

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Daun Kelor (*Moringa Oleifera*)

Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) merupakan salah satu jenis tanaman tropis yang sudah tumbuh dan berkembang di daerah tropis seperti Indonesia. Kelor dapat tumbuh pada daerah tropis dan subtropis pada semua jenis tanah, tahan terhadap musim kering dengan toleransi terhadap kekeringan sampai 6 bulan serta mudah dibiakkan dan tidak memerlukan perawatan yang intensif (Simbolan, dkk., 2007). Para peneliti di Pusat Penelitian dan Pengembangan Sayuran Asia (AVRDC, 2004) mengatakan bahwa daun dari empat spesies *Moringa* yang berbeda (*Moringa oleifera*, *Moringa peregrina*, *Moringa stenopetala* dan *Moringa drouhardii*) semuanya mengandung nutrisi dan antioksidan. Tanaman kelor dapat tumbuh pada lingkungan yang berbeda. Tanaman kelor dapat tumbuh dengan baik pada suhu 25-35⁰C (Palada dan Chang, 2003).

Klasifikasi tanaman kelor (*Moringa Oleifera* Lamk) adalah sebagai berikut:

Divisi : *Spermatophyta*
Sub divisi : *Angiospermac*
Classis : *Dicotyledoneae*
Sub classis : *Dialypetalae*
Ordo : *Brassicales*
Familia : *Moringaceae*
Genus : *Moringa*
Species : *Moringa oleifera* Lamk
(Rollof dkk., 2009)

Budidaya daun kelor di dunia internasional merupakan program yang sedang digalakan. Terdapat beberapa julukan untuk pohon kelor, di antaranya *The Miracle Tree*, *Tree for Life*, dan *Amazing Tree*. Julukan tersebut muncul karena bagian pohon

kelor mulai dari daun, buah, bijih, bunga, kulit batang, hingga akar memiliki manfaat yang luar biasa (Simbolan, dkk., 2007).

2.1.1 Kandungan Senyawa dalam Daun Kelor

Pada bidang pangan, tanaman kelor telah digunakan untuk mengatasi malnutrisi terutama untuk balita dan ibu menyusui. Daun tanaman kelor dapat dikonsumsi dalam kondisi segar, dimasak, atau disimpan dalam bentuk tepung selama beberapa bulan tanpa pendinginan dan tanpa terjadi kehilangan nilai gizi. Proses pengolahan daun kelor menjadi tepung akan dapat meningkatkan nilai kalori, kandungan protein, kalsium, zat besi dan vitamin A. Hal ini disebabkan karena pada saat proses pengolahan daun kelor menjadi tepung akan terjadi pengurangan kadar air yang terdapat dalam daun kelor (Dewi, dkk., 2016). Adapun kandungan yang terdapat di dalam daun kelor dapat dilihat pada Tabel 2.1 yaitu :

Tabel 2.1 Kandungan Kimia Daun Kelor Segar dan Daun kering Per 100gr Bahan

Komposisi Kimia	Daun Segar	Daun Kering
Kadar air	79gr	-
Energi	92gr	-
Protein	6,8gr	27,1gr
Lemak	1,7gr	22,3gr
Karbohidrat	12,5gr	38,2gr
Serat	0,9gr	-
Zinc (Za)	0,16mg	28,2gr
Kalsium (Ca)	440mg	2003mg
Fospor (p)	70mg	204mg
β – karoten	6,78mg	18,9mg
Tiamin (Vitami B)	0,06mg	2,64mg
Riboflavin (Vitamn B2)	0,05mg	20,5mg
Niacin (Vitamin B3)	0,8mg	8,2mg
Vitamin C	220mg	173mg
Kalori	-	205kal
Serat	-	19,2gr
Magnesium	-	368mg

(Fuglie, 2001)

Daun kelor mengandung vitamin A (10 kali lebih banyak dibanding wortel), vitamin B2 (50 kali lebih banyak dibanding sardines dan kacang), vitamin E (4

kali lebih banyak dibanding minyak jagung), beta karoten (4 kali lebih banyak dibanding wortel), zat besi (25 kali lebih banyak dibanding bayam), zinc (6 kali lebih banyak dibanding almond), kalium (15 kali lebih banyak dibanding pisang), kalsium (17 kali lebih banyak dibanding susu), dan protein (9 kali lebih banyak dibanding yoghurt), asam amino (6 kali lebih banyak dibanding bawang putih), *Poly Phenol* (2 kali lebih banyak dibanding *red wine*), serat (5 kali lebih banyak dibanding sayuran pada umumnya), (*gamma-aminobutyric acid*) GABA 100 kali lebih banyak dibanding beras merah (Kurniasih, 2013). Daun kelor mengandung sejumlah asam amino. Asam amino yang terkandung diduga mampu meningkatkan sistem imun. Asam amino dalam tubuh akan mengalami biosintesa protein, dari 20 macam amino yang ada yakni 19 asam α -L-amino dan satu asam L-imino (Montgomery, dkk., 1993), dapat disintesa menjadi 50,000 lebih protein yang bersama dengan enzim berperan dalam mengontrol aktivitas kimia antibodi untuk mencegah berbagai macam penyakit (Wynsberghe, dkk., 1995). Kandungan nutrisi tepung daun kelor dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kandungan Nutrisi Tepung Daun Kelor Per 100gr

<u>Komposisi Kimia</u>	<u>Tepung Daun Kelor</u>
Kadar air (%)	7.5
Protein (g)	27.1
Lemak (g)	2.3
Karbohidrat (g)	38.2
Serat (g)	19.2
Calori (Kcal/100g)	205
Calsium (mg)	2003
Kalium (mg)	1324
Vitamin C (Ascorbid acid) (mg)	17.3
Vitamin A (B Caratene) (mg)	16.3
Vitamin B1 (Thiamin) (mg)	2.64
Vitamin B2 (Rhiboflavin) (mg)	20.5
Vitamin E (Tocopherol) (mg)	113

(Fuglie, 1999)

2.1.2 Manfaat Daun Kelor

Daun kelor mengandung fenol dalam jumlah yang banyak yang dikenal sebagai penangkal radikal bebas (Folid, dkk., 2007). Selain itu, daun kelor juga mengandung antioksidan tinggi dan antimikrobia (das, dkk., 2012). Hal tersebut

disebabkan oleh adanya kandungan asam askorbat, flavonoid, phenolic, dan karatenoid (Anwar, dkk., 2007; Makkar dan Beccker, 1997; Moyo, dkk., 2012; Dahot, 1998). Selain untuk kebutuhan konsumsi, pengobatan alternatif daun kelor juga dapat berfungsi sebagai bahan pengawet alami. Hasil penelitian Shah, dkk., (2015) menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor (*Moringa leaf Extrack*) dapat mempertahankan warna daging segar dalam kemasan selama 12 hari penyimpanan pada suhu dingin. Karena daun kelor merupakan sumber senyawa phenolik yang baik yang mampu mencegah terjadinya oksidasi lemak pada daging segar selama penyimpanan (Muthukumar, dkk., 2012).

2.2 Parameter Fisik dan Kimia pada Daun Kelor

2.2.1 Air

Air merupakan bahan yang sangat penting bagi kehidupan umat manusia dan fungsinya tidak pernah digantikan oleh senyawa lain. Air juga merupakan komponen penting dalam bahan makanan karena air dapat mempengaruhi penampilan, tekstur, serta cita rasa pada makanan. Semua bahan makanan mengandung air dalam jumlah yang berbeda-beda. Air berperan sebagai zat-zat makanan dan sisa-sisa metabolisme, media reaksi yang menstabilkan pembentukan biopolymer, dan sebagainya (Winarno, 2002).

Kadar air suatu bahan yang dikeringkan mempengaruhi beberapa hal yaitu seberapa jumlah penguapan dapat berlangsung, lamanya proses pengeringan dan jalannya proses pengeringan. Air didalam bahan pangan terdapat dalam tiga bentuk yaitu : air bebas (*free water*) yang terdapat dipermukaan benda padat dan mudah diuapkan, air terikat (*bound water*) secara fisik yaitu air yang terikat menurut sistem kapiler atau air absorpsi karena tenaga penyerapan, dan air terikat secara kimia misalnya air Kristal dan air terikat dalam suatu dispersi. Kadar air suatu bahan pangan dapat dinyatakan dalam dua cara yaitu berdasarkan bahan kering (*dry basis*) dan berdasarkan bahan basah (*wet basis*). Kadar air secara “*dry basis*” adalah perbandingan antara berat air didalam bahan dengan berat bahan keringnya. Berat bahan kering adalah berat bahan awal setelah dikurangi dengan

berat airnya. Kadar air secara “*wet basis*” adalah perbandingan antara berat air didalam bahan tersebut dengan berat bahan mentah (Winarno, dkk, 1980).

2.2.2 Protein

Protein merupakan salah satu kelompok bahan makronutrien. Protein memiliki struktur yang mengandung N, disamping C, H, O (seperti juga karbohidrat dan lemak), S dan kadang-kadang P, Fe dan Cu (sebagai senyawa kompleks dengan protein). Seperti senyawa polimer lain (misalnya selulosa, pati) atau senyawa-senyawa hasil kondensasi beberapa unit molekul (misalnya trigliserida) maka protein juga dapat dihidrolisa atau diuraikan menjadi komponen unit-unitnya oleh molekul air. Hidrolisa pada protein akan melepas asam-asam amino penyusunnya (Slamet, dkk., 2003).

2.2.3 Warna

Warna merupakan suatu sifat bahan yang dianggap berasal dari penyebaran spectrum sinar. Warna bukan merupakan suatu zat atau benda melainkan suatu sensasi seseorang, oleh karena itu adanya rangsangan dari seberkas energi radiasi yang jatuh ke indera mata atau retina mata (Kartika, dkk., 1988).

Warna yang diharapkan untuk bahan hasil pengeringan yaitu warna tidak terlalu menyimpang dari warna asli (Kusmawati, dkk., 2000).

2.2.4 Bau (Aroma)

Bau-bauan dapat didefinisikan sebagai sesuatu yang dapat diamati dengan indera pembau. menghasilkan bau zat-zat bau harus dapat menguap, sedikit larut dalam air dan sedikit dapat larut dalam lemak. Di dalam industri pangan, pengujian terhadap bau dianggap penting karena dengan cepat dapat memberikan hasil penilaian terhadap produk tentang diterima atau tidaknya produk tersebut. Selain itu, bau dapat dipakai juga sebagai suatu indikator terjadinya kerusakan pada produk misalnya sebagai akibat cara pengemasan atau cara penyimpanan

yang kurang baik. Dalam pengujian inderawi bau lebih kompleks dari pada rasa (Kartika, dkk., 2000).

2.2.5 Tekstur

Tekstur bisa diterima bila bahan yang dalam keadaan normal dan tergantung pada spesifik bahan (Kusmawati, dkk., 2000).

2.3 Proses Pengolahan Tepung Daun Kelor

2.3.1 Pengerinan

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. Kandungan zat cair dalam bahan yang dikeringkan berbeda dari satu bahan ke bahan lain. 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 (Revitasari, 2010).

Dasar pengerinan 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 pengerin dengan udara sekitar bahan semakin besar. Salah satu faktor yang mempercepat proses pengerinan adalah kecepatan angin atau udara yang mengalir. Udara yang tidak mengalir menyebabkan kandungan uap air di sekitar bahan yang dikeringkan semakin jenuh sehingga pengerinan semakin lambat. Tujuan pengerinan 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 (Hamimi, dkk., 2011).

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 (Mott, 2006).

Menurut Apandi (1984), pengeringan ada 2 cara, yaitu :

1. Pengeringan dengan Sinar Matahari atau Energi Surya

Alat pengering energi surya adalah suatu alat yang mengubah energi surya menjadi energi termal atau panas, sehingga bisa digunakan untuk mengeringkan bahan pangan tanpa menggunakan bahan bakar fosil. Alat pengering energi surya merupakan salah satu cara paling efektif untuk memanfaatkan energi yang dapat diperbaharui. Alat pengering energi surya mengurangi ketergantungan terhadap listrik dan bahan bakar minyak, sehingga mengurangi pencemaran lingkungan.

Alat pengering energi surya terdiri dari 4 bagian utama yaitu : kolektor, ruang plenum atau pengumpul panas, ruang pengering, dan ventilasi. Bentuk-bentuk energi yang diperlukan manusia untuk konsumsi langsung adalah kerja, panas, dan listrik.

2. Pengeringan dengan Menggunakan Alat Pengering Buatan

Keuntungan yang diperoleh dengan cara ini yaitu kondisi pengeringan terkontrol dan waktu pengeringan bisa lebih cepat dengan tidak tergantung oleh cuaca. Kedua hal ini menyebabkan produk bisa lebih baik kualitasnya, namun memerlukan banyak biaya (Taib, 1987).

2.3.2 Faktor- Faktor yang Mempengaruhi Pengeringan

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.

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 Aliran 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. Apabila aliran udara disekitar tempat pengeringan berjalan dengan baik, proses pengeringan akan semakin cepat, yaitu semakin mudah dan semakin cepat uap air terbawa dan teruapkan.

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 tetampung 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

Semakin lembab udara maka proses pengeringan semakin lama sedangkan semakin kering udara maka semakin cepat proses pengeringan. Karena udara kering dapat mengabsorpsi dan menahan uap air. Setiap bahan mempunyai keseimbangan kelembaban nisbi masing-masing. Kelembaban pada suhu tertentu dimana bahan tidak akan kehilangan air (pindah) ke atmosfer atau tidak akan mengambil uap air dari atmosfer (Supriyono, 2003).

2.4 *Vacuum Drying* Sebagai Pengering Daun Kelor

Metode pengeringan yang digunakan pada proses pembuatan daun kelor adalah dengan menggunakan metode pengeringan vakum (*Vacuum Drying*). Mesin *vacuum drying* adalah mesin pengering dengan menggunakan teknologi vakum. Mesin *vacuum drying* adalah salah satu metode pengeringan yang mempunyai keunggulan dalam mempertahankan mutu hasil pengeringan, khususnya untuk produk-produk yang sensitif terhadap panas. *Vacuum drying* dapat digunakan untuk berbagai keperluan, yaitu: dapat mengeringkan sayur-sayuran pada suhu rendah sehingga tidak menghilangkan nilai gizi yang terdapat dalam sayuran tersebut dan juga dapat digunakan untuk produk makanan (Revitasari, 2010).

Keunggulan pengeringan vakum dibandingkan metode lainnya, antara lain :

- a. Dapat mempertahankan stabilitas produk (menghindari perubahan aroma, warna, dan unsur organoleptik lain).
- b. Dapat mempertahankan stabilitas struktur bahan (pengkerutan dan perubahan bentuk setelah pengeringan sangat kecil).
- c. Dapat meningkatkan daya rehidrasi (hasil pengeringan sangat berongga dan *lyophile* sehingga daya rehidrasi sangat tinggi dan dapat kembali ke

sifat fisiologis, organoleptik dan bentuk fisik yang hampir sama dengan sebelum pengeringan).

Kerugian penggunaan penggunaan pengeringan vakum, antara lain :

- a. Biaya yang mahal pada pengadaan alat, pengoperasian serta perawatan
- b. Kompleksitas proses serta peralatan membutuhkan tenaga ahli yang dapat saling bekerja sama dengan baik.

Dalam proses pengeringan tersebut jika dilihat dari kerugiannya membutuhkan biaya yang mahal dan proses pengoperasian cukup rumit. Maka dengan demikian dibuatlah suatu teknologi pengeringan dengan biaya murah dan pengoperasian sederhana namun diharapkan dapat menghasilkan kualitas produk yang sama atau tidak jauh beda. Teknologi pengeringan yang digunakan adalah jenis *Spinner*, dimana alat ini dimodifikasi dengan penambahan pompa vakum untuk membantu mengeringkan bahan baku (daun kelor) menjadi lebih cepat. Adapun prinsip kerja *vacuum drying* meliputi pembekuan daun kelor terlebih dahulu kedalam *freezer* kemudian dimasukkan ke dalam mesin pengering vakum dengan mengatur kecepatan, tekanan dan waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan daun kelor. 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, salah satunya putaran (Pujihastuti, 2009).

2.4.1 Kecepatan Putaran

Kecepatan putaran dalam proses pengeringan dengan menggunakan alat *vacuum drying* sangat berpengaruh untuk mengurangi kandungan kadar air pada daun kelor. Karena tipe alat yang dipilih menggunakan tipe *spinner* dalam proses pengeringan daun kelor. Semakin cepat putaran pada proses pengeringan maka kontak bahan dengan tabung silinder juga akan semakin cepat, sehingga proses pengeringan pada daun kelor juga semakin cepat.

2.4.2 Waktu

Waktu juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kualitas suatu produk pangan. Karena semakin lama waktu yang digunakan dalam proses pengeringan daun kelor pada alat tipe *spinner* maka kandungan kadar air dalam daun kelor akan semakin berkurang bahkan kering dan warna produk yang dihasilkan tidak berubah. Tapi jika metode pengeringan yang digunakan adalah metode pemanasan, jika menggunakan waktu yang lama dalam proses pengeringan bahan baku akan menyebabkan terjadinya perubahan warna pada produk yang akan dihasilkan.

2.5 Perencanaan Desain Perancangan Alat *Vacuum Drying*

- Luas penampang tabung *spinner*

$$A = \pi \times D_{t1} \times t_s \quad (\text{sularso, 2004})$$

- Menghitung luas penampang udara masuk :

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2 \quad (\text{sularso, 2004})$$

- Menghitung perbandingan *pulley*

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_{p2}}{D_{p1}} \quad (\text{sularso, 2004})$$

Dimana:

D_{p1} = Diameter *pulley* tabung *spinner* (mm)

D_{p2} = Diameter *pulley* motor penggerak (mm)

n_1 = Kecepatan putar motor penggerak (rpm)

n_2 = Kecepatan putar *pulley* tabung *spinner* (rpm)

- Menghitung Daya yang dibutuhkan

$$P = I \times V \quad (\text{Sularso, 2004})$$

- Menghitung Panjang *V-Belt*

$$L = \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + 2c + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4c} \quad (\text{Sularso, 2004})$$

Dimana :

L = Panjang sabuk (mm)

C = Jarak antara sumbu poros (mm)

jarak antar poros. Kedua poros (C) yang seharusnya adalah sebagai berikut:

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_2 - D_1)^2}}{8} \quad (\text{Sularso, 2004})$$

Dimana:

$$b = 2L - \pi(d_{p2} + d_{p1})$$

Kecepatan sabuk V

$$v = \frac{\pi \times d_p \times n_1}{60 \times 1000} \quad (\text{Sularso, 2004})$$

2.6 Menghitung Laju Pengeringan

- Menentukan harga H (*humidity*)

Dengan menentukan harga temperatur bola basah dan bola kering dari derajat Celsius, maka harga kelembaban dapat ditentukan dengan cara melihat *Psychrometric Chart*. Dengan mencocokkan perpotongan antara temperatur bola basah dan temperatur bola kering yang telah diketahui.

- Menghitung nilai kebasahan (X)

Udara yang memasuki pengering jarang sekali berada dalam keadaan benar-benar kering, tetapi selalu mengandung kebasahan yang mempunyai kelembaban relative tertentu. Air bebas adalah selisih antara kandungan air total dalam zat padat dan kandungan kebasahan-kesetimbangan. Nilai kebasahan (X) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$X = X_t - X^* \quad (\text{Mc Cabe, 1985})$$

$$X_t = \frac{\text{Massa sampel basah} - \text{massa sampel kering}}{\text{massa sampel kering}}$$

Dimana :

X_t = Kadar air bebas (*Free Moisture*)

X^* = Kadar air kesetimbangan

- Menghitung perpindahan panas secara konduksi dan konveksi

Konduksi adalah perpindahan panas melalui zat padat yang tidak ikut mengalami perpindahan. Artinya, perpindahan kalor pada suatu zat tersebut tidak disertai dengan perpindahan partikel-partikelnya.

Konveksi adalah perpindahan panas melalui aliran yang zat perantaranya ikut berpindah. Jika partikel berpindah dan mengakibatkan kalor merambat, terjadilah konveksi. Konveksi terjadi pada zat cair dan gas (udara atau angin).

- Menghitung nilai V_h

$$V_h = (2,83 \times 10^{-3} + 4,56 \times 10^{-3} \times H) T \quad (\text{Mc Cabe, 1985})$$

- Menghitung nilai *density*

$$\rho_G = \frac{1+H}{V_h} \quad (\text{Mc Cabe, 1985})$$

- Menghitung nilai kecepatan udara (G)

$$G = V_{\text{udara}} \times \rho_G \times 3600 \quad (\text{Mc Cabe, 1985})$$

- Perpindahan panas secara konduksi

$$Q_{\text{konduksi}} = \frac{K \times A \times (T_2 - T_1)}{X} \quad (\text{Mc Cabe, 1985})$$

Dimana :

Q_{konduksi} = Laju perpindahan panas secara konduksi(W)

K = Konduktivitas termal (J/m°C)

A = Luas penampang (m²)

T_1 = Temperatur lingkungan (°C)

T_2 = Temperatur dalam pengering ($^{\circ}\text{C}$)

X = Ketebalan tabung putar (m)

- Perhitungan panas secara konveksi

$$Q_{\text{konveksi}} = h \times A \times (T_{\text{bk}} - T_{\text{ref}}) \quad (\text{Mc Cabe, 1985})$$

- Perhitungan laju pengeringan

Dalam menentukan laju pengeringan pada proses pengeringan digunakan rumus sebagai berikut :

$$R_c = \frac{h \times (T_{\text{bk}} - T_{\text{ref}})}{\lambda w} \quad (\text{Mc Cabe, 1985})$$

Dimana :

R_c = Laju pengeringan (kg/jam m^2)

H = *Humidity*

ρ_G = Densitas G (kg/ m^3)

G = Kecepatan massa udara pengeringan (kg/jam m^2)

V_{udara} = Kecepatan (m/jam)

H = Koefisien transfer panas konveksi (W/ m^2 jam)

λw = Panas laten penguapan

T_{bk} = Temperatur bola kering

T_{bb} = Temperatur bola basah

2.7 Prosedur Pengujian Mutu Tepung Daun Kelor

2.7.1 Kadar Air

Kadar air suatu bahan pangan sangat penting sebagai indikator apakah suatu bahan pangan dapat bertahan lama atau tidak. kadar air dapat mempengaruhi penurunan mutu makanan secara kimia dan mikrobiologi. Beberapa kerusakan seperti pertumbuhan mikroba, reaksi pencoklatan, dan hidrolisis lemak juga dapat disebabkan oleh kandungan air yang tinggi (deMan, 1997). Menghitung kadar air dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100 \quad (\text{SNI 3751, 2009})$$

Dimana :

W_0 = berat cawan kosong

W_1 = berat cawan + sampel awal (sebelum pemanasan dalam oven)

W_2 = berat cawan + sampel akhir (setelah pemanasan dalam oven)

2.7.2 Uji Kadar Protein

Daun kelor merupakan sumber protein dengan kandungan protein setara dengan protein dalam 2 yoghurt (Mahmood, 2011). Selain itu, daun kelor merupakan sumber asam amino esensial seperti metionin, sistin, triptophan dan lisin (Metha 2003 dalam Rajanandh 2010). Persen protein dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\%N = \frac{(V \text{ HCL} - V \text{ blanko}) \times N \text{ HCL} \times 14,008}{\text{mg sampel}} \times 100\% \quad (\text{Dwi, 2012})$$

$$\% \text{ Protein} = 6,25 \times \% N$$