



BAB III PROSES PRODUKSI

III.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan Baku yang digunakan dalam proses produksi gula dibagi menjadi dua jenis, yaitu bahan baku utama dan bahan penunjang. Berikut merupakan bahan-bahan yang digunakan di PG. Kremboong.

III.1.1 Bahan Baku Utama

Tanaman tebu yang digunakan oleh PG. Kremboong berasal dari perkebunan tebu di daerah Prambon, Krembung, Porong, Mojosari, Pungging, Ngoro dan Bangsal. Tanaman tebu yang digunakan di PG Kremboong dikelompokkan menjadi 3 bagian, yaitu Tebu Sendiri (TS), Tebu Rakyat Kredit (TRK) dan Tebu Rakyat Mandiri (TRM). Tebu Sendiri (TS) merupakan tebu yang ditanam oleh pabrik sendiri dengan biaya sewa lahan dan semua biaya penanaman sampai penebangan tebu ditanggung oleh pabrik. Hasil dari penebangan tebu tersebut 100% milik pabrik. Tebu Rakyat Kredit (TRK) merupakan tebu yang ada hubungan atau ikatan kredit dengan industri. Petani mendapatkan kredit untuk mengelola lahan tersebut yang nantinya pihak petani berhak atas hasil yang diperoleh, tetapi tetap mengembalikan kredit yang diperolehnya dengan menggunakan sistem bagi hasil. Dalam hal ini apabila rendemen tinggi maka bagi hasil untuk petani lebih tinggi dan demikian sebaliknya. Sementara, Tebu Rakyat Mandiri (TRM) merupakan tebu yang dikelola oleh petani dan semua biaya penanaman dan perawatan tanaman ditanggung oleh petani dengan sistem bagi hasil yaitu 34% milik pabrik dan 66% milik petani.

Tebu yang dapat diterima adalah tebu yang memenuhi syarat mutu MBS yaitu Manis Bersih dan Segar. Syarat manis dapat ditentukan melalui umur tanaman tebu, dimana semakin tua umurnya maka kadar gulanya semakin tinggi. Syarat bersih dapat dilihat dari visualnya, dimana tidak ada kotoran pada tebu termasuk tanah yang menempel, sogolan (tunas kecil yang tidak manis), bonggol, daun, serta



akar. Sementara syarat segar dapat dilihat dari waktu sejak tanaman tebu ditebang hingga siap untuk digiling.

III.1.2 Bahan Baku Penunjang

Penggunaan bahan baku penunjang dalam proses pengolahan dimaksudkan agar hasil yang diperoleh maksimal. Penggunaan minor material dapat disubstitusikan. Jika bahan yang harus dipakai tidak ada, maka dapat diganti bahan pengganti lainnya yang sejenis.

Berikut ini merupakan bahan-bahan penunjang yang digunakan.

1. Asam Fosfat (H_3PO_4)

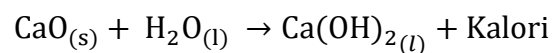
Bahan ini digunakan untuk menaikkan kadar fosfat dalam nira sehingga dapat dihasilkan air nira mentah yang jernih. Asam fosfat dapat mempermudah terbentuknya endapan kalsium fosfat pada proses permurnian.

2. Kapur Tohor (CaO)

Merupakan bahan baku yang digunakan untuk membuat susu kapur.

3. Susu Kapur [$Ca(OH)_2$]

Susu kapur memegang peranan yang sangat penting dalam pemurnian di pabrik gula, dimana bahan ini berfungsi untuk menaikkan kadar pH nira dan memurnikan kotoran yang terkandung dalam nira mentah sehingga diperoleh nira jernih yang kemudian akan diolah pada stasiun masakan. Berikut ini merupakan proses pembuatan susu kapur. Pertama, tangki yang sudah diisi dengan CaO kemudian ditambahkan dengan air panas. Hal ini dilakukan agar diperoleh tingkat dispersitas yang tinggi sehingga kapur menjadi lebih larut membentuk susu kapur. Reaksi yang terjadi adalah :



4. Padatan Belerang (S)

Padatan belerang merupakan bahan baku pembuatan gas belerang pada *Film type Sulphur Burner* (FSB) dan dapur belerang (*Sulphur Burner*) untuk proses sulfitasi nira mentah dan nira kental.



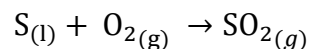
5. Gas Belerang (SO₂)

Gas belerang digunakan dalam proses sulfitasi pada unit pemurnian dan unit penguapan. Ada dua macam cara pembuatan SO₂ di PG Kremboong, yaitu :

a) *Film type Sulphur Burner*

Sistem FSB terdiri dari empat unit alat yang memiliki fungsi masing-masing, diantaranya adalah *melter*, *furnace*, *cooler* dan *continuous juice reactor*. *Melter* merupakan alat pertama yang berfungsi untuk meleburkan padatan-padatan belerang. Belerang padat dimasukkan ke cerobong yang diselubungi mantel berisi *steam* bersuhu ±200°C yang dihasilkan dari *boiler* sehingga dapat meleleh menjadi cairan belerang berwarna kekuning-kuningan.

Setelah dari *melter*, cairan belerang dialirkan menuju ke *furnace* dengan menggunakan pipa. Selanjutnya belerang cair tersebut dialiri udara kering bersuhu 450-550°C sehingga dapat bereaksi dengan O₂ dan membentuk gas SO₂. Reaksi yang terjadi adalah :

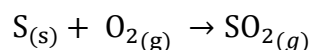


Kemudian, gas SO₂ yang panas akan dialirkan ke *cooler* untuk proses pendinginan. *Cooler* memiliki dua buah tangki dimana di dalam kedua tangki tersebut terdapat gas SO₂ dan di tengah tangki terdapat air yang berfungsi untuk mendinginkan gas SO₂ tersebut.

Setelah melewati tahap pendinginan, gas SO₂ akan dialirkan menuju ke reaktor. Di dalam reaktor ini terjadi proses pencampuran antara nira mentah, susu kapur dan gas SO₂.

b) *Dapur Belerang (Sulphur Burner)*

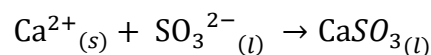
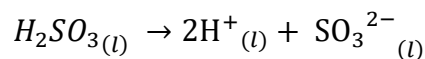
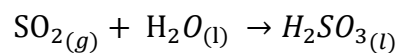
Sama halnya seperti pada sistem FSB, bahan baku yang digunakan adalah belerang dalam bentuk padatan. Namun, yang menjadi perbedaan adalah padatan belerang tersebut tidak melalui tahap pencairan. Padatan belerang akan dikontakkan secara langsung dengan udara kering bersuhu tinggi sehingga terjadi kontak dengan O₂ dan membentuk gas SO₂. Reaksi yang terjadi adalah :





Tujuan dasar dari penambahan gas SO₂ adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi intensitas warna pada nira sehingga gula hasil produksi menjadi lebih putih. Hal ini dikarenakan belerang merupakan *bleaching agent* yang kuat.
2. Mencegah terurainya monosakarida (glukosa atau fruktosa) menjadi asam organik yang dapat bereaksi dengan kapur membentuk garam terlarut. Garam ini akan memperbesar pergerakan pada proses penguapan sehingga menurunkan panas yang akan menyebabkan reaksi berjalan tidak sempurna.
3. Menetralkan pH nira yang tinggi akibat penambahan susu kapur.
4. Membantu membentuk endapan CaSO₃ yang akan diabsorpsi oleh inti endapan Ca₃(PO₄)₂ yang sudah ada, sehingga diameter endapan lebih besar dan memudahkan proses pemisahan. Reaksi yang terjadi adalah :



6. Flokulan [Al₂(SO₄)₃.6H₂O]

Jenis flokulan yang digunakan adalah kurifloc, dimana flokulan ini berfungsi untuk mempercepat pengendapan kotoran pada nira mentah dengan membentuk gumpalan-gumpalan yang kemudian akan dijadikan sebagai blotong nantinya. Dan tak hanya itu kuriflock juga berfungsi untuk menghilangkan logam berat dari limbah kompleks melalui pengendapan. Pengendapan yang dimaksudkan di sini adalah gumpalan-gumpalan yang terjadi akibat penambahan flokulan.

7. Air (H₂O)

Air digunakan sebagai media pendingin pada *cooler* di FSB (*Film type Sulphur Burner*) dalam stasiun pemurnian. Setelah itu, air dari *cooler* tersebut akan digunakan sebagai imbibisi dalam unit penggilingan, yaitu dengan melakukan pencucian ampas saat ampas akan masuk ke unit penggilingan akhir. Penambahan air imbibisi bertujuan untuk meminimalkan kehilangan gula yang terbawa ampas sehingga sekitar 98,5% sukrosa tebu akan masuk ke dalam nira mentah dan hanya



sedikit yang terangkut ampas. Selain itu, air imbibisi dapat berfungsi sebagai pelicin atau memperkecil gesekan antar roll gilingan serta dapat berfungsi sebagai proses *pre-heating* nira mentah agar diperoleh efisiensi energi pada pemanas pendahuluan (PP) I. Air imbibisi yang digunakan merupakan campuran air kondensat dari evaporator, *juice heater* (pemanas pendahuluan), dan pan masakan yang mengandung gula dengan *air treatment*.

8. Sodium Fosfat (NaHPO_4)

Bahan ini digunakan sebagai disinfektan atau untuk membunuh mikroorganisme yang dapat menyebabkan pembusukan pada nira.

III.2 Uraian Proses Produksi

Gula kristal putih atau gula jenis SHS (*Superior Hoofd Suiker*) merupakan produk utama yang dihasilkan di PG. Kremboong melalui tahapan-tahapan berikut:

III.2.1 Stasiun EmplACEMENT

Setiap pabrik gula pasti memiliki stasiun emplacements, seperti halnya PG Kremboong. Emplacements sendiri adalah stasiun persiapan, pengumpulan, dan penyediaan bahan baku gula yaitu tebu yang berasal dari kebun yang berada di dalam daerah sidoarjo atau wilayah lokal maupun luar daerah sidoarjo. PG. Kremboong sendiri mempunyai dua emplacements yaitu emplacements luar yang terdiri dari tiga pos dan emplacements dalam.

A. Emplacements Luar

Emplacements luar adalah tempat pengumpulan tebu baik yang berasal dari dalam maupun luar daerah untuk dibawa ke emplacements dalam. Pada emplacements luar terjadi pengecekan kualitas tebu yang berada di pos 1 dan penginputan data SPTA ke komputer yang dilakukan di pos 2. Kemudian tebu melalui proses penimbangan dan kemudian di letakkan di lori sebelum dibawa ke emplacements dalam yang dilakukan di pos 3. Emplacements ini terletak diluar pabrik dan mempunyai lahan yang sangat luas, hal ini berfungsi sebagai tempat parkir tebu sebelum dilakukan penimbangan yang dilakukan secara berurutan. Proses penimbangan ini dilakukan dengan dua cara, yaitu :



a. Penimbangan dengan Lori

Pertama, penimbangan lori kosong (*tarra*) dilakukan sebelum periode giling, penimbangan ini dilakukan selama beberapa kali (± 2 minggu) sehingga diperoleh nilai rata rata berat lori. Berat lori yang diketahui kemudian dicatat beserta dengan kode lorinya. Selanjutnya dilakukan penimbangan lori berserta tebunya sebagai berat kotor. Perhitungan berat bersih atau netto dilakukan dengan mengurangi nilai berat kotor dengan *tarra* sesuai dengan kode lori pengangkutannya, sehingga diperoleh berat tebu yang digunakan.

b. Penimbangan dengan Truk

Pada malam hari, proses pengangkutan dan penimbangan tebu dilakukan secara langsung dengan truk. Truk berisi tebu ditimbang terlebih dahulu (berat kotor), kemudian dilakukan penimbangan Kembali Ketika truk dalam keadaan kosong (*tarra*). Berat tebu yang akan diproses adalah sama dengan berat kotor dikurangi *tarra*-nya

B. EmplACEMENT Dalam

Emplacement dalam yaitu tempat penyimpanan tebu yang berada pada lori sebelum melalui proses penggilingan yang di lakukan di stasiun gilingan. Tebu yang di simpan di emplacement dalam tidak boleh lebih dari 24 jam dan apabila lebih dari waktu yang ditentukan maka tebu akan mengalami invers (rusaknya zat sukrosa yang terdapat dalam tebu) sehingga dapat meningkatkan nilai dextran yang dapat mengakibatkan rusaknya standar gula yang diproduksi.

III.2.2 Stasiun Gilingan

Setelah melalui proses persiapan, tebu dari lori ataupun truk diangkut ke meja timbangan dengan menggunakan *cane unloading crane*. Dari meja timbangan ini tebu kemudian dijatuhkan pada *slide carrier* I dengan menggunakan *cane leveller* untuk mengatur jumlah tebu yang masuk. Selanjutnya *slide carrier* I membawa tebu menuju ke *cane cutter* untuk memperkecil ukuran tebu menjadi potongan-potongan kecil sehingga luas permukaannya meningkat dan proses penggilingannya lebih



mudah. Potongan-potongan tebu tersebut dibawa menuju ke *unigrator* dengan menggunakan *slide carrier* II. *Unigrator* berbentuk seperti palu besar yang disusun secara silinder dan berfungsi untuk memecah ukuran sel tebu dengan cara ditumbuk-tumbuk sehingga luas permukaannya bertambah. Jika sel tebu tidak dipecah, nira akan sulit keluar walaupun sudah dilarutkan air karena sifat sel tebu yang semipermeabel menyulitkan partikel sukrosa untuk keluar.

Masing-masing unit gilingan terdiri dari 3 buah rol pemerah (rol depan, rol atas dan rol belakang), 1 buah *feeding roll*, 1 buah *scraper* (sisi ampas) dan 1 buah *trash plate*. Dalam proses penggilingan, tebu akan mengalami 8 kali pemerahan, dimana pada setiap alat gilingan terjadi 2 kali pemerahan, yaitu saat tebu melewati rol atas dengan rol depan dan saat melewati rol atas dengan rol belakang.

Adapun proses penggilingan tebu pada keempat gilingan akan dijabarkan. Cacahan tebu yang keluar dari *unigrator* akan diangkut oleh *slide carrier* II menuju ke gilingan (*mill*) I. Dari proses pada gilingan I akan diperoleh nira perahan pertama (NPP), dimana ampasnya akan diangkut oleh *intermediate cane carrier* I menuju ke gilingan II untuk diperah kembali, NPP dan nira II akan dicampur menjadi nira mentah dan ditambahkan dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hingga pH nira mentah mencapai $\pm 6,2$. Selanjutnya nira mentah tersebut disaring dalam suatu *vibrating screen* untuk memisahkannya dari ampas halus.

Nira yang telah terpisah dari ampas halus kemudian dialirkan menuju ke *Rotary Cush-Cush* untuk memisahkannya dari ampas halus yang berukuran lebih kecil. Selanjutnya, nira mentah akan ditampung ke dalam sebuah tangki untuk kemudian ditambahkan H_3PO_4 . Sementara itu, ampas halus yang tersaring di *vibrating screen* maupun *Rotary Cush-Cush* akan diangkut oleh *cush elevator* ke *intermediate cane carrier* I untuk diperah kembali pada gilingan II.

Aliran nira yang keluar dari Stasiun Gilingan akan melewati *magnetic flow meter*, yaitu alat yang terpasang pada pipa transfer dan berfungsi untuk mengukur flow nira yang masuk ke tangki. Setelah melewati alat tersebut, nira akan mengalir menuju ke Stasiun Pemurnian.

Sementara itu, ampas dari gilingan II akan diangkut oleh *intermediate cane*



carrier II menuju ke gilingan III. Dari gilingan III akan diperoleh nira III yang kemudian dicampur dengan ampas I dan masuk ke gilingan II. Sedangkan ampas III akan disiram dengan air imbibisi bersuhu 80-90°C. Jika suhu air imbibisi lebih tinggi dari range suhu tersebut, maka unsur-unsur bukan gula akan ikut terlarut serta menyebabkan slip pada gilingan. Sementara jika suhunya terlalu rendah, maka akan ada banyak gula yang tidak larut. Oleh karena itu, suhu air imbibisi harus dijaga dalam range 80-90°C.

Selanjutnya ampas yang sudah dibasahi tersebut akan masuk ke gilingan IV. Dari gilingan IV akan diperoleh nira IV yang ditambahkan dengan NaHPO₄ (disinfektan) dan kemudian dicampur dengan ampas II lalu dialirkan masuk ke gilingan III. Sedangkan ampasnya akan diangkut oleh *bagasse carrier* menuju ke Stasiun Boiler.

III.2.3 Stasiun Boiler

Stasiun boiler pada PG. Kremboong menjadi penyuplai utama energi untuk proses-proses yang terjadi pada pabrik. Boiler yang digunakan oleh PG. Kremboong adalah merk Cheng chen dengan tekanan mencapai 46 bar dan kapasitas dari boiler tersebut adalah 60 ton/jam. Ampas tebu dari gilingan IV akan masuk kedalam cakar utama, dimana dalam cakar utama ini terbagi atas dua bagian yaitu cakar selatan dan cakar utara. Cakar selatan akan membawa ampas tebu menuju ke boiler, sementara cakar utara akan membawa ampas tebu menuju ke mesin pembuatan pellet. Ampas tebu yang masuk ke dalam cakar selatan akan melewati incline gilingan. Karena boiler memiliki batasan kapasitas bagasse yang masuk, maka tidak semua ampas yang ada akan langsung dibakar bersama-sama. Ampas yang berlebih akan masuk ke conveyor atas dan dibawa menuju ke gudang ampas (*bagasse house*) untuk disimpan terlebih dahulu.

Jika ampas dari *bagasse house* akan digunakan, maka reclaimer akan membawa ampas tersebut menuju ke double deck. Double deck ini kemudian akan mengisi enam unit bagasse feeder yang nantinya digunakan sebagai bahan bakar dari boiler. Sementara itu, ampas tebu dari incline gilingan akan masuk ke dalam conveyor bawah dan kemudian melewati incline return. Ampas tersebut kemudian akan masuk ke dalam double deck. Selain menggunakan ampas tebu sebagai bahan



bakar padat, PG. Kremboong juga menggunakan air untuk proses pembakarannya.

Jenis air yang digunakan ada dua macam, yaitu:

1. Air kondensat

Air ini berasal dari uap yang telah terkondensasi pada unit Penamas Pendahuluan (PP), Badan Penguapan (BP), dan masakan. Air tersebut memiliki suhu sekitar 90°C dengan $\text{pH} > 7$ dan kandungannya bebas dari gula. Air kondensat memiliki kualitas yang lebih baik dari air softener.

2. Air Softener

Pabrik gula pada umumnya memiliki masa giling sebanyak dua kali setahun. Saat pertama kali beroperasi pada masa gilingnya, air kondensat belum dihasilkan sehingga perlu menggunakan air dari sumber lainnya. Oleh karena itu, PG. Kremboong juga menggunakan air softener, yaitu air sumur yang telah melalui proses penyaringan. Air ini harus memiliki $\text{pH} = 7$ dan total hardness $\leq 2\text{ppm}$ (*part per million*) agar dapat digunakan dalam stasiun boiler. Penggunaan air softener ini hanya dilakukan pada awal masa gilingan saja. Setelah air kondensat terbentuk, maka selanjutnya akan dilakukan dengan menggunakan air kondensat.

III.2.4 Stasiun Pemurnian

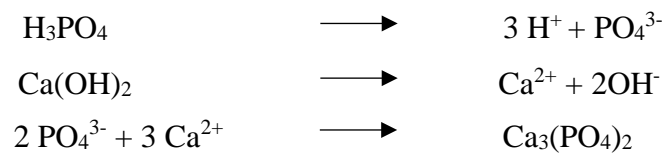
Nira mentah yang keluar dari Stasiun Gilingan melalui *magnetic flow meter* akan ditampung pada peti nira mentah tertimbang. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui jumlah nira mentah yang dihasilkan tiap jamnya. Nira mentah yang telah tertimbang tersebut akan dicampur dengan nira tapis dari *Rotary Vacuum Filter* dan dialirkan ke Pemanas Pendahuluan (PP) I. PP I terdiri dari 2 unit *juice*.

heater, dimana didalamnya pemanasan nira mentah dilakukan hingga suhunya mencapai $75\text{-}80^{\circ}\text{C}$. Pemanasan pada suhu ini bertujuan untuk membunuh mikroorganisme pengurai sukrosa, menggumpalkan protein dari enzim-enzim mikroorganisme tersebut, dan sekaligus untuk mempersiapkan nira mentah masuk ke dalam reaktor sistem FSB (*Film type Sulphur Burner*).

Setelah keluar dari PP I, nira mentah akan masuk ke dalam pre-contactor (*static*



mixer) untuk dicampur lagi dengan susu kapur hingga pH-nya mencapai 7- 7,2. Peningkatan pH ini bertujuan untuk menghindari kerusakan sukrosa dan korosi peralatan akibat pH nira yang terlalu asam. *Static mixer* menyebabkan aliran turbulensi pada nira mentah dan susu kapur sehingga pencampuran lebih homogen. Selanjutnya, nira mentah terdefekasi tersebut akan masuk ke dalam reaktor FSB. Reaktor ini berfungsi untuk menyempurnakan reaksi antara kapur sehingga terbentuk endapan kalsium fosfat yang dapat membantu mengikat zat-zat no-gula dalam nira. Reaksi yang terjadi adalah :



Pada proses ini terjadi koagulasi, yaitu proses destabilisasi muatan partikel koloid dengan penambahan koagulan disertai dengan pencampuran sistem overflow di dalam reaktor untuk mendispersikan bahan kimia secara merata. Apabila muatan koloid dihilangkan, maka kestabilan koloid akan berkurang dan menyebabkan koagulasi atau penggumpalan. Koagulasi dapat terjadi secara fisik, seperti pemanasan, pendinginan, dan pengadukan atau secara kimia seperti penambahan elektrolit maupun pencampuran koloid yang berbeda muatan.

Di dalam reaktor FSB terjadi proses sulfitasi dengan mencampur nira, susu kapur dan gas belerang (SO_2), dimana penambahan susu kapur ini dilakukan secara volume by volume dan dikontrol dengan *control valve* yang terdapat pada control room FSB. Waktu tinggal di dalam reaktor FSB maksimal adalah 30 detik. Hal ini dikarenakan sifat gula reduksi yang mudah rusak pada kondisi pH yang tinggi, sehingga diharapkan tidak terlalu lama dalam kondisi alkalis sehingga gula reduksi tidak terdekomposisi.

Setelah melalui proses sulfitasi, nira dialirkan ke Pemanas Pendahuluan (PP) II untuk mengalami proses pemanasan kembali dengan suhu 100-105°C. Sama halnya dengan PP I, PP II juga terdiri dari dua unit *juice heater*. Tujuan dari proses ini adalah untuk menyempurnakan reaksi gas SO_2 dengan kapur yang berlebih dalam nira, mempercepat pengendapan, serta untuk menurunkan viskositas dan densitas nira



sehingga dapat mempermudah pengeluaran gas dan proses pengendapan. Nira selanjutnya dialirkan menuju ke *flash tank*, dimana gas-gas terlarut yang ikut terbawa nira dilepas ke udara agar tidak mengganggu proses pengendapan.

Selanjutnya, nira dialirkan masuk ke dalam *snow balling tank*. Di sini, nira ditambahkan dengan flokulan sebanyak 3 ppm. Penambahan flokulan ini dilakukan untuk mempercepat proses flokulasi, yaitu proses penyisihan kekeruhan dengan cara penggumpalan partikel. Partikel-partikel yang telah distabilkan selanjutnya saling bertumbukan serta melakukan proses tarik-menarik dan membentuk flok yang ukurannya makin lama makin besar sehingga lebih mudah mengendap.

Dari *snow balling tank*, nira kemudian masuk ke dalam *door clarifier* dengan suhu minimal 100°C. Alat ini berfungsi untuk memisahkan nira jernih dan nira kotor dengan cara mengendapkan kotorannya. Selanjutnya, nira jernih akan keluarmelalui bagian atas *tray* dan secara overflow akan masuk ke dalam *clear juice tank*, dimana nira jernih ini akan masuk ke dalam Pemanas Pendahuluan (PP) III terlebihdahulu sebelum akhirnya masuk ke Stasiun Penguapan.

Sementara itu, nira kotor akan ditarik dengan pompa membran dan masuk ke dalam *mixer bagassilo* untuk dicampur dengan ampas halus dari Stasiun Gilingan. Pencampuran ini bertujuan untuk memperbaiki porositas larutan sehingga blotong lebih mudah untuk dipisahkan dari larutan. Selanjutnya, nira kotor tersebut akan dilarikan ke dalam *Rotary Vacuum Filter* dan ditarik dengan tekanan vakum rendah sebesar 15-25 cmHg sehingga kotoran dapat menempel ke bagian luar tabung berpori yang berputar dengan kecepatan 0,44 rpm (*rotation per minute*).

Pada saat menempuh sepertiga dari putaran tabung tersebut, kotoran yang menempel disiram dengan air bersuhu 70°C untuk melarutkan gula yang tertinggal dalam kotoran sehingga tidak terbuang bersama blotong. Larutan gula dan nira akan terhisap masuk ke dalam tabung untuk ditampung sebagai nira tapis yang kemudian dialirkan dan dicampur dengan nira mentah tertimbang untuk proses pemurnian ulang. Di dalam tabung ini tekanan vakum ditambah menjadi 40-45 cmHg untuk mencegah kotoran jatuh akibat penambahan air. Blotong yang terbentuk akan ditapis dan ditampung dalam bak truk pengangkut. Blotong yang dihasilkan harus



memenuhi syarat, yaitu kadar pol-nya 2,85% dan kadar zat keringnya sebesar 33,8%.

III.2.5 Stasiun Penguapan

Proses penguapan pada stasiun ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam nira sehingga dapat memudahkan proses pengkristalan. Terdapat tujuh buah evaporator yang tersedia di PG Kremboong, namun evaporator yang dioperasikan empat buah sedangkan yang lainnya dibersihkan dan dibuat cadangan. Sistem penguapan yang digunakan di PG Kremboong adalah *Quadruple Effect Evaporators*.

Penggunaan sistem ini mempertimbangkan segi penghematan uap karena untuk menguapkan 1 kg air dibutuhkan 1 kg air pada *single effect evaporator*, sehingga diharapkan uap yang digunakan dengan jumlah yang sama dapat menguapkan lebih banyak air pada *Quadruple Effect Evaporators* sebanyak 4 kali lipat, yaitu 4 kg air. Selain itu, keuntungan yang didapat dari penggunaan *Quadruple Effect Evaporators* yaitu tidak ada panas yang terbuang karena semua hasil penguapan dipakai untuk penguapan selanjutnya dan air kondensat yang dihasilkan bersuhu tinggi sehingga cocok untuk digunakan sebagai air pengisi boiler.

Adapun proses yang terjadi pada Stasiun Penguapan akan dijelaskan sebagai berikut. Nira encer yang telah dipanaskan kembali di PP III akan dialirkan masuk ke Badan Penguapan (BP) I. Dalam BP I, nira dipanaskan menggunakan uap bekas dari steam turbin berupa uap jenuh (*saturated steam*) dengan tekanan rendah, yaitu 0,7 kg/cm². Uap air yang dilepaskan pada penguapan di BP I ini sebagian digunakan untuk memanaskan nira di BP II dan pan masakan, sedangkan sisa uap nira lainnya digunakan sebagai pemanas di *juice heater*.

Sedangkan nira yang keluar dari BP I akan masuk ke dalam BP II dengan bantuan tekanan hidrostatik, dimana nira akan mengalir dari tempat bertekanan lebih tinggi ke tempat bertekanan lebih rendah. Dengan kata lain, tekanan udara absolut pada efek terakhir akan semakin rendah atau dikondisikan vakum. Tekanan vakum di sini berguna untuk mencegah rusaknya sukrosa karena pada suhu tertentu (> 125°C) nira akan mengalami karamelisasi dan dapat menghemat jumlah panas yang dibutuhkan. Jadi, nira akan mengalir dari BP I - BP IV. Sehingga dalam kasus ini,



tidak diperlukan tambahan daya untuk menggerakkan pompa guna mengalirkannya dari satu evaporator ke evaporator selanjutnya.

Di dalam nira, terdapat gas-gas terlarut yang tertinggal yang tidak dapat terkondensasi di dalam BP. Gas-gas ini umumnya berupa gas NH_3 yang berasal dari uap bekas dan harus dikeluarkan. Bila gas-gas ini tidak dikeluarkan dan menumpuk, maka tekanan relatif dari gas-gas tersebut akan sama dengan tekanan steam atau uap air dari setiap BP sehingga tidak akan ada steam yang masuk ke tromol atau pemanas dari BP selanjutnya. Ini berarti perpindahan panasnya menjadi terganggu sehingga nira tidak dapat dipanaskan.

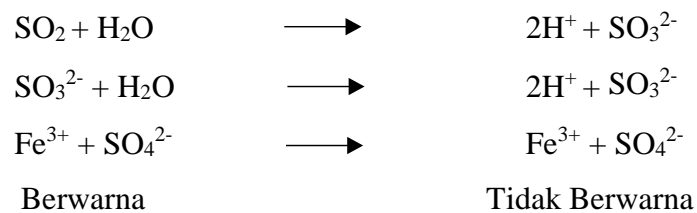
Uap air yang keluar dari BP IV kemudian dikondensasikan dengan kondensor. Kondensor yang digunakan di PG Kremboong merupakan *direct- contact condenser* dengan tipe *counter-current barometric condenser*. Kondensor jenis ini dipilih karena proses perpindahan panas yang terjadi lebih efisien dibandingkan dengan jenis *surface condenser*. Hal ini dikarenakan pada *direct- contact condenser* terjadi kontak langsung antara uap dengan air, sedangkan pada *surface condenser* proses perpindahan panasnya harus melalui suatu permukaan. Selain itu, biaya operasi yang dikeluarkan lebih murah jika menggunakan *direct- contact condenser*. Bentuknya berupa bejana tertutup yang di dalamnya terjadi kontak langsung antara uap yang dikondensasi dengan air injeksi bersuhu $\pm 30^\circ\text{C}$. Air injeksi ini berfungsi untuk menciptakan tekanan vakum sehingga uap air dapat terhisap ke dalam kondensor dan kemudian terkondensasi. Sedangkan gas-gas yang tak terkondensasi dapat dikeluarkan dari kondensor dengan menggunakan pompa vakum.

Kondensor terletak cukup tinggi di bagian atas dari *tail pipe* karena terdapat perbedaan tekanan antara tekanan absolut rendah pada kondensor dan tekanan atmosfer. Jika letak kondensor dekat dengan *tail pipe*, maka fluida (air) tidak akan mengalir sesuai dengan yang diinginkan karena air akan mengalir dari tempat yang bertekanan atmosfer menuju tempat yang bertekanan absolut rendah. Air dapat mengalir dari tekanan absolut rendah menuju ke tekanan atmosfer yang ada di bagian bawah dari *tail pipe* karena adanya tekanan hidrostatis yang bekerja sepanjang *tail*



pipe.

Nira kental hasil penguapan selanjutnya masuk ke tangki sulfitasi nira kental untuk dicampur dengan gas SO₂ hasil pembakaran dari dapur belerang (*sulphur burner*). Proses sulfitasi kembali ini dilakukan untuk mengurangi intensitas warna dari kristal gula pada nira kental dan untuk menurunkan viskositas nira. Gas SO₂ dapat mereduksi ion ferri menjadi ion ferro yang tidak berwarna. Reaksinya sebagai berikut :



III.2.6 Stasiun Masakan

Proses masakan ini bertujuan untuk mengubah sukrosa dari larutan nira menjadi kristal sukrosa yang mudah dipisahkan dari larutan induknya. Proses utama yang terjadi pada Stasiun Masakan adalah proses kristalisasi. Proses kristalisasi yang terjadi terbagi menjadi tiga tahap, yaitu :

1. Tahap pemekatan nira, yaitu pemanasan nira sampai lewat jenuh.
2. Tahap pembibitan, yaitu penambahan bibit kristal gula yang berfungsi sebagai inti kristal.
3. Tahap pembesaran kristal, yaitu pembesaran inti kristal yang telah terbentuk dengan pelapisan molekul-molekul sukrosa pada inti kristal.

Bahan dasar pembuatan kristal gula pada Stasiun Masakan adalah nira kental tersulfitasi yang keluar dari Stasiun Penguapan

Masakan D2

Proses yang terjadi pertama kali adalah pada pan untuk masakan D2. Selanjutnya bahan-bahan tersebut dimasak sampai masakan menjadi tua, yaitu diperoleh kristal dengan lapisan *stroop* seminimal mungkin. Namun, pada masa awal gilingan, sebelum ada *stroop* A, digunakan nira kental sebagai bahan masakan.

Setelah mencapai total volume tertentu, nira masakan D2 dibagi menjadi 2



masakan D1 dengan volume yang sama dalam 2 pan yang berbeda. Pada pan D1 ini, nira tersebut dimasak dengan *stroop* C dan klare D yang ditambahkan sedikit demi sedikit. *Stroop* C merupakan nira yang terpisah dari gula C pada *centrifuge* C. Sedangkan klare D merupakan nira yang terpisah dari gula D2 yang masuk pada *centrifuge* D1 dan D2. Hasil masakan (*massecuite*) D ini kemudian diturunkan ke dalam palung D untuk dilakukan pendinginan.

Tujuan dari pendinginan pada palung D adalah untuk menurunkan suhu hasil masakan dan meningkatkan kejenuhan sehingga dapat mendorong terjadinya proses penempelan sukrosa pada kristal yang telah terbentuk. Pengkristalan ini disebabkan oleh proses pendinginan masakan yang berjalan lambat. Dengan semakin banyaknya kristal yang terbentuk, viskositas masakan menjadi semakin rendah, sehingga proses *centrifuge* dapat berlangsung lebih mudah.

Masakan C

Bahan pada masakan C adalah *stroop* A yang ditambah dengan gula D2 sebagai inti kristalnya. Bahan-bahan tersebut dimasukkan ke dalam pan masakan C dan dipanaskan menggunakan *exhaust steam* sampai masakan menjadi tua. Setelah diperoleh kristal sesuai standar yang diinginkan, *massecuite* C ini diturunkan dan dimasukkan ke dalam palung pendingin C untuk didinginkan sambil diputar. Selanjutnya, *massecuite* C tersebut akan di *centrifuge* dengan LGF C untuk memisahkan antara gula C dengan *stroop* C.

Masakan A

Bahan pada masakan A adalah nira kental tersulfitasi, klare SHS dan gula C atau D2. Proses masakan dilakukan pada pan masakan A2 dengan kondisi vakum 60-65 cmHg. Bahan masakan tadi dipanaskan dengan *exhaust steam* sampai daerahjenuh dan ditambahkan bibitan C atau D2. Selanjutnya, campuran tersebut dipanaskan kembali dan ditambahkan bahan baku nira secara bertahap. Pemanasandilakukan sampai terbentuk bibitan A, dimana bibitan A ini dibagi menjadi 2 bagian masakan A1. Pada pan A1 ini dilakukan pembesaran kristal kembali dengan cara yang sama. Nira kental tersulfitasi, klare SHS dan leburan gula C atau D2.

III.2.7 Stasiun Puteran



Setelah nira dimasak distasiun Masakan, *massecuite* (hasil masakan) ditempatkan terlebih dahulu dipalung pendingin (*crytallizer*). Agar mengalami proses Na-Kristalisasi. Dimana proses ini berfungsi untuk menguatkan kristal gula yang ada pada *massecuite*. Selanjutnya *massecuite* masuk ke stasiun puteran, didalam stasiun puteran mengalami proses *centrifuge* yang bertujuan untuk memisahkan kristal gula yang telah terbentuk dari larutan induknya. Pemisahan ini dilakukan dengan menggunakan prinsip gaya putar sentrifugal, dimana *massecuite* didorong kesisi – sisi *basket* tersebut, sedangkan larutannya akan keluar menembus saringan.

Yang perlu diperhatikan dalam proses ini adalah adanya penambahan air siraman pada tiap alat *centrifuge*. Penambahan air ini dimaksudkan agar *stroop* yang tertinggal dalam ruang antar kristal dapat terdorong keluar (menghindari kerak) dan yang masih menempel pada gula dapat larut dan terbawa keluar. Bila terdapat kristal gula yang sangat kecil dalam jumlah banyak, maka akan menghambat laju keluarnya *stroop* sehingga gula hasil *centrifuge* menjadi tidak putih seperti yang diinginkan. Air siraman yang digunakan adalah sumur bersuhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$ agar pengenceran *stroop* yang menempel pada gula menjadi lebih mudah dan viskositasnya tetap rendah. Penambahan air ini harus dikontrol jumlahnya untuk menghindari ikut terlarutnya gula produk.

Ada dua jenis *centrifuge mechine* di PG Kremboong, dimana masing – masing memiliki fungsi khusus. Peralatan dan proses yang terjadi didalamnya, antara lain :

1. *Low Grade Fugal* (LGF) atau puteran continue

Massecuite D yang turun ke palung D didinginkan selama $\pm 8-14$ jam kemudian dipompa masuk kebak penampungan (*feeding mechine*) khusus *massecuite* D. kemudian *massecuite* tersebut akan masuk kedalam tiap LGF melalui katup pengisian dan dicentifuge secara continue serta ditambahkan air siraman untuk memisahkan kristal dari kotorannya. Di PG Kremboong terdapat tujuh buah LGF yang digunakan disetiap Masakan. Pada Masakan D1 LGF yang digunakan adalah LGF dengan nomer 01,02,03,07, Pada Masakan C LGF yang digunakan adalah LGF dengan nomer 04, 05 dan pada masakan D2 LGF yang digunakan adalah LGF



nomer 06. Dari centrifuge ini akan diperoleh hasil berupa gula D1 dan tetes akhir. gula D1 akan tetahan sedangkan tetes akan keluar dari saringan kemudian akan ditampung, ditimbang dan dialirkan ketangki penyimpanan. Tetes ini nantinya akan digunakan oleh produsen lain untuk memproduksi spirtus dan *Monosodium Glutamate* (MSG).

Sementara itu, gula D1 dialirkan ke *feeding mixer* lainnya dan ditambahkan air untuk kemudian dipompa ke distributor mixer gula D2. Selanjutnya gula dimasukkan ke centrifuge D2 dan dilakukan penyiraman sekali yang menghasilkan gula D2. Kemudian gula D2 akan dialirkan turun ke mixer gula D2 dan dipompa ke tangki pembibitan C atau D2 untuk proses pembibitan C di stasiun pemasakan serta klare D yang dipompa ke tangki *klare* D. Prinsip kerja dari centrifuge ini sama dengan centrifuge LGF DI. Gula D2 akan tertahan dan dialirkan masuk ke pan masakan A atau C. Sedangkan klare D dapat keluar saringan untuk ditampung dalam tangki *klare* dan siap digunakan sebagai bahan baku pada Masakan D.

Pada proses centrifuge hasil masakan C digunakan alat *centrifuge* kontinyu semi otomatis, dimana hanya dilakukan sekali penyiraman yang menghasilkan gula C dan *stroop* C. Gula C akan tertahan disaringan dan turun untuk dialirkan ketangki penampung *stroop* dan disiapkan untuk bahan masakan D.

2. *High Grade Fugal* (HGF) atau puteran semi discontinue

Alat ini digunakan untuk proses centrifuge *masseceuite* A, dimana sistemnya berjalan secara discontinue atau batch dimana prosesnya berlangsung sebanyak satu kali putaran. Pada PG Kremboong terdapat dua alat HGF yang digunakan, masing-masing alat memiliki kapasitas sebesar 22,5 ton/jam.

Sebelum *centrifuge* dimulai, alat ini dibersihkan secara manual dengan *steam* dan dilanjutkan dengan penyiraman air. Larutan gula masuk kedalam alat *centrifuge* dan kemudian dilakukan 1 tingkat pemutaran (*single curring*). *Massecuite* A dari palung pendingin dialirkan ke dalam centrifuge HGF dan masuk melalui katup



pengisian. *Stroop* A yang keluar lolos dari saringan ditampung dan dialirkan kembali ke Stasiun Masakan untuk bahan masakan C dan D.

Dari proses *centrifuge* tadi juga menghasilkan *klare* SHS dimana *klare* SHS yang lolos dari saringan tersebut akan dicampur dengan nira kental dan dialirkan ke Stasiun Masakan sebagai bahan masakan A, sedangkan kristal gula SHS akan turun ke talang goyang.

III.2.8 Stasiun Penyelesaian

Tujuan dari semua proses di Stasiun Penyelesaian ini meliputi pengeringan gula, pendinginan gula, pemilahan gula berdasarkan ukuran kristalnya, serta penimbangan dan pengemasan. Gula yang keluar dari HGF masih mengandung sedikit air dan ukurannya tidak merata sesuai kualitas yang diinginkan. Gulatersebut akan turun ke talang goyang, dimana alat ini berfungsi sebagai transfer dan pengering atau pendingin agar memenuhi syarat pengemasan, untuk memecah gulayang masih menggumpal, serta menghilangkan steam kering yang masih tertinggal.

Setelah melewati talang goyang, gula akan dipisahkan antara gula kasar dengan gula halus dan gula produksi. Setelah terpisah, gula halus dan gula produksi juga akan dipisahkan dan dimasukkan ke *bucket elevator* dalam keadaan telah kering dan dingin untuk diangkut menuju ke *vibrating screen*. Saringan ini berfungsi untuk memisahkan gula berdasarkan ukuran kristalnya. Gula kasar dan gula halus akan dilebur dalam tangki leburan yang kemudian akan dipompa masuk ke dalam tangki nira tersulfitasi dan disiapkan sebagai bahan masakan A. Sedangkan gula produk akan masuk dan ditampung dalam corong sugar bin.

Proses pengemasan berlangsung secara manual, dimana karung plastik dipasang secara manual pada bagian bawah *sugar bin* dan gula diisikan ke dalam karung tersebut. Setelah itu, dilakukan penimbangan untuk memastikan bahwa beratnya 50 kg per karungnya. Karung gula yang sudah ditimbang kemudian dijahit dengan mesin jahit, dan ditumpuk untuk dihitung rate produksi tiap jamnya. Kemudian karung-karung berisi gula tersebut akan dibawa ke gudang penyimpanan gula, dan dilakukan perhitungan ulang.