



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Bahan Baku

II.1.1. Bahan Baku Utama

Produksi gula sangat ditentukan oleh ketersediaan bahan baku utama, yaitu tebu. Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman utama penghasil gula sekaligus termasuk bahan pangan pokok yang penting bagi masyarakat Indonesia. Pertumbuhannya dapat berlangsung optimal apabila ditanam pada lahan yang sesuai serta dikelola dengan baik. Faktor kesesuaian lahan dan pengelolaan lingkungan berperan besar dalam mendukung keberhasilan budidaya tanaman tebu ini (Atmojo, 2024). Pengolahan tebu tidak hanya menghasilkan gula pasir, tetapi juga produk samping berupa molase. Molase adalah cairan kental berwarna cokelat kehitaman dengan kandungan gula, asam amino dan mineral yang cukup tinggi sehingga berpotensi besar untuk dimanfaatkan (Dewi, 2025). Nira tebu dimanfaatkan sebagai bahan baku awal berupa cairan berwarna hijau kecoklatan dengan sifat asam. Mutu gula yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kualitas nira tebu. Nira mengandung sukrosa serta komponen lain seperti gula pereduksi (glukosa dan fruktosa), serat, zat bukan gula dan air. Sifat asam pada nira umumnya muncul akibat proses fermentasi oleh mikroorganisme (Sayekti, 2022).

II.1.2. Bahan Baku Penunjang

1. Kapur

Kualitas gula pasir dinilai baik apabila produk yang dihasilkan berwarna putih bersih tanpa mengalami perubahan warna akibat reaksi pencoklatan. Perubahan warna tersebut biasanya terjadi ketika nira tebu yang digunakan memiliki kekeruhan tinggi saat proses produksi. Untuk menghindari hal itu, pabrik gula melakukan tahap defekasi dengan menambahkan larutan susu kapur ke dalam nira hingga mencapai kondisi pH yang sesuai. Penambahan susu kapur ini harus dikendalikan dengan baik. Hal ini karena dosis yang



berlebihan dapat menghambat pengendapan kotoran dan menyebabkan gula yang dihasilkan berwarna lebih gelap (Milaniyah, 2022)

2. Asam Fosfat (H_3PO_4)

Pada tahap pemurnian, nira yang masih mengandung senyawa non-gula perlu melalui proses pengolahan agar kualitas gula yang dihasilkan lebih baik. Salah satu metode yang digunakan adalah flokulasi, yaitu metode penggumpalan partikel halus menjadi flok sehingga lebih mudah dipisahkan. Proses flokulasi dapat dilakukan dengan menambahkan koagulan berupa H_3PO_4 (asam fosfat) pada larutan gula dengan variasi pH 4, 5, dan 6, serta menyediakan satu sampel kontrol tanpa penambahan asam fosfat. Selanjutnya, larutan dipanaskan pada suhu $80^{\circ}C$ selama 15 menit untuk mempercepat pelarutan sekaligus membantu proses penggumpalan berjalan lebih efektif. Melalui tahapan ini, jumlah flok dalam nira berkurang dan mutu gula rafinasi yang dihasilkan dapat meningkat

3. Air Imbibisi

Pada tahap penggilingan, sasaran utamanya adalah mengekstraksi gula sebanyak mungkin dari batang tebu. Sebelum masuk ke mesin giling, tebu dipotong menggunakan cane cutter dan dicacah dengan unigrator hingga berbentuk serabut. Serabut tersebut kemudian digiling di unit gilingan. Setelah gilingan ketiga ditambahkan air imbibisi Untuk menekan kehilangan gula pada ampas. Air imbibisi yang bersuhu $70-80^{\circ}C$ berfungsi melarutkan sisa gula yang masih tertinggal dalam ampas. Dengan adanya perlakuan ini, diharapkan kadar gula yang tertinggal pada ampas hanya sekitar 2%. Secara garis besar, penggunaan air imbibisi bertujuan untuk memaksimalkan perolehan gula dalam proses penggilingan tebu (Jayanti, 2022)

4. Fondant

Pada tahap pemasakan gula, fondant dimanfaatkan sebagai bahan penunjang proses kristalisasi. Peran utama fondant adalah sebagai pemicu terbentuknya inti kristal. Keberadaan inti kristal dalam fondant membuat



larutan gula yang dipanaskan lebih cepat mencapai keadaan jenuh. Kondisi ini mendorong pembentukan inti kristal berlangsung lebih efektif dan terkendali sehingga kristal gula yang dihasilkan memiliki kualitas kemurnian yang lebih tinggi (Jayanti, 2022)

5. Flokulan

Flokulan berperan penting dalam membantu proses pengendapan pada tahap pemurnian nira yang dikenal sebagai proses flokulasi. Pada tahap ini, flokulan berfungsi untuk membentuk gumpalan-gumpalan kalsium fosfat sekunder. Jumlah flokulan yang digunakan harus sesuai, tidak boleh kurang maupun berlebihan. Jika jumlahnya terlalu sedikit, partikel koloid serta kotoran dalam nira tidak dapat mengendap dengan baik. Sebaliknya, apabila digunakan terlalu banyak, flokulan akan terakumulasi dalam nira sehingga berpotensi menurunkan efisiensi penyaringan serta menghambat proses pemisahan antara komponen gula dan non-gula (Djasmasari, 2022)

II.2. Rendemen

Rendemen tebu menunjukkan persentase kandungan gula yang terdapat dalam batang tebu dan mencerminkan seberapa banyak gula yang dapat diperoleh dari tebu yang digiling. Sebagai contoh, rendemen sebesar 20% berarti dari 200 kilogram tebu akan dihasilkan 40 kilogram gula. Parameter ini menjadi salah satu indikator utama untuk menilai produktivitas tebu di pabrik gula. Selain itu, rendemen juga memengaruhi nilai ekonomi tebu; apabila rendemen berada di bawah standar minimal, harga jual gula yang dihasilkan akan jauh lebih rendah dibandingkan harga normal (Farhani, 2024)

II.3. Gula

Gula merupakan salah satu komoditas penting yang berfungsi sebagai pemanis alami. Gula diperoleh dari ekstraksi tebu atau bit dan banyak digunakan dalam konsumsi rumah tangga maupun industri pangan. Selain memberikan kalori dan energi, gula juga dapat berperan sebagai bahan pengawet yang aman untuk



kesehatan konsumen (Hadi, 2024). Kualitas gula dinilai berdasarkan beberapa parameter, antara lain warna gula, nilai polarisasi, susut pengeringan, kadar abu konduktivitas serta kandungan logam. Dari berbagai parameter tersebut, warna gula menjadi salah satu indikator utama karena berkaitan erat dengan tingkat kemurnian. Metode ICUMSA (*International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis*) merupakan standar internasional yang digunakan secara luas untuk mengukur tingkat warna gula. Metode ini berfungsi sebagai acuan utama dalam industri guna memastikan keseragaman penilaian serta memudahkan perbandingan kualitas gula antarprodusen (Sari, 2024). Menurut ICUMSA, gula dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan warnanya, seperti berikut ini:

1. Gula Rafinasi (Refined Sugar)

Gula rafinasi merupakan jenis gula dengan tingkat kemurnian paling tinggi yang ditandai dengan warna putih cerah karena telah melewati seluruh tahapan pemurnian hingga proses karbonatasi. Gula ini memiliki indeks ICUMSA sebesar 45 IU dan dikenal dengan cita rasa yang tidak terlalu manis. Produk ini umumnya digunakan dalam industri makanan dan minuman yang membutuhkan gula berkualitas tinggi dengan tingkat kejernihan dan kemurnian optimal

2. Gula Ekstra Spesial (Extra Special Crystal Sugar)

Gula ekstra spesial umumnya dimanfaatkan dalam industri pangan maupun dapat dikonsumsi secara langsung. Jenis gula ini memiliki indeks ICUMSA pada kisaran 100–150 IU

3. Gula Kristal Putih (White Crystal Sugar)

Gula kristal putih banyak dikonsumsi masyarakat karena rasanya manis meskipun warnanya tidak terlalu putih akibat masih mengandung sisa molase. Gula tersebut memiliki indeks ICUMSA dalam kisaran 200–300 IU

4. Gula Kristal Mentah Untuk Dikonsumsi (Brown Sugar)

Gula ini umumnya dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam industri pangan. Proses produksi gula kristal mentah harus menerapkan standar

kebersihan yang ketat. Hal ini karena masih terdapat potensi kontaminan di dalamnya. Indeks ICUMSA gula ini berkisar antara 600-800 IU

5. Gula Kristal Mentah (Raw Sugar)

Gula kristal mentah diperoleh dari proses kristalisasi namun belum dimurnikan sehingga tidak layak dikonsumsi langsung. Gula ini memiliki indeks ICUMSA 1600–2000 IU dan biasanya dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk proses pemurnian hingga menjadi gula rafinasi atau gula putih

6. Gula Mentah (Very Raw Sugar)

Gula ini diperoleh dari tebu yang baru diperas dan belum melalui proses pengolahan lebih lanjut sehingga tidak layak dikonsumsi secara langsung karena tingkat higienitasnya yang rendah. Gula ini memiliki indeks ICUMSA sekitar 46.000 IU

II.4. Jenis-Jenis Gula

Gula adalah bahan makanan yang sering kita temui sehari-hari. Gula dapat diklasifikasikan berdasarkan struktur kimianya, antara lain:

1. Monosakarida

Monosakarida merupakan jenis karbohidrat paling sederhana yang tersusun dari satu unit gula dan tidak dapat dipecah menjadi bentuk yang lebih sederhana. Dalam bahasa Yunani, “mono” berarti satu, sedangkan “sacchar” berarti gula. Senyawa ini dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah atom karbon yang dimilikinya, contohnya glukosa dan fruktosa. Monosakarida bersifat tidak berwarna, berbentuk kristal padat, mudah larut dalam air, dan memiliki rasa manis. Glukosa, yang juga dikenal sebagai gula anggur, secara alami dapat ditemukan dalam jumlah kecil pada berbagai bahan pangan seperti buah-buahan, sayuran, dan sirup jagung serta fruktosa dalam madu. Sementara itu, fruktosa atau yang sering disebut gula buah dikenal sebagai jenis gula yang paling manis



2. Disakarida

Disakarida adalah karbohidrat yang terbentuk dari penggabungan dua molekul monosakarida melalui reaksi kondensasi yang menghasilkan molekul air. Contoh disakarida yang sering ditemui antara lain sukrosa (glukosa dan fruktosa), laktosa (glukosa dan galaktosa), serta maltosa (dua molekul glukosa). Senyawa ini memiliki rasa manis dan mudah larut dalam air

3. Oligosakarida

Oligosakarida adalah jenis gula yang tersusun dalam rantai pendek. Struktur ini terbentuk dari gabungan beberapa molekul monosakarida. Monosakarida penyusunnya antara lain galaktosa, glukosa, dan fruktosa. Oligosakarida tidak sesederhana monosakarida maupun disakarida, tetapi tetap mudah larut dalam air

4. Polisakarida

Polisakarida adalah karbohidrat kompleks yang tersusun dari ratusan hingga ribuan molekul monosakarida yang saling terikat melalui ikatan glikosida. Struktur polisakarida bisa berupa rantai lurus, seperti pada selulosa dan amilosa, atau bercabang, seperti amilopektin dan glikogen. Senyawa ini biasanya tidak larut dalam air dan tidak memiliki rasa manis. Beberapa contoh polisakarida yang umum ditemui adalah pati, glikogen, dan selulosa
(Aliwasa, 2024)

II.5. Mutu Gula Menurut SNI

1. Syarat Mutu Gula Kristal Putih

Tabel 1. Syarat Mutu Gula Kristal Putih (SNI 3140-3:2001)

No.	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan		
			GKP 1	GKP 2	GKP 3
1.	Warna				
1.1	Warna kristal	%	Min. 90	Min. 85	Min. 80
1.2	Warna larutan (ICUMSA)	Iu	Maks. 250	Maks. 350	Maks. 450
2.	Besar jenis butir	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. 0,20
4.	Polarisasi ($^{\circ}$ Z, 20 $^{\circ}$ C)	"Z"	Min. 99,6	Min. 99,5	Min. 99,4
5.	Gula pereduksi	% b/b	Maks. 0,10	Maks. 0,15	Maks. 0,20
6.	Abu	% b/b	Maks. 0,10	Maks. 0,15	Maks. 0,20
7.	Bahan asing tidak larut.	Derajat	Maks. 5	Maks. 5	Maks. 5
8.	Bahan tambahan makanan : - Belerang dioksida (SO ₂).	Mg/kg	Maks. 30	Maks. 30	Maks. 30
9.	Cemaran logam :				
9.1.	Timbal (Pb)	Mg/kg	Maks. 2	Maks. 2	Maks. 2
9.2.	Tembaga (Cu)	Mg/kg	Maks. 2	Maks. 2	Maks. 2
10.	Arsen (As)	Mg/kg	Maks. 1	Maks. 1	Maks. 1

Berdasarkan standar mutu gula kristal putih (GKP), tingkat kecerahan gula dapat dibedakan menjadi tiga kategori. GKP 1 memiliki warna kristal minimal 90% dengan warna larutan maksimum 250 IU, sehingga termasuk kategori paling cerah dan putih. GKP 2 memiliki warna kristal minimal 85% dengan warna larutan maksimum 350 IU, sehingga warnanya lebih gelap dibanding GKP 1 namun masih tergolong cukup baik. Sementara itu, GKP 3 memiliki warna kristal minimal 80% dengan warna larutan maksimum 450 IU, sehingga menjadi kategori paling gelap di antara ketiganya. Ukuran butir pada ketiga jenis gula sama, yaitu berkisar antara 0,8–1,2 mm. Kadar air melalui uji susut pengeringan pada GKP 1 memiliki batas maksimum sebesar 0,10%, sedangkan GKP 2 sebesar 0,15% dan GKP 3 sebesar 0,20%. Sementara kadar sukrosa diukur melalui nilai polarisasi dengan minimal 99,6 $^{\circ}$ Z untuk GKP 1, 99,5 $^{\circ}$ Z untuk GKP 2 dan 99,6 $^{\circ}$ Z untuk GKP 3. Kandungan abu ditetapkan maksimum 0,10% pada GKP 1 dan 0,15% pada GKP 2 serta 0,20% pada GKP 3. Standar mutu ini diterapkan untuk memastikan kualitas gula yang konsisten dan aman dikonsumsi

2. Syarat Mutu Gula Rafinasi

Tabel 2. Syarat Mutu Gula Rafinasi (SNI 01-3140.2-2006)

No.	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan	
			I	II
1	Polarisasi	°Z	min. 99,80	min. 99,70
2	Gula reduksi	%,	maks. 0,04	maks. 0,04
3	Susut pengeringan	%, b/b	maks. 0,05	maks. 0,05
4	Warna larutan	IU	maks. 45	maks. 80
5	Abu	%, b/b	maks. 0,03	maks. 0,05
6	Sedimen	mg/kg	maks. 7,0	maks. 10,0
7	Belerang dioksida (SO ₂)	mg/kg	maks. 2,0	maks. 5,0
8	Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 2,0	maks. 2,0
9	Tembaga (Cu)	mg/kg	maks. 2,0	maks. 2,0
10	Arsen (As)	mg/kg	maks. 1,0	maks. 1,0
11	Angka lempeng total (ALT)	Koloni/10 g	maks. 200	maks. 250
12	Kapang	koloni/10 g	maks. 10	maks. 10
13	Khamir	koloni/10 g	maks. 10	maks. 10

CATATAN Z =Zuiker = Sukrosa; IU = ICUMSA UNIT

Berdasarkan tabel standar mutu gula, terdapat beberapa kriteria pengujian yang harus dipenuhi agar produk dianggap layak konsumsi. Parameter utama mencakup kadar sukrosa yang diukur secara polarimetrik, dengan batas minimal 99,80 °Z untuk kelas I dan 99,70 °Z untuk kelas II, serta kadar gula reduksi yang tidak boleh melebihi 0,04%. Selain itu, kadar air yang diperoleh melalui uji susut pengeringan dibatasi maksimal 0,05%, sedangkan warna larutan ditetapkan tidak lebih dari 45 IU untuk kelas I dan 80 IU untuk kelas II. Standar ini diterapkan untuk menjamin kualitas dan keamanan gula bagi konsumen.

II.6. Uraian Proses

Produksi gula kristal putih di pabrik PT. Kebun Tebu Mas (KTM) menggunakan metode defekasi-sulfitasi untuk memurnikan nira dari tebu. Pada proses defekasi, susu kapur (milk of lime) ditambahkan untuk menstabilkan pH nira. Sementara pada proses sulfitasi, nira mentah diproses dengan Ca(OH)₂ hingga bersifat basa kemudian dinetralkan dengan gas CO₂. Tahapan produksi gula ini terbagi menjadi enam unit utama, yakni:



1. Stasiun Gilingan

Proses penggilingan tebu dilakukan melalui dua tahapan utama, yakni pendahuluan dan ekstraksi. Setelah ditimbang, tebu diangkut menggunakan lori menuju stasiun penggilingan. Batang tebu yang masih utuh kemudian dipotong dan dicacah dengan cane cutter serta crusher hingga berbentuk serabut berukuran kurang lebih 5 cm. Serabut tersebut selanjutnya digiling untuk memperoleh nira, dengan penambahan air imbibisi agar pemerasan lebih efisien sekaligus mengurangi kehilangan gula pada ampas. Nira yang dihasilkan masih berstatus nira mentah karena mengandung kotoran sehingga dialirkan ke stasiun pemurnian, sedangkan ampasnya digunakan sebagai bahan bakar boiler

2. Stasiun Pemurnian

Zat-zat bukan gula yang terdapat dalam nira dipisahkan dengan pengaturan suhu, pH dan waktu tinggal pada setiap peralatan, sehingga sukrosa yang terkandung tidak mengalami inversi atau pencampuran. Sebagian besar senyawa non-gula tersebut akan terpisah dalam bentuk endapan. Nira yang dihasilkan dari proses ini kemudian disebut sebagai nira jernih

3. Stasiun Penguapan

Nira jernih yang dihasilkan dari proses pemurnian masih memiliki kandungan air cukup tinggi, sehingga perlu dilakukan tahap penguapan sebelum memasuki proses kristalisasi. Tahap ini bertujuan untuk mengurangi kadar air sekaligus mengefisienkan pemakaian uap pada proses kristalisasi selanjutnya. Penguapan dilakukan dengan cara memanaskan nira hingga suhunya mencapai 30–32°C. Proses ini berlangsung di dalam alat penguap vakum, yaitu ruang hampa dengan tekanan rendah yang memungkinkan air lebih mudah menguap. Kondisi vakum memungkinkan penguapan terjadi secara cepat tanpa merusak mutu nira, sehingga dapat diproses lebih lanjut pada tahap kristalisasi gula

4. Stasiun Pemasakan (Boiling)

Nira kental hasil proses penguapan kemudian dimasak lebih lanjut untuk membentuk kristal gula. Tahap kristalisasi ini dilakukan dalam kondisi vakum agar suhu pemasakan dapat dikendalikan pada tekanan rendah, sehingga proses berjalan efisien dan kualitas kristal tetap terjaga. Pembentukan kristal tidak dilakukan sekaligus, melainkan melalui beberapa tahap pemasakan untuk memperoleh ukuran kristal yang seragam sesuai standar. Pada setiap tahap, pertumbuhan kristal dipantau agar tidak terjadi pembentukan kristal yang terlalu halus atau terlalu kasar. Hasil akhir dari proses ini adalah massecuite, yaitu larutan kristal gula yang masih bercampur dengan stroop atau nira kental yang menyelubungi kristal tersebut. Massecuite inilah yang kemudian menjadi bahan utama untuk tahap pemisahan lebih lanjut dalam proses produksi gula

5. Stasiun Putaran

Kristal gula yang terdapat di dalam massecuite dipisahkan dari stroop melalui proses sentrifugasi. Prinsip pemisahan ini didasarkan pada gaya sentrifugal yang dihasilkan dari putaran alat berkecepatan tinggi, sehingga kristal gula dapat terpisah dari cairan stroop. Proses sentrifugasi dilaksanakan secara bertahap menyesuaikan jenis massecuite yang diproses, sebab tiap jenis memiliki perbedaan komposisi dan karakteristik. Pada tahap awal, stroop yang menyelimuti kristal gula sebagian besar dipisahkan kemudian tahap lanjutan dilakukan untuk memperoleh hasil pemurnian yang lebih optimal. Stroop hasil pemisahan biasanya dimanfaatkan kembali dalam proses kristalisasi ulang guna meningkatkan rendemen gula

6. Stasiun Penyelesaian

Gula yang keluar dari stasiun putaran masih memiliki kadar air cukup tinggi, sehingga perlu melalui tahap pengeringan dan pendinginan. Proses ini dilakukan menggunakan sugar dryer yang berfungsi mengurangi kadar air pada kristal gula. Pengeringan berlangsung dengan cara menghembuskan udara panas sambil memutar gula agar prosesnya merata.



Suhu pengeringan dijaga pada kisaran 15–20°C untuk memastikan kestabilan proses. Setelah tahap ini, diperoleh gula dengan kadar air yang sesuai standar sekaligus memiliki suhu yang optimal untuk penyimpanan maupun tahap pengemasan