

**PERENCANAAN UNIT
SENTRIFUGASI, PENGEMASAN DAN PENGGUDANGAN
PABRIK GULA TEBU SHS 1A
DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 2000 KUINTAL PER HARI**

**TUGAS PERENCANAAN
UNIT PENGOLAHAN PANGAN**



**OLEH :
YANNY SUSANTO
6103009139**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA
SURABAYA
2013**

**PERENCANAAN UNIT
SENTRIFUGASI, PENGEMASAN DAN PENGGUDANGAN
PABRIK GULA TEBU SHS 1A
DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 2000 KUINTAL PER HARI**

TUGAS PUPP

Diajukan Kepada
Fakultas Teknologi Pertanian,
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknologi Pertanian
Program Studi Teknologi Pangan

OLEH :
YANNY SUSANTO
6103009139

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA
SURABAYA
2013**

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

Nama : Yanny Susanto

NRP : 6103009139

Menyetujui makalah Tugas Perencanaan Unit Pengolahan Pangan saya:

Judul:

Perencanaan Unit Sentrifugasi, Pengemasan Dan Penggudangan Pabrik Gula Tebu SHS 1A Dengan Kapasitas Produksi 2.000 Kuintal Per Hari

Untuk dipublikasikan/ditampilkan di internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Unika Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikianlah pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 19 Desember 2012

Yang menyatakan,



Yanny Susanto

LEMBAR PENGESAHAN

Makalah Tugas Perencanaan Unit Pengolahan Pangan dengan judul **“Perencanaan Unit Sentrifugasi, Pengemasan Dan Penggudangan Pabrik Gula Tebu SHS 1A Dengan Kapasitas Produksi 2.000 Kuintal Per Hari”** yang diajukan oleh Yanny Susanto (6103009139), telah diujikan pada tanggal 19 Desember 2012 dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji.

Ketua Tim Penguji,



Ir. Thomas Indarto Putut Suseno, M.P.

Tanggal : 19, 2013 .

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian,



Ir. Adrianus Rulianto Utomo, MP.

Tanggal :

LEMBAR PERSETUJUAN

Makalah Tugas Perencanaan Unit Pengolahan Pangan yang berjudul **“Perencanaan Unit Sentrifugasi, Pengemasan Dan Penggudangan Pabrik Gula Tebu SHS 1A Dengan Kapasitas Produksi 2.000 Kuintal Per Hari”** yang diajukan oleh Yanny Susanto (6103009139), telah diujikan dan disetujui oleh Dosen Pembimbing.

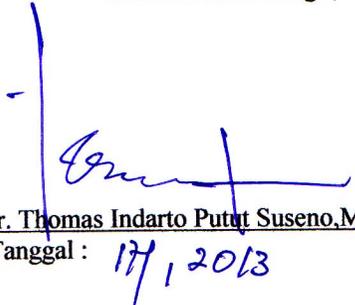
Dosen Pembimbing II,



Netty Kusumawati, S.TP., M.Si.

Tanggal :

Dosen Pembimbing I,



Ir. Thomas Indarto Putut Suseno, M.P.

Tanggal : 17, 2013

**LEMBAR PERNYATAAN
KEASLIAN KARYA ILMIAH**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam TUGAS PERENCANAAN UNIT PENGOLAHAN PANGAN saya yang berjudul:

**Perencanaan Unit Sentrifugasi, Pengemasan Dan Pengudangan
Pabrik Gula Tebu SHS 1A Dengan Kapasitas Produksi
2.000 Kuintal Per Hari**

adalah hasil karya saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara nyata tertulis, diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila karya saya tersebut merupakan plagiarisme, maka saya bersedia dikenai sanksi berupa pembatalan kelulusan atau pencabutan gelar, sesuai dengan peraturan yang berlaku (UU RI No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional Pasal 25 ayat 2, dan Peraturan Akademik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya Pasal 30 ayat 1 (e) Tahun 2010).

Surabaya, 19 Desember 2012



Yanny Susanto

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas kasih karunia-Nya, Tugas Perencanaan Unit Pengolahan Pangan yang berjudul **“Perencanaan Unit Sentrifugasi, Pengemasan Dan Penggudangan Pabrik Gula Tebu SHS 1A Dengan Kapasitas Produksi 2.000 Kuintal Per Hari”** dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan Tugas Perencanaan Unit Pengolahan Pangan ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Sarjana Strata-1, Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Thomas Indarto Putut Suseno, M.P. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Netty Kusumawati, S.TP, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran kepada penulis dalam penyusunan Tugas Perencanaan Unit Pengolahan Pangan ini.
2. Orang tua, saudara dan sahabat penulis serta semua pihak yang telah mendukung penulis baik berupa material maupun moril dalam penyusunan Tugas Perencanaan Unit Pengolahan Pangan ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Perencanaan Unit Pengolahan Pangan ini masih jauh dari sempurna, karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata, penulis berharap semoga tulisan ini membawa manfaat bagi pembaca.

Surabaya, 1 Desember 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	4
BAB II. BAHAN DAN PROSES PENGOLAHAN GULA TEBU	5
2.1. Bahan Pembuatan Gula Tebu	5
2.1.1. Bahan Baku Utama	5
2.1.2. Bahan Baku Penunjang	7
2.1.2.1. Air Imbibisi	7
2.1.2.2. Asam Fosfat	7
2.1.2.3. Kapur Tohor	7
2.1.2.4. Belerang	8
2.1.2.5. Flokulan	9
2.1.2.6. Kaporit	9
2.1.2.7. Tawas	9
2.1.2.8. <i>Caustic Soda Flake</i>	10
2.1.2.9. Fondan	10
2.2. Proses Pengolahan	10
2.2.1. Stasiun Persiapan	12
2.2.2. Stasiun Penggilingan	14
2.2.3. Stasiun Pemurnian	17
2.2.4. Stasiun Penguapan	20
2.2.5. Stasiun Pemasakan	23
2.2.5.1. Masakan D	25
2.2.5.2. Masakan C	26
2.2.5.3. Masakan A	26

2.2.6.	Stasiun Puteran	27
2.2.6.1.	Pemisahan Kristal pada Masakan D	28
2.2.6.2.	Pemisahan Kristal pada Masakan C	28
2.2.6.3.	Pemisahan Kristal pada Masakan A	29
2.2.7.	Stasiun Penyelesaian	29
2.2.8.	Peleburan	30
BAB III.	NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	32
3.1.	Neraca Massa	32
3.2.	Neraca Panas	37
BAB IV.	SENTRIFUGASI, PENGGEMASAN DAN PENGGUDANGAN	39
4.1.	Sentrifugasi	42
4.1.1.	Sentrifugasi Masakan D	43
4.1.2.	Sentrifugasi Masakan C	44
4.1.3.	Sentrifugasi Masakan A	44
4.1.4.	Sentrifugasi SHS 1A	44
4.2.	Pengemasan	44
4.2.1.	Bahan Pengemas Gula Tebu	46
4.2.1.1.	Kemasan Primer.....	46
4.2.1.2.	Kemasan Sekunder	48
4.2.1.3.	Benang Jahit Plastik	48
4.2.2.	Proses Pengemasan Gula Tebu	49
4.3.	Penggudangan	50
4.3.1.	Kondisi Gudang Penyimpanan	53
4.3.2.	Proses Penggudangan Gula Tebu	54
4.3.3.	Kecepatan Arus Barang	54
4.3.4.	Perhitungan Luas Area	56
BAB V.	SPESIFIKASI MESIN DAN PERALATAN	57
5.1.	Mesin	57
5.1.1	Generator	57
5.1.2.	<i>High Grade Fugal Machine</i>	58
5.1.3.	<i>Low Grade Fugal Machine</i>	59
5.1.4.	<i>Sugar Weighting and Bagging Machine</i>	60
5.1.5.	Talang Getar.....	60
5.1.6.	Pompa	61
5.2.	Peralatan.....	61
5.2.	Palet	61
5.2.2.	Kereta Dorong (<i>Lorry</i>).....	62

5.2.3.	Tangki Penampung Tetes	62
5.2.4.	Tangki Solar	63
5.2.5.	<i>Forklift</i>	64
BAB VI.	UTILITAS	65
6.1.	Air	65
6.2.	Listrik	66
6.3.	Solar	69
BAB VII.	ANALISA EKONOMI	71
7.1.	Biaya Mesin dan Peralatan	71
7.2.	Biaya Bahan – Bahan Pengemas	72
7.2.1.	<i>Inner Bag</i>	72
7.2.2.	Karung Plastik	73
7.2.3.	Benang Jahit Plastik	73
7.3.	Biaya Utilitas	74
7.3.1.	Air	74
7.3.2.	Listrik	75
7.3.3.	Bahan Bakar (Solar).....	75
7.4.	Biaya Gaji Karyawan	76
7.5.	Total Biaya Unit Sentrifugasi, Pengemasan dan Penggudangan	77
7.6.	Biaya Unit Sentrifugasi, Pengemasan dan Penggudangan Gula per Kemasan	77
BAB VIII.	PEMBAHASAN	78
8.1.	Aspek Teknis	78
8.2.	Aspek Ekonomis	83
BAB IX.	KESIMPULAN.....	84
	DAFTAR PUSTAKA	85
	LAMPIRAN	89

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram Alir Proses Pengolahan Gula Tebu	11
Gambar 4.1. Puteran <i>Low Grade Fugal</i>	40
Gambar 4.2. Puteran <i>High Grade Fugal</i>	41
Gambar 4.3. Mekanisme Kerja Mesin Sentrifugasi	42
Gambar 4.4. Monomer <i>Propylene</i>	48
Gambar 4.5. Sistem Arus "L".....	55
Gambar 4.6. Cara Penumpukan Karung Plastik di Atas Palet	55
Gambar 5.1. Generator	57
Gambar 5.2. <i>High Grade Fugal Machine</i>	58
Gambar 5.3. <i>Low Grade Fugal Machine</i>	59
Gambar 5.4. <i>Sugar Weighting and Bagging Machine</i>	60
Gambar 5.5. Talang Getar	60
Gambar 5.6. Pompa	61
Gambar 5.7. Palet	61
Gambar 5.8. Kereta Dorong (<i>Lorry</i>)	62
Gambar 5.9. Tangki Penampung Tetes	62
Gambar 5.10. Tangki Solar	63
Gambar 5.11. <i>Forklift</i>	64

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Komponen Kimia Batang Tebu	9
Tabel 2.2. Data Suhu Evaporator	21
Tabel 2.3. Data Pan Masakan	23
Tabel 2.4. Syarat Mutu Gula SHS (SNI 3140.3:2010)	30
Tabel 4.1. Daya tembus kemasan PP dan PE	48
Tabel 6.1. Jumlah Karyawan	65
Tabel 6.2. Kebutuhan Air untuk Karyawan	66
Tabel 6.3. Kebutuhan Listrik untuk Mesin dan Peralatan	67
Tabel 6.4. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan	67
Tabel 7.1. Perhitungan Biaya Mesin dan Peralatan	71
Tabel 7.2. Perhitungan Biaya Gaji Karyawan	76

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Neraca Massa	89
Lampiran B Denah Gudang Produk.....	98
Lampiran C Contoh Dokumen Unit Penggudangan	100
C.1. Contoh Dokumen Penerimaan Produk dari unit pengemasan ke Gudang Produk Jadi	100
C.2. Contoh Dokumen Stok Produk Jadi dalam Gudang	100
C.3. Contoh Dokumen dari Marketing ke Gudang Produk	101
C.4. Contoh Dokumen dari Perusahaan ke Marketing	102
Lampiran D Struktur Organisasi	103
Lampiran E Kualifikasi Tenaga Kerja	105
Lampiran F Perhitungan Kebutuhan Mesin dan Peralatan	107
Lampiran G Perhitungan Lama Pemakaian Mesin Sentrifugasi	108

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Gula tebu merupakan komoditas strategis karena termasuk salah satu dari sembilan kebutuhan pokok masyarakat Indonesia. Gula tebu banyak dimanfaatkan oleh masyarakat terutama industri makanan dan minuman sebagai sumber kalori, bahan pemanis, bumbu masakan dan bahan pengawet makanan (Hafsah, 2002).

Gula tebu jenis SHS 1A merupakan gula yang dapat dikonsumsi secara langsung atau sebagai tambahan bahan makanan dan minuman (Kuswurj, 2009). Kapasitas produksi gula tebu jenis SHS 1A di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun 2006-2008 yaitu dari 2,4 juta ton per tahun menjadi 2,7 juta ton per tahun (Agroindonesia, 2011). Tahun 2011, konsumsi gula tebu mengalami kenaikan sekitar 12% dari tahun sebelumnya (Hermas, 2012). Peningkatan produksi gula tebu jenis SHS 1A dari tahun ke tahun menunjukkan bahwa industri gula tebu berkembang pesat dan peluang untuk mendirikan pabrik gula tebu jenis SHS 1A terbuka lebar.

Proses pembuatan gula tebu pada umumnya meliputi tujuh tahapan yaitu stasiun persiapan, stasiun penggilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun pemasakan, stasiun puteran dan stasiun penyelesaian. Dua stasiun terakhir sangat penting untuk menentukan mutu produk gula tebu. Tahap puteran bertujuan untuk memisahkan kristal gula dari sirup atau tetes. Oleh karena itu, tahap tersebut sangat penting untuk dikontrol karena pada tahap ini berupaya memperoleh kristal gula dalam bentuk murni yang terpisah dari larutannya dengan cara sentrifugasi. Menurut Chen dan Chou (1993), sentrifugasi adalah salah satu unit operasi yang meliputi pemisahan

material oleh adanya gaya sentrifugal. Prinsip kerjanya adalah gaya sentrifugal dihasilkan ketika material dirotasi. Besar kecilnya gaya tergantung pada radius dan kecepatan rotasi serta massa (densitas) material yang disentrifugasi. Apabila densitas materialnya rendah maka gaya sentrifugasi semakin besar dan jika densitas materialnya tinggi maka gaya sentrifugasi semakin kecil. Jadi, densitas material berbanding terbalik dengan gaya sentrifugasi. Sistem puteran atau sentrifugasi yang baik sangat diperlukan untuk mempertahankan kualitas gula produk. Proses puteran yang tidak baik dapat mengakibatkan warna kristal gula tidak putih tetapi berwarna kekuningan dan kadar air kristal gula masih tinggi sebab masih terdapat tetes atau sirup yang belum terpisah dari kristal gula.

Stasiun penyelesaian pada proses pengolahan gula tebu terdiri dari dua tahapan penting yaitu tahap pengemasan dan penggudangan. Proses pengemasan merupakan tahapan yang penting untuk menentukan mutu gula tebu. Menurut Susanto dan Sucipta (1994), pengemasan didefinisikan sebagai seluruh kegiatan merancang dan memproduksi wadah atau bungkus kemasan suatu produk. Pengemasan pada makanan umumnya bertujuan melindungi makanan tersebut dari kerusakan fisik, mekanik, kimia dan mikrobiologi. Pengemasan dapat menjadikan produk mudah disimpan dan meningkatkan daya tarik produk tersebut.

Tahap pengemasan perlu dikontrol karena tingkat penerimaan gula tebu oleh konsumen ditentukan oleh mutu gula tebu yang ditandai dengan kadar air tidak lebih dari 5% (Deperindag, 2010). Mutu gula tebu akan menurun apabila kadar air meningkat. Peningkatan kadar air disebabkan karena gula tebu menyerap uap air dari lingkungan sekitar sehingga gula tebu menjadi menggempal. Penggempalan gula tersebut menunjukkan telah terjadi

penurunan mutu. Penurunan mutu ini dapat dihambat dengan pengemasan gula tebu sebelum dipasarkan.

Pemilihan jenis kemasan yang tepat diperlukan untuk memperoleh gula tebu dengan kualitas yang baik. Pengemas yang baik harus memiliki permeabilitas uap air dan oksigen yang rendah (Syarief,1989). Pengemas yang digunakan untuk produk gula tebu adalah kemasan *Inner Bag* dan karung plastik. Lapisan *Inner Bag* merupakan plastik tipis yang terbuat dari *polyethylene* dan memiliki sifat transparan. Lapisan tersebut digunakan sebagai pengemas primer. Karung plastik gula tebu lebih dikenal dengan nama *Polypropylene Woven Bag* dan akan digunakan sebagai kemasan sekunder.

Tahap yang dilakukan setelah pengemasan adalah penggudangan. Tujuan tahap penggudangan adalah untuk menyimpan produk gula tebu sebelum didistribusikan ke konsumen. Penggudangan didefinisikan sebagai upaya untuk menjamin ketersediaan suatu produk dalam kondisi yang tetap dimasa mendatang dengan cara mengumpulkannya pada suatu tempat tertentu (Suyitno,1990). Sistem penggudangan gula tebu yang baik sangat diperlukan untuk mempertahankan kualitas produk. Penggudangan yang tidak baik dapat menurunkan mutu produk gula tebu. Hal ini akan berpengaruh terhadap citra perusahaan.

Penggudangan merupakan salah satu bagian penting dari seluruh proses dalam pabrik. Pengaturan gudang akan memperlancar arus keluar masuknya barang, sehingga kerusakan produk dapat diminimalisasi. Pengaturan sistem penggudangan juga digunakan untuk menjaga stok dan kontinuitas produksi. Pengelolaan gudang tersebut akan dikendalikan oleh bagian penggudangan.

Pengaturan tata letak gudang merupakan hal lain yang perlu diperhatikan pada stasiun penyelesaian gula tebu. Pengaturan tata letak

gudang berfungsi untuk memperlancar arus keluar masuknya barang, mengisi gudang semaksimal mungkin, dan menjaga sirkulasi udara yang baik (Warman, 1971). Pengaturan produk gula tebu dalam gudang dimulai dengan jarak 1 m dari tepi dinding gudang dan disusun 4 karung membujur dan 6 karung melintang. Penataan tersebut bertujuan agar karung gula tidak mudah runtuh dan agar mudah untuk dilakukan perhitungan.

Pengolahan gula tebu yang direncanakan meliputi unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan dengan kapasitas 2.000 kuintal/hari. Pengolahan gula tebu dapat dianalisa dari aspek teknis dan ekonomis.

1.2. Tujuan

Merencanakan unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan pabrik gula tebu SHS 1A dengan kapasitas produksi 2.000 kuintal/hari.

BAB II

BAHAN DAN PROSES PENGOLAHAN GULA TEBU

2.1. Bahan Pembuatan Gula Tebu

Bahan yang digunakan dalam pembuatan gula tebu terdiri dari dua macam yaitu bahan baku utama dan bahan baku penunjang. Menurut Indriyani dan Sumiarsih (1992), bahan baku utama merupakan bahan yang digunakan untuk menghasilkan produk akhir atau bahan yang diubah menjadi produk makanan melalui proses pengolahan, pengemasan, dan atau penyimpanan. Bahan baku penunjang merupakan bahan yang ditambahkan untuk memperbaiki karakteristik dan meningkatkan mutu produk (Candi Baru, 2012). Bahan baku utama yang digunakan adalah tebu. Bahan baku penunjang yang digunakan untuk memproduksi gula tebu adalah air imbibisi, asam fosfat, kapur tohor, belerang, flokulan, tawas, *caustic soda flake* dan fondan.

2.1.1. Bahan Baku Utama

Bahan baku utama untuk memproduksi gula tebu berupa tebu (*Saccharum officinarum*). Menurut Chen dan Chou (1993), klasifikasi ilmiah dari tanaman tebu adalah sebagai berikut :

Kerajaan : *Plantae*
Divisi : *Magnoliopyta*
Kelas : *Liliopsida*
Ordo : *Poales*
Famili : *Poaceae*
Genus : *Saccharum*
Spesies : *Saccharum officinarum*

Komponen kimia yang terdapat dalam batang tebu pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komponen Kimia dalam Batang Tebu

Komponen	Jumlah (%)
Monosakarida	0,5-1,5
Sukrosa	19-21
Zat organik	0,5-1,0
Zat anorganik	0,2
Air	75-80
Sabut	12-19

Sumber: Mizran, 2005

Tebu yang diterima haruslah memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut :

1. Bersih yaitu tebu harus memiliki kadar kotoran tidak lebih dari 5%
2. Segar yaitu waktu antara tebu yang telah ditebang dan digiling tidak lebih dari 24 jam
3. Manis yaitu tebu memiliki potensi rendemen yang tinggi seperti kadar nira $\pm 85\%$
4. Persen Brix lebih dari 17% dan persen rendemen lebih dari 6,0
5. Tidak terikut oleh pucukan, daduk, dan akar

Varietas tebu yang digunakan adalah PA (Pusrit Agro) 24, PA (Pusrit Agro) 128, PS (Pasuruan) 921, PS (Pasuruan) 951, PSJT (Pasuruan dan Jati Tujuh) 9433 dan BZ (Bultenlandse Zaadrietsoorten) 148. Menurut Widiyoutomo (1983), fase pertumbuhan tanaman tebu sekitar umur 3 sampai 8 bulan sedangkan fase pemasakan sekitar umur 9 sampai 12 bulan. Oleh karena itu, tebu tersebut akan ditebang saat berumur ± 12 bulan. Kadar sukrosa dalam tebu sebelum ditebang sebesar 20% dan setelah ditebang akan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan sukrosa akan terdegradasi menjadi monosakarida (gula reduksi) akibat aktivitas mikroba. Oleh karena itu, jarak waktu antara tebu yang telah ditebang dan yang akan digiling tidak boleh lebih dari 24 jam.

2.1.2. Bahan Baku Penunjang

2.1.2.1. Air Imbibisi

Air imbibisi merupakan air yang berasal dari kondensat dan digunakan untuk membilas ampas tebu yang berada pada roll gilingan. Penambahan air imbibisi ini bertujuan untuk melarutkan sisa nira yang masih terkandung dalam ampas, sehingga kandungan nira dalam ampas akan minimal. Fungsi lain air imbibisi adalah memperlincin atau memperkecil gesekan antar rol gilingan. Presentase air imbibisi yang diberikan sekitar $\pm 30\%$ dari berat tebu. Suhu air imbibisi tersebut sebesar $\pm 60^{\circ}\text{C}$.

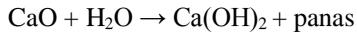
2.1.2.2. Asam Fosfat (H_3PO_4)

Penambahan asam fosfat tersebut bertujuan sebagai bahan pengendap kotoran dan untuk menambahkan kandungan fosfat di dalam nira agar mencapai konsentrasi 300-350 ppm. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi tersebut proses pengikatan zat warna dan koloid serta pembentukan endapan kalsium fosfat berlangsung optimum. Endapan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ merupakan senyawa pengikat kotoran yang terbentuk dari reaksi antara H_3PO_4 dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Oleh karena itu, penambahan asam fosfat tidak boleh terlalu berlebihan karena akan menyebabkan kotoran mengapung sehingga sulit untuk dibersihkan. Penambahan asam fosfat juga tidak boleh kurang supaya semua kotoran dapat terpisah.

2.1.2.3. Kapur Tohor (CaO)

Menurut Kuswandi (2000), kapur tohor merupakan hasil pembakaran batu alam yang komposisinya sebagian besar berupa kalsium karbonat. Kapur tohor yang ditambahkan ke dalam nira berupa susu kapur. Penggunaan kapur tohor sebagai penjernih nira memiliki beberapa keuntungan antara lain mudah diperoleh, harganya murah, reaksi antara

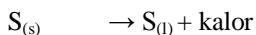
kapur dengan nira mentah berjalan lebih cepat, dan pipa-pipa nira pada evaporator tetap bersih untuk waktu yang lebih lama. Pembuatan susu kapur dilakukan dengan cara menimbang kapur tohor terlebih dahulu kemudian dilarutkan dengan air panas dalam *Kalk Blus Tromol*. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Tromol berputar terus sampai terbentuk larutan susu kapur yang masih kotor dan kasar. Larutan tersebut disaring dengan saringan getar (*Vibrating Screen*), untuk memisahkan bagian yang kasar dan halus. Larutan yang halus masuk ke bak pengaduk agar larutan tersebut homogen. Larutan tersebut kemudian dipompa ke tangki buffer susu kapur dan akan digunakan untuk proses pada stasiun pemurnian. Penambahan susu kapur adalah untuk menaikkan pH nira dari asam menjadi alkali, mencegah terjadinya gula inversi dan berfungsi untuk menjernihkan nira.

2.1.2.4. Belerang

Sulfur (belerang) digunakan untuk pembuatan gas SO_2 yang akan dipakai pada proses pemurnian. Belerang ditambahkan dalam bentuk gas SO_2 yang diperoleh melalui pemanasan belerang padat dengan steam sampai berubah fase menjadi cair dengan suhu 120°C - 160°C . Proses ini berlangsung dalam tobong belerang. Belerang cair tersebut dibakar dengan udara kering dalam suatu *furnance* pada tekanan 65cmHg dengan suhu 200°C . Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, sehingga suhu gas SO_2 menjadi lebih tinggi. Gas SO_2 tersebut harus segera didinginkan dengan menggunakan pendingin air agar tetap berada pada suhu 200°C . Hal ini

dilakukan untuk mencegah terbentuknya gas SO_3 yang tidak diinginkan. Gas SO_3 dapat bereaksi dengan air membentuk H_2SO_4 yang bersifat korosif dan dapat menimbulkan warna kecoklatan pada gula. Oleh karena itu, oksigen yang digunakan untuk pembakaran harus benar-benar kering (bebas dari air). Udara kering didapatkan dengan melewati udara biasa melalui *dehumidifier*.

Gas SO_2 yang terbentuk dialirkan ke *sublimator* yang berisi susunan batu tahan api dan ijuk, yang berfungsi untuk menyerap sisa – sisa air sekaligus sebagai pendingin. Gas SO_2 kemudian dimasukkan ke tangki sulfitasi.

2.1.2.5. Flokulan

Flokulan yang umumnya digunakan adalah *Super Flocculant A-110* dengan konsentrasi ± 5 ppm. Penambahan flokulan bertujuan untuk mengikat endapan agar ukurannya menjadi lebih besar sehingga proses pengendapan dapat berlangsung lebih cepat.

2.1.2.6. Kaporit

Penambahan kaporit bertujuan untuk membunuh bakteri pembusuk. Kaporit ditambahkan pada nira IV sebagai nira imbibisi II yang akan masuk pada gilingan II.

2.1.2.7. Tawas

Tawas berfungsi untuk mengendapkan kotoran air sungai yang akan digunakan sebagai *feed water boiler* di bak pengendap air. Penambahan tawas ke dalam air sungai disesuaikan dengan tingkat kekeruhan air sungai. Hal ini berarti saat air sungai sangat keruh maka kebutuhan tawas akan lebih banyak dan begitupula sebaliknya.

2.1.2.8. Caustic Soda Flake

Caustic soda flake adalah cairan yang digunakan pada saat pembersihan evaporator. Tujuan pemakaian *caustic soda flake* adalah untuk melunakkan kerak yang terbentuk.

2.1.2.9. Fondan

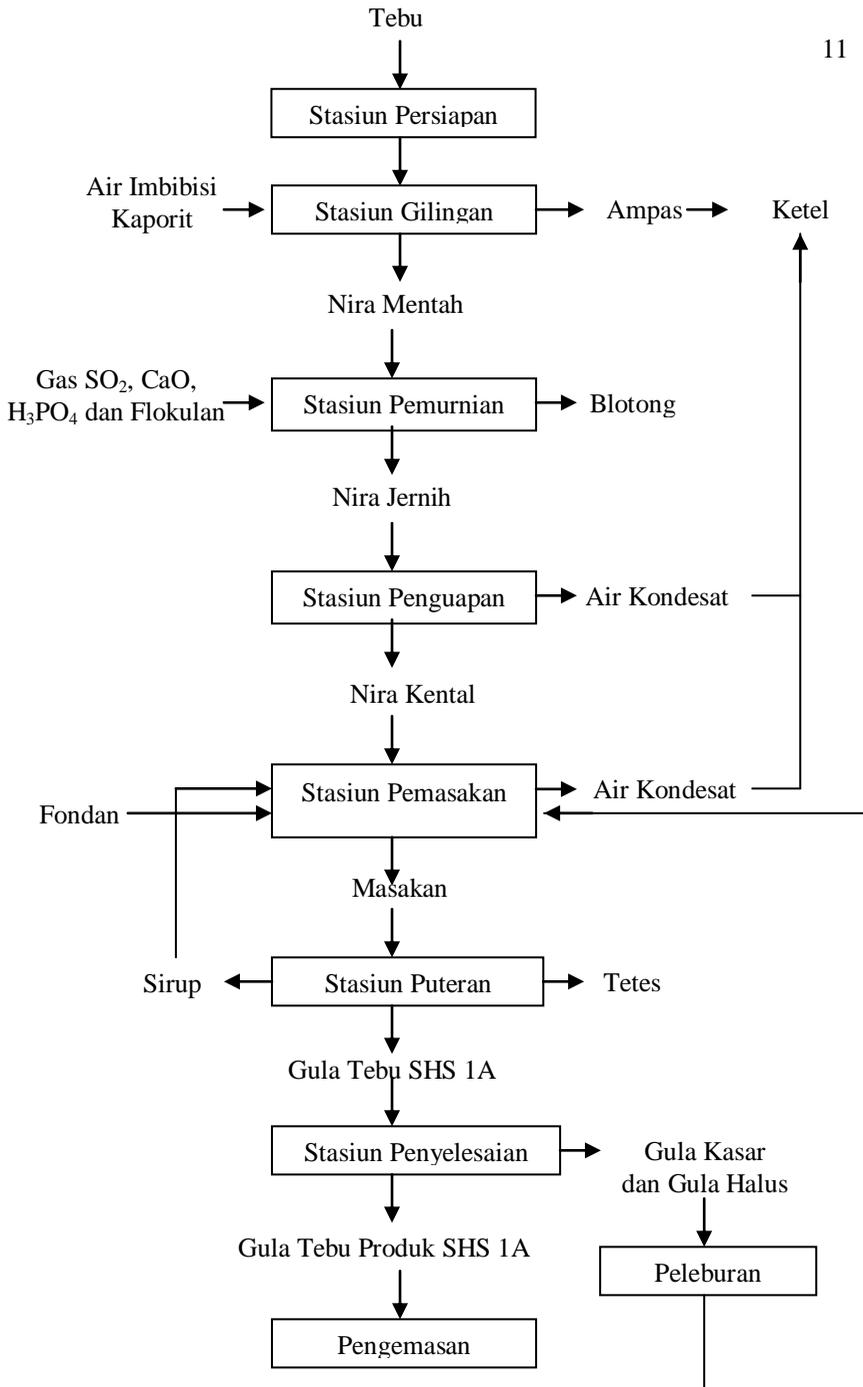
Fondan merupakan kristal halus yang berfungsi untuk membuat bibitan pada stasiun masakan. Bibitan merupakan bahan dasar pembuatan kristal gula sehingga kristal gula yang dihasilkan akan berukuran kecil dan seragam. Fondan umumnya dibeli di Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia.

2.2. Proses Pengolahan

Proses pengolahan merupakan suatu cara untuk mengolah bahan mentah menjadi bahan lain atau produk yang memiliki sifat berbeda yang bertujuan untuk memperpanjang masa simpan (Muchtadi, 1989). Tebu merupakan salah satu hasil pertanian yang tidak dapat disimpan lama padahal memiliki kandungan sukrosa yang tinggi. Hal ini dikarenakan, sukrosa tersebut akan terurai dengan adanya proses respirasi tebu. Oleh karena itu, tebu diolah agar didapatkan sukrosa dalam bentuk kristal yang tidak dapat terurai apabila dijaga kelembabannya. Beberapa tahapan proses pengolahan tebu menjadi gula tebu adalah sebagai berikut :

1. Stasiun Persiapan
2. Stasiun Penggilingan
3. Stasiun Pemurnian
4. Stasiun Penguapan
5. Stasiun Pemasakan
6. Stasiun Puteran
7. Stasiun Penyelesaian

Diagram alir proses pengolahan gula tebu pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Diagram Alir Proses Pengolahan Gula Tebu
 Sumber : PT. Pabrik Gula Candi Baru, 2012

Penjelasan dari setiap tahapan dalam proses pembuatan gula tebu adalah sebagai berikut :

2.2.1. Stasiun Persiapan

Tujuan stasiun persiapan adalah mempersiapkan tebu sehingga siap untuk digiling. Persiapan tersebut meliputi pengangkutan, penimbangan, dan pengaturan ukuran tebu sebelum masuk stasiun penggilingan. Tebu yang berasal dari perkebunan diangkut dengan truk menuju pabrik. Truk tersebut akan melewati pos gawang sebelum memasuki kawasan pabrik. Pos gawang berfungsi untuk memeriksa kriteria tebu yang layak untuk digiling. Kriteria yang dimaksud antara lain :

a. Tolak Ukur Manis

Tebu dicek kadar gulanya dengan alat Hand Brix Refraktrometer. Nilai Brix kadar gula minimal untuk tebu yang diterima adalah 17.

b. Tolak Ukur Segar

Tebu harus segar dan tidak layu. Tebu dari awal ditebang sampai masuk ke mesin penggiling waktunya tidak lebih dari 36 jam.

c. Tolak Ukur Bersih

Tebu harus bersih dari kotoran seperti tanah, pucukan, daduk, dan akar. Kadar kotoran tersebut harus tidak lebih dari 5%.

Tebu yang telah lolos kriteria kemudian ditimbang pada timbangan truk. Truk tebu akan melewati penimbangan sebanyak dua kali. Penimbangan pertama untuk menimbang secara bruto dimana truk berisi tebu dilewatkan lalu ditimbang. Penimbangan kedua untuk menimbang secara tarra yaitu truk kosong sebab tebunya telah diambil dan diangkat ke meja tebu. Oleh karena itu, akan diperoleh berat netto tebu yang dibawa dalam truk tersebut.

Tebu yang telah ditimbang kemudian dimasukkan ke *emplacement* untuk menunggu giliran digiling. *Emplacement* merupakan suatu area di

sekitar pabrik yang cukup luas untuk menampung tebu yang baru datang dari perkebunan. Sistem yang digunakan dalam hal tersebut adalah FIFO (First In First Out). Jadi, tebu yang pertama kali datang, itu juga yang akan pertama kali digiling.

Tebu dari *emplacement* diangkut dengan *travelling cane* menuju *cane table*. Meja tebu (*cane table*) merupakan meja miring yang bergerak dan dilengkapi *cane laveller*. Tebu dipotong menjadi bagian yang lebih kecil oleh *cane laveller* sehingga tebu berukuran sekitar 1 meter. Hal ini bertujuan untuk mengatasi tinggi tebu supaya tingginya rata dan tidak melebihi batas umpan sebelum masuk ke stasiun penggilingan. Sebab, jika tinggi tebu lebih dari 1 meter maka kerja mesin penggiling akan lebih berat akibatnya energi kebutuhan turbin yang menggerakkan mesin penggiling menjadi lebih besar. Hal tersebut akan menyebabkan tekanan uap di ketel drop sebab bahan bakar ampas terbatas. Tebu yang terlalu banyak juga dapat menyebabkan terjadinya slip pada mesin penggiling. Oleh karena itu, *cane laveller* akan berfungsi untuk memudahkan proses penggilingan.

Tebu yang telah diatur ukurannya selanjutnya diangkut menggunakan *cane carrier* I dengan kecepatan 9 meter/menit menuju *cane cutter* yang berupa seperangkat mata pisau yang berputar berlawanan arah jarum jam. Fungsi *cane cutter* ini adalah untuk memotong-motong tebu menjadi potongan-potongan yang lebih kecil. Potongan-potongan tebu tersebut dibawa oleh *cane carrier* II menuju *unigator* yaitu tempat untuk mencacah dan menghancurkan potongan tebu menjadi serabut tebu.

Unigator hampir mirip dengan *cane cutter* tetapi perputaran mata pisaunya searah jarum jam dan melewati bagian atas poros pisau sehingga tebu akan hancur secara keseluruhan. Tebu yang hancur akan berupa serabut-serabut tebu yang halus sehingga memudahkan proses

penggilingan. Jadi, serabut tebu tersebut siap untuk masuk ke stasiun penggilingan.

2.2.2. Stasiun Penggilingan

Tujuan stasiun penggilingan adalah untuk memperoleh nira (air tebu) semaksimal mungkin dan mengusahakan agar kandungan nira yang terikut dalam ampas seminimal mungkin. Prinsip stasiun penggilingan ini adalah pemerahan tebu sehingga diperoleh nira dan ampas tebu. Nira tersebut akan diolah di stasiun selanjutnya sehingga diperoleh gula jenis SHS 1A sebagai hasil akhirnya.

Serabut tebu yang keluar dari *unigator* akan dibawa oleh *feeding roll* (rol pengumpan) menuju gilingan I. Hasil dari gilingan I adalah nira I dan ampas I. Nira I dihasilkan dari pemerahan serabut tebu oleh rol atas dengan rol muka sedangkan ampas yang dihasilkan akan diperah lagi oleh rol belakang dan rol atas sehingga dihasilkan ampas I. Nira I dialirkan menuju *vibrating screen* yaitu sebuah saringan yang berfungsi untuk memisahkan ampas yang mungkin masih terikut dengan nira I. Nira yang didapat kemudian ditampung di bak penampung nira mentah yang terbuat dari tembaga supaya tahan terhadap korosi. Nira I tersebut juga dilakukan analisa persen brix dan pol untuk dapat menentukan harga kemurnian (HK) awalnya.

Ampas I dan ampas yang tertahan pada *vibrating screen* akan dibawa oleh *intermediate cane carrier* I menuju gilingan II. Ampas I merupakan umpan bagi gilingan II yang akan diberi tambahan nira imbibisi yaitu nira yang berasal dari gilingan III dan IV. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pengambilan nira yang masih terdapat dalam ampas I dan ampas yang tertahan pada *vibrating screen*. Penambahan nira imbibisi dilakukan melalui talang berlubang yang dipasang melintang dengan jalannya *intermediate cane carrier* I. Proses pemerahan antara rol atas

dengan rol muka pada gilingan II akan menghasilkan nira II. Pemerahan antara rol belakang dan rol atas akan menghasilkan ampas II.

Nira II akan dialirkan menuju *vibrating screen* untuk memisahkan nira dengan ampas yang mungkin masih terbawa. Nira II tersebut kemudian dicampur dengan nira I yang keluar dari hasil gilingan I di bak penampung nira mentah. pH yang dimiliki oleh nira mentah sekitar 5,5 dan beratnya kira – kira 90% dari berat tebu. Ampas II dan ampas yang tertahan pada *vibrating screen* akan dibawa oleh *intermediate cane carrier II* menuju gilingan III.

Proses pemerahan pada gilingan III terjadi penambahan air imbibisi sebanyak 25-30% dari berat tebu. Air imbibisi yang ditambahkan merupakan air kondensat dari evaporator. Fungsi penambahan air imbibisi adalah memperlincin atau memperkecil gesekan antar rol gilingan dan mengambil nira yang mungkin masih tersisa pada ampas. Suhu air imbibisi adalah sekitar 60-70⁰C. Jika suhu air imbibisi lebih tinggi dari standar yang maka dapat menyebabkan slip pada gilingan akibat dari komponen selain gula seperti lapisan lilin yang juga akan ikut terlarut. Jika suhu air imbibisi lebih rendah dari standar yang telah ditetapkan maka akan banyak gula yang terikut di ampas. Hal ini akan menyebabkan terbentuknya kerak pada ketel sebab ampas yang digunakan sebagai bahan bakar mengandung banyak gula. Pemberian air imbibisi dilakukan melalui talang berlubang yang dipasang melintang dengan jalannya *intermediate cane carrier II*. Hasil perahan pada gilingan III berupa nira III yang ditampung pada bak penampung nira imbibisi untuk dipompa menuju gilingan II. Nira imbibisi tersebut akan dipakai untuk membilas ampas gilingan II. Ampas III yang juga dihasilkan dari perahan pada gilingan III ini akan dibawa oleh *intermediate cane carrier III* menuju gilingan IV untuk diperah lebih lanjut.

Proses pemerahan pada gilingan IV terdapat penambahan air imbibisi lagi yang letaknya dipasang melintang dengan jalannya *intermediate cane carrier* III. Nira yang dihasilkan pada gilingan IV berupa nira IV yang kemudian ditampung pada bak penampung nira imbibisi untuk dipompa menuju gilingan II. Nira imbibisi tersebut akan dipakai untuk membilas ampas gilingan II.

Nira IV tersebut juga diberi larutan kaporit untuk membunuh bakteri pembusuk yang dapat menyebabkan pembusukkan nira. Ampas IV yang dihasilkan dari perahan pada gilingan IV ini akan diangkut dengan *bagasse carrier* menuju ketel bertekanan menengah yaitu ketel *Chen Chen* dan *Fives Cail Babcock* (FCB). Ampas tersebut berfungsi sebagai penghasil uap karena menjadi bahan bakar bagi ketel bertekanan menengah. Uap yang dihasilkan akan digunakan untuk menggerakkan turbin. Gas hasil sisa pembakaran ketel dilewatkan *wet dust collector* untuk menangkap abu halus sebelum dibuang ke udara bebas.

2.2.3. Stasiun Pemurnian

Tujuan stasiun pemurnian adalah untuk memisahkan gula (sukrosa) dari kotoran (non gula) yang ikut terlarut dalam nira. Hal ini dilakukan agar tidak mengganggu proses selanjutnya yaitu kristalisasi.

Nira hasil pemerahan di stasiun penggilingan masih mengandung banyak *impurities* sehingga perlu dilakukan suatu proses untuk memurnikannya. Nira mentah ditambah H_3PO_4 setelah melewati saringan getar untuk menambah kadar fosfat dalam nira mentah menjadi ± 350 ppm. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi tersebut proses pengikatan zat warna dan koloid berlangsung optimum karena pembentukan endapan kalsium fosfat juga optimum. Endapan $Ca_3(PO_4)_2$ merupakan senyawa pengikat kotoran yang terbentuk dari reaksi antara H_3PO_4 dengan $Ca(OH)_2$.

Hasil pencampuran tersebut ditampung dalam bak penampung kemudian dipompa menuju timbangan *boulogne* yang memiliki kapasitas 26 kuintal. Fungsi timbangan *boulogne* adalah untuk mengetahui berat nira mentah yang dihasilkan pada stasiun penggilingan sehingga dapat ditentukan berapa banyak bahan pembantu yang akan ditambahkan untuk proses selanjutnya. Nira mentah dipompa ke *juice heater* I setelah melewati timbangan *boulogne* untuk dipanaskan dengan *steam* sampai suhu $\pm 75^{\circ}\text{C}$. *Steam* merupakan uap nira dari evaporator II pada stasiun penguapan. Tujuan dari pemanasan dengan *juice heater* I adalah untuk membunuh mikroorganisme dalam nira yang dapat mengganggu proses pembentukan kristal gula dan mempercepat reaksi pengendapan kalsium fosfat.

Nira panas dari *juice heater* I akan masuk ke tangki *precontactor* yaitu tangki penampung nira. Tangki *precontactor* berfungsi sebagai tempat pencampuran awal nira panas dengan susu kapur. Pengaturan jumlah susu kapur yang dimasukkan dapat dilakukan dengan menggunakan *splitter box*. Nira dan susu kapur dimasukkan ke tangki *defecator* I yang dilengkapi dengan *agitator* sehingga terjadi pengadukkan selama 3 menit untuk menghilangkan gas CO_2 yang terdapat dalam nira. Hal ini dikarenakan gas CO_2 mempunyai daya ikat yang kuat terhadap kapur sehingga zat kapur tidak dapat berfungsi untuk mengikat kotoran-kotoran dalam nira. Pemberian susu kapur pada *defecator* I adalah untuk membentuk endapan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ yang terbentuk dari reaksi antara H_3PO_4 dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Endapan kalsium fosfat yang terbentuk dapat menyerap dan mengikat koloid yang ada di sekitarnya. Fungsi lain dari pemberian susu kapur pada *defecator* I adalah untuk menaikkan pH nira hingga netral agar sukrosa tidak mengalami kerusakan.

Penambahan susu kapur tersebut tidak boleh terlalu rendah karena pH nira juga akan menjadi rendah atau belum mencapai netral sehingga proses pengendapan menjadi tidak optimum serta dapat menyebabkan terjadinya inversi sukrosa. Penambahan susu kapur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pH nira juga akan menjadi tinggi akibatnya terjadi pelarutan kembali protein. Hal ini akan menyebabkan penambahan jumlah nitrogen dalam nira dan dapat terjadi pemecahan warna dari gula sehingga nira menjadi berwarna gelap.

Nira kemudian dialirkan ke tangki *defecator* II untuk mengalami penambahan susu kapur dan terjadi pengadukan selama 50 detik. Pemberian susu kapur pada *defecator* II adalah untuk memperbaiki endapan agar tidak mudah pecah serta mengadsorpsi endapan-endapan kecil sehingga terbentuk endapan yang lebih besar dan stabil. Fungsi lain dari pemberian susu kapur pada *defecator* II adalah untuk menaikkan pH hingga mencapai $\pm 8,5$ dengan batas waktu yang tidak lama. pH nira harus dinetralkan hingga mencapai $\pm 7,2$ dengan penambahan gas SO_2 pada tangki *sulphur tower* I.

Penambahan gas SO_2 pada nira berfungsi untuk menetralkan pH nira dan mereduksi ion ferri menjadi ion ferro sehingga warna nira menjadi lebih pucat serta mengikat senyawa-senyawa lain yang belum terikat di *defecator* II. Gas SO_2 yang ditambahkan akan bereaksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ membentuk CaSO_3 . Senyawa kalsium sulfit tersebut akan mengadsorb kotoran-kotoran. Gas SO_2 juga berfungsi untuk mengurangi viskositas larutan karena kotoran yang terendapkan akan mengurangi kekentalan nira.

Nira dipompa menuju *juice heater* II untuk dipanaskan dengan *steam* sampai suhu $\pm 105^\circ\text{C}$. Tujuan dari pemanasan dengan *juice heater* II adalah agar reaksi pengendapan berlangsung lebih sempurna dan untuk membunuh mikroorganisme yang masih hidup. Fungsi lain dari pemanasan dengan *juice heater* II adalah untuk menguapkan gas-gas yang terlarut agar tidak

mengganggu proses pengendapan. Nira dipompa menuju *flash tank* setelah dipanaskan dari *juice heater* II untuk menghilangkan gas-gas (SO_2 , O_2 dan NH_3) dalam nira agar tidak mengganggu proses pengendapan di *single tray clarifier*.

Nira dialirkan ke *single tray clarifier* dan ditambah *Superfloculant* A-110 sebanyak 3 kg per 8 jam dengan konsentrasi ± 5 ppm. Penambahan flokulan bertujuan agar mengikat molekul-molekul yang terbentuk sehingga membentuk partikel endapan yang berukuran lebih besar. Partikel endapan yang terbentuk ini disebut dengan *floc*. Pembentukan partikel endapan yang berukuran besar bertujuan untuk memudahkan proses pengendapan karena dapat berlangsung lebih cepat. *Floc* tersebut akan mengendap secara gravitasi dalam *single tray clarifier* sehingga akan diperoleh nira jernih yang mengalir dari bagian atas dan nira kotor yang mengalir dari bagian bawah.

Nira jernih yang didapat dari *single tray clarifier* akan disaring dengan saringan nira jernih lalu ditampung ke peti tarik nira jernih. Nira kotor dipompa menuju *rotary vacuum filter* untuk menyaring kembali nira tersebut. *Rotary vacuum filter* memiliki alat pembuat *vacum* yaitu kondensor yang dilengkapi pompa hampa udara dan air injeksi.

Alat pembuat *vacum* dibagi menjadi tiga macam berdasarkan perbedaan tekanannya yaitu *low vacuum*, *high vacuum* dan *no vacuum*. *Low vacuum* merupakan bagian silinder yang berhubungan dengan nira kotor dengan tekanan 15-25 cmHg (Kuswurj, 2012). Nira kotor akan tersedot oleh *low vacuum* sedangkan zat-zat padatan yang tersuspensi akan menempel pada permukaan saringan dan membentuk lapisan tipis yang disebut blotong. Nira hasil penyaringan dari *low vacuum* masih kotor sehingga disebut sebagai *filter* kotor.

Rotary vacuum filter akan berputar sehingga lapisan tipis blotong akan masuk ke *high vacuum* yang memiliki tekanan 45-55 cmHg. Nira yang keluar dari *high vacuum* lebih jernih dari *filter* kotor. Nira tersebut merupakan nira tapis yang akan dikembalikan ke tangki *sulphur tower I* untuk dilakukan proses pemurnian kembali. Nira tapis memiliki berat sekitar 11-15% dari berat tebu (Cakti, 2012). Lapisan blotong disemprot dengan air panas dengan suhu 80-90⁰C untuk mengambil sisa gula yang masih ada dalam lapisan tersebut. Air dan sisa gula dalam blotong akan terhisap karena pengaruh kondisi *vacuum* tersebut. Blotong menjadi kering sebab konsentrasi gula dan kadar airnya menurun. Lapisan blotong yang sudah kering akan ditahan oleh *scapper* dan dibawa menuju *transport band*. Lapisan blotong memiliki berat sekitar 3-5% dari berat tebu.

2.2.4. Stasiun Penguapan

Tujuan stasiun penguapan adalah untuk menguapkan air yang terdapat dalam nira jernih semaksimal mungkin hingga mendekati kondisi larutan jenuh. Hal ini dilakukan untuk membantu proses kristalisasi. Proses penguapan dilakukan pada kondisi *vacuum* sehingga titik didihnya dapat diturunkan hingga 60⁰C. Hal tersebut dilakukan karena nira tidak tahan pada suhu tinggi.

Sistem penguapan yang digunakan adalah sistem *quadruple effect evaporator*. Sistem *quadruple effect evaporator* menggunakan lima buah evaporator yang dimiliki tetapi yang digunakan hanya empat buah saja. Satu evaporator dibersihkan secara bergantian dengan cara *discrub*. Evaporator dibersihkan dengan menggunakan *caustic soda flake* dan air panas yang berfungsi untuk melunakkan kerak. Tujuan pembersihan evaporator adalah untuk mencegah penumpukkan kerak. Adanya kerak tersebut akan mengganggu perpindahan panas karena waktu pemanasan yang dibutuhkan menjadi lebih lama dan jumlah *steam* yang dibutuhkan menjadi lebih besar.

Hal ini akan mengakibatkan kerja ketel semakin berat sehingga pemanasan akan menjadi tidak efektif.

Keempat evaporator dioperasikan secara seri dengan suhu pemanasan yang konstan. Titik didih evaporator I lebih besar dari evaporator II, titik didih evaporator II lebih besar dari evaporator III dan titik didih evaporator III lebih besar dari evaporator IV. Perincian titik didih masing-masing evaporator pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Data Suhu Evaporator

Evaporator	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
I	115
II	95
III	78
IV	65

Sumber : PT. Pabrik Gula Candi Baru, 2012

Nira jernih dengan suhu $\pm 90^{\circ}\text{C}$ dipompa menuju evaporator I untuk diuapkan dengan *steam* yang masuk lewat pipa saluran uap. Evaporator I memiliki tekanan 0,5 kg/cm dengan suhu 115°C (Kuswurj, 2012). Nira jernih yang masuk ke evaporator I memiliki kadar Brix $\pm 15\%$ dan kandungan air $\pm 85\%$ dan diharapkan keluar dari evaporator IV dengan kadar Brix $\pm 60\%$ dan kandungan air $\pm 40\%$. Perbedaan suhu antara *steam* dengan nira jernih akan menyebabkan *steam* terkondensasi menjadi air kondensat dan larutan nira akan menguap. Uap nira yang terbentuk akan mengalir ke bagian atas evaporator I. Sebagian uap nira tersebut digunakan sebagai pemanas pada evaporator II dan sebagian digunakan untuk pemanas pada pan masakan D. Air kondensat yang keluar akan diperiksa dengan H_2SO_4 encer dan indikator α -naphthol untuk mengetahui ada tidaknya gula. Air kondensat yang tidak mengandung gula akan ditampung pada tandon I. Air kondensat pada tandon I digunakan sebagai pengisi ketel tekanan menengah yaitu ketel *Chen Chen* dan *Fives Cail Babcock* (FCB). Air

kondensat yang mengandung gula akan ditampung pada tandon II. Air kondensat pada tandon II digunakan untuk mencuci kristal gula pada stasiun masakan, untuk memisahkan kristal gula dari sirupnya pada stasiun puteran dan sebagai air imbibisi pada stasiun penggilingan.

Nira jernih kemudian dipompa menuju evaporator II untuk penguapan lebih lanjut. Uap nira yang dihasilkan dari evaporator II akan digunakan sebagai pemanas pada evaporator III dan sebagian lagi akan dialirkan ke *juice heater* I. Uap nira dari evaporator III akan digunakan sebagai pemanas pada evaporator IV. Uap nira dari evaporator IV akan dialirkan menuju kondensor. Uap nira tersebut mengalir karena adanya tarikan *vacum* dari pompa *central* evaporator.

Nira kental yang dihasilkan sekitar 25% dari berat tebu yang digiling. Tinggi nira perlu diperhatikan saat evaporator dioperasikan yaitu diatur $\pm 1/3$ dari tinggi pipa *calandria*. Tujuan pengaturan ketinggian nira adalah agar proses penguapannya menjadi efektif. Apabila tinggi nira lebih rendah dari tinggi pipa *calandria* maka uap nira yang terbentuk tidak akan tertarik ke atas. Jika tinggi nira lebih tinggi dari tinggi pipa *calandria* maka gula dalam nira akan ikut tertarik ke atas. Nira yang keluar dari evaporator terakhir lebih keruh dan lebih kental dibandingkan dengan nira dari evaporator sebelumnya sebab terjadi kenaikan konsentrasi sukrosa.

Nira kental dari evaporator IV dialirkan ke tangki *sulphur tower* II untuk dilakukan proses pemucatan (*bleaching*) agar didapatkan gula yang lebih putih. Nira kental diberi gas SO_2 sehingga pH nira menjadi $\pm 5,4$. Nira kental tersulfitasi ditampung pada peti tarik nira kental.

2.2.5. Stasiun Pemasakan

Tujuan stasiun pemasakan adalah memasak nira kental tersulfitasi dari stasiun penguapan menjadi kristal-kristal gula dengan ukuran yang sesuai. Nira kental tersulfitasi dimasak dengan menggunakan pan masakan

untuk membentuk kondisi larutan gula lewat jenuh. Pan masakan juga berfungsi mempercepat proses kristalisasi dengan cara menguapkan air lebih lanjut sehingga terbentuk kristal-kristal gula yang seragam.

Pan masakan yang digunakan pada stasiun ini berjumlah tujuh pan dengan tipe *calandria* yang memiliki lubang ditengah untuk sirkulasi. Perincian pan masakan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Data Pan Masakan

Pan Masakan	Kapasitas (HL)	Dipakai Untuk
I	200	Masakan D
II	400	Masakan D
III	300	Masakan C
IV	400	Masakan A
V	400	Masakan A
VI	400	Masakan A
VII	380	Masakan A

Sumber : PT. Pabrik Gula Candi Baru, 2012

Tahapan proses yang terjadi pada pan masakan antara lain tahap pemekatan nira, tahap pembentukan inti kristal dan tahap penumbuhan kristal. Tahap pemekatan nira merupakan proses penguapan nira sampai lewat jenuh sehingga terbentuk suatu pola kristal sukrosa. Proses kristalisasi ini dijaga pada suhu sekitar $\pm 65^{\circ}\text{C}$ agar molekul sukrosa tidak rusak. Jika suhu lebih tinggi maka akan dapat menyebabkan terjadinya karamelisasi sukrosa. Oleh karena itu, pan masakan dilengkapi dengan tekanan vakum.

Menurut Baikow (1982), tahap pembentukan inti kristal dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

a. Spontan

Nira dipanaskan sampai larutan gula menjadi jenuh. Inti kristal gula akan terbentuk jika larutan lewat jenuh dan kristal tersebut semakin lama akan semakin membesar.

b. *Shock Seeding*

Nira dipanaskan sampai tahap antara (*intermediate*) lalu ditambahkan inti kristal seperti fondan. Tujuan pemberian inti kristal adalah mendorong pembentukan inti kristal.

Tahap penumbuhan kristal merupakan proses pembesaran inti kristal akibat pelapisan molekul-molekul sukrosa.

Larutan sukrosa disebut jenuh apabila sukrosa tidak lagi dapat larut dalam larutan pada suhu tertentu. Larutan akan memperlihatkan keseimbangan konsentrasi gula pada kondisi tersebut. Karena daya larut sukrosa sangat tinggi maka ada suatu kondisi larutan yang masih memungkinkan gula lebih banyak lagi untuk larut dalam keadaan larutan jenuh tersebut pada suhu yang sama. Larutan gula ini disebut larutan gula lewat jenuh. Sifat larutan demikian tidak stabil karena sukrosa yang terdapat dalam kadar konsentrasi berlebih itu cenderung memisahkan diri dalam bentuk kristal gula

Air ditambahkan dengan jumlah tertentu sedikit demi sedikit maka gula tersebut akan perlahan lahan larut, tetapi jika gula ditambahkan terus menerus maka pada suatu saat gula tidak akan mau larut lagi. Hal ini dikarenakan kondisi larutan yang tidak jenuh sehingga jarak antara molekul sukrosa satu dengan lainnya relatif jauh. Pemberian panas pada air pelarut gula yang tidak mau larut maka perlahan lahan akan larut. Hal ini terjadi karena molekul sukrosa yang semula berjauhan dengan adanya panas maka akan saling berdekatan dan bertabrakan. Gula yang larut tersebut akan membentuk larutan jenuh jika panas diberikan terus menerus dan menjadi larutan yang lebih pekat. Akhirnya, larutan pekat akan menjadi lewat jenuh.

Suhu air pelarut semakin tinggi maka semakin banyak gula yang larut, jika panas diberikan terus menerus maka akan terjadi penguapan. Hal ini akan menyebabkan mulai terbentuknya inti kristal didalam larutan gula. Inti

kristal akan terus menerus tumbuh karena molekul-molekul sukrosa akan melapisi atau menempel pada permukaan inti kristal.

Sistem pemasakan yang umumnya digunakan adalah sistem masakan D, C dan A untuk menghasilkan gula tebu jenis SHS 1A.

2.2.5.1. Masakan D

Bahan yang dibutuhkan untuk membuat masakan D adalah nira kental, fondan, sirup A (hasil pemisahan gula A dari larutannya), sirup C (hasil pemisahan gula C dari larutannya) dan klare D (hasil pemisahan gula D dari larutannya). Mula – mula nira kental sebanyak ± 100 HL dimasukkan ke dalam pan masakan II dan dipanaskan sampai daerah *intermediate*. Fondan sebanyak 200 cc dimasukkan untuk memicu terbentuknya inti kristal yang lebih banyak dalam nira kental. Sirup A kemudian ditambahkan sebanyak 100 HL untuk melapisi inti kristal yang terbentuk. Campuran masakan tersebut dipanaskan agar inti kristal semakin tumbuh.

Masakan dari pan I dipindahkan ke pan II lalu ditambah klare D dan sirup C sampai volumenya 400 HL. Proses pemasakan dilakukan pada campuran tersebut sampai didapatkan nilai HK 58-60. Harga Kemurnian tersebut tidak boleh terlalu tinggi supaya tidak terikut dalam tetes terlalu banyak. Masakan diturunkan ke palung pendingin nomer 1 sampai 6 untuk menampung hasil masakan D.

2.2.5.2. Masakan C

Bahan yang digunakan untuk membuat masakan C adalah nira kental, gula D2 dan sirup A (hasil pemisahan gula A dari larutannya). Mula-mula nira kental sebanyak 125 HL dipompa menuju pan masakan III lalu dipanaskan dengan suhu $\pm 65-70^{\circ}\text{C}$. Gula D2 dimasukkan sebanyak 50 HL

sebagai bibitan (babonan) bagi masakan C. Sirup A kemudian ditambahkan sebanyak 125 HL untuk melapisi inti kristal yang terbentuk. Campuran masakan tersebut dipanaskan agar inti kristal semakin tumbuh. Proses memasak dilakukan sampai didapatkan nilai HK sebesar 72-74. Masakan C diturunkan ke palung pendingin nomer 7 dan 8.

2.2.5.3. Masakan A

Bahan yang digunakan untuk membuat masakan A adalah nira kental, klare SHS dan gula C. Klare SHS merupakan hasil pemisahan gula A dari larutannya. Nira kental sebanyak 130 HL dipompa menuju pan masakan V dan diuapkan sampai daerah *intermediate*. Gula C ditambahkan sebanyak 70 HL sebagai bibitan (babonan) bagi masakan A. Proses pembibitan dikontrol agar terbentuk inti kristal dengan ukuran yang diinginkan.

Masakan A dipindahkan ke pan IV atau VI setelah pemanasan cukup. Nira kental dan klare SHS ditambahkan sampai volume 400 HL. Hal ini bertujuan untuk melapisi dan memperbesar inti kristal. Proses memasak dilakukan sampai didapatkan nilai HK sebesar 80-82. Masakan A dipompa menuju palung pendingin nomer 9 sampai 15 untuk persiapan pemisahan di stasiun puteran.

2.2.6. Stasiun Puteran

Tujuan stasiun puteran adalah untuk memisahkan kristal gula yang terbentuk dari larutan (sirup) yang melapisinya secara sentrifugal. Kristal gula diberi tambahan air kondensat saat berada dalam alat puteran. Fungsi penambahan air kondensat adalah untuk mencuci kotoran dan melarutkan sirup yang masih menempel. Prinsip kerjanya adalah gaya sentrifugal akan membuat larutan terdorong keluar melalui lubang-lubang pada saringan

yang berbentuk tromol berputar sedangkan kristal gula akan tertahan. Kristal gula akan melekat pada dinding puteran sedangkan larutannya akan turun keluar akibatnya kristal gula akan terpisah dari larutannya.

Tipe alat putaran yang pada stasiun puteran ada dua yaitu *Low Grade Fugal* dan *High Grade Fugal*. Putaran *Low Grade Fugal* digunakan untuk masakan D dan C sedangkan *High Grade Fugal* digunakan untuk masakan A dan SHS. Putaran *Low Grade Fugal* menghasilkan kecepatan putaran yang tidak terlalu cepat, bersifat kontinu dan dapat dioperasikan secara manual. Putaran *High Grade Fugal* menghasilkan kecepatan putaran yang cepat, bersifat diskontinu dan beroperasi secara otomatis.

2.2.6.1. Pemisahan Kristal pada Masakan D

Masakan D dari palung pendingin akan dibawa oleh talang ulir dan dipompa ke *rapid cooler*. Terjadi dua tahapan kristalisasi di *rapid cooler* yaitu pendinginan dan pemanasan. Tahap pertama yaitu pendinginan di *rapid cooler* menggunakan media air pendingin bersuhu 18⁰C. Masakan didinginkan hingga bersuhu 40-42⁰C. Pendinginan tersebut bertujuan untuk memperbanyak pembentukan kristal gula tetapi akan mengakibatkan masakan menjadi lebih kental. Masakan yang seperti ini akan mempersulit pemisahan kristal gula dengan tetesnya. Oleh karena itu, dilakukan tahap kedua yaitu pemanasan. Masakan akan dipanaskan hingga 52-55⁰C dengan media air panas bersuhu 70⁰C. Viskositas masakan akan turun sehingga lebih encer.

Masakan dari *rapid cooler* akan dipompa menuju putaran BMA D1 nomer 1 sampai 3. Pemisahan sirup dari kristal gula akan dibantu dengan penyemprotan air kondensat. Cairan yang diperoleh dari putaran BMA D1

disebut tetes dan akan dialirkan ke talang penampung tetes. Tetes tersebut selanjutnya akan dibawa menuju tangki tetes.

Kristal gula yang diperoleh disebut gula D1 dan akan melalui proses pemisahan lebih lanjut. Gula D1 dibawa menuju putaran BMA D2 nomor 4 dan 5. Hasil pemisahan yang keluar dari putaran BMA D2 adalah Klare D dan Gula D2. Klare D ditampung pada peti tunggu klare D yang kemudian akan digunakan sebagai bahan masakan gula D. Gula D2 ditampung dalam bejana penampung D2 untuk digunakan sebagai bibit inti kristal pada masakan gula C.

2.2.6.2. Pemisahan Kristal pada Masakan C

Masakan C dibawa menuju putaran BMA setelah dari palung pendingin. Putaran BMA untuk masakan C terdiri dari dua unit putaran yaitu nomer 6 dan 7. Putaran BMA merupakan putaran tipe *Low Grade Fugal* yang beroperasi secara kontinyu dan manual. Hasil pemisahan adalah gula C dan sirup C. Gula C ditampung dalam bejana penampung C untuk digunakan sebagai bibit inti kristal pada masakan gula A. Sirup C ditampung dalam peti tunggu sirup C yang kemudian akan digunakan sebagai bahan masakan gula D.

2.2.6.3. Pemisahan Kristal pada Masakan A

Masakan A diputar pada empat unit putaran *Broad Bent*. Putaran tersebut merupakan tipe putaran *High Grade Fugal* yang berlangsung secara otomatis dan diskontinyu. Masakan A dipompa menuju putaran A kemudian disiram dengan air kondensat untuk mempercepat pemisahan sirup A dengan gula A. Sirup A yang dihasilkan dipompa ke peti tunggu sirup A untuk digunakan sebagai bahan masakan gula D dan C. Gula A yang dihasilkan diputar lagi di putaran SHS.

Gula A diputar pada sembilan unit putaran TSK *Centrifugal*. Putaran tersebut juga termasuk tipe *High Grade Fugal* yang beroperasi secara otomatis dan diskontinyu. Gula A yang diputar ini juga disemprot dengan air kondensat untuk mempercepat pemisahan klare SHS dengan gula SHS. Klare SHS dipompa menuju peti tunggu klare SHS untuk digunakan sebagai bahan masakan gula A. Gula SHS yang terbentuk akan diproses lebih lanjut di stasiun penyelesaian.

2.2.7. Stasiun Penyelesaian

Tujuan stasiun penyelesaian adalah untuk mengeringkan gula yang dihasilkan di stasiun puteran dan menyeleksi ukuran kristal gula sesuai standar yang telah ditetapkan. Hal ini dikarenakan kristal gula yang dihasilkan dari stasiun puteran masih mempunyai kelembaban yang tinggi. Oleh karena itu, harus dilakukan pengeringan untuk mencegah penurunan mutu gula akibat mikroorganisme dan memperpanjang umur simpannya.

Talang getar berfungsi untuk mengeringkan kristal gula, sebagai alat transportasi dari stasiun puteran ke sugar bin serta menyaring gula yang keluar dari puteran SHS. Talang getar yang dipakai berjumlah 7 buah unit yang disusun secara seri. Proses pengeringan terjadi pada talang getar nomer 1 sampai 5. Gula tebu SHS 1A diberi *steam* untuk mempercepat penguapan. Gula produk SHS 1A tersebut memiliki kadar air 0,1% setelah melewati proses pengeringan.

Syarat mutu gula SHS (SNI 3140.3:2010) pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Syarat Mutu Gula SHS (SNI 3140.3:2010)

No.	Parameter Uji	Satuan	Persyaratan		
			SHS 1A	SHS 1B	SHS 1C
1.	Warna Kristal	IU	250	350	450
2.	Besar Kristal	mm	0,8-1,2	0,8-1,2	0,8-1,2
3.	Susut Pengeringan	% b/b	maks 0,1	maks 0,15	maks 0,2
4.	Polarisasi ($^{\circ}$ Z, 20 $^{\circ}$ C)	"Z"	min 99,6	min 99,5	min 99,4
5.	Abu konduktiviti	% b/b	maks 0,1	maks 0,15	maks 0,2
6.	SO ₂	mg/kg	maks 30	maks 30	maks 30
7.	Cemaran Logam				
7.1.	Timbal (Pb)	mg/kg	maks 2	maks 2	maks 2
7.2.	Tembaga (Cu)	mg/kg	maks 2	maks 2	maks 2
7.3.	Arsen (As)	mg/kg	maks 1	maks 1	maks 1
8.	Kadar Air	% b/b	maks 0,1	maks 0,15	maks 0,2

Sumber : Deperindag, 2010

Penyeleksian gula terjadi setelah gula dikeringkan yaitu pada talang getar nomer 6 dan 7. Talang getar nomer 6 mempunyai saringan dengan ukuran 8 X 8 lubang per in² untuk memisahkan gula kasar. Gula tersebut mempunyai ukuran >1,1 mm. Saringan berikutnya terdapat pada talang getar nomer 7 berukuran 23 X 23 lubang per in² untuk memisahkan gula halus. Gula tersebut mempunyai ukuran < 0,9 mm. Gula kasar dan gula halus akan dilebur kembali di stasiun peleburan.

Gula hasil dari penyeleksian ukuran pada talang getar akan didapatkan ukuran yang sesuai standar pasar yaitu 0,9-1,1 mm. Gula produk tersebut akan diangkut dengan tangga yacob menuju tempat penampungan gula (*sugar bin*).

2.2.8. Peleburan

Tujuan peleburan adalah untuk melebur gula kasar dan gula halus supaya dapat digunakan kembali untuk stasiun masakan. Gula kasar dan gula halus diangkut dengan *bucket elevator* untuk dibawa menuju tangki

leburan. Kapasitas tangki leburan sekitar 75 Hektoliter (HL). Gula kasar dan gula halus dicampur dengan air panas didalam tangki leburan sambil diaduk berlawanan arah jarum jam.

Air panas tersebut berasal dari air kondensat pada tandon II. Leburan dialirkan ke peti tarik nira kental untuk dijadikan sebagai nira kental tambahan. Hal ini dilakukan jika jumlah nira kental yang dihasilkan dari stasiun penguapan tidak mencukupi untuk digunakan pada stasiun masakan.

BAB III NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

Suatu perusahaan perlu melakukan perhitungan neraca massa dan neraca panas untuk mempermudah jalannya proses produksi. Neraca massa merupakan perhitungan jumlah material yang masuk dan keluar yang terakumulasi dalam suatu sistem proses. Neraca panas adalah perhitungan jumlah panas (energi) yang masuk dan keluar dalam suatu sistem proses (Bardan, 2004).

3.1. Neraca Massa

Kapasitas bahan baku : 25.000 ku/hari

Satuan perhitungan massa : kuintal (ku)

Satuan perhitungan waktu : hari

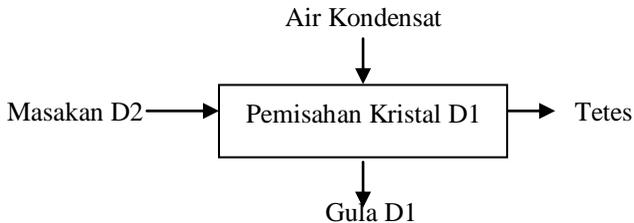
Operasi pabrik : 180 hari/tahun, 24 jam/hari

Jumlah masakan D2 : 3.000 ku

Jumlah masakan C : 2.250 ku

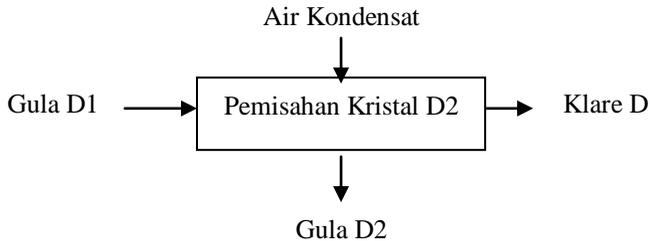
Jumlah masakan A : 3.089,5085 ku

1. Pemisahan Kristal D1



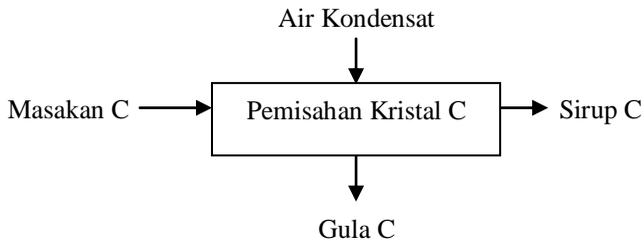
Masuk	ku	Keluar	ku
Masakan D2	3.000	Tetes	
Air Kondensat		=5 % X 3.060	153
=2 % X 3.000	60	Gula D1	2907
Total	3.060	Total	3.060

2. Pemisahan Kristal D2



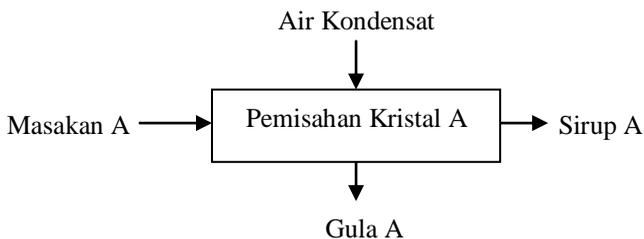
Masuk	ku	Keluar	ku
Gula D1	2.907,0000	Klare D	
Air Kondensat		=20 % X 2.965,1400	593,0280
=2 % X 2.907	58,1400	Gula D2	2.372,1120
Total	2.965,1400	Total	2.965,1400

3. Pemisahan Kristal C



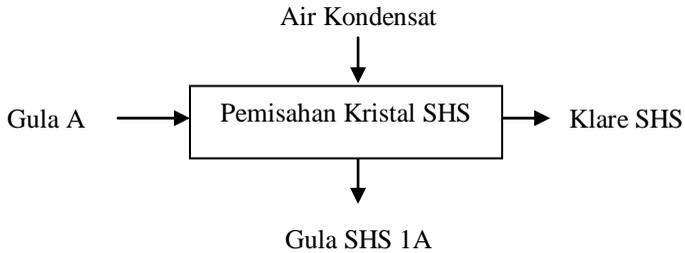
Masuk	ku	Keluar	ku
Masakan C	2.250	Sirup C	
Air Kondensat		=20 % X 2.295	459
=2 % X 2.250	45	Gula C	1836
Total	2.295	Total	2.295

4. Pemisahan Kristal A



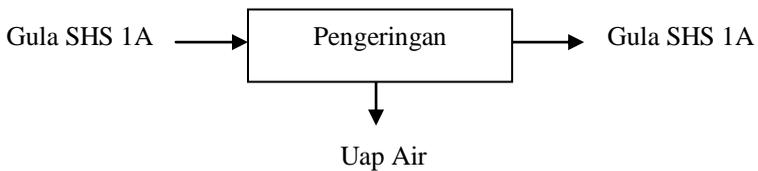
Masuk	ku	Keluar	ku
Masakan A	3.089,5085	Sirup A	
Air Kondensat		=20,5882 % X 3.151,2987	648,7968
=2 % X 3089,5085	61,7902	Gula A	2.502,5019
Total	3.151,2987	Total	3.151,2987

5. Pemisahan Kristal SHS



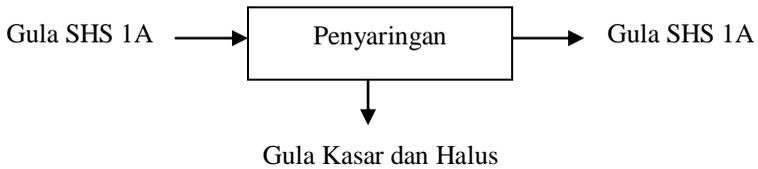
Masuk	ku	Keluar	ku
Gula A	2.502,5019	Klare SHS	
Air Kondensat		=21,5686 % X 2.552,5519	550,5504
=2 % X 2.502,5019	50,0500	Gula SHS 1A	2.002,0015
Total	2.552,5519	Total	2.552,5519

6. Pengeringan



Masuk	ku	Keluar	ku
Gula SHS 1A	2.002,0015	Gula SHS 1A	
		= 99,95 % X 2002,0015	2.001,0005
		Uap Air	
		= 0,05 % X 2002,0015	1,0010
Total	2.002,0015	Total	2.002,0015

7. Penyaringan



Masuk	ku	Keluar	ku
Gula SHS 1A	2.001,0005	Gula SHS 1A = 99,95 % X 2001,0005 Uap Air = 0,05 % X 2001,0005	2.000,0000 1,0005
Total	2.001,0005	Total	2.001,0005

8. Pengemasan Inner Bag

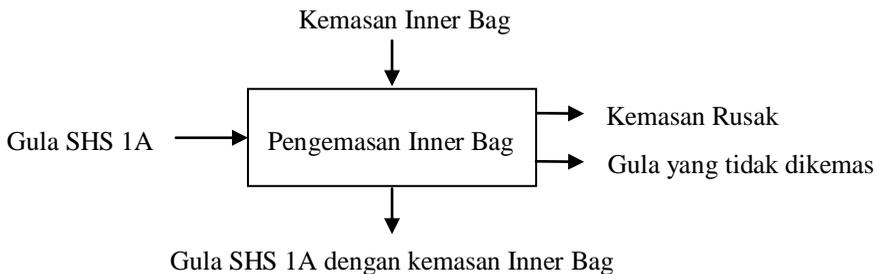
Kemasan = 50 kg

Kapasitas produksi/hari = 2.000 ku/hari \approx 200.000 kg/hari

Jumlah kebutuhan kemasan inner bag = $\frac{200.000}{50} = 4.000$ lembar/hari

Berat kemasan inner bag/lembar = 150 g \approx 0,1500 kg

Berat kemasan 4.000 lembar inner bag = 600 kg \approx 6 ku



Masuk	ku	Keluar	ku
Gula SHS 1A Kemasan Inner Bag	2.000 6	Kemasan Rusak = 0,05 % X 40 Gula yang tidak dikemas Gula SHS 1A dengan kemasan inner bag	0,02 1,00 2.004,98
Total	2.006	Total	2.006

9. Pengemasan Karung Plastik

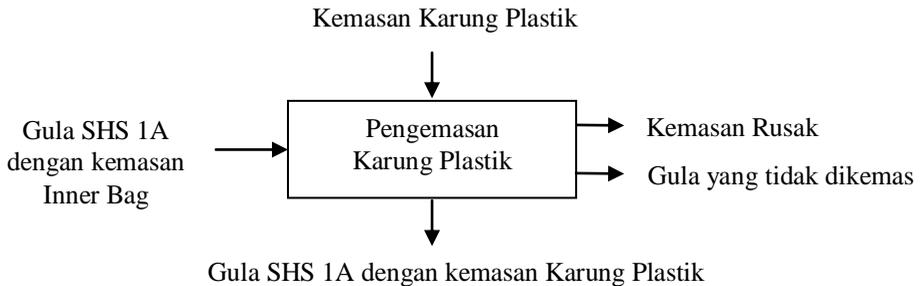
Kemasan = 50 kg

Kapasitas produksi/hari = 2.000 ku/hari
 ≈ 200.000 kg/hari

Jumlah kebutuhan kemasan karung plastik = $\frac{200.000}{50}$
 = 4.000 lembar/hari

Berat kemasan karung plastik /lembar = 175 g $\approx 0,1750$ kg

Berat kemasan 4.000 lembar karung plastik = 700 kg ≈ 7 ku



Masuk	ku	Keluar	ku
Gula SHS 1A dengan kemasan Inner Bag	2.004,98	Kemasan Rusak = 0,05 % X 40 Gula yang tidak dikemas Gula SHS 1A dengan kemasan karung plastik	0,02 1,00 2.010,96
Kemasan Karung Plastik	7,00		
Total	2.011,98	Total	2.011,98

3.2. Neraca Panas

Satuan panas : kilojoule (kJ)

Satuan waktu : hari

Satuan Panas Spesifik (Cp): kJ/kg⁰C

Massa Gula SHS 1A awal : 2.002,0015 ku/hari \approx 200.200,15 kg/hari

Massa Gula SHS 1A akhir : 2.001,0005 ku/hari \approx 200.100,05 kg/hari

Massa air yang diuapkan : 1,0010 ku/hari \approx 100,10 kg/hari

Suhu basis : 0⁰C

Suhu Gula SHS 1A awal : 30⁰C

Suhu Gula SHS 1A akhir : 45⁰C

Cp Gula SHS 1A (30⁰C) : 1,268 kJ/kg⁰C (anonym, 2012)

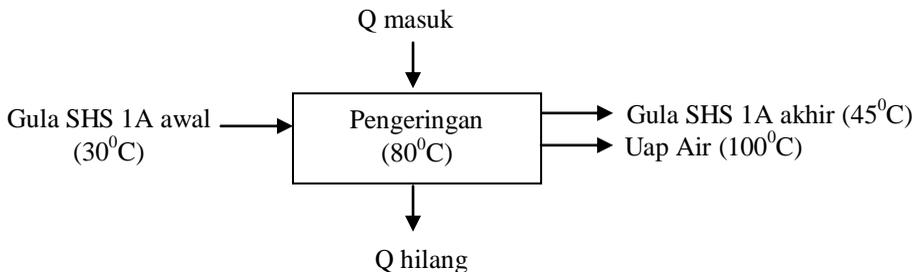
Cp Gula SHS 1A (45⁰C) : 1,343 kJ/kg⁰C (anonym, 2012)

Panas Latent (80⁰C) : 2.643,7 kJ/kg (Heldman and Singh, 1981)

Suhu Pengeringan : 80⁰C

Q hilang : 5%

Diagram alir tahap pengeringan :



Panas masuk = Q masuk + Q Gula SHS 1A Awal

$$= Q \text{ masuk} + (m \times Cp \times \Delta T)$$

$$= Q \text{ masuk} + (200.200,15 \text{ kg} \times 1,268 \text{ kJ/kg}^0\text{C} \times (30^0\text{C} - 0^0\text{C}))$$

$$= Q \text{ masuk} + 7.615.613,706 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panas keluar} &= Q \text{ hilang} + Q \text{ Gula SHS 1A Akhir} + Q \text{ uap air} \\
 &= 0,05 Q \text{ masuk} + (m \times C_p \times \Delta T) + (m \times \text{panas latent}) \\
 &= 0,05 Q \text{ masuk} + (200.100,05 \times 1,343 \times (45^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C})) + \\
 &\quad (100,10 \text{ kg} \times 2.643,7 \text{ kJ/kg}) \\
 &= 0,05 Q \text{ masuk} + 12.093.046,52 \text{ kJ} + 264.634,37 \text{ kJ} \\
 &= 0,05 Q \text{ masuk} + 12.357.680,89 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

$$\text{panas masuk} = \text{panas keluar}$$

$$Q \text{ masuk} + 7.615.613,706 \text{ kJ} = 0,05 Q \text{ masuk} + 12.357.680,89 \text{ kJ}$$

$$0,95 Q \text{ masuk} = 4.742.067,184 \text{ kJ}$$

$$Q \text{ masuk} = 4.991.649,667 \text{ kJ}$$

BAB IV

SENTRIFUGASI, PENGEMASAN DAN PENGGUDANGAN

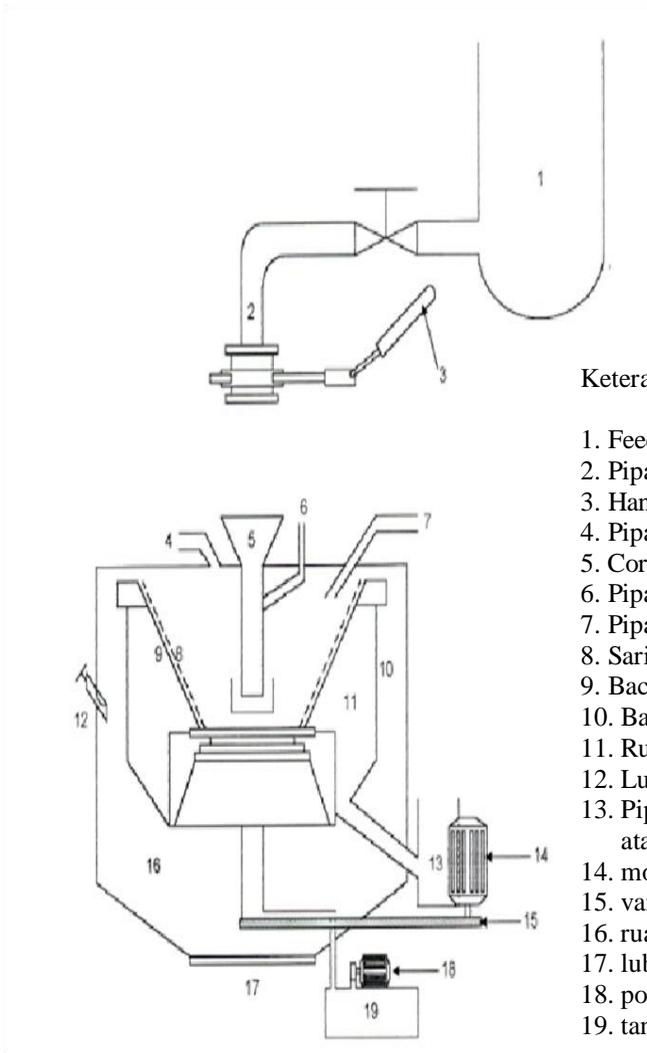
4.1. Sentrifugasi

Sentrifugasi adalah salah satu unit operasi yang meliputi pemisahan material oleh adanya gaya sentrifugal. Prinsip kerjanya adalah gaya sentrifugal dihasilkan ketika material dirotasi. Besar kecilnya gaya tergantung pada radius dan kecepatan rotasi serta massa (densitas) material yang disentrifugasi. Apabila densitas materialnya rendah maka gaya sentrifugasi semakin besar dan jika densitas materialnya tinggi maka gaya sentrifugasi semakin kecil. Jadi, densitas material berbanding terbalik dengan gaya sentrifugasi.

Mesin sentrifugasi terdiri dari dua tipe yaitu *Low Grade Fugal* dan *High Grade Fugal*. Putaran *Low Grade Fugal* digunakan untuk masakan D dan C sedangkan *High Grade Fugal* digunakan untuk masakan A dan SHS. Putaran *Low Grade Fugal* menghasilkan kecepatan putaran yang tidak terlalu cepat, bersifat kontinyu dan dapat dioperasikan secara manual. Putaran *High Grade Fugal* menghasilkan kecepatan putaran yang cepat, bersifat diskontinyu dan beroperasi secara otomatis.

Fungsi kedua jenis mesin tersebut adalah untuk memisahkan kristal gula dari sirup (*stroop*) dengan cara sentrifugal. Proses sentrifugasi ini terjadi pada stasiun putaran. Hasil akhir proses pemisahan kristal gula adalah diperolehnya gula produk SHS 1A, sirup dan tetes.

Puteran *Low Grade Fugal* pada Gambar 4.1.

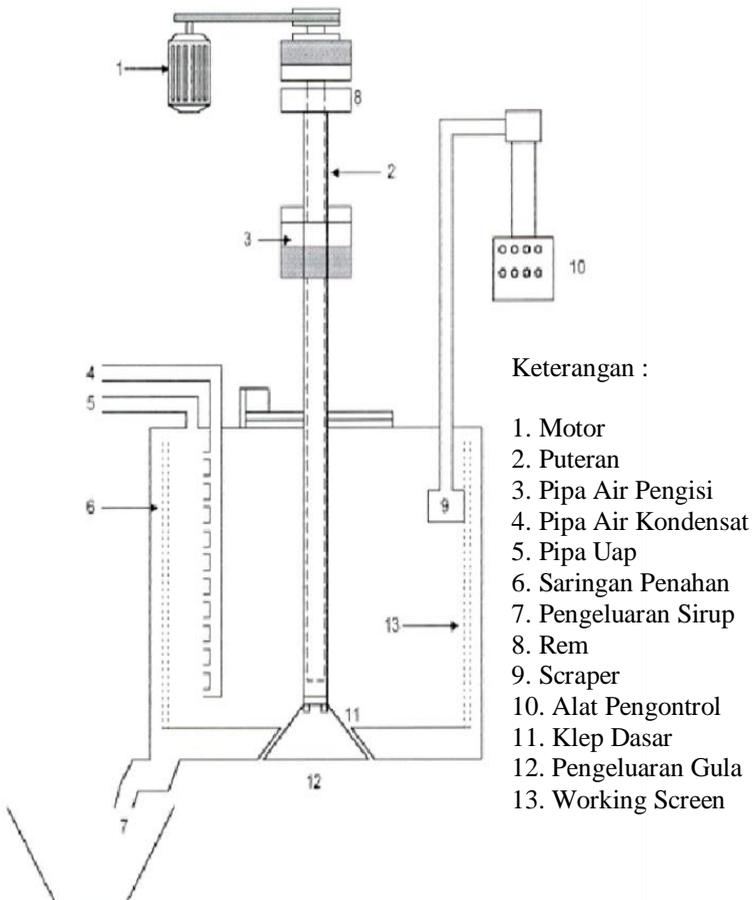


Keterangan :

1. Feed Mixer
2. Pipa Pemasukkan
3. Handle
4. Pipa Air
5. Corong
6. Pipa Uap
7. Pipa Pembilas Saringan
8. Saringan
9. Backing Screen
10. Basket
11. Ruang Sirup/Tetes
12. Lubang contoh gula
13. Pipa Pengeluaran Sirup/Tetes atau klare D
14. motor listrik
15. van belt
16. ruang gula
17. lubang pengeluaran
18. pompa minyak
19. tangki minyak

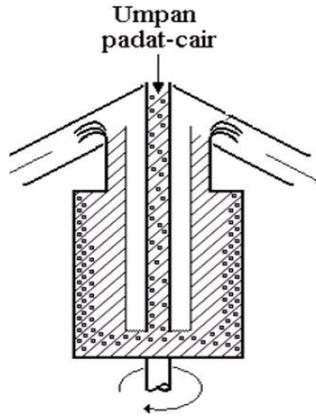
Gambar 4.1. Puteran *Low Grade Fugal*
 Sumber : PT. Pabrik Gula Candi Baru, 2012

Puteran *High Grade Fugal* pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Puteran *High Grade Fugal*
 Sumber : PT. Pabrik Gula Candi Baru, 2012

Mekanisme kerja mesin sentrifugasi pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Mekanisme Kerja Mesin Sentrifugasi
Sumber : Rickwood, 1984

Sentrifugasi atau putaran terdiri dari dinding yang berupa saringan dan dihubungkan dengan sumbu yang berputar, sehingga ketika sumbu tersebut berputar dan terdapat masakan didalamnya maka masakan akan terlempar ke samping karena gaya sentrifugal. Proses terlemparnya kristal gula dengan sirup (*stroop*) disebabkan karena diputar secara horizontal pada jarak tertentu dan dengan adanya gaya sentrifugal yang memutar masakan menjauhi pusat sumbu sehingga masakan akan terlempar ke saringan dinding. Kristal gula yang memiliki diameter lebih besar daripada diameter lubang saringan akan tertahan, sedangkan cairannya akan melewati saringan sebagai sirup (*stroop*) akibatnya kristal gula akan menempel pada saringan. Kristal gula yang menempel menjadi banyak jumlahnya dan perlahan-lahan naik ke atas karena terlempar oleh gaya sentrifugal menuju ruang gula pada mesin sentrifugasi yang beroperasi secara kontinyu. Kristal gula yang telah terpisahkan dari sirup (*stroop*) pada mesin sentrifugasi yang beroperasi

secara diskontinyu akan langsung dikeluarkan menuju lubang pengeluaran gula.

Proses sentrifugasi tersebut juga melibatkan pencucian dengan air agar seluruh cairan yang melekat pada kristal gula dapat dihilangkan. Air yang digunakan untuk mencuci kristal gula adalah air kondensat. Fungsi lain pemberian air kondensat ini adalah untuk menghilangkan kotoran yang mungkin masih menempel pada kristal gula akibat proses kristalisasi. Semua kristal gula yang terbentuk berwarna kecoklatan namun setelah dilakukan pencucian dengan air kondensat maka warnanya menjadi lebih putih. Proses pemisahan kristal gula tersebut dilakukan secara bertahap sesuai dengan jenis gulanya. Jenis kristal gula yang dipisahkan ada tiga macam yaitu kristal gula D, C dan A.

4.1.1. Sentrifugasi Masakan D

Masakan D dari *rapid cooler* akan dipompa menuju putaran BMA D1. Pemisahan sirup dari kristal gula akan dibantu dengan penyemprotan air kondensat. Cairan yang diperoleh dari putaran BMA D1 disebut tetes dan akan dialirkan ke talang penampung tetes. Tetes tersebut selanjutnya akan dibawa menuju tangki tetes. Kristal gula yang diperoleh disebut gula D1 dan akan melalui proses pemisahan lebih lanjut. Gula D1 dibawa menuju putaran BMA D2. Hasil pemisahan yang keluar dari putaran BMA D2 adalah Klare D dan Gula D2. Klare D ditampung pada peti tunggu klare D yang kemudian akan digunakan sebagai bahan masakan gula D. Gula D2 ditampung dalam bejana penampung D2 untuk digunakan sebagai bibit inti kristal pada masakan gula C.

4.1.2. Sentrifugasi Masakan C

Masakan C setelah dari palung pendingin dibawa menuju putaran BMA. Putaran BMA merupakan putaran tipe *Low Grade Fugal* yang beroperasi secara kontinyu dan manual. Hasil pemisahan adalah gula C dan sirup C. Gula C ditampung dalam bejana penampung C untuk digunakan sebagai bibit inti kristal pada masakan gula A. Sirup C ditampung dalam peti tunggu sirup C yang kemudian akan digunakan sebagai bahan masakan gula D.

4.1.3. Sentrifugasi Masakan A

Masakan A diputar pada putaran *Broad Bent*. Putaran tersebut merupakan tipe putaran *High Grade Fugal* yang berlangsung secara otomatis dan diskontinyu. Masakan A dipompa menuju putaran A kemudian disiram dengan air kondensat untuk mempercepat pemisahan sirup A dengan gula A. Sirup A yang dihasilkan dipompa ke peti tunggu sirup A untuk digunakan sebagai bahan masakan gula D dan C. Gula A yang dihasilkan masih belum putih sehingga harus diputar kembali di putaran SHS.

4.1.4. Sentrifugasi SHS 1A

Gula A diputar pada putaran TSK *Centrifugal*. Putaran tersebut juga termasuk tipe *High Grade Fugal* yang beroperasi secara otomatis dan diskontinyu. Gula A yang diputar ini juga disemprot dengan air kondensat untuk mempercepat pemisahan klare SHS dengan gula SHS. Klare SHS dipompa menuju peti tunggu klare SHS untuk digunakan sebagai bahan masakan gula A. Gula SHS yang terbentuk akan diproses lebih lanjut di stasiun penyelesaian.

4.2. Pengemasan

Kemasan adalah tempat atau wadah yang digunakan untuk mengemas suatu produk, yang telah dilengkapi dengan tulisan, label dan

keterangan lain yang menjelaskan isi, kegunaan lain-lainnya yang dirasa perlu disampaikan kepada konsumen (Susanto dan Nyoman, 1994). Menurut Syarief (1989), pengemasan pada makanan umumnya bertujuan melindungi makanan tersebut dari kerusakan fisik, mekanik, biologi, kimia dan mikrobiologi.

Menurut Pirous (2007), secara umum fungsi kemasan adalah sebagai berikut:

1. Tempat atau wadah dalam bentuk tertentu yang dapat melindungi barang dari kemungkinan rusak dan kontaminasi, sejak keluar dari pabrik sampai ke tangan pembeli.
2. Mutu kemasan dapat menumbuhkan kepercayaan dan pelengkap citra diri dan mempengaruhi calon pembeli untuk menjatuhkan pilihan terhadap barang yang dikemasnya.
3. Kemasan mempunyai kemudahan dalam pemakaiannya (buka, tutup, pegang, bawa) tanpa mengurangi mutu ketahanannya dalam melindungi barang.
4. Kenampakan luar kemasan menimbulkan kesan yang benar dan memberikan informasi tentang jenis isi barang yang dikemas.
5. Perencanaan yang baik dalam hal ukuran dan bentuk, sehingga efisien dan tidak sulit dalam hal pengepakan, pengiriman serta penempatan, demikian pula penyusunan dalam lemari pajang.
6. Melalui bentuk dan tata rupa yang dimilikinya kemasan berfungsi sebagai alat pemasaran untuk mempertinggi daya jual barang. Dalam fungsi ini desain bentuk-kemasan harus mendapat dukungan penuh dari unsur desain-grafisnya, sehingga bentuk kemasan selain menarik harus dapat menyampaikan keterangan dan pesan-pesannya sendiri.

Bahan pengemas yang dipergunakan untuk keperluan mengemas produk pangan beraneka ragam jenisnya. Pemilihan jenis pengemas disesuaikan dengan jenis produk yang dikemas. Salah satu jenis bahan pengemas yang sering digunakan untuk pengemasan produk pangan adalah plastik. Keunggulan plastik dibandingkan dengan bahan pengemas lainnya adalah harganya relatif lebih murah, dapat dibentuk, warna dan bentuknya lebih disukai konsumen serta biaya yang diperlukan cukup murah (Susanto dan Nyoman, 1994).

4.2.1. Bahan Pengemas Gula Tebu

Menurut Kuswurj (2012), Gula tebu merupakan produk yang mempunyai kadar air rendah dan bersifat higroskopis sehingga mudah menyerap uap air dari lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu diperlukan pengemas yang tahan terhadap uap air.

Menurut Astawan (2008), kemasan pangan berdasarkan urutan dan jaraknya dengan produk dapat dibedakan atas kemasan primer, sekunder dan tersier. Kemasan primer adalah kemasan yang langsung bersentuhan dengan makanan, sehingga bisa saja terjadi migrasi komponen bahan kemasan ke makanan yang berpengaruh terhadap rasa, bau dan warna. Kemasan sekunder adalah kemasan lapis kedua setelah kemasan primer, dengan tujuan untuk lebih memberikan perlindungan kepada produk. Kemasan tersier adalah kemasan lapis ketiga setelah kemasan sekunder, dengan tujuan untuk memudahkan proses transportasi agar lebih praktis dan efisien. Kemasan tersier bisa berupa kotak karton atau peti kayu.

Bahan pengemas yang digunakan untuk mengemas gula tebu meliputi kemasan primer dan sekunder.

4.2.1.1. Kemasan Primer

Kemasan primer yang digunakan untuk mengemas gula tebu adalah *Inner Bag*. Kemasan *Inner Bag* merupakan plastik tipis yang terbuat dari

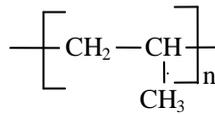
polyethylene dan memiliki sifat transparan. *Polyethylene* adalah polimer dari unit etilen $(-\text{CH}_2\text{CH}_2-)_n$. *Polyethylene* mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan robek yang baik dan merupakan film yang lunak, fleksibel serta tidak transparan. Menurut Brown (1992), terdapat 3 macam *polyethylene* berdasarkan densitasnya yaitu LDPE (*Low Density Polyethylene*), MDPE (*Medium Density Polyethylene*) dan HDPE (*High Density Polyethylene*). Karakteristik ketiga jenis *polyethylene* tersebut adalah sebagai berikut:

- a. LDPE tersusun atas polimer rantai bercabang atau sering disebut struktur amorf, berat molekul antara 10.000-50.000 dan densitasnya berkisar antara 0,915-0,925 g/cm³. Sifat plastik LDPE adalah kuat, fleksibel, mudah meleleh, dan merupakan *barrier* uap air yang baik.
- b. MDPE bersifat lebih kaku, kuat dan permeabilitasnya lebih rendah dibandingkan dengan LDPE. Densitas MDPE berkisar antara 0,926-0,940 g/m³.
- c. HDPE merupakan salah satu jenis *polyethylene* (PE) dengan rantai bercabang dan densitas yang tinggi yaitu lebih besar dari 0,940 g/cm³. HDPE tersusun atas polimer yang bercabang. Sifat plastik HDPE adalah lebih kuat, lebih kaku, daya regang lebih rendah dan sifat *barrier* terhadap uap air lebih tinggi dibandingkan dengan LDPE dan MDPE.

Lapisan *Inner Bag* yang digunakan adalah jenis HDPE. Hal ini dikarenakan, HDPE memberikan perlindungan yang baik terhadap air dan akan meningkatkan stabilitas terhadap panas. Oleh karena itu, mutu dari gula tebu dapat dipertahankan dan umur simpannya dapat diperpanjang.

4.2.1.2. Kemasan Sekunder

Kemasan Sekunder yang digunakan untuk mengemas gula tebu adalah karung plastik. Kemasan karung plastik merupakan bahan pengemas yang terbuat dari *Polypropylene*. Karung plastik lebih dikenal dengan nama *Polypropylene Woven Bag* dan digunakan sebagai kemasan sekunder. *Polypropylene* merupakan jenis plastik yang kenampakannya transparan dengan densitas 0,9 gram/cm³. Sifat *Polypropylene* (PP) adalah lebih kuat, lebih kaku, lebih resisten terhadap panas dan barrier uap air yang baik dibandingkan dengan PE (*polyethylene*) (Brown, 1992). PP dibuat dengan cara polimerisasi katalitik monomer *propylene* dengan panas dan adanya tekanan. Monomer *propylene* pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Monomer *Propylene*

Sumber: Brown, 1992

Daya tembus kemasan PP dan PE pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Daya tembus kemasan PP dan PE

Plastik tipis	Daya tembus (cm ³ /cm ² /mm/det/cmHg) x 10 ¹⁰			
	N ₂	O ₂	CO ₂	H ₂ O
<i>Polietilen</i>	19	55	352	130
<i>Polipropilen</i>	2,7	23,0	92	380

Sumber: Zaidi,2008

4.2.1.3. Benang Jahit Plastik

Benang jahit plastik merupakan benang yang terbuat dari *polyethylene* dan digunakan untuk menjahit kemasan karung plastik. Benang jahit plastik diperoleh dari Perusahaan Benang Sorin Sentosa

Sidoarjo. Pembelian dilakukan dengan cara memesan melalui telepon dan pengiriman dilakukan setelah 2 minggu pemesanan.

4.2.2. Proses Pengemasan GulaTebu

Gula tebu dibawa ke *sugar weighting and bagging machine* setelah dari *sugar bin* untuk dilakukan pengisian dan penimbangan gula ke dalam bahan pengemas. Suhu gula saat dimasukkan ke dalam kemasan adalah $\pm 30^{\circ}\text{C}$. Proses pengisian dan penimbangan gula berlangsung secara otomatis dengan berat gula 50 kg. Gula SHS 1A dikemas dalam kemasan 50 kg ditujukan agar memudahkan pedagang dalam menjual gula produk secara eceran atau curah ke konsumen. Bahan pengemas yang dipakai adalah karung plastik (*PP Woven Bag*) yang didalamnya telah diberi kemasan primer *PE Inner Bag*. Lapisan *PE Inner Bag* berfungsi agar uap air tidak masuk ke dalam karung dan menjaga gula agar tetap kering dalam jangka waktu yang lama. Umur simpan gula di dalam gudang juga dapat lebih panjang.

Ukuran karung plastik (*PP Woven Bag*) 50 kg yang digunakan untuk mengemas gula tebu adalah 56 X 90 cm. Ukuran *PE Inner Bag* 50 kg yang digunakan untuk mengemas gula tebu adalah 54 X 88 cm. Kemasan gula 50 kg tersebut bertujuan agar memudahkan penyusunan dan penumpukannya di dalam gudang serta mempermudah pembelian secara grosir. Kemasan karung ini diberikan kode produksi menurut tanggal produksi, shift produksi, periode produksi, bulan produksi dan tahun produksi. Hal ini bertujuan agar jumlah gula yang diproduksi pada periode tersebut dapat diketahui sehingga mempermudah pengaturan letak penyimpanan dan keluarnya gula yang akan di pasarkan. Gula yang masuk ke gudang akan dihitung secara manual oleh operator sehingga dapat diketahui berapa

jumlah karung gula yang masuk ke gudang setiap periode produksi. Satu periode produksi \pm 15 hari.

Karung plastik kemasan 50 kg yang sudah berlabel dan kemasan *PE Inner Bag* 50 kg dapat diperoleh dari Perusahaan Surya Indah Sidoarjo. Pembelian dilakukan dengan cara memesan melalui telepon dan pengiriman dilakukan setelah 2 minggu pemesanan. Harga kemasan *PE Inner Bag* 50 kg per lembarnya adalah 400,00 sedangkan karung plastik per lembarnya adalah Rp 800,00.

Gula yang telah dimasukkan ke dalam kemasan maka akan secara otomatis akan dijahit dengan benang jahit plastik jenis PE (*polyethylene*). Benang jahit tersebut digunakan untuk menjahit kemasan karung plastik. Benang jahit plastik dapat diperoleh dari Perusahaan Benang Sorin Sentosa Sidoarjo. Pembelian dilakukan dengan cara memesan melalui telepon dan pengiriman dilakukan setelah 2 minggu pemesanan. Harga 1 *conus* benang jahit plastik tersebut sekitar Rp 2.000,00.

Gula tebu yang telah dikemas akan diletakkan sementara di *stam floor* lalu diangkut menuju gudang gula.

4.3. Penggudangan

Penggudangan mempunyai peranan penting dalam menjaga kualitas produk. Penyimpanan yang baik dapat menjaga kondisi produk sehingga kualitas produk terjaga dengan baik. Menurut Warman (1971), tujuan utama penggudangan adalah mengurangi kehilangan bahan dari segi kualitas dan kuantitas seminimal mungkin. Fungsi penggudangan secara terperinci adalah sebagai berikut :

1. Melindungi produk dari lingkungan luar yaitu terhadap serangan tikus, mudah untuk mengontrol adanya gangguan serangga, aman dari pencurian, dan ventilasi mampu mengatur panas dan kelembaban.

2. Memudahkan pemeliharaan dan pemeriksaan di dalam dan di luar bangunan.
3. Menciptakan suasana kerja yang aman, termasuk suhu dan ventilasi, cahaya, sanitasi dan higienis.
4. Menekan biaya produksi.
5. Menekan biaya investasi.
6. Menjamin kemungkinan perluasan bangunan gudang.

Menurut Syarief dan Halid (1993), berdasarkan sifat fungsionalnya gudang dapat diklasifikasikan menjadi gudang bahan baku, gudang bahan pengemas, dan gudang produk jadi.

1. Gudang Bahan Baku

Gudang bahan baku merupakan gudang operasional tempat bahan baku disimpan. Gudang bahan baku pengolahan gula tebu terdiri dari dua macam yaitu *emplacement* tebu dan gudang bahan baku penunjang. *Emplacement* tebu berfungsi sebagai tempat sementara menampung tebu yang datang sebelum digiling. *Emplacement* tebu dirancang untuk dapat menampung ± 312 truk tebu per hari (1 truk tebu mengangkut ± 8 ton tebu) dengan spesifikasi sebagai berikut :

Panjang	: 160 m
Lebar	: 170 m
Luas	: 27.200 m ²
Kapasitas Tebu	: 2.500 ton

Gudang bahan baku penunjang merupakan tempat untuk menyimpan bahan-bahan baku penunjang seperti asam fosfat, kapur tohor, belerang, kaporit, flokulan, tawas, fondan dan *caustic soda flake*. Gudang tersebut dirancang untuk dapat menampung ± 50.000 kg bahan baku penunjang. Bahan baku penunjang diletakkan diatas palet berukuran 1.500

mm x 1.200 mm x 200 mm. Gudang bahan baku penunjang dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut :

Panjang	: 20 m
Lebar	: 15 m
Tinggi dinding	: 6,5 m
Bahan pondasi	: besi beton
Bahan dinding	: batu bata dan semen
Bahan lantai	: semen
Bahan atap	: <i>galvalume</i>

2. Gudang Bahan Pengemas

Gudang bahan pengemas digunakan untuk menyimpan atau menampung bahan pengemas seperti karung plastik dan kemasan *inner bag*. Kemasan tersebut disimpan dalam bentuk gulungan-gulungan dan diletakkan di atas palet. Gudang bahan pengemas ini dirancang dengan ukuran 4 m x 4 m x 6 m.

3. Gudang Produk Jadi

Gudang produk jadi adalah gudang untuk menyimpan produk berupa gula tebu yang telah dikemas dan siap untuk didistribusikan. Gudang tersebut dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut :

Panjang	: 41 m
Lebar	: 37 m
Tinggi	: 7,2 m
Luas	: 1.517 m ²

Produk jadi yang telah dikemas dalam karung plastik ditumpuk di atas palet dan disimpan di gudang produk jadi. Palet adalah papan datar dari kayu yang permukaan atas dan bawahnya datar, bisa disesuaikan ukurannya dan mudah dipindahkan. Ukuran palet yang digunakan adalah 1.550 mm x 1.800 mm x 200 mm. Tujuan penggunaan palet antara lain :

1. Menghindari kerusakan yang disebabkan oleh hama
2. Memudahkan pengangkutan atau pemindahan
3. Memberi ruang untuk sirkulasi udara pada bagian bawah agar produk tidak lembab
4. Palet yang terbuat dari kayu dapat menjaga produk tetap kering, sebab kayu dapat menyerap uap air
5. Membantu pemakaian ruang secara efisien

4.3.1. Kondisi Gudang Penyimpanan

Kondisi gudang penyimpanan gula tebu untuk mempertahankan mutu gula tebu dan mendukung kelancaran arus barang adalah sebagai berikut :

1. Pintu dan ventilasi yang cukup agar kelancaran dan sirkulasi udara dapat diatur dan tetap terjaga. Pintu gudang berukuran 4,5 m x 4,5 m untuk memudahkan *loading* dan *unloading* barang.
2. Pengontrolan terhadap suhu dan kelembaban dari gudang penyimpanan dengan memasang termometer dan higrometer. Suhu gudang produk jadi sekitar 30⁰C dengan kelembaban udara ± 55 %.
3. Atap gudang tidak bocor dan lantainya kokoh sehingga air tidak dapat menembus lantai.
4. Pemeliharaan gudang (kering, bersih, dan terang).
5. Kebersihan ruangan dan peralatan dari kotoran dan debu.
6. Pengendalian hama dan serangga.
7. Pengendalian stok dengan sistem FIFO.
8. Pemeliharaan bangunan seperti pengecatan dan kebersihan gudang.
9. Pengendalian semut dengan cara menyusun lapisan lantai gudang produk menjadi empat lapis susunan yaitu lapisan paling bawah adalah beton cor dengan tebal 30 cm setelah itu diberi lapisan kedua berupa pasir yang

telah digoreng sebelumnya (agar kadar air pasir menjadi 0,02) setebal 10 cm dan lapisan kedua berupa palet serta lapisan terakhir berupa terpal.

4.3.2. Proses Penggudangan Gula Tebu

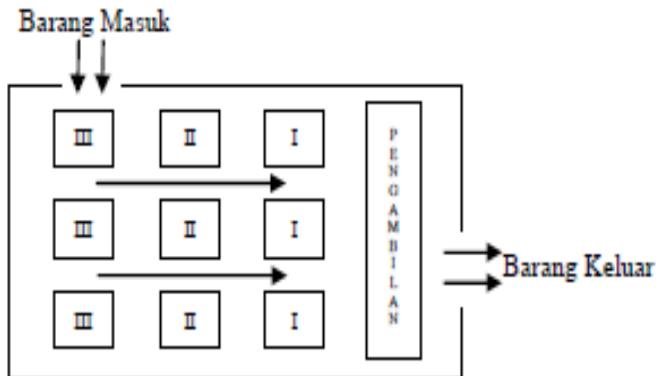
Karung plastik yang telah berisi gula tebu disimpan di dalam gudang produk jadi dengan cara menyusun secara bertumpuk. Tujuannya adalah untuk menyimpan gula sebanyak-banyaknya. Penyusunan karung gula juga harus memperhatikan keselamatan pekerja pada saat menyusun dan mengambil gula dari gudang. Sistem penyusunan karung gula dimulai dengan jarak 1 m dari tepi dinding dan disusun 2 karung membujur dan 3 karung melintang. Karung gula tersebut disusun setinggi ± 20 sak karung. Penataan tersebut bertujuan agar karung gula tidak mudah runtuh dan agar mudah untuk dilakukan perhitungan. Setiap 10 tumpukkan karung plastik akan diberi satu buah palet untuk memudahkan pengambilan dengan *forklift*.

Karung plastik gula yang akan ditunpuk dihitung dan diangkat dengan menggunakan *forklift* kemudian ditata di blok tertentu. Penataan blok didasarkan pada tanggal produksi dengan tujuan untuk mempermudah pengaturan penyimpanan. Pengeluaran gula tebu dari gudang produk jadi menggunakan sistem FIFO (*First In First Out*) yaitu gula yang masuk gudang terlebih dahulu, itulah yang akan dikeluarkan terlebih dahulu. Pencatatan gula yang keluar diatur dengan surat DO (*Delivery Order*) yang telah disahkan oleh *Manager*. Surat DO berisi nomor DO, tanggal DO, tanggal pengiriman, data kendaraan pengangkut gula produk, nama sopir, jumlah gula yang dipesan, harga gula produk, tanda tangan pengawas gudang, tanda tangan penerima, stempel perusahaan dan tanda tangan *Manager*.

4.3.3. Kecepatan Arus Barang

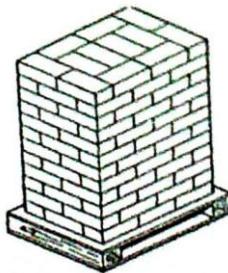
Kecepatan arus barang dalam gudang perlu diperhatikan dalam pendirian suatu pabrik. Penggudangan dibutuhkan agar barang yang

disimpan tidak sampai tertimbun dan mengalami kerusakan sehingga menimbulkan biaya tambahan. Oleh karena itu, tata letak gudang harus diatur sedemikian rupa sehingga mempermudah pergerakan barang. Gudang gula tebu ini direncanakan menggunakan sistem arus "L". Penggunaan sistem memudahkan pengaturan arus barang menjadi lebih sistematis sehingga barang yang pertama masuk akan diambil lebih dulu (*First In First Out*). Sistem pengaturan arus barang dengan sistem arus "L" pada Gambar 4.5. dan cara penumpukan karung plastik di atas palet pada Gambar 4.6.



Gambar 4.5. Sistem Arus "L"

Sumber: Warman (1971) dengan modifikasi



Gambar 4.6. Cara Penumpukan Karung Plastik di Atas Palet

Sumber: Warman (1971)

4.3.4. Perhitungan Luas Area

Asumsi: gudang digunakan untuk menyimpan produk selama 5 hari kerja.

1 hari = 3.998 kemasan karung plastik, jika dilakukan penyimpanan untuk 5 hari kerja maka:

$3.998 \text{ kemasan} \times 5 \text{ hari} = 19.990 \text{ kemasan karung plastik}$

Ukuran palet = 1.550 mm x 1.800 mm x 200 mm

Satu palet dapat menampung 10 karung plastik gula serta disusun 2 karung plastik gula membujur dan 3 karung plastik melintang. Karung gula tersebut disusun dengan tinggi maksimal 20 sak karung. Total luas area gudang yang dibutuhkan 37 m x 41 m, dengan asumsi jarak antar satu baris palet adalah 2 m untuk memberi ruang gerak yang cukup bagi pekerja dalam mengoperasikan *forklift*.

BAB V

SPEKIFIKASI MESIN DAN PERALATAN

Suatu perusahaan memerlukan seperangkat peralatan dan mesin yang dapat mempermudah dan mempercepat proses pengolahan. Peralatan merupakan alat yang digunakan secara mekanik untuk membantu meringankan pekerjaan manusia, sedangkan mesin merupakan instrumen yang digerakkan oleh motor dengan menggunakan sumber tenaga seperti tenaga listrik untuk membantu kelancaran proses produksi.

5.1. Mesin

5.1.1. Generator

Fungsi	: sebagai penyuplai kebutuhan tenaga listrik pabrik apabila terjadi pemadaman listrik oleh PLN
Bahan Bakar	: solar
Daya	: 10.000 kW
Dimensi	: 3.550 mm x 1.120 mm x 1.600 mm
Jumlah	: 1 buah
Kecepatan	: 1.600 rpm
Frekuensi	: 50 Hz

Gambar generator pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Generator
Sumber:Rock and Dirt, 2012

5.1.2. *High Grade Fugal Machine*

Fungsi	: memisahkan kristal gula A dan SHS dari sirup (<i>stroop</i>) dengan cara sentrifugal
Jumlah alat	: 2 buah
Daya listrik	: 100 kW
Kapasitas pengisian	: 2.500 kg
Kecepatan putar	: 1.500 rpm
Diameter	: 1.550 mm
Tinggi	: 850 mm
Lubang saringan dalam	: 0,65 mm
Lubang saringan luar	: 1,6 mm
Jumlah lubang	: 115 per 25,4 mm

Gambar *High Grade Fugal Machine* pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2. *High Grade Fugal Machine*
Sumber: Western, 2012

5.1.3. *Low Grade Fugal Machine*

Fungsi	: memisahkan kristal gula D dan C dari sirup (<i>stroop</i>) dengan cara sentrifugal
Jumlah alat	: 3 buah
Daya listrik	: 75 kW
Kapasitas pengisian	: 2.500 kg
Kecepatan putar	: 1.000 rpm
Diameter	: 1.750 mm
Tinggi	: 800 mm
Lubang saringan dalam	: 0,65 mm
Lubang saringan luar	: 2,0 mm
Jumlah lubang	: 120 per 25,4 mm

Gambar *Low Grade Fugal Machine* pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3. *Low Grade Fugal Machine*
Sumber: Broadbent, 2012

5.1.4. *Sugar Weighting and Bagging Machine*

Fungsi : untuk melakukan proses pengisian, penimbangan dan pengemasan gula ke dalam bahan pengemas

Jumlah alat : 1 buah

Kapasitas penimbangan : 50 kg

Daya listrik : 1,4 kW

Gambar *Sugar Weighting and Bagging Machine* pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4. *Sugar Weighting and Bagging Machine*
Sumber: Indosawagri, 2012

5.1.5. **Talang getar**

Fungsi : untuk mengeringkan kristal gula dan menyaring ukuran gula yang keluar dari stasiun sentrifugasi

Jumlah alat : 7 unit

Daya listrik : 0,025 kW

Gambar Talang Getar pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5. Talang getar
Sumber: Indosawagri, 2012

5.1.6. Pompa

Fungsi : untuk memompa masakan ke mesin sentrifugal, memompa tetes atau sirup ke tangki tetes atau sirup

Jumlah alat : 5 unit

Daya listrik : 0,1 kW

Kapasitas : 43 L / menit

Gambar Pompa pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6. Pompa
Sumber: Tirto Lancar, 2012

5.2. Peralatan

5.2.1. Palet

Fungsi : sebagai alas untuk meletakkan produk jadi selama penyimpanan

Bahan : kayu jati

Jumlah : 100 buah

Dimensi : 1.550 mm x 1.800 mm x 200 mm

Gambar palet pada Gambar 5.8.



Gambar 5.7. Palet
Sumber: Cahaya Palletindo Jaya, 2012

5.2.2. Kereta Dorong (Lorry)

Fungsi : memindahkan gula yang baru dikemas ke atas palet

Kapasitas : 300 kg

Jumlah : 5 buah

Dimensi : 60 cm x 90 cm x 80 cm

Gambar kereta dorong (lorry) pada Gambar 5.9.



Gambar 5.8. Kereta Dorong (Lorry)
Sumber: Bintang Teknik, 2012

5.2.3. Tangki Penampung Tetes

Fungsi : untuk menampung tetes

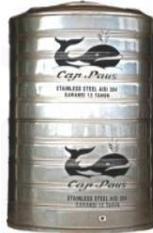
Kapasitas : 2.000 L

Jumlah : 1 buah

Diameter tangki : 105 cm

Tinggi tangki : 186 cm

Gambar tangki penampung tetes pada Gambar 5.10.



Gambar 5.9. Tangki Penampung Tetes
Sumber: Profil Tank, 2012

5.2.4. Tangki Solar

Fungsi : untuk menyimpan bahan bakar solar

Kapasitas : 500 m³

Jumlah : 1 buah

Diameter tangki : 1,15 m

Panjang tangki : 0,838 m

Gambar tangki solar pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10. Tangki Solar
Sumber: Alibaba, 2012

5.2.5. Forklift

Fungsi : untuk mengangkat karung gula dari satu tempat ke tempat lain

Kapasitas : 5.000 kg

Jumlah : 1 buah

Tinggi : 2.800 mm

Panjang : 2.100 mm

Lebar : 1.600 mm

Kecepatan : 1.125 m / jam

Gambar *Forklift* pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11. *Forklift*

Sumber: CV. Cipta Manunggal Persada, 2012

BAB VI UTILITAS

Utilitas adalah sarana yang menunjang proses industri dalam suatu pabrik agar proses pengolahan dapat berjalan dengan baik. Utilitas yang dibutuhkan adalah air, listrik dan bahan bakar berupa solar. Air digunakan untuk proses sanitasi meliputi pembersihan ruang, alat, lingkungan kerja dan kebutuhan karyawan. Kebutuhan air diperoleh dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Listrik digunakan untuk menggerakkan peralatan dan untuk penerangan. Kebutuhan listrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Solar digunakan sebagai bahan bakar generator.

6.1. Air

Air merupakan salah satu utilitas yang dibutuhkan untuk berbagai kegiatan dalam suatu pabrik. Sumber air diperoleh dari PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) yang digunakan untuk keperluan sanitasi seperti pembersihan ruangan dan kebutuhan karyawan. Jumlah karyawan untuk unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1. Jumlah Karyawan

Unit	Jumlah (orang)	Keterangan
Sentrifugasi	2	1 orang kepala bagian 1 orang karyawan
Pengemasan	3	1 orang kepala bagian 2 orang karyawan
Penggudangan	11	1 orang kepala bagian 1 orang karyawan 9 orang kuli angkut
Total	16	

Kebutuhan air minum per orang sebesar 2 L sehingga jumlah air yang dibutuhkan untuk minum adalah $2 \text{ L} \times 16 \text{ orang} = 32 \text{ L}$. Cadangan air

sebesar 15% sehingga $15\% \times 32 \text{ L} = 4,8 \text{ L}$. Total kebutuhan air minum per hari adalah $32 \text{ L} + 4,8 \text{ L} = 36,8 \text{ L/hari} \approx 0,0368 \text{ m}^3/\text{hari}$.

Perhitungan kebutuhan air untuk unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2. Kebutuhan Air untuk Karyawan

Kebutuhan Air	Jumlah/orang/hari (L)
Cuci tangan	5
Buang air	15
Wudhu	10
Total	30

Total jumlah karyawan adalah 17 orang sehingga jumlah air yang dibutuhkan seluruhnya sebesar $30 \text{ L} \times 17 \text{ orang} = 510 \text{ L/hari}$. Air untuk pembersihan ruangan dibutuhkan sebesar $10 \text{ L} / \text{hari}$ sehingga jumlah kebutuhan air total adalah $510 \text{ L/hari} + 10 \text{ L/hari} = 520 \text{ L/hari}$.

Cadangan air sebesar 15% sehingga jumlah cadangan air yang disediakan = $15\% \times 520 \text{ L/hari}$

= 78 L/hari , jadi jumlah kebutuhan air di unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan adalah $520 \text{ L/hari} + 78 \text{ L/hari} = 598 \text{ L/hari} \approx 0,598 \text{ m}^3/\text{hari}$.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air per bulan} &= 0,598 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari kerja} \\ &= 17,94 \text{ m}^3/\text{bulan} \end{aligned}$$

6.2. Listrik

Sumber listrik digunakan untuk penerangan areal pabrik, menggerakkan mesin dan peralatan proses. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN (Pembangkit Listrik Negara) dan disediakan generator apabila terjadi pemadaman listrik oleh PLN atau listrik mengalami gangguan. Perhitungan kebutuhan listrik pada Tabel 6.3. dan Tabel 6.4.

Tabel 6.3. Kebutuhan Listrik untuk Mesin dan Peralatan

Nama Mesin	Daya (kW)	Jumlah (unit)	Lama Pemakaian/hari (jam)	Total daya (kWh)
High Grade Fugal Machine	100	1	21	2100
High Grade Fugal Machine	100	1	17	1700
Low Grade Fugal Machine	75	1	20,5	1537,5
Low Grade Fugal Machine	75	1	19,8	1485
Low Grade Fugal Machine	75	1	15,3	1147,5
Mesin pengemas	1,4	1	2	2,8
Talang getar	0,025	7	0,75	0,1312
Pompa	0,1	5	2	1
Total				7.973,9312

Tabel 6.4. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

Ruangan	Luas (m ²)	Luas (ft ²)*	Foot candle	Lumen
Sentrifugasi	49	527,45	20	5.274,5
Pengemasan	30	322,93	20	6.458,6
Pengeringan	50	538,21	20	10.764,2
Pengudangan	1.369	14.736,28	10	147.362,8

* 1 ft² = 0,0929 m²

* Penerangan untuk ruang proses = 20 *foot candle* dan penerangan untuk ruang selain ruang proses = 10 *foot candle* (Winarno dan Suroño, 2002).

Penerangan untuk ruang sentrifugasi menggunakan lampu TL (*Tungsten Lamp*) 40 Watt.

Lumen *output* lampu TL = 1.960 W (Perry dan Green, 1973) sehingga

jumlah lampu yang dibutuhkan adalah : $\frac{5.274,5}{1,960} = 2,7 \approx 3$ buah

Jumlah daya yang dibutuhkan untuk penerangan = 3 x 40 = 120 Watt

Lama pemakaian 24 jam, jadi total daya yang dibutuhkan adalah :

= 120 W x 24 jam = 2.880 Wh \approx 2,88 kWh

Penerangan untuk ruang pengemasan menggunakan lampu TL (*Tungsten Lamp*) 40 Watt.

Lumen *output* lampu TL = 1.960 W (Perry dan Green, 1973) sehingga

$$\text{jumlah lampu yang dibutuhkan adalah : } \frac{6.458,6}{1,960} = 3,3 \approx 3 \text{ buah}$$

Jumlah daya yang dibutuhkan untuk penerangan = $3 \times 40 = 120$ Watt

Lama pemakaian 3 jam, jadi total daya yang dibutuhkan adalah :

$$= 120 \text{ W} \times 3 \text{ jam} = 360 \text{ Wh} \approx 0,36 \text{ kWh}$$

Penerangan untuk ruang pengeringan menggunakan lampu TL (*Tungsten Lamp*) 40 Watt.

Lumen *output* lampu TL = 1.960 W (Perry dan Green, 1973) sehingga

$$\text{jumlah lampu yang dibutuhkan adalah : } \frac{10.764,2}{1,960} = 5,5 \approx 6 \text{ buah}$$

Jumlah daya yang dibutuhkan untuk penerangan = $6 \times 40 = 240$ Watt

Lama pemakaian 24 jam, jadi total daya yang dibutuhkan adalah :

$$= 240 \text{ W} \times 24 \text{ jam} = 5.760 \text{ Wh} \approx 5,76 \text{ kWh}$$

Penerangan untuk ruang penggudangan menggunakan lampu TL (*Tungsten Lamp*) 30 Watt.

Lumen *output* lampu TL = 2.200 W (Perry dan Green, 1973) sehingga

$$\text{jumlah lampu yang dibutuhkan adalah : } \frac{147.362,8}{2.200} = 66,9 \approx 67 \text{ buah}$$

Jumlah daya yang dibutuhkan untuk penerangan = $67 \times 30 = 2.010$ Watt

Lama pemakaian 12 jam, jadi total daya yang dibutuhkan adalah :

$$= 2.010 \text{ W} \times 12 \text{ jam} = 24.120 \text{ Wh} \approx 24,12 \text{ kWh}$$

Total daya listrik per hari = $7.973,9312 + 2,88 + 0,36 + 5,76 + 24,12$

$$= 8.007,0512 \text{ kWh}$$

Kebutuhan listrik per bulan = $8.007,0512 \text{ kWh} \times 30$ hari kerja

$$= 240.211,536 \text{ kWh}$$

Keterangan :

1. *Foot candle* adalah batasan minimum intensitas cahaya yang dapat digunakan sebagai patokan kecukupan intensitas cahaya dalam suatu ruangan (Perry dan Chilton, 1984).
2. Lumen adalah jumlah cahaya yang dapat diberikan oleh suatu intensitas cahaya yang berasal dari 1 ft² cahaya.

$$\text{Lumen} = \text{foot candle} \times \text{luas (ft}^2\text{)}$$

6.3. Solar

Solar digunakan untuk menggerakkan generator yang dapat mengalirkan listrik apabila terjadi pemadaman listrik oleh PLN. Kapasitas generator yang digunakan harus dapat memenuhi total kebutuhan listrik. *Power factor* generator sebesar 80 % dengan *heating value* bahan bakar solar sebesar 19.300 Btu/lb (Engineering Toolbox, 2010). Jumlah kebutuhan listrik sebesar 8007,0512 kW sehingga kapasitas generator yang direncanakan adalah 10.000 kW agar dapat mencukupi kebutuhan listrik.

$$\text{Kapasitas generator} = \frac{10.000}{0,8} = 12.500 \text{ kW} \approx 12.500.000 \text{ W}$$

$$1 \text{ Btu/jam} = 0,29307 \text{ W (Heldman and Singh, 1981)}$$

$$\text{Tenaga generator} = \frac{12.500.000}{0,29307} = 42.651.926,16 \text{ Btu/jam}$$

$$\text{Kebutuhan solar} = \frac{42.651.926,16}{19.300} = 2.209,94 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas solar} = 53,66 \text{ lb/ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Volume solar yang dibutuhkan} &= \frac{2.209,94}{53,66} \\ &= 41,184 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$= 41,184 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 28,32 \text{ L/ft}^3$$

$$= 1166,3309 \text{ L/jam}$$

Asumsi selama satu bulan terjadi pemadaman listrik sebanyak dua kali, masing-masing selama dua jam

$$\text{Volume solar yang dibutuhkan} = 1166,3309 \text{ L/jam} \times 2 \times 2 \text{ jam}$$

$$= 4.665,3236 \text{ L / bulan}$$

Solar juga digunakan untuk menggerakkan *forklift* sehingga pengangkutan karung gula menjadi lebih efisien. Kebutuhan solar untuk *forklift* adalah 4 L/jam sehingga dalam satu hari 4 L/jam x 24 jam kerja = 96 L per hari.

$$\text{Kebutuhan solar per bulan} = (96 \text{ L / hari} \times 30 \text{ hari kerja})$$

$$= 2.880 \text{ L / bulan}$$

$$\text{Total kebutuhan solar per bulan} = 4.665,3236 \text{ L} + 2.880 \text{ L}$$

$$= 7.545,3236 \text{ L / bulan}$$

BAB VII ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi bertujuan untuk mengetahui total biaya yang diperlukan untuk unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan pada pabrik gula tebu SHS 1A dengan kapasitas produksi 2.000 kuintal per hari. Perhitungan analisa ekonomi unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan meliputi biaya mesin dan peralatan, biaya bahan-bahan pengemas, biaya utilitas dan biaya gaji karyawan.

7.1. Biaya Mesin dan Peralatan

Perhitungan biaya untuk menunjang kegiatan sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan pada Tabel 7.1.

Tabel 7.1. Perhitungan Biaya Mesin dan Peralatan

No.	Nama Mesin dan Peralatan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1.	<i>High Grade Fugal Machine</i>	2	5.000.000.000	10.000.000.000
2.	<i>Low Grade Fugal Machine</i>	3	5.000.000.000	15.000.000.000
3.	<i>Sugar Weighting and Bagging Machine</i>	1	37.000.000	37.000.000
4.	Talang Getar	7	2.250.000	15.750.000
5.	Pompa	5	490.000	2.450.000
6.	Generator	1	652.500.000	652.500.000
7.	Pallet	200	155.000	31.000.000
8.	Lampu TL 40 W	12	13.000	156.000
9.	Lampu TL 30 W	67	10.000	67.000
10.	Tangki Solar	1	4.124.000	4.124.000
11.	Lorry	5	500.000	2.500.000
12.	Tangki Penampung Tetes	1	5.265.000	5.265.000
13.	<i>Forklift</i>	1	95.000.000	95.000.000
Total				25.845.812.000

Sumber: Rock and Dirt, Western, Broadbent, Indosawagri, Tirta Lancar, Cahaya Palletindo Jaya, Bintang Teknik, Profil Tank, Alibaba (November 2011).

Total harga mesin dan peralatan	= Rp 25.845.812.000,00
Depresiasi mesin dan peralatan	= (10 % x total harga mesin dan peralatan) = Rp 2.584.581.200,00
Perawatan mesin dan peralatan	= (5 % x total harga mesin dan peralatan) = Rp 1.292.290.600,00
Total harga lampu	= Rp 223.000,00
Depresiasi lampu	= (25 % x total harga lampu) = Rp 55.750,00
Total harga mesin dan peralatan yang diservis	= Rp 25.802.270.000,00
Servis mesin dan peralatan	= (5 % x Rp 25.719.812.000,00) = Rp 1.290.135.000,00
Jadi total biaya depresiasi, perawatan dan servis mesin dan peralatan adalah	
	= Rp 2.584.581.200,00 + Rp 1.292.290.600,00 + Rp 55.750,00 + Rp 1.290.135.000,00 = Rp 5.167.062.550,00

7.2. Biaya Bahan-Bahan Pengemas

7.2.1. Inner Bag

Ukuran pengemas	= 54 cm x 88 cm
Tebal kemasan	= 0,40 mm
Bahan	= plastik <i>polyethylene</i>
Kapasitas produksi/hari	= 2.000 ku/hari \approx 200.000 kg/hari
Jumlah kebutuhan kemasan inner bag	= $\frac{200.000}{50} = 4.000$ lembar/hari
Harga inner bag per lembar	= Rp 400,00
Biaya kemasan inner bag per hari	= Rp 1.600.000,00
Biaya kemasan inner bag per bulan	= Rp 1.600.000,00 x 30 hari kerja

= Rp 48.000.000,00

Biaya kemasan *inner bag* per 6 bulan = Rp 288.000.000,00

7.2.2. Karung Plastik

Ukuran pengemas = 56 cm x 90 cm

Tebal Kemasan = 0,70 mm

Bahan = plastik *polypropylene*

Kapasitas produksi/hari = 2.000 ku/hari \approx 200.000 kg/hari

Jumlah kebutuhan karung plastik = $\frac{200.000}{50} = 4.000$ lembar/hari

Harga karung plastik per lembar = Rp 800,00

Biaya karung plastik per hari = Rp 3.200.000,00

Biaya karung plastik per bulan = Rp 3.200.000,00 x 30 hari kerja

= Rp 96.000.000,00

Biaya karung plastik per 6 bulan = Rp 576.000.000,00

7.2.3. Benang Jahit Plastik

Tebal = 0,20 mm

Bahan = plastik *polyethylene*

Jumlah benang jahit yang dibutuhkan = 4 *conus*

Harga per *conus* = Rp 2.000,00

Biaya benang jahit plastik per hari = Rp 8.000,00

Biaya benang jahit plastik per bulan = Rp 8.000,00 x 30 hari kerja

= Rp 240.000,00

Biaya benang jahit plastik per 6 bulan = Rp 1.440.000,00

Jadi total biaya bahan-bahan pengemas 6 bulan adalah :

= Rp 288.000.000,00 + Rp 576.000.000,00 + Rp 1.440.000,00

= Rp 865.440.000,00

7.3. Biaya Utilitas

7.3.1. Air

Jumlah air yang dibutuhkan untuk unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan adalah 17,94 m³/bulan. Tarif air industri per m³ berdasarkan data dari PDAM Sidoarjo (Januari 2012) adalah :

Pemakaian air 0-10 m³ = Rp 4.500,00

Pemakaian air 11-20 m³ = Rp 6.500,00

Pemakaian air > 21 m³ = Rp 8.000,00

Biaya pembelian air/bulan :

$$\begin{aligned} &= (10 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 4.500,00) + (7,94 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 6.500,00) \\ &= \text{Rp } 96.610,00 \end{aligned}$$

Biaya retribusi air/bulan = Rp 75.000,00

Biaya pemeliharaan meter air/bulan = Rp 7.500,00

Total biaya pembelian air/bulan :

$$\begin{aligned} &= \text{Rp } 96.610,00 + \text{Rp } 75.000,00 + \text{Rp } 7.500,00 \\ &= \text{Rp } 179.110,00 \end{aligned}$$

Kebutuhan air karyawan unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan adalah 36,8 L/hari \approx 1.104 L/bulan.

1 galon air isi ulang = 19 L

Biaya 1 galon air isi ulang = Rp 3.500,00

Jumlah galon yang dibutuhkan untuk kebutuhan air minum karyawan per

$$\text{bulan} = \frac{1.104 \text{ L}}{19 \text{ L}} = 58,11 \approx 59 \text{ galon}$$

Biaya yang dibutuhkan untuk kebutuhan air minum karyawan per bulan :

$$= 59 \text{ galon} \times \text{Rp } 3.500,00$$

$$= \text{Rp } 206.500,00$$

Total biaya kebutuhan air per bulan :

$$= \text{Rp } 179.110,00 + \text{Rp } 206.500,00$$

= Rp 385.610,00

Total biaya kebutuhan air per tahun:

= Rp 4.627.320,00

7.3.2. Listrik

Total daya listrik yang dibutuhkan untuk unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan sebesar 26.611,535 kWh/bulan. Beban yang diambil dari PLN sebesar 220 kWh. Tarif listrik untuk industri menurut PLN daerah Sidoarjo (Oktober 2012) adalah :

Biaya beban /kWh /bulan = Rp 40.500,00

Biaya pemakaian /kWh = Rp 567,00

Biaya tarif puncak/kWh = Rp 965,00

Biaya beban /bulan = Rp 40.500,00 x 220 KVA
= Rp 8.910.000,00

Biaya beban /tahun = Rp 106.920.000,00

Biaya pemakaian /bulan = 240.211,536 kWh x Rp 567,00
= Rp 136.199.940,9

Biaya pemakaian /tahun =Rp 1.634.399.291,00

Biaya tarif puncak /tahun = Rp 965,00 x 1.300 kWh
= Rp 1.254.500,00

Total biaya pemakaian listrik /tahun

= Rp 106.920.000,00 + Rp 1.634.399.291,00 + Rp 1.254.500,00

= Rp 1.742.573.791,00

7.3.3. Bahan Bakar (Solar)

Jumlah pemakaian solar = 7.545,3236 L/bulan

Harga solar per liter = Rp 9.840,00 per L (Sumber: Pertamina, Solar Industri, Maret 2012)

Biaya pemakaian solar per bulan = 7.545,3236 L x Rp 9.840,00
= Rp 74.245.984,22

Biaya pemakaian solar per tahun = Rp 74.245.984,22 x 12 bulan
 = Rp 890.951.811,00

Jadi total biaya utilitas per 12 bulan adalah :

= Rp 4.627.320,00 + Rp 1.742.573.791,00 + Rp Rp 890.951.811,00
 = Rp 2.637.792.922,00

7.4. Biaya Gaji Karyawan

Perhitungan biaya gaji karyawan per bulan pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2. Perhitungan Biaya Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Total (Rp)
1.	Kepala Bagian Unit Sentrifugasi	1	4.000.000	4.000.000
2.	Kepala Bagian Unit Pengemasan	1	4.000.000	4.000.000
3.	Kepala Bagian Unit Penggudangan	1	4.000.000	4.000.000
4.	Karyawan Unit Sentrifugasi	1	1.850.000	1.850.000
5.	Karyawan Unit Pengemasan	2	1.850.000	3.700.000
6.	Karyawan Unit Penggudangan	1	1.850.000	1.850.000
7.	Kuli Angkut	9	1.350.000	12.150.000
Total				31.550.000

Sumber: UMR Sidoarjo, September 2012

Total gaji karyawan unit pengemasan dan penggudangan per 12 bulan

= Rp 31.550.000,00 x 12 bulan

= Rp 378.600.000,00

7.4. Total Biaya Unit Sentrifugasi, Pengemasan dan Penggudangan

1. Biaya depresiasi, perawatan dan servis peralatan	= Rp 5.167.062.550,00
2. Biaya bahan-bahan pengemas	= Rp 865.440.000,00
3. Biaya utilitas	= Rp 2.637.792.922,00
4. Biaya gaji karyawan	= Rp 378.600.000,00
<hr/>	
Total biaya	= Rp 9.048.895.472,00 +

7.4. Biaya Unit Sentrifugasi, Pengemasan dan Penggudangan Gula per Kemasan

Kapasitas produksi per hari = 3.998 karung plastik
 Kapasitas produksi per 180 hari = 719.640 karung plastik
 Biaya unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan per karung plastik adalah :

$$= \frac{\text{Rp } 9.048.895.472,00}{719.640} = \text{Rp } 12.575,00$$

Harga jual gula per karung plastik = Rp 450.000,00

Presentase biaya unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan per karung plastik terhadap harga jual adalah :

$$= \frac{\text{Rp } 12.575,00}{\text{Rp } 450.000,00} \times 100 \%$$

$$= 2,79 \%$$

BAB VIII PEMBAHASAN

Unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan sangat diperlukan untuk mendukung kelancaran proses produksi gula tebu SHS 1A. Sentrifugasi merupakan faktor penting karena bertujuan untuk memisahkan kristal gula dari sirup atau tetes dengan cara sentrifugasi. Pengemasan merupakan faktor penting karena akan menentukan umur simpan dan nilai jual produk. Penggudangan juga berkaitan dengan penyimpanan produk sebelum didistribusikan. Perencanaan unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan gula tebu SHS 1A dengan kapasitas 2.000 kuintal per hari perlu dievaluasi agar proses sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan dapat berjalan dengan baik dan lancar. Evaluasi yang dilakukan dapat ditinjau dari dua aspek yaitu aspek teknis dan ekonomis.

8.1. Aspek Teknis

Aspek teknis dalam unit sentrifugasi berupa pemilihan jenis mesin sentrifugasi. Proses sentrifugasi yang terdapat pada pabrik gula tebu SHS 1A menggunakan dua jenis mesin yaitu *Low Grade Fugal* dan *High Grade Fugal*. Mesin sentrifugasi *Low Grade Fugal* digunakan untuk memisahkan kristal gula D dan C dengan sirup (*stroop*) atau tetes. *Low Grade Fugal Machine* dipilih karena beroperasi secara kontinyu dan manual untuk memisahkan kristal gula D dan C dari sirup atau tetes. Mesin *Low Grade Fugal* cocok untuk masakan D dan C karena masakan tersebut memiliki kandungan sirup (*stroop*) yang masih tinggi sehingga perlu diputar secara kontinyu dan manual untuk mencapai efektifitas dan efisiensi proses pemisahan. *High Grade Fugal Machine* digunakan untuk memisahkan

kristal gula A dan SHS dengan sirup (*stroop*). Mesin sentrifugasi *High Grade Fugal* dipilih karena beroperasi secara otomatis dan diskontinyu untuk memisahkan kristal gula A dan SHS dengan sirup (*stroop*). Mesin *High Grade Fugal* cocok untuk masakan A dan SHS karena masakan tersebut memiliki kandungan sirup (*stroop*) yang rendah sehingga dapat diputar secara otomatis dan diskontinyu untuk mencapai efektifitas dan efisiensi proses pemisahan.

Aspek teknis dalam unit pengemasan berupa pemilihan jenis bahan pengemas. Gula tebu SHS 1A dikemas dengan menggunakan kemasan fleksibel sebagai kemasan primer seperti kemasan *inner bag* yang terbuat dari *High Density Polyethylene* (HDPE). Kemasan HDPE tersusun atas polimer yang tidak bercabang atau sering disebut struktur kristalin. Sifat plastik HDPE adalah lebih kuat, lebih kaku, daya regang lebih rendah dan sifat *barrier* terhadap uap air sangat tinggi. Kemasan *inner bag* HDPE memiliki ketebalan 0,04 mm. Pengemas primer *inner bag* HDPE dipilih karena *permeabilitas* terhadap uap air sangat rendah dapat melindungi produk dari uap air. Kemasan sekunder yang digunakan untuk mengemas gula tebu SHS 1A adalah karung plastik (*Woven Bag*) yang terbuat dari *polypropylene*. Kemasan *Polypropylene Woven Bag* memiliki ketebalan 0,07 mm. *Polypropylene Woven Bag* terdiri atas:

1. *Sealent layer* yang berfungsi sebagai lapisan untuk melindungi *printed layer* supaya tidak mudah tergores dan tidak bersifat toksik bagi konsumen. *Sealent layer* yang terdapat pada *Polypropylene Woven Bag* adalah *Casted Polypropylene* (CPP).
2. *Printed layer* yang berfungsi sebagai lapisan untuk mencetak desain kemasan sesuai yang diinginkan dan mudah menyerap tinta. *Printed layer* yang terdapat pada *Polypropylene Woven Bag* adalah *Oriented Polypropylene* (OPP).

3. *Barrier layer* yang berfungsi sebagai lapisan untuk melindungi produk dari uap air dan gas. *Barrier layer* yang terdapat pada *Polypropylene Woven Bag* adalah aluminium foil.

Aspek teknis dalam unit penggudangan berupa konstruksi bangunan gudang, kondisi gudang dan sistem penggudangan. Konstruksi bangunan pada pabrik gula tebu SHS 1A terdiri atas :

1. Pondasi besi beton

Pondasi besi beton merupakan pondasi yang banyak digunakan untuk membangun gudang dan bangunan lainnya. Besi beton memiliki kekokohan dan ketahanan yang cukup lama sebagai pondasi sehingga baik untuk pendirian bangunan gudang.

2. Struktur bangunan beton bertulang baja

Baja digunakan sebagai struktur utama dan pelindung dalam beton tulang. Penggunaan beton saja sebagai struktur bangunan kurang begitu menguntungkan karena daya tahannya terhadap gaya tarik dan tekanan kurang besar sehingga digunakan beton bertulang baja yang memiliki daya tahan besar terhadap gaya tarik dan tekanan.

3. Dinding batu bata

Batu bata yang digunakan adalah jenis batu bata yang berlubang kecil-kecil ditengahnya (*hollow brick*) sehingga dapat memperingan berat dinding dan menambah daya tahan terhadap isolasi iklim.

4. Lantai beton cor

Lantai gudang dibuat dari beton cor agar kokoh dan tahan lebih lama. Semen digunakan dalam beton cor sebagai perekat dan agar permukaan menjadi rata.

5. Atap *galvalume*

Atap *galvalume* terbuat dari 55 % aluminium dan 45 % seng sehingga ketahannya terhadap korosi dari luar sangat tinggi dan mampu menolak panas matahari sehingga suhu di dalam gudang menjadi tidak terlalu panas.

6. Ventilasi udara

Ventilasi udara berfungsi untuk mengatur sirkulasi udara didalam gudang sehingga membantu mencegah kelembaban berlebih di dalam gudang. Ventilasi udara yang terdapat pada gudang berada didinding dilengkapi kasa berkawat untuk menghindari adanya serangga maupun burung yang dapat masuk ke dalam gudang.

Kondisi gudang produk gula tebu SHS 1A harus di jaga agar selalu bersih, kering dan terang agar mencegah kerusakan produk selama proses penyimpanan. Usaha yang dilakukan untuk menjaga kondisi gudang adalah sebagai berikut :

1. Pintu dan ventilasi yang cukup agar kelancaran perpindahan produk dan sirkulasi udara dapat diatur dan tetap terjaga.
2. Gudang dikondisikan bersuhu 30⁰C dengan kelembaban udara \pm 55 %.
3. Pemasangan thermometer dan hygrometer di dalam gudang untuk mengontrol suhu dan kelembaban.
4. Pembersihan gudang dilakukan secara kering (disapu) setiap hari dan *wet cleaning* dilakukan pada saat gudang kosong yakni ketika masa tidak giling tebu.
5. Langit-langit pada atap gudang dibersihkan seminggu sekali agar bersih dari sarang laba-laba.
6. Lampu penerang digunakan untuk menerangi gudang
7. Pengendalian terhadap hama dan serangga dengan menggunakan insektisida dan rodentisida

8. Penggunaan feromoid di area yang jauh dari gudang untuk mencegah semut agar tidak berdatangan ke dalam gudang produk.
9. Pengendalian semut dengan cara menyusun lapisan lantai gudang produk menjadi empat lapis susunan yaitu lapisan paling bawah adalah beton cor dengan tebal 30 cm setelah itu diberi lapisan kedua berupa pasir yang telah digoreng sebelumnya (agar kadar air pasir menjadi 0,02) setebal 10 cm dan lapisan kedua berupa palet serta lapisan terakhir berupa terpal.

Sistem penggudangan yang dilakukan bertujuan agar arus keluar masuknya barang menjadi lancar sehingga kerusakan dapat dikurangi selain itu pengaturan gudang akan memudahkan pembersihan gudang serta pemanfaatan gudang menjadi lebih maksimal. Sistem penggudangan adalah sebagai berikut :

1. Karyawan penggudangan mencatat jumlah produk jadi yang telah dikemas dengan pengemas sekunder (karung plastik).
2. Produk jadi yang masuk ke dalam gudang diberi identitas pada kemasan sekundernya.
3. Produk jadi ditumpuk diatas palet berukuran 1.550 mm x 1.800 mm x 200 mm.
4. Produk jadi ditumpuk dan diangkat dengan menggunakan *forklift*.
5. Jarak antar satu baris palet adalah 2 m untuk memberi ruang gerak yang cukup bagi pekerja dalam menggerakkan *forklift*.
6. Produk jadi disusun diatas palet dengan ketinggian maksimal 20 tumpukan karung plastik.
7. Setiap 10 tumpuk karung plastik akan diberi satu buah palet untuk memudahkan pengambilan dengan *forklift*.

8. Produk jadi yang keluar untuk dipasarkan dicatat dalam dokumen stok produk jadi dalam gudang (Lampiran C.2.)
9. Kecepatan arus barang dalam penggudangan menggunakan sistem arus "L" untuk mempermudah perpindahan gerakan produk jadi.

8.2. Aspek Ekonomis

Tinjauan unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan dari segi ekonomi menjadi perhitungan agar biaya sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan tidak membebani konsumen terlalu besar. Hasil perhitungan menunjukkan biaya unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan per karung plastik sebesar Rp 12.575,00. Harga tersebut memberikan presentase sebesar 2,79 % dari harga jual gula produk per karung plastik. Presentase biaya sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan masih dinilai wajar jika dibandingkan dengan referensi dari Peters dan Timmerhaus (1991) yang menyebutkan presentase biaya sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan terhadap harga jual maksimum adalah sebesar 5 % agar tidak membebani konsumen terlalu berat.

BAB IX KESIMPULAN

1. Perencanaan unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan pabrik gula tebu SHS 1A layak secara teknis dengan alasan sebagai berikut:
 - a. Proses sentrifugasi menggunakan dua jenis mesin yaitu *Low Grade Fugal* dan *High Grade Fugal*.
 - b. Prosedur pengemasan yang direncanakan efektif dan efisien.
 - c. Pengemas yang digunakan adalah pengemas *inner bag* HDPE dan *Polypropylene Woven Bag*.
 - d. Konstruksi bangunan terdiri atas pondasi besi beton, struktur bangunan beton bertulang baja, dinding batu bata, lantai beton cor, atap *galvalume* dan ventilasi udara.
 - e. Kondisi gudang yang bersih, kering, bebas hama, suhu dan kelembaban yang terjaga, serta mempunyai sirkulasi udara yang baik sehingga menjamin keberhasilan penyimpanan gula tebu SHS 1A.
 - f. Penggunaan sistem “Arus L” membuat pengaturan arus barang menjadi lebih sistematis dimana barang yang pertama masuk akan keluar lebih dulu (*First In First Out*).
2. Biaya unit sentrifugasi, pengemasan dan penggudangan gula produk per karung plastik sebesar Rp 12.575,00 dengan presentase terhadap harga jual sebesar 2,79 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. 2012. *Tangki Solar*. http://www.alibaba.com/product-gs/476345729/diesel_storage_tank.html. (3 Oktober 2012).
- Anonym. 2012. *Sugar Engineers: Spesific Heat Capacity of Crystal Sugar*. <http://www.sugartech.co.za/heatcapacity/index.php> (28 Oktober 2012).
- Agroindonesia. 2011. *Produksi Gula*. <http://agroindonesia.co.id>.(14 Agustus 2012).
- Astawan, M. 2008. *Kemasan: Pengaman dan Pengawet Makanan*. <http://cybermed.cbn.net.id/cbprtl/cybermed/detail.aspx?x=Nutrition&y=cybershopping0|0|6|474> (17 Juli 2012).
- Bardan, T. 2004. *Belajar Merancang Pabrik Kimia II*. http://www.chem-istry.org/artikel_kimia (25 Oktober 2012).
- Bintang Teknik. 2012. *Lorry*. <http://bintangteknik.indonetwork.co.id/163860/> (29 Oktober 2012).
- Broadbent. 2012. *Low Grade Fugal Machine*. <http://www.broadbent.co.uk/en/sugar-products-highgradecontinuous> (29 Oktober 2012).
- Brown, W.E. 1992. *Plastic in Food Packaging*. USA:Marcell Dekker, Inc.
- Cahaya Palletindo Jaya. 2012. *Pallet Kayu*. <http://bintangteknik.indonetwork.co.id/878974/> (29 Oktober 2012).
- Cakti. 2012. *Pengolahan Tebu*. http://cakti-pengolahangulatebu.blogspot.com/2012/04/vbehaviorurldefaultvml0_09.html (23 Oktober 2012).
- Candi Baru. 2012. <http://www.candibaru.com>.(1 September 2012).
- Chen dan Chou. 1993. *Sugar Cane Handbook*. Taiwan: DDS Automatic Press.
- CV. Cipta Manunggal Persada. 2012. *Forklift*. [http:// CV. Cipta Manunggal Persada.com/2012/forklift/html](http://CV.CiptaManunggalPersada.com/2012/forklift/html) (20 Desember 2012).

- Deperindag. 2010. *Standar Mutu Gula Kristal (SNI 3140.3-2010)*. Jakarta: Departemen Perindustrian RI.
- Engineering Toolbox. 2010. *Fuels-Higher Calorific Values*. <http://www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d169.html> (5 November 2012).
- Hafsah, M.J. 2002. *Bisnis Gula di Indonesia*. Jakarta: Penerbit Pustaka Sinar Harapan.
- Heldman, R and Singh P. 1981. *Intriduction to Food Engineering 3rd Edition*. USA: Academic Press.
- Hermas, P. 2012. *Kebutuhan Gula Nasional*. <http://ditjenbun.deptan.go.id> (20 Juni 2012).
- Indosawagri. 2012. *Talang Getar*. <http://www.indosawagri.com/talanggetar.html> (22 Oktober 2012).
- Indosawagri. 2012. *Sugar Weighting and Bagging Machine*. <http://www.indosawagri.com/Weighing%20&%20Bagging.html> (22 Oktober 2012).
- Indriyani, Y.H. dan E.Sumiarsih. 1992. *Pembudidayaan Tebu di Lahan Sawah dan Tegalan*. Jakarta: Penerbit Swadaya.
- Kuswandi. 2000. *Pengapuran Tanah Pertanian*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Kuswurj, R. 2009. *Sugar Cane Processing and Techonolgy*. www.Risvank.com (16 Oktober 2012).
- Kuswurj, R. 2012. *Faktor yang Mempengaruhi Penurunan Gula Kristal*. www.Risvank.com (21 Oktober 2012).
- Kuswurj, R. 2012. *Pemurnian Nira di Pabrik Gula*. <http://www.risvank.com/2011/12/22/pemurnian-nira-di-pabrik-gula/> (11 November 2012).
- Mizran, E. 2005. Industri Tebu Menuju Zero Waste Industry, *Jurnal Teknologi Proses*. 4(2):6-10.
- Muchtadi, T.R. 1989. *Teknologi Proses Pengolahan Pangan*. Bogor: PAU IPB.

- Perry, R.H. dan D.W. Green. 1973. *Perry's Chemical Engineers Handbook 3rd Edition*. New York: Mc Graw Hill Book Co.
- Perry, R.H. dan C.H. Chilton. 1984. *Chemical Engineers Handbook 3rd Edition*. New York: Mc Graw Hill Book Co.
- Peters dan Timmerhaus. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 4th Edition*. New York: Mc Graw Hill Book Co.
- Pirous, AD. 2007. *Desain Grafis pada Kemasan*. <http://desaingrafisindonesia.wordpress.com/2007/06/25/desain-grafis-pada-kemasan/> (3 Juli 2012).
- Profil Tank. 2012. *Tandon Air Stainless Steel*. <http://www.tandonair.com> (15 Oktober 2012).
- Rickwood, D. 1984. *Centrifugation A Practical Approach*. Washington DC: IRLPress.
- Rock and Dirt. 2012. *Caterpillar*. <http://www.rockanddirt.com/equipment-mfg-for-sale/CATERPILLAR/1000%20KW> (15 Oktober 2012).
- Susanto, T. dan N. Sucipta. 1994. *Teknologi Pengemasan Bahan Pangan*. Blitar: CV. Family.
- Suyitno. 1990. *Bahan-Bahan Pengemas*. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi, Universitas Gajah Mada.
- Syarief, R. 1989. *Teknologi Pengemasan Pangan*. Bogor: PAU, IPB.
- Syarief, R. dan H. Hariyadi. 1993. *Teknologi Penyimpanan Pangan*. Jakarta : PT. Arcan.
- Tirto Lancar. 2012. *Pompa*. <http://www.tirtolancarservice.blogspot.com> (24 Oktober 2012).
- Warman, J. 1971. *Manajemen Pergudangan*. Jakarta: Penerbit Sinar Harapan.
- Western. 2012. *High Grade Fugal Machine*. <http://www.westernstates.com/pages/content/batchcentrifugals.html> (24 Oktober 2012).
- Widiyoutomo.1983. Sarana Transportasi Tebu, *Majalah Gula Indonesia*. 9 (3).
- Winarno,F.G. dan Surono. 2002. *GMP Cara Pengolahan Pangan yang Baik*. Bogor: M-Brio Press.

Zaidi, H.P., M. Azrai dan K. Pixley. 2008. *Proceeding of 10th Asian Regional Maize Workshop*. Mexico: CIMMYT.

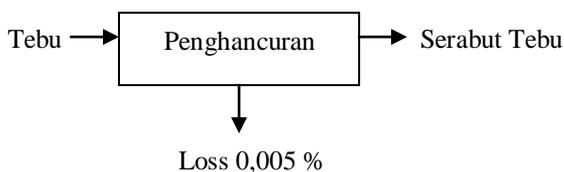
LAMPIRAN A NERACA MASSA

Satuan perhitungan massa : kuintal (ku)

Satuan perhitungan waktu : hari

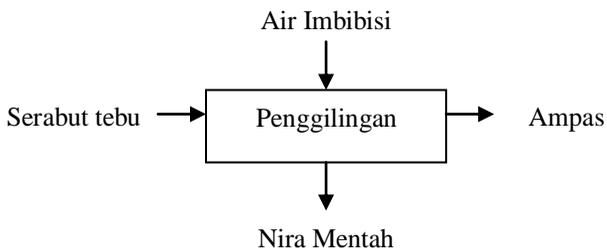
Operasi pabrik : 185 hari/tahun, 24 jam/hari

1. Penghancuran



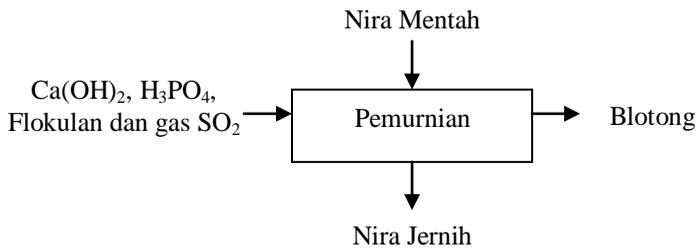
Masuk	ku	Keluar	ku
Tebu	25.000	Serabut Tebu = 99,995 % X 25.000	24.998,7500
		Loss = 0,005 % X 25.000	1,2500
Total	25.000	Total	25.000

2. Penggilingan



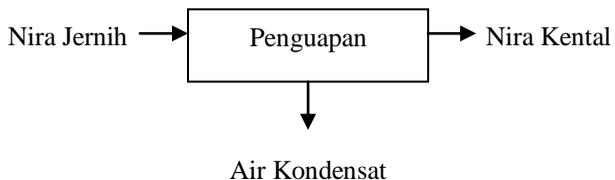
Masuk	ku	Keluar	ku
Serabut Tebu	24.998,7500	Ampas = 34 % X 24.998,75	8.499,5750
Air Imbibisi = 30 % X 25.000	7.499,6250	Nira Mentah = 96 % X 24.998,75	23.998,8000
Total	32.498,3750	Total	32.498,3750

3. Pemurnian



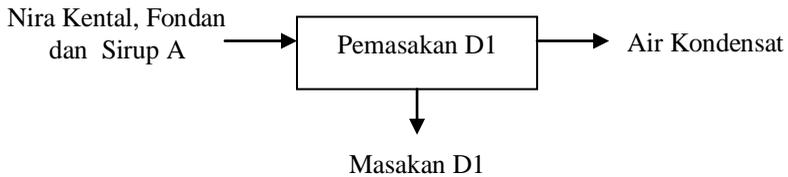
Masuk	ku	Keluar	ku
Nira Mentah	23.998,80	Blotong = 3,2 % X 25.000	800,0000
Ca(OH) ₂ =0,0917 % X 23.998,80	21,9997	Nira Jernih	23.231,7912
H ₃ PO ₄ =0,0092 % X 23.998,80	2,2079		
gas SO ₂ =0,0363 % X 23.998,80	8,7116		
Flokulan =0,0003 % X 23.998,80	0,0720		
Total	24.031,7912	Total	24.031,7912

4. Penguapan



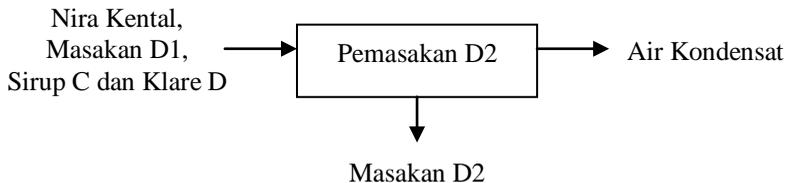
Masuk	ku	Keluar	ku
Nira Jernih	23.231,7912	Nira Kental = 27 % X 25.000 Air Kondensat	6.750,0000 16.481,7912
Total	23.231,7912	Total	23.231,7912

5. Pemasakan D1



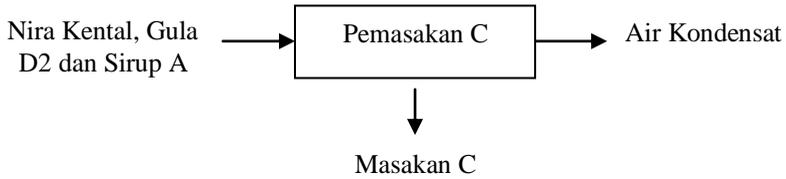
Masuk	ku	Keluar	ku
Nira Kental Fondan Sirup A	1.409,9980 0,0020 300,0000	Air Kondensat = 15 % X 1.710 Masakan D1 =85 % X 1.710	256,5000 1.453,5000
Total	1.710	Total	1.710

6. Pemasakan D2



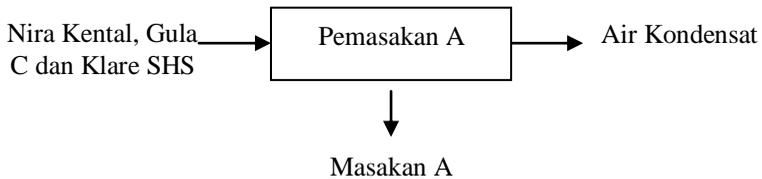
Masuk	ku	Keluar	ku
Masakan D1 Nira Kental Sirup C Klare D	1.453,5000 1024,5000 459,0000 593,0000	Air Kondensat = 15 % X 3.530 Masakan D2 =85 % X 3.530	530,0000 3.000,0000
Total	3.530	Total	3.530

7. Pemasakan C



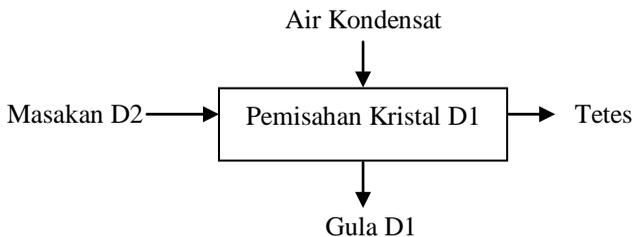
Masuk	ku	Keluar	ku
Nira Kental	1.528	Air Kondensat	
Gula D2	800	= 15 % X 2.648	398
Sirup A	320	Masakan C	
		=85 % X 2.648	2.250
Total	2.648	Total	2.648

8. Pemasakan A



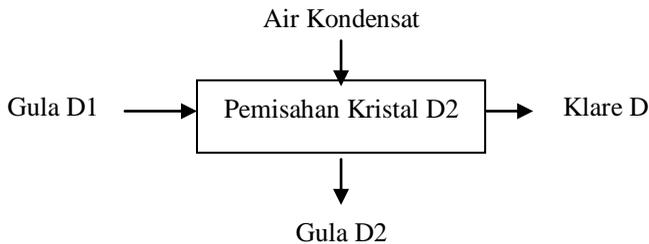
Masuk	ku	Keluar	ku
Nira Kental	2.284,7159	Air Kondensat	
Gula C	800,0000	= 15 % X 3.634,7159	545,0000
Klare SHS	550,0000	Masakan A	
		=85 % X 3.634,7159	3089,5085
Total	3.634,7159	Total	3.634,7159

9. Pemisahan Kristal D



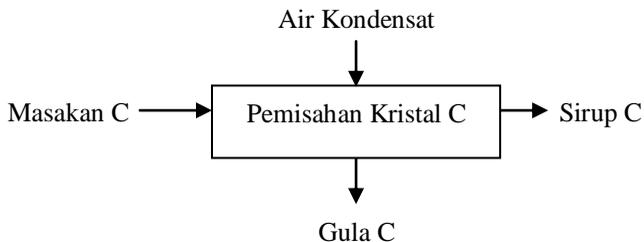
Masuk	ku	Keluar	ku
Masakan D2	3.000	Tetes	
Air Kondensat		=5 % X 3.060	153
=2 % X 3.000	60	Gula D1	2907
Total	3.060	Total	3.060

10. Pemisahan Kristal D2



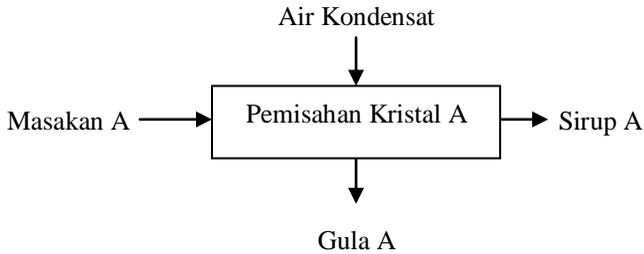
Masuk	ku	Keluar	ku
Gula D1	2.907,0000	Klare D	
Air Kondensat		=20 % X 2.965,1400	593,0280
=2 % X 2.907	58,1400	Gula D2	2.372,1120
Total	2.965,1400	Total	2.965,1400

11. Pemisahan Kristal C



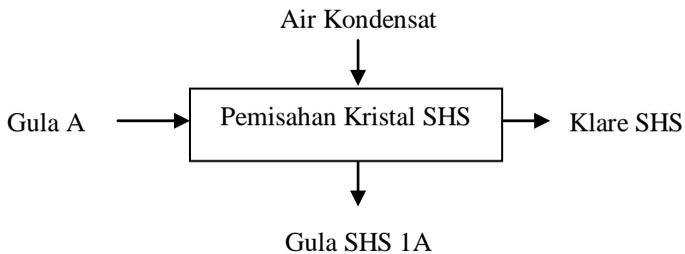
Masuk	ku	Keluar	ku
Masakan C	2.250	Sirup C	
Air Kondensat		=20 % X 2.295	459
=2 % X 2.250	45	Gula C	1836
Total	2.295	Total	2.295

12. Pemisahan Kristal A



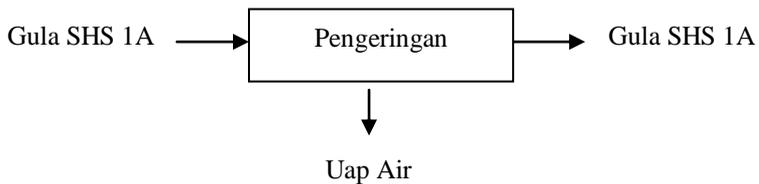
Masuk	ku	Keluar	ku
Masakan A	3089,5085	Sirup A	
Air Kondensat $=2\% \times 3089,5085$	61,7902	$=20,5882\% \times 3.151,2987$	648,7968
Total	3.151,2987	Gula A	2.502,5019
		Total	3.151,2987

13. Pemisahan Kristal SHS



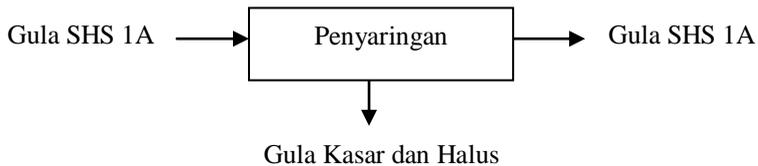
Masuk	ku	Keluar	ku
Gula A	2.502,5019	Klare SHS	
Air Kondensat $=2\% \times 2.502,5019$	50,0500	$=21,5686\% \times 2.552,5519$	550,5504
Total	2.552,5519	Gula SHS 1A	2.002,0015
		Total	2.552,5519

14. Pengeringan



Masuk	ku	Keluar	ku
Gula SHS 1A	2.002,0015	Gula SHS 1A = 99,95 % X 2002,0015 Uap Air = 0,05 % X 2002,0015	2.001,0005 1,0010
Total	2.002,0015	Total	2.002,0015

15. Penyaringan



Masuk	ku	Keluar	ku
Gula SHS 1A	2.001,0005	Gula SHS 1A = 99,95 % X 2001,0005 Uap Air = 0,05 % X 2001,0005	2.000,0000 1,0005
Total	2.001,0005	Total	2.001,0005

16. Pengemasan Inner Bag

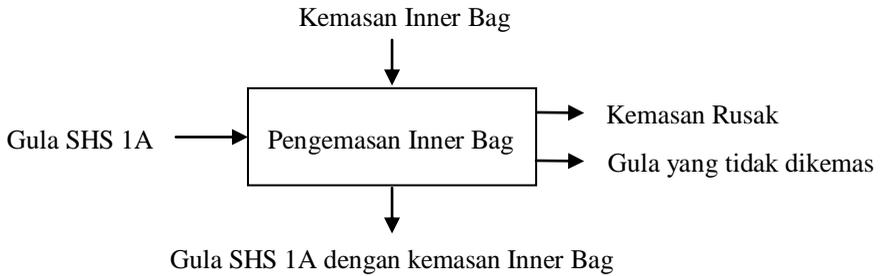
Kemasan = 50 kg

Kapasitas produksi/hari = 2.000 ku/hari \approx 200.000 kg/hari

Jumlah kebutuhan kemasan inner bag = $\frac{200.000}{50} = 4.000$ lembar/hari

Berat kemasan inner bag/lembar = 150 g \approx 0,1500 kg

Berat kemasan 4.000 lembar inner bag = 600 kg \approx 6 ku



Masuk	ku	Keluar	ku
Gula SHS 1A	2.000	Kemasan Rusak	
Kemasan Inner Bag	6	= 0,05 % X 40	0,02
		Gula yang tidak dikemas	1,00
		Gula SHS 1A dengan kemasan inner bag	2.004,98
Total	2.006	Total	2.006

17. Pengemasan Karung Plastik

Kemasan = 50 kg

Kapasitas produksi/hari = 2.000 ku/hari

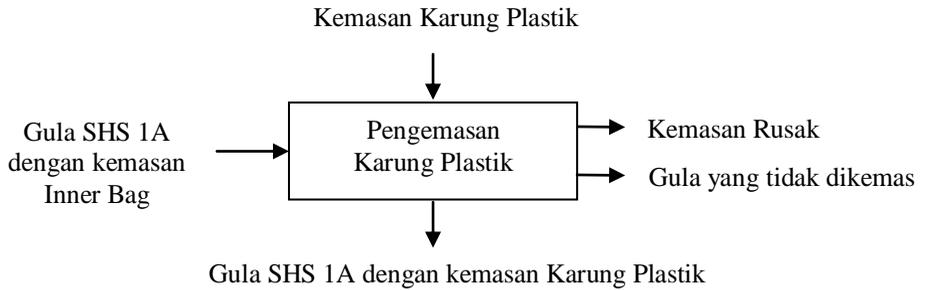
≈ 200.000 kg/hari

Jumlah kebutuhan kemasan karung plastik = $\frac{200.000}{50}$

= 4.000 lembar/hari

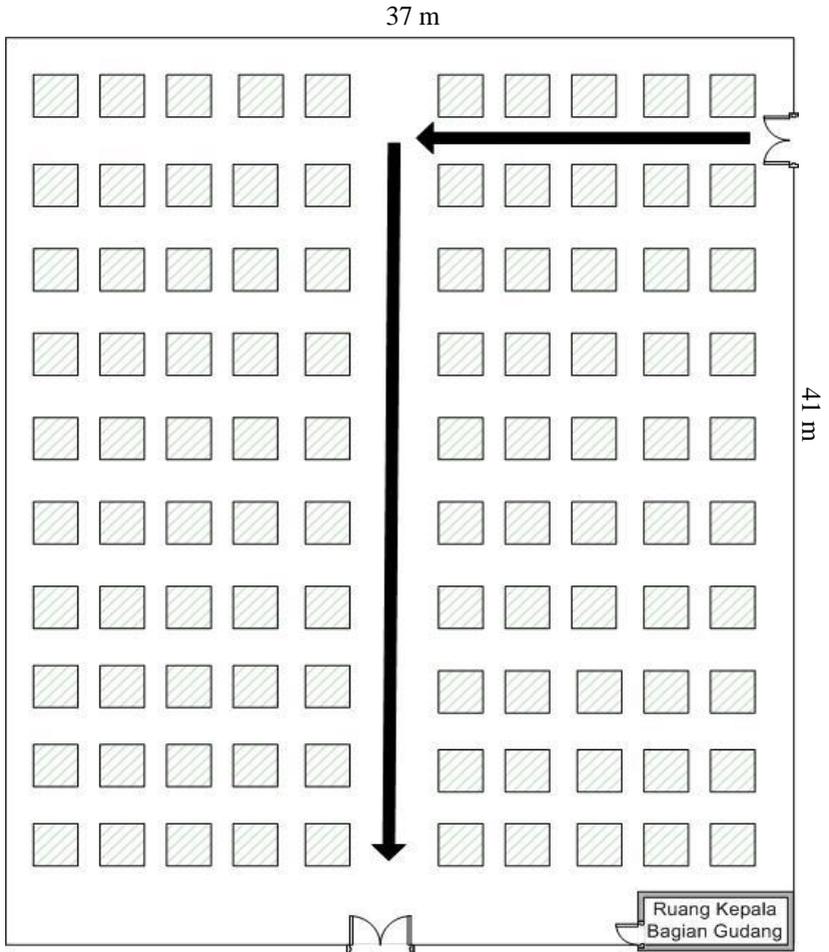
Berat kemasan karung plastik /lembar = 175 g ≈ 0,1750 kg

Berat kemasan 4.000 lembar karung plastik = 700 kg ≈ 7 ku



Masuk	ku	Keluar	ku
Gula SHS 1A dengan kemasan Inner Bag	2.004,98	Kemasan Rusak = 0,05 % X 40	0,02
Kemasan Karung Plastik	7,00	Gula yang tidak dikemas	1,00
		Gula SHS 1A dengan kemasan karung plastik	2.010,96
Total	2.011,98	Total	2.011,98

LAMPIRAN B
DENAH GUDANG PRODUK



Keterangan :

$$\begin{aligned}\text{Lebar gudang} &= (10 \text{ palet} \times 1.800 \text{ mm}) + (10 \text{ baris} \times 2.000 \text{ mm}) \\ &= 18.000 \text{ mm} + 20.000 \text{ mm} \\ &= 38.000 \text{ mm} \approx 38 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang gudang} &= (10 \text{ palet} \times 1.550 \text{ mm}) + (10 \text{ baris} \times 2.000 \text{ mm}) \\ &= 15.500 \text{ mm} + 20.000 \text{ mm} \\ &= 35.500 \text{ mm} \approx 35,5 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Luas Ruang Kepala Bagian Gudang} = 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \approx 12 \text{ m}^2$$

Sehingga lebar dan panjang gudang yang direncanakan adalah

41 m x 37 m

LAMPIRAN C
CONTOH DOKUMEN UNIT PENGGUDANGAN

C. 1. Contoh Dokumen Penerimaan Produk dari Unit Pengemasan ke Gudang Produk Jadi

Hari/Tanggal	Jam Masuk	Nama Barang	Jumlah	Petugas Unit Pengemasan	Petugas Gudang Produk

C. 2. Contoh Dokumen Stok Produk Jadi dalam Gudang

Produk : Gula Tebu SHS 1A

Hari/Tanggal	Barang Masuk		Barang Keluar	
	No. Surat Jalan	Jumlah	No. <i>Delivery Order</i>	Jumlah

C. 3. Contoh Dokumen dari Marketing ke Gudang Produk**MEMO**

Hari/Tanggal : No. Memo :
Waktu :
Kepada : Kepala Bagian Gudang

Mohon untuk mengeluarkan barang dan dikirim ke :

Tujuan Pengiriman :
Alamat Pengiriman :
Hari/Tanggal :
Jumlah Barang :

Kepala Bagian Gudang,

Marketing,

()

()

C. 4. Contoh Dokumen dari Perusahaan ke Marketing

Surat *Delivery Order* (DO)

No. DO :
Tanggal DO :
Tanggal Pengiriman :
Jumlah Barang yang dipesan :
Harga Barang yang dipesan :
Nomor Kendaraan Pengangkut Barang :
Sopir yang mengangkut Barang :

Penerima,

Kepala Bagian Gudang,

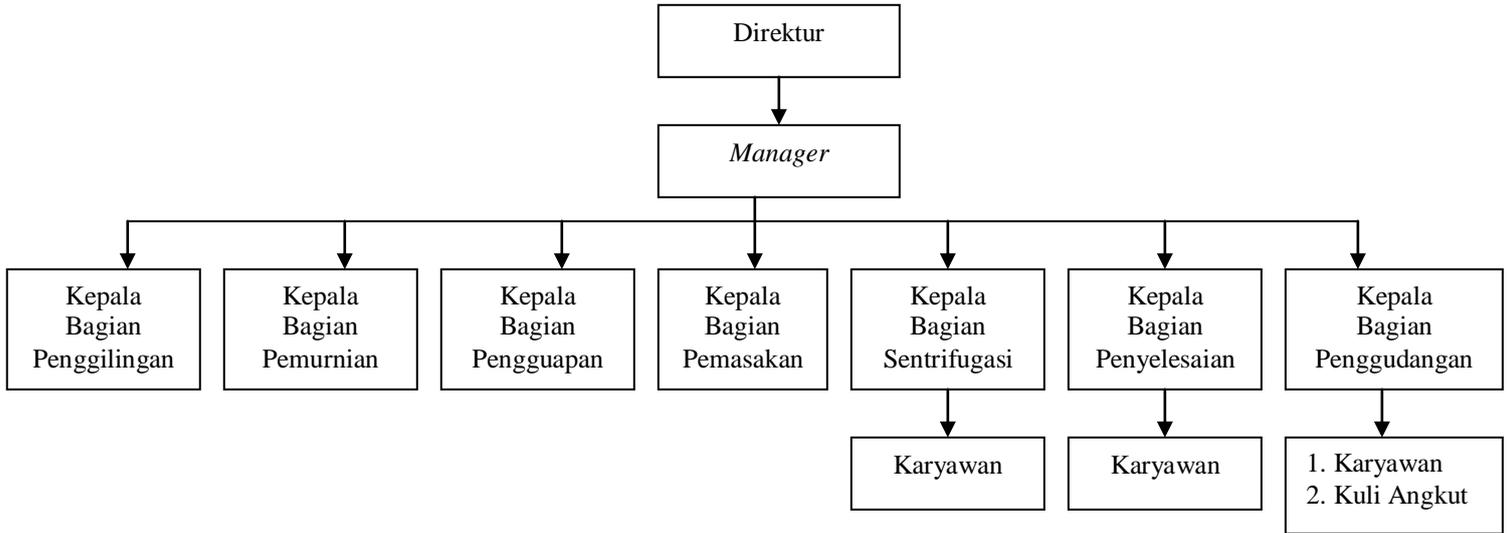
()

()

Mengetahui,
Manager,

()

LAMPIRAN D
STRUKTUR ORGANISASI



Pembagian tugas dan tanggung jawab karyawan adalah sebagai berikut :

1. Direktur

- a. Memimpin, merencanakan dan melakukan koordinasi tugas agar pelaksanaan operasional perusahaan berjalan secara teratur
- b. Mengendalikan pendapatan dan pengeluaran perusahaan
- c. Merencanakan dan mengembangkan sumber pendapatan perusahaan
- d. Memimpin rapat umum dan mengambil keputusan

2. Manager

- a. Mengadakan rapat kerja dan menetapkan rencana serta pelaksanaan kerja
- b. Mengontrol semua bidang dan menjelaskan masalah internal serta eksternal
- c. Mengkoordinir seluruh karyawan melalui kepala bagian masing-masing
- d. Bertanggung jawab atas ketepatan pelaksanaan teknis proses produksi

3. Kepala Bagian

- a. Memberi instruksi baik secara teknis kepada karyawan
- b. Membantu menyiapkan masing-masing stasiun agar proses pengolahan gula tebu menjadi optimum
- c. Mengawasi pelaksanaan proses pengolahan gula tebu

4. Karyawan

Membantu kepala bagian dalam melaksanakan proses pengolahan gula tebu

5. Kuli angkut

Mengangkut gula tebu yang telah dikemas ke dalam gudang produk

LAMPIRAN E

KUALIFIKASI TENAGA KERJA

1. Direktur
 - a. Laki-laki atau perempuan maksimal berusia 35 tahun
 - b. Minimal lulusan S1
 - c. Memiliki pengalaman kerja minimal 5 tahun
 - d. Bertanggungjawab dan mampu berkoordinasi dengan orang lain
 - e. Dapat mengambil keputusan penyelesaian terhadap masalah yang sedang dihadapi oleh perusahaan
2. *Manager*
 - a. Laki-laki atau perempuan maksimal berusia 35 tahun
 - b. Minimal lulusan S1
 - c. Memiliki pengalaman kerja minimal 3 tahun
 - d. Bertanggungjawab dan mampu berkoordinasi dengan orang lain
 - e. Dapat merencanakan kondisi internal dan eksternal perusahaan yang akan datang
 - f. Dapat membuat keputusan tentang arah dan tujuan serta proses produksi perusahaan
 - g. Dapat membagi wewenang dan tanggungjawab dari setiap bagian
3. Kepala Bagian
 - a. Laki-laki maksimal berusia 35 tahun
 - b. Minimal lulusan S1
 - c. Memiliki pengalaman kerja minimal 2 tahun
 - d. Mampu berkerja sama dengan orang lain
 - e. Memiliki ilmu pengetahuan mengenai mesin dan peralatan yang digunakan oleh perusahaan

- f. Mengatur waktu dan proses suatu produksi serta menghubungkan kinerja dari setiap bagian yang ada
 - g. Merealisasikan tujuan dan arah perusahaan ke operasi produksi sesuai dengan aturan perusahaan
4. Karyawan
- a. Laki-laki maksimal berusia 40 tahun
 - b. Minimal lulusan SMA
 - c. Mampu berkerja sama dengan orang lain
 - d. Memiliki keterampilan dalam mengoperasikan mesin dan peralatan
 - e. Dapat mengatasi masalah yang terjadi pada mesin dan peralatan
5. Kuli Angkut
- a. Laki-laki maksimal berusia 40 tahun
 - b. Minimal lulusan SMP
 - c. Mampu berkerja keras
 - d. Jujur

LAMPIRAN F
PERHITUNGAN KEBUTUHAN MESIN DAN PERALATAN

a. Kebutuhan *High Grade Fugal Machine*

Pemisahan Kristal A = 1 buah

Pemisahan Kristal SHS = 1 buah

b. Kebutuhan *Low Grade Fugal Machine*

Pemisahan Kristal D1 = 1 buah

Pemisahan Kristal D2 = 1 buah

Pemisahan Kristal C = 1 buah

c. Kebutuhan Palet Kayu

Ukuran palet = 1.550 mm x 1.800 mm x 200 mm

Satu palet dapat menampung 10 karung plastik gula serta disusun 2 karung plastik gula membujur dan 3 karung plastik melintang. Karung gula tersebut disusun dengan tinggi maksimal 20 sak karung. Gudang dirancang untuk 10 baris palet sehingga :

20 sak karung x 10 baris = 200 sak karung

Jika 1 hari = 3.998 kemasan karung plastik dan dilakukan penyimpanan untuk 5 hari kerja maka:

3.998 kemasan x 5 hari = 19.990 kemasan karung plastik

Kebutuhan palet kayu = $\frac{19.900}{200} = 99,95 \approx 100$ buah palet

LAMPIRAN G
PERHITUNGAN LAMA PEMAKAIAN MESIN SENTIFUGASI

a. *High Grade Fugal Machine*

Pada pemisahan kristal A :

Kapasitas mesin = 2.500 kg

Jumlah total bahan yang masuk = 3.151,2987 ku \approx 315.129,87 kg

1 kali pemakaian dengan kapasitas 2.500 kg = 10 menit, maka

$$\frac{315.129,87}{2.500} = 126,05 \approx 126 \text{ kali pemakaian}$$

Waktu yang dibutuhkan = 1260 menit \approx 21 jam

Pada pemisahan kristal SHS :

Kapasitas mesin = 2.500 kg

Jumlah total bahan yang masuk = 2.552,5519 ku \approx 255.255,19 kg

1 kali pemakaian dengan kapasitas 2.500 kg = 10 menit, maka

$$\frac{255.255,19}{2.500} = 102,10 \approx 102 \text{ kali pemakaian}$$

Waktu yang dibutuhkan = 1020 menit \approx 17 jam

b. *Low Grade Fugal Machine*

Pada pemisahan kristal D1 :

Kapasitas mesin = 2.500 kg

Jumlah total bahan yang masuk = 3.060 ku \approx 306.000 kg

1 kali pemakaian dengan kapasitas 2.500 kg = 10 menit, maka

$$\frac{306.000}{2.500} = 122,4 \approx 123 \text{ kali pemakaian}$$

Waktu yang dibutuhkan = 1230 menit \approx 20,5 jam

Pada pemisahan kristal D2 :

Kapasitas mesin = 2.500 kg

Jumlah total bahan yang masuk = 2.965,1400 ku \approx 296.514 kg

1 kali pemakaian dengan kapasitas 2.500 kg = 10 menit, maka

$$\frac{296.514}{2.500} = 118,60 \approx 119 \text{ kali pemakaian}$$

Waktu yang dibutuhkan = 1190 menit \approx 19,8 jam

Pada pemisahan kristal C :

Kapasitas mesin = 2.500 kg

Jumlah total bahan yang masuk = 2.295 ku \approx 229.500 kg

1 kali pemakaian dengan kapasitas 2.500 kg = 10 menit, maka

$$\frac{229.500}{2.500} = 91,80 \approx 92 \text{ kali pemakaian}$$

Waktu yang dibutuhkan = 920 menit \approx 15,3 jam