

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Buah Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) adalah tanaman yang sangat banyak ditemukan di daerah tropis. Kelapa sangat populer di masyarakat karena memiliki banyak manfaat bagi kehidupan manusia. Beragam manfaat tersebut diperoleh dari kayu, daun, daging buah, air kelapa, sabut, dan tempurung (Muhammad dan joko, 2012). Berikut klasifikasi beserta gambaran dari buah kelapa yang ditampilkan pada Gambar 2.1.

Klasifikasi dari kelapa adalah:

Divisi : Magnoliophyta

Class : Liliopsida

Order : Arecales

Famili : Arecaceae

Genus : *Cocos*

Spesies : *Cocos nucifera* (Listianawati, 2009).



Sumber: Listianawati, 2009

Gambar 2.1 Buah Kelapa

Buah kelapa berbentuk oval dan terdiri dari empat bagian yaitu sabut (35%), tempurung (12%), daging buah (28%) dan air kelapa (25%). Bagian yang dianggap paling penting dari kelapa adalah daging buah, terutama sebagai sumber lemak dan protein (Djatkiko, 1983). Daging buah kelapa merupakan bagian buah kelapa yang

paling penting dari komoditi asal pohon kelapa. Daging buah merupakan lapisan tebal (8-15 mm) berwarna putih. Bagian ini mengandung berbagai zat gizi. Kandungan zat gizi tersebut beragam sesuai dengan tingkat kematangan buah. Daging buah memiliki lapisan tipis berwarna coklat di bagian luarnya yang sering disebut kulit daging buah (Adrianto dan Taufik, 2014).

Daging buah kelapa yang sudah dapat dijadikan kopra dan bahan makanan, daging buah merupakan sumber protein yang penting dan mudah dicerna. Kandungan protein yang tinggi sebanding dengan jumlah asam amino esensial yang banyak, dimana terdapat enam dari delapan asam amino esensial didalam daging buah kelapa. Kadar air akan menurun dengan bertambahnya umur buah kelapa (Somaatmadja, 1978).

Protein kelapa mempunyai susunan asam amino yang relatif baik dan bernilai gizi tinggi (Lanchance dan Molina, 1974). Hal itu ditunjang pula oleh pendapat Banzon dan Velasco (1982) yang menyatakan bahwa protein kelapa tidak memiliki senyawa antinutrisi seperti yang terdapat pada protein nabati lainnya terutama pada kacang-kacangan serta mempunyai nilai indeks glikemik yang rendah baik digunakan untuk serat diet yang tinggi. Pada Tabel 2.1 dapat dilihat komposisi asam amino dalam daging buah kelapa, dimana enam dari delapan asam amino esensial terdapat didalamnya.

Tabel 2.1 Komposisi Asam Amino dalam Protein Daging Buah Kelapa

Asam Amino	Jumlah (%)
Lisin	5,80
Methionin	1,43
Fenilalanin	2,50
Triptofan	1,25
Valin	3,57
Leusin	5,96
Histidin	2,42
Tirosin	3,18
Cistin	1,44
Arginin	15,92
Prolin	5,54
Serin	1,76
Asam Aspartat	5,12
Asam Glutamat	19,07

Sumber: Thieme, 1968

Buah kelapa yang sudah tua mengandung kalori yang tinggi, sebesar 359 kal per 100 gram, daging kelapa setengah tua mengandung kalori 180 kal per 100 gram dan daging kelapa muda mengandung kalori sebesar 68 kal per 100 gram. Sedang nilai kalori rata-rata yang terdapat pada air kelapa berkisar 17 kalori per 100 gram, sedangkan air kelapa hijau dibandingkan dengan jenis kelapa lain banyak mengandung tanin atau antidotum (anti racun) yang paling tinggi (Basmar, 2020).

Komposisi kimia buah kelapa pada berbagai tingkat kematangan dapat dilihat pada Tabel 2.2, komposisi kimia daging buah kelapa ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain varietas, keadaan tempat tumbuh, umur tanaman, dan umur buah. Umur buah merupakan faktor penting yang nyata mempengaruhi komposisi kimia daging buah kelapa.

Tabel 2.2 Komposisi Daging Buah Kelapa pada Berbagai Tingkat Kematangan

Analisis (dalam 100 gr)	Buah Muda	Buah Setengah Tua	Buah Tua
Kalori	68,0 kal	180,0 kal	359,0 kal
Protein	1,0 g	4,0 g	3,4 g
Lemak	0,9 g	13,0 g	34,7 g
Karbohidrat	14,0 g	10,0 g	14,0 g
Kalsium	17,0 mg	8,0 mg	21,0 mg
Fosfor	30,0 mg	35,0 mg	21,0 mg
Besi	1,0 mg	1,0 mg	2,0 mg
Aktivitas	0,0 Iu	10,0 Iu	0,0 Iu
Vitamin A			
Thiamin	0,0 mg	0,5 mg	0,1 mg
Asam Askorbat	4,0 mg	4,0 mg	2,0 mg
Air	83,3 g	70,0 g	46,9 g
Bagian yang dapat dimakan	53,0 g	53,0 g	53,0 g

Sumber: Thieme, 1968

Kandungan zat kimia lain yang menonjol yaitu berupa enzim yang mampu mengurai sifat racun. Komposisi kandungan zat kimia yang terdapat pada air kelapa antara lain asam askorbat atau vitamin C, protein, lemak, hidrat arang, kalsium atau potassium. Air buah kelapa dapat dipergunakan sebagai bahan minuman segar dan bahan pembuat cuka. Mineral yang terkandung pada air kelapa ialah zat besi, fosfor dan gula yang terdiri dari glukosa, fruktosa dan sukrosa. Kadar air yang terdapat pada buah kelapa sejumlah 95,5 gram dari setiap 100 gram (Direktorat Gizi Depkes RI, 1981).

2.2 Konsentrat Protein Kelapa (Blondo)

Blondo merupakan salah satu produk sampingan dari proses pembuatan minyak kelapa murni atau sering dikenal sebagai VCO. *Virgin coconut oil* atau VCO merupakan produk utama yang dibuat dari santan segar. Blondo yang dihasilkan dari proses pembuatan VCO memiliki karakteristik berwarna putih, berbentuk *cream*, dan dalam waktu empat hari akan mengeluarkan bau yang tidak sedap dan sangat menyengat (Haerani, 2010).

Konsentrat protein kelapa ini memiliki kualitas tinggi dengan kandungan asam amino esensial dan dimanfaatkan sebagai bahan tambahan atau alternatif makanan bergizi tinggi (Blitzh dan Grosch, 1987) serta harganya relatif murah. Kandungan protein yang terkandung di dalam blondo cukup tinggi tetapi masyarakat banyak yang belum mengetahui akan kandungan protein yang terkandung di dalam blondo (Firmansyah dan Sefrian, 2011). Konsentrat protein kelapa mempunyai kandungan protein sekitar 18-25% dengan komposisi serat tinggi (Wicaksono, 2003).

Menurut Onsaard dkk (2005), senyawa konsentrat protein kelapa mengandung 45,6% protein; 6,5 % air; 0,79 % lemak; 8,8 % abu dan 36,6 % karbohidrat. Chen dan Diosady (2003) menyatakan bahwa protein kelapa yang berasal daging kelapa dalam bentuk kering mencapai 90 %. Dari kenyataan yang ada blondo biasanya hanya dijadikan pakan ternak, dibuat menjadi pepes atau terkadang langsung dibuang begitu saja. Kandungan gizi blondo kering dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Komposisi Gizi Blondo Kering

Komposisi Gizi	Blondo
Kadar air	6,48
Lemak (%bk)	10,23
Protein (%bk)	21,60
Abu (%bk)	1,65
Karbohidrat (%bk)	17,02
Gula Reduksi (%bk)	32,40

Sumber : Utari, 1989

Berdasarkan Tabel 2.3 diketahui Blondo masih memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi terutama kandungan protein pada blondo yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan produk pangan yang bergizi dengan nilai protein tinggi. Tepung konsentrat protein kelapa ini memiliki kadar lemak sebesar 12,59% dan kadar air sebesar 38,7% (Apriyanto, 2007). Menurut Haerani (2010), blondo dalam fase cair memiliki kandungan kadar air yang cukup tinggi sebesar 41,80%.

Konsentrat protein kelapa berkadar kalsium tinggi dibuat dari hasil samping proses pembuatan minyak nabati kelapa VCO (*Virgin Coconut Oil*) dengan dilakukan peminimalan kadar lemak dan airnya. Konsentrat protein kelapa (blondo) yang telah direduksi kandungan minyaknya dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020

Gambar 2.2 Konsentrat Protein Kelapa (Blondo)

Blondo juga mengandung bakteri yang menguntungkan yakni bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat yang dominan ditemukan pada blondo yaitu dari genus *Lactobacillus sp.* dan *Streptococcus sp.* (Murtius, 2008). Bakteri asam laktat dibagi menjadi 5 genus, yaitu *Lactobacillus sp.*, *Lactococcus sp.*, *Leuconostoc sp.*, *Pediococcus sp.* dan *Streptococcus sp.* yang berperan dalam proses fermentasi susu (Surono, 2004). Menurut Bawalan dan Chapman (2006), bakteri asam laktat di udara juga berdampak langsung selama proses pembuatan VCO yaitu membantu dalam memecah ikatan protein pada santan yang menyebabkan pemisahan VCO.

Kandungan asam amino pada protein di dalam blondo antara lain cukup baik untuk membantu memperlancar metabolisme lemak. Sehingga, diharapkan tak terjadi gumpalan baik pada hati, jantung, otak dan lainnya. Manfaat kesehatan lainnya dari kandungan protein. Fungsi utama protein akan berjalan dengan baik untuk tubuh seperti kulit, rambut, dan yang lainnya (Sulistiyanto, 2018).

2.3 Susu Bubuk

Susu merupakan makanan alami yang hampir sempurna. Sebagian besar zat gizi esensial ada dalam susu, di antaranya yaitu protein, kalsium, fosfor, vitamin A, dan tiamin (vitamin B1). Susu merupakan sumber kalsium paling baik, karena disamping kadar kalsium yang tinggi, laktosa di dalam susu membantu absorpsi susu di dalam saluran cerna (Almatsier, 2003).

Susu merupakan sumber protein dengan mutu sangat tinggi. Susu bersifat mudah rusak karena kandungan zat gizinya merupakan media yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme. Susu juga mudah terkontaminasi cemaran lain seperti bahan kimia (pestisida), logam berat, antibiotika, dan racun atau toksin (jamur, kapang, khamir). Penanganan yang kurang baik dapat menyebabkan penurunan terhadap keamanan pangan susu (Usmiati dan Abubakar, 2009).

Salah satu metode untuk memperpanjang masa simpan susu adalah dengan mengubahnya menjadi susu bubuk. Susu bubuk telah dihasilkan mulai 100 tahun yang lalu dan berkembang pesat dalam waktu 50 tahun terakhir. Pembuatan susu bubuk merupakan salah satu cara yang paling sukses dan penting dalam pengawetan susu (Town, 2005) Susu bubuk merupakan sumber protein yang sangat baik dan penting, mudah disusun kembali/rekonstruksi menjadi susu cair.

Secara luas susu bubuk dapat digunakan untuk produksi roti, biskuit, kue-kue, kopi krimer, sop, keju, susu coklat, es krim, susu formula, nutrisi tambahan, rekombinan produk susu seperti susu pasteurisasi, susu evaporasi, susu kental manis, keju lunak dan keju keras, krem, *whipping cream*, *yoghurt*, dan produk fermentasi lainnya (Juergens dkk, 2002).

Susu bubuk dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu susu bubuk berlemak, susu bubuk rendah lemak dan susu bubuk tanpa lemak. Susu bubuk berlemak (*full cream milk powder*) adalah susu yang telah diubah bentuknya menjadi bubuk.

Susu bubuk rendah lemak (*partly skim milk powder*) adalah susu yang telah diambil sebagian lemaknya dan diubah bentuknya menjadi bubuk. Susu bubuk tanpa lemak (*skim milk powder*) adalah susu yang telah diambil lemaknya dan diubah menjadi bubuk (BSN, 2000). Pada Tabel 2.4 akan dijelaskan kandungan gizi pada susu bubuk berdasarkan Standar Nasional Indonesia No. 01-2970-2006.

. **Tabel 2.4** Standar Nasional Indonesia Susu Bubuk

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan		
			Susu bubuk berlemak	Susu bubuk kurang lemak	Susu bubuk bebas lemak
1.	Keadaan				
	Bau	-	Normal	Normal	Normal
	Rasa	-	Normal	Normal	Normal
2.	Kadar Air	% b/b	Maks. 5	Maks. 5	Maks. 5
3.	Lemak	% b/b	Min. 26	>1,5 - < 26	Maks. 1,5
4.	Protein (N x 6,38)	% b/b	Min. 23	Min. 23	Min. 26
5.	Cemaran Logam**				
	Tembaga (Cu)	(mg/kg)	Maks. 20,0	Maks. 20,0	Maks. 20,0
	Timbal (Pb)	(mg/kg)	Maks. 0,3	Maks. 0,3	Maks. 0,3
	Timah (Sn)	(mg/kg)	Maks. 40,0/250,0*	Maks. 40,0/250,0*	Maks. 40,0/250,0*
	Raksa (Hg)	(mg/kg)	Maks. 0,03	Maks. 0,03	Maks. 0,03
6.	Cemaran Arsen**	(mg/kg)	Maks. 0,1	Maks. 0,1	Maks. 0,1
7.	Cemaran mikroba				
	Angka lempeng total	Koloni/g	Maks. 5x10 ⁴	Maks. 5x10 ⁴	Maks. 5x10 ⁴
	Bakteri <i>coliform</i>	APM/g	Maks. 10	Maks. 10	Maks. 10
	<i>Eschericia coli</i>	APM/g	<3	<3	<3
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Koloni/g	Maks 1x10 ²	Maks 1x10 ²	Maks 1x10 ²
	<i>Salmonella</i>	Koloni/100g	Negatif	Negatif	Negatif

*untuk kemasan kaleng

**dihitung terhadap makanan yang siap konsumsi

Sumber : Badan Standaris Nasional, 2006

Keunggulan dari susu bubuk adalah masa simpannya yang paling baik dibandingkan dengan bentuk pengawetan susu yang lain, tidak membutuhkan pendinginan selama penyimpanan dan transportasi. Kadar air lebih sedikit yaitu hanya seperdelapan berat dan seperempat volume dari susu cair sehingga

menghemat transportasi dan dapat diaplikasikan pada semua produk akhir (Town, 2005). Susu merupakan produk yang sensitif dan kualitasnya sangat mudah dipengaruhi terutama oleh panas dan aktivitas bakteri (Pisecky, 1997).

Proses pengolahan susu menjadi bubuk mampu memperpanjang masa simpan susu hingga dua tahun dalam kemasan aluminium dan kotak karton. Namun tahapan proses yang cukup panjang dalam menghasilkan susu bubuk menjadikan kandungan nutrisi yang ada di dalam susu berkurang, bahkan protein mengalami kerusakan hingga 30%. Karena itulah pada proses pembuatan susu bubuk ditambahkan berbagai vitamin yang diharapkan dapat menggantikan kandungan yang hilang selama proses pengolahan agar kembali seperti semula, namun kondisinya tidak akan sama dengan susu segar (Nasution, 2009).

2.4 Pengeringan (*Drying*)

Pengeringan adalah suatu proses pengurangan kadar air suatu bahan hingga mencapai kadar air tertentu. Dasar dari proses pengeringan yaitu terjadinya penguapan air bahan ke udara dikarenakan perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Supaya suatu bahan dapat menjadi kering, maka udara harus memiliki kandungan uap air atau kelembaban yang lebih rendah dari bahan yang akan dikeringkan (Treyball, 1980).

Kemampuan udara membawa uap air bertambah besar jika perbedaan antara kelembaban nisbi udara pengering dengan udara sekitar bahan semakin besar. Salah satu faktor yang mempercepat proses pengeringan adalah kecepatan angin atau udara yang mengalir. Udara yang tidak mengalir menyebabkan kandungan uap air disekitar bahan yang dikeringkan semakin jenuh sehingga pengeringan semakin lambat. Kelembaban udara berpengaruh terhadap proses pemindahan uap air. Apabila kelembaban udara tinggi, maka perbedaan tekanan uap di dalam dan di luar menjadi kecil sehingga menghambat pemindahan uap air dalam bahan ke luar. Kemampuan bahan untuk melepaskan air dari permukaan akan semakin besar dengan meningkatnya suhu udara pengering yang digunakan. Peningkatan suhu juga menyebabkan kecilnya jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air bahan (Adawyah, 2014).

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. Pengering secara umum terbagi menjadi 2 macam, pengering yang beroperasi secara kontinyu (sinambung) dan batch. Untuk mengurangi suhu pengeringan, beberapa pengering beroperasi dalam vakum. Beberapa pengering dapat menangani segala jenis bahan, tetapi ada pula yang sangat terbatas dalam hal umpan yang ditanganinya.

Menurut McCabe (2001), jenis pengering (*dryer*) terbagi menjadi 2 macam, antara lain:

1. Pengering (*dryer*) dimana zat yang dikeringkan bersentuhan langsung dengan gas panas (biasanya udara) disebut pengering adiabatik (*adiabatic dryer*) atau pengering langsung (*direct dryer*).
2. Pengering (*dryer*) dimana kalor berpindah dari zat ke medium luar, misalnya uap yang terkondensasi, biasanya melalui permukaan logam yang bersentuhan disebut pengering non adiabatik (*non adiabatic dryer*) atau pengering tak langsung (*indirect dryer*).

Tujuan pengeringan untuk mengurangi kadar air bahan sampai batas perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau bahkan terhenti sama sekali. Dengan demikian, bahan yang dikeringkan mempunyai waktu simpan lebih lama (Adawyah, 2014), tetapi proses pengeringan sering terhambat disebabkan berbagai faktor yang terdapat pada kondisi unit pengering atau matriks bahan yang dikeringkan, sehingga produk hasil pengeringan terkadang kurang sesuai dengan kriteria yang diharapkan.

Menurut Momo (2008), terdapat 2 faktor utama yang mempengaruhi pengeringan, yaitu:

1. Faktor yang berhubungan dengan udara pengering, di antaranya:
 - a. Suhu
Semakin tinggi suhu udara maka pengeringan akan semakin cepat
 - b. Kecepatan aliran udara
Semakin cepat udara maka pengeringan akan semakin cepat

- c. Kelembaban udara
Semakin lembab udara, proses pengeringan akan semakin lambat
 - d. Arah aliran udara
Semakin kecil sudut arah udara terhadap posisi bahan, maka bahan semakin cepat kering.
2. Faktor yang berhubungan dengan sifat bahan, diantaranya:
- a. Ukuran bahan
Semakin kecil ukuran bahan, pengeringan akan makin cepat
 - b. Kadar air
Semakin sedikit air yang dikandung, pengeringan akan makin cepat.

Laju penguapan air bahan dalam pengeringan sangat ditentukan oleh kenaikan suhu dan kecepatan aliran udara pengering, makin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara pengering makin cepat pula proses pengeringan berlangsung. Makin tinggi suhu udara pengering makin besar energi panas yang dibawa udara sehingga makin banyak jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan. Jika kecepatan aliran udara pengeringan makin tinggi maka makin cepat pula massa uap air yang dipindahkan dari bahan ke atmosfer (Taufiq, 2004).

Rumus laju pengeringan massa menurut Aremu dkk, 2019 dinyatakan:

$$R = \frac{W_0 - W_t}{t} = \frac{\Delta W}{t}$$

Keterangan:

R = laju pengeringan (gr/menit)

W_0 = berat bahan mula-mula (gr)

W_t = berat bahan akhir (gr)

t = waktu (jam)

Udara yang terdapat dalam proses pengeringan mempunyai fungsi sebagai pemberi panas pada bahan, sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air. Kecepatan pengeringan akan naik apabila kecepatan udara ditingkatkan. Suhu udara yang tinggi dan kelembaban udara yang relatif rendah dapat mengakibatkan air

pada bagian permukaan bahan yang akan dikeringkan menjadi lebih cepat menguap. Hal ini dapat berakibat pada terbentuknya suatu lapisan yang tidak dapat ditembus dan menghambat difusi air secara bebas. Kondisi ini lebih dikenal dengan *case hardening* (Desrosier, 1988).

2.5 Alat Pengering

Alat pengering (mesin pengering) ialah unit operasi yang digunakan untuk membantu mempercepat proses pengeringan. Pemilihan mesin pengering dilakukan dari pertimbangan pada jenis bahan yang akan dikeringkan, kualitas hasil akhir yang dikeringkan dan pertimbangan ekonomi (Kuncahyo, 2018). Jenis mesin pengering yang beragam dapat dibuat pembagian atau klasifikasi yang tercantum pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Klasifikasi Mesin Pengering

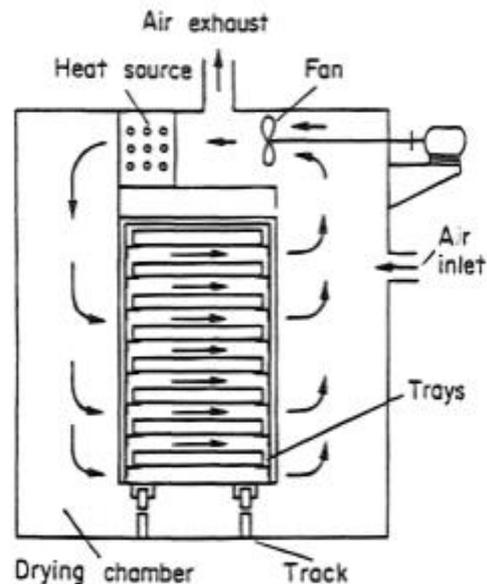
Kriteria	Tipe	Alat Pengering
Jenis operasi	<i>Batch</i>	<i>Tray and compartment dryer, through circulation dryer, vacuum tray dryer</i>
	<i>Continue</i>	<i>Pneumatic dryer, tunnel dryer, rotary dryer, fluidized bed dryer, drum dryer, freeze dryer, tray dryer, spray dryer</i>
Metode perpindahan panas	Konduksi	<i>Belt conveyor dryer, rotary, dryer, spray dryer, tray dryer, fluidized bed dryer, through dryer</i>
	Konveksi	<i>Drum dryer, vacuum tray, dryer, steam jacket rotary dryer, freze dryer</i>
	Radiasi	<i>Microwave</i>
Tekanan Operasi	Vakum	<i>Vacuum rotary dryer, vacuum tray dryer, freeze dryer</i>
	Tekanan atmosfer	<i>Rotary dryer, tunnel dryer, drum dryer, cylinder dryer, tray dryer, spray dryer</i>
Waktu	Singkat (< 1 menit)	<i>Flash dryer, spray dryer, drum dryer</i>
	Sedang (1-120 menit)	<i>Belt conveyor dryer, fluidized bed dryer, rotary dryer, tray dryer</i>
	Panjang (>120 menit)	<i>tray dryer, freeze dryer</i>

Sumber : Mujumdar, 2006

Alat pengering yang umum digunakan pada industri saat ini terbagi menjadi beberapa macam, antara lain:

1. *Tray Dryer*

Tray Dryer (Cabinet Dryer) merupakan salah satu alat pengeringan yang tersusun dari beberapa buah tray di dalam satu rak. *Tray dryer* sangat besar manfaatnya bila produksinya kecil, karena bahan yang akan dikeringkan berkontak langsung dengan udara panas. Namun alat ini membutuhkan tenaga kerja dalam proses produksinya, biaya operasi yang agak mahal, sehingga alat ini sering digunakan pada pengeringan bahan - bahan yang bernilai tinggi (Octaria, 2015). Sketsa *tray dryer* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



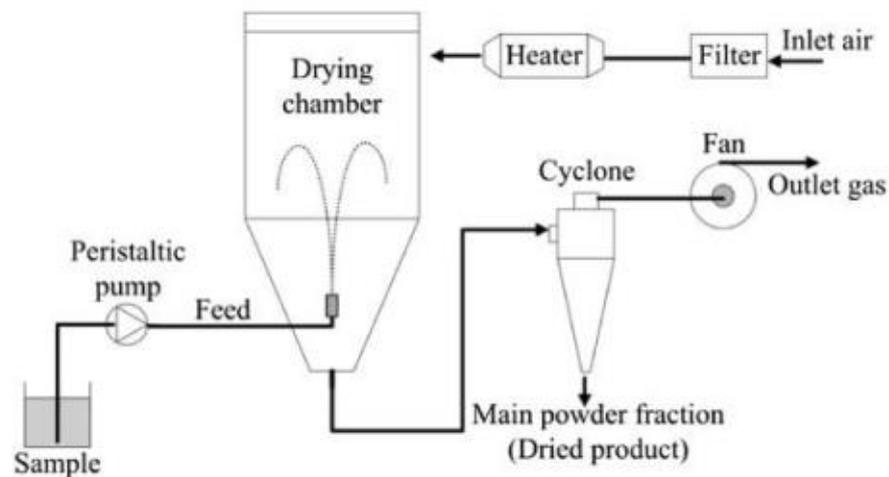
Sumber : Nugroho, 2018

Gambar 2.3 Sketsa *Tray Dryer*

Pengering baki (*tray dryer*) disebut juga pengering rak atau pengering kabinet, dapat digunakan untuk mengeringkan padatan bergumpal atau pasta, yang ditebarkan pada baki logam dengan ketebalan 10-100 mm. Pengeringan jenis baki atau wadah adalah dengan meletakkan material yang akan dikeringkan pada baki yang langsung berhubungan dengan media pengering. Prinsip kerja pengering *tray dryer* yaitu dapat beroperasi dalam keadaan vakum dan dengan pemanasan tak langsung. Selain itu dapat juga digunakan sirkulasi tembus, tetapi tidak ekonomis karena pemendekan siklus pengeringan tidak akan mengurangi biaya tenaga kerja yang diperlukan untuk setiap tumpak (Octaria, 2015).

2. *Spray Dryer*

Pengeringan semprot merupakan jenis pengering yang digunakan untuk menguapkan dan mengeringkan larutan dan bubur (*slurry*) sampai kering dengan cara termal, sehingga didapatkan hasil berupa zat padat yang kering. Pengeringan semprot dapat menggabungkan fungsi evaporasi, kristalisator, pengering, unit penghalus dan unit klasifikasi. Dalam pengering semprot, bubur atau larutan didispersikan ke dalam arus gas panas dalam bentuk kabut atau tetesan halus (Octaria, 2015). Pengeringan semprot (*spray drying*) cocok digunakan untuk pengeringan bahan pangan cair seperti susu dan kopi. Seluruh air dari bahan yang ingin dikeringkan, diubah ke dalam bentuk butiran-butiran air dengan cara diuapkan menggunakan *atomizer*. Air dari bahan yang telah berbentuk tetesan-tetesan tersebut kemudian di kontakkan dengan udara panas. Peristiwa pengontakkan ini menyebabkan air dalam bentuk tetesan-tetesan tersebut mengering dan berubah menjadi serbuk (Octaria, 2015). Sketsa *spray dryer* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Sumber : Nugroho, 2018

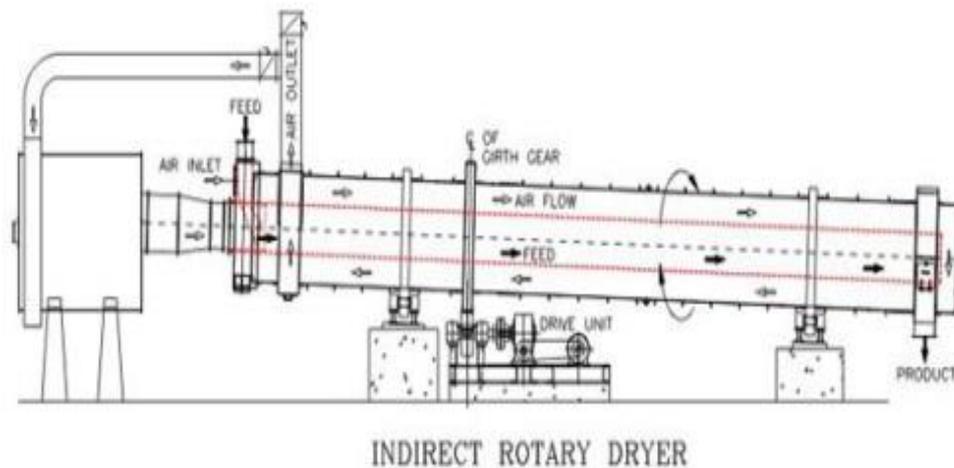
Gambar 2.4 Sketsa *Spray Dryer*

Selanjutnya proses pemisahan antara uap panas dengan serbuk dilakukan dengan *cyclone* atau penyaring. Setelah di pisahkan, serbuk kemudian kembali diturunkan suhunya sesuai dengan kebutuhan produksi. Pada prinsipnya cairan disemprotkan melalui sebuah alat penyemprot (*sprayer*) ke dalam ruangan yang panas. Dengan demikian air akan dapat menguap sehingga bahan dapat kering menjadi bubuk atau *powder*.

3. *Rotary Dryer*

Rotary dryer atau bisa disebut *drum dryer* merupakan alat pengering yang berbentuk sebuah drum dan berputar secara kontinyu yang dipanaskan dengan tungku atau gasifier. *Rotary dryer* biasa digunakan untuk mengeringkan bahan yang berbentuk bubuk, granula, gumpalan partikel padat dalam ukuran besar. Sumber panas yang digunakan dapat berasal dari uap listrik, batubara, minyak tanah dan gas (Octaria, 2015).

Secara umum, alat *rotary dryer* terdiri dari sebuah silinder yang berputar dan digunakan untuk mengurangi atau meminimalkan cairan kelembaban isi materi dan penanganannya ialah kontak langsung dengan gas panas di dalam ruang pengering. Pada alat pengering *rotary dryer* terjadi dua hal yaitu kontak bahan dengan dinding dan aliran uap panas yang masuk ke dalam drum (McCabe, 2001). Sketsa Rotary Dryer dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Sumber : Nugroho, 2018

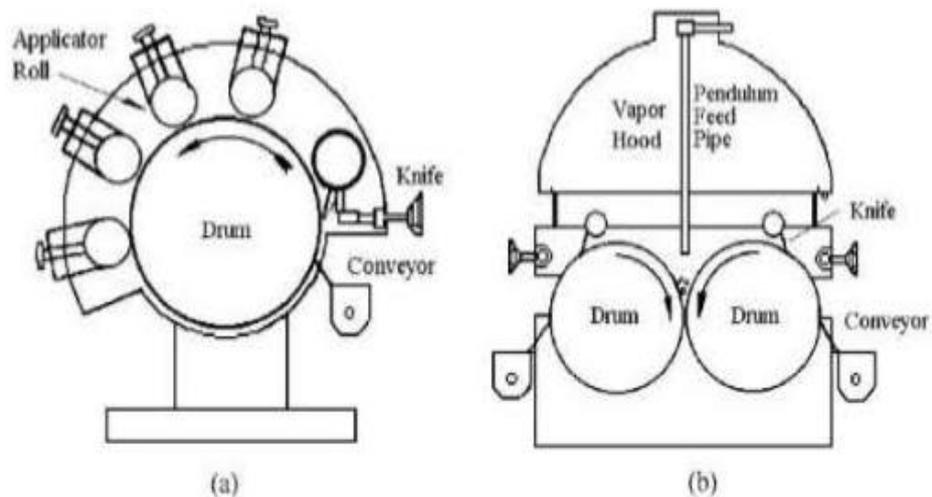
Gambar 2.5 Sketsa *Rotary Dryer*

Pengeringan dengan *drum* secara luas digunakan dalam pengeringan komersial di industri pangan untuk berbagai jenis produk makanan berpati, makanan bayi, maltodekstrin, suspensi dan pasta dengan viskositas tinggi (*heavy pastes*), dan dikenal sebagai metode pengeringan yang paling hemat energi untuk jenis produk tersebut (Aini, 2016).

Pengering *Drum* diklasifikasikan menjadi 3, yaitu *single drum dryer*, *double drum dryer*, dan *twin drum dryer*. *Double drum dryer* memiliki dua *drum* yang

berputar terhadap satu sama lain pada bagian atas. Gap antara dua *drum* akan mengontrol ketebalan lapisan bahan yang diletakan pada permukaan *drum*. *Twin drum dryer* juga memiliki dua *drum*, tetapi berputar berlawanan satu sama lain pada bagian atas (Agung, 2012). Gambar *single drum dryer* dan *double drum dryer* dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Diantara tiga jenis *drum dryer*, *single* dan *double drum dryer* paling sering digunakan untuk buah-buahan dan sayuran, misalnya untuk keripik kentang. (*single drum dryer*) dan pasta tomat (*double drum dryer*). Sedangkan *twin drum dryer* digunakan untuk pengeringan bahan yang menghasilkan produk berupa butiran/debu. Untuk bahan yang sensitif terhadap panas, modifikasi dengan *vacum drum dryer* dapat digunakan untuk mengurangi suhu/panas pengeringan. *Vacum drum dryer* pada prinsipnya mirip dengan *drum dryer*, hanya *drum* tertutup dalam ruang kedap udara/vakum (Agung, 2012).



Sumber : Agung, 2012

Gambar 2.6 (a) Sketsa *Single Drum Dryer*;
(b) Sketsa *Double Drum Dryer*

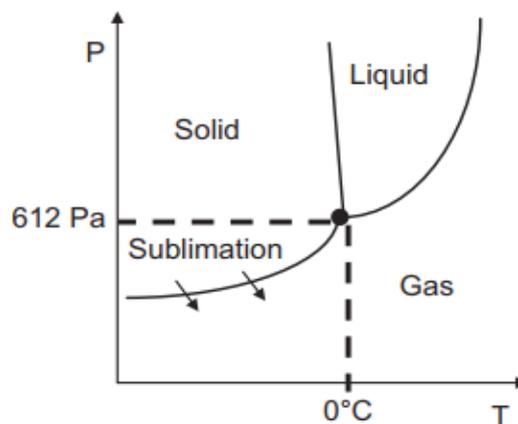
4. Alat Pengering Beku Vakum (*Vacuum Freeze Dryer*)

Freeze dryer merupakan suatu alat pengeringan yang termasuk ke dalam *conduction dryer/indirect dryer* karena proses perpindahan terjadi secara tidak langsung, yaitu antara bahan yang akan dikeringkan (bahan basah) dan media pemanas terdapat dinding pembatas sehingga air dalam bahan basah / lembab yang menguap tidak terbawa bersama media pemanas. Hal ini menunjukkan bahwa

perpindahan panas terjadi secara hantaran (konduksi), sehingga disebut juga *conduction dryer/indirect dryer* (Alisha, 2015).

Pengeringan beku atau liofilisasi adalah penghilangan air melalui sublimasi dari keadaan beku (es). Dalam proses ini, makanan pertama-tama dibekukan dan kemudian dikenakan vakum tinggi, di mana air es menyublim (yaitu, menguap langsung, tanpa pencairan). Uap air yang dilepaskan biasanya terperangkap di permukaan kondensor pada suhu yang sangat rendah (Berk, 2013). Keunggulan produk hasil pengeringan beku antara lain adalah dapat mempertahankan stabilitas produk, dapat mempertahankan stabilitas struktur bahan, dapat meningkatkan daya penghilangan air. Pengeringan beku sangat dikenal pada proses liofilisasi produk (Pujihastuti, 2009).

Sublimasi adalah transisi langsung dari kondisi padat ke kondisi gas tanpa meleleh. Sublimasi terjadi pada kisaran suhu dan tekanan tertentu, tergantung pada substansi yang dimaksud. Diagram fase air murni pada Gambar 2.7 menunjukkan bahwa sublimasi es air hanya dapat terjadi jika tekanan uap dan suhu di bawah triple point air yaitu, di bawah 611,73 Pa dan 0,01 °C (Berk, 2013).



Sumber: Berk, 2013

Gambar 2.7 Diagram Fasa Air Murni Pada Proses Sublimasi

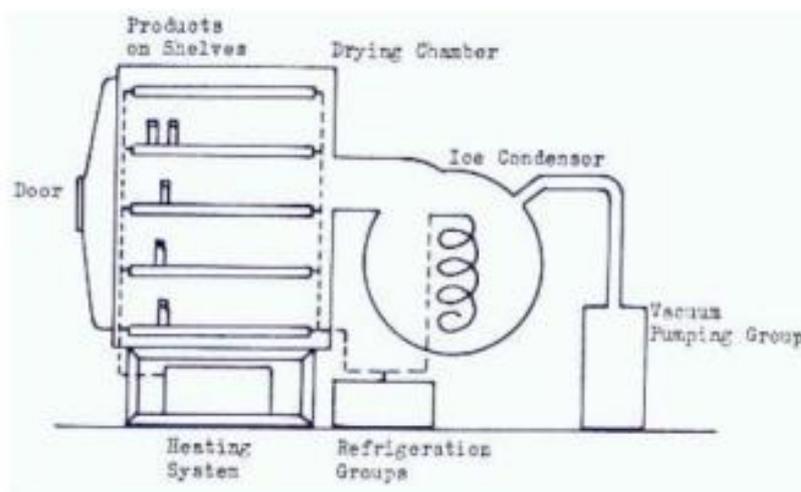
Sesuai dengan namanya *freeze drying*, kadar air dalam produk terlebih dahulu akan diubah menjadi es yang kemudian es tersebut akan diubah fasenya secara sublimasi pada temperatur dan tekanan dibawah *triple point* dalam diagram fasa air. Penentuan massa dibawah kondisi vakum merupakan hal yang tidak mudah untuk dilakukan. Kondisi batas operasi dari beberapa sensor yang terjadi dan ukurannya

pun dapat terpengaruh dari beberapa gangguan, seperti getaran, aliran gas dan gradient temperatur (Pujihastuti, 2009).

Secara teoritis, pengeringan beku harus dimungkinkan pada tekanan atmosfer, asalkan tekanan parsial uap air sangat rendah, contohnya udara sangat kering (Boeh-Ocansey, 1984). Pengeringan beku dilakukan di tekanan total sangat rendah (biasanya 10-50 Pa). Pada tekanan rendah seperti itu, uap air memiliki volume spesifik yang sangat besar.

Untuk menghilangkan uap dalam volume besar dalam keadaan gas, pompa vakum harus memiliki kapasitas perpindahan yang sangat besar. Untuk mengatasi masalah ini, uapnya terkondensasi sebagai es kristal pada permukaan kondensor disimpan pada suhu yang sangat rendah (biasanya -40°C atau kurang). Pengeringan beku terjadi dalam dua tahap (Oetjen dan Haseley, 2004).

Proses pemisahan pada pengeringan beku meliputi tiga tahap: (a) tahap pembekuan, (b) tahap pengeringan beku primer, dan (c) tahap pengeringan beku sekunder. Pada tahap pembekuan, bahan makanan atau larutan didinginkan pada temperatur dimana semua material dalam keadaan beku. Pada tahap pengeringan beku primer, pelarut yang telah mengalami pembekuan dihilangkan melalui proses sublimasi. Pada tahap pengeringan sekunder melibatkan penghilangan pelarut (air) yang tidak membeku (Mujumdar, 2006). Biasanya, pengeringan beku memiliki kandungan kadar air akhir sebesar 1-3%. Sketsa *Vacuum Freeze Dryer* dapat dilihat pada Gambar 2.8.

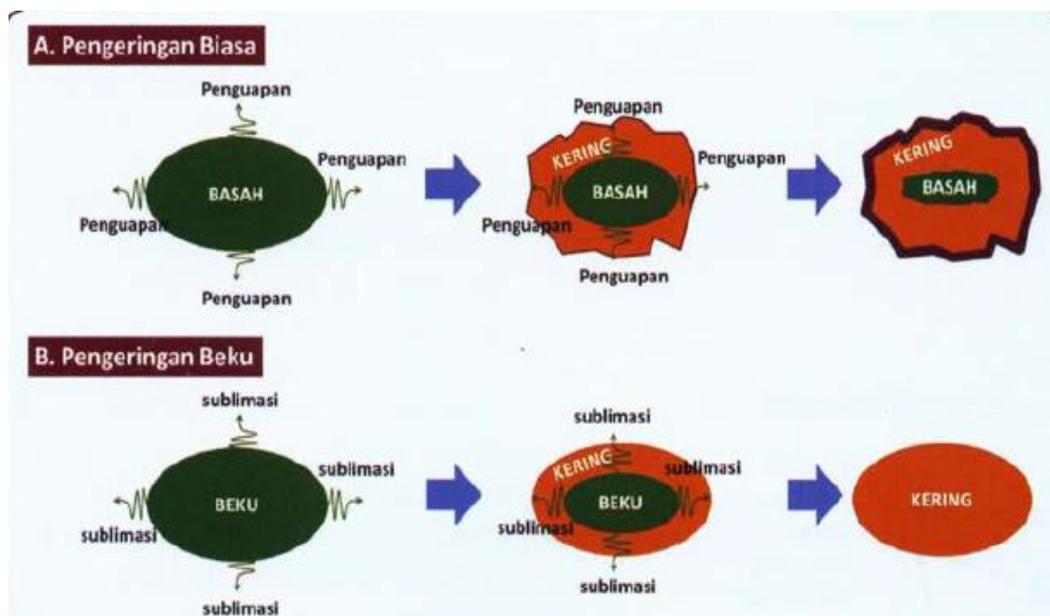


Sumber : Nugroho, 2018

Gambar 2.8 Sketsa *Vacuum Freeze Dryer*

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, tidak semua air dalam bahan beku adalah dalam bentuk es. Bagian air dan uap air yang tidak beku teradsorpsi pada matriks dapat bertindak sebagai *plasticizer* dan melunakkan lapisan kering, jika suhunya tidak cukup rendah. Pelunakan seperti itu mengakibatkan rusaknya struktur berpori dari lapisan kering dan pengeringan beku tidak optimal. Sifat *glass-transition* dari pengeringan tiap *layer* memiliki pengaruh besar pada kecenderungan bahan menyusut dan mengalami kerusakan (Khalloufi dan Ratti, 2003).

Perbedaan mekanisme pengeringan biasa dan pengeringan beku ialah pengeringan biasa terjadi melalui proses penguapan pada suhu panas, sehingga bagian pangan yang kering akan terjadi perubahan kimia (gelatinisasi pati, karamelisasi gula, dan/ atau denaturasi protein) yang menyebabkan terbentuknya kerak (*crust*) di permukaan; yang akan memberikan hambatan bagi difusi uap dari bagian basah ke udara lingkungan. Akibatnya, proses pengeringan akan terhambat dan terhenti, menghasilkan produk yang bagian luar sudah kering bahkan terlalu kering dan menjadi kerak tetapi bagian tengahnya masih basah. Kasus demikian sering disebut sebagai *case-hardening*. Pengeringan beku terjadi melalui mekanisme sublimasi yang terjadi pada suhu dingin (Hariyadi, 2013). Perbedaan proses pengeringan biasa dan pengeringan beku dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Sumber : Hariyadi, 2013

Gambar 2.9 Perbedaan Mekanisme Proses Pengeringan Biasa dan Proses Pengeringan Beku

Perbandingan antara pengeringan beku vakum dengan pengeringan konvensional ialah produk yang dihasilkan dari pengeringan beku vakum jauh lebih baik, diantaranya tidak menyebabkan permukaan yang keriput, lebih porus, densitas lebih rendah, mudah disegarkan kembali, warna normal, mutu flavor dan nilai gizi lebih (Martin, 2014). Perbedaan antara pengeringan biasa/vakum dan pengeringan beku dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Perbedaan Antara Pengeringan Biasa/Vakum Dan Pengeringan Beku

Kriteria	Pengeringan Biasa /Vakum	Pengeringan Beku
Suhu Pengeringan	37-93°C	Di bawah titik beku
Mekanisme Pengeringan	Penguapan (evaporasi)	Sublimasi
Tekanan	Tekanan atmosfer – vakum (di atas P triple)	Tekanan vakum (di bawah P triple)
Mutu Produk	Sering menghasilkan permukaan yang keriput, kurang porus, densitas tinggi, kurang mudah dibasahkan (disegarkan) kembali, warna kegelapan, mutu flavor, nilai gizi berkurang	Tidak menyebabkan permukaan yang keriput, lebih porus, densitas lebih rendah, mudah disegarkan kembali, warna normal, mutu flavor dan nilai gizi lebih dapat dipertahankan
Biaya	Lebih murah	Lebih mahal
Kegunaan Umum	Untuk pengeringan umum, cocok untuk sayur-sayuran dan biji-bijian, Kurang/tidak cocok untuk daging dan produk daging	Untuk produk dengan nilai ekonomi cukup tinggi, mikroenkapsulasi, produk instant, cocok untuk daging dan produk daging

Sumber : Hariyadi, 2013

Pengetahuan tentang suhu optimum yang terjadi sangat penting untuk kontrol proses yang tepat. Metode pengeringan vakum beku merupakan metode yang menakutkan, dimana pengeringan beku diakui sebagai metode pengeringan terbaik tetapi sangat intensif energi (Liapis dkk, 1995).

Dalam proses pengeringan dapat dilakukan dengan waktu yang lebih cepat dan lebih komplis serta tidak ketergantungan terhadap intensitas sinar matahari. Pengeringan vakum beku dapat diaplikasikan pada produk hasil pertanian seperti; tomat, bengkuang, cabe, kopi, buah-buahan dan beberapa produk lainnya seperti rempah-rempah.