gula.

3. Pemisahan Kristalisasi C

Kristalisasi C yang telah tertampung di talang atas putaran C selanjutnya diturunkan ke alat putaran tersebut dengan jumlah tertentu. Saat proses mulai dilakukan, bahan yang masuk ditambahkan air cucian yang bersuhu 60-70°C. Kemudian diputar dengan kecepatan 1600 rpm, hasil putaran ini adalah gula C dan stroop C, stroop C ditampung dalam bak penampungan untuk kemudian dipompa ke peti tunggu di stasiun kristalisasi, sedangkan gula C setelah ditambahkan air secukupnya ditalang kemudian dipompa ke peti bibitan C di stasiun kristalisasi untuk digunakan sebagai bibitan kristalisasi A. Di peti ini pun bibitan C diencerkan untuk memudahkan pemompaan ke pan kristalisasi.

4. Pemisahan kristal Kristalisasi D

Kristalisasi D mempunyai kekentalan tinggi, namun HK-nya rendah, Hal ini menyebabkan pemisahan kristal (pemutaran) lebih sulit, untuk mengurangi viskositas dari kristalisasi ini dilakukan penambahan tetes yang telah diencerkan pada kristalisasi D ketika masih berada ditalang bawah palung pendingin. Setelah diturunkan dari talang atas putaran ke alat putaran, kristalisasi D ini kemudian diputar dengan kecepatan 1900-2175 Rpm. Kecepatan putaran yang lebih tinggi dari pada putaran yang lain berkaitan dengan kemurnian kristalisasi D

ini rendah, sehingga diperlukan kecepatan yang memadai sehingga kristal gula dapat terpisah dari larutannya. Hasil dari putaran ini adalah gula D dan tetes. Tetes merupakan hasil dari pemisahan kristal yang masih mengandung gula. Gula tersebut sudah tidak dapat dipungut karena bercampur dengan kotoran dalam jumlah yang sangat tinggi. Diusahakan kadar gula yang terkandung dalam tetes seminimal mungkin untuk menekan kehilangan gula. Tetes dapat ditampung dalam bak penampung tetes kemudian ditimbang, ditambahkan air untuk mengurangi kepekatan sampai brix tertentu. Selanjutnya tetes dipompa menuju pabrik spritus. Gula D diputar kembali karena gula D ini masih membawa kotoran, untuk memudahkan pemisahan kotoran ini ditambahkan air panas (40°C) secukupnya atau dengan penambahan klare D, sehingga dihasilkan kristal gula yang bersih. Pemutaran ini dilakukan dengan kecepatan 2210 rpm, pemutaran ini menghasilkan gula D dan klare D. Kemudian ditampung dalam bak tampungan klare D untuk kemudian dipompa menuju peti tunggu di stasiun kristalisasi, sedangkan gula D setelah diencerkan dipompa ke peti gula D di stasiun kristalisasi untuk digunakan sebagai bibit kristalisasi C. Di peti ini pula gula D diencerkan untuk memudahkan pemompaan ke pan kristalisasi.

4.2.7 Stasiun Penyelesaian

Gula yang keluar dari stasiun puteran masih memiliki kandungan air atau dalam kondisi lembab. Gula yang masih mengandung air akan mudah rusak, cair serta menggumpal bila dibandingkan dengan gula kering, sehingga perlunya pengeringan sebelum masuk pada tahap pengemasan dan disimpan. Pada stasiun penyelesaian, gula SHS di PG. Madukismo akan diproses dengan berbagai tahapan, adapun beberapa tahapannya sebagai berikut:

1. Tahap Pengeringan dan Penyelesaian

Kristal gula yang keluar dari puteran SHS kemudian turun pada talang goyang, kristal gula akan dikontakkan dengan udara dimana hal ini bertujuan untuk pengoptimalan proses pengeringan dan penyelesaian serta kristal gula putih akan terlempar sehingga kristal gula tidak akan menggumpal atau menyatu satu sama lain. Pada stasiun penyelesaian PG. Madukismo memiliki IV talang goyang dan III elevator, dimana perjalanan pengeringan gula dimulai dari talang goyang I kemudian masuk ke elevator I dan dihembuskan udara panas (80°C) yang berasal dari uap bertekanan 2,5 - 3 kg/cm². Dari elevator I gula dibawa naik ke talang getar II, pada talang getar II terjadi pengeringan alami dan penyaringan gula dengan besar saringan 4 x 4 lubang/inch. Gula yang sesuai standar akan lolos dari saringan, sedangkan kristal yang gula besar (menggumpal) akan tertahan disaringan. Kemudian gula yang tidak lolos dari saringan akan tertampung dalam bak dan kemudian dileburkan. Dari talang getar II gula akan dibawa ke elevator II untuk dikeringkan dan melalui ban transport ban dibawa ke talang getar III. Lalu pada talang getar III terdapat dua bagian talang getar yang dilengkapi saringan, saringan pertama

dengan ukuran 10 x 10 lubang/inch dan saringan kedua dengan ukuran 23 x 23 lubang/inch. Gula yang tertahan pada saringan pertama merupakan gula yang menggumpal dan gula yang lolos pada saringan kedua merupakan gula kristal halus, dimana semua gula ini akan tertampung di bak peleburan. Sedangkan kristal gula yang tidak lolos pada saringan kedua akan dibawa ke elevator III untuk dikeringkan dan melalui *transport* ban dan dibawa ke talang getar IV.

Pada talang getar IV memiliki saringan dengan ukuran 22 x 23 lubang/inch dimana kristal gula yang terlalu besar akan tertahan dan ditampung di bak pelebur, sedangkan kristal yang memenuhi standar akan turun ke Silo. Pada talang getar IV juga dilengkapi penyedot debu gula dimana hal ini berfungsi untuk menghilangkan debu dan udara, serta apabila dijumpai gula yang ternyata dalam kondisi basah, gula akan dipisahkan dan dibawa ke talang getar, namun apabila gula masih basah sekali maka gula akan dimasukkan ke talang getar yang menuju mixer A untuk diproses kembali. Sebelum gula masuk kedalam silo untuk dikemas gula terlebih dahulu melewati vibrating screen, dimana pada vibrating screen akan dipisahkan antara gula kasar, gula halus, dan gula produk. Dengan ukuran saringan gula kasar 64 mesh, gula produk dengan ukuran saringan 180 mesh dan untuk gula halus dengan ukuran 1 mesh (16 lubang saringan terdapat pada 1 inch²). Kristal-kristal gula yang tidak memenuhi standar (gula halus, kotor, menggumpal), akan dilebur dan dipompa ke bak diksap I (nira kental sebelum tank sulfitasi).

2. Tahap Pengemasan

Pada proses pengemasan alat silo yang digunakan PG. Madukismo sudah dilengkapi dengan timbangan otomatis, sehingga gula dapat otomatis dikemas dengan berat 50 kg (berat netto) dan juga ada yang dikemas dalam ukuran 1 kg menggunakan mesin pengemas *Filvo Vertical Fill and Seal Machine with Double Head Weighing Sytem* dan menggunakan plastik jenis OPP, sedangkan pengemas yang digunakan untuk ukuran 50 kg adalah plastik PVC yang dilengkapi dengan kemasan karung plastik *inert bag*. Selanjutnya gula yang telah dikemas ini ditimbang kembali untuk pengecekan berat, baru kemudian ujung karung dijahit dan gula siap untuk didistribusikan atau disimpan digudang. Apabila gula yang dikemas tidak memenuhi standar visual atau layak jual maka gula akan dibawa kembali ke bejana peleburan untuk dilebur dan diolah kembali. Gula tidak layak jual memiliki visual berwarna kekuningan dan agak basah atau memiliki kadar air yang tinggi.

3. Tahap Penyimpanan Gudang

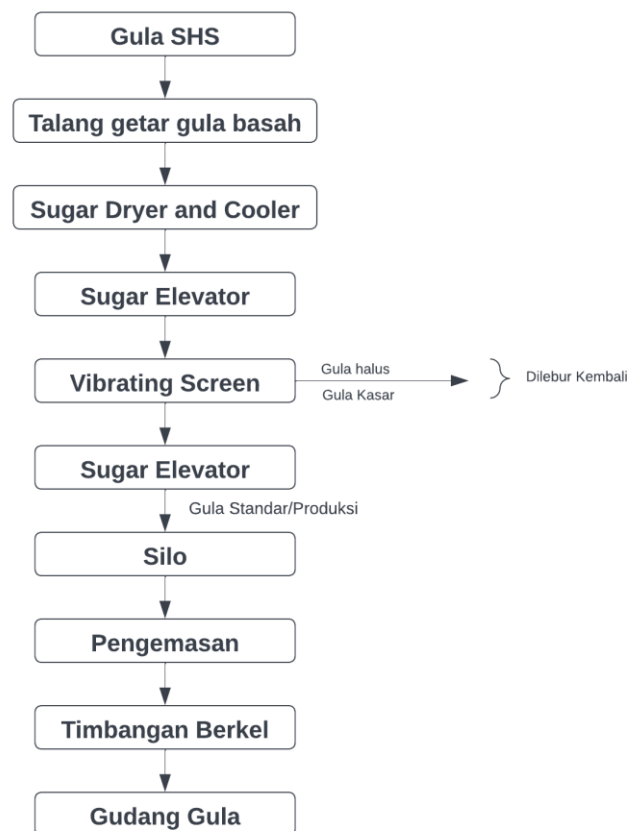
Gula yang telah dikemas sebelum dipasarkan/ditampung dalam gudang. Gudang gula yang dimiliki PG. Madukismo antaran lain:

- Gudang gula A: memiliki kapasitas 170.000 kwintal. Fungsi gudang gula A adalah menyimpan gula yang siap untuk dipasarkan.

- Gudang gula B: memiliki kapasitas 340.000 kwintal. Fungsi gudang gula B memiliki fungsi yang sama dengan gudang gula A namun kapasitas yang dimiliki lebih besar.
- Gudang gula C: memiliki kapasitas 2000-3000 kwintal. Fungsi gudang gula C adalah untuk menyimpan gula kotor atau gula yang belum sempurna. Dimana nantinya gula C akan digunakan sebagai bibit untuk masa giling periode berikutnya.

Agar gula yang disimpan lebih tahan lama ada beberapa perlakuan untuk penyimpanan gula di PG. Madukismo, antara lain sebagai berikut:

- Gudang dijaga agar tidak lembab agar menjaga ruangan gudang tidak lembab, diberikan penerangan berupa lampu-lampu neon pada gudang terutama pada malam hari. serta pada bagian langit-langit gudang terbuat dari kaca sehingga cahaya matahari dapat masuk.
- Antara tumpukan gula dan dinding diberi jarak 1,5.
- Tumpukan diusakan serapat mungkin dengan tinggi maksimum 50 tumpukan. Untuk menimbun gula digedung, digunakan *crane* dengan kapasitas 1 ton.
- Dasar tumpukan gula tidak langsung menyentuh lantai.



Gambar 4.5 Diagram Alir Proses Penyelesaian

4.3 Neraca Massa

4.3.1 Neraca Massa Stasiun Gilingan

Tabel 4.1 Neraca Massa Stasiun Gilingan

Komponen	Input	Output
Tebu	125	
Air imbibisi	42.33	
Nira mentah		130.94
Ampas		36.36
Total	167.33	167.33

4.3.2 Neraca Massa pada stasiun Pemurnian

Tabel 4.2 Neraca Massa Juice Heater 1

Komponen	Input	Output
NM1 masuk	130.9447	
Filtrat	18,75	
NM 2+ Filtrat		149,69
Total	149,69	149,69

Tabel 4.3 Neraca Massa pada Defecator

Komponen	Input	Output
NM2	149,69	
Larutan Ca (OH) ₂	2,69	
NM3		152,38
Total	152,38	152,38

Tabel 4.4 Neraca Massa Sulfitator

Komponen	Input	Output
NM 3	152,38	
Gas SO ₂	0,138	
NM 4		152,52
Total	152,52	152,52

Tabel 4.6 Neraca Massa Juice Heater 2

Komponen	Input	Output
NM 4	152.52	
NM 5		152.52
Total	152.52	152.52

Tabel 4.7 Neraca Massa Clarifier

Komponen	Input	Output
NM5	152,52	
Flokulan	1.83	
Bagasilo	0.88	
Air siraman	2.50	
Nira jernih		134.05
Blotong		4.88
Filtrat		18,75
Total	157.69	157.69

4.3.3 Neraca Massa Pada Stasiun Penguapan

Tabel 4.8 Neraca Massa Evaporator 1

Komponen	Input	Output
Nira Jernih	134.05	
H ₂ O		27.40
Nira Kental 1		106.64
Total	134.05	134.05

Tabel 4.9 Neraca Massa Evaporator 2

Komponen	Input	Output
Nira Kental 1	106,64	
H ₂ O		27.40
Nira Kental 2		79.24
Total	106,64	106,64

Tabel 4.10 Neraca Massa Evaporator 3

Komponen	Input	Output
Nira Kental 2	79.24	
H ₂ O		27.40
Nira Kental 3		51,83
Total	79.24	79.24

Tabel 4.11 Neraca Massa Evaporator 4

Komponen	Input	Output
Nira Kental 3	51.83	
H ₂ O		27.40
Nira Kental 4		24.42
Total	51,83	51,83

4.3.4 Neraca Massa Pada Stasiun Masakan

Tabel 4.12 Neraca Massa Pan A

Neraca bahan	Input	Output
Nira kental	24.42	
Gula DII	5.77	
Gula C	2.03	
Klare SHS	1.13	
Gula A		9,71
Stroop A		16,35
H ₂ O		7,26
Total	33.33	33.33

Tabel 4.13 Neraca Massa Pan C

Komponen	Input	Output
Gula D II	1.31	
Stroop A	3,71	
Gula C		2.00
Stroop C		2,79
H ₂ O		0.22
Total	5,02	5,02

Tabel 4.14 Neraca Massa Pan D

Komponen	Input	Output
Stroop C	2,79	
Klare D	2,23	
Stroop A	12,64	
Tetes		6.75
Gula D I		8.93
H ₂ O		1.99
Total	17,67	17,67

Tabel 4.15 Neraca Massa Overall

Komponen	Input	Output
1.Gilingan		
Tebu	125	
Air imbibisi	42,33	
Ampas		36,39
2.Juice heater		
Filtrat	18,75	
3.Defecator		
Ca (OH) ₂	2,69	
4.Sulfitator		
Gas SO ₂	0,14	
5.Clarifier		
Flokulan	1,79	
Bagasilo	0,87	
Air siraman	2,50	
Blotong		4,88
Flitrat		18,75
6.Evaporator 1		
H ₂ O		27,40
7.Evaporator 2		
H ₂ O		27,40
8.Evaporator 3		
H ₂ O		27,40
9.Evaporator 4		
H ₂ O		27,40
10.Masakan		
Gula SHS		9,71
Tetes		6,75
Uap air pan A		7,26
Uap air pan C		0,22
Uap air pan D		1,99
Total	194,08	194,08

$$\text{Efisiensi produk} = \frac{\text{Jumlah produk}}{\text{Jumlah bahan baku}} \times 100\%$$

$$Efisiensi Produk = \frac{97,1}{125} \times 100\%$$

$$= 79,84 \%$$

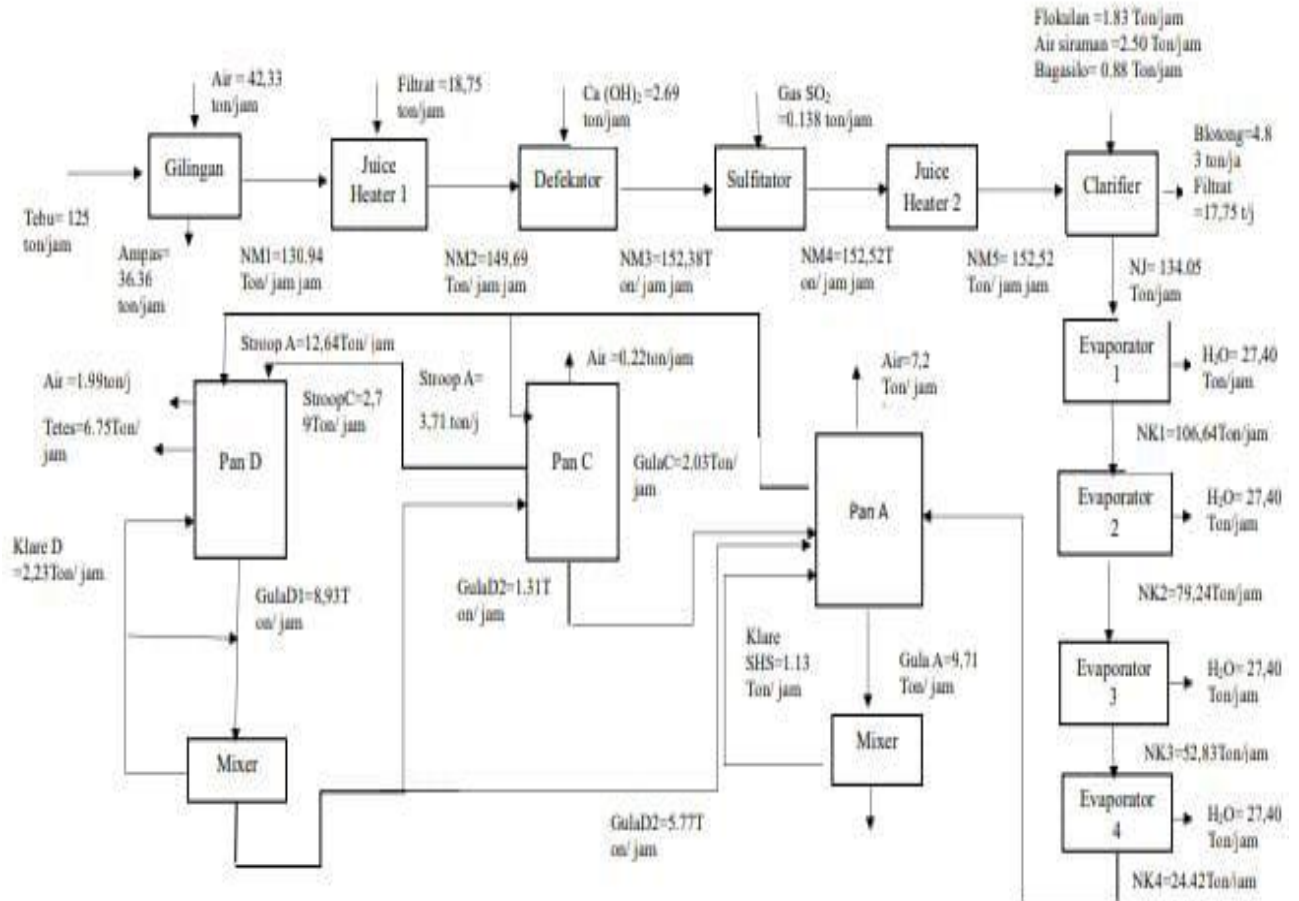
4.2.4. Diagram Alir Neraca Massa Overall

Diagram alir neraca massa overall proses pembuatan gula PG.Madukismo Yogyakarta

Basic : 1 jam operasi (ton/jam)

Kapasitas giling : 3000 Ton Crane Day (TCD)

Kapasitas tebu masuk : 125 ton/ jam



4.5 Neraca Panas

4.5.1 Neraca Panas stasiun penguapan

4.16 neraca panas evaporator 1

Komponen	Input	Output
Uap	17620968,49	
Nira	13839398,09	
Kondensat		17541483,64
H ₂ O		3045091,926
Nira		10018881,47
Q loss		854909,54
Total	31460366,58	31460366,58

Tabel 4.17 Neraca Panas Evaporator 2

Uap	3045091,91	
Nira	10018881,47	
H ₂ O	17541483,64	
Kondensat		17429108,51
H ₂ O		5651646,76
Nira		6427315,56
Q loss		1097386,2
Total	30605457,04	30605457,04

Tabel 4.18 Neraca Panas Evaporator 3

Uap	17429108,51	
Nira	6427315,56	
H ₂ O	5651646,761	
Kondensat		17292065,67
H ₂ O		7564764,82
Nira		3353831,045
Q loss		1297409,30
Total	29508070,84	29508070,84

Tabel 4.19 Neraca Panas Evaporator 4

Uap	17292065,67	
Nira	3353831,045	
H ₂ O	7564764,82	
Kondensat		27408,5681
H ₂ O		8650144,12
Nira		842519,4031
Q loss		18690589,44
Total	28210661,54	28210661,54

4.5.2 Neraca Panas stasiun masakan

Tabel 4.20 Neraca panas masakan A

Komponen	Input	Output
Uap	17541483,64	
Nira	849947,80	
Gula D II	95453,65	
Gula C	49713,18	
Klare SHS	48841,014	
Kondensat		17034425,13
H2O		691969,7743
Gula A		190473,0249
Stroop A		396031,5225
Qloss		495557,92
Total	18565082,10	18565082,10

Tabel 4.22 Neraca Panas masakan C

Komponen	Input	Output
Uap	1754148,64	
Gula D II	34751,49327	
Stroop A	117488,435	
Kondensat		17034425,13
H2O		25408,72534
Gula C		48841,01414
Stroop C		89490,773
Qloos		495557,92
Total	17693723,57	17693723,57

Tabel 4.23 Neraca panas masakan D

Komponen	Input	Output
Uap	17541483,64	
Stroop C	89490,77351	
Klare D	24142,32986	
Stroop A	285615,0789	
Kondensat		17034425,13
H2O		216538,3593
Tetes		216538,3593
Gula D1		153043,2015
Qloss		398945,5275
Total	179407,82	179407,82

Tabel 4.24 Neraca panas overall

Komponen	Input (kkal/jam)	Komponen	Output (kkal/jam)
Nira	13839398,09	Kondensat evp 1	17541483,64
Uap Evp 1	17620968,49	Kondensat evp 2	17429108,51
Uap Evp 2	3045091,92	Kondensat evp 3	17292065,67
Uap Evp 3	17429108,51	Kondensat evp 4	27408,56
Uap Evp 4	17292065,67	H2O evp 1	3045091,926
Uap masakan A	17541483,64	H2O evp 2	5651646,76
Uap masakn C	17541483,64	H2O evp 3	7564764,8
Uap Masakan D	17541483,64	H2O evp 4	8650144,12
		Kondensat masakan A	17034425,12
		H2O masakan A	691969,77
		Gula shs	161117,04
		Kondensat masakan B	17034425,13
		H2O masakan B	25408,72
		Kondensat masakan C	17034425,13
		H2O masakan C	216538,35
		Tetes	137779,6055
Total	121851083,6	Total	121851083,6

Total Heat loss

$$= \frac{854909,5 + 1097386,2 + 1297409,3 + 18690589,4 + 252182,62 + 495557,92 + 398945,52}{125250239,5}$$

$$= 22688035,07 \text{ kkal/jam}$$

$$\text{Panas yang hilang} = \frac{\text{kehilangan panas}}{\text{total panas}} \times 100\%$$

$$\text{Panas yang hilang} = \frac{22688035,07}{53503754,71} \times 100\%$$

$$= 42,40456617\%$$

$$\text{Efisiensi panas} = \frac{\text{Panas yang hilang}}{\text{Total panas}} \times 100$$

$$= 535037,54 \%$$

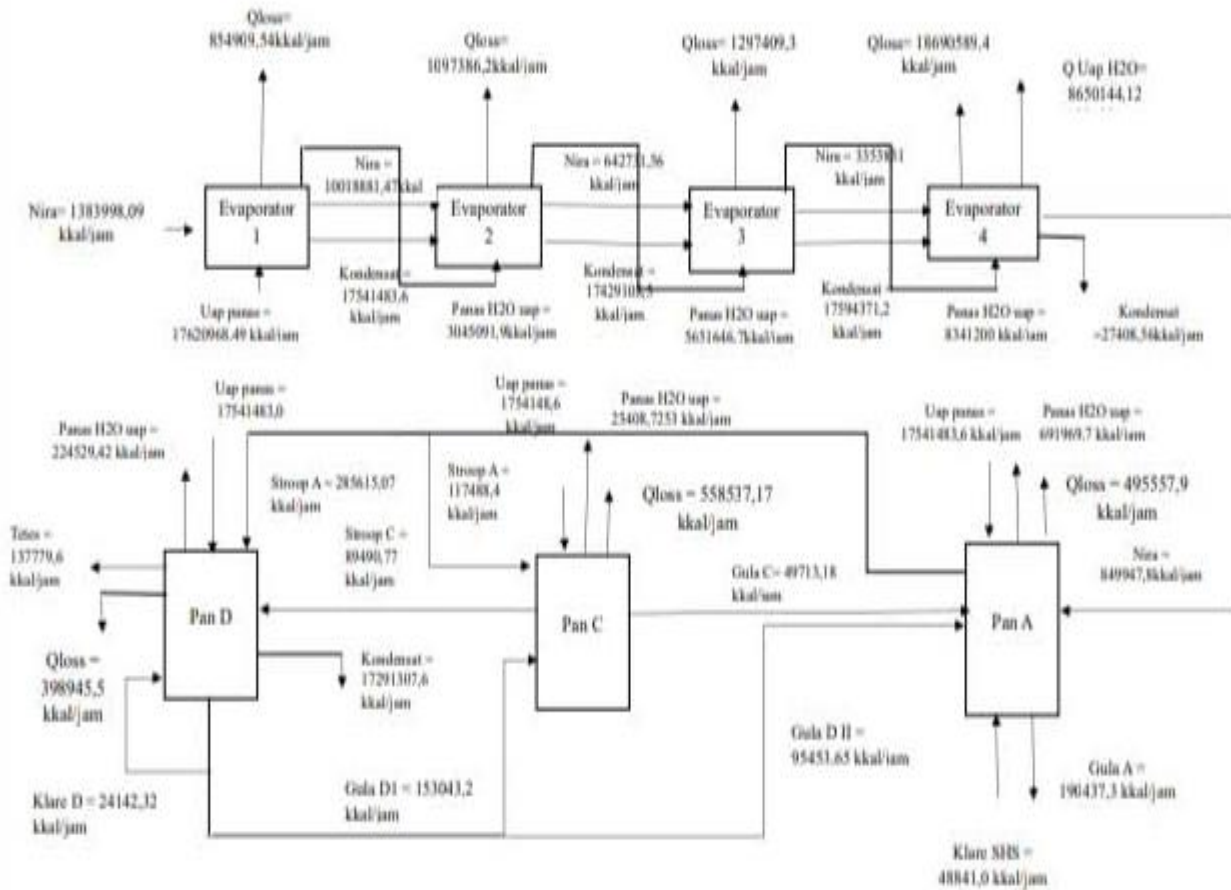
$$= 53\%$$

4.2.3 Diagram Alir Neraca Panas Overall

Diagram alir neraca Panas overall proses pembuatan gula PG.Madukismo Yogyakarta

Basic : 1 jam operasi (ton/jam), kapasitas tebu masuk: 125 ton/jam

Kapasitas giling : 3000 Ton Crane Day (TCD)



4.5 Flowsheet Proses Produksi

4.6 Spesifikasi Alat Utama dan Alat Pendukung

4.6.1 Stasiun Persiapan

a. Timbangan Bruto

Timbangan Bruto merupakan timbangan yang berada distasiun persiapan yang berfungsi untuk menimbang tebu yang baru diangkut dari kebun beserta dengan truk nya
Spesifikasi alat:

Merek : Bekel
Kapasitas : 20 Ton
Jumlah Alat : 1 Unit
Waktu Operasi : 24jam

b. Cane Crane

Cane crane adalah alat gerak yang berfungsi untuk memindahkan tebu dari truk ke lori.

Kapasitas : 20 ton
Jumlah alat : 2 unit
Waktu operasi : 24jam

c. Timbangan Tara

Timbangan tara pada PG Madukismo memiliki sistem kerja yang sama dengan timbangan bruto yaitu berfungsi untuk menimbang berat truk kosong.

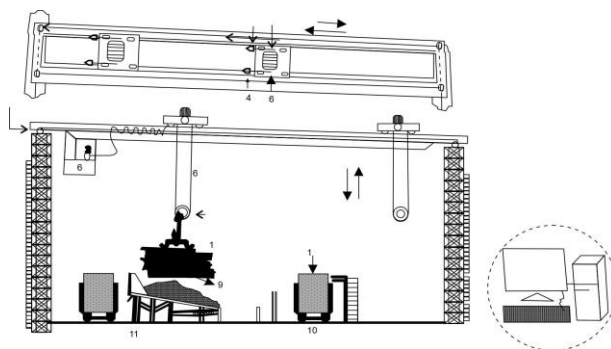
Merek : Berkel
Kapasitas : 10 ton
Jumlah alat : 1 unit
Waktu operasi : 24jam

d. Lori

Lori adalah alat angkut tebu dari stasiun emplesmen ke stasiun penggilingan Jumlah lori yang dimiliki PG Madukismo sebanyak 20 lori dengan waktu operasi 24 jam

4.6.2 Stasiun Gilingan

a. Cane Crane



Gambar 4. 6 Cane Crane

Cane crane alat yang terdapat di st. gilingan sebelum tebu masuk ke meja tebu, cane crane digunakan untuk mengangkat tebu yang dari truk atau lori.

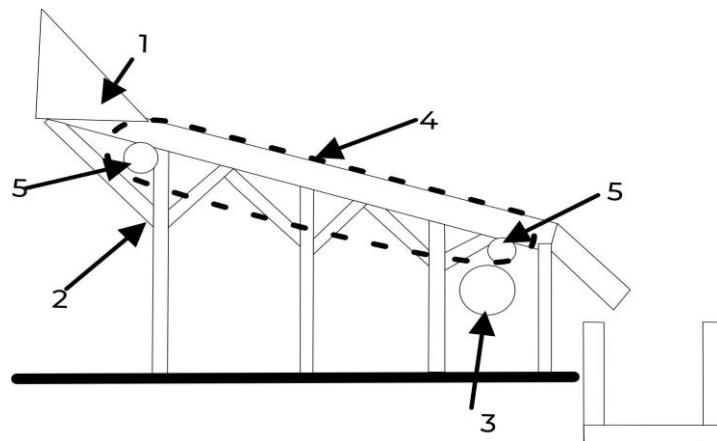
Spesifikasi Alat:

Tipe	: MHG-DEMAG
Waktu tiap siklus	: 5 menit
Berat tebu tiap lori	:10 Ton
Tinggi angkat maksimal	: 12 m
Kapasitas angkut	: 5,10 dan 16 ton
Jumlah	: 2 unit

Fungsi masing masing bagian dari cane crane adalah :

1. Konstruksi dan jembatan rel : Jalur roda secara horizontal ketika beroperasi
2. Ruang Operator : Ruang khusus untuk mengatur cane crane
3. Motor listrik : Menggerakkan arah maju dan mundur derek
4. Penggulung wire rope : Menggulung tali sling
5. Tali Baja : Tali Pengangkut tebu
6. Rantai Pengikat : Pengikat dari lori dan dipindahkan ke meja tebu
7. Gebral : Besi Pengait pengikat tebu
8. Lori : Alat angkut Tebu dari tempat penampungan tebu ke meja tebu
9. Meja Tebu : Tempat Meletakkan Tebu

b. Cane Table



Gambar 4. 7 Cane Table

Cane table pada stasiun gilingan berfungsi untuk masuk ke cane carrier. Motor listrik dijalankan sehingga rantai bergerak dan tebu masuk ke cane carier. Prinsip kerjanya yaitu tebu yang ada dimeja tebu akan bergeser karena adanya rantai peghantar yang terpasang pada plat meja dengan ukuran 14 x 2 m.

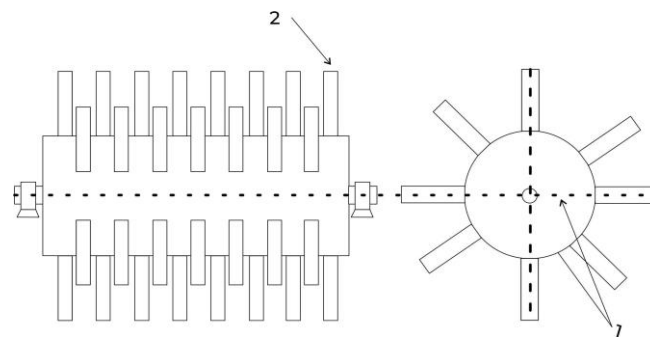
Spesifikasi Alat:

Jumlah	: 2 unit
Kode Rantai	: C 132
Kapasitas	: 15 ton
Kecepatan Rantai	: 5 m/mrnit
Sudut Kemiringan	: 15 derajat
Panjang Meja	: 7,5 m
Lebar Meja	: 6 m
Jumlah Rantai	: 9 buah

Fungsi bagian-bagian cane table adalah:

1. Meja : Tempat meletakkan tebu dari truk atau lori
2. Tiang : Penyangga meja tebu
3. Motor listrik : Penggerak rantai untuk tebu dari meja tebu
4. Rantai : Memindahkan tebu masuk ke cane carrier
5. Rol : Alat untuk menarik Rantai di meja tebu

c. Cane Leveller



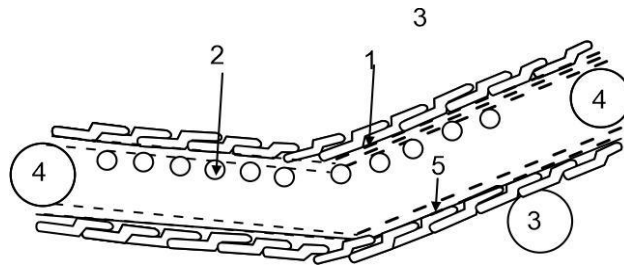
Gambar 4. 8 Cane Leveller

Cane leveller berfungsi untuk menghantarkan tebu jatuh ke meja tebu dan meratakan posisi tebu saat jatuh di cane table sebelum masuk ke cane carier

Spesifikasi:

Jumlah	: 2 unit
Panjang	: 6000 mm
Diameter	: 300 mm
Diameter AS	: 150 mm

d. Cane Carrier



Gambar 4. 9 Cane Carrier

Cane Carrier adalah alat yang berfungsi untuk membawa tebu dari cane table ke gilingan. Dimana mekanisme kerja dari cane carier ini adalah dengan menggerakan gearbox dan mengangkat tebu yang turun dari cane table menuju unigrator di gilingan

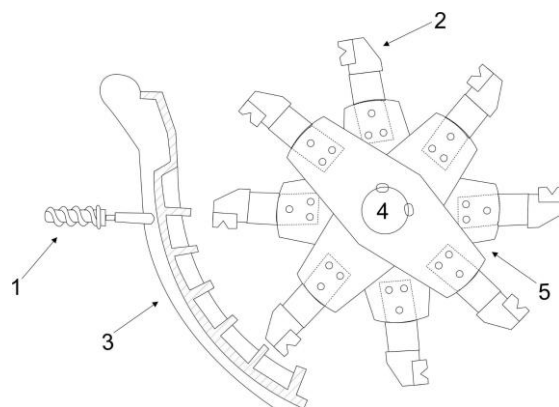
Spesifikasi Alat

Lebar	: 2115 mm
Tinggi isi	: 1,5 m
Panjang total	: 35500mm
Bluk Density	: 175 kg/m ³
Kecepatan rantai penggerak	: 9 m/menit
Kapasitas	: 300 TCH

Fungsi bagian-bagian dari cane carrier:

1. Krepyak : berfungsi sebagai pembawa tebu
2. Rol penahan : berfungsi sebagai penahan krepyak pada alur krepyak
3. Rantai : berfungsi sebagai kedudukan krepyak
4. Rol penggerak : berfungsi untuk menggerakkan roda gigi penggerak

e. Unigrator



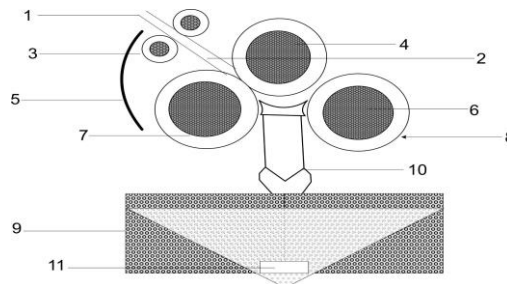
Gambar 4. 10 Unigrator

Unigrator merupakan alat yang sangat penting di stasiun gilingan. Dimana unigrator ini berfungsi untuk mencacah dan menghancurkan batang tebu menjadi serabut yang terpecah pecah. Mekanisme kerja unigrator yaitu digerakkan dengan turbin uap.

Spesifikasi Alat

Jumlah	: 56 buah
Pengerak	: Turbin uap
Putaran normal	: 4500 rpm
Putaran maksimal	: 5000 rpm

f. Gilingan



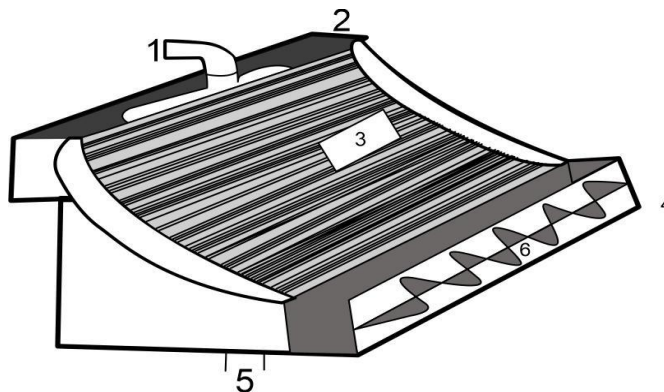
Gambar 4. 11 Gilingan

Gilingan memiliki fungsi sebagai alat pemerah tebu agar menghasilkan nira.

Spesifikasi alat

Merek	: Sangerhausen
Kapasitas alat	: 104,1 ton/jam
Jumlah alat	: 5 set

g. DSM Screen



Gambar 4. 12 DSM Screen

Berfungsi untuk menyaring nira mentah dari kotoran kecil dan halus.

Spesifikasi alat:

Kapasitas	: 3,5 m ³ /jam
Jumlah alat	: 3 unit
Tenaga penggerak	: Motor listrik

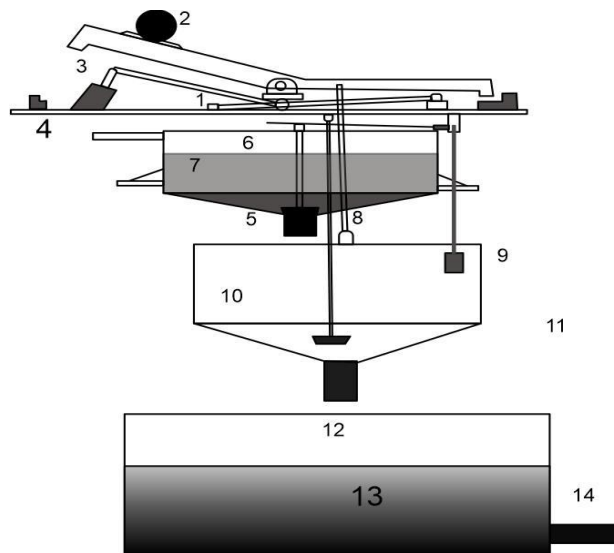
4.6.3 Stasiun Pemurnian

a. Boulogne (Timbangan Nira Mentah)

Berfungsi untuk mengetahui berat nira mentah dari hasil pemerahan nira di stasiun gilingan dan untuk mengetahui secara pasti berat nira yang akan mengalami proses dengan kapasitas berat 5 ton.

Spesifikasi alat:

Merk	: Maxwel-Boulogne
Size	: 50
Series	: 333
Kapasitas	: 200 Ton/h (5 Ton/tip)



Gambar 4. 13 Timbangan Boulogne

Berikut adalah fungsi dan bagian-bagian timbangan nira mentah:

1. Teller, berfungsi untuk menghitung jumlah nira yang turun dari peti timbang.
2. Pemberat, berfungsi untuk beban lawan dari peti timbang.
3. Peredam, berfungsi untuk meredam goncangan yang timbul dari peti tunggu.
4. Pipa nira masuk, berfungsi sebagai jalur masuk nira mentah dari stasiun gilingan.
5. Katub atas, sebagai pembuka dan penutup aliran nira mentah dari peti tunggu dan peti timbang.
6. Lengan katub atas, untuk memegang pembuka dan penutup aliran nira mentah dari peti tunggu ke peti timbang.
7. Peti tunggu, berfungsi untuk menampung nira mentah sebelum masuk ke peti timbang.
8. Gantungan peti timbang, berfungsi untuk menahan peti timbang.
9. Pelampung, berfungsi untuk pengukur peti timbang jika sudah penuh.
10. Peti timbang, berfungsi untuk menampung nira mentah.

11. Katub bawah, berfungsi untuk membuka dan menutup aliran nira.
12. Peti tara, berfungsi untuk mengalirkan nira mentah yang jatuh dari ditimbang. Mentah dari peti timbang ke peti tara. Peti timbang ke peti nira tertimbang.
13. Peti nira tertimbang, berfungsi menampung nira mentah yang sudah ditimbang.
14. Pipa nira keluar, berfungsi untuk jalur keluar nira mentah tertimbang.

b. Voor Warmer (Juice Heater)

Voor Warmer berfungsi untuk memanaskan nira agar mencapai suhu yang diinginkan serta mendukung reaksi yang terjadi pada nira. Juice Heater terdapat beberapa tahapan pemanasan yang dilakukan pada PT. Madubaru, dimana masing-masing pemanasan tersebut memiliki fungsi yang berbeda, diantaranya:

1) VW I

Berfungsi untuk memanaskan nira mentah dengan suhu mencapai 75°C sebelum diberi penambahan susu kapur dan gas belerang yang bertujuan untuk mempercepat reaksi pada peti reaksi defekasi I dan II serta pada proses sultifasi.

2) VW II

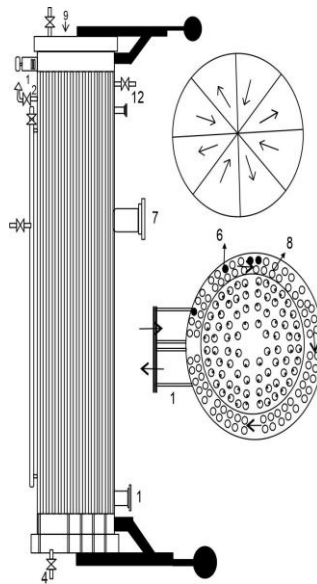
Berfungsi untuk memanaskan nira mentah hingga mencapai suhu 105°C sebelum nira masuk ke bejana pengembang (flash tank).

3) VW III

Berfungsi untuk memanaskan nira encer/jernih dari door clarifier yang akan masuk ke proses penguapan.

Spesifikasi alat

Tipe	: Vertikal heater
Material konstruksi	: Besi pelat (bagian luar), kuningan (bagian dalam)
Panjang pipa	: 4meter
Jumlah pipa	: 240 buah (VW I), 234 buah (VW II dan III)
Luas permukaan	: 120 m ² (VW I), 94 m ² (VW II dan III)
Diameter penampang	: 0,9 m



Gambar 4. 14 Voor Warmer

Berikut adalah fungsi dari bagian-bagian badan pemanas:

1. Kran (kran atas), untuk mengeluarkan gas/udara yang terbawa dalam nira.
2. Penutup atas, sebagai penutup bagian atas saat operasional.
3. Pipa amoniak, untuk mengeluarkan gas yang tidak terembunkan pada sisi uap pemanas.
4. Pipa pemanas nira, sebagai tempat nira bersirkulasi dan memanaskan nira
5. Pipa kondensat, untuk mengeluarkan uap air yang mengembun.
6. Sekat sikulasi, untuk mengatur aliran nira agar tidak saling bercampur.
7. Pipa tap, untuk mengeluarkan nira yang tersisa pada waktu akan sekrup
8. Pipa inlet dan oulet, sebagai tempat masuk dan keluarnya nira.
9. Afsluiter double beat, untuk membuka atau menutup saluran masuk nira ke dalam badan juice heater.
10. Termometer, untuk mengukur suhu badan larutan dalm badan pemanas.
11. Pemberat, untuk memudahkan membuka dan menutup penutup.
12. Alat pengaman tekanan, untuk mengatur tekanan dalam badan.
13. Pipa uap masuk, sebagai saluran pemasukan uap pemanas ke dalam juice heater.
14. Penutup bawah, sebagai penutup bagian bawah saat operasaional.

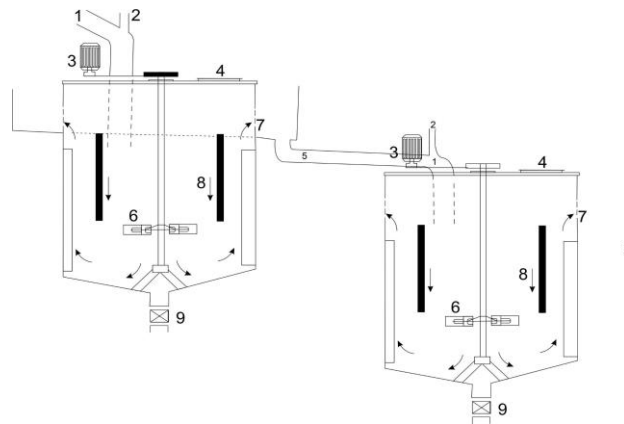
c. Defekator

Defekator digunakan untuk mencampurkan nira mentah yang telah dipanaskan oleh badan pemanas dengan susu kapur, hal ini dilakukan agar sifat asam pada nira dapat dihilangkan. Mekanisme kerja tanki defekator nira dari juice heater I yang masuk melalui pipa pemasukan nira dan susu kapur yang masuk melalui penjatah susu kapur dicampur terlebih dahulu dalam peti pencampur pendahuluan sebelum masuk kedalam defecator.

Spesifikasi alat:

Jumlah : 2 buah

Tipe : silinder tegak lurus berpengaduk
 Kapasitas tampung : 2,5 m³
 Tenaga penggerak : motor listrik 1,49 kW, 6,4/3,7 A, 220/380 V



Gambar 4. 15 Defekator;

Berikut adalah fungsi bagian-bagian tangki defekator:

1. Pipa saluran masuk nira, sebagai pipa saluran masuknya nira ke dalam peti reaksi.
2. Pipa saluran susu kapur, sebagai pipa saluran dan pengatur pemberian susu kapur ke dalam peti reaksi.
3. Electro motor, berfungsi sebagai penggerak pengaduk nira.
4. Lubang control (man hole), sebagai lubang pengontrol untuk memperbaiki bagian dalam peti reaksi.
5. Pipa saluran pengeluaran nira, sebagai pipa saluran pengeluaran nira dari dalam peti reaksi.
6. Pengaduk, sebagai pengaduk percampuran nira dengan susu kapur supaya didapat larutan yang homogen.
7. Saluran luapan, sebagai saluran luapan nira dari dalam peti reaksi.
8. Pipa sirkulasi, pipa yang membantu proses pencampuran.
9. Valve kurasan, sebagai pengatur pengeluaran nira saat peti reaksi akan dibersihkan

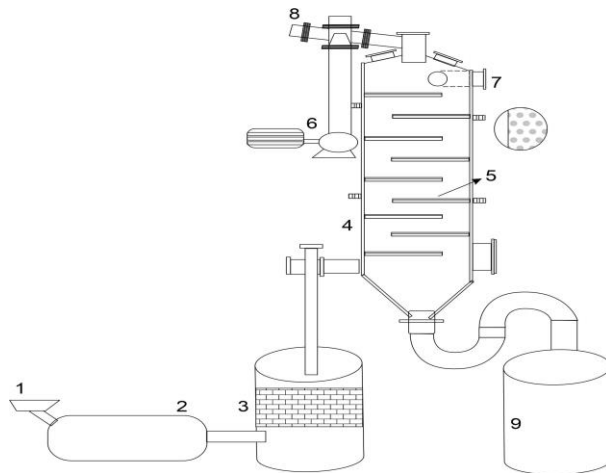
d. Sulfitir Tank

Bejana ini berfungsi untuk mereaksikan gas SO₂ dengan nira defecator untuk menetralkan nira mentah terkapur sampai pH 7,2 dan nira kental sulfitasi pH 5,4. Nira terkapur dari defekator II dengan pH 8,6-9,2 masuk bejana sulfitasi, diberikan gas SO₂ hingga pH 7,2, dialihkan ke peti tarik nira mentah tersulfitir ataupun nira kental tersulfitir sesuai pH yang diharapkan.

Spesifikasi alat:

Dapur Belerang

Jumlah	: 6 buah
Kondisi operasi	: suhu 200°C, tekanan 5 atm
Luas penampang pembakaran	: masing-masing 1,95 m ²
Perlengkapan	: air pendingin, kaca penghemat
Sublimator	
Jumlah	: 6 buah
Perlengkapan	: batu tahan api dan air pendingin

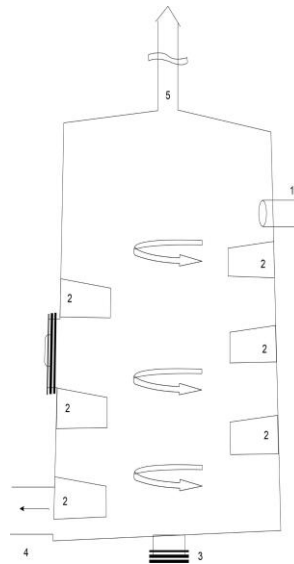


Gambar 4. 16 Sulfitir Tank

Berikut adalah fungsi dari bagian-bagian Sulfur Tower (*Cascade Tower*):

1. Screw belerang, membuat rata pemberian belerang kedalam Rotaru sulfur burner.
2. Rotary sulfur burner, tempat pembakaran belerang cair menjadi gas SO₂ dimana peti tersebut dapat berputar yang fungsinya agar semua belerang dapat terbakar sehingga menjadikan pemakaian belerang lebih efisien.
3. Sublimator, tempat menyublimkan gas belerang.
4. Sulfur tower, wadah pertemuan anatar nira gas SO₂ sehingga, pH nira tercapai sesuai yang kita kehendaki.
5. Tirai, penghalang nira agar tidak jatuh langsung ke bawah karena gaya grafitasi, yang membuat pertemuan antara nira dan gas SO₂ lebih sempurna.
6. Blower, pembentuk kondisi vakum pada sulfur tower sehingga gas SO₂ dari sublimatot dapat tertarik ke atas.
7. Pipa pemasukan nira, jalan aliran nira menuju ke sulfur tower.
8. Pipa pengeluaran, pengeluaran sisa gas SO₂ yang tidak dibutuhkan.
9. Bejana penampung, wadah penampungan nira yang sudah tersulfitir

e. Flash Tank/Expandeur



Gambar 4. 17 Flash Tank

Expandeur berfungsi untuk menghilangkan gas yang ada dalam nira setelah keluar dari VW II dengan suhu nira $\pm 105^\circ\text{C}$ sehingga pengendapan tidak terganggu.

Spesifikasi alat

Jumlah : 1 buah

Volume : 100 hL

Material : Konstruksi besi

Berikut adalah fungsi dari bagian-bagian *expandeur*:

1. Pipa masuk, jalan masuk nira mentah tersulfitor
2. Talang air, mengalirkan aliran nira agar menyebar
3. Pipa tap nira, pipa keluaran nira saat pembersihan
4. Pipa keluar, saluran keluaran nira menuju *snow balling*
5. Cerobong, pipa keluaran udara atau gas yang terlepas dari nira

f. Snow Boiling Tank/ Dore Clarifier

Merupakan alat berupa bejana yang berfungsi untuk mencampur nira dengan flokulan. Flokulan yang dipakai adalah jenis pengendapan negatif. Mekanisme kerja snow balling tank mula-mula nira dari flash tank mengalir yang kemudian masuk ke dalam snow balling tank melewati pipa aliran yang langsung mengenai sekat (bottom plate) guna memecah aliran nira supaya sirkulasi yang terjadi didalam snow balling tank teratur.

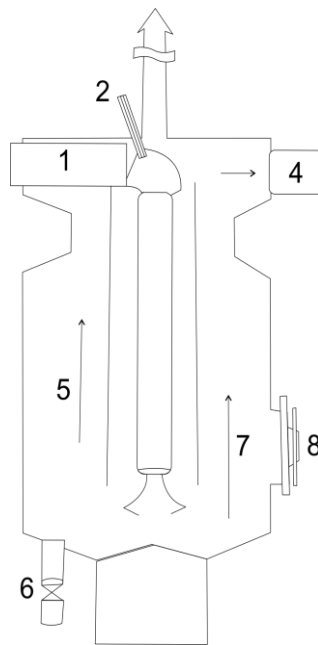
Spesifikasi alat

Diameter bejana : 2500mm

Tinggi bejana : 3700mm

Pipa in/out : 10"/10"

Kapasitas : 2 m³



Gambar 4. 18 Snow Baling Tank

Berikut adalah fungsi dari bagian-bagian snow baling tank:

1. Pipa pemasukan nira, saluran nira dari flash tank.
2. Pipa pemasukan flokulan, saluran pemasukan flokulan.
3. Pipa pengeluaran gas, saluran pengeluaran gas.
4. Pipa pengeluaran nira, sebagai pengeluaran nira yang telah bersirkulasi.
5. Bejana snow baling, tempat bersirkulasinya nira.
6. Pipa tap nira, saluran pengeluaran nira waktu akan dibersihkan.
7. Sekat, untuk tempat nira agar dapat bersirkulasi ke atas.
8. Manhole, sebagai lubang keluar masuknya orang saat pembersihan bejana.

g. Dorr Clarifier (Bejana Pengendapan)

Dorr clarifier berfungsi untuk mengendapkan kotoran yang terdapat pada nira mentah dari proses defekasi dan sulfitasi

Spesifikasi alat

Tipe : single tray dorr clarifier, empat kompartemen

Jumlah : 1 buah,

Kapasitas : 300 m²

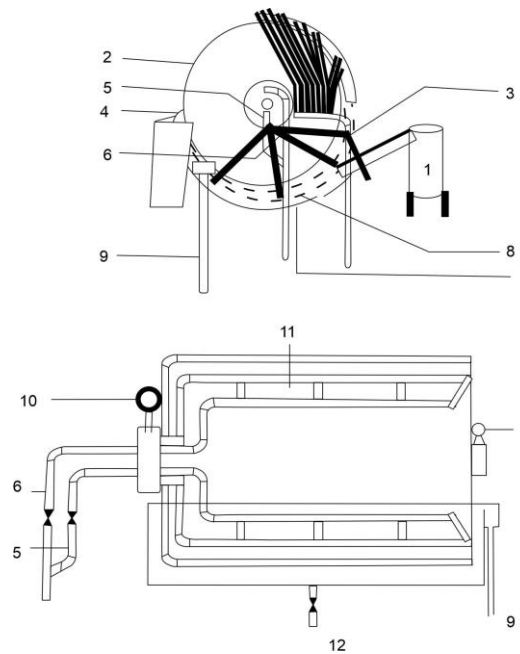
Perlengkapan : pengaduk dengan roda gigi penghambat

h. Rotary Vacuum Filter

Rotary vacuum filter merupakan alat yang digunakan pada pabrik gula untuk tahap penapisan nira kotor yang keluar dari bejana pengendapan dooer clarifier. Fungsinya untuk memisahkan endapan/kotoran dari filtratnya.

Spesifikasi alat

Merk	: Jord Engineers. DYT. Limited
Buatan	: Uder Licence PT. Indo Laval Indonesia
Tahun	: 1986
Panjang silinder	: 4.270 mm
Diameter silinder	: 3.040 mm
Lubang saringan	: P/1-8/12 mm
Jumlah	: 2
Penggerak	: Motor listrik
Luas tapisan	: 84 m ²



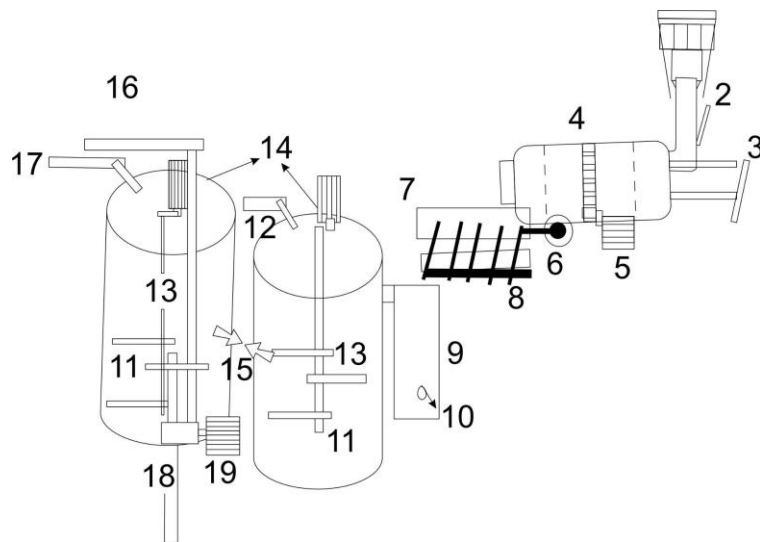
Gambar 4. 19 Rotary Vacuum Filter

Berikut adalah fungsi bagian-bagian dari rotary vacuum filter:

1. Bak nira kotor, Menampung nira kotor dari Dorr Clarifier yang telah tercampur dengan bagacillo.
2. Drum vacuum filter, menyaring nira kotor dengan tekanan hampa sehingga nira tapis tertarik dan blotong tertahan saringan.
3. Pipa air pencucian, saluran air penyiraman kotoran yang menempel pada saringan.
4. Scraper, Untuk menyekrap blotong.
5. Pipa vakum rendah, Saluran bertekanan vakum rendah untuk menghisap nira tapis.
6. Pipa vakum tinggi, Saluran bertekanan vakum tinggi untuk menghisap nira tapis.
7. Elektromotor, Sebagai penggerak drum vacuum filter.
8. Agitator, pengaduk nira kotor agar tidak mengendap.
9. Pipa luapan, mengalirkan luapan nira kotor dari bak.
10. Vacuum meter, mengukur tekanan vacuum pada RVF.

11. Saringan, menyaring nira kotor.
12. Pipa tap nira kotor, saluran nira kotor saat pembersihan

i. Alat Pembuat Susu Kapur

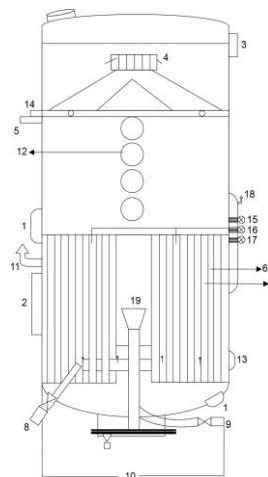


Gambar 4. 20 Pembuat Susu Kapur

Alat ini digunakan untuk membuat susu kapur sebagai bahan pembantu proses pemurnian. Mekanismenya yaitu tohor dimasukkan dalam tromol pemadam kapur yang berputar pelan-pelan sambil diberikan air panas agar kelarutannya dapat tinggi (homogen), Pemakaian kapur tohor rata-rata adalah 0,67 kg'ton tebu.

4.6.4 Stasiun Penguapan

a. Evaporator



Gambar 4. 21 Evaporator

Spesifikasi alat

Merk : F.S. Fletcher and Stewart Limited.

Tahun pembuatan : 2006

Tabel 4. 2 Spesifikasi Evaporator

No Pan	Jumlah pipa (batang)	Ukuran pipa (mm)	Luas pemanas (m ²)
1	4982	42/44 x 2400	1500
2	4982	42/44 x 2400	1500
3	3331	42/44 x 2400	1100
4	3331	42/44 x 2400	1100
5	4280	42/44 x 2400	1190

Berikut adalah fungsi dari bagian-bagian evaporator:

1. Manhole, lubang masuk dan keluarnya orang pada saat diadakan pembersihan ataupun perbaikan.
2. Pipa masuk uap, saluran pemasukan uap pemanas ke badan penguap.
3. Pipa uap nira, saluran uap nira ke badan berikutnya.
4. Penangkap nira (separator), menangkap nira yang terbawa oleh uap pemanas.
5. Pipa Pembuangan udara, saluran untuk pengeluaran udara.
6. Ruang uap, ruang uap pemanas nira.
7. Ruang nira, ruang nira yang dipanaskan.
8. Pipa pemasukan nira, saluran pemasukan nira ke badan penguap.
9. Pipa pengeluaran nira, saluran pengeluaran nira dari badan penguap.
10. Pipa tap nira, saluran tap-tapan nira badan penguap, saluran pengeluaran larutan soda pada waktu akan sekrup.
11. Valve pengaman tekanan, alat untuk mengurangi tekanan uap yang berlebih.
12. Kaca pengamat, melihat keadaan nira dalam badan penguap.
13. Pipa pengeluaran air kondensat, saluran pengeluaran air kondensat pada badan terakhir.
14. Pipa pemasukan air, saluran pemasukan air untuk membersihkan badan penguap dan lain-lain.
15. Manometer, alat untuk mengetahui tekanan badan penguap.
16. Termometer, alat untuk mengetahui suhu nira pada badan penguap.
17. Manometer callandria, mengukur tekanan uap pada tromol.
18. Pipa amoniak, mengeluarkan gas-gas yang tak terembunkan.
19. Pipa jiwa, saluran sirkulasi nira dalam badan penguapan.

b. Kondensor

Kondensor adalah alat yang digunakan untuk penghambat ruang uap dan mengkondensasikan uap nira badan terakhir. Fungsi utama dari bahan kondensor adalah untuk mengembunkan uap dari badan penguap.

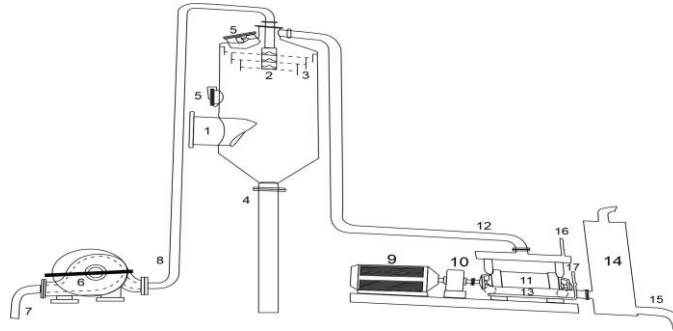
Spesifikasi alat

Tipe : Countercurrent Barometric Condensor

Diameter bejana : 1.675 mm

Tinggi bejana : 3.660 mm

Kapasitas : 13 ton/jam



Gambar 4. 22 Kondensor

Berikut adalah fungsi dari bagian-bagian kondensor:

1. Pipa saluran masuk uap air, pipa saluran uap nira ke dala bejana pengembun.
2. Pengarah air, mengarahkan air injeksi ke dinding pipa sekat.
3. Pipa sekat, menahan tekanan air dan membentuk tirai air..
4. Pipa air jatuhan, pipa saluran pengeluaran air injeksi dari dalam bejana pengembun.
5. Lubang kontrol (man hole), lubang untuk mengontrol dan memperbaiki bagian dalam bejana pengembun.
6. Pipa saluran masuk air injeksi, saluran masuknya air injeksi dari dalam pompa angin. Pompa air injeksi, berfungsi untuk memompa air untuk pendingin.
7. Pipa keluar air injeksi, pipa saluran pengeluaran air injeksi dari dalam pompa angin.
8. Electro Motor, penggerak pompa angin.
9. Gearbox, mengubah rpm electrotomotor dari tinggi ke rendah.
10. Pompa angin, memompa gas dan uap air yang tidak dapat terembunkan.
11. Pipa hisap, pipa saluran masuknya gas yang tidak dapat terkondensasi.
12. Pipa saluran pengeluaran air pendingin, saluran keluar air pendingin pompa angin.
13. Bejana pengeluaran gas dan air, bejana pengeluaran gas dan air pendingin.
14. Pipa saluran pembuangan air pendingin, saluran pembuangan air pendingin pompa angin.
15. Pipa pancingan, pipa untuk memancing.
16. Pipa air pendingin, pipa saluran masuknya air pendingin sekaligus water seal untuk pompa angin.

4.6.5 Stasiun Masakan

a. Pan Masakan

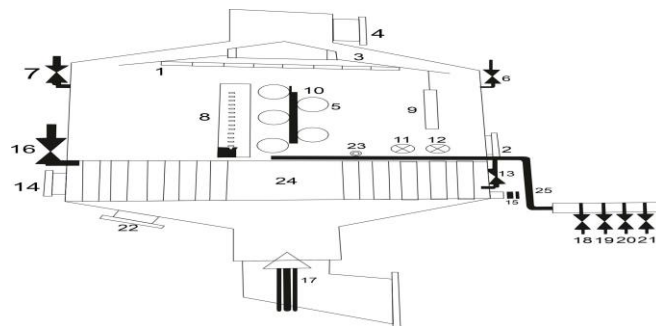
Spesifikasi Alat

Tekanan vakum : 60-75 cmHg

Jumlah : 12 buah

Tabel 4. 3 Spesifikasi Pan Masakan

Nomor pan	Volume (HL)	Luas pemanas (m ²)	Jumlah pipa (batang)	Ukuran pipa (mm)	Fungsi pan
1 dan 2	200	140	346	101,6	Masakan bibit A
3,4,5 dan 5	400	275	788	101,6	Masakan A
6	350	240	684	101,6	Masakan C
7	270	200	468	101,6	Masakan C
8	270	200	468	101,6	Masakan bibit D
9 dan 10	270	200	468	101,6	Masakan D
11	400	275	777	101,6	Masakan D
12	400	275	777	97,6-101,6	Masakan D



Gambar 4. 23 Pan Masakan

Berikut adalah fungsi bagian-bagian dari vacuum pan:

1. Pipa air panas, saluran air panas untuk membersihkan bagian dalam vacuum pan.
2. Manhole, lubang untuk jalan orang saat pembersihan atau perbaikan.
3. Penangkap nira, menangkap percikan nira yang terbawa uap air.
4. Pipa keluar uap nira, saluran uap nira keluar menuju kondensor.
5. Kaca pengamat, mengetahui keadaan masakan dalam vacuum pan.
6. Pipa buangan vakum, mengeluarkan vakum pada saat masakan akan turun atau oper.
7. Pipa uap pemanas, saluran uap untuk pemasukan uap panas (krengsengan) pada saat menurunkan masakan atau pembersihan.
8. Skala pan masak, mengetahui isi vacuum pan.
9. Vacuum meter, alat untuk mengukur vacuum pada vacuum pan.
10. Pipa air pencuci saluran air, pencuci kaca penglihat masakan.

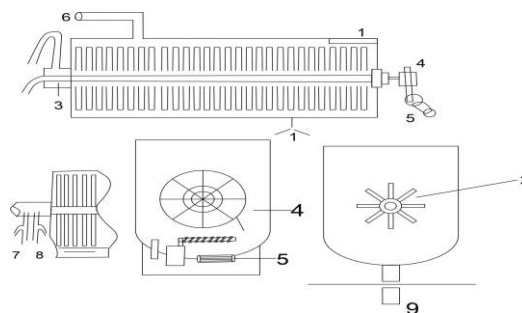
11. Thermometer ruang pemanas, alat untuk mengukur temperature uap dalam ruang pemanas.
12. Manometer, untuk mengukur tekanan uap nira dalam ruang nira.
13. Pipa amoniak, saluran untuk mengeluarkan gas-gas yang tak terembunkan.
14. Pipa pemasukan uap, saluran untuk pemasukan uap(uap bekas/ uap nira)
15. Pipa pengeluaran air kondensat, saluran pengeluaran air kondensat dari ruang pemanas vacuum pan.
16. Safety valve, mengeluarkan uap bila tromol tekanan berlebih.
17. Pipa pengeluaran masakan, saluran pengeluaran masakan dari vacuum pan ke palung pendingin.
18. Pipa pemasukan nira kental, saluran pemasukan nira kental ke vacuum pan.
19. Pipa pemasukan air panasa, saluran air panas untuk mencuci bila terbentuk Kristal palsu.
20. Pipa pemasukan klare SHS, saluran klare SHS untuk penambahan bahan masakan.
21. Pipa pemasukan babonan, saluran babonan untuk penambahan bahan masakan.
22. Pipa operan, tempat untuk memasukkan bahan masak dari vacuum pan lain dan sebagai pengoper pan masakan.
23. Pipa sogokan, saluran untuk mengambil contoh masakan didalam pan pada saat sedang masak.
24. Pipa jiwa/ pipa sirkulasi, tempat bersirkulasinya bahan yang akan dikristalkan.
25. Pipa pokok, saluran pemasukan bahan ke pan masakan.

b. Palung Pendingin (*Rapid Cool Crystalizer*)

Palung pendingin digunakan untuk menampung Kristal hasil dari masakan dan sebagai alat untuk mendinginkan masakan yang baru turun dari pan masakan.

Spesifikasi alat

Jumlah	: 5 buah (kultrog A) 9 buah (kultrog A)
Tipe	: rapid cool crystalizer
Volume	: 400 hL
Kecepatan	: 0,3 rpm



Gambar 4. 24 Palung Pendingin

Berikut adalah fungsi dari bagian-bagian palung pendingin:

1. Bak penampung, untuk menampung masakan D.
2. Pengaduk, sebagai pengaduk masakan sekaligus berfungsi untuk mendinginkan masakan,
3. As pengaduk, merupakan poros pemutar pengaduk
4. Roda gigi, pemutar pengaduk
5. Motor listrik, untuk menggerakkan roda gigi.
6. Pipa air pendingin, saluran pemasukan air dingin ke pengaduk
7. Pipa air panas, untuk saluran air panas dari pengaduk.
8. Pipa pemasukan, sebagai saluran pengeluaran pemasukan masakan.
9. Pipa tap, sebagai saluran pengeluaran isi palung.
10. Thermometer, untuk mengetahui suhu masakan.
11. Talang penghubung antar palung, untuk mengalirkan masakan D dari satu palung ke palung yang lain.

4.6.6 Stasiun Putaran dan Penyelesaian

a. Putaran A dan Putaran SHS (High Grade Fugal)

Putaran A berfungsi untuk memisahkan gula A dengan stroop A, sedangkan putaran SHS berfungsi untuk memisahkan gula SHS dengan klare SHS. Masing-masing putaran mempunyai wadah / basket yang berbentuk silindris dengan dua lapisan saringan yaitu working screen dan backing screen.

Spesifikasi alat

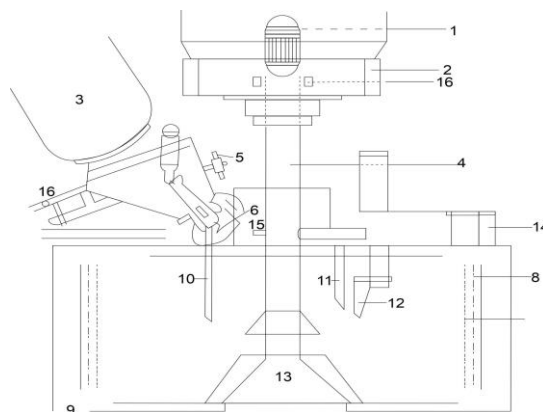
Merk / tipe : *Batch centrifuge*

Jumlah : 8 buah (5 untuk putaran A, 3 untuk putaran SHS)

Kapasitas : 450 kg / siklus

Ukuran : 1200 mm × 760 mm (putaran A), 1220 mm × 710 mm (putaran SHS)

Tenaga penggerak : Motor listrik 2,24 kW, 20/380 V; 37 kW, 800-1500 rpm



Gambar 4. 25 Putaran High Grade Fugal

Berikut adalah fungsi dari bagian-bagian putaran HGF:

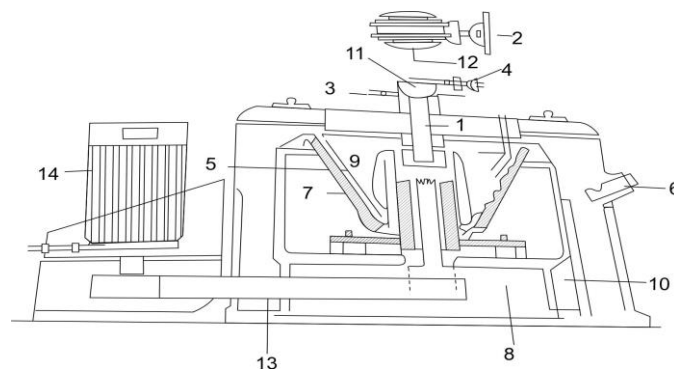
1. Motor I, menggerakkan kipas pendingin motor pada penggerak putaran.
2. Motor II, menggerakkan basket putaran.
3. Basket, menampung masakan untuk diputar.
4. Proses penggerak, sebagai penghubung motor dengan basket.
5. Pengaturan ketebalan, mengatur katup pengeluaran masakan.
6. Katup pengisian, membuka dan penutup aliran masakan yang akan diputar.
7. Working screen, menahan laju Kristal sehingga terpisah dengan stroop
8. Backing screen, menahan working screen sehingga stroop mudah keluar ke tromol putaran.
9. Pengeluaran stroop, saluran pengeluaran stroop.
10. Pipa siraman, air untuk mencuci lapisan stroop yang masih melekat pada Kristal gula.
11. Pipa steam, digunakan untuk saluran uap yang digunakan untuk pengeringan.
12. Scraper, untuk mengambil gula yang melekat pada saringan.
13. Lubang pengeluaran gula, adalah saluran pengeluaran gula.
14. Control panel, untuk mengontrol kinerja putaran gula.
15. Katup pengeluaran, untuk menutup dan membuka lubang pengeluaran gula.
16. Rem, untuk mengurangi kecepatan putar basket.

b. Puteran C dan Puteran D (Low Grade Fugal)

Puteran C digunakan untuk memisahkan gula C dari stroop C, sedangkan putaran D digunakan untuk memisahkan molase dari Gula D.

Spesifikasi alat:

Merk/tipr	: BMA K.1100, Western state, BMA k.850 / <i>continue centrifuge</i>
Jumlah	: 6 buah (2 untuk putaran C, 4 untuk putaran D1, dan 2 untuk Puteran D2)
Sudut inklinasi	: 35°, 34°
Luas permukaan ayakan	: 1.145 m ² (untuk putaran D2)
Tenaga penggerak	: motor listrik 30 KW; 60 kw; 2200 rpm, 2000 rpm



Gambar 4. 26 Puteran Low Grade Fugal

Berikut adalah fungsi dari bagian-bagian puteran LGF:

1. Pipa pemasukan, saluran 1 pemasukan pemasakan.
2. Katup pengisian, pembuka dan penutup aliran masakan.
3. Pipa krengsengan, saluran uap untuk membersihkan puteran atau memanaskan masakan apabila mengeras.
4. Pipa air, saluran air untuk pembilasan.
5. Saringan, pemisah antara Kristal gula dan stroop atau tetes.
6. Pipa contoh, untuk mengambil contoh gula hasil puteran.
7. Basket, wadah atau tempat untuk menempelkan saringan
8. Saluran tetes atau stroop, saluran pengeluaran tetes atau stroop.
9. Ruang gula, ruang gula hasil puteran.
10. Lubang pengeluaran, saluran pengeluaran gula dari ruang gula.
11. Corong, saluran pembantu pemasukan masakan yang masuk basket.
12. Tuas katup pengisian, sebagai penggerak katup pengisian.
13. Karet penghubung, menghubungkan motor dengan roda basket.
14. Motor. Menggerakkan mesin puteran LGF.

4.6.7 Unit Pengeringan dan Pendinginan Gula

Unit pengeringan dan pendinginan gula berfungsi untuk mengeringkan supaya ketika gula dikemas tidak akan mengalami kerusakan

Spesifikasi alat:

Kapasitas	: kecil 15 ton/jam; besar 25 ton/jam
Tipe	: Vibratory Fluidized Bedwith cyclone separator
Diameter cyclone separator	: 2,5 m
Tinggi Cyclone separator	: 4 m
Panjang Dryer zone	: 9 m
Panjang cooler zone	: 6 m

Fungsi dari bagian bagian alat pengeringan gula:

1. Corong pemasukan, jalan masuk gula ke dalam sugar dryer and cooler
2. Sarangan, tempat pengeringan dan pendinginan gula
3. Pipa udara pendingin, sebagai saluran udara dingin untuk mendinginkan gula
4. pipa udara panas, berfungsi untuk sebagai saluran udara panas untuk mendinginkan gula.
5. pipa penghisap debu, berfungsi untuk menghisap debu untuk untuk dicampur dengan air dan dipompakan ke tangki leburan
6. corong pengeluaran, saluran pengeluaran kristal dari sugar dryer and cooler
7. Blower I, (forced draft for heater), blower yang berfungsi untuk pemanas udara.

8. Blower II, (forced draft for cooler), blower untuk pendinginan (udara dingin)
9. Blower III (induced forced draft fan) berfungsi untuk penghisap udara
10. motor listrik, berfungsi sebagai motor penggerak kipas
11. Air dryer berfungsi untuk pemanas udara

a. Saringan Gula (*Vibrating Screen*)

Spesifikasi alat:

Jumlah saringan:

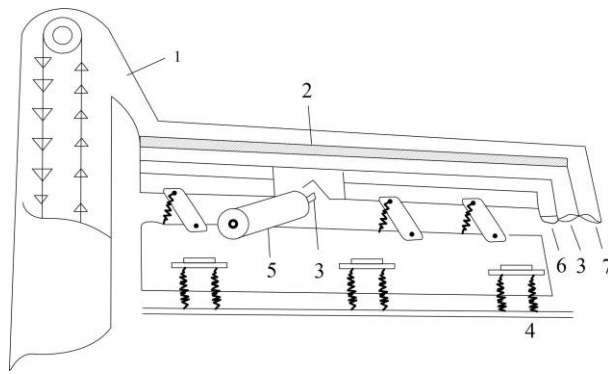
lebar dan tinggi

-Utara : 2000 mm x 4500 mm

-Tengah : 1500 mm x 4500 mm

-Selatan : 1200 mm x 4000 mm

Ukuran Saringan : Gula kasar 8 x 8 Mesh; Gula halus; 23 x 23 mesh



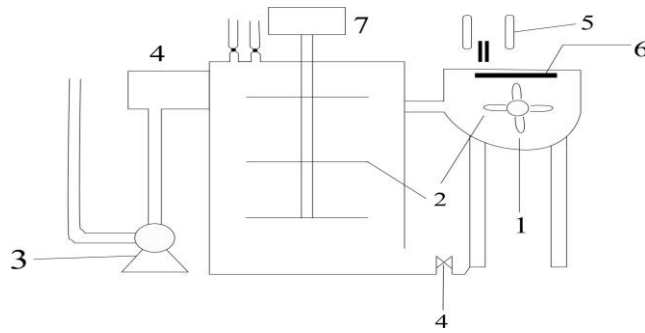
Gambar 4. 26 Vibrating Screen

Fungsi dari bagian bagian alat Vibrating Screen

1. Corong pemasukan; Saluran pemasukan gula ke vibrating screen dari bucket elevator II
2. Saringan; Memisahkan antara gula produk, gula kasar dan gula halus
3. Roda penggerak (eccentric); penggerak saringan gula
4. Pegas: penahan saringan agar dapat bergetar sesuai penggerak
5. Motor listrik; penggerak roda penggerak
6. pengeluaran gula produk; mengeluarkan gula produk yang akan dibawa ke bucket elevator III ke sugar bin
7. Pengeluaran gula halus, kasar dan krikilan; mengeluarkan gula halus, kasar dan krikilan.

b. Alat Peleburan Gula

Alat peleburan gula berfungsi untuk meleburkan gula kerikil, gula halus, gula sisa, gula kotor sehingga nantinya bisa diolah kembali.



Gambar 4. 27 Peleburan Gula

Fungsi bagian bagian dari alat peleburan gula:

1. Peti Leburan; berfungsi sebagai wadah / peti untuk meleburkan gula
2. Pengaduk; berfungsi untuk mengaduk leburan gula
3. pompa; berfungsi untuk memompakan gula ke peti penampung
4. Pipa Steam; berfungsi untuk memasukkan uap pemanas agar gula cepat larut
5. Pipa air panas; berfungsi untuk menambahkan air panas agar gula dapat larut
6. saringan; berfungsi untuk menyaring gula kasar

c. Gudang Gula

Pada proses produksi di PG. Madukismo untuk stasiun penyelesaian dan sugar bin berada satu ruangan, dimana bertujuan supaya setelah dikemas dapat mempermudah penyimpanan.

Syarat gudang penyimpanan gula yaitu:

1. Kelembaban dalam gula 50-60%
2. Suhu sekitar 40- 50°C
3. Kelengkapan gudang, tidak ada yang bocor jika hujan dan terpapar sinar matahari
4. Dinding dan lantai tidak lembab
5. Lingkungan harus selalu bersih dan kering
6. Tidak ada rembesan air baik dari lantai maupun dinding
7. Harus dilengkapi dengan alat alat yang mendukung seperti fermentor, higrometer, dan alat pemadam kebakaran

4.6.8 Stasiun Ketel

Stasiun Ketel merupakan stasiun pemanas yang menghasilkan uap dengan tekanan dan suhu tertentu.

Spesifikasi Ketel

a. Ketel EKM

Ketel EKM terdapat 5 buah yang dimana ke 5 ketel tersebut memiliki spesifikasi alat yang sama yaitu:

Merk : Kessel Anlage

Type : Winand

Tekanan : 16 kg/cm²

Jenis Ketel : Ketel pipa air

Isi Air : 40 m³

Luas Pembakaran : 37,8 m²

Luas Pemanas : 440 m²

Produk Uap: 16 Ton/ jam

1. Ketel Mendarat Bawah

- Panjang : 6870 mm
- Lebar : 1200 mm
- Tebal Plat : 20 mm
- R : 960 mm
- r : 185 mm
- Tebal front plat : 20 mm

2. Ketel Tegak Berdiri

- Panjang : 9870 mm
- Diameter : 1600 mm
- Tebal plat : 20 mm
- R : 1280 mm
- r : 245 mm
- t : 20 mm

3. Ketel mendatar atas

- Panjang : 6870 mm
- Lebar (dia) : 1200 mm
- Tebal plat : 20 mm
- R : 960 mm
- r : 185 mm
- tebal front plat : 20 mm

b. Ketel Cheng - Chen

Tipe : CWN 1000

Jenis Ketel : Ketel pipa air

Tek. Uap Tangki : 22 kg/cm².G

Tek.Uap di Superheat : 17 kg/cm².G

Suhu uap tekanan superheat: 325°C

Bahan bakar : Bassnge

Konsumsi bahan bakar : 2406 Kg/jam

Volume Dapur : 225 m³

Bagian bagian utama dalam alat bantu ketel uap

1. Ruang Bakar (Dapur Ketel)

Ruang ketel ini berfungsi untuk sebagai tempat proses pembakaran bahan bakar, yang dikelilingi dengan tembokan batu tahan api yang dilengkapi dengan pintu pemasukan bahan bakar serta rangka bakar.

2. Drum Ketel

Drum ketel berfungsi sebagai tempat air ketel dan pembentukan uap

3. Pipa Pipa air

Berfungsi sebagai luas pemanas ketel untuk memanaskan air yang ada didalamnya serta sebagai sirkulasi

4. Cerobong Asap

Berfungsi untuk tempat saluran pengeluaran gas asap dari ruang pembakaran ketel

5. Forced draft fan

Berfungsi sebagai penghembusan udara yang dipakai untuk pembakaran di dapur ketel.

6. Induced draft fan

Berfungsi sebagai blower yang menarik secara paksa gas panas hasil pembakaran didapur ketel untuk keluar dari ruang bakar dan dibuang ke udara luar.

7. Superheater

Berfungsi untuk mengeringkan uap basah, dari drum oleh ketel dan menaikkan temperaturnya sebelum uap keluar dari ketel.

8. Brander (burner)

Alat yang berfungsi untuk pengganti ampas jika ampas dari gilingan kurang atau tidak ada, sebagai bahan bakar cair. Sebelum residu rusak ke burner, terlebih dahulu dipanaskan.

9. Air heater

Berfungsi untuk menaikkan temperatur udara bakar sebelum udara tersebut dipakai

10. Katup Pengaman

Berfungsi sebagai tempat untuk mengatasi tekanan lebih yang diizinkan, katup pengaman diberi pegas dan tegangan.

11. Monometer, berfungsi untuk mengetahui tekanan uap

4.7 Utilitas

4.7.1 Pengolahan Air

Air merupakan bahan penunjang yang sangat penting dalam industri. Kualitas air yang diperlukan berbeda-beda bergantung keperluannya, maka perlu dilakukan pengolahan air untuk memenuhi kualitas air yang diperlukan. Kebutuhan air dalam pabrik dibedakan menjadi tiga, yaitu:

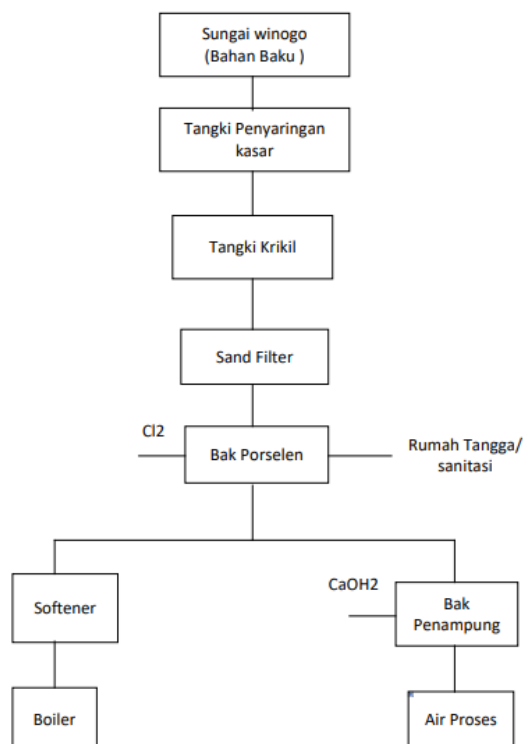
- Air rumah tangga/ sanitasi
- Air pengisian boiler
- Air proses
- Air injeksi atau pendingin kondensor pada pendingin mesin

Tabel 4.4 Karakteristik air baku di PG. Maduksimo (Perda. DIY No7.2016)

No	Karakteristik	Satuan	Syarat Baku mutu Air Bersih	Air sungai winongo
1	Kekeruhan	Ppm	3-3,5	3,4
2	Iron Total	-	0,01 – 0,07	0,07
3	PH	-	8,1 – 8,5	8,3
4	Oksigen	Ppm	0,0005 – 0,0009	0,0008
5	Kesadahan	Ppm	Max 200	200

a. Diagram Pengolahan Air

Pengolahan air baku di PG Madukismo di jadikan sebagai air proses, air umpan boiler dan air pendingin.



Gambar 4.28 Diagram Pengolahan Air

Gambar 4. 24 Diagram Blok Pengolahan Air PG Madukismo

Sistem pengolahan air sungai (*water treatment*) DO PG Madukismo terdiri dari:

1) Bak Penyaring

Air yang berasal dari sungai dipompa menuju bak penyaring yang dibagi menjadi tiga sekat. Sekat pertama berisi batu kali yang fungsinya untuk menyaring partikel dan kotoran berukuran besar, kemudian mengalir ke sekat kedua yang berisi batu kerikil dengan ukuran lebih kecil yang berfungsi menyaring kotoran yang berukuran sedang atau partikel-partikel berukuran sedang, dan sekat ketiga berisi ijuk yang fungsinya menyaring kotoran yang masih terbawa dalam aliran air. Sekat pembatas menggunakan saringan bambu.

2) Sand Filter

Air yang keluar dari bak penyaring, selanjutnya masuk dalam *sand filter* yang berisi antrasit dengan ukuran saringan 6-8 mesh. Antrasit merupakan jenis batu bara dengan karakteristik karbon lebih tinggi yang berfungsi sebagai *filter* pengganti pasir silika.

3) Softener

Air yang telah keluar dari *sand filter* selanjutnya masuk dalam *softener* dengan *flow rate* 20 m³/jam yang berisi resin kation. Fungsi resin kation adalah untuk mengurangi kesadahan dengan cara menarik ion-ion positif (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , K^{+}). Disamping itu, kandungan oksigen terlarut dan karbon monoksida terlarut perlu dihilangkan untuk mencegah terjadinya korosi di dalam *boiler* dan di dalam pipa-pipa *steam* serta mencegah terjadinya busa. Selanjutnya, air masuk dalam tangki penampung dengan kapasitas 1.000 m³ yang nantinya ditambahkan dengan air kondensat yang berasal dari evaporator I, II, dan III sebagai air umpan boiler.

Air bersih digunakan untuk berbagi keperluan yaitu:

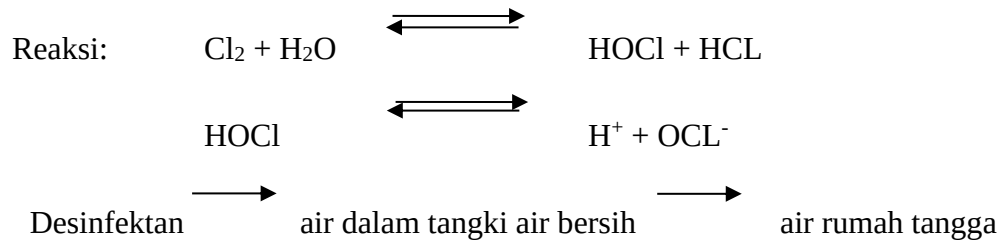
1). Air Rumah Tangga

Pada pengolahan air ini bertujuan untuk menghasilkan air bersih yang memenuhi persyaratan rumah tangga. Adapun syarat-syarat air bersih antara lain:

- Bebas dari bahan beracun
- Bebas dari bahan-bahan yang menyebabkan keberadaan air berlawanan dengan prosesnya, antara lain:
 - Berbau
 - Berasa
 - Berwarna

Untuk air rumah tangga ini, air dari tangki air bersih dipompakan ke bak penampung dan kemudian ditambahkan desinfektan, yang gunanya untuk membunuh bakteri-bakteri yang

merugikan yang dapat menimbulkan penyakit. Desinfektan yang digunakan adalah gas klorin (Cl_2)



2). Air Umpan Boiler

Air yang digunakan untuk umpan boiler harus memenuhi beberapa persyaratan terutama kesadahan Ca dan Mg yang perlu diturunkan dari 200 ppm dan 100 ppm menjadi 0 ppm dengan cara *ion exchanger* (penukar ion) baik itu anion atau kation, sehingga akan diperoleh air yang lunak. Air dari tangki air bersih dialirkan ke dalam ion exchanger, sehingga akan diperoleh air dengan kesadahan 0 ppm. Pelunakan air sadah ini menggunakan padatan penukar ion yaitu zeolit. Zeolit ini merupakan jenis mineral alam yang jika dipanaskan akan keluar hidratnya. Zeolit yang digunakan dalam proses ini adalah natrolit ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Setelah mengalami proses pelunakan air, kemudian dilakukan proses aerasi dan deaerasi. Proses aerasi merupakan proses pencampuran air dengan udara secara merata. Tujuan proses aerasi adalah untuk menghilangkan gas-gas yang tidak diinginkan seperti CO_2 dan H_2S . Sedangkan proses deaerasi bertujuan untuk menurunkan kadar oksigen dalam air. Proses deaerasi ini dilakukan dengan memanaskan air sampai suhu didihnya sehingga kadar oksigen turun menjadi 0,1-0,2 ppm. Setelah proses seluruhnya dilakukan maka air telah siap digunakan sebagai air boiler. Air yang digunakan sebagai air umpan boiler adalah air yang berasal dari tangki air bersih, yang kemudian di proses kembali menjadi air lunak sehingga dapat memenuhi syarat air untuk umpan boiler.

Tabel 4. 5 Syarat baku dan Hasil Analisa Air Umpan Boiler (SNI 7268, 2009)

No	Karakteristik	Satuan	Syarat Baku mutu Air Umpan Boiler	Air sungai winongo	Hasil Analisa
1	Kekeruhan	ppm	2-3	3,4	1
2	Iron Total	-	0	0,07	0
3	pH	-	7-9	8,3	8,7
4	Oksigen	ppm	0	0,0008	0,0003
5	Kesadahan	ppm	1	200	0

3) Air Proses/ Pendingin

Unit-unit pabrikasi yang membutuhkan air adalah di bagian gilingan, pemurnian, penguapan, masakan, dan sebagai pendingin unit yang beroperasi, serta digunakan untuk keperluan laboratorium. Air pada stasiun gilingan digunakan sebagai pendingin tobong belerang

dan pembuatan susu kapur, pada stasiun penguapan dan masakan digunakan untuk air injeksi pada kondensor, dan hasil dari air kondensor atau air kondensat sebagian digunakan untuk air kebutuhan di gilingan itu yaitu air imbibisi, digunakan untuk keperluan air ketel uap dan sebagian ditampung di tangki surplus.

Air proses adalah air yang digunakan secara langsung untuk proses produksi. Air proses ini mengandung gula yang diperoleh dari pemanasan nira. Air proses ini digunakan pada:

- *Vacuum filter*, untuk menyaring kotoran dari nira kotor (pencuci blotong).
- Puteran A dan puteran SHS, untuk membersihkan kristal gula dari kotoran.
- Pan masakan, untuk melarutkan kembali kristal gula palsu.
- Stasiun gilingan, sebagai air imbibisi.

Air proses ini diperoleh dari kondensat yang berasal dari 2-3 unit *vacuum pan* dan evaporator IV dan V yang telah ditampung dalam bak penampung (*spray pond*). Air imbibisi diperoleh dari air kondensat, terutama yang masih mengandung nira ditambah dengan air sungai jika suhu air kondensat terlalu tinggi atau *rate* air kondensat kurang

Air pendingin berasal dari air sungai, digunakan untuk mendinginkan mesin-mesin serta berfungsi sebagai air pendingin pada kondensor. Air pendingin digunakan dalam *rapid cooler*, dengan suhu air dingin sekitar 18°C. Air pendingin ini tidak mengalami kontak dengan gula sehingga diambil langsung dari air sungai. Air sungai bersuhu sekitar 30°C dipompa ke kondensor (tangki I) sehingga terjadi ruang vakum pada kondensor. Ruang vakum ini dihubungkan dengan tangki air pendingin (tangki II) sehingga terjadi perpindahan panas dari tangki II yang tidak vakum ke tangki I yang vakum. Suhu air di tangki II akan turun kemudian air dari tangki II dialirkan ke *rapid cooler*.

Air panas juga digunakan di *rapid cooler*, suhu air panas sekitar 100°C. Air panas ini juga tidak kontak dengan gula sehingga diambil langsung dari air sungai. Pembuatan air panas, air yang dipanaskan di *heat exchanger* dengan mengalirkan *steam* (uap jenuh) dari ketel tekanan rendah.

Tabel 4.6 Syarat Baku Air Pendingin dan Hasil Analisa Air Proses

No	Karakteristik	Satuan	Syarat Baku mutu Air Pendingin	Air sungai winongo	Hasil Analisa
1	Kekeruhan	ppm	2-3	3,4	2,1
2	Iron Total	-	0,01-0,03	0,07	0,01
3	Ph	-	5,4-8	8,3	8
4	Oksigen	ppm	0,0005-	0,0008	0,0003
5	Kesadahan	ppm	0,0007 145 max	200	0

Dengan mengetahui komposisi dan kandungan air, maka feed water treatment dapat direncanakan secara tepat dan baik. Hal ini bertujuan agar ketel dan alat proses dapat beroperasi secara sempurna dan terhindar dari kerusakan. Uap yang digunakan pada ketel uap adalah uap yang benar-benar kering, karena uap basah mengandung garam terlarut. Dengan demikian, jika air basah tersebut terikut bersama uap kering akan menimbulkan endapan. Adanya butir-butir halus air dan kandungan garam dalam uap kering harus dicegah karena dapat menimbulkan endapan kerak yang sangat berbahaya dimana akan menyebabkan overheating. Produksi uap yang bersih dan kering adalah permasalahan yang penting sekali, apalagi untuk ketel tekanan tinggi agar memperoleh efisiensi yang tinggi. Peristiwa berikutnya butir-butir halus air dalam uap kering disebabkan oleh priming dan foaming.

Priming adalah terdorongnya air dalam uap sehingga masuk kedalam steam drum, sampai pula ke pipa-pipa superheater dan pengeluaran uap. Hal ini terjadi pada saat air mendidih sangat cepat sehingga pipa air diisi gelembung-gelembung uap yang menyebabkan rapat massa campuran uap dan air berkurang. Campuran air dan gelembung uap tersebut mengembang dengan cepat kedalam steam drum, sehingga air terdesak ikut serta kedalam ruang uap dan kemudian ke superheater.

Foaming terjadi karena gelembung-gelembung uap membentuk lapisan buih pada permukaan air dimana buih tersebut kemudian mengembang meniscikan ruang uap pada steam drum dan dapat pula masuk ke superheater.

Hal-hal yang mempengaruhi terbentuknya priming dan foaming:

- Ruang uap pada steam drum kurang besar
- Tegangan permukaan air ketel yang rendah
- Uap meninggalkan ketel terlalu cepat
- Adanya bahan pembentuk buih: bahan organik terlarut, bahan campuran tersuspensi, total solid yang tinggi dan kebebasan yang tinggi

Bahan-bahan terlarut yang terdapat dalam air dapat mengurangi tegangan permukaan air sehingga menyebabkan pembuihan. Contohnya sabun dan deterjen. Pembuihan dapat dicegah dengan penambahan foam depressing substance seperti: Emulgated factor oil, polymid. Bahan anti foam dopes tersebut disebar melapisi permukaan air, namun aktifitasnya, tidak terlalu besar. Cara yang paling tepat adalah menjaga dan mengatur kadar total solidnya. Terbawanya air dalam uap kering dapat juga ditimbulkan oleh pecahnya gelembung uap pada waktu pendidihan. Pecahnya gelembung uap tersebut melemparkan butir-butir halus dalam uap hingga terbang ikut uap masuk ke ruang uap dan seterusnya.

a. Korosi

Korosi adalah degradasi atau penurunan mutu logam akibat reaksi kimia suatu logam dengan lingkungannya. Korosi merupakan masalah besar bagi bangunan dan peralatan yang

menggunakan material dasar logam seperti gedung, jembatan, mesin, pipa, mobil, kapal dan lain sebagainya. Ada dua macam proses korosi:

- 1) Korosi Proses Kimia Merupakan serangan korosi secara langsung, tanpa adanya aliran listrik pada logam. Contohnya adalah berkaratnya baja dalam udara terbuka. Korosi oleh proses kimia biasanya menyebar secara merata pada seluruh permukaan logam.
- 2) Korosi Elektrokimia Oleh proses elektro kimia, pada permukaan logam akan terbentuk daerah–daerah anoda dan katoda, yang satu dengan yang lainnya dipisahkan oleh jarak–jarak tertentu.

b. Kerak

Kerak adalah suatu lapisan oksida dari senyawa-senyawa anorganik yang mengendap dan membentuk timbunan kristal pada permukaan suatu substrat. Pengerakan pada saluran pipa air atau pipa industri, limbah pabrik, boiler, minuman buah, tekstil pewarna, limbah rumah sakit, dan berbagai saluran pipa lainnya merupakan masalah yang sangat serius karena dapat mengakibatkan kerugian besar pada industri tersebut. Proses pembentukan kerak merupakan akibat keadaan hidrodinamik dan thermal dalam suatu sistem atau akibat dari kinetik kimia, keadaan termodinamika dan sifat-sifat zat kimia seperti alkalin, kalsium, klorida, sulfat, nitrat, besi, seng, tembaga, fosfat, atau aluminium yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kadar air, kondisi larutan lewat jenuh, laju air, temperatur, tipe dan jenis pengotor (unwated matetials), jumlah inhibitor untuk menyerap ion, tingkat indek kalsium (Calsium Saturated Index), pH, dan faktor lainnya.

Di PG. Madu baru, kerak atau air sadah menimbulkan batu ketel yang terdiri dari CaCO_3 , CaSO_4 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, yang mengakibatkan transfer panas yang buruk, sehingga sangat berbahaya karena:

- Menurunkan efisiensi ketel uap
- Menyebabkan adanya overheating
- Merupakan daya hantar yang buruk
- Membentuk endapan yang keras
- Memerlukan bahan bakar yang tinggi
- Menyebabkan kerusakan pada ketel uap
- Menyebabkan pemanasan tidak merata

Sehingga perlu dilakukannya pencegahan terbentuknya kerak diantaranya adalah;

- Blow down secara teratur
- Pelunakan air pengisian ketel
- pembersihan endapan menggunakan soda api dan triphos
- Dan untuk silicate scale problem, dapat dikurangi jika TDS (Total dissolved solid) dalam boiler memenuhi anjuran pabrik

4.7.2 Listrik

Unit yang beroperasi di wilayah pabrik tidak semuanya digerakkan oleh tenaga uap. Unit seperti pompa listrik, penerangan pabrik dan rumah tangga karyawan digerakkan dengan tenaga yang berasal dari generator. Peralatan pembangkit listrik di PG. Madukismo terdapat empat unit pembangkit listrik yang dibantu dengan daya dari PLN. Unit-unit pembangkit listrik ini terdiri dari tiga buah diesel alternator dan tiga buah turbin alternator. Pemakaian listrik di PG Madukismo antara lain digunakan untuk:

- Pemakaian tenaga mekanik/mesin pada proses
- Perbaikan dan pemeliharaan peralatan pabrik
- Penerangan kantor, perumahan dan lingkungan

Tenaga uap dan tenaga listrik tetap berkaitan, karena keberadaan mesin uap yang menjalankan generator listrik menggunakan tenaga dari ketel uap. Penyediaan tenaga listrik dipenuhi oleh:

A) Turbin Generator

Generator turbin digerakkan oleh tenaga uap yang diperoleh dari stasiun ketel. Generator turbin dioperasikan Ketika masa giling dan listrik yang dihasilkan digunakan untuk 80% kebutuhan pabrik dan perumahan karyawan.

B) Listrik PLN

Listrik dari PLN digunakan sebagai tambahan untuk mengurangi beban turbin generator agar tidak seluruh kapasitas/kemampuan turbin generator untuk menghasilkan tenaga listrik digunakan untuk keperluan pabrik dengan pertimbangan memperpanjang usia turbin generator agar tetap awet.

C) Diesel Generator

Generator diesel menggunakan bahan bakar solar. Generator diesel dioperasikan Ketika masa pabrik tidak giling sebagai penerangan pabrik dan perumahan karyawan.

4.7.3 Udara

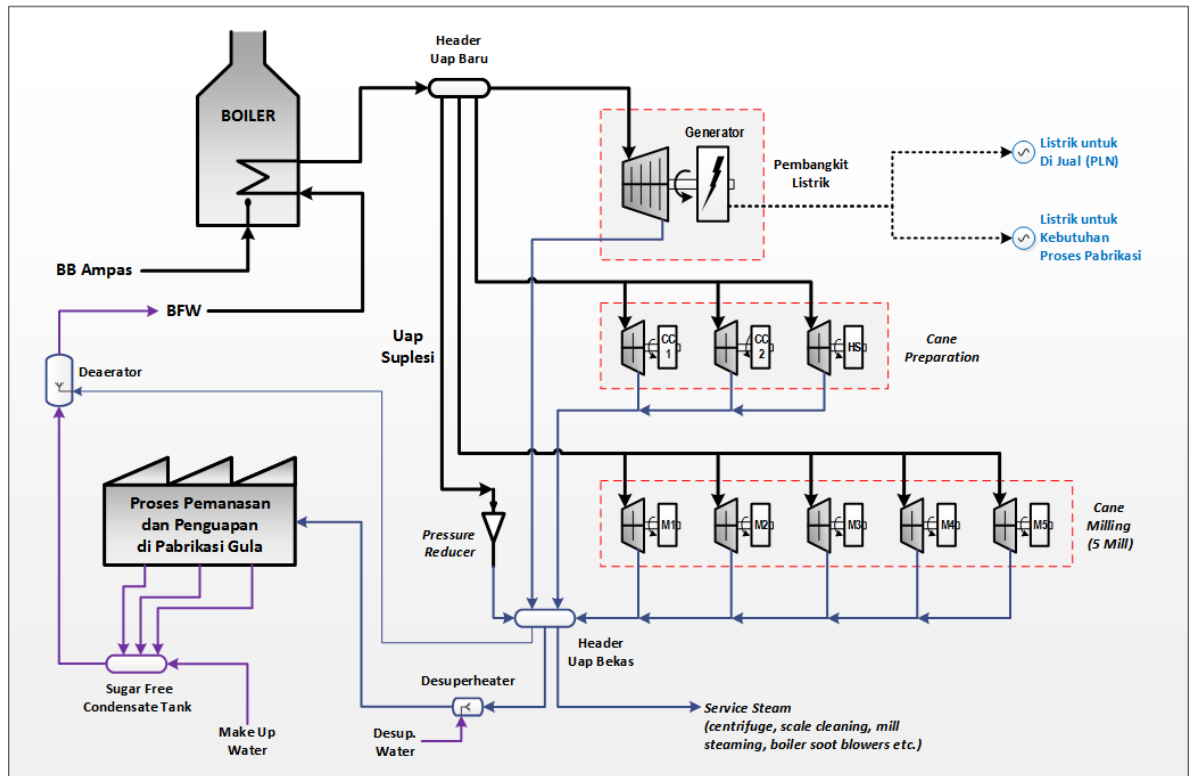
Kebutuhan udara ini dibutuhkan untuk:

- Pereaksi pembuatan SO₂ pada tobong belerang. Unsur udara yang diambil adalah O₂ yang sebelumnya dilewatkan dehumidifier untuk menghilangkan kandungan airnya.
- Pembakaran pada ketel dengan cara menyemprotkan udara ke ampas.

4.7.5 Penyedia Steam

Unit ini mempunyai tugas dan tanggung jawab untuk menyediakan kebutuhan uap (steam). Kebutuhan steam PG Madukismo berasal dari unit pembangkit steam dengan bahan bakar ampas tebu dan tambahkan kayu bakar apabila ampas kurang. Kebutuhan uap PG Madukismo diperoleh dari stasiun ketel. Spesifikasi uap yang dihasilkan memiliki temperatur 325 °C dengan tekanan sekitar 16 kg/cm². Kapasitas pemakaian uap baru PG Madukismo adalah

kurang lebih 80-85ton / jam. PG Madukismo memiliki 2 buah boiler uap tipe pipa air untuk memenuhi kebutuhan uap.



Gambar 4.29 Diagram Alir Pengolahan Uap

Tabel 4.7 Kebutuhan Uap

No	Kebutuhan Uap baru	Kebutuhan uap bekas
1	Turbin Generator	
2	Turbin Gilingan	
3		Juice Heater
4		Evaporator
5		Pan Masakan

4.7.6 IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah)

Pada industri kimia sangat penting adanya IPAL yang berfungsi untuk mengelola dan memaksimalkan terjadinya pencemaran akibat limbah yang dihasilkan, baik limbah cair, padat, gas dan limbah berbahaya. Pada pabrik gula Madukismo menghasilkan empat jenis limbah yaitu limbah padat, cair, gas dan B3. Diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Limbah Padat

Limbah padat yaitu limbah yang memiliki bentuk padatan dan mengandung sedikit air

1. Pasir atau Lumpur

Merupakan kotoran yang terbawa oleh nira mentah dan dipisahkan dengan doorclone. Pasir atau lumpur dimanfaatkan tanah.

2. Blotong

Merupakan limbah padatan yang berasal dari endapan nira di stasiun pemurnian yang dipisahkan dengan rotary vacum filter. Blotong dimanfaatkan sebagai bahan pupuk tanaman karena masih mengandung N, P, dan K.

3. Abu Ketel Uap

Merupakan hasil dari stasiun ketel yang dimana adanya sisa pembakaran dan berasal dari cerobong yang turun ke tangki penampung, dan berasal dari tunggu pembakaran pada ketel lama EKM.

b. Limbah Cair

Limbah cair merupakan polutan yang berbentuk cair. Di PG. Madukismo limbah cair diantaranya yaitu:

- a. Air bekas serapan juice heater dan evaporator
- b. Ampas /minyak/oli dari stasiun gilingan
- c. Bocoran bocoran polutan
- d. Suhu air jatuhan kondensor yang masih tinggi

c. Limbah Gas

Pada PG. Madukismo limbah gas yang dihasilkan yaitu diantaranya:

- a. Limbah gas dan kadar partikel dari cerobong asap boiler
- b. Limbah partikel -partikel hasil penggunaan bahan bakar alternatif
- c. Gas SO₂ dari sisa reaksi sulfitasi
- d. Gas CO₂ sisa pembakaran dari dapur boiler

d. Limbah B3

Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) merupakan limbah yang dihasilkan oleh PG. Madukismo yang bersifat berbahaya dan beracun. Yang termasuk limbah B3 di Madukismo diantaranya adalah:

1. Oli Bekas

Oli bekas dihasilkan dari pelumas mesin mesin pada pabrik. Penanganan yang dilakukan untuk mengatasi oli bekas supaya tidak mencemari lingkungan yaitu:

- Melakukan pemisahan minyak bekas pelumas pada bak penangkapan dan mengumpulkan nya pada bak tertentu
- Menempatkan minyak / oli bekas dalam drum ke tempat penyimpanan sementara B3
- Melakukan pengecekan secara teratur kertas saring bekas analisa dan mengumpulkan pada bak B3 sementara

- Melakukan pengiriman ke instansi analisa limbah B3.

2. Aki Bekas

Aki bekas diperoleh dari lori yang sudah rusak, dan di simpan di tempat sementara.

Terdapat beberapa kolam pada PG. Maduksimo yang termasuk dalam IPAL diantaranya adalah:

1. Kolam penangkap minyak, berfungsi untuk memisahkan minyak dengan air sisa proses yang sudah kotor dan diolah kembali
2. Kolom equalizer, berfungsi untuk pengendalian stabilitas beban ataupun debit
3. Bak netralizer, terdapat penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ untuk mengendalikan nilai Ph
4. Bak pengendapan, berfungsi untuk pengendapan limbah cair
5. Bak jatuhan kondensor, jika air kondensor lebih dari 40 derajat celsius maka tidak langsung dibuang karena dapat mencemari lingkungan. Sehingga dibuat spray pond untuk mendinginkan air jatuhan dan digunakan kembali

4.8 Laboratorium

4.8.1 Analisa Bahan

Dalam analisa bahan aspek yang dianalisa adalah % Brix, % Pol, dan HK (Harga Kemurnian). % Brix adalah zat kering terlarut dalam 100gram larutan. Contoh apabila % brix nira perahan pertama 14%, ini dapat diartikan bahwa dalam 100gram larutan nira perahan pertama terdapat 14 gram zat kering/zat padat terlarut dan 86 gram air/pelarut. Di PG Madukismo alat yang digunakan untuk mengukur brix adalah Hydrometer (Timbangan Brix). Hydrometer (Timbangan Brix) terbuat dari bahan gelas, berbentuk silindris yang bagian bawahnya berbentuk bola. Pada bagian atas meruncing dan pada bagian ini terdapat skala yang menunjukkan derajat brix. Prinsip kerjanya adalah bahwa gaya ke atas yang dialami oleh suatu benda yang dicelupkan dalam cairan tergantung dari berat jenis cairan. Jadi semakin kecil berat jenis maka hidrometer semakin tenggelam. Kemudian brix akan ditunjukkan pada skala yang persis berada di permukaan cairan tersebut. Semakin tinggi nilai brix, semakin baik kualitas dari gula

$$\text{Brix terkoreksi} = (\text{Brix pembacaan} + \text{Koreksi suhu}) \times \text{Pengenceran}$$

Persen Polarisasi larutan dari gram yang atau % Pol yang biasa disebut dengan kadar pol adalah jumlah gula (dalam gram) yang terkandung dalam setiap 100 dengan didapat pengukuran menggunakan Polarimeter secara langsung. Jadi dapat disimpulkan jika kadar pol nira 16 maka dapat artinya dalam 100gram larutan nira terkandung gula 16 gram. Selebihnya 85gram adalah air dan zat terlarut bukan gula.

$$\% \text{ Pol} = \frac{\text{Draying} \times 26}{100 \times \text{BJ}} \times \frac{110}{100}$$

HK merupakan ukuran dari kemurnian nira, semakin murni secara relatif semakin banyak mengandung gula. Seperti telah dikatakan bahwa nira mengandung zat padat yang terlarut, zat ini terdiri dari gula dan bukan gula. Perbandingan berat kedua zat itu yang dinamakan hasil bagi kemurnian. Jadi semakin tinggi HK maka kualitas gula semakin baik.

$$\text{HK} = \frac{\% \text{ Pol}}{\text{Brix terkoreksi}} \times 100\%$$

4.8.2 Analisis Ampas dan Blotong

Ampas yang dihasilkan di PG Madukismo merupakan perolehan ampas dari gilingan V yang akan diangkut menggunakan flight conveyor menuju ke tungku yang digunakan untuk memanaskan ketel uap sebagai bahan bakar. Sebagian ampas diambil untuk dianalisa guna menentukan kadar zat kering dan % pol.

- Kadar Zat Kering

Berat air yang menguap = (Berat alat pengering + ampas basah) – (Berat alat pengering + ampas kering)

Berat ampas kering = sampel ditingmbang – berat air menguap

Kadar ampas kering = $\frac{\text{berat ampas kering}}{\text{berat ampas ditimbang}} \times 100\%$

- % Pol

$$S = \frac{P}{2} \times \frac{26}{100} \times \frac{10000 + W}{100} \times \frac{110}{100} \times \frac{1}{10}$$

Sedangkan Blotong adalah kotoran hasil penyaringan nira kotor yang dicampur ampas halus yang kemudian dimasukan ke dalam rotary vacuum filter. Dari rotary vacuum filter dihasilkan nira bersih yang dipompa ke bak nira mentah dan kotoran yang berupa blotong akan menempel pada saringan. Blotong yang dihasilkan masih mengandung gula 1-2% pol dan bahan-bahan yang dapat meningkatkan kualitas tanah seperti fosfat sehingga blotong di PG Madukismo digunakan sebagai pupuk organik. Sebagian blotong diambil sebagai sampel untuk dianalisa guna untuk menentukan kadar zat kering dan % pol. Untuk pol blotong sama dengan hasil pengamatan pada polarimeter atau draying.

- Kadar Air

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{berat air}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

- Kadar Zat Kering

$$\text{Kadar Zat Kering} = \frac{\text{berat sampel} - \text{berat air}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

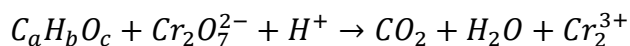
- % Pol

% Pol Blotong = Hasil pengamatan polarimeter

4.8.3 limbah COD

Chemical Oxygen Demand (COD) atau Kebutuhan Oksigen Kimia adalah jumlah oksigen (mg. O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi adalah larutan K₂Cr₂O₇ digunakan sebagai sumber oksigen (oxygen agent). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. COD merupakan parameter untuk mengetahui kebutuhan oksigen secara kimia dalam suatu sampel air. Sebagian besar zat organik melalui tes COD ini dioksidasi oleh larutan K₂Cr₂O₇ dalam keadaan asam yang mendidih.

Reaksi:

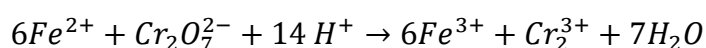


Zat Organik

Warna kuning

Ag₂SO₄ Warna Hijau

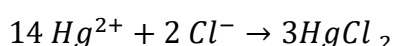
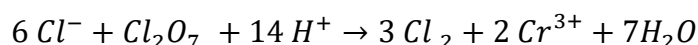
Selama reaksi yang berlangsung ± 2 jam ini, uap direfluk dengan alat kondensor, agar zat organik volatile tidak keluar. Perak sulfat (Ag₂SO₄) ditambahkan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi. Sedangkan merkuri sulfat HgSO₄ ditambahkan untuk menghilangkan gangguan klorida yang ada di dalam sampel. Untuk memastikan bahwa hampir semua zat organik habis teroksidasi maka zat pengoksidasi K₂Cr₂O₇ masih harus tersisa sesudah direfluk. K₂Cr₂O₇ yang tersisa di dalam larutan tersebut digunakan untuk menentukan berapa oksigen yang telah terpakai. Sisa K₂Cr₂O₇ tersebut ditentukan melalui titrasi dengan ferro ammonium sulfat (FAS), dimana reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut:



Biru

Merah

Indikator ferroin digunakan untuk menentukan titik akhir titrasi yaitu disaat warna hijau biru larutan berubah menjadi coklat merah. Sisa K₂Cr₂O₇ dalam larutan blanko adalah K₂Cr₂O₇ awal, karena diharapkan blanko tidak mengandung zat organik yang dapat dioksidasi oleh K₂Cr₂O₇.



Adanya ion Hg tersebut konsentrasi Cl menjadi sangat kecil dan tidak mengganggu oksidasi zat organik dalam tes COD ini.

4.8.4 Analisa Gula Reduksi

Analisa gula reduksi merupakan analisa yang digunakan untuk mengetahui kadar gula yang rusak karena proses dan suhu panas. Gula reduksi merupakan golongan gula (karbohidrat) yang dapat mereduksi penerima contohnya senyawa-senyawa elektron, adalah glukosa dan fruktosa. Gula reduksi mempunyai kemampuan untuk mereduksi. Hal ini dikarenakan adanya gugus aldehyd atau keton bebas. Senyawa-senyawa yang mengoksidasi atau bersifat reduktor adalah logam-logam oksidator seperti Cu (II). Contoh gula yang termasuk gula reduksi adalah glukosa, manosa, fruktosa, laktosa, maltosa, dan lain-lain. Sedangkan yang termasuk dalam gula non reduksi adalah sukrosa (Team Laboratorium Kimia UMM, 2008).

Di PG Madukismo bahan-bahan yang digunakan untuk analisa gula reduksi diantaranya

Pb Asetat yang berfungsi mengikat kotoran, aquadest sebagai pelarut, campuran $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ digunakan untuk mengikat logam-logam kecuali Cu dan Pereaksi Fehling yang merupakan reagen yang digunakan dalam uji senyawa karbohidrat. Di PG Madukismo ada 2 Larutan Fehling yang digunakan. Larutan fehling I mengandung senyawa CuSO_4 yang dilarutkan ke dalam air. Sedangkan larutan fehling II mengandung garam kalium-natrium-tatrat yang dicampur bersama-sama dengan Natrium Hidroksida (NaOH). Larutan CuSO_4 , akan tereduksi jika bereaksi dengan karbohidrat. Ion Cu^{2+} akan tereduksi menjadi ion Cu^+ . Semakin tinggi hasil analisa gula reduksi maka semakin banyak pula gula yang rusak karena proses dan suhu panas.

4.8.5 Analisa Kadar Kapur

Analisa kapur di PG Madukismo menggunakan titrasi kompleksometri. Titrasi kompleksometri yaitu titrasi berdasarkan pembentukan persenyawaan kompleks (ion kompleks atau garam yang sukar mengion). Titrasi kompleksometri merupakan jenis titrasi dimana titran dan titrat saling mengkompleks, membentuk hasil berupa kompleks. Reaksi-reaksi pembentukan kompleks atau yang menyangkut kompleks banyak sekali dan penerapannya juga banyak, tidak hanya dalam titrasi. Selain titrasi kompleks biasa, dikenal pula kompleksometri yang dikenal sebagai titrasi kelatometri, seperti yang menyangkut penggunaan EDTA. Gugus yang terikat pada ion pusat, disebut ligan, dan dalam larutan air.

Dalam analisis kadar kapur di PG Madukismo nira yang dianalisa adalah nira mentah, nira encer dan nira kental. Analisis kapur menggunakan larutan EDTA sebagai titran, buffer pH 10, larutan KCN, dan indikator EBT (Eriochrom Black T). EDTA merupakan asam amino yang terbuat dari bahan makanan yang berfungsi untuk menarik ion logam berat (termasuk kalsium) dan melarutkan. Penambahan buffer pH 10 untuk mempertahankan pH larutan. Sedangkan penambahan larutan KCN pada titrasi berfungsi membuat kompleks dengan bahan pengganggu sebab kation dapat bereaksi dengan EDTA. Dalam analisis ini digunakan indikator EBT dengan rumus kimia H_2In karena dapat menitrasi secara langsung ion kalsium (Ca^{2+}). Indikator EBT saat pertama diteteskan berwarna biru kehitaman setelah dititrasi dengan EDTA akan berubah warna menjadi hijau lembayung.

4.8.6 Analisa Air Kondensat

Air Kondensat adalah air dari pengembunan Juice Heater, Evaporator, dan Pan Masak yang digunakan untuk mengisi boiler atau ketel uap dengan cara memompa tangki air kondensat dan air kondensat dialirkan ke boiler atau ketel uap yang kemudian dirubah menjadi steam atau uap panas. Air yang digunakan untuk mengisi kondensat tidak boleh tercemar. Jika air kondensat tercemar maka dapat membuat ketel korosi. Analisa air kondensat bertujuan untuk menentukan kandungan gula dalam air kondensat. Dalam analisa air kondensat apabila dalam air terdapat endapan warna ungu maka air kondensat mengandung gula dan semakin banyak gula maka

endapan akan semakin pekat, namun apabila air kondensat tidak mengandung maka akan terbentuk cincin kuning.

Dalam analisa air kondensat saat penambahan larutan H_2SO_4 dilakukan dengan cara meletakkan tabung reaksi berlawanan dari tubuh agar jika terjadi letupan tidak terkena tubuh. Air kondensat yang akan dianalisa sebaiknya didinginkan terlebih dahulu karena jika air kondensat panas dan langsung ditambah H_2SO_4 maka akan terjadi ledakan/letupan. Bahan yang digunakan untuk analisa antara lain Alfa-naftol yang berfungsi sebagai indikator warna untuk memudahkan analisa dan H_2SO_4 berfungsi untuk menghidrolisis glukosa.

4.8.7 Analisa Air Ketel

Pada analisa air ketel aspek yang dianalisa adalah pH, Alkalinitas P, Alkalinitas M, Alkalinitas Az, $^{\circ}\text{D}$, dan TDS. Di PG pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Madukismo dalam melakukan analisa pH menggunakan pH meter dan pH stick.

Total Dissolved solids alias disingkat TDS adalah "benda padat yang terlarut" yaitu semua mineral, garam, logam, serta kation-anion yang terlarut di air. Satuan dari TDS adalah ppm. PPM (Part per Million) jika diartikan akan menjadi "Bagian per Sejuta Bagian" adalah satuan konsentrasi. Satuan ini sering digunakan untuk menunjukkan kandungan suatu senyawa dalam suatu larutan misalnya kandungan garam dalam air laut. Di PG Madukismo dalam melakukan analisa TDS digunakan alat pH meter.

Alkalinitas adalah suatu parameter kimia perairan yang menunjukkan jumlah ion karbonat dan bikarbonat yang mengikat logam golongan alkali tanah pada perairan tawar. Nilai ini menggambarkan kapasitas air untuk menetralkan asam, atau biasa juga diartikan sebagai kapasitas penyangga (buffer capacity) terhadap perubahan pH. Dalam analisa alkalinitas di PG Madukismo dilakukan dengan titrasi asam-basa. Bahan yang digunakan antara lain Indikator PP yang memiliki titik ekuivalen 8,2-8,3. Hasil titrasi dengan Indikator PP digunakan untuk menentukan alkalinitas P. Indikator MO memiliki titik ekuivalen 4,3-4,5. Hasil titrasi dengan indikator MO digunakan untuk menentukan angka alalinitas M dengan ditambah angka alkalinitas P. Alkalinitas Az dapat dihitung dengan mengalikan hasil alkalinitas P dengan 40 (Mr NaOH). Untuk larutan standar digunakan larutan HCl 0,1 N sebagai titran.

Kesadahan adalah kandungan mineral-mineral tertentu didalam air umumnya garam-garam kalsium dan magnesium. Kesadahan dibedakan menjadi 2 yaitu kesadahan sementara dan kesadahan tetap. Kesadahan sementara disebabkan oleh garam bikaronat dari kalsium atau magnesium contohnya $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ atau $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Sedangkan kesadahan tetap disebabkan oleh garam-garam karbonat, sulfat atau klorida dari kalsium atau magnesium contohnya CaC_{12} , CaSO_4 , MgCl_2 , MgCO_3 dan MgSO_4 . Air sadah tidak baik untuk mencuci dengan sabun, karena

ion kalsium dan magnesium akan bereaksi dengan sabun membentuk garam-garam yang tidak larut. Karena terbentuknya endapan, sabun menjadi tidak mempunyai daya pembersih, ditandai dengan tidak terjadinya busa. Untuk keperluan industri air sadah akan menimbulkan beberapa kesulitan. Misalnya untuk pengisi ketel uap atau penukar panas, akan menimbulkan kerak yang menempel kuat pada dinding. Kerak ini tidak lain adalah garam-garam kalsium dan magnesium yang mengendap dan merupakan tahan panas yang merugikan. Di PG Madukismo untuk menentukan derajat kesadahan dilakukan dengan analisa dengan menitrasi sampel air pengisi ketel. Bahan yang digunakan antara lain Indikator EBT yang merupakan garam dari sulfonat yang berfungsi untuk menjaga titik ekuivalen/titik akhir titrasi. Larutan EDTA adalah asam amino yang terbuat dari bahan makanan yang berfungsi menarik ion logam berat (termasuk kalsium) dan melarutkan. Sedangkan Buffer Amoniak berfungsi untuk menjaga pH 10 tetap pada kondisi basa.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. PT. Madubaru memproduksi gula sebagai produk utama dan spiritus sebagai produk samping.
2. Bahan baku utama pada proses pembuatan gula di PG madukismo adalah tebu dan kapasitas tebu yang masuk adalah sekitar 3000 ton per hari dengan bahan pembantu belerang, asam fosfat, kapur tohor dan flokulan menggunakan sulfitasi alkalis
3. PG Madukismo memproduksi gula SHS (Superior head sugar) per harinya adalah rata rata 180ton jika diasumsikan % nira sebesar 6 % dari bahan baku tebu masuk 30.000 KU per hari.
4. Pabrik gula Madukismo menggunakan 7 stasiun proses untuk memproduksi gula kristal putih yaitu stasiun persiapan, stasiun gilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun masakan (kristalisasi), stasiun putaran dan stasiun penyelesaian.
5. Waktu giling tebu hanya berlangsung selama 5-6 bulan, berdasarkan umur kematangan tebu, lahan dan waktu tanam tebu
6. Kegiatan produksi pabrik yang dilaksanakan di PT Madubaru Yogyakarta terbagi atas dua tahap yaitu kegiatan masa giling yaitu semua peralatan pabrik dioperasikan non stop 24 jam dan kegiatan masa tidak giling yaitu kegiatan setelah masa giling selesai dan karyawan bertugas untuk melakukan perawatan dan perbaikan pada peralatan proses produksi.
7. Proses produksi gula beroperasi secara teratur dan pengawasan mutu dilakukan dengan analisa laboratorium untuk setiap tahapan proses selama proses produksi gula berlangsung.
8. Pembersihan dan perawatan peralatan pabrik yang digunakan dalam proses giling dilakukan setiap tahun sebelum memasuki masa giling berikutnya.
9. PG Madukismo menggunakan bahan bakar untuk boiler murni menggunakan ampas tebu dengan tambahan kayu bakar. bahan bakar yang digunakan selain ampas tebu dan tambahan kayu bakar adalah FO (FUEL OIL) digunakan apabila berhenti giling (tidak ada ampas dan tambahan kayu bakar).
10. Pabrik Gula Madukismo memiliki prinsip Evaluasi dan tindakan pencegahan dalam setiap insiden maupun kecelakaan yaitu dengan mengingat: PDCA (*plan, Do , Check And Action*).

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk Pabrik Gula Madukismo adalah:

1. Teknologi yang digunakan sebaiknya lebih ditingkatkan lagi perawatannya dan diperbaharui guna meningkatkan efisiensi kinerja serta meningkatkan kualitas mutu dan produksi.
2. Pengawasan bahan baku masuk (tebu terhindar dari kotoran; daun kering, lumpur, akar tanah) lebih ditegaskan lagi guna meningkatkan kualitas bahan baku sehingga menghasilkan kualitas gula yang baik.
3. Keselamatan kerja sebaiknya lebih ditegaskan lagi dengan menerapkan peraturan K3 kepada seluruh pekerja (terutama operator pabrik) dan pengunjung agar menggunakan alat pelindung diri selama berada di pabrik.

BAB VI

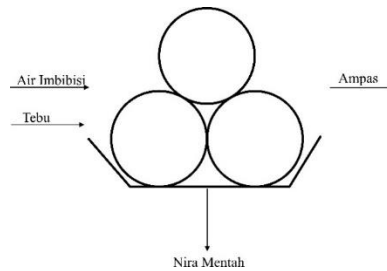
DAFTAR PUSTAKA

- Cheesman, O. D. (2004). *Environemnt Impacts of sugar Production*. Wallingford: CABI Publishing.
- Chen, J. C., & Chou, C. C. (1993). *Care Sugar Handbook: A Manual for Cane Sugar Manufacturers and Their Chemists, 12th Edition*. Canada: John Wiley & Sons.
- Hasna, L. Z. (2020). Pengaruh Penambahan Gula Pasir Sukrosa Pada Buah Aren (Arenga Pinnata) Terhadap Kandungan Gizi Manisan Kolang-KALING. *Foodtech: Jurnal Teknologi Pangan*, 3(2), 1. <https://doi.org/10.26418/jft.v3i2.42701>
- Herjanto, E. (2008). *Manajemen Operasi I* (Edisi 3). Jakarta: Grasindo.
- Lutony. (1993). *Tanaman Sumber Pemanis*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Moerdokusumo, A. (1993). *Pengawasan Kualitas dan Teknologi Pembuatan Gula di Indonesia*. Bandung: ITB.
- Pusat Penelitian dan Pembangunan Gula Indonesia (P3GI). (2003). *Studi Konsolidasi Pergaulan Nasional*. Kerjasama Ditjen BPP Depta dengan P3GI, Jakarta.
- Sinaga, D. (2011). *Chapter II: Morfologi Tanaman Tebu*. Medan: USU Institutional Repository.
- Shafira, : Nurul Putri. (2019). *Desain Model Rekayasa Proses Bisnis Pada Industrigula: Studi Kasus Pada PG.Ps Madukismo*. 57. https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/23762/17916207_Nurul_Putri_Shafira.pdf?sequence=1&isallowed=Y
- Soerjadi. (1983). *“Pabrikasi Gula”*. Yogyakarta: Lembaga Pendidikan Perkebunan.
- Utami, D. R. (2013). РАЗВИТИЕ РЕЛЬЕФА ПЕРЕХОДНЫХ ЗОН ГОРНЫХ СТРАН В КАЙНОЗОЕ No Title. *Journal Of Chemical Information And Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Utari, R., & Putri, N. (2021). *13 Manfaat Daun Kelor Yang Baik Untuk Kesehatan Tubuh*. Sehatq.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Neraca Massa

1. Neraca Masa Stassiuon Gilingan



Diketahui:

- Basis perhitungan : 1 jam Operasi
 - Satuan Operasi : Ton/jam
 - Kapasitas Giling : 3000 Ton Crane Day (TCD)
 - Kapasitas Tebu Masuk : 125 Ton/jam
- a. Berat Sabut Tebu : (% sabut tebu x berat tebu)
- : $12.7 \times 125 = 1587.5 \text{ kg/jam}$
- : 15.875 ton/jam
- b. Air imbibisi : (% Air imbibisi x berat sabut tebu)
- : $2.6667 \times 15.875 = 42.3339 \text{ ton/jam}$
- c. Kadar sabut ampas : $(\% \text{ zk ampas} - \% \text{ pol ampas} / \% \text{ HK ampas}) \times 100$
- : $(47.48 - 2.33 / 60.45) \times 100$
- : 43.6256%
- d. Ampas yang dihasilkan : $\frac{\text{Berat sabut tebu}}{\% \text{ Sabut Ampas}}$
- : $\frac{15.875}{43.626} = 0,3639 = 36.39 \text{ ton/jam}$
- e. Nira Mentah : Tebu giling + air imbibisi + ampas
- : $(125 + 42.3339) - 36.389 \text{ ton/jam}$
- : 130.94 ton/jam

Hitung neraca brix, pol, dan air

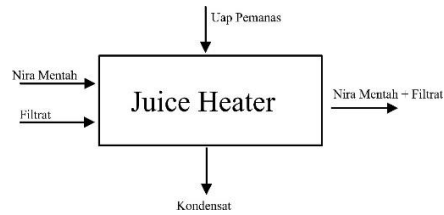
1. Hitung berat brix NM : (%Brix NM x Beraat NM)
: 1623.71349
2. Kadar Pol NM : (% HK NM x %Brix NM)
: 930.868
: 9.30868%
3. Berat pol NM : (%Pol NM x Berat NM)
: 1218.921912
: 12.18921912 ton/jam
4. Berat air NM : (Berat NM – Beraat brix NM)
: 114.7075197 ton/jam
5. Kadar Brix ampas : $\frac{\% \text{ pol ampas}}{\% \text{ HK ampas}} \times 100$
: 0.038544251
: 3.854425145
6. Berat brix ampas : % brix ampas – berat ampas
: 140.25954679
: 1.402594679 ton/ jam
7. Berat pol ampas : % pol x berat ampas
: 0.847868484 ton/jam
8. Berat air ampas : (berat ampas – berat brix – berat sabut)
: 19.11161063 ton/jam
9. Berat brix tebu : (berat brix NM +Brix ampas)
: 17.63973217 ton/ jam
10. Berat pol tebu : (berat pol NM + beraat pol ampas)
: 13.0370876 ton/jam
11. Berat air tebu : (Berat bahan – berat brix – berat sabut)
: 91.48526783 ton/jam

Neraca massa stasiun gilingan

Komponen	Input	Output
Tebu	125	
Air imbibisi	42.33	
Nira mentah		130.94
Ampas		36.36
Total	167.33	167.33

2. Stasiun Pemurnian

a. Juice Heater 1



Input

Nira mentah masuk = 130.9447 ton/jam

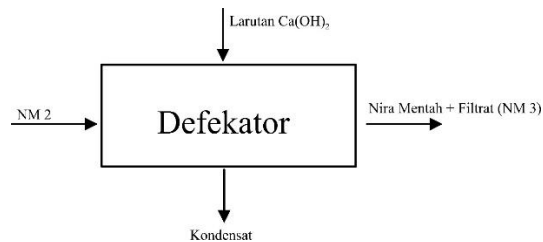
Filtrat = 18,75 ton/ jam (filtrat x nira mentah masuk)

Output = nira mentah + filtrat

= Nira Mentah + Filtrat = 149,691 ton/jam

Komponen	Input	Output
NM1 masuk	130.9447	
Filtrat	18,75	
NM 2+ Filtrat		149,69
Total	149,69	149,69

b. Defekator



Tebu giling masuk = 125 ton/jam

Kebutuhan kapur = ((pemakaian CaO x Kapasitas tebu masuk)/kemurnian Cao
= 0,1666ton/jam

Jumlah larutan Ca (OH)₂ = (kebutuhan CaO/Konsentraasi CaO dalam larutan Ca (OH)₂)
= 2,5641 m³/jam

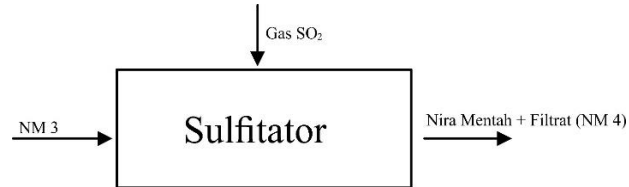
Berat larutan Ca (OH)₂ = (Densitas CaO x jumlah larutan Ca(OH)₂)
= 2.6949 ton/jam

Nira Mentah 3 = (NM2 + berat larutan Ca(OH)₂)
= 152,3857 ton/ja

Neraca massa di defekator

Komponen	Input	Output
NM2	149,69	
Larutan Ca (OH) ₂	2,69	
NM3		152,38
Total	152,38	152,38

c. Sulfitator



$$\text{Kebutuhan belerang} = \frac{\text{Pemakaian belerang} \times \text{tebu masuk giling}}{\text{kemurnian belerang}}$$

$$= 0,07 \text{ ton/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Gas SO}_2 \text{ terbentuk berdasarkan reaksi} &= \text{S}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{SO}_{2(g)} \\ &= \frac{\text{BM SO}_2}{\text{BM O}_2} \times \text{Kebutuhan Belerang} \\ &\quad \text{Kemurnian Belerang} \end{aligned}$$

$$\text{BM S} = 32$$

$$\text{BM O}_2 = 32$$

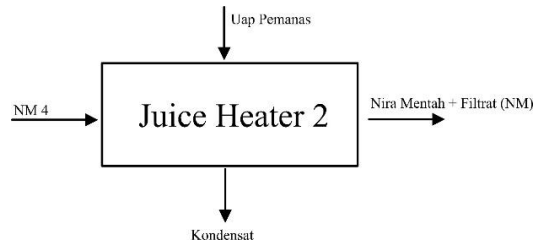
$$\text{BM SO}_2 = 64$$

$$\begin{aligned} \text{Gas SO}_2 &= (\text{Gas SO}_2 \text{ Terbentuk Berdasarkan} \\ &\quad \text{Reaksi} \times \text{Efisiensi Sulfitator}) \\ &= 0,13805 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NM4} &= (\text{NM3} + \text{Gas SO}_2) \\ &= 152,52 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Komponen	Input	Output
NM 3	152,38	
Gas SO ₂	0,138	
NM 4		152,52
Total	152,52	152,52

d. Juice heater 2



- Pada Juice Heater tidak ada perubahan massa maka:

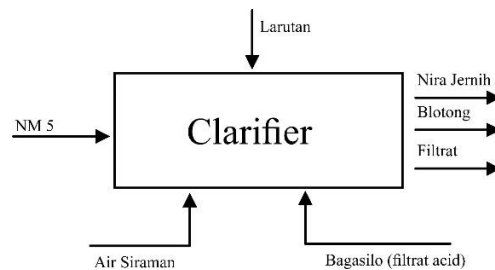
$$NM\ 4 = NM\ 5$$

$$152,52 = 152,52$$

Neraca Massa di Juice Heater 2

Komponen	Input	Output
NM 4	152.52	
NM 5		152.52
Total	152.52	152.52

e. Clarifier



Kebutuhan flokulan = (pemakaian flokulan x NM 5)
= 0,45 kg/jam

Jumlah air pelarut = $\frac{\text{Kebutuhan Flokulan}}{\text{Konsentrasi Larutan Flokulan}}$
= 1,79.00 kg/jam

Berat larutan flokulan = (kebutuhan flokulan + jumlah air pelarut)
= 1,83 kg/jam
= 1.83 ton/jam

Berat air siraman RVF = (% air siraman x tebu masuk giling)
= 2.50 ton/jam

Bagasilo yang digunakan = (bagasilo x tebu masuk giling)
= 0.88 ton/jam

Non sugar removal = (brix nira mentah – pol nira mentah)
= 12.62%

Bagasilo NM = (brix nira mentah- pol nira mentah)
= 3.09%

Bagasilo NE = (brix nira encer – pol nira encer)
= 2,7 %

Kotoran (non-sugar) diendapkan	= ((non sugar removal x (berat brix NM -berat pol NM)) = 0.51 ton/jam
Endapan kapur (CaO)	= Faktor kapur x kebutuhan kapur = 0,30 ton/jam
Berat sabut bagasilo	= (%sabut bagasilo x bagasilo yang digunakan) = 0,38 ton/jam
Zat kering blotong	= kotoran + endapan kapur + kotoran NM + berat bagasilo = 1.45 ton/jam
Blotong yang dihasilkan	= (zk blotong / % zk blotong) = 4.88ton/jam
Nira jernih	= ((NM5 + Air siraman + larutan + bagasilo – blotong + filtrat)) = 134.05ton/jam

Neraca massa di calrifier

Komponen	Input	Output
NM5	152,52	
Flokulan	1.83	
Bagasilo	0.88	
Air siraman	2.50	
Nira jernih		134.05
Blotong		4.88
Filtrat		18,75
Total	157.69	157.69

3. Neraca massa stasiun penguapan

Diketahui:

Nira encer = 134,05 ton/jam

%Brix NE = 11.66%

%Brix NK = 64%

Menghitung nilai S

$S = \text{Nira jernih} \times (1 - \text{brix NE} / \text{brix NK})$

= 109,63 ton/jam

Diasumsikan bahwa $S_1 = S_2 = S_3 = S_4$

$$= S_n = \frac{S_{total}}{4}$$

H₂O yang diuapkan = $\frac{109,63}{4} = 27.40 \text{ ton/jam}$

1. Hitung flowrate nira yang keluar disetiap badan evaporator

$$f_n = f_{n-1} - S_n$$

Keterangan:

F_n = massa air teruapkan di setiap evaporator

f_{n-1} = massa larutan nira keluar dievaporator ke $n - 1$

S_n = massa air teruapkan disetiap evaporator

- Badan evaporator 1

$$f_1 = f_0 - s_1$$

$$= 106.64 \text{ ton/jam}$$

- Badan evaporator 2

$$f_2 = f_1 - s_2$$

$$= 79.24 \text{ ton/jam}$$

- Badan evaporator 3

$$f_3 = f_2 - s_3$$

$$= 51.83 \text{ ton/jam}$$

- Badan evaporator 4

$$f_4 = f_3 - s_4$$

$$= 24.63 \text{ ton/jam}$$

2. Brix rata rata yang keluar dari evaporator

Nira Encer x % Brix NE/100

$$B_0 = 15.63$$

-Brix rata-rata yang keluar dari EV.1

$$B_1 = 14.66$$

-Brix rata-rata yang keluar dari EV.2

$$B_2 = 19.73$$

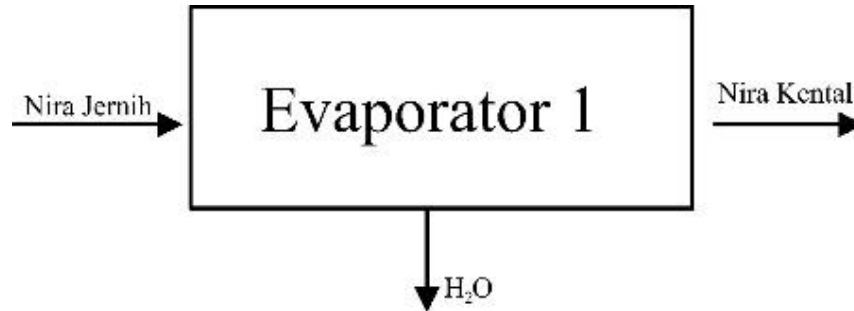
-Brix rata-rata yang keluar dari EV.3

$$B_3 = 30.16$$

-Brix rata-rata yang keluar dari EV.4

$$B_4 = 64.00$$

a. Evaporator 1



- Menghitung massa yang masuk pada evaporator 1

Massa yang masuk:

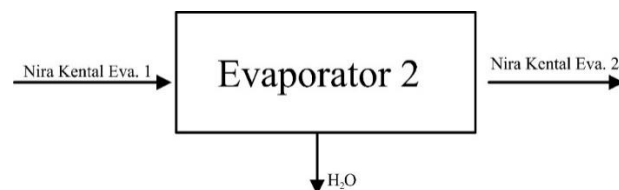
- Berat NE = $\% \text{Brix NE} \times \text{Nira Encer} / 100$
= 15.63 ton/jam
- Air = $(\text{NE} - \text{Berat NE})$
= 118,42 ton/jam

Brix + air = 134.05 ton/jam

Massa yang keluar:

- H_2O = 27.40 ton/jam
- NK = air + berat NE
- Air = massa masuk – massa keluar – berat brix
= $134.97 - 27.59 - 15.74$
= 91,01
- NK = 106.64 ton/jam

b. Evaporator 2



- Menghitung massa yang masuk pada evaporator 2

Massa masuk

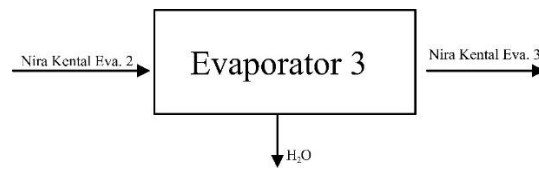
- Berat NE Evaporator 1 = $B_1 \times (\text{massa masuk} - \text{H}_2\text{O yang diuapkan})$
= 15.63 ton/jam
- Air = massa masuk – massa keluar – berat brix
= 91.01 ton/jam
- Brix + air = 106.64 ton/jam

Massa keluar

- Brix = $B_2 \times (\text{massa masuk} - \text{H}_2\text{O yang diuapkan})$
= 15.63 ton/jam
- Air = massa masuk – massa keluar – berat brix
= 63,60 ton/jam

$$\text{Brix} + \text{air} = 79.24 \text{ ton/jam}$$

c. Evaporator 3



- Menghitung massa yang masuk pada evaporator 3

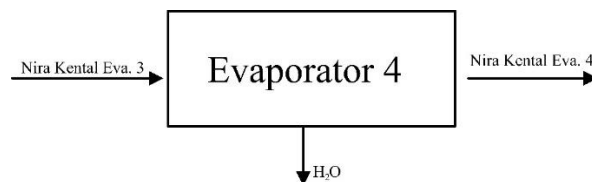
Massa masuk

- Berat NE Evaporator 2 $= B_2 \times (\text{massa masuk} - \text{H}_2\text{O yang diuapkan})$
 $= 15.63 \text{ ton/jam}$
- Air $= \text{massa masuk} - \text{massa keluar} - \text{berat brix}$
 $= 63.60 \text{ ton/jam}$
- Brix + air $= 79.24 \text{ ton/jam}$

Massa keluar

- Brix $= B_3 \times (\text{massa masuk} - \text{H}_2\text{O yang diuapkan})$
 $= 15.63 \text{ ton/jam}$
- Air $= \text{massa masuk} - \text{massa keluar} - \text{berat brix}$
 $= 36.20 \text{ ton/jam}$
- Brix + air $= 51.83 \text{ ton/jam}$

d. Evaporator 4



- Menghitung massa yang masuk pada evaporator 4

Massa masuk

- Berat NE Evaporator 2 $= B_3 \times (\text{massa masuk} - \text{H}_2\text{O yang diuapkan})$
 $= 15.63 \text{ ton/jam}$
- Air $= \text{massa masuk} - \text{massa keluar} - \text{berat brix}$
 $= 36.20 \text{ ton/jam}$
- Brix + air $= 51.83 \text{ ton/jam}$

Massa keluar

- Brix $= B_4 \times (\text{massa masuk} - \text{H}_2\text{O yang diuapkan})$
 $= 15.63 \text{ ton/jam}$
- Air $= \text{massa masuk} - \text{massa keluar} - \text{berat brix}$
 $= 8.79 \text{ ton/jam}$
- Brix + air $= 24.42 \text{ ton/jam}$

4. Neraca massa stasiun masakan

Diketahui

Bahan	% brix	HK (Harkat Kemurian)
Nira encer	11.66	
Nira kental	64	74.52
Gula SHS	99.80	99.80
Tetes	90	32
Masakan D	99	60
Gula D I	97.8	91
Gula D II	98.5	87
Klare D	83	52
Stroop A	83	63
Stroop C	85	53
Gula C	98	95
Masakan C	96	72
Gula A	98.5	99
Klare SHS	78	90
Masakan A	93	83

- Berat brix nira kental = 15.63 ton/jam
- Berat nira kental = $\frac{\text{Berat Brix Nira Kental}}{\% \text{Brix Nira Kental}} \times 100$
= 24.43 ton/jam
- Berat air nira kental = berat nira kental – berat brix nira kental
= 8,79ton/ jam
- Selisih HK gula SHS – Tetes = % HK gula SHS - % HK tetes
= 63,68%
- Berat brix gula SHS = Berat Brix Nira Kental x $\left(\frac{\text{Selisih HK NK} - \text{HK Tetes}}{\text{Selisih HK gula SHS} - \text{HK tetes}} \right)$
= 9.87 ton/jam
- Gula SHS yang dihasilkan = $\frac{\text{Berat Brix Gula SHS}}{\% \text{Brix Gula SHS}} \times 100$
= 9.56 ton/jam
- Berat air dalam SHS = Berat brix gula SHS – berat gula SHS
= 0,02 ton/jam
- Berat brix dalam gula A = Berat Brix Gula SHS x $\left(\frac{\text{HK Gula SHS} - \text{HK Klare SHS}}{\text{HK gula A} - \text{HK Klare SHS}} \right)$
= 9,56 ton/jam
- Berat gula A keluar = $\frac{\text{Berat Brix Gula A}}{\% \text{Brix Gula A}} \times 100$
= 9,71 ton/jam
- Berat air dalam gula A = Berat gula A – Berat brix gula A
= 0,14 ton/jam
- Berat brix klare SHS = Berat brix gula A – Berat brix SHS
= 0.88 ton/jam
 $\frac{\text{Berat Brix Klare SHS}}{\% \text{Brix Klare SHS}} \times 100$

- Berat klare SHS =
= 1.13 ton/jam
- Berat air dalam klare SHS = Berat klare SHS = Berat brix klare SHS
= 1,13 ton/jam
- Berat tetes = $\frac{\text{Berat Brx Tetes}}{\% \text{Brix Tetes}} \times 100$
= 6.75 ton/jam
- Berat brix masakan D = $\text{Berat Brix Tetes} \times \left(\frac{\text{HK Gula D II} - \text{HK Tetes}}{\text{HK Gula D II} - \text{HK Nira Kental}} \right)$
= 14.72 ton/jam
- Berat masakan D = $\frac{\text{Berat Brix Masakan D}}{\% \text{Brix Masakan D}} \times 100$
= 14.87 ton/jam
- Berat air dalam masakan D = Berat brix masakan D - Berat masakan D
= 0,14 ton/jam

Karena pada masakan D menghasilkan gula D1 dan tetes

- Berat brix gula D1 = Berat brix masakan D – Berat brix tetes
= 8.66 ton/jam
- Berat masakan D = $\frac{\text{Berat Brix gula D1}}{\% \text{Brix gula D1}} \times 100$
= 8.93 ton/jam
- Berat air dalam gula D1 = Berat gula D1 - Berat brix gula D1
= 0,26ton/jam

Sehingga gula D2 hasil masakan D:

- Berat brix gula D2 = $\text{Berat Brix gula D I} \times \left(\frac{\text{HK Gula D2} - \text{HK Klare D}}{\text{HK Gula D1} - \text{HK Klare D}} \right)$
= 6,80 ton/jam
- Berat gula D2 = $\frac{\text{Berat Brix gula D2}}{\% \text{Brix gula D2}} \times 100$
= 7,08 ton/jam
- Berat air dalam gula D2 = Berat gula D2 - Berat brix gula D2
= 0,28 ton/jam

Karena pada gula D1 dihasilkan produk gula D2 dan dihasilkan klare D, cara mencari klare D yaitu:

- Berat brix klare D = Berat brix gula D1 – Berat brix gula D2
= 1,85 ton/jam
- $\frac{\text{Berat Brix Klare D}}{\% \text{Brix klare D}} \times 100$
~~125~~

- Berat klare D
$$= \frac{\text{Berat Brix Klare D}}{\% \text{Brix Klare D}} \times 100\%$$

= 2,23 ton/jam
- Berat air dalam gula D2 = Berat klare D - Berat brix klare D
= 0,38 ton/jam

Untuk mencari stroop A harus dicari dahulu stroop A + C yang masuk pada masakan D:

- Berat brix stroop A + C (m.D) = Berat brix masakan D – Berat brix klare D
= 12,87 ton/jam
- Berat pol stroop A + C (m.D)
$$= \frac{\text{Berat Brix masakan D} \times \text{HK masakan D} - \text{Berat brix klare D} \times \text{HK klare D}}{100}$$

= 7.87 ton/jam
- HK stroop A+C (m.D)
$$= \frac{\text{Berat Pol Stroop A + C (m. D)}}{\text{Berat Brix stroop A + C (m. D)}} \times 100$$

= 61,15 ton/jam
- Berat brix stroop C (m.D) = Berat Brix Stroop A+C (m.D) $\times \left(\frac{\text{HK Stroop A} - \text{HK Stroop A+C (m.D)}}{\text{HK Stroop A} - \text{HK Stroop C}} \right)$
= 2,37 ton/jam
- Berat stroop C (m.D)
$$= \frac{\text{Berat Brix Stroop C (m. D)}}{\% \text{Brix Stroop C}} \times 100$$

= 2,79 ton/jam
- Berat air dalam Stroop C (m.D) = Berat stroop C - Berat brix stroop C (m.D)
= 0.41 ton/jam
- Berat brix stroop A (m.D) = Berat stroop C – Berat brix stroop C (m.D)
= 10,49 ton/jam
- Berat stroop A (m.D)
$$= \frac{\text{Berat Brix Stroop A (m. D)}}{\% \text{Brix Stroop A}} \times 100$$

= 12,64 ton/jam
- Berat air dalam Stroop A (m.D) = Berat stroop A - Berat brix stroop A (m.D)
= 2.21 ton/jam

Untuk mencari stroop A yang keluar pada masakan A harus menghitung stroop A yang masuk pada masakan C

- Berat brix masakan C
$$= \text{Berat Brix Stroop C (m.D)} \times \left(\frac{\text{HK Gula C} - \text{HK Stroop C}}{\text{HK Gula C} - \text{HK Masakan C}} \right)$$

= 4,33 ton/jam
- Berat masakan C
$$= \frac{\text{Berat Brix Masakan C}}{\% \text{Brix Masakan C}} \times 100$$

= 4,52 ton/jam
- Berat air dalam masakan C = Berat brix masakan C - Berat masakan C
= 0,18 ton/jam
$$\text{Berat Brix Masakan C} \times \left(\frac{\text{HK Masakan C} - \text{HK Stroop A}}{\text{HK Gula D1} - \text{HK Stroop A}} \right)$$

- Berat brix gula D2 (mC) =
= 1.25
- Berat gula D2 (mC) = $\frac{\text{Berat Brix Gula D2 (m. C)}}{\% \text{Brix Gula D2}} \times 100$
= 1.31 ton/jam
- Berat air dalam gula D2 (mC) = Berat gula D2 (m C) - Berat brix gula D2(mC)
= 0.52 ton/jam

Sehingga diketahui komposisi D2 pada masakan A:

- Berat brix gula D2 (mA) = Berat Brix Gula D2 (m.D) - Berat Brix Gula D2(mC)
= 5.54 ton/jam
- Berat gula D2 (mA) = $\frac{\text{Berat Brix Gula D2 (m. A)}}{\% \text{Brix Gula D2}} \times 100$
= 5.57 ton/jam
- Berat air dalam gula D2 (mA) = Berat gula D2 (mA) - Berat brix gula D2(mA)
= 0.23 ton/jam
- Berat brix stroop A (m.C) = Berat brix masakan C – Berat brix gula D2 (m.C)
= 3,07 ton/jam
- Berat stroop A (m.C) = $\frac{\text{Berat Brix Stroop A (m. C)}}{\% \text{Brix Stroop A}} \times 100$
= 3,71ton/jam
- Berat air dalam Stroop A (m.D) = Berat stroop A(mC) - Berat brix stroop A (m.C)
= 0.63 ton/jam

Maka stroop A yang dihasilkan pada Pan A

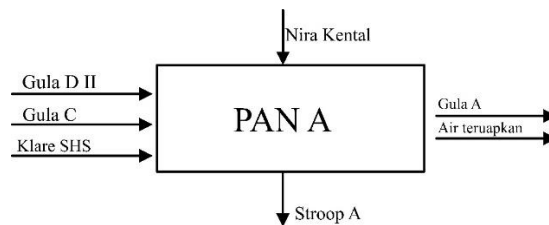
- Berat brix stroop A (keluaran mA) = Berat Stroop A (m.C) + Berat Brix Stroop A (m.D)
= 13.57 ton/jam
- Berat stroop A (keluar mA) = $\frac{\text{Berat Brix stroop A (keluaran m. A)}}{\% \text{Brix stroop A}} \times 100$
= 16.35ton/jam
- Berat air dalam Stroop A (Keluar mA) = $\frac{\text{Berat Stroop A (Keluar m.A) - Berat Brix Stroop A (Keluar m.A)}}{}$
= 2.78 ton/jam
- Berat brix gula C (m.A) = $\frac{(\text{Berat Brix Gula A} + \text{Berat Brix Stroop A (Keluar m.A)}) - (\text{Berat Brix Klare SHS} + \text{Berat Brix Nira Kental} + \text{Berat Brix gula D2(m.A)})}{}$
= 1,96 ton/jam
- Berat gula C (mA) = $\frac{\text{Berat Brix Gula C (m. A)}}{\% \text{Brix Gula C}} \times 100$
= 2.03 ton/jam
- Berat air dalam gula C (m.A) = Berat Gula C (m.A) - Berat Brix Gula C (m.A)

$$= 0,04 \text{ ton/jam}$$

- Berat masakan A $= (\text{Berat Nira Kental} + \text{Berat Klare SHS} + \text{Berat Gula D2(m.A)} + \text{Berat Gula C (m.A)})$
 $= 33.97 \text{ ton/jam}$
- Berat air teruapkan $= (\text{Berat Masakan A} - (\text{Berat Stroop A (Keluar m.A)} + \text{Berat Gula A}))$
 $= 7,26 \text{ ton/jam}$

Maka dari perhitungan diatas maka diperoleh neraca massa tiap masakan sebagai berikut:

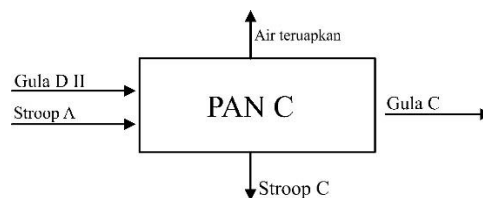
a. Masakan A



Neraca massa masakan A

Neraca bahan	Input	Output
Nira kental	24.42	
Gula DII	5.77	
Gula C	2.03	
Klare SHS	1.13	
Gula A		9,71
Stroop A		16,35
H ₂ O		7,26
Total	33.33	33.33

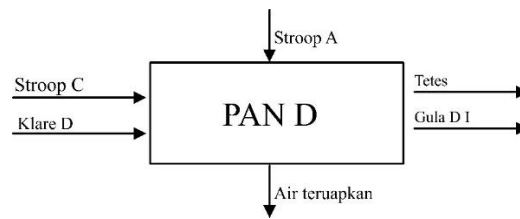
b. Masakan C



Neraca massa masakan C

Komponen	Input	Output
Gula D II	1.31	
Stroop A	3,71	
Gula C		2.00
Stroop C		2,79
H ₂ O		0.22
Total	5,02	5,02

c. Masakan D



Neraca massa masakan D

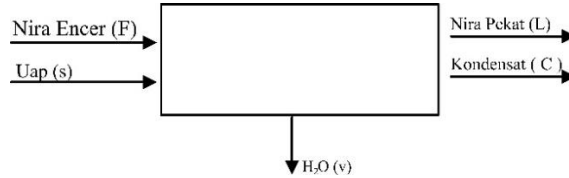
Komponen	Input	Output
Stroop C	2,79	
Klare D	2,23	
Stroop A	12,64	
Tetes		6.75
Gula D I		8.93
H ₂ O		1.99
Total	17,67	17,67

Neraca Massa Overall

Komponen	Input	Output
1.Gilingan		
Tebu	125	
Air imbibisi	42,33	
Ampas		36,39
2.Juice heater		
Filtrat	18,75	
3.Defecator		
Ca (OH) ₂	2,69	
4.Sulfitator		
Gas SO ₂	0,14	
5.Clarifier		
Flokulan	1,79	
Bagasilo	0,87	
Air siraman	2,50	
Blotong		4,88
Flitrat		18,75
6.Evaporator 1		
H ₂ O		27,40
7.Evaporator 2		
H ₂ O		27,40
8.Evaporator 3		
H ₂ O		27,40
9.Evaporator 4		
H ₂ O		27,40
10.Masakan		
Gula SHS		9,71
Tetes		6,75
Uap air pan A		7,26
Uap air pan C		0,22
Uap air pan D		1,99
Total	194,08	194,08

Lampiran 2 Neraca Panas

1. Neraca Panas stasiun Penguapan



Diketahui:

- Tekanan Evaporator = 111°C
- Vakum = 64 cmHg
- Distribusi tekanan menurut buku Hugot, tabel properties of dry saturated steam
- Tekanan uap bekas = 1,5 kg/cm²abs
- Vakum evaporator = 62,4 cmHg (1 cmHg = 0,01 kg/cm²abs)
= 0,13 kg/cm²abs
- Δp (pressure drop) Evp I – IV = tekanan uap bekas – vacuum evaporator
= 1,33 kg/cm²abs
- Tekanan evaporator 1 = Tekanan uap bekas – (distribusi $\Delta p \times \Delta p$)
= 1,13 kg/cm²abs
= 110 °C (Tabel production and usage Hugot)
- Tekanan evaporator 2 = Tekanan uap bekas – (distribusi $\Delta p \times \Delta p$)
= 0,78 kg/cm²abs
= 110 °C (Tabel production and usage Hugot)
- Tekanan evaporator 3 = Tekanan uap bekas – (distribusi $\Delta p \times \Delta p$)
= 0,46 kg/cm²abs
= 84 °C (Tabel production and usage Hugot)
- Tekanan evaporator 4 = Tekanan uap bekas – (distribusi $\Delta p \times \Delta p$)
= 0,16 kg/cm²abs
= 56 °C (Tabel production and usage Hugot)
- Kalor jenis (cp) = 1 – (0,006 x)
- Cp0 = 0,93 kkal.kg.°C
- Cp1 = 0,91 kkal.kg.°C
- Cp2 = 0,88 kkal.kg.°C
- Cp3 = 0,81 kkal.kg.°C
- Cp4 = 0,61 kkal.kg.°C
-

Tabel properties of dry saturated steam

Komponen	P (kg/cm ²)	T(°C)	Λ (kkal/kg)	q .(kkal/kg)
Uap bekas	1,5	111	642,9	111
NP. Evp 1	1,13	103	640	103
NP. Evp 2	0,78	92	635,9	93
NP. Evp 3	0,46	79	630,9	78,9
NP. Evp 4	0,16	56	621,5	55,9

- Panas masuk
 - Uap = $M_v \times \lambda$ (massa uap kg/jam)
 - Nira = $M_{n_0} \times C_{p_0} \times T_1$ (massa nira kg/jam)
- Panas keluar
 - Kondensat = $m_v \times q_2$
 - H₂O = $m_v \times \lambda_2$

- Nira $= m_{n1} \times c_{p1} \times T_1$
- Keterangan:
- Mv $= \text{rate massa uap (kg/jam)}$
- Mn $= \text{rate massa nira (kg/jam)}$
- Λ $= \text{total heat (kkal/kg)}$
- q $= \text{heat sensible (kkal/kg)}$
- cp $= \text{kalor jenis (kkal/kg)}$
- T $= \text{Suhu (}^{\circ}\text{C)}$

a. Evaporator 1

Diketahui

$$m_{N1} = 134,057 \text{ ton/jam} = 134057,95 \text{ kg/jam}$$

$$mv_2 = 27,408 \text{ ton/jam} = 27408 \text{ kg/jam}$$

$$m_{N2} = 106,06 \text{ ton/jam} = 1066,56 \text{ kg/jam}$$

Panas masuk:

$$\begin{aligned} Q_{\text{uap}} &= mv \times \lambda \\ &= 17620968,49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{nira}} &= mn \times c_p \times T \\ &= 13839398,09 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{uap}} + \text{Nira} = 31460366,58$$

Panas keluar:

$$\begin{aligned} Q_{\text{kondensat}} &= \text{nira masuk} - \text{nira keluar} \times \lambda_2 \\ &= 17541483,64 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{H}_2\text{O}} &= mv_2 \times q_2 \\ &= 3045091,92 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{nira}} &= m_{n1} \times c_{p1} \times T_1 \\ &= 10018881,47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{Kondensat}} + \text{H}_2\text{O} + \text{Nira} \\ &= 30605457,04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 31460366,58 - 30605457,07 \\ &= 854909,5422 \end{aligned}$$

b. Evaporator 2

Diketahui:

$$- m_{N2} = 106,06 \text{ ton/jam} = 1066,56 \text{ kg/jam}$$

$$m_{V2} = 27,408 \text{ ton/jam} = 27408 \text{ kg/jam}$$

$$- mn_3 = 79,24 \text{ ton/jam} = 79240 \text{ kg/jam}$$

Panas masuk:

$$Q \text{ kondensat} = \text{nira masuk} - \text{nira keluar} \times \lambda_2$$

$$= 17541483,64$$

$$Q \text{ H}_2\text{O} = m_{v2} \times q_2$$

$$= 3045091,92$$

$$Q \text{ nira} = m_{n1} \times c_{p1} \times T_1$$

$$= 10018881,47$$

Total = 30605457,04

Panas keluar:

$$Q \text{ kondensat} = \text{nira masuk} - \text{nira keluar} \times \lambda_2$$

$$= 17429108,51$$

$$Q \text{ H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{O masuk} + \text{kondensat} \times q_2$$

$$= 5651646,76$$

$$Q \text{ nira} = m_{n3} \times c_{p3} \times T_3$$

$$= 6427315,566$$

Total = 295080070,84

$$Q \text{ loss} = 1097386,201$$

c. Evaporator 3

Diketahui:

- $m_{N3} = 79,24 \text{ ton/jam} = 79240 \text{ kg/jam}$
- $m_{V2} = 27,408 \text{ ton/jam} = 27408 \text{ kg/jam}$
- $m_{n4} = 51,83 \text{ ton/jam} = 51832 \text{ kg/jam}$

Panas masuk:

$$Q \text{ kondensat} = \text{nira masuk} - \text{nira keluar} \times \lambda_2$$

$$= 17429108,51$$

$$Q \text{ H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{O masuk} + \text{kondensat} \times q_2$$

$$= 5651646,76$$

$$Q \text{ nira} = m_{n3} \times c_{p3} \times T_3$$

$$= 6427315,566$$

Total = 295080070,84

Panas keluar:

$$Q \text{ kondensat} = \text{nira masuk} - \text{nira keluar} \times \lambda_2$$

$$= 17429108,51$$

$$Q \text{ H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{O masuk} + \text{kondensat} \times q_2$$

$$= 7564764,82$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{nira}} &= m_{n4} \times c_{p4} \times T_4 \\
 &= 3353831,045 \\
 \text{Total} &= 28210661,54 \\
 Q_{\text{loss}} &= 1297409,303
 \end{aligned}$$

d. Evaporator 4

Diketahui:

- $m_{N4} = 51,83 \text{ ton/jam} = 51832 \text{ kg/jam}$
- $m_{V2} = 27,408 \text{ ton/jam} = 27408 \text{ kg/jam}$
- $m_{n5} = 24,42 \text{ ton/jam} = 24423 \text{ kg/jam}$

jadi panas masuk:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{kondensat}} &= \text{nira masuk} - \text{nira keluar} \times \lambda_2 \\
 &= 17429108,51
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{H}_2\text{O}} &= \text{H}_2\text{O masuk} + \text{kondensat} \times q_2 \\
 &= 7564764,82
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{nira}} &= m_{n4} \times c_{p4} \times T_4 \\
 &= 3353831,045
 \end{aligned}$$

Panas keluar:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{kondensat}} &= \text{nira masuk} - \text{nira keluar} \times \lambda_2 \\
 &= 27408,56
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{H}_2\text{O}} &= \text{H}_2\text{O masuk} + \text{kondensat} \times q_2 \\
 &= 8650144,12
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{nira}} &= m_{n5} \times c_{p5} \times T_5 \\
 &= 842519,403
 \end{aligned}$$

$$\text{Total} = 9520072$$

$$Q_{\text{loss}} = 18690589,44$$

Tabel neraca panas stasiun penguapan

Komponen	Input	Output
Evaporator 1		
Uap	17620968,49	
Nira	13839398,09	
Kondensat		17541483,64
H2O		3045091,926
Nira		10018881,47
Q loss		854909,54
Total	31460366,58	31460366,58
Evaporator 2		
Uap	3045091,91	
Nira	10018881,47	
H2O	17541483,64	
Kondensat		17429108,51
H2O		5651646,76
Nira		6427315,56
Q loss		1097386,2
Total	30605457,04	30605457,04
Evaporator 3		
Uap	17429108,51	
Nira	6427315,56	
H2O	5651646,761	
Kondensat		17292065,67
H2O		7564764,82
Nira		3353831,045
Q loss		1297409,30
Total	29508070,84	29508070,84
Evaporator 4		
Uap	17292065,67	
Nira	3353831,045	
H2O	7564764,82	
Kondensat		27408,5681
H2O		8650144,12
Nira		842519,4031
Q loss		18690589,44
Total	28210661,54	28210661,54

2. Neraca Panas stasiun Masakan

a. Bahan Masakan A

Komponen	Input	Output
Nira Kental	24,42	
Gula DII	5,777	
Gula C	2,033	
Klare SHS	1,1300	
Gula A		9,714
Stroop A		16,355
Air yang teruapkan		7,2676
Jumlah	33,3343	33,3343

Bahan	%brix	HK
Nira Encer	11,60708548	
Nira Kental	64	74,52
Gula SHS	99,8	99,8
Tetes	90	32
Masakan D	99	60
Gula D I	97,8	91
Gula D II	98,5	87
Klare D	83	52
Stroop A	83	63
Stroop C	85	53
Gula C	98	95
Masakan C	96	72
Gula A	98,5	99
Klare SHS	78	90
Masakan A	93	83

Tekanan msakan A = Tekanan evp 4 yaitu 0,1632

$$p = 0,1632$$

$$\Lambda = 621,5$$

$$T = 56$$

$$q = 55,9$$

maka

Panas masuk:

$$Q_{\text{steam}} = \text{kondenstat keluar evp 4} \times \lambda_2$$

$$= 17541483,64$$

$$Q_{\text{NK}} = \text{NK} \times c_p \times T$$

$$\begin{aligned}
 &= 849947,80 \\
 Q \text{ Gula DII} &= \text{gula DII} \times 1 - c_p \times T \\
 &= 95453,65 \\
 Q \text{ gula C} &= \text{gula C} \times c_p \times T \\
 &= 48841,014 \\
 Q \text{ Klare SHS} &= \text{Klare SHS} \times c_p \times T \\
 &= 29355,97 \\
 \text{Total} &= 18565082,1 \\
 \text{Panas keluar:} \\
 Q \text{ kondensat} &= \text{kondensat} \times \lambda_2 \\
 &= 17034425,13 \\
 Q \text{ H}_2\text{O} &= \text{H}_2\text{O} \times q_2 \\
 &= 691969,7743 \\
 Q \text{ Gula A} &= \text{gula A} \times c_p \times T \\
 &= 190473,0249 \\
 Q \text{ stroop A} &= \text{Stroop A} \times c_p \times T \\
 &= 396031,5225 \\
 \text{Total} &= 18312899,45 \\
 Q \text{ loss} &= 252182,6476
 \end{aligned}$$

b. Masakan C

Komponen	Input	output
Gula DII	1,3124	
Stroop A	3,7106	
Gula C		2,0033
Stoop C		27959
Air Teruapkan		0,2238
Jumlah	50230	50230
sisia		0

$$\begin{aligned}
 \text{Panas masuk:} \\
 Q \text{ steam} &= \text{kondenstat keluar evp} \times 4 \times \lambda_2 \\
 &= 1754148,64 \\
 Q \text{ Gula DII} &= \text{gula DII} \times 1 - c_p \times T \\
 &= 34751,4932 \\
 Q \text{ stroop A} &= \text{Stroop A} \times c_p \times T \\
 &= 117488,435
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total} &= 17693723,57 \\
 \text{Panas keluar:} & \\
 \text{Q kondensat} &= \text{kondensat} \times \lambda_2 \\
 &= 17034425,13 \\
 \text{Q H}_2\text{O} &= \text{H}_2\text{O} \times q_2 \\
 &= 25408,72534 \\
 \text{Q Gula C} &= \text{gula C} \times c_p \times T \\
 &= 48841,01414 \\
 \text{Q stroop C} &= \text{Stroop C} \times c_p \times T \\
 &= 89490,773 \\
 \text{Total} &= 17198165,64 \\
 \text{Q loss} &= 495557,92
 \end{aligned}$$

c. Masakan D

Komponen	Input	Output
Stroop C	2,7959	
Klare D	2,2364	
Stroop A	12,6446	
Tetes		6,7544
Gula DI		8,9303
Air		
Teruapkan		1,9923
Jumlah	17,6769	17,6769

$$\begin{aligned}
 \text{Panas masuk:} & \\
 \text{Q steam} &= \text{kondenstat keluar evp 4} \times \lambda_2 \\
 &= 17541483,64 \\
 \text{Q stroop C} &= \text{stroop c} \times c_p \times T \\
 &= 89490,773 \\
 \text{Q Klare D} &= \text{klare D} \times c_p \times T \\
 &= 24142,32986 \\
 \text{Q stroop A} &= \text{Stroop A} \times c_p \times T \\
 &= 285615,0789 \\
 \text{Total} &= 17940731,82 \\
 \text{Panas keluar:} & \\
 \text{Q kondensat} &= \text{kondensat} \times \lambda_2 \\
 &= 17034425,13 \\
 \text{Q H}_2\text{O} &= \text{H}_2\text{O} \times q_2
 \end{aligned}$$

$$= 216538,3593$$

$$Q \text{ Gula D1} = \text{gula C} \times c_p \times T$$

$$= 153043,2015$$

$$\text{Total} = 17541786,3$$

$$Q \text{ loss} = 398945,5275$$

Neraca panas masakan A

Komponen	Input	Output
Uap	17541483,64	
Nira	849947,80	
Gula D II	95453,65	
Gula C	49713,18	
Klare SHS	48841,014	
Kondensat		17034425,13
H2O		691969,7743
Gula A		190473,0249
Stroop A		396031,5225
Qloss		495557,92
Total	18565082,10	18565082,10

Neraca Panas masakan C

Komponen	Input	Output
Uap	1754148,64	
Gula D II	34751,49327	
Stroop A	117488,435	
Kondensat		17034425,13
H2O		25408,72534
Gula C		48841,01414
Stroop C		89490,773
Qloos		495557,92
Total	17693723,57	17693723,57

Neraca panas masakan D

Komponen	Input	Output
Uap	17541483,64	
Stroop C	89490,77351	
Klare D	24142,32986	
Stroop A	285615,0789	
Kondensat		17034425,13
H2O		216538,3593
Tetes		216538,3593
Gula D1		153043,2015
Qloss		398945,5275
Total	179407,82	179407,82

Neraca Panas Overall

Komponen	Input (kkal/jam)	Komponen	Output (kkal/jam)
Nira	13839398,09	Kondensat evp 1	17541483,64
Uap Evp 1	17620968,49	Kondensat evp 2	17429108,51
Uap Evp 2	3045091,92	Kondensat evp 3	17292065,67
Uap Evp 3	17429108,51	Kondensat evp 4	27408,56
Uap Evp 4	17292065,67	H2O evp 1	3045091,926
Uap masakan A	17541483,64	H2O evp 2	5651646,76
Uap masakn C	17541483,64	H2O evp 3	7564764,8
Uap Masakan D	17541483,64	H2O evp 4	8650144,12
		Kondensat masakan A	17034425,12
		H2O masakan A	691969,77
		Gula shs	161117,04
		Kondensat masakan B	17034425,13
		H2O masakan B	25408,72
		Kondensat masakan C	17034425,13
		H2O masakan C	216538,35
		Tetes	137779,6055
Total	121851083,6	Total	121851083,6

