

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jamur Kuping

Jamur kuping, disebut jamur kuping karena bentuk tubuh buahnya melebar seperti daun telinga manusia atau dalam bahasa jawa disebut kuping (Achmad, dkk, 2011). Jamur kuping (*Auricularia auricula*) merupakan tanaman yang berasal dari keluarga *Auriculariaceae* dan memiliki nama latin *Auricularia auricula-judae* (Bandara, 2019). Jamur kuping memiliki bentuk yang khas seperti bentuk kuping atau telinga, tekstur yang mirip agar-agar dan berwarna kecoklatan. Dalam kondisi segar, jamur ini kuat dan elastis, namun ketika kering ia akan lemah dan rapuh. Biasanya, jamur kuping akan tumbuh berkelompok pada batang pohon berkayu yang sudah mati atau lapuk, lebih sering tumbuh pada saat musim hujan atau kondisi lingkungan yang lembab (Darshan, 2016).

Umumnya jamur kuping memiliki warna tubuh hitam atau cokelat kehitaman, tetapi ada pula yang memiliki warna cokelat tua. Jamur kuping yang memiliki nilai bisnis paling tinggi adalah warna cokelat pada bagian atas tubuh buah dan warna hitam pada bagian bawah tubuh buah, serta ukuran tubuh buahnya yang kecil. Tangkai buah jamur kuping pendek dan menempel di media tumbuh (substrat). Tubuh buah jamur kuping dalam keadaan basah bersifat kenyal (*galatious*), licin, dan lentur, tetapi dalam keadaan kering akan berubah melengkung dan kaku. Jamur kuping memiliki inti plasma dan spora yang berupa sel-sel lepas atau bersambungan membentuk benang yang tidak bersekat. Dalam bentuk tunggal, benang-benang itu disebut hifa. Kumpulan dari benang-benang itu disebut miselium. Miselium bercabang-cabang dan pada titik-titik pertemuannya membentuk bintik kecil yang disebut sporangium. Sporangium inilah yang akan tumbuh menjadi calon tubuh buah (*pin head*) dan berkembang terus menjadi tubuh buah (Achmad, dkk, 2011).

Jamur kuping secara alami dapat tumbuh diberbagai jenis kayu diberbagai lokasi. Namun, lokasi tumbuh yang paling baik adalah kayu-kayu yang ada di dataran rendah bersuhu hangat sampai pegunungan berhawa sejuk. Besar suhu yang dapat ditoleransi oleh jamur kuping adalah 16-36°C, tetapi idealnya

26-28°C. Fase pembentukan miselium, jamur kuping memerlukan kadar air sekitar 62%, kelembapan udara 60-75%, dan kadar oksigen yang tidak terlalu tinggi. Saat kondisi lingkungan yang sesuai, akan memaksimalkan pertumbuhan jamur memasuki pertumbuhan tubuh buah, jamur ini memerlukan suhu 16-22°C dengan kelembapan udara 80-90°C dengan kadar oksigen tinggi (Achmad, dkk, 2011).

Jamur kuping (*Auricularia auricula*) merupakan jenis jamur kayu yang memiliki kandungan gizi dan nilai ekonomi yang tinggi sehingga banyak dibudidayakan. Kandungan gizi jamur kuping yaitu protein, lemak, karbohidrat, riboflavin, niacin, Ca, K, P, Na, dan Fe. Kandungan pada jamur kuping (*Auricularia auricula*) dalam 100 gram yakni Protein 9,25 gram, Lemak 0,73 gram, Karbohidrat 73 gram, Serat 70,1 gram, Calcium 159 mg, Kalium 754 mg, Fosfor 184 mg, Besi 5,88 mg dan Natrium 35 mg. Pada umumnya jamur kuping dikonsumsi sebagai sayur biasa, padahal bila dilihat kandungannya maka dapat dimanfaatkan dengan berbagai olahan diantaranya untuk penyedap rasa alami (Asngad, dkk, 2021).

Jamur kuping (*Auricularia.auricular*) merupakan salah satu dari anggota kelas *Basidiomycetes* dari Familia *Auriculariaceae*. klasifikasi jamur kuping adalah sebagai berikut:

Kingdom : Fungi
Divisi : *Basidiomycota*
Class : *Homobasidiomycetes*
Ordo : *Auriculariales*
Familia : *Auriculariaceae*
Genus : *Auricularia*
Spesies : *Auricularia auricula Judae*

(Sumber: Achmad, dkk, 2011).



Sumber: Asegab, 2011.

Gambar 2.1 Jamur Kuping

2.2 Kandungan dan Manfaat Jamur Kuping

Jamur kuping merupakan jamur dapat dikonsumsi dan banyak digunakan sebagai bahan campuran masakan. Dapat dibuat sebagai sari buah dan jamur kuping, kuah jamur kuping, dsb. Lendir yang terkandung di dalamnya berkhasiat untuk menetralkan senyawa berbahaya (beracun) yang terdapat di dalam bahan makanan, membuat sirkulasi darah lebih bebas bergerak dalam pembuluh jantung, dan di Inggris digunakan sebagai obat sakit tenggorokan. Jamur kuping bisa mengurangi dahak, memperkuat energi bermanfaat bagi kecerdasan, menghilangkan kekeringan menguatkan tubuh, menyuburkan rambut, melancarkan darah, merawat lambung, dan yang lebih penting dapat menyapu bersih aneka macam sampah beracun di dalam tubuh (Widyastuti, dkk, 2015). Jamur kuping memiliki nilai kandungan gizi yang baik untuk kebutuhan energi sehingga jamur kuping ini dapat dikonsumsi dengan berbagai macam bentuk olahan jamur. Kandungan gizi per 100 gram pada jamur kuping dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan gizi per 100 gram Jamur Kuping

Kandungan Gizi	Jumlah
Air (g)	14,8
Energy (kal)	284
Protein (g)	9,25
Lemak (g)	0,73
Karbohidrat (g)	73
Serat (g)	70,1
Abu (g)	2,21
Kalsium (mg)	159
Fosfor (mg)	754
Besi (mg)	5,88
Thiamin (mg)	0,015
Riboflavin (mg)	0,844
Niacin (mg)	6,267
Natrium (mg)	35

(Sumber: Asegab, 2011).

2.3 Pengawetan Jamur

Proses pengawetan jamur mempunyai tingkat kerumitan yang lebih di bandingkan proses pengolahan pada jamur segar. Pengolahan yang digunakan ini sebagai salah satu *alternative* agar dapat memperpanjang umur simpan jamur yang *relative* singkat. Pengawetan bertujuan untuk mempertahankan kandungan nutrisi dalam produk untuk jangka waktu yang lama (Rahmawati, 2010).

Biasanya, kelezatan dan kandungan nutrisi jamur segar lebih baik dibandingkan dengan jamur olahan atau yang diawetkan, namun tidak untuk semua jenis jamur. Contohnya jamur *oyster* dan jamur tiram memiliki kelezatan yang dapat bertahan lebih lama apabila diawetkan, hal ini dikarenakan aroma khas dari jamur tersebut akan tercapai setelah dikeringkan. Ada beberapa bentuk jenis jamur awetan, yaitu:

a. Pengalengan Jamur

Pada proses pengalengan jamur layaknya makanan yang dikalengkan juga melalui proses termal (*sterilisasi* uap dengan tekanan tinggi) pada suhu diatas 100° C. Dengan dilakukannya proses tersebut diharapkan dapat membebaskan jamur dari mikroorganisme pembusuk makanan (Achmad, dkk, 2011).

b. Tepung Jamur

Tepung jamur dapat dibuat dengan cara menjemur jamur yang telah dibersihkan hingga kering menggunakan mesin pengering (oven) ataupun

penjemuran manual. Kemudian jamur digiling hingga halus apabila jamur telah benar-benar kering. Penepungan jamur ini dilakukan guna mendapat nilai jual dan mempunyai banyak kegunaan. Tepung jamur dapat dijadikan alternatif lain pengganti tepung biasa dalam pembuatan makanan berbahan dasar jamur (Lisa, dkk, 2015).

c. Jamur Kering

Jamur kering merupakan salah satu cara pengolahan jamur yang dilakukan dengan cara mengeringkan jamur dibawah sinar matahari langsung setelah dicuci. Pada dasarnya, pengeringan bahan adalah salah satu cara mengurangi kandungan air yang terdapat dalam bahan, sehingga dapat menekan kerusakan bahan akibat berkembangnya mikroorganisme, karena rendahnya kandungan air dalam bahan. Pengeringan juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan udara panas atau oven bersuhu 40° C dan suhu secara perlahan dinaikan hingga 45° C. Dengan pengeringan tersebut, diperlukan waktu sekitar delapan jam untuk menghasilkan olahan jamur kering. Olahan jamur kering ini akan membuat jamur kehilangan berat mencapai 90% dari berat awalnya.

d. Asinan Jamur

Pengolahan jamur segar menjadi asinan jamur merupakan salah satu cara dalam memperpanjang umur simpan. Pertama-tama jamur dicuci dan diblanching dalam air mendidih selama lima menit. Kemudian, jamur yang sudah dingin dipindahkan ke wadah toples atau botol yang bermulut lebar, dan tambahkan larutan garam 22%, sedikit cuka, serta vitamin C atau asam sitrat kedalam botol agar membuat jamur terlihat segar/berwarna segar. Selanjutnya, wadah yang digunakan di tutup dengan tidak terlalu rapat dan dipasteurisasikan selama satu jam. Setelah itu, wadah didinginkan dan tutup botol dirapatkan, jadilah asinan jamur.

e. Pasta Jamur

Sebelum jamur diolah menjadi pasta, jamur dikeringkan terlebih dahulu. Jamur yang telah dikeringkan, direndam dalam larutan garam dengan konsentrasi 40- 50% selama 10- 15 menit. Kemudian jamur diangkat dan diblender hingga berupa pasta. Setelah itu, letakkan pasta jamur tersebut di atas kain guna meniriskan cairan yang berlebihan. Selain pastanya, cairan dari hasil penirisan

dapat dimanfaatkan menjadi saus jamur. Lalu, masukan pasta jamur dalam toples dan pasturisasikan atau kukus selama satu jam, dan selanjutnya pasta jamur siap untuk dipasarkan.

f. Pengasapan

Pemilihan cara pengawetan khusus tergantung pada permintaan pasar serta sumberumur yang dimiliki produsen dan pelaku pasar. Pengawetan jamur dengan cara pengasapan hampir sama halnya dengan pengawetan ikan asapan. Perlakuan awal untuk proses pengasapan hampir sama awalnya dengan proses pengeringan. Tetapi pada tahap selanjutnya tidak dilakukan penjemuran dibawah sinar matahari maupun menggunakan oven, melainkan menjemur jamur pada tempat diatas tungku penghasil asap, sedangkan untuk kayu atau bahan pengasapnya harus berasal dari kayu atau daun yang tidak menimbulkan bau asap. Hal ini karena bau asap tersusun dari senyawa kimia tertentu yang dapat mengurangi kualitas hasil asapan.

2.4 Pengerinan

Pengerinan merupakan salah satu unit operasi energi paling intensif dalam pengolahan pasca panen. Unit operasi ini diterapkan untuk mengurangi kadar air produk seperti berbagai buah-buahan, sayuran, dan produk pertanian lainnya setelah panen. Pengerinan adalah proses pemindahan panas dan uap air secara simultan yang memerlukan panas untuk menguapkan air dari permukaan bahan tanpa mengubah sifat kimia dari bahan tersebut. Dasar dari proses pengerinan adalah terjadinya penguapan air ke udara, karena perbedaan kandungan uap air antara udara dan bahan yang dikeringkan. Laju pemindahan kandungan air dari bahan akan mengakibatkan berkurangnya kadar air dalam bahan tersebut.

Pengerinan adalah pemisahan sejumlah kecil air dari suatu bahan sehingga mengurangi kandungan sisa zat cair di dalam zat padat itu sampai suatu nilai rendah yang dapat diterima, menggunakan panas. Pada proses pengerinan ini air diuapkan menggunakan udara tidak jenuh yang dihembuskan pada bahan yang akan dikeringkan. Air (atau cairan lain) menguap pada suhu yang lebih rendah dari titik didihnya, karena adanya perbedaan kandungan uap air pada bidang antar muka bahan padat-gas dengan kandungan uap air pada fasa gas. Gas panas disebut medium pengering, menyediakan panas yang diperlukan untuk penguapan air dan

sekaligus membawa air keluar. Air juga dapat dipisahkan dari bahan padat, secara mekanik menggunakan cara pengepresan sehingga air keluar, dengan pemisah *sentrifugal*, dengan penguapan termal ataupun dengan metode lainnya. Pemisahan air secara mekanik biasanya lebih murah biayanya dan lebih hemat energi dibandingkan dengan pengeringan.

Kandungan zat cair dalam bahan yang dikeringkan berbeda dari satu bahan ke bahan lain. Ada bahan yang tidak mempunyai kandungan zat cair sama sekali (*bone dry*). Pada umumnya zat padat selalu mengandung sedikit fraksi air sebagai air terikat. Kandungan air dalam suatu bahan dapat dinyatakan atas dasar basah (% berat) atau dasar kering, yaitu perbandingan jumlah air dengan jumlah bahan kering.

Dasar pengeringan adalah terjadinya penguapan air ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Dalam hal ini, kandungan uap air udara lebih sedikit atau udara mempunyai kelembaban nisbi yang rendah sehingga terjadi penguapan. 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 di sekitar bahan yang dikeringkan semakin jenuh sehingga pengeringan semakin lambat.

Tujuan pengeringan untuk mengurangi kadar air bahan sampai batas perkembangan organisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau bakteri terhenti sama sekali. Dengan demikian bahan yang dikeringkan mempunyai waktu simpan lebih lama.

Proses pengeringan diperoleh dengan cara penguapan air. Cara tersebut dilakukan dengan menurunkan kelembapan nisbi udara dengan mengalirkan udara panas di sekeliling bahan, sehingga tekanan uap air bahan lebih besar dari tekanan uap air di udara. Perbedaan tekanan itu menyebabkan terjadinya aliran uap air dari bahan ke udara.

Industri kimia proses pengeringan adalah salah satu proses yang penting. Proses pengeringan ini dilakukan biasanya sebagai tahap akhir sebelum dilakukan pengepakan suatu produk ataupun proses pendahuluan agar proses selanjutnya

lebih mudah, mengurangi biaya pengemasan, dan transportasi suatu produk dan dapat menambah nilai guna dari suatu bahan. Dalam industri makanan, proses pengeringan ini digunakan untuk pengawetan suatu produk makanan. Mikroorganisme yang dapat mengakibatkan pembusukan makanan tidak dapat tumbuh pada bahan yang tidak mengandung air, maka dari itu untuk mempertahankan aroma dan nutrisi dari makanan agar dapat disimpan dalam waktu yang lebih lama, kandungan air dalam bahan makanan itu harus dikurangi dengan cara pengeringan (Tindaon, dkk, 2013).

Pengeringan secara mekanis dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu:

1. *Continuous drying*

Suatu pengeringan bahan dimana pemasukan dan pengeluaran bahan dilakukan terus menerus.

2. *Batch drying*

Suatu pengeringan dimana bahan masuk ke alat pengering sampai pengeluaran hasil kering, kemudian baru dimasukkan bahan yang berikutnya.

Menurut sistem proses pengeringan dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. *Direct drying*

Pada sistem ini bahan dikeringkan dengan cara mengalirkan udara pengering melewati bahan sehingga panas yang diserap diperoleh dari sentuhan langsung antara bahan dengan udara pengering, biasanya disebut dengan pengeringan konveksi.

2. *Indirect drying*

Pada sistem ini panas pengeringan didapat dari dinding pemanas yang bersentuhan dengan bahan yang dikeringkan secara konduksi. Pengeringan biasanya merupakan langkah terakhir dari sederetan operasi dan hasil pengeringan biasanya siap dikemas. Kandungan zat cair dalam bahan yang dikeringkan berbeda dari satu bahan ke bahan lain. Ada bahan yang tidak mempunyai kandungan zat cair sama sekali (*bone dry*). Pada umumnya zat padat selalu mengandung sedikit fraksi air sebagai air terikat. Zat padat yang akan dikeringkan biasanya terdapat dalam bentuk serpih, bijian, kristal, serbuk, lempeng atau lembaran sinambung dengan sifat-sifat yang berbeda satu sama lain. Zat cair yang akan diuapkan bisa terdapat pada permukaan zat padat seperti pada kristal, dapat

pula seluruh zat cair terdapat di dalam zat padat seperti pada pemisahan pelarut dari lembaran polimer, atau dapat pula sebagian zat cair di luar dan sebagian di dalam. Pengeringan merupakan suatu cara untuk menurunkan kandungan air yang terdapat didalam suatu bahan, proses pengeringan adalah proses pengambilan atau penurunan kadar air sampai batas tertentu sehingga dapat memperlambat laju kerusakan biji-bijian akibat biologis dan kimia sebelum bahan diolah (digunakan). Kadar air keseimbangan dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara dalam ruang pengering, suhu dan kelembaban udara, jenis bahan yang dikeringkan dan tingkat kematangan. Proses pengeringan diperoleh dengan cara penguapan air. Cara ini dilakukan dengan menurunkan kelembaban udara dengan mengalirkan udara panas di sekeliling bahan, sehingga tekanan uap air bahan lebih besar daripada tekanan uap air di udara. Perbedaan tekanan ini menyebabkan terjadinya aliran uap dari bahan ke udara. Faktor-faktor yang mempengaruhi penguapan adalah:

- a. laju pemanasan waktu energi (panas) dipindahkan pada bahan.
- b. Jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguapkan tiap puond (lb) air.
- c. Suhu maksimum pada bahan.
- d. Tekanan pada saat terjadinya penguapan.
- e. Perubahan lain yang mungkin terjadi di dalam bahan selama proses penguapan berlangsung.

Dalam memilih alat pengering yang akan digunakan, serta menentukan kondisi pengeringan harus diperhitungkan jenis bahan yang akan dikeringkan. Juga harus diperhitungkan hasil kering dari bahan yang diinginkan. Setiap bahan yang akan dikeringkan tidaklah sama kondisi pengeringannya, karena ikatan air dan jaringan ikatan dari tiap bahan akan berbeda.

Dikemukakan bahwa pengeringan yang dilakukan dengan menggunakan alat mekanis (pengeringan buatan) akan mendapatkan hasil yang baik bila kondisi pengeringan ditentukan dengan tepat dan selama pengeringan dikontrol dengan baik. Setiap alat pengeringan digunakan untuk jenis bahan tertentu, misalnya *tray dryer* untuk pengeringan bahan padat atau lempengan yang dikeringkan dengan sistem *batch* (Taufiq, 2004).

2.5 Prinsip Dasar dan Mekanisme Pengeringan

Udara Proses pengeringan pada prinsipnya menyangkut proses pindah panas dan pindah massa yang terjadi secara bersamaan (simultan). Pertama panas harus di transfer dari medium pemanas ke bahan. Setelah terjadi penguapan air, uap air yang terbentuk harus dipindahkan melalui struktur bahan ke medium sekitarnya. Proses ini akan menyangkut aliran fluida di mana cairan harus di transfer melalui struktur bahan selama proses pengeringan berlangsung. Jadi panas harus di sediakan untuk menguapkan air dan air harus mendifusi melalui berbagai macam tahanan agar supaya dapat lepas dari bahan dan berbentuk uap air yang bebas. Lama proses pengeringan tergantung pada bahan yang dikeringkan dan cara pemanasan yang digunakan. Makin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara pengeringan 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 di uapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan. Jika kecepatan aliran udara pengering makin tinggi maka makin cepat massa uap air yang dipindahkan dari bahan ke atmosfer. Kelembaban udara berpengaruh terhadap proses pemindahan uap air. Pada kelembaban udara tinggi, perbedaan tekanan uap air didalam dan diluar bahan kecil, sehingga pemindahan uap air dari dalam bahan keluar menjadi terhambat. Pada pengeringan dengan menggunakan alat umumnya terdiri dari tenaga penggerak dan kipas, unit pemanas (*heater*) serta alat-alat kontrol. Sebagai sumber tenaga untuk mengalirkan udara dapat digunakan blower. Sumber energi yang dapat digunakan pada unit pemanas adalah tungku, gas, minyak bumi, dan elemen pemanas listrik.

Proses utama dalam pengeringan adalah proses penguapan air maka perlu terlebih dahulu diketahui karakteristik hidrasi bahan pangan yaitu sifat-sifat bahan yang meliputi interaksi antara bahan pangan dengan molekul air yang dikandungnya dan molekul air di udara sekitarnya. Peranan air dalam bahan pangan dinyatakan dengan kadar air dan aktivitas air, sedangkan peranan air di udara dinyatakan dengan kelembaban relatif dan kelembaban mutlak.

Mekanisme keluarnya air dari dalam bahan selama pengeringan adalah sebagai berikut:

1. Air bergerak melalui tekanan kapiler.
2. Penarikan air disebabkan oleh perbedaan konsentrasi larutan disetiap bagian bahan.
3. Penarikan air ke permukaan bahan disebabkan oleh absorpsi dari lapisan-lapisan permukaan komponen padatan dari bahan.
4. Perpindahan air dari bahan ke udara disebabkan oleh perbedaan tekanan uap.

(Tindaon, dkk, 2013).

Faktor yang dapat mempengaruhi pengeringan suatu bahan pangan adalah:

- Sifat fisik dan kimia dari bahan pangan.
- Pengaturan susunan bahan pangan.
- Sifat fisik dari lingkungan sekitar alat pengeringan.
- Proses pemindahan dari media pemanasan ke bahan yang dikeringkan melalui dua tahapan proses selama pengeringan, yaitu:
 - Proses pemindahan panas terjadinya penguapan air dari bahan yang dikeringkan.
 - Proses perubahan air yang terkandung dalam media yang dikeringkan menguapkan air menjadi gas.

Prinsip pengeringan biasanya akan melibatkan 2 kejadian, yaitu panas harus diberikan pada bahan yang akan di keringkan, dan air harus dikeluarkan dari dalam bahan. Fenomena ini menyangkut perpindahan panas ke dalam dan perpindahan massa keluar.

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam kecepatan pengeringan adalah:

- Luas Permukaan
- Perbedaan Suhu Sekitar
- Kecepatan Aliran Udara
- Kelembaban Udara
- Lama Pengeringan

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan adalah:

1. Luas Permukaan

Makin luas permukaan bahan makin cepat bahan menjadi kering. Air menguap melalui permukaan bahan, sedangkan air yang ada di bagian tengah akan merembes ke bagian permukaan dan kemudian menguap. Untuk mempercepat pengeringan umumnya bahan pangan yang akan dikeringkan dipotong-potong atau di iris-iris terlebih dulu. Hal ini terjadi karena:

(1) Pemotongan atau pengirisan tersebut akan memperluas permukaan bahan dan permukaan yang luas dapat berhubungan dengan medium pemanasan sehingga air mudah keluar.

(2) Potongan-potongan kecil atau lapisan yang tipis mengurangi jarak dimana panas harus bergerak sampai ke pusat bahan pangan. Potongan kecil juga akan mengurangi jarak melalui massa air dari pusat bahan yang harus keluar ke permukaan bahan dan kemudian keluar dari bahan tersebut.

2. Perbedaan Suhu dan Udara Sekitarnya

Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan makin cepat pemindahan panas ke dalam bahan dan makin cepat pula penghilangan air dari bahan. Air yang keluar dari bahan yang dikeringkan akan menjenuhkan udara sehingga kemampuannya untuk menyingkirkan air berkurang. Jadi dengan semakin tinggi suhu pengeringan maka proses pengeringan akan semakin cepat. Akan tetapi bila tidak sesuai dengan bahan yang dikeringkan, akibatnya akan terjadi suatu peristiwa yang disebut "*Case Hardening*", yaitu suatu keadaan dimana bagian luar bahan sudah kering sedangkan bagian dalamnya masih basah.

3. Kecepatan Alir Udara

Makin tinggi kecepatan udara, makin banyak penghilangan uap air dari permukaan bahan sehingga dapat mencegah terjadinya udara jenuh di permukaan bahan. Udara yang bergerak dan mempunyai gerakan yang tinggi selain dapat mengambil uap air juga akan menghilangkan uap air tersebut dari permukaan bahan pangan, sehingga akan mencegah terjadinya atmosfer jenuh yang akan memperlambat penghilangan air.

4. Tekanan Udara

Semakin kecil tekanan udara akan semakin besar kemampuan udara untuk mengangkut air selama pengeringan, karena dengan semakin kecilnya tekanan berarti kerapatan udara makin berkurang sehingga uap air dapat lebih banyak tertampung dan disingkirkan dari bahan pangan. Sebaliknya jika tekanan udara semakin besar maka udara disekitar pengeringan akan lembab, sehingga kemampuan menampung uap air terbatas dan menghambat proses atau laju pengeringan.

5. Kelembapan Udara

Makin lembab udara maka makin lama kering, sedangkan makin kering udara maka makin cepat pengeringan, karena udara kering dapat mengabsorpsi dan menahan uap air. Setiap bahan mempunyai keseimbangan kelembapan nisbi masing-masing, kelembapan pada suhu tertentu dimana bahan tidak akan kehilangan air (pindah) ke atmosfer atau tidak akan mengambil uap air dari atmosfer (Tindaon, dkk, 2013).

2.6 Jenis-Jenis Alat Pengeringan

2.6.1. *Tray Dryer*

Tray dryer dapat digunakan untuk mengeringkan bahan berupa padatan kental atau padatan seperti pasta, bahan tersebut disebarkan secara merata pada rak-rak pengering. Pengeringan menggunakan *tray dryer* dapat menghasilkan pengeringan yang jauh lebih cepat pada padatan, kristal dan bahan yang berbentuk granular dapat dikeringkan secara langsung, dengan melihat kondisi tersebut, maka alat *tray dryer* sangat memungkinkan untuk mengeringkan material yang berbentuk hydrogel.

Tray dryer atau alat pengering tipe rak, mempunyai bentuk persegi dan di dalamnya berisi 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. Kegunaan lubang-lubang tersebut untuk mengalirkan udara panas. Luas rak dan besar lubang-lubang rak tergantung pada bahan yang dikeringkan. Apabila bahan yang akan dikeringkan berupa butiran halus, maka

lubangnya berukuran kecil. Pada alat pengering ini bahan selain ditempatkan langsung pada rak-rak dapat juga ditebarkan pada wadah lainnya misalnya pada baki dan nampan, kemudian pada baki dan nampan ini disusun diatas rak yang ada di dalam pengering, selain alat pemanas udara, biasanya juga digunakan juga kipas (*fan*) untuk mengatur sirkulasi udara dalam alat pengering. Udara yang telah melewati kipas masuk ke dalam alat pemanas, pada alat ini udara dipanaskan lebih dulu, kemudian dialurkan diantara rak-rak yang sudah berisi bahan.

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 (Tindaon, dkk, 2013).

Pengeringan *tray* digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan yang tidak boleh diaduk dengan cara termal, sehingga didapatkan hasil yang berupa zat padat yang kering. Pengering talam sering digunakan untuk laju produksi kecil.

Prinsip kerja pengering *tray dryer* yaitu dapat beroperasi dalam keadaan vakum dan dengan pemanasan tak langsung. Uap dari zat padat dikeluarkan dengan ejector atau pompa vakum. Pengeringan zat padat memerlukan waktu sangat lama dan siklus pengeringan panjang yaitu 4-8 jam per tumpak, 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.

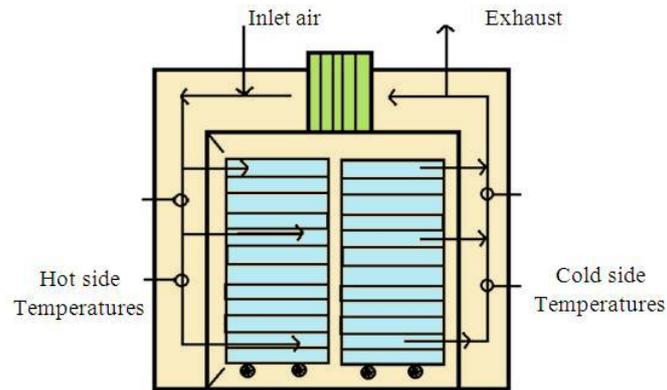
Digunakannya alat pengering mekanik seperti *Tray Dryer* pada penelitian kali ini adalah karena *alat Tray Dryer* memiliki kelebihan dibanding penjemuran karena tidak tergantung pada kondisi cuaca dan laju pengeringannya lebih cepat, memperkecil kemungkinan *over drying* dan tekanan udara pengering yang rendah dapat melalui lapisan bahan yang dikeringkan (Tindaon, dkk, 2013).

Spesifikasi alat dan cara kerja alat *tray dryer*, yaitu sebagai berikut:

Alat pengering tipe rak (*tray dryer*) mempunyai bentuk persegi dan di dalamnya berisi rak-rak yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan. Pada umumnya rak tidak dapat dikeluarkan. Beberapa alat pengering jenis itu rak-raknya mempunyai roda sehingga dapat dikeluarkan dari alat pengering. Ikan-ikan diletakkan di atas rak yang terbuat dari logam dengan alas yang berlubang-lubang. Kegunaan dari lubang tersebut untuk mengalirkan udara panas dan uap air.

Rak yang digunakan berukuran 35 x 75 cm. Luas rak dan besar lubang-lubang rak tergantung pada bahan yang akan dikeringkan. Alat pemanas udara, biasanya juga digunakan kipas (*fan*) untuk mengatur sirkulasi udara dalam alat pengering. Kipas yang digunakan mempunyai kapasitas aliran 7-15 fet per detik. Udara setelah melewati kipas masuk kedalam alat pemanas, pada alat tersebut udara dipanaskan lebih dahulu kemudian dialirkan diantara rak-rak yang sudah berisi bahan. Arah aliran udara panas di dalam alat pengering dapat dari atas ke bawah dan juga dari bawah ke atas. Suhu yang digunakan serta waktu pengeringan ditentukan menurut keadaan bahan. Biasanya suhu yang digunakan berkisar antara 80-1800C. *Tray dryer* dapat digunakan untuk operasi dengan keadaan vakum dan seringkali digunakan untuk operasi dengan pemanasan tidak langsung. Uap air dikeluarkan dari alat pengering dengan pompa vakum (Tindaon, dkk, 2013).

Alat tersebut juga digunakan untuk mengeringkan hasil pertanian berupa biji-bijian. Bahan diletakkan pada suatu bak yang dasarnya berlubang-lubang untuk melewatkan udara panas. Bentuk bak yang digunakan ada yang persegi panjang dan ada juga yang bulat. Bak yang bulat biasanya digunakan apabila alat pengering menggunakan pengaduk, karena pengaduk berputar mengelilingi bak. Kecepatan pengadukan berputar disesuaikan dengan bentuk bahan yang dikeringkan, ketebalan bahan, serta suhu pengeringan. Biasanya putaran pengaduk sangat lambat karena hanya berfungsi untuk menyeragamkan pengeringan (Tindaon, dkk, 2013).



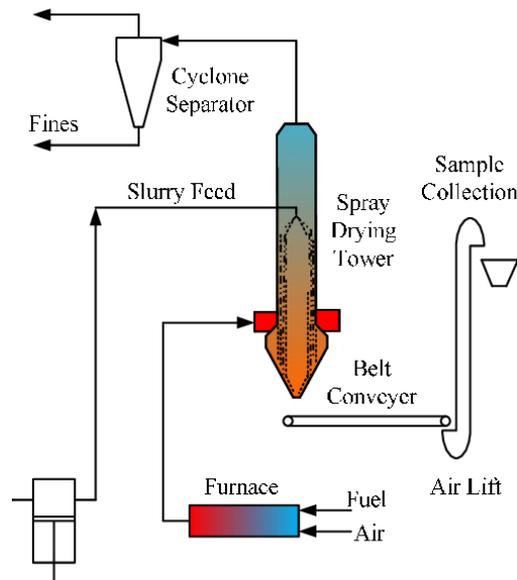
Gambar 2.2. *Tray Dryer* Diagram

2.6.2. *Spray Dryer*

Spray drying merupakan suatu proses pengeringan untuk mengurangi kadar air suatu bahan sehingga dihasilkan produk berupa bubuk melalui penguapan cairan. *Spray drying* menggunakan atomisasi cairan untuk membentuk droplet, selanjutnya droplet yang terbentuk dikeringkan menggunakan udara kering dengan suhu dan tekanan yang tinggi. Bahan yang digunakan dalam pengeringan *spray drying* dapat berupa suspensi, dispersi maupun emulsi. Sementara produk akhir yang dihasilkan dapat berupa bubuk, granula maupun aglomerat tergantung sifat fisik-kimia bahan yang akan dikeringkan, desain alat pengering dan hasil akhir produk yang diinginkan (Tindaon, dkk, 2013).

Prinsip dasar *spray drying* adalah memperluas permukaan cairan yang akan dikeringkan dengan cara pembentukan *droplet* yang selanjutnya dikontakkan dengan udara pengering yang panas. Udara panas akan memberikan energi untuk proses penguapan dan menyerap uap air yang keluar dari bahan (Tindaon, dkk, 2013).

Bahan (cairan) yang akan dikeringkan dilewatkan pada suatu *nozzle* (saringan bertekanan) sehingga keluar dalam bentuk butiran (*droplet*) yang sangat halus. Butiran ini selanjutnya masuk ke dalam ruang pengering yang dilewati oleh aliran udara panas. Hasil pengeringan berupa bubuk akan berkumpul dibagian bawah ruang pengering yang selanjutnya dialirkan ke bak penampung (Tindaon, dkk, 2013).

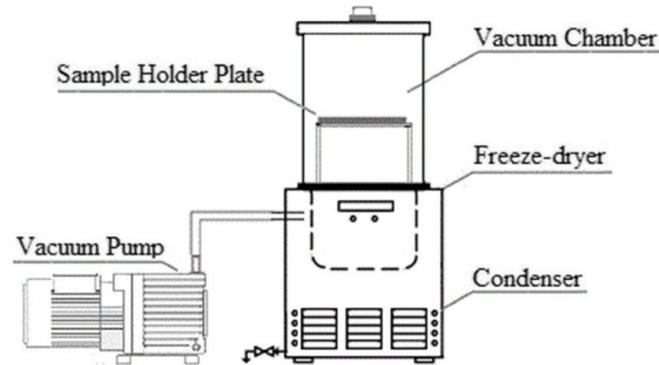


Gambar 2.3. *Spray Dryer* Diagram

2.6.3. *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* (Tindaon, dkk, 2013).

Pengeringan beku (*freeze drying*) adalah salah satu metode pengeringan yang mempunyai keunggulan dalam mempertahankan mutu hasil pengeringan, khususnya untuk produk-produk yang sensitif terhadap panas (Tindaon, dkk, 2013). Adapun prinsip kerja *freeze dryer* meliputi pembekuan larutan, menggranulasikan larutan yang beku tersebut, mengkondisikannya pada vakum *ultra-high* dengan pemanasan pada kondisi sedang, sehingga mengakibatkan air dalam bahan pangan tersebut akan menyublim dan akan menghasilkan produk padat. *Freeze Dryer* diagram dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. *Freeze Dryer* Diagram

2.6.4. *Rotary Dryer*

Rotary dryer atau biasa disebut *drum dryer* merupakan alat pengeringan yang berbentuk sebuah drum dan berputar secara *kontinyu* yang dipanaskan dengan tungku atau *gasifier*. *Rotary dryer* sudah sangat dikenal luas di kalangan industry, karena proses pengeringannya jarang menghadapi kegagalan baik dari segi *output* kualitas maupun kuantitas. Namun sejak terjadinya kelangkaan dan mahalnya bahan bakar minyak dan gas, maka teknologi *rotary dryer* mulai dikembangkan untuk berdampingan dengan teknologi bahan bakar substitusi seperti burner, batubara, gas sintesis dan sebagainya. Pengering *rotary dryer* biasa digunakan untuk mengeringkan bahan yang berbentuk bubuk, granula, gumpalan partikel padat dalam ukuran besar. Pemasukkan dan pengeluaran bahan terjadi secara otomatis dan berkesinambungan akibat gerakan vibrator, putaran lubang umpan, gerakan berputar dan gaya gravitasi. Sumber panas yang digunakan dapat berasal dari uap listrik, batubara, minyak tanah dan gas (Tindaon, dkk, 2013).

Secara umum, alat *rotary dryer* terdiri dari sebuah silinder yang berputar dan digunakan untuk mengurangi atau meminimalkan cairan kelembaban isi materi dan pemanangannya 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. Pengeringan yang terjadi akibat kontak bahan dengan dinding disebut konduksi karena panas dialirkan melalui media yang berupa logam. Pengeringan yang terjadi akibat kontak bahan dengan aliran uap disebut konveksi karena sumber panas merupakan bentuk aliran (Tindaon, dkk, 2013).

Pengeringan pada *rotary dryer* dilakukan pemutaran berkali-kali sehingga tidak hanya permukaan atas yang mengalami proses pengeringan, namun juga pada seluruh bagian yaitu atas dan bawah secara bergantian, sehingga pengeringan yang dilakukan oleh alat ini lebih merata dan lebih banyak mengalami penyusutan. *Rotary dryer* ini mengalami pengeringan berturut-turut selama satu jam tanpa dilakukan penghentian proses pengeringan. Pengereng *rotary* ini terdiri dari unit-unit silinder, dimana bahan basah masuk diujung yang satu dan bahan kering keluar dari ujung yang lain (Tindaon, dkk, 2013)

Proses pengeringan terjadi ketika bahan dimasukkan ke dalam silinder yang berputar kemudian bersamaan dengan itu aliran panas mengalir dan kontak dengan bahan. dalam drum yang berputar terjadi gerakan pengangkatan bahan dan menjatuhkannya dari atas ke bawah sehingga kumpulan bahan basah yang menempel tersebut terpisah dan proses pengeringan bisa berjalan lebih efektif. Pengangkatan memerlukan desain yang hati-hati untuk mencegah dinding yang asimetri. Bahan bergerak dari bagian ujung dryer keluar menuju bagian ujung lainnya akibat kemiringan drum, bahan yang telah kering kemudian keluar melalui suatu lubang yang berada di bagian belakang pengereng drum. Sumber panas didapatkan dari gas yang diubah menjadi uap panas dengan cara pembakaran (Tindaon, dkk, 2013)

Kontak yang terjadi antara padatan dan gas pada alat pengereng *rotary dryer* dilengkapi dengan *flights*, yang diletakkan di sepanjang silinder *rotary dryer*. Volume material yang ditransport oleh *flights* antara 10 sampai 15 % dari total volume material yang terdapat di dalam *rotary dryer*. Mekanismenya sebagai berikut, pada saat silinder pengereng berputar, padatan diambil keatas oleh *flights*, terangkat pada jarak tertentu kemudian terhamburkan melalui udara. Kebanyakan pengeringan terjadi pada saat seperti proses ini, dimana padatan berkontak dengan gas. *Flights* juga berfungsi untuk mentransfer padatan melalui silinder (Tindaon, dkk, 2013)

Proses yang terjadi di dalam *rotary dryer* sangat kompleks dan masih sedikit dimengerti dengan baik sehingga menjadi obyek penelitian dari banyak peneliti. Untuk dapat menganalisis dan mendesain sistem *rotary dryer* secara benar dan meyakinkan, perlu difahami fenomena perpindahan panas, perpindahan

massa dan transportasi partikel padat di dalam *rotary dryer*. Mula-mula panas dipindahkan dari gas ke padatan basah, karena adanya *driving force* suhu, dan temperatur padatan akan naik dan kehilangan uap air. Uap air berpindah ke aliran gas, karena adanya gradien tekanan uap. Hal ini merupakan proses simultan dari perpindahan massa dan perpindahan panas yang terjadi pada saat partikel padat bergerak secara kontinyu membentuk pancaran berputar di seluruh silinder dari masukan sampai keluaran. Metoda perpindahan panas yang terjadi adalah konveksi dan konduksi (Tindaon, dkk, 2013).

Pada umumnya kebanyakan alat pengering, panas dipindahkan dengan lebih dari satu cara, tetapi pengering industri tertentu (misalnya pengeringan makanan) mempunyai satu metoda perpindahan panas yang dominan. Sedangkan pada *rotary dryer*, perpindahan panas yang dominan adalah perpindahan panas konveksi, panas yang diperlukan biasanya diperoleh dari kontak langsung antara gas panas dengan padatan basah. Pengeringan dalam *rotary dryer* menggunakan suhu tidak lebih dari 70°C dengan lama pengeringan 80-90 menit, dan putaran *rotary dryer* 17-19 rpm. Untuk memperoleh hasil pengeringan yang baik selain ditentukan oleh suhu dan putaran mesin juga ditentukan oleh kapasitas mesin pengering. Kapasitas per *batch* mesin pengering ditentukan oleh diameter mesin itu (Tindaon, dkk, 2013).

Rotary dryer diklasifikasikan sebagai *direct*, *indirect* dan *special types*. Istilah tersebut mengacu pada metode *transfer* panasnya, istilah *direct* digunakan pada saat terjadi kontak langsung antara gas dengan solid. Peralatan *rotary dryer* dapat diaplikasikan untuk pemrosesan material solid secara *batch* maupun *kontinyu*. Material solid harus mempunyai sifat dapat mengalir bebas dan berwujud granular (Tindaon, dkk, 2013).

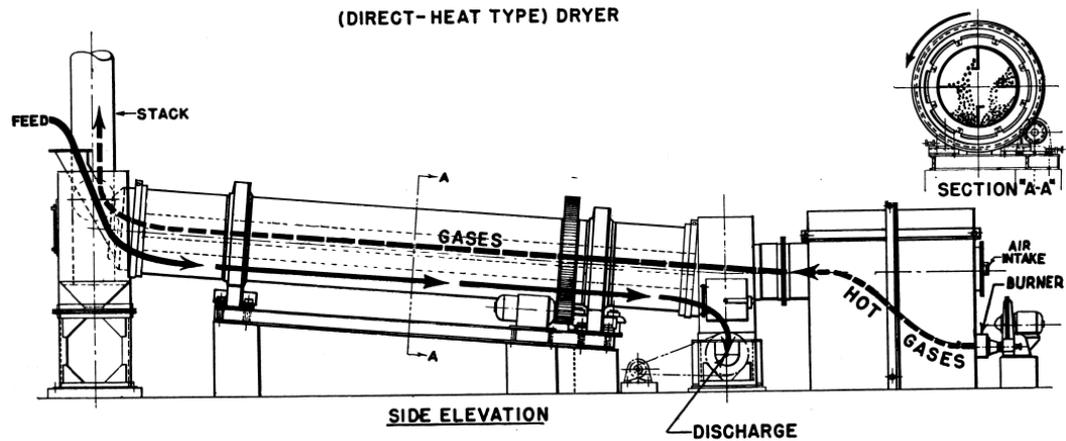
Dalam merencanakan alat pengering *rotary dryer* hendaklah diketahui kadar air *input*, kadar air *output*, densiti material, ukuran material, maksimum panas yang diijinkan, sifat fisika atau kimia, kapasitas *output*, dan ketersediaan jenis bahan bakar sehingga dapat ditentukan dimensi *rotary dryer*, sistem pemanas (langsung atau tidak langsung), arah gas panas (*co-current* atau *counter current*), volume dan tekanan udara, kecepatan dan tenaga putar, dan dimensi siklon (Tindaon, dkk, 2013).

Pengering *rotary* telah menjadi andalan bagi banyak industri yang menghasilkan produk dalam tonase yang tinggi. Pengeringan ini biasanya membutuhkan modal yang besar dan kurang *efisien*, tetapi sangat *fleksibel*. Penggunaan tabung uap yang dibenamkan dalam sel yang berputar membuat pengeringan pancuran (*cascading rotary dryer*) lebih *efisien* secara termal (Tindaon, dkk, 2013).

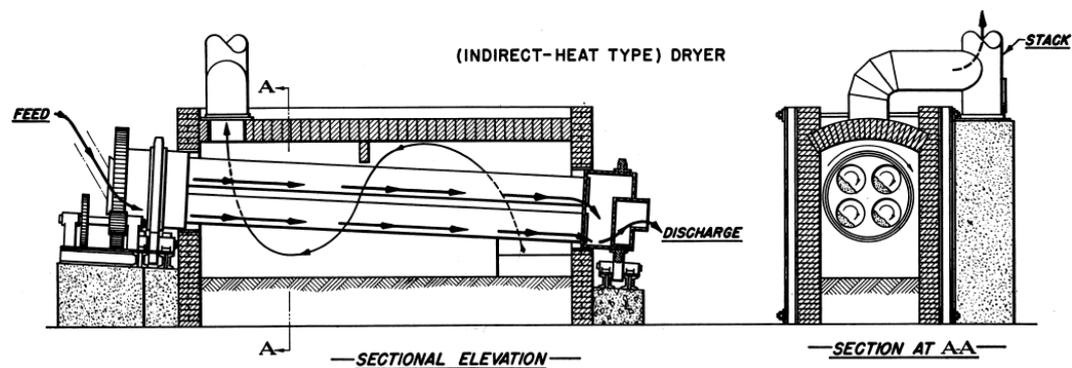
Pengering *rotary* memiliki keuntungan dari struktur yang wajar, manufaktur yang sangat baik, *output* tinggi, konsumsi energi yang rendah, operasi yang mudah digunakan dan sebagainya. Pengering *rotary* berlaku untuk bahan partikel, dan juga berlaku untuk bahan pasta dan kental yang bercampur dengan bahan partikel, atau bahan yang kadar air tinggi. Ini memiliki keuntungan dari volume produksi yang besar, berbagai aplikasi, hambatan aliran kecil, rentang disesuaikan besar, dan operasi yang mudah digunakan, dll (Tindaon, dkk, 2013).

Secara umum, unit pemanas langsung merupakan unit yang sederhana dan paling ekonomis. Unit ini digunakan pada saat kontak langsung antara padatan dan *flue* gas dapat ditoleransi, karena beban panas total harus diberikan dan diambil, sejumlah volume total gas yang besar dan kecepatan yang tinggi diperlukan. Kecepatan gas yang ekonomis biasanya kurang dari 0,5 m/s (Tindaon, dkk, 2013).

Bagian dalam alat yang berbentuk silindris ini, semacam sayap yang banyak. Melalui antara sayap-sayap tersebut dialirkan udara panas yang kering sementara silinder pengering berputar. Sayap-sayap tersebut bahan seolah-olah diaduk sehingga pemanasan merata dan akhirnya diperoleh hasil yang lebih baik. Alat ini dilengkapi 2 silinder, yang satu ditempatkan dibagian dekat pemasukan bahan yang akan dikeringkan, dan yang satu lagi di bagian dekat tempat pengeluaran bahan hasil pengeringan. Masing-masing silinder tersebut berhubungan dengan sayap-sayap (*fan*) yang mengalirkan secara teratur udara panas disamping berfungsi pula sebagai pengaduk dalam proses pengeringan, sehingga dengan cara demikian pengeringan berlangsung merata (Tindaon, dkk, 2013). *Direct* dan *indirect rotary dryer* diagram dapat dilihat pada Gambar 2.5, Gambar 2.6.



Gambar 2.5. *Direct Rotary Dryer* Diagram



Gambar 2.6. *Indirect Rotary Dryer* Diagram

2.7 Penentuan Kadar Air

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam bahan pangan dinyatakan dalam persen. Air yang terkandung dalam bahan pangan dapat menjadi penentu apakah produk tersebut dapat dijual dan telah memenuhi standar produksi. Kadar air juga salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas bahan pangan karena air dapat memengaruhi penampakan, tekstur dan cita rasa. Tujuan dari analisa ini adalah untuk membandingkan sampel dengan standar SNI Bahan Tambahan Pangan Nomor 19-0428-1998 yang menetapkan kadar air maksimum adalah 14,5% (Prasetyaningsih, dkk, 2018). Analisis kadar air ini digunakan metode oven. Prinsipnya adalah molekul air (H_2O) bebas dalam sampel diuapkan.

Untuk menentukan kadar air dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{\text{berat sampel} - \text{berat kering}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \quad \dots (1)$$

(Sumber: SNI 01-2891-1992).

2.8 Penentuan Kadar Abu

Kadar abu merupakan campuran dari komponen anorganik atau mineral yang terdapat pada suatu bahan pangan. Bahan pangan terdiri dari 96% bahan anorganik dan air. Kadar abu dapat menunjukkan total mineral dalam suatu bahan pangan. Bahan-bahan organik dalam proses pembakaran akan terbakar tetapi komponen anorganiknya tidak, karena itulah disebut kadar abu (Astuti, 2012). Untuk menentukan kadar abu dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \quad \dots (2)$$

(Sumber: SNI 01-2891-1992).

2.9 Penentuan Kadar Protein

Kadar protein dalam analisa proksimat bahan pangan mengacu pada kadar protein kasar, yaitu banyaknya kandungan nitrogen yang terkandung dalam sampel dikali dengan faktor protein. Penentuan kadar protein secara proksimat berdasarkan analisis nitrogen (seperti metode Kjeldahl) merupakan angka perkiraan yang nilainya bisa lebih kecil atau lebih besar dari yang sebenarnya, yaitu melalui pengujian asam amino (Maehre, 2018). Untuk menentukan kadar protein dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ N} = \frac{(\text{ml hcl} - \text{ml blanko}) \times \text{N HCl} \times 14,007}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Protein} = \% \text{ N} \times \text{faktor konversi} \quad \dots (3)$$

(Sumber: SNI 01-2891-1992).

Dimana:

ml HCl = Volume HCl 0,01 N yang dipergunakan penitaran

ml blanko = Volume HCl yang dipergunakan penitaran blanko

N HCl = Normalitas HCl

fk = faktor konversi untuk protein dari makanan secara umum: 6,25

Penentuan kadar protein ini didasarkan pada pengukuran kadar nitrogen total yang ada di dalam sampel. Kandungan protein dapat dihitung dengan mengamsusikan rasio tertentu antara protein terhadap nitrogen bukan hanya berasal dari protein, maka metode penentuan protein ini umumnya mendasarkan pada asumsi bahwa kandungan nitrogen di dalam protein adalah sekitar 16%. Untuk mengubah dari kadar nitrogen ke dalam kadar protein, digunakan angka faktor konversi sebesar 100/16 atau 6,25 (Yenrina, 2015). Untuk beras, kedelai, dan gandum angka konversi berturut-turut adalah 5,95, 5,71, dan 5,83. Angka 6,25 berasal dari angka konversi serum albumin yang biasanya mengandung 16% nitrogen (Nurhanani, 2016).

2.10 Penentuan Kelarutan

Suatu zat dapat larut dalam pelarut tertentu, tetapi jumlahnya selalu terbatas. Batas itu disebut kelarutan. Kelarutan adalah jumlah zat terlarut yang dapat larut dalam sejumlah pelarut pada suhu tertentu sampai membentuk larutan jenuh. Daya larut suatu zat berbeda-beda, tergantung dari sifat zat terlarut dan pelarutnya. Biasanya kelarutan dinyatakan dalam gram zat terlarut per 100 ml atau per 100 g pelarut (Yazid, 2005). Menghitung % kelarutan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Kelarutan} = 100 - \frac{(a-b)}{\frac{(100-\%KA)}{100} \times c} \times 100\% \quad \dots (4)$$

(Sumber: SNI 01-2891-1992).

Dimana:

a = Berat kertas saring + residu (g) KA = Kadar air sampel

b = Berat kertas saring (g) c = Berat sampel yang digunakan (g)