

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 25⁰C-35⁰C (Palada dan Chang, 2003).

Klasifikasi tanaman kelor (*Moringa Oleifera Lamk*) adalah sebagai berikut: (*Integrated Taxonomic Information System*, 2013; Syamsul Hidayat, 1991).

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Subdivisi	: <i>Angiospermae</i>
Klas	: <i>Dicotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Brassicales</i>
Familia	: <i>Moringaceae</i>
Genus	: <i>Moringa</i>
Spesies	: <i>Moringa oleifera Lamk.</i>

Kelor merupakan tanaman yang berumur panjang dan berbunga sepanjang tahun. Bunga kelor ada yang berwarna putih, putih kekuning kuningan (krem) atau merah, tergantung jenis atau spesiesnya. Tudung pelepah bunganya berwarna hijau dan mengeluarkan aroma bau semerbak (Palupi dkk., 2007). Umumnya di Indonesia bunga kelor berwarna putih kekuning-kuningan. Gambar tanaman kelor disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tanaman daun kelor

2.1.1 Manfaat Daun Kelor

Bagi masyarakat Sulawesi Selatan, tanaman kelor merupakan salah satu jenis tanaman yang diusahakan oleh hampir setiap rumah tangga terutama di pedesaan. Tanaman kelor merupakan menu sehari-hari yang lezat. Bagi masyarakat yang bermukim di daerah dataran rendah, di mana pasar desa tidak berlangsung setiap hari dan biasanya berlangsung 2 kali seminggu, untuk memenuhi kebutuhan sayuran setiap hari mereka mengoptimalkan lahan pekarangan untuk menanam tanaman kelor. Tanaman kelor mudah dibudidayakan dan juga tidak diserang oleh hama penyakit sehingga aman dari efek pestisida jika dibandingkan dengan jenis sayuran lain di dataran tinggi seperti kubis, sawi dan lain-lain. Saat ini, tanaman kelor banyak diteliti mengenai komposisinya yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan berbagai bidang (Isnain dan Nurhaedah, 2017).

2.1.2 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. Disebabkan karena pada saat proses pengolahan daun kelor menjadi tepung akan terjadi pengurangan kadar air yang terdapat dalam daun kelor (Dewi dkk., 2016). 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), GABA (*gamma-aminobutyric acid*) 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 (Mongomery dkk., 1993), dapat disintesa menjadi 50.000 lebih protein yang bersama dengan enzim berperan dalam mengontrol aktivitas kimia antibody 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

Komposisi Kimia	Tepung Daun Kelor
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)

2.2 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. 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 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).

2.2.3 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 Tekstur

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

2.2.5 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).

2.3 Pengerinan

Pengerinan merupakan usaha untuk menurunkan kadar air bahan sampai ketinggian yang diinginkan dan menghilangkan aktivitas enzim yang bias menguraikan lebih lanjut kandungan zat aktif, pengerinan juga bertujuan untuk memudahkan dalam pengolahan dan agar lebih tahan lama disimpan dalam jangka waktu panjang (Hermani dan Nurdjanah, 2009)

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 pengerinan adalah kecepatan angin atau udara yang mengalir. Udara yang tidak mengalir menyebabkan kandungan uap air disekitar bahan yang dikeringkan semakin jenuh sehingga pengerinan semakin lambat. Kelembaban udara berpengaruh terhadap proses pemindahan uap air. Apabila kelembaban udara tinggi, maka perbedaan tekanan uap di dalam dan di luar menjadi kecil sehingga menghambat pemindahan uap air dalam bahan ke luar. Kemampuan bahan untuk melepaskan air dari permukaan akan semakin besar dengan meningkatnya suhu udara pengering yang digunakan. Peningkatan suhu juga

menyebabkan kecilnya jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air bahan (Adawyah, 2014).

2.3.1 Konsep Dasar Pengeringan

Pengeringan merupakan proses pengurangan kadar air suatu bahan hingga mencapai kadar air tertentu. Dasar proses pengeringan adalah terjadinya penguapan air bahan ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Agar suatu bahan dapat menjadi kering, maka udara harus memiliki kandungan uap air atau kelembaban yang lebih rendah dari bahan yang akan dikeringkan. Pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air serta menghentikan proses enzimatik yang terjadi pada sampel yang bisa menguraikan lebih lanjut kandungan zat aktif. Selain sampel lebih awet, pengurangan kadar air akan memudahkan pelarut menarik komponen bioaktif dalam sampel saat maserasi (Sadiman dkk., 2011).

2.3.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengeringan

Faktor yang mempengaruhi Pengeringan Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan ada dua golongan yaitu faktor yang berhubungan dengan udara pengering dan faktor yang berhubungan dengan sifat bahan yang dikeringkan. Faktor-faktor yang termasuk golongan pertama adalah suhu, kecepatan volumetrik aliran udara pengering, dan kelembaban udara. Faktor-faktor yang termasuk golongan kedua adalah ukuran bahan, kadar air awal, dan tekanan parsial di dalam bahan (Tanggasari, 2014).

Faktor yang dapat mempengaruhi pengeringan suatu bahan pangan adalah sifat fisik dan kimia dari bahan pangan, meliputi bentuk, komposisi, ukuran, dan kadar air yang terkandung di dalamnya, pengaturan geometris bahan pangan, sifat fisik dari lingkungan sekitar alat pengering, meliputi shut, kecepatan sirkulasi udara, dan kelembaban, serta karakteristik dan efisiensi pemidahan panas alat pengering (Buckle dkk. 1985).

Faktor yang dapat mempengaruhi pengeringan suatu bahan pangan adalah (Buckle dkk., 1987):

1. Sifat fisik dan kimia dari bahan pangan.
2. Pengaturan susunan bahan pangan.
3. Sifat fisik dari lingkungan sekitar alat pengering.
4. Proses pemindahan dari media pemanas ke bahan yang dikeringkan melalui dua tahapan proses selama pengeringan yaitu:
 - a. Proses perpindahan panas terjadinya penguapan air dari bahan yang dikeringkan,
 - b. Proses perubahan air yang terkandung dalam media yang dikeringkan menguapkan air menjadi gas.

2.3.3 Jenis-Jenis pengeringan

a. Pengeringan Hasil Pertanian

Cara pengeringan hasil pertanian terbagi dua golongan yaitu pengeringan alami (panas matahari) dan menggunakan mesin buatan.

1. Pengeringan menggunakan panas matahari: Pengeringan hasil pertanian dengan menggunakan energi matahari biasanya dilakukan dengan menjemur produk diatas alas jemuran atau lamporan, yaitu suatu permukaan yang luasnya dapat dibuat dari berbagai bahan padat. Sesuai dengan sistem dan peralatannya serta pertimbangan faktor ekonomis, alat jemur dapat dibuat dari anyaman tikar, anyaman bambu, lembaran seng, lantai batu bata atau lantai semen. Pengeringan ini adalah pengeringan yang paling sederhana (dengan cara penjemuran). Penjemuran adalah usaha pembuangan atau penurunan kadar air suatu bahan untuk memperoleh tingkat kadar air yang cukup aman disimpan, yaitu yang tingkat airnya seimbang dengan lingkungannya
2. Pengeringan Mekanis: Pengeringan ini menggunakan bahan bakar sebagai sumber panas (bahan bakar cair, padat, listrik). Jenis-jenis pengeringan mekanis ini adalah *Tray dryer*, *Rotary Dryer*, *Spray Dryer*, *Freeze Dryer* (Hakim dkk, 2017).

2.3.4 Pengeringan Vakum (*Vacuum Drying*)

Produk daun kelor merupakan produk yang dapat diolah dan dapat meningkatkan nilai jual dari daun kelor. Berbagai jenis olahan seperti tepung kelor dan berbagai olahan lain merupakan upaya meningkatkan nilai jual tanaman kelor. Salah satu proses yang dilakukan adalah dengan menggunakan *Vacuum Dryer* yang digunakan untuk mengeringkan daun kelor dalam kondisi yang optimal. Kondisi ini dicapai ketika produk daun kelor tersebut kering, tanpa menghilangkan warna asli daun kelor itu sendiri (Husein dkk., 2015).

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 diubah menjadi es yang kemudian es tersebut akan diubah fasenya secara sublimasi pada temperatur dan tekanan tertentu. Penentuan massa dibawah kondisi vakum merupakan hal yang tidak mudah untuk dilakukan. Kondisi batas operasi dari beberapa sensor yang terjadi dan ukurannya pun dapat terpengaruh dari beberapa gangguan, seperti getaran, aliran gas dan *gradient* temperatur. Keunggulan produk hasil pengeringan beku antara lain adalah dapat mempertahankan stabilitas produk, dapat mempertahankan stabilitas struktur bahan, dapat meningkatkan daya rehidrasi (Pujihastuti, 2009). Temperatur pengeringan sangat berpengaruh terhadap kualitas, terutama perubahan kadar fitokimia atau senyawa aktif. Dalam prose pengeringan beku vakum memerlukan waktu pengeringan yang lebih cepat namun tidak merusak kandungan nutrisi didalamnya. Maka dari itu, dipilih dua metode pengeringan menggunakan temperatur yang rendah yang tidak mempengaruhi rusaknya senyawa antioksidan (pengeringan *freeze dry* dan dikeringkan dengan cara diangin-anginkan pada suhu ruang atau tanpa *freeze dry*) (Hernani dan Nurdjanah, 2009).

Penggunaan kondisi udara vakum (dibawah tekanan 1 atm) bertujuan untuk menurunkan titik didih dari uap air, sehingga proses pengeringan dapat dilakukan pada suhu rendah. Proses pengeringan dengan kondisi vakum ini sangat cocok untuk pengeringan bahan yang tidak tahan pada temperatur yang tinggi. Pada proses

pengeringan vakum, temperature operasi cukup rendah yaitu berkisar 400-700C. Proses pengeringan pada kondisi vakum dan suhu rendah memiliki beberapa keuntungan, yaitu :

1. Tidak merusak tekstur dan kenampakan bahan
2. Menimimalkan terbuangnya aroma dan bahan aktif yang volatile(mudah menguap)
3. Menekan rusaknya nutrisi (denaturasi protein).
4. Mengurangi terjadinya browning (pencoklatan bahan) akibat adanya oksidasi dengan udara.
5. Effisiensi energy karena penggunaan pengeringan pada suhu yang rendah (Prasetyaningrum, 2010)

2.3.5 Keunggulan dari pengeringan vakum

Keunggulan penggunaan metode vakum dalam proses pengeringan dibandingkan dengan metode pengeringan konvensional ialah proses pengeringan yang berlangsung relatif cepat serta mampu menurunkan titik didih air, sehingga dapat mengeluarkan air dari bahan yang dikeringkan lebih cepat walaupun pada suhu yang lebih rendah. Menurut Histifarina & Musaddad (2004) dan Perumal (2007), dengan tekanan vakum yang lebih rendah dari tekanan atmosfer, maka air pada bahan dapat menguap pada suhu yang lebih rendah (titik didih air kurang dari 100°C). Hal ini menyebabkan produk yang dikeringkan memiliki kualitas yang lebih baik, karena tekstur, citarasa, dan kandungan gizi yang terkandung di dalamnya tidak rusak akibat suhu pengeringan yang tinggi (Kutovoy dkk., 2004).

2.3.6 *Freeze Drying*

Prinsip dari *freeze drying* adalah menempatkan bahan pangan dalam kondisi vakum yang tinggi dan mengubah kondisi fisik bahan pangan menjadi es. Selanjutnya terjadi peristiwa sublimasi, yaitu perubahan wujud padat (es) menjadi uap. Oleh karena itu, operasi *freeze drying* hanya mungkin dilakukan pada kondisi tekanan di bawah *triple point* dari air yaitu dibawah 0,6 kPa. Untuk melakukan metode *freeze drying*, dibutuhkan peralatan khusus dengan kondisi operasi tekanan yang sangat

vakum. Hal ini tentunya membutuhkan biaya yang sangat besar, sehingga operasi pengeringan dilakukan dengan menggunakan alternatif lain. Alternatif lain yang dapat dilakukan adalah pengeringan dengan metode *vacuum drying*. Prinsip dari *vacuum drying* adalah menguapkan cairan dari suatu bahan padat. Dengan menggunakan metode ini, sumber panas tidak boleh bersentuhan langsung dengan bahan yang akan dikeringkan atau seringkali disebut dengan *indirect-heat drying*. *Vacuum drying* dioperasikan pada kondisi tekanan di bawah satu atmosfer dan diatas *triple point* dari air (Rukmana dan Bindar, 2017).

Sesuai dengan namanya *freeze drying*, kadar air dalam produk terlebih dahulu akan diubah menjadi es yang kemudian es tersebut akan diubah fasenya secara sublimasi pada temperatur dan tekanan dibawah *triple point* dalam diagram fasa air. Penentuan massa dibawah kondisi vakum merupakan hal yang tidak mudah untuk dilakukan. Kondisi batas operasi dari beberapa sensor yang terjadi dan ukurannya pun dapat terpengaruh dari beberapa gangguan, seperti getaran, aliran gas dan *gradient temperature* Menurut Pujihastuti, keunggulan produk hasil pengeringan beku antara lain adalah dapat mempertahankan stabilitas produk, dapat mempertahankan stabilitas struktur bahan, dapat meningkatkan daya rehidrasi. Pengeringan beku sangat dikenal pada proses liofilisasi (*lyophilization*) produk. (Pujihastuti dan Isti, 2009).

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).

2.5 Menghitung Laju pengeringan

Dalam menentukan nilai laju pengeringan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{WS_0 - WL_1}{t} \quad (\text{Okonkwo dkk., 2019})$$

Dimana

WS = Berat Awal (gr)

WL = Berat Akhir (gr)

t = Waktu Pengeringan

2.6 Proses Penentuan Mutu Tepung Daun Kelor

2.6.1 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 :

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

Dimana :

W_0 = berat cawan kosong (gr)

W_1 = berat cawan + sampel awal (gr)

W_2 = berat cawan + sampel akhir (gr)

2.6.2 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 sulfur yang mirip dengan asam amino pada biji kedelai. Daun kelor juga mengandung tannin, saponin, dan alkaloid (Burlando dkk., 2010)

$$\%N = \frac{(V_{HCL} - V_{Blanko}) \times N_{HCL} \times 14,008}{mg \text{ sampel}} \times 100 \% \quad (\text{Metode Kejdahl})$$

$$\% \text{ Protein} = \%N \times \text{Faktor Konversi}$$