



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tebu

Tanaman tebu adalah bahan baku dalam pabrik gula. Bagian tanaman tebu yang digunakan adalah bagian batang yang mengandung sukrosa. Nilai rendemen tebu merupakan faktor penting dalam pembuatan gula. Semakin besar rendemen maka semakin banyak gula yang dihasilkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi rendemen tebu adalah kondisi tanah, iklim, curah hujan, ketinggian tempat, varietas, pemeliharaan tanaman, pengangkutan dan penanganan sebelum giling.

Komposisi tebu menurut Mulyadi (2022) adalah sebagai berikut:

1. Air 75-85%
2. Sukrosa 10-21%
3. Gula reduksi 0,3-3%
4. Senyawa organik 0,5-1%
5. Senyawa anorganik 0,2-0,6%
6. Phospat
7. Serabut

II.2 Sukrosa

Sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) merupakan gula disakarida hasil fotosintesis tumbuhan dari karbondioksida dan air dalam sel berklorofil. Sukrosa berbentuk kristal tak berwarna, larut dalam air dan etanol, memiliki titik lebur $188^{\circ}C$, serta bersifat optik aktif. Pada kondisi asam dan suhu tinggi, sukrosa dapat terhidrolisis menjadi glukosa dan fruktosa (inversi).

Pada larutan dengan brix rendah, sukrosa mudah terdekomposisi. Dalam suasana asam terjadi hidrolisis yang menimbulkan kehilangan gula dimana sukrosa dipecah menghasilkan gula reduksi yaitu glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dan fruktosa ($C_6H_{12}O_6$). Pada suasana basa, pemanasan bersama ion OH^- menghasilkan asam organik dan senyawa kompleks berwarna coklat yang menurunkan kualitas gula, sehingga

penggunaan kapur saat defekasi harus dikontrol. Secara termal, sukrosa terurai cepat di atas 200°C membentuk karamel. Selain itu, sukrosa juga dapat rusak oleh aktivitas mikroba, misalnya *Leuconostoc mesenteroides* yang menghasilkan enzim invertase dan membentuk dekstran pada nira dengan kualitas tebu rendah.

II.3 Uraian Proses

Pabrik Gula adalah tempat terjadinya proses konversi dari input bahan baku Tebu menjadi output gula produk atau Sukrosa. Menurut Hugot pada tahun 1986 proses produksi gula dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut:

1. *Cane handling dan preparation*

Tebu yang tiba di pabrik pertama kali ditimbang dengan *weighbridge* untuk mengetahui tonase harian (*tons cane per day*, TCD) yang akan digiling. Tahap ini penting karena kapasitas giling menjadi dasar perhitungan efisiensi pabrik dan rendemen. Setelah ditimbang, biasanya dilakukan sampling tebu untuk analisis, meliputi kadar pol, °Brix, serta kadar serat. Data ini dipakai untuk menentukan rendemen tebu dan evaluasi kinerja proses.

Dari timbangan, tebu dialirkan ke *cane carrier*, sebuah konveyor rantai yang dilengkapi slat baja agar tahan terhadap pisau pemotong. Pada bagian awal *carrier* ditempatkan *cane knives* yang berputar dengan kecepatan tinggi ($\pm 500\text{--}600$ rpm) untuk memotong batang tebu menjadi ukuran lebih kecil. Selanjutnya, potongan tebu dicacah menggunakan *shredder* dengan kecepatan hingga 900–1200 rpm, sehingga serat tebu terurai. Tingkat pencacahan ini sangat mempengaruhi efisiensi gilingan, karena semakin halus serat tebu, semakin tinggi ekstraksi sukrosa yang bisa diperoleh.

2. *Milling dan juice extraction*

Potongan tebu yang sudah dicacah masuk ke *milling tandem* yang terdiri atas 4–7 unit rol baja dengan diameter 0,8–1,2 m. Pada tahap ini dilakukan imbibisi, yaitu penyemprotan air panas (70–80 °C) pada bagasse gilingan terakhir agar sisa gula larut kembali. Efisiensi ekstraksi dengan sistem imbibisi bisa mencapai 95–97% sukrosa dari tebu. Hasilnya berupa nira mentah (*mixed juice*) yang keruh, serta

bagasse dengan kadar air 48–52%. Bagasse dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler, di mana nilai kalor tipikalnya adalah 1800–2200 kcal/kg.

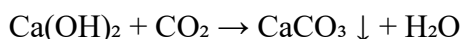
3. *Juice treatment (clarification)*

Nira mentah mengandung pengotor berupa koloid, zat warna, protein, dan garam mineral. Proses klarifikasi bertujuan menghilangkan kotoran ini tanpa merusak sukrosa. Terdapat lima bahan utama yang umum digunakan antara lain kapur (defekasi), gas SO₂ (sulfitasi), asam fosfat (fosfatasi), gas CO₂ (karbonatasi), dan magnesia (MgO).

a. *Defecation*

Lime (CaO) menjadi defekant basa universal sejak awal pembuatan gula. Kapur dapat mengendapkan beberapa asam organik dalam bentuk garam kalsium yang tidak larut (misalnya oksalat dan tartarat) serta menggumpalkan zat albuminoid, meskipun penghilangan pengotor ini tidak terlalu besar dari sisi kimia. Proses ini lebih mengandalkan mekanisme fisik, di mana endapan kapur membawa turun partikel tersuspensi bersama kotoran lain saat pengendapan.

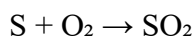
Persiapan Kapur dilakukan dalam bentuk susu kapur (*milk of lime*) yang dibuat dengan melarutkan kapur bubuk atau bongkahan dalam air. Kapur yang baik mengandung 90–95% CaO, sementara kapur terhidrasi murni memiliki kadar CaO sekitar 76%. Kelarutannya bertambah dengan meningkatnya kadar gula, namun menurun pada suhu tinggi.



b. *Sulphitation*

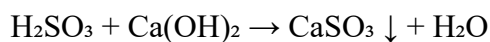
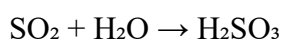
Sulfitasi dilakukan dengan menambahkan gas sulfur dioksida (SO₂) ke dalam nira. SO₂ dalam pabrik gula mentah berkisar antara 0,01 dan 0,015% berat tebu yang digiling. Fungsinya adalah memucatkan warna nira serta mereduksi senyawa besi (feri) yang terbentuk akibat kontak dengan peralatan menjadi bentuk tak berwarna.

Persiapan Gas SO₂ dihasilkan dengan membakar sulfur pada suhu ±300°C.



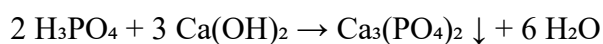
Proses pembakaran dilakukan dalam tungku sulfur (*sulphur furnaces*) yang harus dilengkapi dengan ruang pembakaran (*combustion chamber*) dan cerobong yang didinginkan air (*jacketed water-cooled flue*). Untuk mencegah terbentuknya SO_3 (yang dapat berubah menjadi asam sulfat), udara pembakaran harus kering.

SO_2 yang larut dalam nira membentuk asam sulfat (H_2SO_3). Selanjutnya, asam ini bereaksi dengan kapur atau kalsium dalam nira menghasilkan endapan kalsium sulfat (CaSO_3), yang tidak larut dan membantu menjernihkan nira.



c. *Phosphatation*

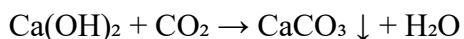
Asam fosfat ditambahkan sebelum pengapuran. Reaksi dengan kapur menghasilkan endapan kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), yang efektif menangkap koloid dan zat warna. Keunggulan fosfatasi adalah dapat menggantikan sebagian peran sulfatasi, lebih ekonomis, tidak membutuhkan peralatan khusus, serta mengurangi kerak pada pemanas. Kadar fosfat alami dalam nira biasanya sekitar 250 mg P_2O_5 per liter, baik dalam bentuk terlarut maupun terikat protein. Asam Fosfat di pasaran biasanya mengandung 30-60% P_2O_5 ; sumaphos, 42%; dikalsium fosfat, 38-42%. Asam Fosfat diencerkan untuk membentuk larutan 12-15° Baume.



d. *Carbonatation*

Proses karbonatasi menggunakan gas CO_2 , lebih umum pada gula bit, namun kadang diterapkan pada gula tebu. Gas CO_2 diperoleh dengan memanaskan batu kapur (CaCO_3), menghasilkan kapur (CaO) dan CO_2 .

Gas ini bereaksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dalam nira, membentuk endapan CaCO_3 yang berbentuk granular dan mudah disaring, sehingga memperbaiki kejernihan nira.



e. *Magnesia (MgO)*

Magnesia memiliki sifat mirip dengan kapur, namun lebih mahal. Kadang digunakan untuk mengurangi pembentukan kerak berat pada sistem penguapan ganda (multiple effect evaporator). Satu kilogram MgO dapat menggantikan sekitar 1,39 kg kapur cepat atau 1,837 kg kapur terhidrasi.

Setelah itu, nira dipisahkan dari lumpur (*mud*) dengan clarifier berdiameter 10–15 m. Lumpur disaring dengan *rotary drum filter* untuk mengambil kembali sukrosa yang terbawa.

4. *Evaporation*

Nira jernih memiliki konsentrasi 12–15 °Brix sehingga perlu diuapkan menjadi nira kental (thick juice). Proses dilakukan dalam multiple-effect evaporator (umumnya 5–6 badan) dengan prinsip penggunaan ulang uap. Suhu operasi 70–110 °C dengan tekanan vakum 0,2–0,4 bar. Kadar padatan larut meningkat hingga 60–65 °Brix. Efisiensi termal sistem ini dapat mencapai 80–85%.

5. *Crystallization (vacuum pans)*

Nira kental kemudian dimasak di vacuum pan berkapasitas 30–60 ton masakan per siklus. Vakum dipertahankan pada tekanan 0,25–0,30 bar sehingga titik didih larutan sekitar 65–70 °C. Proses kristalisasi dikontrol pada daerah metastabil untuk menghindari terbentuknya kristal terlalu halus. Masakan dibagi menjadi tiga sebagai berikut.

Masakan A (*High Grade Strike*): menghasilkan kristal putih berkualitas tinggi.

Masakan B: berasal dari mother liquor A, menghasilkan kristal lebih kecil.

Masakan C/D (*Low Grade Strike*): dari mother liquor tahap akhir, pengotor tinggi sehingga pertumbuhan kristal lambat.

6. *Centrifugation*

Massa masak (*massecuite*) kemudian dipisahkan dalam centrifuge berputar 1000–1500 rpm. Kristal gula tertahan pada dinding, sementara molasses keluar melalui lubang saringan. Dari masakan A diperoleh kristal putih dengan pol > 99%, sedangkan masakan C menghasilkan kristal lebih gelap bercampur molasses.



Molasses menjadi produk samping yang digunakan dalam industri alkohol, asam sitrat, maupun pakan.

7. *Drying* dan *storage*

Kristal gula yang diperoleh masih mengandung air sekitar 0,5–1%. Oleh karena itu dikeringkan dengan *rotary drum dryer* menggunakan udara panas 100–120 °C. Setelah itu gula diayak untuk seragam ukuran, lalu disimpan di gudang dengan kelembaban terkontrol. Produk akhir berupa gula kristal putih siap untuk distribusi atau digunakan sebagai bahan baku industri hilir.