



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Uraian Proses

Gula kristal atau gula tipe SHS (Superior Hoofd Suiker) merupakan produk utama yang dihasilkan oleh PG. Candi Baru melalui beberapa tahapan proses pengolahan yang saling berkesinambungan sebagai berikut:

1. Stasiun persiapan
2. Stasiun gilingan
3. Stasiun pemurnian
4. Stasiun penguapan
5. Stasiun masakan
6. Stasiun puteran
7. Stasiun penyelesaian

II.1.1 Stasiun Persiapan

Pada stasiun persiapan tebu dilakukan proses penimbangan serta persiapan awal agar tebu siap masuk ke tahap penggilingan. Stasiun ini terdiri dari tiga pos utama, yaitu:

a) Pos Penerimaan

Pos pertama yang berfungsi untuk melakukan pemeriksaan awal terhadap kondisi tebu mentah. Pada tahap ini dilakukan pengecekan kadar sukrosa (*brix*) melalui pengambilan contoh tebu serta pengukuran pH untuk memastikan kualitas bahan baku sebelum digiling.

b) Pos Penimbangan

Pos penimbangan berfungsi untuk menimbang truk pembawa tebu sebelum dan sesudah muatan diturunkan. Selisih antara berat truk bermuatan dan berat kosong menunjukkan berat bersih tebu yang diterima. Pos ini dilengkapi dengan dua jalur penimbangan, yaitu jalur pertama untuk truk dengan kapasitas maksimal 80 ton dan jalur kedua untuk kapasitas maksimal 60 ton, agar proses penimbangan berjalan lebih cepat dan efisien.



c) Pos Pembongkaran

Pos pembongkaran merupakan tempat pemindahan tebu dari truk ke lori atau kereta tebu menggunakan alat bantu berupa *cane crane*. Selanjutnya, tebu dialirkan ke meja tebu sebelum masuk ke unit penggilingan. Area penampungan tebu yang menunggu giliran untuk digiling disebut *emplacement* tebu. Sistem pengambilan tebu di area ini menggunakan metode FIFO (First In First Out) agar urutan penggilingan sesuai dengan waktu kedatangan tebu, sehingga menjaga kesegaran dan kualitas bahan baku.

II.1.2 Stasiun Gilingan

Pada stasiun gilingan, seluruh tebu yang telah melalui tahap persiapan akan digiling dengan tujuan utama untuk mengekstraksi nira sebanyak mungkin dari batang tebu. Proses ini berfungsi untuk memisahkan air nira dari ampasnya serta melakukan penimbangan terhadap nira mentah sebelum nira tersebut dikirim ke tahap pemurnian berikutnya. Nira tebu inilah yang nantinya akan diproses lebih lanjut menjadi gula produksi atau gula SHS (Superior Hoofd Suiker). Sebelum tahap penggilingan dilakukan, tebu yang datang ke pabrik harus ditimbang terlebih dahulu di stasiun penimbangan untuk mengetahui berat bersihnya. Langkah ini penting agar pabrik dapat menghitung jumlah hasil produksi yang akan dibagikan kepada petani, berdasarkan rendemen atau persentase perolehan gula dari tebu yang mereka kirimkan. Tebu yang tiba di pabrik biasanya diangkut menggunakan truk atau lori, kemudian dimasukkan ke dalam penampung bahan baku sebelum dipotong menjadi bagian-bagian kecil dengan bantuan alat pemotong (*cutter*). Alat ini bekerja dengan cara berputar cepat sehingga batang tebu teriris menjadi serpihan-serpihan kecil. Setelah itu, serpihan tebu tersebut masuk ke dalam mesin giling untuk dihancurkan, sehingga dihasilkan cairan nira tebu dan ampasnya. Nira yang diperoleh dari proses penggilingan kemudian ditampung dalam tangki penampung sementara dan dipanaskan menggunakan uap panas dari boiler. Pemanasan ini bertujuan untuk membantu pemisahan awal antara nira dan kotoran yang masih terbawa. Pada tahap ini, nira masih mengandung berbagai pengotor, seperti sisa tanah, serat tebu halus, serta zat-zat organik dari daun dan kulit tebu

(Isnen, 2017).

Terdapat beberapa faktor yang dapat memengaruhi kemampuan dan efisiensi kerja pada stasiun gilingan tebu. Faktor-faktor ini sangat menentukan seberapa banyak nira yang dapat diekstraksi dari tebu serta kualitas nira yang dihasilkan. Secara umum, faktor tersebut dapat dikelompokkan menjadi karakteristik tebu, faktor teknis, dan faktor mekanik, dengan penjelasan sebagai berikut:

1) Karakteristik Tebu

- a) Kandungan serat tebu yang memengaruhi mudah tidaknya proses penggilingan.
- b) Jumlah padatan terlarut seperti gula invert dan sukrosa di dalam nira.
- c) Kandungan dekstran, pati, serta polisakarida yang dapat memengaruhi kekentalan nira.

2) Faktor Teknis

- a) Metode pencacahan atau pemotongan tebu sebelum digiling.
- b) Volume air imbibisi yang ditambahkan untuk membantu pengambilan nira.
- c) Jumlah nira yang berhasil diekstraksi dari setiap roll pemeras.
- d) Kualitas nira hasil perahan pertama yang umumnya mengandung sukrosa tertinggi.

3) Faktor Mekanik

- a) Kecepatan putaran tiap roll gilingan.
- b) Besarnya tekanan hidrolik yang diberikan pada mesin giling.
- c) Kelancaran sistem drainase nira dari unit gilingan.
- d) Pengaturan inlet dan outlet pada setiap gilingan agar proses berjalan seimbang.

(Delgado, 2001)

II.1.3 Stasiun Pemurnian

Dalam proses produksi gula, terdapat beberapa tahapan penting yang dilakukan untuk memperoleh gula dengan kualitas yang baik dan sesuai standar. Setiap tahap memiliki peran tersendiri dalam menghilangkan kotoran serta



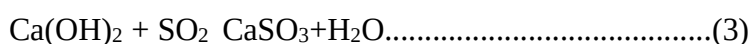
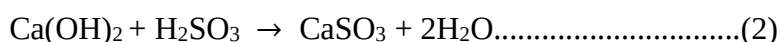
memperbaiki kemurnian nira sebelum masuk ke tahap penguapan dan kristalisasi. Secara umum, proses pemurnian gula di pabrik-pabrik gula di Indonesia meliputi beberapa metode sebagai berikut:

1. Proses defekasi sakarat

Proses ini dilakukan dengan mencampurkan nira kental hasil dari stasiun penguapan dengan larutan susu kapur yang memiliki konsentrasi sekitar 6° Be. Campuran tersebut kemudian diatur pH-nya hingga mencapai kisaran 10,5–11,5. Sacharat nira kental yang telah terbentuk selanjutnya digunakan kembali di stasiun pemurnian sebagai pengganti sebagian susu kapur yang biasanya ditambahkan pada nira mentah tertimbang untuk mencapai pH sekitar 7. Pada tahap ini, sebagian nira mentah akan dicampur dengan susu kapur, sementara sebagian lainnya dipanaskan terlebih dahulu untuk membantu proses reaksi kimia dan pengendapan kotoran. Setelah itu, kedua bagian nira tersebut disatukan dan diaduk hingga homogen, sehingga dihasilkan nira yang lebih bersih dan siap untuk diproses pada tahap berikutnya.

2. Proses sulfitasi

Proses sulfitasi merupakan salah satu tahap penting dalam pemurnian nira tebu. Pada proses ini, nira mentah terlebih dahulu dicampur dengan larutan susu kapur dalam jumlah berlebih, kemudian kelebihan kapur tersebut dinetralkan menggunakan gas belerang dioksida (SO₂). Reaksi antara kapur dan gas belerang dioksida menghasilkan garam kalsium sulfit yang mudah mengendap dan membantu mengikat serta mengendapkan kotoran yang terdapat di dalam nira. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk menurunkan kadar kotoran dan memperbaiki kejernihan nira, sehingga nira yang dihasilkan lebih bersih sebelum memasuki tahap selanjutnya, yaitu penguapan. Dengan metode sulfitasi ini, pH nira dapat dikendalikan secara optimal, sekaligus membantu mencegah terjadinya perubahan warna atau karamelisasi yang dapat menurunkan mutu gula. Reaksi pemurnian nira cara sulfitasi ialah sebagai berikut:





Endapan kalsium sulfit (CaSO_3) yang terbentuk dalam proses sulfitasi memiliki kemampuan untuk menyerap partikel-partikel koloid yang terdapat di sekitar larutan nira. Dengan adanya proses penyerapan ini, semakin banyak kotoran dan zat pengotor lain yang ikut terperangkap serta mengendap bersama endapan CaSO_3 , sehingga kejernihan nira meningkat secara signifikan. Selain itu, gas belerang dioksida (SO_2) yang digunakan dalam proses ini juga memiliki sifat pemucat alami, sehingga dapat membantu mengurangi intensitas warna nira. Akibatnya, nira yang dihasilkan menjadi lebih terang dan jernih. Efek ini sangat bermanfaat terutama pada tahap penguapan nira kental, karena membantu menghasilkan kristal gula dengan warna yang lebih putih dan berkualitas lebih baik (Pratama, 2021).

II.1.4 Stasiun Penguapan

Hasil dari stasiun pemurnian berupa nira jernih yang sudah bebas dari sebagian besar kotoran, namun masih memiliki kadar brix yang relatif rendah. Padahal, untuk proses kristalisasi dibutuhkan nira dengan kadar brix tinggi agar gula dapat terbentuk secara optimal. Oleh karena itu, dilakukan tahap penguapan (evaporasi) dengan tujuan meningkatkan kadar brix nira melalui pengurangan kadar air di dalamnya. Pada stasiun penguapan, proses ini dilakukan menggunakan alat evaporator, di mana terjadi perpindahan panas dan massa secara bersamaan. Dalam alat ini, sebagian pelarut, terutama air, akan mengalami penguapan, sehingga tersisa nira pekat atau konsentrat dengan kadar sukrosa yang lebih tinggi. Sistem yang digunakan adalah multiple effect evaporator, yaitu sistem yang memanfaatkan perbedaan suhu (temperature drop) antara uap pemanas (*steam*) dan nira yang dipanaskan. Perbedaan suhu ini memberikan keuntungan besar karena uap air yang dihasilkan dari satu tahap penguapan (uap nira) dapat digunakan kembali untuk memanaskan nira di tahap penguapan berikutnya, sehingga proses berlangsung secara berantai dan efisien dalam penggunaan energi. Sisa uap dari evaporator terakhir kemudian didinginkan menggunakan kondensor bertekanan rendah, menghasilkan air kondensat yang dapat digunakan kembali sebagai air imbibisi atau air proses. Air kondensat ini dikenal sebagai air murni (air muri) karena memiliki kemurnian tinggi dan sangat cocok digunakan kembali, terutama pada stasiun



gilingan untuk membantu proses pemerahan nira. Selain menghasilkan air kondensat, stasiun penguapan juga menghasilkan uap sekunder, yang dimanfaatkan sebagai media pemanas pada alat lain di pabrik gula. Sistem ini dikenal dengan istilah sistem bleeding, dan berperan penting dalam efisiensi energi serta keberlanjutan proses produksi gula (Wulandari, 2021).

II.1.5 Stasiun masakan

Tahap kristalisasi memiliki tujuan utama untuk menghasilkan kristal sukrosa murni dari nira hasil penguapan. Proses ini diawali dengan meningkatkan tingkat kejenuhan nira melalui pemasakan di dalam vacuum pan, yaitu alat yang memungkinkan pemasakan pada suhu lebih rendah karena dilakukan di bawah tekanan vakum. Dengan cara ini, proses pembentukan kristal gula dapat berlangsung lebih cepat dan efisien tanpa merusak kualitas sukrosa. Dalam praktiknya, pola kristalisasi yang umum digunakan di pabrik gula adalah dua atau tiga tahap kristalisasi massecuite. Sistem tiga massecuite (A, B, dan C) sering diterapkan karena mampu mengurangi kadar sukrosa yang tersisa di dalam molase, dengan cara mengubah sebagian besar kandungan sukrosa menjadi kristal gula tambahan. Produk hasil proses masakan kemudian dialirkan ke alat pendingin kristal (cooling crystallizer) untuk memungkinkan pemulihan gula lebih lanjut. Pada tahap pendinginan ini, suhu massa nira secara bertahap diturunkan, sehingga menyebabkan sukrosa dari cairan induk (mother liquor) menempel dan berpindah ke permukaan kristal gula yang sudah terbentuk sebelumnya. Dalam sistem tiga massecuite, massecuite A dan B digunakan untuk memproduksi gula komersial berkualitas tinggi, sedangkan massecuite C berperan sebagai bibit (seed crystal) yang digunakan kembali dalam pembuatan massecuite A dan B. Setelah proses kristalisasi selesai, campuran antara gula kristal dan molase dipisahkan melalui alat sentrifugasi. Dari proses ini, dihasilkan molase akhir sebagai sisa cairan yang tidak lagi dapat dikristalkan, sementara kristal gula yang telah terpisah dikirim ke tahap pengeringan untuk disiapkan sebagai gula konsumsi atau gula produksi. Setelah proses kristalisasi selesai, campuran antara gula kristal dan molase dipisahkan melalui alat sentrifugasi. Dari proses ini, dihasilkan molase akhir sebagai sisa cairan yang tidak lagi dapat dikristalkan, sementara kristal gula yang telah terpisah dikirim



ke tahap pengeringan untuk disiapkan sebagai gula konsumsi atau gula produksi.

Kerugian pada tahap kristalisasi dalam produksi gula mentah umumnya terjadi akibat rendahnya tingkat pemulihan sukrosa dari molase akhir. Kondisi ini dapat disebabkan oleh perlakuan pascapanen tebu yang kurang tepat serta berbagai faktor teknis dalam proses industri yang memengaruhi efisiensi pembentukan dan pemisahan kristal gula. Beberapa faktor industri yang menyebabkan rendahnya pemulihan sukrosa antara lain:

- 1) Kerusakan kristal gula, terutama pada kristal berbentuk panjang yang mudah patah selama proses sentrifugasi. Hal ini menimbulkan terbentuknya kristal berukuran kecil di dalam molase, sehingga kandungan gula yang tertinggal di molase menjadi lebih tinggi.
- 2) Terjadinya penghancuran gula invert saat proses pengapuran maupun dalam tangki evaporator pertama, yang dapat meningkatkan kelarutan sukrosa dan mengurangi efisiensi pemulihan gula kristal.
- 3) Masuknya abu atau kotoran ke dalam bahan antara (intermediate material), baik melalui kontaminasi tanah pada tebu, air imbibisi yang digunakan pada unit ekstraksi, maupun pemakaian kapur dengan kemurnian rendah. Semua faktor tersebut menyebabkan proses pemurnian dan pembentukan kristal menjadi kurang optimal.

II.1.6 Stasiun Puteran

Pada stasiun ini, prinsip utama yang diterapkan adalah memisahkan kristal gula dari cairan sirup atau molase dengan memanfaatkan gaya sentrifugal. Dalam proses ini, kristal gula tertahan pada dinding saringan sentrifus, sementara molase atau larutan gula cair melewati saringan dan terpisah dari kristalnya. Selama proses berlangsung, biasanya ditambahkan air penyiraman sekitar 0,5% dari volume larutan gula dengan suhu kurang lebih 80°C. Penyiraman ini bertujuan untuk membersihkan permukaan kristal gula dari sisa molase agar gula yang dihasilkan memiliki warna lebih terang dan kemurnian lebih tinggi. Setelah pemisahan selesai, gula kristal yang tertinggal di alat sentrifus akan dikirim ke tahap pengeringan dan pendinginan sebelum dikemas. Kemudahan proses pemisahan antara kristal gula dan molase ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kualitas kristal yang



dihasilkan dari tahap kristalisasi, tingkat viskositas larutan, kecepatan putaran mesin, ketebalan lapisan gula di dalam alat, serta efektivitas proses penyiraman air panas. Semua faktor tersebut perlu dikendalikan agar pemisahan berlangsung optimal dan gula yang dihasilkan memiliki mutu yang baik.

II.1.7 Stasiun Penyelesaian

Tahap ini berfungsi untuk mengeringkan kristal gula dengan cara mengurangi kadar air yang masih terkandung di dalamnya menggunakan alat pengering (dryer). Proses pengeringan ini penting agar gula tidak mudah menggumpal dan memiliki daya simpan yang lebih lama. Setelah proses pengeringan selesai, gula kemudian diayak untuk memisahkan butiran berdasarkan ukuran kristalnya, sehingga diperoleh ukuran kristal yang seragam. Sementara itu, gula yang berukuran terlalu kecil atau lolos dari ayakan akan disalurkan ke tempat penyimpanan sementara sebelum melalui tahap penimbangan dan pengemasan. Biasanya, proses pengemasan dilakukan dalam karung berkapasitas 50 kg (berat netto). Setelah itu, karung-karung gula disusun dan disimpan di gudang penyimpanan agar siap untuk didistribusikan ke pasar atau konsumen.