

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Gula**

Salah satu dari sembilan pokok kebutuhan yaitu gula yang mana pengadaan dan distribusinya diatur oleh pemerintah. Gula memiliki rumus molekul  $C_{12}H_{22}O_{11}$  dan berbentuk kristal dengan ukuran hampir seragam berkisar 0,8-1,2 mm (Sinuhaji, 2017). Sedangkan menurut (Wahyudi, 2013). Gula adalah suatu karbohidrat sederhana yang menjadi sumber energi dan komoditi perdagangan utama. Gula paling banyak diperdagangkan dalam bentuk kristal sukrosa padat. Gula digunakan untuk mengubah rasa menjadi manis untuk makanan atau minuman. Gula sederhana, seperti glukosa (yang diproduksi dari sukrosa dengan enzim atau hidrolisis asam), menyimpan energi yang akan digunakan oleh sel. Gula sebagai sukrosa diperoleh dari nira tebu, bit gula, atau aren. Gula merupakan hal paling banyak digunakan dan memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Berbagai makanan dan minuman menggunakan bahan dari gula untuk pemanis misalnya untuk makanan kue, biskuit, roti, martabak manis dan sebagainya. Karena kebutuhan gula semakin bertambah hampir 95%, maka produksi gula semakin meningkat. Mengenai sejarah negara-negara maju gula sangat di perlukan selamanya sehingga kebutuhan akan gula semakin meningkat.

##### **2.1.1 Jenis – Jenis Gula**

Menurut Wahyudi (2013), gula terbagi ke dalam beberapa macam berdasarkan warnanya yaitu:

a) *Raw Sugar*

*Raw sugar* berasal dari bahan baku tebu dengan bentuk kristal berwarna kecoklatan. Gula ini di dapat dari pabrik-pabrik penggilingan tebu yang tidak

memiliki unit *bleaching* dan disebut gula setengah jadi, gula inilah yang banyak diimpor yang nantinya akan dijadikan gula rafinasi maupun gula kristal putih.

#### b) Gula Rafinasi

Rafined Sugar *Refined Sugar* atau gula rafinasi merupakan hasil olahan lebih lanjut dari gula mentah atau *raw sugar* melalui proses defikasi yang tidak dapat langsung dikonsumsi oleh manusia sebelum diproses lebih lanjut. Yang membedakan dalam proses produksi gula rafinasi dan gula kristal putih yaitu gula rafinasi menggunakan proses karbonasi sedangkan gula kristal putih menggunakan proses sulfitasi. Gula rafinasi digunakan oleh industri makanan dan minuman sebagai bahan baku. Peredaran gula rafinasi ini dilakukan secara khusus dimana distributor gula rafinasi ini tidak bisa sembarangan beroperasi namun harus mendapat persetujuan serta penunjukkan dari pabrik gula rafinasi yang kemudian disahkan oleh Departemen Perindustrian. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi “rembesan” gula rafinasi ke rumah tangga.

#### c) Gula Kristal Putih

Gula kristal putih memiliki nilai ICUMSA antara 250-450 IU. Departemen Perindustrian mengelompokkan gula kristal putih ini menjadi tiga bagian yaitu Gula kristal putih 1 (GKP 1) dengan nilai ICUMSA 250, Gula kristal putih 2 (GKP 2) dengan nilai ICUMSA 250-350 dan Gula kristal putih 3 (GKP 3) dengan nilai ICUMSA 350-4507. Semakin tinggi nilai ICUMSA maka semakin coklat warna dari gula tersebut serta rasanya semakin manis. Gula tipe ini umumnya digunakan untuk rumah tangga dan diproduksi oleh pabrik-pabrik gula didekat perkebunan tebu dengan cara menggiling tebu dan melakukan proses pemutihan, yaitu dengan teknik sulfitasi.

## 2.2 Gula Tebu

Gula tebu adalah gula yang dihasilkan dari tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) dan merupakan gula yang paling banyak dikonsumsi. Gula tebu ini termasuk golongan gula sukrosa dengan kandungan sukrosa pada batang tebu (10-12%). Pengolahan gula ini berasal dari bagian batang yang akan menghasilkan nira yang nantinya akan di proses menjadi berbagai jenis olahan yang dihasilkan seperti gula cair, gula pasta, gula kristal dan gula tepung. Produksi gula tebu yang paling banyak biasanya dalam bentuk gula kristal.

### 2.2.1 Gula Tebu di Indonesia

Negara yang berpotensi menjadi produsen gula dunia karena dukungan agroekosistem yaitu Indonesia, dengan luas lahan, dan tenaga kerja yang melimpah. Prospek pasar gula di Indonesia cukup menjanjikan karena diperkirakan konsumsi gulanya mencapai 4,2-4,7 juta ton/tahun. Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi masyarakat dan industri yang saat ini masih terus menjadi masalah karena masih terjadi kekurangan produksi dalam negeri, sementara kebutuhan gula masyarakat Indonesia terus meningkat. (Apriawan dkk, 2015)

Setiap tahun, daerah – daerah di Indonesia memiliki potensi untuk memproduksi tanaman tebu. Pemerintah telah melakukan pendataan setiap tahun untuk mengetahui perkembangan produksi tanaman tebu dari setiap daerah di Indonesia. Berikut adalah data jumlah produksi tanaman tebu Provinsi tahun 2017.

**Tabel 2.1** Data Jumlah Produksi Tanaman Tebu di Indonesia pada Tahun 2017

No	Provinsi Province	PBN / Government Estates		PBS / Private Estates		PR / Smallholder		Jumlah Total	
		Luas Area (Ha)	Produksi Production (Ton)	Luas Area (Ha)	Produksi Production (Ton)	Luas Area (Ha)	Produksi Production (Ton)	Luas Area (Ha)	Produksi Production (Ton)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	Aceh	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Sumatera Utara	2 900	5 838	-	-	1 608	3 744	4 508	9 582
3	Sumatera Barat	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Riau	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Jambi	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Sumatera Selatan	9 509	36 483	9 263	52 461	350	1 039	19 122	89 983
7	Bengkulu	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Lampung	4 935	25 748	103 152	558 028	3 704	15 876	111 791	599 652
9	Bangka Belitung	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Kepulauan Riau	-	-	-	-	-	-	-	-
11	DKI Jakarta	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Jawa Barat	15 414	66 923	-	-	3 227	15 463	18 641	82 386
13	Jawa Tengah	820	3 669	816	3 157	31 023	127 999	32 659	134 825
14	D.I. Yogyakarta	-	-	-	-	6 845	22 266	6 845	22 266
15	Jawa Timur	23 348	125 539	932	3 974	177 700	1 017 192	201 980	1 146 705
16	Banten	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Bali	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Nusa Tenggara Barat	-	-	1 066	4 188	2 060	7 209	3 126	11 397
19	Nusa Tenggara Timur	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Kalimantan Barat	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Kalimantan Tengah	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Kalimantan Selatan	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Kalimantan Timur	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Kalimantan Utara	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Sulawesi Utara	-	-	-	-	-	-	-	-
26	Sulawesi Tengah	-	-	-	-	-	-	-	-
27	Sulawesi Selatan	11 623	38 075	-	-	1 330	3 317	12 953	41 392
28	Sulawesi Tenggara	-	-	-	-	-	-	-	-
29	Gorontalo	-	-	8 521	52 791	-	-	8 521	52 791
30	Sulawesi Barat	-	-	-	-	-	-	-	-
31	Maluku	-	-	-	-	-	-	-	-
32	Maluku Utara	-	-	-	-	-	-	-	-
33	Papua Barat	-	-	-	-	-	-	-	-
34	Papua	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Indonesia</b>		<b>68 549</b>	<b>302 275</b>	<b>123 750</b>	<b>674 599</b>	<b>227 847</b>	<b>1 214 105</b>	<b>420 146</b>	<b>2 190 979</b>

(Sumber: Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian. Statistik Perkebunan Indonesia, 2017)

Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu provinsi terbesar dengan jumlah penduduk terbanyak di Indonesia. Selain itu, luas wilayah yang sangat besar menjadikan Provinsi Jawa Barat memiliki luas perkebunan yang dapat menghasilkan sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan gula serta

meningkatkan ekonomi di masyarakat. Tanaman tebu merupakan sumber daya alam yang dapat meningkatkan ekonomi masyarakat serta memenuhi kebutuhan gula. Tanaman tebu merupakan salah satu komoditi yang tersebar pada perkebunan rakyat dan perkebunan swasta. Berikut data luas area dan produksi tanaman tebu menurut kepemilikan di Jawa Barat 2016.

**Tabel 2.2** Data Luas Area dan Produksi Tanaman Tebu Menurut Kepemilikan di Jawa Barat Tahun 2016

Kabupaten/Kota	Perkebunan Rakyat		Perkebunan Besar Swasta	
	Luas Areal (Hektar)	Produksi (Ton)	Luas Areal (Hektar)	Produksi (Ton)
Kabupaten				
1. Bogor	-	-	-	-
2. Sukabumi	-	-	-	-
3. Cianjur	-	-	-	-
4. Bandung	-	-	-	-
5. Garut	88,00	720,00	-	-
6. Tasikmalaya	-	-	-	-
7. Ciamis	-	-	-	-
8. Kuningan	540,00	2.323,00	-	-
9. Cirebon	4.312,00	23.118,00	-	-
10. Majalengka	623,00	2.813,00	3.113,00	12.556,00
11. Sumedang	66,00	270,00	-	-
12. Indramayu	315,00	1.414,00	4.234,00	16.702,00
13. Subang	126,00	470,00	4.535,00	17.096,00
14. Purwakarta	-	-	-	-
15. Karawang	-	-	-	-
16. Bekasi	-	-	-	-
17. Bandung Barat	-	-	-	-
18. Pangandaran	-	-	-	-
Kota				
1. Bogor	-	-	-	-
2. Sukabumi	-	-	-	-
3. Bandung	-	-	-	-
4. Cirebon	-	-	-	-
5. Bekasi	-	-	-	-
6. Depok	-	-	-	-
7. Cimahi	-	-	-	-
8. Tasikmalaya	-	-	-	-
9. Banjar	-	-	-	-
Jawa Barat	6.671,00	31.133,00	11.882,00	46.355,00

(Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat Tahun 2016)

Menurut Dewan Gula Indonesia, swasembada untuk suatu produk di suatu Negara akan tercapai apabila secara netto jumlah produk dalam negeri minimal mencapai 90% dari jumlah konsumsi domestiknya, baik untuk memenuhi

konsumsi rumah tangga, industri maupun neraca perdagangan nasional. Target pencapaian swasembada gula terbagi atas 3 tahap yaitu : (1) swasembada gula konsumsi untuk memenuhi kebutuhan langsung rumah tangga pada tahun 2009 sebesar 2,7 ton, yang ditargetkan dipenuhi pada tahun 2008. (2) Pada tahun 2010-2014 swasembada gula konsumsi mencapai neraca perdagangan gula nasional langsung ke rumah tangga, industri . (3) pada tahun 2015-2025 swasembada gula yang difokuskan pada modernisasi industri berbasis tebu dengan pengembangan industri produk pendamping tebu (PPGT) yang memiliki nilai tambah.

Ada empat hal mendasar yang melatarbelakangi pentingnya swasembada gula di Indonesia, yaitu (1) menjaga ketahanan pangan, bahwa gula merupakan salah satu dari kebutuhan pokok masyarakat dengan tingkat kebutuhan yang tinggi, sehingga perlu senantiasa tersedia dalam jumlah yang cukup dan tingkat harga yang wajar akan lebih terjamin apabila tidak tergantung pada pasar dunia, dan (2) untuk memaksimalkan kapasitas terpasang pabrik gula yaitu sekitar 197 ribu ton tebu per hari (TTH). Karena hal ini terutama disebabkan oleh rendahnya produktivitas hablur dan rendemen yang diindikasikan dengan jumlah areal yang terus meningkat sedangkan produktivitas tebunya menurun, dan (3) untuk mengembangkan industri gula domestik yang sangat potensial untuk memenuhi kebutuhan konsumsi nasional, didukung sekitar 44 ribu hektar tersebar di Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sumatera, dan Sulawesi, serta sekitar 284,5 ribu Ha lahan potensial di Papua, Kalimantan dan kawasan timur lainnya, serta (4) untuk menghemat devisa yang membiayai impor gula dan sekaligus juga untuk melindungi industri gula dalam negeri dari persaingan global yang kurang sehat.

(Ferdinand dkk, 2011)

### 2.2.2 Tanaman Tebu

Salah satu anggota dari Familia Graminae, sub familia Andropogonae yaitu tanaman tebu . Banyak ahli berpendapat bahwa tebu berasal dari Irian, dan dari sana menyebar ke kepulauan indonesia yang lain, Malaysia, Filipina, Thailand, Burma dan India. Dari India kemudian dibawa ke Iran sekitar tahun 600 M dan selanjutnya oleh orang-orang Arab dibawa ke Mesir, Maroko, Zanzibar dan Spanyol. Beberapa peneliti yang lain berkesimpulan bahwa tanaman ini berasal dari India berdasarkan catatan-catatan kuno dari negeri tersebut. Bala tentara Alexander the Great mencatat adanya tanaman di negeri itu ketika mencapai India pada tahun 325 SM. Dari perkembangan zaman, tanaman tebu terus ditemukan dengan varietas warna pada batang tebu yang berbeda-beda berikut ini gambar tanaman tebu yang secara umum sering dijumpai dapat dilihat pada gambar 2.1



**Gambar 2. 1** Tanaman Tebu

(Sumber : [www.TeknologiPertanian.com](http://www.TeknologiPertanian.com))

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan tanaman perkebunan semusim. Tebu termasuk ke dalam famili poaceae atau lebih dikenal sebagai kelompok rumput-rumputan serta tumbuh di dataran rendah daerah tropika dan dapat tumbuh juga di sebagian daerah subtropika. Tebu merupakan komoditas perkebunan

terpenting di Indonesia. Industri gula dan produk hilir berkaitan erat dengan perkebunan tebu. Hal penting dalam mewujudkan tujuan swasembada gula nasional adalah kondisi hulu perkebunan tebu.

(Destriyani dkk, 2014)

Tebu memiliki manfaat utama yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan gula pasir. Ampas tebu atau lazimnya disebut bagasse merupakan hasil samping dari proses ekstraksi cairan tebu dimana cairan tebu yang didapat yang berasal dari bagian batang tanaman tebu yang dapat dihasilkan ampas tebu sekitar 35-40% dari berat tebu yang digiling dari satu pabrik. Untuk lebih jelasnya, berikut ini gambar tanaman tebu dari hasil proses penggilingan dapat dilihat pada gambar 2.2



**Gambar 2. 2** Ampas Tebu

(Sumber: warstek.com)

### **2.2.3 Deskripsi *Saccharum officinarum* L (Tanaman Tebu)**

#### **1. Batang**

Tanaman tebu mempunyai sosok yang tinggi, kurus, tidak bercabang dan tumbuh tegak. Tinggi batangnya dapat mencapai lebih kurang 3-5 m. Kulit



batang keras berwarna hijau, kuning, ungu, merah tua atau kombinasinya. Pada batang terdapat lapisan lilin yang berwarna putih ke abu-abuan dan umumnya terdapat pada tanaman tebu yang masih muda.

## 2. Daun

Daun yang hanya terdiri dari pelepah dan helaian daun-daunan, tanpa tangkai daun merupakan daun tebu. Daun berpangkal pada buku batang dengan kedudukan yang berseling. Pelepah memeluk batang, makin ke atas makin sempit. Pada pelepah terdapat bulu-bulu dan telinga daun.

## 3. Akar

Akar-akar pada tebu memiliki khas berupa serabut yang panjangnya dapat mencapai satu meter. Ketika tanaman muda atau bibit tumbuh, ada 2 macam akar yang dapat terbentuk yaitu akar setek dan akar tunas. Akar tunas berasal dari tunas, berumur panjang, dan tetap ada selama tanaman masih tumbuh.

## 4. Bunga

Bunga tebu merupakan bunga majemuk yang tersusun atas mulai dengan pertumbuhan terbatas. Panjang bunga majemuk 70-90 cm. Setiap bunga mempunyai tiga daun kelopak, satu daun mahkota, tiga benang sari dan dua kepala putik.

### 2.2.4 Klasifikasi Tanaman Tebu

Tebu atau *Sugar Cane* adalah tanaman yang memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i> (tumbuhan)
Sub Kingdom	: <i>Tracheobionta</i> (tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: <i>Spermatophyta</i> (menghasilkan biji)
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i> (tumbuhan berbunga)
Kelas	: <i>Liliopsida</i> (berkeping satu /monokotil)
Sub Kelas	: <i>Commelinidae</i>
Ordo	: <i>Poales</i>

Famili : *Graminae* atau *Poaceae* (suku rumput-rumputan)  
Genus : *Saccharum*  
Spesies : *Saccharum officinarum* Linn

### 2.2.5 Kandungan Tanaman Tebu

Pada daerah yang beriklim panas atau tropis dengan kelembaban untuk pertumbuhan cukup yaitu  $> 70\%$  serta suhu udara berkisar antara  $28^{\circ}\text{C} - 34^{\circ}\text{C}$  sangat baik untuk tumbuh seperti tanaman tebu. Tanah yang baik adalah tanah subur dan cukup air tetapi tidak tergenang yang sangat cocok untuk tanaman tebu. Fase-fase pertumbuhan tanaman tebu biasanya jatuh pada umur 3 sampai 8 bulan dengan fase pemasakan pada umur 9 sampai 12 bulan dengan ditandainya pada bagian batang tebu mengeras dan berubah warna menjadi kuning pucat. Saat menanam tebu pengolahan tanah dilakukan pada musim kemarau sampai akhir musim hujan, sedangkan untuk proses penanamannya dilakukan awal musim kemarau hingga menjelang hujan. Dari proses pertumbuhan tanaman tebu yang telah dijelaskan. Berikut ini adalah kandungan yang terdapat pada batang tebu:

1. Air (75 – 85%)

Komponen harus dihilangkan sebanyak-banyaknya yaitu air, dimana komponen ini yang paling besar terkandung dalam tebu sehingga perlu dilakukan proses penguapan dan kristalisasi.

2. Sukrosa (10 – 12%)

Komponen yang terdapat di semua tebu yaitu Sukrosa , sedangkan kandungan sukrosa yang terbanyak terdapat pada bagian batang dengan sifat stabil dalam suasana alkalis yang memiliki titik lebur  $187^{\circ}\text{C}$ .

3. Gula Reduksi (0,5 – 2%)

Glukosa dan fruktosa yang merupakan gula reduksi dengan perbandingan yang berlebihan satu sama lain. Semakin matang tebu, semakin sedikit gula reduksinya. Proses pemecahan dalam gula reduksi akan menimbulkan kerugian

pada industri gula ketika suhu tinggi dan pH tinggi perlu dihindarkan karena akan mempercepat perpecahan gula reduksi.

#### 4. Senyawa Organik (0,5 – 1%)

Dalam tanaman tebu senyawa organik sebagian besar dalam bentuk asam laktat, asam suksinat dan asam glukonat. Saat tebu busuk akan terjadi oksidasi asam menjadi asam laktat. Proses inverse akan semakin cepat dengan adanya asam laktat. Inverse dapat dicegah dengan cara mempertahankan  $pH > 7$  dengan temperatur proses yang tidak terlalu tinggi.

#### 5. Senyawa Anorganik (0,2 – 0,6%)

Senyawa berikut  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $K_2O$ ,  $SO_3$ , dan  $H_2SO_4$  merupakan senyawa anorganik dalam tebu yang berasal dari tanah dan pupuk dan nantinya akan dipisahkan pada proses pemurnian.

#### 6. Senyawa Fosfat

Senyawa ini berperan penting karena berfungsi untuk menarik dan mengendapkan kotoran pada proses pemurnian.

#### 7. Serabut

Rangka tanaman tebu yang berasal dari selulosa dan hemiselulosa disebut serabut. Ciri umumnya adalah keras karena adanya lignin dan pektin. Serabut merupakan semua bagian tebu tanpa nira. Saat serabut dipanaskan atau dikeringkan maka 50% dari serabut adalah selulosa. Badan tebu pada dasarnya berasal dari bahan padat dan bahan cair. Mulai dari pangkal sampai ujung batangnya mengandung nira dengan kadar mencapai 29%. Nira inilah yang akan diambil untuk dijadikan kristal-kristal gula. Berikut disajikan secara rinci kandungan nira didalam batang tebu dapat dilihat pada tabel 2.3

**Tabel 2.3** Kandungan Nira Batang Tebu

Komponen	Bahan Padat Terlarut (%)
Gula	75-95
Sukrosa	70-94
Glukosa	2,0-4,0
Fruktosa	2,0-4,0
Garam	3,0-4,5
Anorganik	1,5-4,5
Organik	1,3-3,0
Asam Organik	1,5-5,5
Asam Karboksilat	1,1-3,0
Asam Amino	0,5-2,5
Protein	0,5-0,6
Pati	0,001-0,1
Gum	1,3-1,6
Lilin, Lemak, Fosfasida	0,005-0,15
Komponen Lainnya	3,0-5,0

(Sumber : *Chen & Choui*, 1993)

(Haryanti, 2015)

Terdapat beberapa cara untuk memperbanyak tanaman tebu yaitu bisa dengan biji, stek batang atau stek ujung. Untuk usaha pemuliaan tanaman dilakukan dengan perbanyakan biji. Secara komersil dilakukan dengan cara vegetatif atau stek batang dalam perbanyakan tanaman tebu. Rata-rata di Jawa setiap 1 ha

kebun bibit dapat memenuhi kebutuhan 8 ha kebun tebu giling, sedangkan di luar Jawa lebih kecil lagi, 1 ha kebun bibit hanya dapat memenuhi kebutuhan 6 ha kebun tebu giling. (Dhiyaudzdzikrillah, 2011)

### 2.2.6 Proses Pembuatan Gula

Pembuatan gula dari tebu adalah proses pemisahan sakarosa yang terdapat dalam batang tebu dari zat-zat lain seperti air, zat organik, sabut. Pemisahan dilakukan secara bertingkat dengan jalan tebu digiling dalam beberapa mesin penggiling sehingga diperoleh cairan yang disebut nira. Nira yang diperoleh dari mesin penggiling dibersihkan dari zat-zat bukan gula dengan pemanasan dan penambahan zat kimia. Sedangkan ampas digunakan bahan ketel uap. Proses pembuatan gula dikelompokkan berdasarkan jenis gula dan proses pemurniannya sebagai berikut :

#### a) Gula Kristal

Proses pembuatan gula kristal meliputi dua acara yaitu melalui proses pengkristalan serta proses pengeringan dengan getaran. Proses pemurnian dan penguapan nira sebagai berikut:

##### 1. Pemurnian nira dengan proses :

- Proses Defekasi

Defekasi adalah cara pemurnian yang paling sederhana dengan bahan pembantu hanya berupa kapur tohor. Kapur tohor berfungsi untuk menetralkan asam yang terdapat dalam nira. Nira ditambahkan kapur tohor hingga diperoleh pH sedikit alkalis (pH 7,2). Nira yang telah ditambah kapur tohor dipanaskan hingga mendidih. Endapan yang terbentuk kemudian dipisahkan.

- Proses Sulfitasi

Pada pemurnian cara sulfitasi pemberian kapur berlebihan. Kelebihan kapur ini dinetralkan kembali dengan gas sulfit. Pembentukan endapan  $\text{CaSO}_3$

terjadi akibat penambahan gas  $\text{SO}_2$  dan bergabung dengan  $\text{CaO}$ . Zat warna gelap akan terbentuk akibat adanya  $\text{SO}_2$  yang memperlambat reaksi antara asam amino dan gula reduksi.  $\text{SO}_2$  dalam larutan asam dapat mereduksi ion ferri sehingga menurunkan efek oksidasi.

Pelaksanaan proses sulfitasi adalah sebagai berikut :

➤ Sulfitasi dingin

Nira mentah disulfitasi sampai pH 3,8 kemudian diberi kapur sampai pH 7. Setelah itu dipanaskan sampai mendidih dan kotorannya diendapkan.

➤ Sulfitasi panas

Pada proses sulfitasi terbentuk garam  $\text{CaSO}_3$  berupa endapan namun lebih mudah larut dalam keadaan dingin, sehingga ketika dipanaskan akan terbentuk endapan pada pipa pemanas yang akan menyebabkan terbentuk kerak. Namun untuk mencegah hal ini pelaksanaan proses sulfitasi dimodifikasi sebagai berikut :

Nira mentah yang dipanaskan terlebih dahulu sampai suhu  $70\text{-}80^\circ\text{C}$ , kemudian disulfitasi, lalu diberi kapur tohor, selanjutnya dipanaskan hingga mendidih dan akhirnya terendapkan. Pada suhu kira-kira  $75^\circ\text{C}$  kelarutan  $\text{CaSO}_3$  paling kecil.

➤ Pengapuran sebagian dan sulfitasi

Bila sulfitasi panas tidak dapat memberikan hasil yang baik maka dipakai cara modifikasi berikut : pengapuran pertama sampai pH 8,0 pemanasan sampai  $50\text{-}70^\circ\text{C}$ , sulfitasi sampai pH 5,1 – 5,3 pengapuran kedua sampai pH 7 – 7,2 dilanjutkan dengan pemanasan dengan pemanasan sampai mendidih dan pengendapan. ( E.Hugot , 1960 ).

Pelaksanaan sulfitasi dipandang dari sudut kimia dibagi menjadi 3 yaitu :

➤ Sulfitasi Asam

Nira mentah disulfitasi dengan  $\text{SO}_2$  sehingga dicapai pH nira 3,2. Sesudah sulfitasi nira diberi larutan kapur sehingga pH 7,0 – 7,3.

➤ Sulfitasi Alkalis

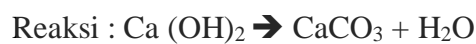
Pemberian larutan kapur sehingga pH nira 10,5 dan sesudah itu diberi  $\text{SO}_2$  pH nira menjadi 7,0 – 7,3.

➤ Sulfitasi netral

Pemberian larutan kapur sehingga pH nira 8,5 dan ditambah gas  $\text{SO}_2$  pH nira menjadi 7,0 – 7,3.

• Proses Karbonat

Cara ini merupakan cara yang paling baik dibanding dengan kedua cara diatas. Sebagai bahan pembantu untuk pemurnian nira adalah susu kapur dan gas  $\text{CO}_2$ . Pemberian kapur tohor berlebih dengan ditambahkan gas  $\text{CO}_2$  yang berguna untuk menetralkan kelebihan kapur yang dapat mengangkat kotoran-kotoran yang terkandung dalam nira sehingga dapat dipisahkan.



Karena terbentuknya endapan  $\text{CaCO}_3$  cukup banyak maka endapan dapat dengan mudah dipisahkan. ( E. Hugot, 1960 ). Setelah proses pemurnian selesai untuk pembuatan dengan cara kristalisasi nira mengalami proses penguapan terlebih dahulu.

2. Penguapan

Setelah mengalami proses pemurnian nira, nira masih memiliki kandungan air yang sedikit, namun air ini harus dipisahkan agar didapatkan nira murni dengan menggunakan alat penguap. Penguapan adalah suatu proses menghilangkan zat pelarut dari dalam larutan dengan menggunakan panas. Zat pelarut dalam proses penguapan nira adalah air. Bila nira dipanaskan terjadi penguapan molekul air. Akibat penguapan, nira akan menjadi kental. Sumber panas yang digunakan adalah uap panas. Pada pemakaian uap panas terjadilah peristiwa pengembunan. Sistem penguapan yang dipakai perusahaan gula adalah penguapan efek banyak .

Proses pembuatan gula kristal dengan melalui cara kristalisasi dan pengeringan getar yaitu:

a. Pengkristalan

Proses pengkristalan adalah salah satu langkah dalam rangkaian proses di pabrik gula dimana akan dikerjakan pengkristalan gula dari larutan yang mengandung gula. Dalam larutan encer jarak antara molekul satu dengan yang lain masih cukup besar. Pada proses penguapan jarak antara masing-masing molekul dalam larutan tersebut saling mendekat. Apabila jaraknya sudah cukup dekat masing-masing molekul dapat saling tarik menarik. Apabila pada saat itu disekitarnya terdapat sakarosa yang melarut dan molekul sakarosa yang menempel, keadaan ini disebut sebagai larutan jenuh.

Pada tahap selanjutnya, molekul-molekul dalam larutan bergabung membentuk rantai-rantai molekul sukrosa jika kepekatan meningkat. Sedangkan jika kepekatan semakin tinggi maka rantai-rantai sukrosa dapat bergabung dan membentuk suatu kerangka atau pola kristal sukrosa.

b. Pengeringan

Gula yang keluar dari alat pemutar ditampung dalam alat *shakeer*. Talang goyang ini selain berfungsi sebagai alat pengaduk, juga sebagai alat pengering gula. Pengeringan ini menggunakan udara yang dihembuskan dari bawah, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi kadar air dalam gula. Setelah pengeringan gula dimasukkan dalam karung dan disimpan digudang.

b) Gula Tepung

Proses pembuatan gula tepung meliputi dua cara yaitu melalui proses pengkristalan dengan penggilingan serta proses pengeringan semprot dari nira cair. Proses pemurnian dan penguapan nira sebagai berikut :

1. Pemurnian nira dengan proses :

- Proses Defekasi



Defekasi adalah cara pemurnian yang paling sederhana dengan bahan pembantu hanya berupa kapur tohor. Kapur tohor berfungsi untuk menetralkan asam yang terdapat dalam nira. Nira ditambahkan kapur tohor hingga diperoleh pH sedikit alkalis (pH 7,2). Nira yang telah ditambah kapur tohor dipanaskan hingga mendidih. Endapan yang terbentuk kemudian dipisahkan.

- Proses Sulfitasi

Pada pemurnian cara sulfitasi pemberian kapur berlebihan. Kelebihan kapur ini dinetralkan kembali dengan gas sulfit. Pembentukan endapan  $\text{CaSO}_3$  terjadi akibat penambahan gas  $\text{SO}_2$  dan bergabung dengan  $\text{CaO}$ . Zat warna gelap akan terbentuk akibat adanya  $\text{SO}_2$  yang memperlambat reaksi antara asam amino dan gula reduksi.  $\text{SO}_2$  dalam larutan asam dapat mereduksi ion ferri sehingga menurunkan efek oksidasi.

Pelaksanaan proses sulfitasi adalah sebagai berikut :

- Sulfitasi dingin

Nira mentah disulfitasi sampai pH 3,8 kemudian diberi kapur sampai pH 7. Setelah itu dipanaskan sampai mendidih dan kotorannya diendapkan.

- Sulfitasi panas

Pada proses sulfitasi terbentuk garam  $\text{CaSO}_3$  yang lebih mudah larut dalam keadaan dingin, sehingga waktu dipanaskan akan terjadi endapan pada pipa pemanas. Untuk mencegah hal ini pelaksanaan proses sulfitasi dimodifikasi sebagai berikut :

Dimulai dengan nira mentah yang dipanaskan sampai 70-80°C, disulfitasi, diberi kapur, dipanaskan sampai mendidih dan akhirnya diendapkan. Pada suhu kira-kira 75°C kelarutan  $\text{CaSO}_3$  paling kecil.

- Pengapuran sebagian dan sulfitasi

Bila sulfitasi panas tidak dapat memberikan hasil yang baik maka dipakai cara modifikasi berikut : pengapuran pertama sampai pH 8,0 pemanasan sampai 50-70°C, sulfitasi sampai pH 5,1 – 5,3 pengapuran kedua sampai

pH 7 – 7,2 dilanjutkan dengan pemanasan dengan pemanasan sampai mendidih dan pengendapan. ( E.Hugot , 1960 ).

Pelaksanaan sulfitasi dipandang dari sudut kimia dibagi menjadi 3 yaitu :

➤ Sulfitasi Asam

Nira mentah disulfitasi dengan SO<sub>2</sub> sehingga dicapai pH nira 3,2. Sesudah sulfitasi nira diberi larutan kapur sehingga pH 7,0 – 7,3.

➤ Sulfitasi Alkalis

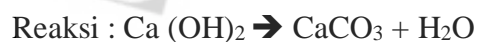
Pemberian larutan kapur sehingga pH nira 10,5 dan sesudah itu diberi SO<sub>2</sub> pH nira menjadi 7,0 – 7,3.

➤ Sulfitasi netral

Pemberian larutan kapur sehingga pH nira 8,5 dan ditambah gas SO<sub>2</sub> pH nira menjadi 7,0 – 7,3.

- Proses Karbonat

Cara ini merupakan cara yang paling baik dibanding dengan kedua cara diatas. Sebagai bahan pembantu untuk pemurnian nira adalah susu kapur dan gas CO<sub>2</sub>. Pemberian susu kapur berlebihan kemudian ditambah gas CO<sub>2</sub> yang berguna untuk menetralkan kelebihan susu sehingga kotoran-kotoran yang terdapat dalam nira akan diikat.



Karena terbentuknya endapan CaCO<sub>3</sub> cukup banyak maka endapan dapat dengan mudah dipisahkan. ( E. Hugot, 1960 ). Setelah proses pemurnian selesai untuk pembuatan dengan cara kristalisasi nira mengalami proses penguapan terlebih dahulu.

## 2. Penguapan

Setelah mengalami proses pemurnian nira, nira masih memiliki kandungan air yang sedikit, namun air ini harus dipisahkan agar didapatkan nira murni dengan menggunakan alat penguap. Zat pelarut dalam proses penguapan nira adalah air. Bila nira dipanaskan terjadi penguapan molekul air. Akibat penguapan, nira akan menjadi kental. Sumber panas yang digunakan adalah

uap panas. Pada pemakaian uap panas terjadilah peristiwa pengembunan. Sistem penguapan yang dipakai perusahaan gula adalah penguapan efek banyak .

Proses pembuatan gula kristal dengan melalui cara kristalisasi dan pengeringan getar yaitu:

a. Pengkristalan

Proses pengkristalan adalah salah satu langkah dalam rangkaian proses di pabrik gula dimana akan dikerjakan pengkristalan gula dari larutan yang mengandung gula. Dalam larutan encer jarak antara molekul satu dengan yang lain masih cukup besar. Pada proses penguapan jarak antara masing-masing molekul dalam larutan tersebut saling mendekat. Apabila jaraknya sudah cukup dekat masing-masing molekul dapat saling tarik menarik. Apabila pada saat itu disekitarnya terdapat sakarosa yang melarut dan molekul sakarosa yang menempel, keadaan ini disebut sebagai larutan jenuh.

Pada tahap selanjutnya, molekul-molekul dalam larutan bergabung membentuk rantai-rantai molekul sukrosa jika kepekatan meningkat. Sedangkan jika kepekatan semakin tinggi maka rantai-rantai sukrosa dapat bergabung dan membentuk suatu kerangka atau pola kristal sukrosa.

Setelah terbentuk menjadi gula kristal , gula kristal tersebut di giling dengan alat penggilingan hingga gula kristal berubah bentuk menjadi tepung gula atau kristal – kristal yang lebih kecil.

b. Pengeringan

Gula cair yang telah didapatkan, kemudian disemprotkan dibantu penyebarannya menggunakan *nozzle (atomizer)* lalu dikontakkan dengan udara panas. Penggunaan *nozzle (atomizer)* berfungsi untuk mengkabutkan keluaran gula cair agar proses pengeringan lebih cepat. (Santoso, 2011)

Tepung gula tebu yang dihasilkan secara kualitas harus memenuhi Standar Nasional Indonesia yang memuat pada SNI 01-3821-1995. Berikut tabel SNI 01-3821-1995 untuk tepung gula:

**Tabel 2.4** Standar Nasional Indonesi Pada Tepung Gula (SNI 01-3821-1995)

Tabel  
Syarat mutu

No	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan
1	Kecerdasan :		
1.1	Bau	-	normal
1.2	Rasa	-	normal
1.3	Warna	-	normal
2	Gula jumlah dihitung sebagai Sakarosa	% b/b	min. 93,0
3	Gula pereduksi	% b/b	maks. 0,2
4	Air	% b/b	maks. 0,2
5	Abu	% b/b	maks. 1,0
6	Benda asing	-	tidak boleh ada
6.1	Serangga	-	tidak boleh ada
7	Kehalusan		
	Lolos ayakan 80 mes	% b/b	min. 80
8	Bahan tambahan makanan	Sesuai dengan SNI 01-02222-1987 dan revisinya	
9	Cemaran logam		
9.1	Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 2,0
9.2	Tembaga (Cu)	mg/kg	maks. 20,0
9.3	Seng (Zn)	mg/kg	maks. 40,0
9.4	Timah (Sn)	mg/kg	maks. 40,0
9.5	Raksa (Mg)	mg/kg	maks. 0,03
10.	Cemaran arsen (As)	mg/kg	maks. 1,0
11.	Cemaran mikroba		
11.1	Angka lempeng total	koloni/g	maks. $3 \times 10^3$
11.2	Bakteri bentuk koli	APM/g	maks. < 3

(Sumber: [www.scribd.com](http://www.scribd.com))

### 2.3 Pengeringan

Pengeringan adalah teknik umum dalam pengawetan makanan yang merupakan aspek yang sangat penting dari pengolahan makanan dan dapat digunakan untuk

menghasilkan produk baru.(Rif'an dkk, 2017). Sedangkan menurut (Mc. Cabe, 1993) proses pengeringan adalah pengurangan kandungan zat cair dengan cara pemisahan sejumlah kecil air atau zat cair lain dari suatu bahan. Langkah terakhir dari sederetan operasi yaitu proses pengeringan dimana hasil pengeringan akan memasuki proses pengemasan.

Prinsip pengeringan biasanya akan melibatkan dua kejadian, yaitu panas harus diberikan pada bahan yang akan dikeringkan, dan air harus dikeluarkan dari dalam bahan. Dua fenomena ini menyangkut perpindahan panas ke dalam dan perpindahan massa keluar.

Pengeringan memiliki tujuan untuk mengurangi kandungan air dalam produk sampai terhentinya proses mikroorganisme dan kegiatan enzim penyebab pembusukan. Sehingga bahan yang dikeringkan memiliki waktu simpan yang lama. (Aini, 2016)

Udara pada proses pengeringan berfungsi sebagai medium pengering pada bahan, yang menyebabkan penguapan air dari dalam bahan serta berfungsi mengangkut air yang teruapkan. Kecepatan pengeringan akan naik apabila kecepatan udara ditingkatkan. Saat kadar air akhir mulai mencapai kesetimbangan, maka proses pengeringan akan berlangsung lebih cepat atau waktu pengeringan meningkat.

### **2.3.1 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Pengeringan**

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengeringan diantaranya:

#### **1. Luas Permukaan**

Makin luas permukaan bahan maka proses pengeringan semakin cepat, bahan menjadi kering karena air menguap melalui permukaan bahan. Proses pengecilan ukuran dapat mempercepat proses pengeringan dengan mekanisme sebagai berikut:

- Pengecilan ukuran memperluas permukaan bahan. Luas permukaan bahan yang semakin kecil menyebabkan permukaan yang dapat kontak dengan medium pemanas menjadi lebih baik.
- Luas permukaan yang besar juga menyebabkan air lebih mudah berdifusi atau menguap dari bahan pangan sehingga kecepatan penguapan air lebih cepat dan bahan menjadi lebih cepat kering.
- Ukuran yang kecil menyebabkan penurunan jarak yang harus ditempuh oleh panas, karena jarak pergerakan air dari pusat bahan pangan ke permukaan bahan menjadi lebih pendek dan bahan menjadi lebih cepat kering.

## 2. Perbedaan Suhu dan Udara Sekitarnya

Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan maka semakin cepat proses perpindahan panas ke dalam bahan dan makin cepat pula penguapan air dari bahan pangan. Semakin tinggi suhu udara, semakin tinggi kemampuan udara untuk menampung air, sebelum udara mengalami kejenuhan. Dapat disimpulkan semakin tinggi suhu udara, kemampuan mengambil air dari dalam bahan pada proses pengeringan akan lebih cepat.

## 3. Kecepatan Aliran Udara

Semakin tinggi kecepatan alir udara dapat mencegah terjadinya udara jenuh pada permukaan bahan karena semakin banyak uap air yang hilang. Jika aliran udara sekitar tempat pengeringan berlangsung dengan baik maka proses pengeringan akan lebih cepat.

## 4. Tekanan Udara

Semakin kecil tekanan udara atau semakin kecil kerapatan udara maka semakin banyak uap air yang dapat diangkut dari dalam bahan, karena semakin besarnya kemampuan udara untuk mengangkut air dalam bahan. Sebaliknya jika tekanan udara semakin besar maka proses atau laju pengeringan semakin lambat, karena udara sekitar pengeringan yang lembab sehingga kemampuan menampung air terbatas.

## 5. Kelembaban Udara

Semakin lembab udara maka proses pengeringan akan semakin lama. Karena udara kering dapat mengabsorpsi dan menahan uap air. Setiap bahan mempunyai keseimbangan kelembaban masing-masing.

(Ratnasari, 2014)

### 2.3.2 Metode Proses Pengeringan

Pengeringan secara mekanis dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu :

#### 1. *Continuous Dryer*

Proses *steady state* dimana pengeringan dilakukan dengan cara kontak langsung antara bahan dengan medium pengering.

#### 2. *Batch Dryer*

Proses pengeringan biasanya berjalan secara *steady state* dan biasanya merupakan proses semibatch yaitu sejumlah bahan yang akan dikeringkan secara terus-menerus dilewatkan ke suatu aliran udara panas.

Menurut sistem proses pengeringan dibedakan menjadi 2 yaitu :

#### a) *Direct Dryer*

Pada sistem ini proses bahan yang dikeringkan berlangsung dengan cara bahan dilewatkan udara pengering sehingga panas yang diserap didapat dari kontak langsung antara bahan dengan udara pengering, biasanya proses ini disebut pengeringan konveksi.

#### b) *Indirect Dryer*

Pada sistem ini dilakukan secara konduksi dimana panas pengeringan didapat dari dinding pemanas yang bersentuhan langsung dengan bahan yang dikeringkan. (Mc. Cabe, 1993)

### 2.3.3 Jenis – Jenis Alat Pengering

1. Berdasarkan bahan lepas yang mudah mengalir (granular/butiran) diantaranya:

a) *Rotary Dryer* (Pengering Putar)

Alat pengering ini berbentuk silinder yang bergerak pada porosnya. Silinder ini dihubungkan dengan alat pemutar dan letaknya agak miring. Permukaan dalam silinder dilengkapi dengan penggerak bahan yang berfungsi untuk mengaduk bahan. Udara panas mengalir searah dan dapat pula berlawanan arah jatuhnya bahan kering pada alat pengering.

b) *Turbo Dryer*

Untuk bahan yang berbentuk butiran. Terdiri dari ruang tegak berbentuk segi banyak atau lingkaran. Di dalamnya terdapat *tray* yang melingkar dan bertingkat. Bahan masuk dari atas dan jatuh pada *tray* paling atas. *Tray* mempunyai sejumlah celah. *Tray* berputar bersama bahan dan pada suatu bagian bahan ditahan penggaruk.

2. Berdasarkan bahan perlu tempat diantaranya:

a) Alat Pengering Tipe Rak (*Tray Dryer*)

*Tray dryer* berbentuk persegi yang dilengkapi rak-rak, yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan. Pada umumnya rak tidak dapat dikeluarkan. Beberapa alat pengering jenis ini rak-raknya mempunyai roda sehingga dapat dikeluarkan dari alat pengeringnya. Bahan diletakan di atas rak (*tray*) yang terbuat dari logam yang berlubang. (Taib, 2008)

b) *Tunnel Dryer*

Alat pengering ini digunakan untuk mengeringkan bahan yang perlu tempat, seperti bata, bahan keramik, kayu dll. Di buat ruangan berupa terowongan yang agak Panjang. Bahan di tempatkan pada *belt conveyor*, lori dll yang bergerak. *Fan* mengalirkan udara panas untuk menyapu bahan yang akan dikeringkan.



c) *Vacuum Dryer*

Vakum merupakan proses penghilangan air dari dalam bahan, bersamaan dengan adanya penggunaan panas maka proses ini dapat menjadi suatu metode pengeringan yang efektif. Pengeringan dapat dicapai dalam suhu yang lebih rendah sehingga lebih hemat energi.

3. Berdasarkan umpan bahan yang berkesinambungan (kain/kertas), diantaranya

a) *Cylinder Dryer*

Pengering silinder merupakan tipe alat pengering yang terdiri dari satu atau lebih silinder. Terbuat dari logam yang berputar sesuai dengan porosnya pada posisi horizontal yang dilengkapi dengan pemanasan internal oleh uap air, air atau media cairan pemanas lainnya.

4. Berdasarkan material yang berbentuk pasta/*sludge*, diantaranya :

a) *Agitator Dryer*

Pengering Agitator berbentuk silinder pada ruang pengeringnya dan terdapat agitator yang berfungsi sebagai *Lifting Flight* untuk meratakan material yang akan dikeringkan dengan tujuan bidang kontak menjadi lebih optimum antara material dengan udara panas.

5. Berdasarkan material dalam bentuk larutan atau suspensi diantaranya :

a) *Drum dryer*

Terdiri dari gulungan logam panas yang berputar. Penguapan lapisan tipis zat cair atau lumpur terjadi pada bagian luar. Saat putarannya melambat maka padatan kering dikeluarkan.

b) *Spray dryer*

Salah satu jenis pengering tertua dalam industri farmasi yaitu pengering semprot atau *spray drying*. Alat ini berfungsi untuk mengubah bahan dalam bentuk cair menjadi tepung atau bubuk. Pengeringan dengan cara ini mampu meminimalisir interupsi karena selama bahan cair yang akan dikeringkan tersedia, maka proses

pengeringan akan tetap berjalan secara kontinyu dan produk berupa padatan kering akan terus terbentuk. Proses pengeringan semprot ini hanya membutuhkan waktu beberapa milidetik hingga detik, bergantung pada jenis alat dan kondisi operasi yang digunakan. Sehingga memberi keuntungan dan cocok untuk bahan sensitif terhadap panas. Selain itu mengurangi resiko terjadinya korosi dan abrasi karena minimnya waktu kontak antara peralatan dengan bahan yang dikeringkan. Kekurangan pengeringan dengan *spray dryer* yaitu tidak dapat digunakan untuk memproduksi granula kering dengan ukuran rata-rata diatas 200  $\mu\text{m}$ .

6. Berdasarkan bahan tersuspensi di udara diantaranya :

a) *Spray Dryer*

*Spray dryer* adalah alat yang digunakan untuk memproduksi tepung dari bahan cair yang disemprotkan hingga membentuk partikel halus menggunakan atomizer kedalam ruang yang telah dialiri udara panas. *Spray dryer* merupakan peralatan non standar, perancangannya harus sesuai sifat fisika, sifat kimia, kapasitas *output* dan kriteria lainnya.

b) *Pneumatic Flash Dryer*

*Pneumatic flash dryer* adalah proses pengeringan yang memanfaatkan media udara sebagai pembawa panas dan bahan yang dikeringkan dengan proses yang terjadi dalam waktu singkat.

c) *Fluidized Bed Dryer*

*Fluidized bed dryer* adalah proses pengeringan dimana udara panas yang dilewatkan pada bahan sehingga bahan memiliki sifat seperti fluida dengan memanfaatkan kecepatan tertentu.

## 2.4 Spray Dryer

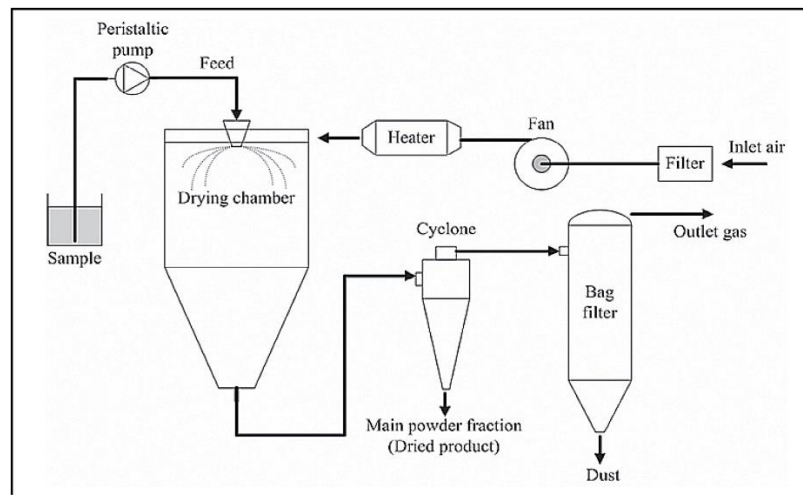
*Spray dryer* adalah unit peralatan untuk memproduksi tepung atau bubuk dari bahan cair yang disemprotkan (hingga membentuk partikel halus) ke dalam ruang yang telah dialiri udara panas. *Spray dryer* merupakan peralatan non-standar, sehingga harus dirancang berdasarkan sifat fisika, sifat kimia, kapasitas *output*, dan lainnya, perencanaan tersebut akan semakin optimum jika semakin lengkap data yang diketahui. Bahan yang digunakan dalam pengeringan *spray dryer* dapat berupa suspensi, dispersi maupun emulsi. Sementara produk akhir yang dihasilkan dapat berupa bubuk atau granula.

Konsep *spray dryer* pertama kali dipatenkan oleh Samuel Percy pada tahun 1872. Konsep tersebut diaplikasikan pertama kali di industri pada produksi susu dan detergen pada tahun 1920 an. *Spray dryer* dirancang menggunakan bahan *full stainless steel* sehingga aman bagi produk. Menggunakan pemanas dengan tenaga listrik yang relatif aman dengan temperatur terkontrol sehingga produk tidak rusak.

(Mufarida, 2016)

Prinsip pengeringan pada mesin *spray-drying* adalah pertama-tama seluruh cairan dari bahan yang ingin dikeringkan, diubah ke dalam bentuk butiran-butiran air dengan cara dikabutkan menggunakan *atomizer*. Bahan cair yang telah menjadi kabut dikontakkan dengan udara panas. Proses pengontakkan tersebut merubah bahan cair dalam bentuk kabut menjadi tepung atau bubuk. Uap panas dengan tepung atau bubuk selanjutnya dipisahkan dengan penyaring atau siklon. Setelah dipisahkan, suhu pada tepung atau bubuk diturunkan sesuai kebutuhan produksi (Andriani dkk, 2015).

### 2.4.1 Tahap Pengeringan pada Metode *Spray Dryer*



**Gambar 2.3** Tahapan Proses Pengeringan dengan Metode *Spray Dryer*

(Sumber: Jittanit, 2010)

Secara umum proses pengeringan dengan metode *spray dryer* melalui 5 tahap yaitu :

#### 1. Penentuan Konsentrasi

Bahan yang dikeringkan harus memiliki konsentrasi yang tepat, dengan 30% hingga 50% kandungan bahan terlarut. Proses pemekatan perlu dilakukan jika bahan yang digunakan sangat encer dengan total padatan terlarut yang rendah. Jika kandungan air dalam bahan yang akan dikeringkan tinggi maka bubuk yang dihasilkan masih mengandung kadar air yang tinggi karena proses *spray dryer* kurang maksimal.

#### 2. Atomisasi

Untuk menghasilkan ukuran *droplet* yang seragam dan mencegah terjadinya penyumbatan *atomizer* maka bahan yang akan dimasukkan dalam alat *spray dryer* harus dihomogenkan terlebih dahulu. Homogenisasi dilakukan dengan cara pengadukan. Atomisasi merupakan proses pembentukan *droplet*, dimana bahan cair yang akan dikeringkan diubah bentuknya menjadi partikel *droplet* atau lebih halus.

### 3. Kontak *Droplet* dengan Udara Pengering

Pada sebagian besar *spray dryer*, *nozzle (atomizer)* tersusun melingkar. Dan pada tengahnya disemprotkan udara panas bertekanan tinggi dengan suhu mencapai 300°C. Udara panas dan *droplet* hasil atomisasi disemprotkan ke bawah. Kondisi ini menyebabkan terjadinya kontak antara *droplet* dengan udara panas sehingga terjadi pengeringan.

### 4. Pengeringan *Droplet*

Adanya kontak *droplet* dengan udara panas menyebabkan evaporasi kadungan air pada *droplet* hingga 95% sehingga dihasilkan bubuk. Bubuk yang telah kering jatuh ke bawah *dryer chamber* (ruang pengering) yang berukuran tinggi hingga mencapai dasar.

### 5. Separasi

Udara hasil pengeringan dipisahkan dengan pengambilan udara yang mengandung serpihan serbuk dalam *chamber*, selanjutnya udara akan memasuki separator. Udara hasil pengeringan dan serpihan serbuk dipisahkan dengan menggunakan gaya *sentrifugal*. Selanjutnya udara dibuang, dan serpihan bahan dikembalikan dengan cara di *blow* sehingga bergabung lagi dengan produk dalam *line* proses.

(Mufarida, 2016)

## 2.4.2 Komponen pada *Spray Dryer*

Komponen utama pada *spray dryer* yaitu *atomizer* atau *nozzle*, *drying chamber*, *heater*, *cylone*, dan *bag filter*. Berikut penjelasannya :

### 1. *Atomizer*

Salah satu bagian *spray dryer* yang berfungsi untuk menghasilkan *droplet* dari bahan cair yang akan dikeringkan yaitu *atomizer*. *Droplet* tersebut disemprotkan secara merata ke dalam alat pengering agar terjadi kontak dengan udara panas. Ukuran *droplet* tidak boleh terlalu besar karena akan menyebabkan proses pengeringan tidak maksimal dan tidak boleh terlalu kecil karena dapat terjadi

*over heating.*

*Nozzle* adalah bagian *sprayer* yang menentukan pengeluaran, sudut penyemprotan, lebar penutupan, pola semprotan, dan pola penyebaran yang dihasilkan sebagai karakteristik semprotan. *Nozzle* dibuat dalam bermacam-macam disain. Setiap tipe butiran cairan yang khas dihasilkan oleh *nozzle* yang khas sesuai dengan kebutuhan. Fungsi utama *nozzle* adalah memecah (atomisasi) larutan semprot menjadi butiran semprot (droplet).

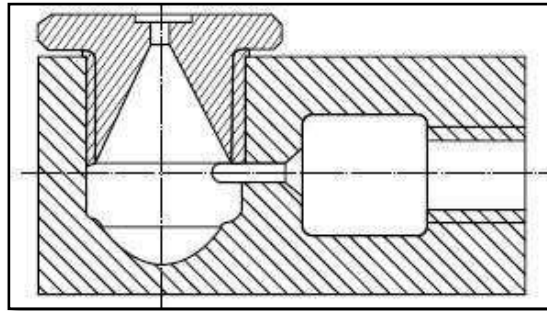
Fungsi lainnya dari *nozzle* adalah :

1. Menentukan ukuran butiran semprot (*droplet size*)
2. Mengatur *flow rate*.
3. Mengatur distribusi semprotan, yang dipengaruhi oleh pola semprotan, sudut semprotan, dan lebar semprotan.

Tipe-tipe *nozzle* :

a) *Nozzle* Tekan

Umpan mengalir pada pipa besar lalu masuk ke ruang yang lebih kecil melalui *orifice* sehingga laju alirnya meningkat, lalu fluida tersebut menuju keluar dan menabrak bandul sehingga terkabutkan. Pada sistem ini komponen alat pembutir (*atomizer*) digunakan *nozzle* yang diberi tekanan, berkisar antara 5 hingga 7 Mpa. Akibat tekanan yang diberikan, maka fluida akan memasuki *nozzle* dan cairan ini akan meninggalkan *orifice nozzle* yang berbentuk lubang kecil dengan diameter berkisar antara 0,4 hingga 4 mm dengan kapasitas 100 liter/jam.

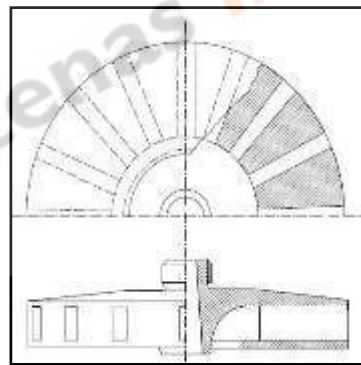


**Gambar 2.4** *Nozzle Tekan*

(Sumber : slideshare.net)

b) *Nozzle Putar*

Pada *nozzle* tipe ini menggunakan gaya sentrifugal. *Liquid feed* masuk ke dalam sebuah cakram yang berputar dengan kecepatan tinggi kemudian umpan mengalir ke permukaan menuju pori-pori dan keluar dalam bentuk percikan (*spray*)



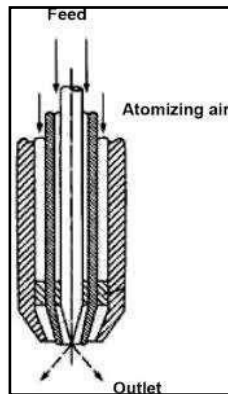
**Gambar 2.5** *Nozzle Putar*

(Sumber : slideshare.net)

c) *Nozzle Fluida*

*Nozzle* fluida tidak beroperasi secara efisien sehingga tidak dapat digunakan untuk aliran dengan kapasitas besar. Keuntungan dari *nozzle* fluida adalah mampu beroperasi pada tekanan yang relatif rendah yaitu antara 0-400 kpa/m<sup>2</sup>,

selama mengatomisasi cairan tekanannya tidak lebih dari  $700 \text{ kpa/m}^2$ . Cairan diatomisasi dalam bentuk *steam* atau udara.



**Gambar 2.6** *Nozzle* Fluida

(Sumber : slideshare.net)

Pola Semprotan pada *Nozzle*:

1. *Nozzle* dengan Pola Semprotan berbentuk Kerucut
  - Menghasilkan butiran semprot halus.
  - Pola semprotan berbentuk bulat.
  - Digunakan terutama untuk insektisida dan fungisida.



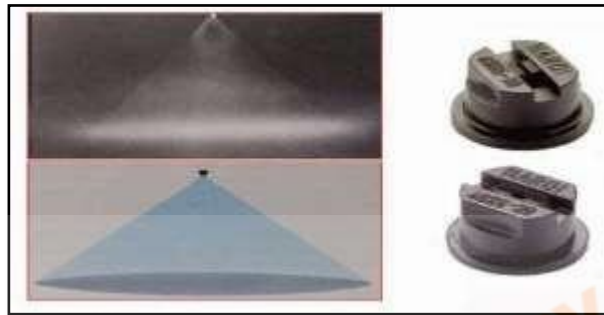
**Gambar 2. 7** *Nozzle* dengan Pola Semprotan berbentuk Kerucut

(Sumber : slideshare.net)

2. *Nozzle* dengan Pola Semprotan berbentuk Kipas Standar



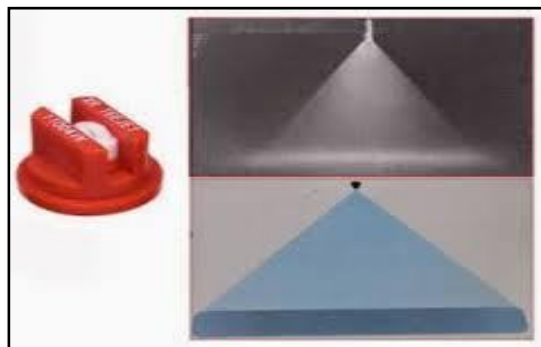
- Menghasilkan butiran semprot sedang.
- Pola semprotan berbentuk oval.
- Untuk mendapatkan sebaran droplet yang merata, diusahakan saling tumpang tindih (*overlapping*).
- Digunakan terutama untuk herbisida, tetapi bisa digunakan untuk insektisida dan fungisida.



**Gambar 2.8** *Nozzle* dengan Pola Semprotan berbentuk Kipas Standar

(Sumber : slideshare.net)

3. *Nozzle* dengan Pola Semprotan berbentuk Kipas Rata
  - Pola semprotan berbentuk garis dan butiran semprot tersebar merata.
  - Pada tekanan rendah digunakan untuk herbisida.
  - Pada tekanan tinggi digunakan untuk insektisida.
  - Ukuran butiran semprot dari sedang hingga halus.



**Gambar 2.9** *Nozzle* dengan Pola Semprotan berbentuk Kipas Rata

(Sumber : slideshare.net)

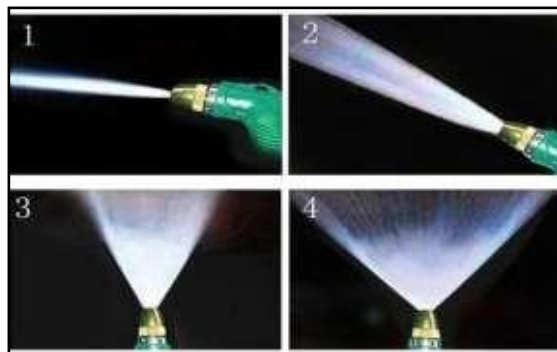
4. *Nozzle* dengan Pola Semprotan berbentuk Polijet
- Pola semprotan pada dasarnya berbentuk garis atau cerutu.
  - Butiran semprot agak kasar hingga kasar.
  - Tidak atau sangat sedikit menimbulkan drift.
  - Hanya digunakan untuk aplikasi herbisida.



**Gambar 2.10** *Nozzle* dengan Pola Semprotan berbentuk Kipas

(Sumber : slideshare.net)

5. *Nozzle* dengan Pola Semprotan berbentuk Senapan
- Menggunakan *power sprayer*
  - Diaplikasikan untuk insektisida dan fungisida.
  - Droplet yang dihasilkan bervariasi dari halus hingga kasar, tergantung pada tekanan pompa.



**Gambar 2.11** *Nozzle* dengan Pola Semprotan berbentuk Senapan

(Sumber : slideshare.net)

## 2. Chamber

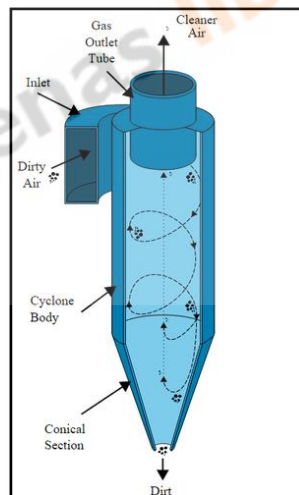
*Chamber* merupakan sebuah ruang tempat terjadinya kontak antara *droplet* yang dihasilkan *atomizer* dengan udara panas. Kontak yang terjadi akan menghasilkan bahan kering dalam bentuk bubuk. Bubuk yang terbentuk dialirkan ke arah bawah *chamber* menuju bak penampung.

## 3. Heater

*Heater* berfungsi sebagai pemanas udara yang akan digunakan sebagai pengering. Pengaturan panas disesuaikan dengan karakteristik bahan, ukuran *droplet* yang dihasilkan serta jumlah *droplet*. Agar tidak terjadi *over heating* maka diperlukan pengaturan suhu udara pengering yang digunakan.

## 4. Cyclone

*Cyclone* berfungsi sebagai bak penampung hasil proses pengeringan.



**Gambar 2.12** *Cyclone*

(Sumber : energyeducation.ca)

Efisiensi *cyclone* tergantung pada:

a) Ukuran Partikel

Semakin besar ukuran partikel, maka efisiensi *cyclone* akan semakin meningkat

karena berdasarkan Hukum Stokes, diameter partikel berbanding lurus dengan terminal *settling velocity*.

b) Diameter dari *Cyclone*

Berdasarkan gaya sentrifugal, diameter *cyclone* berbanding terbalik dengan gayanya, sehingga semakin kecil diameter *cyclone* maka semakin besar efisiensinya.

c) Densitas Partikel

Semakin besar densitas partikel maka akan semakin besar efisiensi *cyclone*.

d) *Inlet Velocity*

Semakin besar *inlet velocity* maka semakin baik efisiensi *cyclone*.

Adapun faktor-faktor yang dapat mengurangi performa *cyclone* antara lain:

- Kerusakan mekanik dari *cyclone*.
- Penyumbatan unit disebabkan endapan debu .
- Penggunaan yang berlebihan, biasanya disebabkan oleh abrasi.

5. *Bag Filter*

*Bag filter* berfungsi untuk menyaring atau memisahkan udara setelah digunakan pengeringan dengan bubuk yang terbawa setelah proses.

### 2.4.3 Kelebihan dan Kekurangan *Spray Dryer*

Kelebihan proses menggunakan *spray dryer* :

- Dapat digunakan untuk bahan yang sangat sensitive terhadap panas.
- Proses pengeringan dapat diatur sesuai dengan tingkat kekeringan produk yang diinginkan, kualitas produk dapat dipertahankan (citarasa, nilai gizi dan warna).
- Kapasitas pengeringan dapat ditentukan.
- Tidak memerlukan tempat yang luas.
- Kondisi pengeringan dapat dikontrol dan kadar air akhir yang dapat

dicapai lebih rendah dibandingkan dengan sistem pengeringan lain.

Kekurangan proses menggunakan *spray dryer* :

- Hanya dapat digunakan untuk produk cair dengan kekentalan tertentu, tidak bisa digunakan untuk bahan dengan bulk density yang besar.
- Tidak dapat digunakan pada produk yang bersifat lengket karena akan menyebabkan penggumpalan dan penempelan pada permukaan alat.
- *Recovery* produk dan pengumpulan debu dapat meningkatkan biaya produksi.

#### 2.4.4 Parameter Kritis *Spray Dryer*

Parameter kritis alat pengering *Spray Drying* :

- a) Temperatur pengering yang masuk : Semakin tinggi temperatur udara yang digunakan untuk pengeringan maka proses penguapan air pada bahan akan semakin cepat, namun pengering yang tinggi memungkinkan terjadinya kerusakan secara fisik maupun kimia pada bahan yang tidak tahan panas.
- b) Pengering pengering yang keluar : Temperatur pengering yang keluar mengontrol kadar air bahan hasil pengeringan yang terbentuk.
- c) Viskositas bahan (larutan) yang masuk : Viskositas bahan yang akan dikeringkan mempengaruhi partikel yang keluar melalui *nozzle*. Viskositas yang rendah menyebabkan kurangnya energi dan tekanan dalam menghasilkan partikel pada *atomization*.
- d) Jumlah padatan terlarut : Jumlah padatan terlarut pada bahan yang masuk diatas 30% agar ukuran partikel yang terbentuk tepat.
- e) Tegangan permukaan : Tegangan permukaan yang tinggi dapat menghambat proses pengeringan, umumnya untuk menurunkan tegangan permukaan dilakukan penambahan *emulsifier*. *Emulsifier* juga dapat menyebabkan ukuran partikel yang keluar dari *nozzle* lebih kecil sehingga mempercepat proses pengeringan.

- f) Temperatur bahan yang masuk : Peningkatan temperatur bahan yang akan dikeringkan sebelum memasuki alat akan membawa energi sehingga proses pengeringan akan lebih cepat.
- g) Tingkat volatilitas bahan pelarut : Bahan pelarut dengan tingkat volatilitas yang tinggi dapat mempercepat proses pengeringan. Pada bahan pangan yang dikeringkan air merupakan pelarut utama yang digunakan.

#### **2.4.5 Perpindahan Panas dan Perpindahan Massa pada Proses *Spray Dryer***

##### **1. Proses Perpindahan Panas**

Bila dalam suatu sistem terdapat gradien suhu yang berbeda dalam kontak termal, maka panas akan mengalir dari benda yang suhunya lebih tinggi ke benda yang suhunya lebih rendah. Proses tersebut dikenal sebagai proses perpindahan panas. Proses penguapan air dalam bahan atau perubahan bentuk dari cair ke uap diperlukan pada pembuatan tepung gula dengan metode *spray dryer* melalui proses perpindahan panas secara konveksi. Perpindahan panas secara konveksi adalah peristiwa perpindahan energi panas antara fluida dengan permukaan solid atau sebaliknya akibat adanya gesekan fluida.

##### **2. Proses Perpindahan Massa**

Proses perpindahan massa yaitu, aliran unsur larutan fluida dari daerah yang konsentrasinya lebih tinggi ke daerah yang konsentrasinya lebih rendah. Mekanisme perpindahan massa secara garis besar dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu: Perpindahan massa secara konveksi, dimana massa berpindah dari suatu tempat ke tempat lain dalam sistem aliran. Perpindahan massa secara difusi adalah akibat dari suatu campuran gas dan zat yang terkandung sehingga terdapat gradien konsentrasi dalam sistem tersebut, maka akan terjadi perpindahan massa dalam tingkat mikroskopik sebagai akibat difusi atau pembauran dari daerah konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah.

(Mufarida , 2016)

## 2.5 Pencampuran Udara Panas dan *Droplets* pada *Spray Dryer*

Pencampuran antara udara pengering dengan *droplets* merupakan hal yang penting pada rancangan *spray dryer*. Pencampuran ini terjadi karena arah aliran antara *droplets* dan udara pengering. Arah aliran antara *droplets* dan udara pengering terdiri dari:

### 1. *Co-current flow dryer*

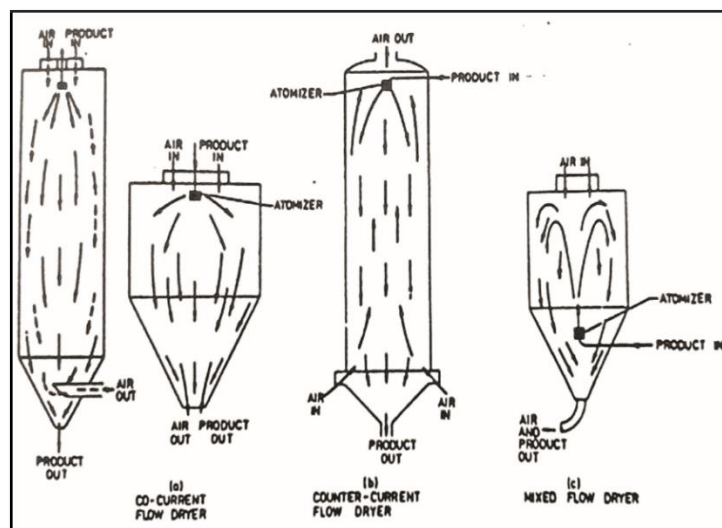
Aliran udara pengering dan *droplets* terjadi dalam satu arah yaitu udara pengering dialirkan dari atas ruang pengering searah dengan *droplets* yang disemprotkan oleh *atomizer*. Pada penelitian ini menggunakan konsep perancangan *spray dryer cocurrent flow dryer*.

### 2. *Counter-current flow dryer*

Aliran udara pengering berlawanan arah dengan *droplets* yaitu dari bawah ruang pengering udara mengalir dan dari arah berlawanan *droplets* disemprotkan oleh *atomizer*.

### 3. *Mixed flow dryer*

Dari bagian atas ruang pengering masuk udara pengering, sedangkan *droplets* disemprotkan oleh *atomizer* yang diletakkan di bagian bawah ruang pengering mengarah ke atas.



**Gambar 2.13** *Co-Current Flow Dryer, Counter Current Flow Dryer, Mixed Flow Dryer*

(Sumber: Master (1985:29))

## 2.6 Maltodekstrin

Maltodekstrin didefinisikan sebagai produk hidrolisis pati yang mengandung unit  $\alpha$ -D-glukosa yang sebagian besar terikat melalui ikatan 1,4 glikosidik dengan DE kurang dari 20. Rumus umum maltodekstrin adalah  $[(C_6H_{10}O_5)_nH_2O]$ .

Maltodekstrin merupakan campuran dari glukosa, maltosa, oligosakarida, dan dekstrin. Maltodekstrin bersifat non-higroskopis jika nilai DE rendah, sedangkan akan bersifat cenderung menyerap air (higroskopis) jika nilai DE tinggi. Maltodekstrin merupakan larutan dari sakarida yang diperoleh dari hidrolisa pati dengan penambahan asam atau enzim. Produk ini kebanyakan kering dan hampir tak terasa. Salah satu senyawa hidrolisis pati yang tidak sempurna yaitu maltodekstrin, yang terdiri atas campuran gula-gula sederhana (mono- dan disakarida) dalam jumlah kecil, oligosakarida dengan rantai pendek dalam jumlah relatif tinggi serta sejumlah kecil oligosakarida berantai panjang. Maltodekstrin memiliki nilai DE berkisar antara 3-20.

Maltodekstrin merupakan produk dari modifikasi pati salah satunya singkong (tapioka). Maltodekstrin sangat banyak aplikasinya. Seperti halnya pati maltodekstrin dapat digunakan sebagai *emulsifier* serta bahan pengental. Kelebihan maltodekstrin adalah kemudahan larut dalam air dingin. Salah satu aplikasi penggunaan maltodekstrin pada minuman susu bubuk, minuman berenergi (energen) dan minuman probiotik, serta merupakan oligosakarida yang tergolong probiotik sangat baik untuk tubuh dalam memperlancar saluran pencernaan dengan membantu perkembangan bakteri probiotik.



Aplikasi maltodekstrin pada produk pangan antara lain pada:

- Makanan beku, maltodekstrin memiliki kemampuan mengikat air (*water holding capacity*) dan berat molekul rendah sehingga dapat mempertahankan produk beku.
- Makanan rendah kalori, penambahan maltodekstrin dalam jumlah besar tidak meningkatkan kemanisan produk seperti gula.
- Maltodekstrin merupakan salah satu jenis bahan pengganti lemak berbasis karbohidrat yang dapat diaplikasikan pada produk *frozen dessert* seperti es krim, yang berfungsi membentuk padatan, meningkatkan viskositas, tekstur, dan kekentalan.

Adapun spesifikasi Maltodekstrin dapat dilihat dari tabel berikut ini :

**Tabel 2.5** Spesifikasi Maltodekstrin

Kriteria	Spesifikasi
Kenampakan	Bubuk putih agak kekuningan
Bau	Bau seperti malt-dekstrin
Rasa	Kurang manis, hambar
Kadar air	6%
DE ( <i>Dextrose Equivalent</i> )	10-20%
pH	4,5 – 6,5
<i>Sulfated ash</i>	0,6% (maksimum)
<i>Total Plate Count (TPC)</i>	1500/g

(Sumber : Kumullah,2016)

Batas Maksimum Penggunaan Maltodekstrin :

Maltodekstrin terdiri dari :

1. “Tipe MDX-12” memiliki pereduksi 11,0% sampai dengan 15,0% dipergunakan antara lain untuk bahan tambahan pada industri makanan, minuman, kimia dan farmasi.
2. “Tipe MDX-18” memiliki pereduksi 17,0% sampai dengan 20,0% dipergunakan antara lain untuk bahan tambahan pada industri makanan

(termasuk makanan bayi), minuman, kimia dan farmasi.

3. “Tipe MDX-29” memiliki pereduksi 28,0% sampai dengan 31,0% dipergunakan antara lain untuk bahan tambahan pada industry makanan, minuman (termasuk susu bayi), kimia dan farmasi. (SNI 7599-2010 Maltodextrin).

## 2.7 Karamelisasi

Reaksi karamelisasi merupakan reaksi yang terjadi karena adanya interaksi gula – gula pada suhu yang tinggi. Reaksi ini merupakan serangkaian reaksi yang kompleks dan menghasilkan senyawa *intermediate* dan produk yang beberapa diantaranya mirip dengan reaksi Maillard dan termasuk pada kelompok reaksi pencoklatan *non-enzimatis*. Pencoklatan *non-enzimatis* yang meliputi degradasi gula-gula tanpa adanya asam-asam amino atau protein. Terjadi bila gula dipanaskan di atas titik leburnya, warnanya berubah menjadi coklat disertai perubahan cita rasa. Proses karamelisasi bermula saat sukrosa pecah menjadi glukosa dan fruktosa (fruktosa yang kekurangan satu molekul air). Suhu yang tinggi mampu mengeluarkan satu molekul air dari setiap molekul gula sehingga terjadi glukosan yang kemudian dilanjutkan dengan dehidrasi polimerisasi dan beberapa jenis asam yang timbul di dalamnya. Salah satu cara untuk menghambat terjadinya reaksi pencoklatan non – enzimatis dengan penambahan natrium metabisulfit.

(Ferdiansyah dkk, 2010)

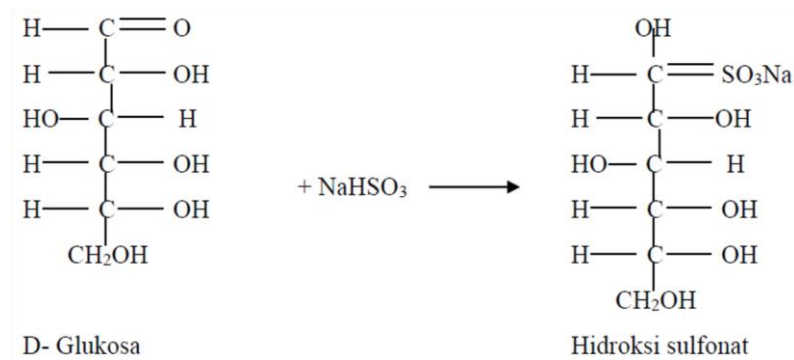
## 2.8 Natrium Metabisulfit

Natrium metabisulfit merupakan bahan pengawet anorganik yang termasuk dalam golongan ‘Generally Recognized As Safe’ (GRAS), artinya bahan pengawet ini aman untuk digunakan pada bahan pangan sesuai dengan batas konsentrasi yang diijinkan. Natrium metabisulfit telah digunakan secara luas pada bahan pangan sebagai antimikroba, kecuali untuk bahan pangan yang merupakan sumber vitamin

B. Natrium metabisulfit ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) merupakan salah satu garam sulfit berupa kristal atau bubuk berwarna putih yang mudah larut dalam air serta berbau sulfit ( $\text{SO}_2$ ). Natrium metabisulfit ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) dapat mencegah terjadinya *browning*, pertumbuhan bakteri dan sebagai antioksidan karena bersifat inhibitor kuat. Kandungan natrium metabisulfit maksimal 2000 mg/kg produk dalam bahan makanan.

(Chandra dkk, 2013)

Natrium metabisulfit ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) merupakan inhibitor yang kuat untuk mencegah terjadinya *browning*, pertumbuhan bakteri, dan sebagai antioksidan. Penambahan natrium metabisulfit harus sesuai standar yang diterapkan BPOM No.36 Tahun 2013 yang disesuaikan dengan kategori pangan, untuk kategori pangan pemanis kisaran konsentrasi sulfit yang diperbolehkan 15-40 mg/Kg. Semakin tinggi konsentrasi natrium metabisulfit yang digunakan dalam pengawetan bahan pangan maka cenderung kadar air dalam bahan semakin rendah. Adanya enzim fenolase yang bersifat *irreversibel* (tidak mungkin terjadi regenerasi) akan menyebabkan hambatan sehingga dapat menghambat reaksi pencoklatan enzimatis. Mekanisme reaksi penghambatan pencoklatan non-enzimatis oleh senyawa sulfit yaitu terjadinya reaksi antara sulfit dengan gugus aldehid sehingga gugus aldehid tidak dapat bereaksi dengan asam amino. Dengan demikian akan terjadi kesulitan perubahan D-glukosa menjadi 5-hidrosimetil-2-furfural (HMF). Senyawa tersebut merupakan senyawa antara yang bisa bereaksi dengan gugus amino dari protein atau pembentukan pigmen coklat melanoidin. Selain itu, penambahan senyawa sulfit ini dapat mencegah reaksi pencoklatan melalui interaksi dengan gugus karbonil, dimana hasil reaksi tersebut dapat mengikat pigmen coklat melanoidin sehingga mencegah terbentuk warna coklat. Reaksi penghambatan pencoklatan non-enzimatis oleh sulfit dapat dilihat pada Gambar 2.14



**Gambar 2.14** Reaksi Penghambatan Pencoklatan Non-Enzimatis oleh Sulfit.

(Sumber: repository.usu.ac.id)

## 2.9 Perbandingan Hasil Penelitian Aplikasi *Spray Dryer*

Dalam mengembangkan kualitas suatu produk, akan diperlukan penelitian-penelitian yang bersangkutan baik itu dalam alat yang digunakan, prosedur yang digunakan, ataupun kondisi optimal yang diterapkan dalam masing-masing proses produksi. Hasil dari penelitian-penelitian akan diperoleh data yang digunakan untuk proses produksi yang lebih efektif dan bisa diterapkan dalam skala produksi yang lebih besar. Berikut ini adalah beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan :

**Tabel 2.6** Perbandingan Hasil Penelitian Aplikasi *Spray Dryer*

Parameter	Agung dan Nadya, 2012 (ITENAS Bandung)	Tio dan Rizka, 2018 (ITENAS Bandung)	Winanto dan Annisa, 2014 (ITENAS Bandung)	Rosiyani , 2012 (UNPAD Bandung)
Produk	Tepung Tapioka	Skim Santan Bubuk	Tepung Lidah Buaya	Gula Serbuk dari Nira Aren Murni
Konfigurasi <i>chamber</i>	<i>Mixed flow</i>	<i>Co-current</i>	<i>Co-current</i>	-
<i>Yield</i> basah (%)	13,69	5,72	1,78	5,95 (%Rendemen)
Kadar Air (%)	6,67	2,14	7,48	3,00
Temperatur Pengeringan (°C)	160	180	140	177
Maltodekstrin (%)	Tidak digunakan	10	10	15

Dari Tabel 2.6 menunjukkan perbandingan hasil penelitian dalam proses pengeringan dengan menggunakan *spray dryer*. Berikut penjelasannya sebagai berikut :

Pada penelitian yang dilakukan oleh Agung dan Nadya, alat yang digunakan pada pembuatan Tepung Tapioka adalah *spray dryer* dengan tidak ada penambahan bahan pengisi yaitu maltodekstrin. Kemudian pada saat proses *spray dryer* temperatur operasi yang digunakan cukup tinggi ialah sebesar 160°C diperoleh %*yield* sebesar 13,69% dan kadar air 6,67% per 100 gram bahan yang diumpukan meskipun menggunakan suhu relatif tinggi, tetapi penggunaan pengeringan *spray dryer* cukup efektif dalam menjaga mutu produk. Ini dikarenakan waktu pengeringan yang tidak berjalan terlalu lama membuat tepung yang menempel di dinding *chamber* tidak mengkerak dan dapat digetarkan sehingga meningkatkan

perolehan hasil tepung tapioka dan besarnya perolehan *yield* massa tepung kering terhadap massa pati kering di umpan.

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Winanto dan Annisa dalam proses pembuatan tepung lidah buaya % *yield* yang diperoleh masih sangat kecil yaitu 1,78% dengan kadar air yang cukup tinggi 7,48%, hal tersebut dikarenakan pada saat proses ketika bahan disemprotkan ke ruang *chamber* dan pada waktu yang bersamaan dialirkan udara panas, terjadinya penempelan produk (tepung) pada dinding *chamber* dan masih adanya tepung yang terbawa oleh udara keluaran *cyclone* yang masih lolos dari penyaring, hal tersebut disebabkan pori-pori penyaring yang digunakan terlalu besar sehingga menyebabkan perolehan produk yang kurang maksimal, hal tersebut sesuai dengan pernyataan bahwa salah satu faktor yang perlu mendapat perhatian dalam sistem *spray dryer* adalah pada ruang *chamber*, yakni hendaklah memilih material yang tepat, kehalusan permukaan dinding bagian dalam *chamber* yang memenuhi syarat termasuk dimensi dan sebagainya, sehingga tidak menghambat keberlangsungan proses pengeringan seperti bahan dapat mengalir turun tanpa hambatan, waktu pengeringan yang cukup, separasi udara dengan bahan dapat berlangsung secara sempurna dan ukuran *chamber* berpengaruh terhadap %*yield* karena bentuk dan ukuran *chamber* harus sesuai dengan pola pengkabutan yang dihasilkan oleh *nozzle* sehingga tidak ada produk yang menempel dan mengering di dinding *chamber*. Hal ini dimaksudkan agar kontak antara umpan dan media pengering terjadi secara maksimal.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Tio dan Rizka dalam pembuatan skim santan bubuk dengan menggunakan *spray dryer* diperoleh %*yield* sebesar 5,72% dengan temperatur operasi cukup tinggi 180°C sehingga dihasilkan %kadar air yang rendah yaitu 2,14% serta adanya penambahan maltodekstrin 10% . Pada penelitian tersebut %*yield* yang dihasilkan cukup rendah akibat banyaknya produk yang menempel pada *chamber* maka salah satu hal penting yang perlu diperhatikan yaitu terkait dimensi *chamber* yang digunakan. Ukuran *Chamber* berpengaruh terhadap *yield* karena bentuk dan ukuran *chamber* harus sesuai pola pengkabutan yang

dihasilkan oleh *nozzle* sehingga tidak ada produk yang menempel dan mengering di dinding *chamber*. Hal ini dimaksudkan agar kontak antara umpan dan media pengering terjadi secara maksimal. Laju alir umpan yang semakin besar akan membuat proses penguapan berjalan kurang maksimal karena udara pengering yang tersedia tidak mampu menguapkan air yang terkandung di dalam umpan, akibatnya perolehan tepung kering tidak maksimal dan akan mempengaruhi perolehan *yield*.

Serta penelitian yang dilakukan oleh Rosiyani dalam pembuatan gula serbuk dari nira aren murni dengan alat pengering mini *spray dryer* %Rendemen yang didapat 5,95% dengan temperatur operasi 177 °C dan adanya penambahan maltodekstrin sebanyak 15% produk yang dihasilkan memiliki %kadar air 3% produk yang dihasilkan berwarna putih karena terdapat proses pemurnian dengan penambahan kapur tohor dan natrium metabisulfit dan percobaan yang dilakukan menggunakan aspirator untuk meningkatkan %Rendemen yang perlu dikaji kembali.

