

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ubi Kayu

Ubi kayu (*Manihot esculenta*) merupakan tanaman jenis umbi-umbian yang hidup di daerah tropis dan memiliki ciri-ciri batang beruas-ruas, daunnya menjari memiliki akar yang dapat mengembung atau berubah menjadi umbi. Umbi tersebut yang dikonsumsi sebagai makanan atau bahan untuk diolah menjadi produk lanjut (Wargiono, 2009). Ubi kayu memiliki sifat atau karakter mengandung air (65%), kadar pati (34,6%), serta sianida (HCN) tetapi tentunya dalam kadar yang sedikit. Umbinya memiliki kulit yang terdiri dari dua lapis yaitu kulit luar dan kulit dalam. Dibagian tengah daging umbi terdapat suatu jaringan yang tersusun atas serat. Ubi kayu segar banyak mengandung air dan pati. Oleh karena itu ubi kayu dapat digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan tepung *mocaf* sebagai alternatif tepung terigu. Komposisi kimia Ubi kayu dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Ubi Kayu

Kandungan Dalam Ubi Kayu	Unit/100 gr
Air	63%
Karbohidrat	35,30%
Protein	0,60%
Serat	1,6 gr
Lemak	0,2 gr
Kalsium	30 ml
Fosfor	1,1 ml
Zat besi	49 ml
Vitamin B1	0,06 mg
Riboflavin	0,06 mg
Kalori	75 kal

Sumber : SNI (01-2997-1992) komposisi kimia ubi kayu

2.2. Tepung Mocaf

Tepung *Mocaf* adalah tepung dari ubi kayu yang diproduksi dengan prinsip memodifikasi sel ubi kayu melalui fermentasi. *Mocaf* adalah singkatan dari *Modified Cassava Flour* yang berarti tepung ubi kayu yang dimodifikasi. Cara lain pembuatan *mocaf* adalah dengan cara memendam sawut ubi kayu dengan penambahan enzim tertentu (Subagio, 2009).

Secara umum proses pembuatan mocaf meliputi tahap-tahap penimbangan, pengupasan, pemotongan, perendaman (fermentasi), pengeringan dan penepungan. Ubi kayu mengandung senyawa sianogenik yang terdiri dari linamarin dan lotaustralin dengan perbandingan 10 : 1 (dimana senyawa ini dapat berubah menjadi sianida yang sangat beracun). Sedangkan Lotaustralin memiliki jumlah yang lebih sedikit apabila dibandingkan dengan linamarin. Perbandingannya berkisar antara 3-7% lotustralin berbanding dengan 93-97% linamarin. Linamarin dan lotaustralin larut dalam air dan dapat hancur oleh panas diatas suhu 1500 C (Nambisan, 1999). Oleh karena itu perlu dilakukan proses pencucian dengan air mengalir untuk menghilangkan kandungan sianogenik pada ubi kayu.

Tepung *Mocaf* dapat digolongkan sebagai produk *edible cassava flour* berdasarkan Codex Standard, Codex Stan 176 – 1989 . Meskipun komposisi kimianya tidak terlalu jauh berbeda, *mocaf* mempunyai karakteristik fisik dan organoleptik yang spesifik jika dibandingkan dengan tepung ubi kayu pada umumnya (Subagio, 2009). Selain itu, *Mocaf* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan jenis tepung lainnya, yaitu : kandungan serat terlarut lebih tinggi daripada tepung Gaplek, kandungan kalsium lebih tinggi dibanding padi/gandum, mempunyai daya kembang setara dengan gandum tipe II (kadar protein menengah), dan daya cerna lebih tinggi dibandingkan dengan tapioka Gaplek (BKP3 Bantul, 2012).

Tepung *Mocaf* memiliki prospek pengembangan yang bagus. Hal ini dapat dilihat dari ketersediaan bahan baku yang melimpah, sehingga sangat kecil kemungkinan terjadi kelangkaan bahan baku. Uji coba substitusi tepung terigu dengan *Mocaf* pada skala pabrik telah dilakukan. Hasilnya menunjukkan bahwa hingga 15% *Mocaf* dapat mensubstitusi terigu pada mie dengan mutu baik, dan

hingga 25% untuk mie berkelas rendah, baik dari mutu fisik maupun organoleptik. Secara teknis pun, proses pembuatan mie tidak mengalami kendala yang berarti jika mocaf digunakan untuk mensubsitusi terigu (Adry, 2013). Walaupun termasuk produk olahan yang dapat dimakan, karakteristik tepung *mocaf* tidak sama persis dengan tepung terigu. Perbedaan tepung mocaf dan tepung terigu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbedaan Tepung *Mocaf* dan Tepung Terigu.

Komposisi	Tepung Mocaf	Tepung terigu
Kadar Air (%) max	13	13
Kadar Protein (%) max	1	1,2
Kadar Abu (%) max	0,2	0,2
Kadar Pati (%)	87	85
Kadar Serat (%)	3,4	4,2
Kadar Lemak (%)	0,8	0,8
Kadar HCN (mg/kg)	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi

(SNI : Perbedaan tepung mocaf dan tepung terigu)

2.3. Pengeringan

2.3.1 Pengertian Pengeringan

Pengeringan adalah proses perpindahan panas dan uap air secara simultan yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan yang dikeringkan oleh media pengering yang biasanya berupa panas. Dalam proses pengeringan terjadi perpindahan atau transfer panas dan masa secara simultan. Pada saat suatu bahan dikeringkan terjadi dua proses secara bersamaan yaitu perpindahan energi dalam bentuk panas dari lingkungan ke bahan dan perpindahan air di dalam bahan ke permukaan bahan sebagai akibat dari yang proses pertama (Brooker et al, 1981). Pengeringan pada dasarnya merupakan proses perpindahan energi yang digunakan untuk menguapkan air yang berada dalam bahan, hingga mencapai kadar air tertentu agar kerusakan bahan pangan dapat diperlambat (Suharto, 1992).

Pada pengeringan selalu diinginkan kecepatan pengeringan yang maksimal. Oleh karena itu perlu dilakukan usaha – usaha untuk mempercepat pindah panas dan pindah massa (pindah massa dalam hal ini adalah perpindahan air keluar dari bahan yang dikeringkan dalam proses pengeringan tersebut).

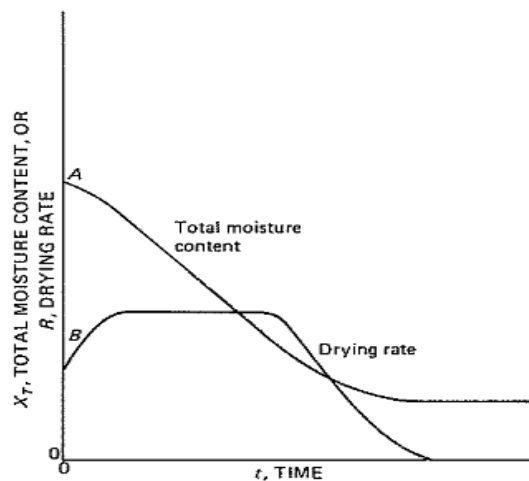
2.3.2 Mekanisme Pengeringan

Proses pengeringan merupakan proses perpindahan panas dari sebuah permukaan benda sehingga kandungan air pada permukaan benda berkurang. Perpindahan panas dapat terjadi karena adanya perbedaan temperatur yang signifikan antara dua permukaan. Perbedaan temperatur ini ditimbulkan oleh adanya aliran udara panas diatas permukaan benda yang akan dikeringkan yang mempunyai temperatur lebih dingin.

Proses pengeringan dilakukan dengan melalui dua periode, yaitu periode kecepatan konstan dan periode penurunan kecepatan. Periode kecepatan konstan seringkali disebut sebagai periode awal, di mana kecepatannya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan perpindahan massa dan panas (Rao et al, 2005). Udara yang terdapat dalam proses pengeringan mempunyai fungsi sebagai pemberi panas pada bahan, sehingga menyebabkan terjadinya penguapanair. Fungsi lain dari udara adalah untuk mengangkut uap air yang dikeluarkan oleh bahan yang dikeringkan. Kecepatan pengeringan akan naik apabila kecepatan udara ditingkatkan. Kadar air akhir apabila mulai mencapai kesetimbangannya, maka akan membuat waktu pengeringan juga ikut naik atau dengan kata lain lebih cepat.

Proses pengeringan juga harus memperhatikan suhu udara dan kelembaban. 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 terbentuknya suatu lapisan yang tidak dapat ditembus dan menghambat difusi air secara bebas. Kondisi ini lebih dikenal dengan case hardening (Desrosier, 1988).

Pada proses pengeringan berlaku dua proses yaitu : pada permulaan proses, air dipermukaan bahan akan diuapkan seperti yang digambarkan pada kurva pengeringan yang berkemiringan rendah kemudian barulah berlaku proses pemindahan air dari bagian bahan dalam kepermukaannya sampai air yang terikat saja di dalam bahan. Kurva pengeringan dapat dilihat pada gambar 1.



Sumber : Mc. Cabe 1985

Gambar 1. Grafik Kadar Air Total dan Laju Pengeringan vs Waktu Pengeringan

2.3.3. Laju Pengeringan

Laju pengeringan suatu bahan yang dikeringkan antara lain ditentukan oleh variabel bahan tersebut seperti temperatur bola basah dan bola kering, kecepatan massa udara dan koefisien perpindahan panas (h).

Untuk memperoleh nilai laju pengeringan terdapat beberapa persamaan diantaranya.

$$Vh = 22,4 \times \frac{1}{p} \times \frac{T}{273} \left(\frac{1}{29} + \frac{1}{18} Y \right) \dots \dots \dots (1)$$

Sumber : Geankoplis

Hasil persamaan Vh akan diaplikasikan pada persamaan 2 yang digunakan untuk menghitung densitas dari harga G atau kecepatan massa udara pengering. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\rho_G = \frac{1+H}{Vh} \dots \dots \dots (2)$$

Sumber : Mc. Cabe 1985

Densitas G itu digunakan pada persamaan 3 untuk menghitung kecepatan massa udara pengering. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$G = V_{\text{udara}} \times P_G \times 3600 \dots \dots \dots (3)$$

Sumber : Mc. Cabe 1985

Lalu setelah didapat nilai kecepatan massa udara pengering, maka dihitung pula nilai koefisien transver panas. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$h_y = 0,0204 \times G^{0,8} \dots\dots\dots (4)$$

Sumber : Mc. Cabe 1985

Sehingga gabungan hasil tersebut digunakan pada perhitungan laju pengeringan (R_c). Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$R_e = \frac{h_y(T - T_i)}{\lambda_i} \dots\dots\dots (5)$$

Sumber : Mc. Cabe 1985

2.4. Faktor yang Mempengaruhi Proses Pengeringan

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan dibagi kedalam dua golongan yaitu faktor yang berhubungan dengan Udara Pengering dan faktor yang berhubungan dengan Sifat Bahan yang dikeringkan. Faktor-faktor yang termasuk adalah temperatur, kecepatan volumetric aliran udara pengering, kelembaban udara, dan waktu pengeringan. Sedangkan faktor lainnya yaitu ; ukuran bahan, sifat fisik dan kimia bahan, kadar air awal, jumlah dan varietas bahan, dan tekanan parsial di dalam bahan juga termasuk dalam faktor yang mempengaruhi proses pengeringan bahan.

1. Temperatur

Laju penguapan air bahan dalam pengeringan sangat ditentukan oleh kenaikan suhu. Semakin besar perbedaan antara suhu media pemanas dengan bahan yang dikeringkan, semakin besar pula kecepatan perpindahan panas ke dalam bahan, sehingga penguapan air dari bahan akan lebih banyak dan cepat (Taib, G. et al., 1988). Makin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara pengering makin cepat pula proses pengeringan berlangsung. Semakin tinggi suhu yang digunakan untuk pengeringan, makin tinggi energi yang disuplai dan makin cepat laju pengeringan. Akan tetapi pengeringan yang terlalu cepat dapat merusak bahan, yakni permukaan bahan terlalu cepat kering, sehingga tidak sebanding dengan kecepatan pergerakan air bahan ke permukaan. Hal ini menyebabkan pengerasan permukaan bahan. Oleh karena itu proses Pengeringan ubi kayu yang baik yaitu dengan menggunakan udara pengering yang baik antara 40°C sampai 60°C.

2. Kecepatan volumetrik aliran udara pengering

Udara yang bergerak atau bersirkulasi akan lebih cepat mengambil uap air dibandingkan udara diam. Pada proses pergerakan udara, uap air dari bahan akan diambil dan terjadi mobilitas yang menyebabkan udara tidak pernah mencapai titik jenuh. Semakin cepat pergerakan atau sirkulasi udara, proses pengeringan akan semakin cepat. Prinsip ini yang menyebabkan beberapa proses pengeringan menggunakan sirkulasi udara.

3. Kelembaban udara

Kelembaban udara berpengaruh terhadap proses pemindahan uap air. Apabila kelembaban udara tinggi, maka perbedaan tekanan uap air di dalam dan di luar bahan menjadi kecil sehingga menghambat pemindahan uap air dari dalam bahan ke luar. Kelembaban udara juga menentukan kadar air akhir bahan pangan setelah dikeringkan. Bahan pangan yang telah dikeringkan dapat menyerap air dari udara di sekitarnya. Jika udara disekitar bahan pengering tersebut mengandung uap air tinggi atau lembab, maka kecepatan penyerapan uap air oleh bahan pangan tersebut akan semakin cepat.

4. Waktu pengeringan

Waktu pengeringan menentukan lama kontak bahan dengan panas. Karena sebagian besar bahan pangan sensitif terhadap panas maka waktu pengeringan yang digunakan harus maksimum, yaitu kadar air bahan akhir yang diinginkan telah tercapai dengan lama pengeringan yang pendek. Pengeringan dengan suhu yang tinggi dan waktu yang pendek dapat lebih menekan kerusakan bahan pangan dibandingkan dengan waktu pengeringan yang lebih lama dan suhu lebih rendah.

5. Ukuran bahan

Pada umumnya, bahan pangan yang dikeringkan mengalami pengecilan ukuran, baik dengan cara diiris, dipotong, atau digiling. Proses pengecilan ukuran dapat mempercepat proses pengeringan dengan mekanisme sebagai berikut, Pengecilan ukuran memperluas permukaan bahan, Ukuran yang kecil menyebabkan penurunan jarak yang harus ditempuh oleh panas. Panas harus bergerak menuju pusat bahan pangan yang dikeringkan. Demikian juga jarak pergerakan air dari pusat bahan pangan ke permukaan bahan menjadi lebih pendek.

6. Sifat fisik dan kimia bahan

Tujuan dari pengeringan ini merupakan penghilangan kadar air dari bahan. biasanya dilakukan pengeringan untuk mengawetkan bahan atau menaikkan nilai ekonomis suatu bahan. Sehingga perlu diperhatikan sifat fisik dan kimia bahan yang akan dikeringkan.

7. Kadar air awal

Kadar air bahan menunjukkan banyaknya kandungan air per satuan bobot bahan. Terdapat dua metode untuk menentukan kadar air bahan, yaitu berdasarkan bobot kering (*dry basis*) dan berdasarkan bobot basah (*wet basis*). Untuk memperpanjang daya tahan suatu bahan maka sebagian air dari bahan harus dihilangkan sehingga mencapai kadar air tertentu. Bahan pangan yang mempunyai kandungan air atau nilai *aw* (*Water Activity*) tinggi pada umumnya cepat mengalami kerusakan, baik akibat pertumbuhan mikroba maupun akibat reaksi kimia tertentu seperti oksidasi dan reaksi enzimatis.

8. Jumlah dan varietas bahan.

Banyaknya bahan yang akan dikeringkan berpengaruh terhadap proses pengeringan. Apabila jumlah bahan yang dikeringkan semakin banyak, maka semakin banyak pula air yang harus dikeluarkan dari bahan. hal tersebut berhubungan dengan waktu pengeringan, temperatur, dan laju volumetric udara yang dibutuhkan. Sedangkan varietas berpengaruh pada lamanya pengeringan. Setiap bahan memiliki kadar air yang berbeda dalam varietasnya.

2.5. Tipe Alat Pengering

2.5.1. *Tray Dryer*

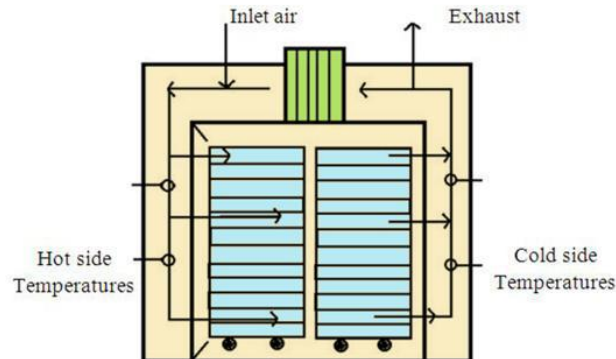
Pengering baki (*tray dryer*) disebut juga pengering rak atau pengering kabinet, dapat digunakan untuk mengeringkan padatan bergumpal atau pasta, yang diletakkan pada baki logam dengan ketebalan 10-100 mm. Pengeringan jenis baki atau wadah adalah dengan meletakkan material yang akan dikeringkan pada baki yang langsung berhubungan dengan media pengering.

Adapun keuntungan jenis *tray dryer* ialah :

- Laju pengeringan lebih cepat
- Kemungkinan terjadinya *over drying* lebih kecil

Adapun kekurangan jenis *tray dryer* ialah (Carmelitha, 2015). :

- Efisiensi rendah
- Kecenderungan *tray* terbawah panas dan *tray* teratas kurang panas.



(Rachmawan, 2001)
Gambar 2. *Tray Dryer*

2.5.2. *Spray Dryer*

Spray dryer prinsip kerjanya ialah air yang terkandung dalam butiran produk yang akan dikeringkan diubah menjadi partikel halus dengan penguapan oleh *atomizer*.

Adapun keuntungan jenis *spray dryer* ialah :

- Proses pengeringan cepat dalam kapasitas yang besar.
- Menghasilkan partikel yang bisa dikontrol sesuai keinginan seperti bentuk, ukuran dan kandungan airnya.
- Tidak terjadi kehilangan senyawa yang mudah menguap (*volatile*) terlalu tinggi.

Adapun kekurangan jenis *spray dryer* (Carmelitha, 2015). ialah :

- Harga dan biaya operasional cukup tinggi.
- Hanya diaplikasikan dengan produk cair dalam kapasitas tertentu.



(dermawan, 2011)
Gambar 3. *Spray Dryer*

2.5.3. *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*. 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.

Adapun keuntungan jenis *Freeze Dryer* ialah :

- Dapat mempertahankan stabilitas produk
- Dapat meningkatkan daya rehidrasi
- Dapat mempertahankan stabilitas struktur bahan



(Sumber : Medical Polymer Chemistry lab 2013)

Gambar 4. *Freeze Dryer*

2.5.4. *Oven*

Alat pengering oven merupakan sebuah alat/mesin berupa ruang termal terisolasi yang digunakan untuk pemanasan, pemanggangan (*baking*) atau pengeringan suatu bahan pada kadar suhu tertentu. Bagian dalam oven biasanya tersusun atas beberapa rak yang digunakan sebagai tempat untuk meletakkan bahan yang akan dikeringkan (Aprilia, 2017).



(Sumber : ivana, 2011)
Gambar 5. Oven

2.5.5. *Conveyor Dryer*

Pengeringan jenis ini merupakan pengeringan kontinyu yang dilengkapi oleh ban berjalan yang membawa produk melalui terowongan pengering dengan udara panas yang bersirkulasi.

Keuntungan :

- Sedikit tenaga kerja
- Pengeringan dalam skala besar

Kelemahan :

- Satu komoditas
- Tidak cocok untuk produk yang harus mengalami kondisi pengeringan berubah-ubah.



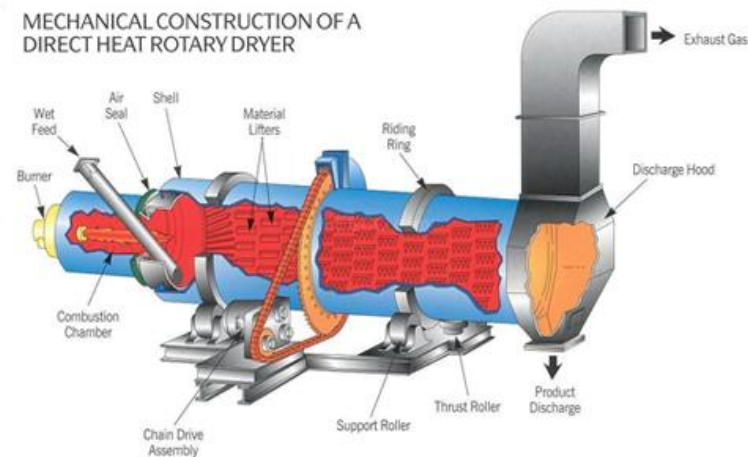
(Sumber : larasati, 2009)
Gambar 6. *Conveyor dryer*

2.5.6. *Rotary Dryer*

Pemilihan jenis mesin dilakukan setelah melakukan survei dipasaran. *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* sudah sangat dikenal luas di kalangan industri karena proses pengeringannya jarang menghadapi kegagalan baik dari segi output kualitas maupun kuantitas. Pengering *rotary dryer* biasa digunakan untuk

mengeringkan bahan yang berbentuk bubuk, granula, gumpalan partikel padat dalam ukuran besar.

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. Pengeringan yang terjadi akibat kontak bahan dengan dinding disebut konduksi karena panas dialirkan melalui media yang berupa logam. Sedangkan pengeringan yang terjadi akibat kontak bahan dengan aliran uap disebut konveksi karena sumber panas merupakan bentuk aliran. (Mc.Cabe, 1985). Kelebihan alat *Rotary Dryer* dibandingkan dengan jenis pengering lainnya yakni : Dapat digunakan untuk mengeringkan baik lapisan luar ataupun dalam dari suatu padatan, efisiensi tinggi, proses pencampuran yang baik dan memastikan bahwa terjadinya proses pengeringan bahan yang seragam atau merata serta operasi sinambung. Selain itu *Rotary dryer* juga bisa digunakan untuk mengeringkan bahan yang berbentuk bubuk, granula, gumpalan partikel padat dalam ukuran besar.



(Jumari dkk, 2005)

Gambar 7. *Rotary Dryer*

2.6. Perpindahan Massa

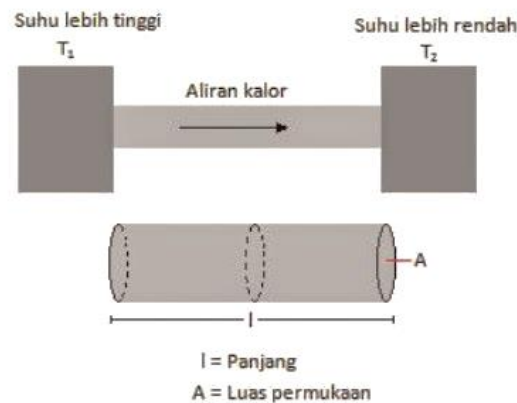
Perpindahan yang terjadi selama proses pengeringan adalah proses perpindahan panas yang mengakibatkan menguapnya air dari dalam bahan yang akan dikeringkan dan proses perpindahan massa dimana sejumlah uap air dari dalam bahan yang akan dikeringkan ke udara. Laju pengeringan suatu produk itu dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, dan laju aliran udara. Laju pengeringan terdiri dari laju pengeringan konstan dan menurun. (Hall, 1980 dan Bakker – Arkema 1974).

2.7. Perpindahan Panas

Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah proses berpindahnya energi kalor atau panas (*heat*) karena adanya perbedaan temperatur. Dimana, energi kalor akan berpindah dari temperatur medi yang lebih tinggi ke temperatur media yang lebih rendah. Proses perpindahan panas akan terus berlangsung sampai ada kesetimbangan temperatur yang terjadi pada kedua media tersebut. Proses terjadinya perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

2.7.1. Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi secara umum adalah proses dengan panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi kedaerah yang bersuhu lebih rendah didalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium – medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Konduksi adalah satu – satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak dapat tembus cahaya. Ilustrasi perpindahan panas secara konduksi seperti digambarkan pada gambar 8.

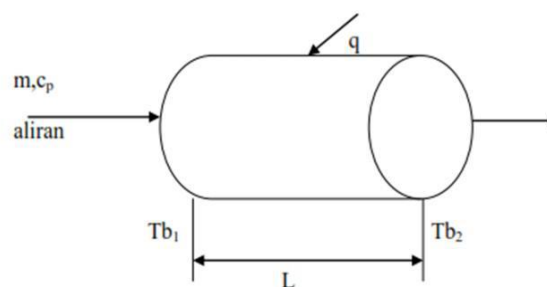


(malastip, 2012)

Gambar 8. Perpindahan panas secara konduksi

2.7.2. Perpindahan Panas Konveksi

Konveksi merupakan perpindahan kalor yang disertai dengan perpindahan massa medianya, dan media konveksi adalah fluida. Konveksi terjadi karena adanya perbedaan kecepatan fluida bila suhunya berbeda, yang tentunya akan berakibat pada perbedaan berat jenis. Fluida yang bersuhu tinggi akan mempunyai berat jenis yang lebih kecil bila dibandingkan dengan fluida sejenisnya yang bersuhu lebih rendah. Karena itu, maka fluida yang bersuhu tinggi akan naik sambil membawa energi. Hal inilah yang berakibat pada terjadinya perpindahan kalor konveksi. Ilustrasi perpindahan panas secara konveksi dapat dilihat pada gambar 9.



(sumber : nasrulbintang, 2006)

Gambar 9. Perpindahan panas secara konveksi

Laju perpindahan panas konveksi mengacu pada Hukum Newton tentang pendinginan (*newton's law of Cooling*) (Incopera and De Witt), dimana :

$$Q_{knov} = h.A (T_s - T_{\infty})$$

Dimana :

q_{konv} = Laju perpindahan panas konveksi (W)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m.K)

A = Luas permukaan (m^2)

T_s = Temperatur permukaan (K)

T_∞ = Temperatur fluida (K)

Menurut perpindahan panas konveksi, aliran fluida dapat diklasifikasikan menjadi :

- a. Konveksi Paksa (*forced convection*). Terjadi apabila aliran fluida disebabkan oleh gaya luar. Seperti : blower, pompa, dan kipas angin.
- b. Konveksi Alamiah (*natural convection*). Terjadi apabila aliran fluida disebabkan oleh efek gaya apungnya (*bouyancy forced effect*). Pada fluida, temperatur berbanding terbalik dengan massa jenis (*density*). Dimana semakin tinggi temperatur suatu fluida maka massa sejenisnya akan semakin rendah, begitu pula sebaliknya.

2.8. Uji Analisa

2.8.1. Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu sifat fisik dari bahan yang menunjukkan banyaknya air yang terkandung di dalam bahan. Kadar air biasanya dinyatakan dengan persentase berat air terhadap bahan basah atau dalam gram air untuk setiap 100 gram bahan yang disebut dengan kadar air basis basah (bb). Berat bahan kering atau padatan adalah berat bahan setelah mengalami pemanasan beberapa waktu tertentu sehingga beratnya tetap atau konstan (Safrizal, 2010). Kadar air bahan menunjukkan banyaknya kandungan air persatuan bobot bahan. Dalam hal ini terdapat dua metode untuk menentukan kadar air bahan tersebut yaitu berdasarkan bobot kering (*dry basis*) dan berdasarkan bobot basah (*wet basis*) (Safrizal, 2010). Kadar air basis basah dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$K_{\text{abb}} = W_a / W_t \times 100\% = (W_t - W_k) / W_t \times 100\%$$

Dimana:

K_{abb} = Kadar air basis basah (%)

W_a = Berat air dalam bahan (gram)
 W_k = Berat kering mutlak bahan (gram)
 W_t = Berat total (gram) = $W_a + W_k$

Kadar air basis kering adalah perbandingan antara berat air yang ada dalam bahan dengan berat padatan yang ada dalam bahan. Kadar air berat kering dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$Kabk = W_a / W_k \times 100\% = (W_t - W_k) / (W_t - W_a) \times 100\%$$

Dimana: Kabk = Kadar air basis kering (%)

W_a = Berat air dalam bahan (g)
 W_k = Berat kering mutlak bahan (g)
 W_t = Berat total (g) = $W_a + W_k$

Kadar air basis kering adalah berat bahan setelah mengalami pengeringan dalam waktu tertentu sehingga beratnya konstan. Pada proses pengeringan, air yang terkandung dalam bahan tidak dapat seluruhnya diuapkan meskipun demikian yang diperoleh disebut juga sebagai berat bahan kering (Ramadhani, 2011).

$$Kabk = W_a / W_k \times 100\% = (W_t - W_k) / (W_t - W_a) \times 100\%.$$

Dimana:

$Kabk$ = Kadar air basis kering (%)
 W_a = Berat air dalam bahan (g)
 W_k = Berat kering mutlak bahan (g)
 W_t = Berat total (g) = $W_a + W_k$

Kadar air basis kering adalah berat bahan setelah mengalami pengeringan dalam waktu tertentu sehingga beratnya konstan. Pada proses pengeringan, air yang terkandung dalam bahan tidak dapat seluruhnya diuapkan meskipun demikian yang diperoleh disebut juga sebagai berat bahan kering (Ramadhani, 2011).

2.8.2. *Moisture Ratio* (Rasio Kelembaban)

Sama halnya dengan laju kadar air, rasio kelembaban juga mengalami penurunan selama proses pengeringan. kenaikan suhu udara pengeringan mengurangi waktu yang diperlukan untuk mencapai setiap tingkat rasio kelembaban sejak proses transfer panas dalam ruang pengeringan meningkat.

Sedangkan, pada suhu tinggi, perpindahan panas dan massa juga meningkat dan kadar air bahan akan semakin berkurang (Garavand, 2011).

$$\text{Rasio kelembaban} = \frac{M_t - M_e}{M_o - m_e}$$

Dimana M_r merupakan *moisture ratio* (rasio kelembaban), M_t merupakan kadar air pada saat t (waktu selama pengeringan, menit), M_o merupakan kadar air awal bahan, dan M_e merupakan kadar air yang diperoleh setelah berat bahan konstan. Nilai satuan M_t , M_o dan M_e merupakan persentase basis kering bahan (Garavand et al., 2011).