

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan di bidang pengeringan biomassa sebagai berikut :

Wang, et al (2006) melakukan penelitian tentang proses pengeringan pomace apel menggunakan oven microwave dengan daya 150 W, 300 W, 450 W, dan 600 W dan percobaan pra-pengeringan udara panas dilakukan dengan suhu 105 °C. Hasil analisis dapat dikatakan bahwa sistem proses pengeringan gelombang mikro, energi gelombang mikro memiliki kapasitas generatif panas internal. Sehingga, dapat dengan mudah menembus lapisan bagian dalam dan langsung menyerap kelembaban dalam sampel. Penyerapan energi yang cepat menyebabkan penguapan air yang cepat, menciptakan *fluks* keluar uap dengan cepat. Maka, gradien termal dan gradien kelembaban berada dalam arah yang sama. Secara teoritis, teknik pengeringan gelombang mikro dapat mengurangi waktu pengeringan dan menghasilkan produk akhir berkualitas tinggi. Sehingga, menawarkan produk alternatif yang menjanjikan dan kontribusi yang signifikan terhadap pembuangan pomace apel. Proses pengeringan dua tahap yang melibatkan pengeringan konvektif awal dan proses pengeringan akhir gelombang mikro telah dilaporkan bahwa proses pengeringan oven *microwave* memberikan kualitas produk yang lebih baik dari produk yang lain dan dapat menghemat waktu.

Hartulistiyoso (2011) melakukan penelitian tentang pengeringan aloe vera menggunakan oven gelombang mikro (*microwave oven*). Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa menggunakan microwave dengan power 80 W selama 140 menit, proses pengeringan 50 gr gel dan kulit lidah buaya mempunyai nilai kadar air akhir 7 % bb. Penurunan kadar air dan laju pengeringan terhadap proses pengeringan menggunakan oven *microwave* menunjukkan proses yang sama dengan proses pengeringan konvensional. Tahapan proses pengeringan tidak berpengaruh terhadap mekanisme rotasi dipolar molekul air menggunakan

pengeringan oven *microwave* dan pengeringan oven konvensional. Proses pengeringan mengalami penurunan/penguapan massa bahan terjadi pada menit-menit awal hingga menit ke 50, hal ini dikarenakan masih terdapat air bebas yang berada pada permukaan bahan. Selanjutnya dari menit ke 50 hingga menit ke 140 proses pengeringan berlangsung melambat. Suhu tertinggi selama proses pengeringan pada kulit lidah buaya yaitu 70,7 °C dan pada pengeringan gel yaitu 57,6 °C. Selanjutnya, untuk kisaran suhu tersebut diharapkan tidak terjadi kerusakan kandungan gizi lidah buaya. Pengujian mutu teh lidah buaya maupun tepung setelah mengalami proses pengeringan dengan menggunakan *microwave* oven menunjukkan bahwa tepung lidah buaya yang dihasilkan masih dalam kisaran standar baik secara visual maupun kandungan mikroba. Namun mengenai kadar keasaman menunjukkan hasil mutu yang rendah.

Histifarina (2004) melakukan penelitian untuk mengkaji pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap karakteristik mutu sayuran wortel kering. Variasi yang digunakan adalah variasi suhu dan waktu pengeringan. Suhu yang digunakan untuk proses pengeringan yaitu 40, 50, dan 60°C. Kemudian waktu lama pengeringan yaitu 17, 22, 27, dan 32 jam. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa lama pengeringan 32 jam yang dikombinasikan dengan suhu pengeringan 50°C menghasilkan wortel kering terbaik berdasarkan nilai kadar air (9,15% bb), persentase rehidrasi tinggi (520,44%), kadar beta karoten (0,019%), dan warna tekstur yang baik dalam penilaian sensori.

Cahyono (2011) melakukan penelitian tentang pengeringan temulawak segar setelah mengalami proses oven pada suhu 60°C dan daya lampu listrik 30 watt pada suhu sekitar 30°C. Metode analisis menggunakan kualitatif dan kuantitatif kurkuminoid direalisasikan dengan KLT, KCKT, dan spektrofotometer UV-tampak. Sedangkan untuk proses lama pengeringan yaitu 1, 3, dan 5 hari. Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil kandungan air semua sampel sekitar 4,06% - 7,76%. Analisis KLT mengidentifikasi adanya dua komponen dominan dalam kurkuminoid dengan nilai R_f 0,37 dan 0,15. Kromatogram HPLC dapat mendeteksi adanya 4 senyawa yaitu turunan kurkuminoid 10-11%, kurkumin 61-67%, *demetoksikurkumin* 22-26%, dan *bisdemetoksikurkumin* 1-3% urutan prosentase

masing-masing komponen tetap sama selama proses pengeringan. Spektrofotometri UV-Tampak menunjukkan bahwa kurkuminoid dari sampel kering lebih mudah tersekstrasi daripada sampel basah. Kemudian dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perbedaan kondisi operasi pengeringan sangat mempengaruhi penampakan simplisia yang dihasilkan, pengeringan oven memiliki warna lebih cerah dan lebih meremah daripada pengeringan lampu

Fitriani (2008) melakukan penelitian dengan variasi suhu pengeringan yang berbeda (75, 80, 85 dan 90°C) dan waktu pengeringan (12, 13, 14 dan 15 jam) pada produksi belimbing wuluh manis kering. Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa perbedaan suhu pengeringan dan waktu pengeringan secara signifikan mempengaruhi kadar air dan total padatan, namun tidak ada pengaruh senyawa ini terhadap kadar sukrosa. Kombinasi 90°C suhu pengeringan dan 14 jam waktu pengeringan menunjukkan kadar air terendah dan total padatan tertinggi yang memenuhi SNI.

Arslan (2010) meneliti tentang mengeringkan irisan bawang dengan menggunakan energi panas matahari, oven suhu 50°C, oven suhu 70 °C dan microwave oven dengan daya 210 W dan 700 W. Pengeringan dilakukan untuk memantau kinetika pengeringan dan penurunan kualitas produk. Kemudian menunjukkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang tinggi berkisar antara 0,994 dan 0,999. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengeringan microwave oven memerlukan waktu pengeringan yang lebih singkat diantara panas matahari dan oven. Nilai proses pengeringan Densitas efektif ($Deff$) irisan bawang untuk matahari, Variasi oven 50 dan 70 C, oven *microwave* dengan variasi 210 dan 700 Watt yaitu $8,339 \times 10^{-10}$, $7,468 \times 10^{-10}$, $1,554 \times 10^{-10}$, $4,009 \times 10^{-8}$ dan $4,869 \times 10^{-8}$. Irisan bawang segar dan kering memiliki jumlah K yang tinggi (696.82 – 16357,55 mg/kg), Ca (69,64 – 340,03 mg/kg), Na (37,72 – 1895,43 mg/kg), Mmg (3,31 – 964,77 mg/kg) dan P (46,47 – 3384,07 mg/kg). Energi matahari ($L * 58,00 \pm 4,83$, $a * 0,27 \pm 0,10$, $b * 14,36 \pm 2,40$) dan pengeringan oven *microwave* 210 Watt ($L * 54,78$ 7,54, $a * 0,71$ 0,009, $b * 13,17$ 1,05) memiliki nilai warna yang lebih baik dalam proses pengeringan. Oven *microwave* mengeringkan sampel

dengan kandungan fenolik (masing-masing untuk 210 dan 700 Watt yaitu $1664,39 \pm 134,12$ dan $1623,59 \pm 140,02$) lebih tinggi daripada irisan bawang kering lainnya.

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan para peneliti sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa ada beberapa faktor didalam proses pengeringan seperti suhu yang digunakan, alat pengering dalam proses pengeringan, bahan penelitian yang digunakan, serta waktu pengeringan.

2.2. DASAR TEORI

2.2.1. Oven *Microwave*

Oven *microwave* merupakan sebuah peralatan dapur yang menggunakan radiasi gelombang mikro untuk memasak atau memanaskan makanan. Sistem kerja microwave yaitu dengan radiasi gelombang mikro pada molekul air, lemak, maupun gula yang terdapat pada bahan makanan dan molekul-molekul ini akan menyerap energi elektromagnetik yang disebut sebagai pemanasan dielektrik (*dielectric heating*). Molekul-molekul pada makanan bersifat elektrik dipol (*dielectric dipoles*). yaitu molekul tersebut memiliki muatan negatif pada satu sisi dan muatan positif pada sisi yang lain. Selanjutnya, dengan adanya medan elektrik yang tidak tetap yang diinduksikan melalui gelombang mikro yang mengakibatkan masing-masing sisi saling mensejajarkan diri satu sama lain. Timbulnya gesekan antara molekul yang satu dengan molekul yang lain akan menciptakan energi panas. Energi panas yang dihasilkan oleh peristiwa inilah yang berfungsi sebagai agen pemanasan bahan makanan didalam dapur *microwave* (Kingston, 1997).

2.2.2. Komponen-Komponen Oven *Microwave*

Berikut ini adalah beberapa komponen yang terdapat didalam microwave oven, antara lain :

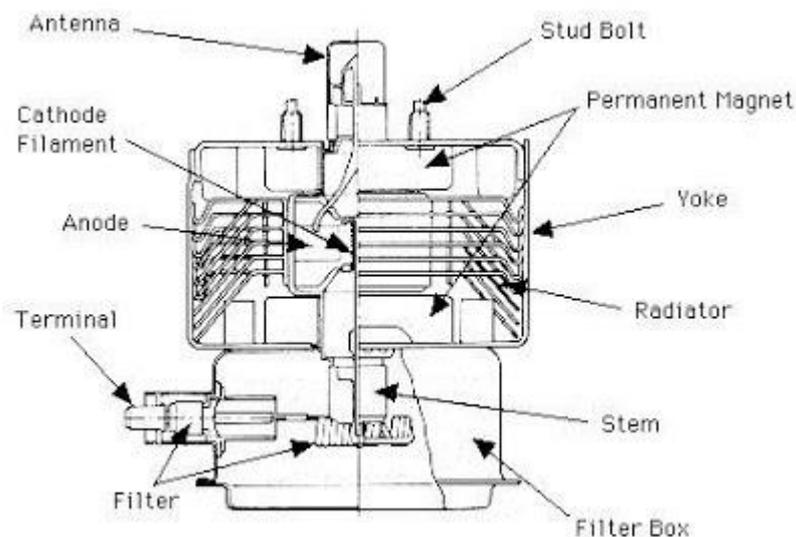
1. Magnetron

Magnetron merupakan bagian dari oven *microwave* yang berfungsi sebagai mengkonversi energi listrik menjadi radiasi gelombang mikro. Katoda yang terdapat pada bagian dalam magnetron, berfungsi untuk memancarkan elektron dari sebuah terminal sentral. Sedangkan, anoda dari kutub positif yang mengelilingi

katoda untuk menarik elektron-elektron. Selama perjalanan pada garis lurus, magnet permanen memaksa elektron untuk bergerak dalam jalur melingkar. Elektron-elektron tersebut menghasilkan gelombang medan magnet yang terus-menerus.



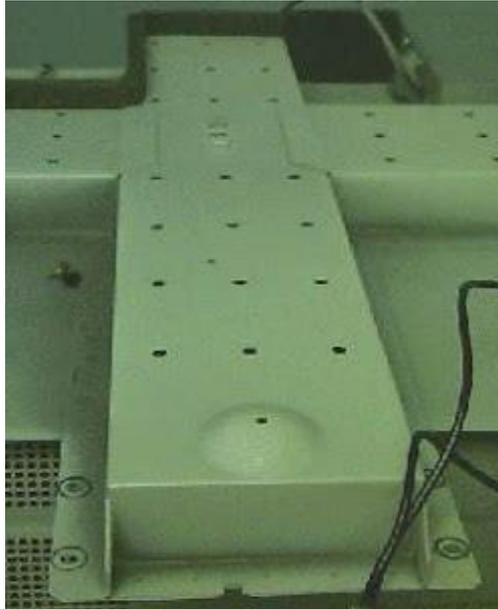
Gambar 2. 1 *Magnetron* (Febrian *et al.*, 2011)



Gambar 2. 2 Skema *magnetron* (Febrian *et al.*, 2011)

2. *Waveguide*

Waveguide merupakan bagian dari oven *microwave* yang dirancang untuk mengarahkan gelombang. Tiap gelombang yang digunakan tidak selalu sama. *Waveguide* untuk gelombang mikro yang dirancang dari bahan konduktor.



Gambar 2. 3 Waveguide (Febrian *et al.*, 2011)

3. Microwave Stirrer

Microwave stirrer adalah komponen yang memiliki bentuk seperti baling-baling yang berfungsi sebagai menyebarkan gelombang mikro yang terdapat didalam oven *microwave*. Baling-baling tersebut dikombinasikan dengan sebuah komponen berbentuk seperti piringan yang dapat diputar pada bagian bawah. Kombinasi ini memungkinkan kecepatan tinggi kematangan yang merata saat memasak.



Gambar 2. 4 Microwave stirrer (Febrian *et al.*, 2011)

2.2.3. Cara kerja oven *microwave*

Berikut ini merupakan langkah-langkah kerja menggunakan *microwave oven* untuk memanaskan/menguapkan bahan material, antara lain :

1. Arus listrik bolak-balik dengan beda potensial rendah dan arus searah dengan beda potensial tinggi dikoversikan dalam bentuk arus searah.
2. Gelombang mikro yang dihasilkan untuk magnetron menggunakan arus ini yaitu dengan frekuensi 2,45 GHz.
3. Antenna mengarahkan gelombang mikro yang terdapat pada bagian atas magnetron kedalam sebuah *waveguide*.
4. Kemudian *waveguide* menyuplai gelombang mikro ke komponen yang seperti kipas yaitu *stirrer*. *Stirrer* menyebarkan gelombang mikro di dalam ruang *microwave*.
5. Setelah itu, gelombang mikro dipantulkan oleh dinding yang terdapat didalam *microwave* yang akan diserap oleh molekul-molekul makanan.

Gelombang mikro adalah hasil dari radiasi yang dapat dipantulkan, ditransmisikan atau diserap oleh bahan material yang digunakan. *Microwave* memanfaatkan 3 sifat dari gelombang mikro tersebut dalam proses memanaskan. *Magnetron* merupakan penghasil gelombang mikro, kemudian ditransmisikan ke dalam *waveguide*, gelombang tersebut dipantulkan ke dalam *fan stirrer* dan dinding dari ruangan didalam oven *microwave* yang akan diserap oleh makanan.

Microwave dapat membuat air berputar, putaran molekul air akan mendorong terjadinya tabrakan antar molekul yang akan menimbulkan energi panas. Perlu diingat bahwa sebagian besar makanan memiliki kadar air yang terdapat didalamnya dan jika bahan material tersebut dimasukkan kedalam *microwave*, maka kadar air akan mengalami penguapan. Hal ini disebabkan karena ada kontak langsung antara molekul tersebut dengan molekul air yang memanaskan.

Perpindahan energi panas yang disebabkan oleh pergerakan molekul dapat terjadi dengan 3 cara yang berbeda, antara lain :

a. Konduksi

Perpindahan panas ini disebabkan adanya hubungan langsung dengan sumber panas, misalkan wajan penggorengan yang menjadi panas setelah berinteraksi langsung dengan sumber api yaitu kompor.

b. Konveksi

Perpindahan panas ini terjadi karena uap panas naik atau uap berputar didalam ruangan tertutup seperti oven. Perpindahan panas secara konveksi dimulai dari bagian luar bahan material, kemudian menuju bagian dalam bahan material tersebut.

c. Radiasi

Perpindahan panas ini disebabkan karena adanya gelombang elektromagnetik yang membuat molekul-molekul air bergerak.

2.2.4. Oven Konvensional

Oven merupakan alat yang digunakan untuk memanaskan, memanggang dan mengeringkan bahan makanan. Oven juga berfungsi sebagai pengering apabila dengan kombinasi pemanas dan kelembaban rendah dengan sirkulasi udara yang cukup. Pengeringan menggunakan oven lebih cepat kering dibandingkan dengan pengeringan menggunakan energi matahari, tetapi tergantung dari tebal bahan yang dikeringkan. Oven yang sering digunakan dalam skala kecil/umum digunakan yaitu elektrik oven yang dioperasikan pada tekanan atmosfer. Elektrik oven adalah oven yang memiliki beberapa *tray* di dalamnya, serta memiliki sirkulasi udara didalamnya. Kelebihan dari penggunaan oven yaitu dapat diatur dan dipertahankan suhunya sesuai dengan keinginan sendiri. Jika oven tidak memiliki fan dan sirkulasi didalamnya maka pintu oven harus dibuka sedikit agar ada sirkulasi udara didalam oven, sehingga karamelisasi tidak terjadi. Sedangkan oven yang digunakan memiliki sirkulasi, pintu oven harus ditutup supaya suhu didalam tetap terjaga dan bahan yang akan dikeringkan diletakkan pada *tray-traynya*. Pengeringan dengan oven menggunakan udara panas (Judy Horrison, 2000).

2.2.5. Jenis-jenis Oven

Oven dibagi dalam 3 jenis, yaitu oven listrik, oven gas dan oven laboratorium.

1. Oven listrik

Oven listrik adalah oven yang pada dasarnya menggunakan energi listrik untuk menghasilkan panas, oven model ini lebih simpel dan juga praktis dalam penggunaannya. Pengoperasian oven listrik bisa mengatur kalor atau panas secara otomatis. Oven listrik dilengkapi dengan fitur timer yaitu pengatur waktu otomatis sehingga bisa mati jika waktu yang diatur telah lewat dan bisa melakukan aktivitas lain tanpa harus mengamati oven nya karena setelah selesai oven akan mati dengan sendirinya.



Gambar 2. 5 Oven listrik

2. Oven gas

Oven gas memerlukan ruang yang cukup luas dan tempat yang luas untuk meletakkan tabung gas yang ukurannya yang besar. Kemudian dari segi harganya, oven gas ini lebih murah dibanding jenis oven lainnya. Pada oven gas ini tidak memiliki fitur apapun. Proses pemanggangannya tidak dapat dilakukan secara otomatis, hanya dilakukan secara manual pada saat menggunakan oven gas dan nyala api pada oven gas tidak pernah mati secara otomatis. Proses mematikannya oven gas harus dilakukan secara manual.



Gambar 2. 6 Oven gas (Anugrahniagamandiriblog.2018)

Dari segi jenis produksi oven gas tersebut terbagi menjadi 4 bagian antara lain :

a. Oven skala rumah tangga

Pada umumnya oven ini dioperasikan menggunakan api yang asalnya dari kompor dan bisa juga kompor minyak atau kompor gas. Oven untuk rumah tangga ini tidak dilengkapi pengatur suhu dan juga timer. Hanya dipakai untuk skala kecil.



Gambar 2. 7 Oven skala rumah tangga (Anugrahniagamandiriblog.2018)

b. Oven semi profesional

Oven semi profesional adalah jenis oven yang dioperasikan menggunakan kompor gas atau kompor listrik. Oven yang ini umumnya digunakan pada usaha roti. Nilai plusnya oven semi profesional ini dilengkapi oleh pengatur suhu, timer dan kapasitas produksi yang tidak terlalu besar.



Gambar 2. 8 Oven semi profesional (Anugrahniagamandiriblog.2018)

c. Oven profesional

Oven profesional merupakan oven yang proses pengoperasiannya menggunakan listrik dan ada juga yang memakai gas. Oven ini dilengkapi dengan fitur sinyal suara apabila proses pemanggangan telah selesai oven akan berbunyi. Oven ini juga dilengkapi fitur timer dan pengatur suhu atas dan bawah. Oven ini banyak dipakai toko roti atau sejenisnya dengan kapasitas produksi banyak dan sangat membutuhkan proses yang cepat.



Gambar 2. 9 Oven profesional (Anugrahniagamandiriblog.2018)

d. Oven industri

Oven industri ini berskala besar dan memiliki ruang yang bervariasi, panjangnya mulai dari 10 – 100 meter, dengan lebar 50 – 150 meter. Pada oven industri memiliki fitur pengatur suhu, timer serta ada pengaturan ekstraksi udara.

Pada setiap zona atau bagian – bagian pemanggangannya oven bisa diatur suhunya meski berbeda satu sama lain.



Gambar 2. 10 Oven industri (Anugrahniagamandiriblog.2018)

3. Oven Laboratorium

Oven atau pengeringan oven adalah komponen yang berfungsi untuk sterilisasi atau pembersihan dengan menggunakan udara kering. Alat-alat gelas seperti *erlenmeyer*, *petridish* (cawan petri), tabung reaksi dan gelas lainnya merupakan alat yang dipakai untuk mensterilisasikan.

Beberapa bahan yang lain diantaranya kapas, kertas, dan juga kain dapat disterilkan dalam oven, namun dalam temperatur tertentu. Temperatur yang digunakan untuk mensterilkan cara kering yaitu sekitar 140-170°C selama paling sedikit 2 jam. Akan tetapi, bahwa lamanya sterilisasi tergantung pada jumlah alat disterilkan dan ketahanan alat terhadap panas.



Gambar 2. 11 Oven Laboratorium (Anugrahniagamandiriblog.2018)

2.2.6. Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis baik berupa produk maupun buangan. Pengertian biomassa merupakan bahan organik yang berasal dari tumbuhan atau hewan yang hidup atau pernah hidup dimasa lampau (Loppinet-Serani et al., 2008). Definisi biomassa adalah bahan organik non-fosil dan dapat diuraikan kembali (*biodegradable*) yang berasal dari tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Macam-macam produk biomassa antara lain produk utama, produk sampingan, residu dan limbah dari pertanian, kehutanan dan industri terkait, dan sampah kota. Biomassa berupa gas dan cairan yang ditemukan dari dekomposisi bahan organik nonfosil dan bersifat *biodegradable* yaitu memiliki kemampuan terurai dengan aman dan relatif cepat, secara biologis, ke dalam bahan-bahan mentah alam dan membaaur kembali ke lingkungan.

Sebagai sumber energi yang berkelanjutan dan terbarukan, biomassa terus diproduksi oleh interaksi CO₂, udara, air, tanah, dan sinar matahari dengan tanaman dan hewan. Kemudian organisme tersebut mati memecah biomassa yang tersusun seperti H₂O, CO₂ dan energi potensinya. Biomassa dapat diartikan sebagai *greenhouse gas neutral* atau *GHG Neutral*. Sumber energi biomassa berasal dari biologis yang masih hidup ataupun sudah mati atau baru mati yang akan dimanfaatkan untuk

energi bahan bakar. Beberapa kelebihan sumber energi biomassa antara lain dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*) dan juga dapat diperbaharui (*renewable*).

Pembentukan biomassa melalui proses fotosintesis yang memanfaatkan air dan unsur dari dalam tanah serta CO₂ dari atmosfer akan menghasilkan bahan organik untuk memperkuat jaringan dan membentuk daun, bunga atau buah. Sumber energi yang didapatkan dengan menyerap energi dari matahari.

Hal ini dikarenakan tidak mampu berfotosintesis sendiri, hewan memanfaatkan energi yang telah berubah menjadi rumput, daun, atau yang lain dari bagian tumbuhan secara tidak langsung untuk hidupnya. Sedangkan secara tidak langsung, contohnya hewan karnivora prinsipnya tetap memanfaatkan energi yang telah berubah bentuk menjadi daging pada hewan lain. Keterangan tersebut menjadi bahan dasar biomassa.

2.2.7. Limbah Kelapa Sawit

Tanaman kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) berasal dari Afrika Barat, merupakan tanaman penghasil utama minyak nabati yang mempunyai produktivitas lebih tinggi dibandingkan tanaman penghasil minyak nabati lainnya. Kelapa Sawit memiliki tiga bagian utama yaitu inti tandan kosong kelapa sawit, serat kelapa sawit (*mesokarp*) dan cangkang kelapa sawit (*endokarp*). Bagian utama kelapa sawit tersebut menghasilkan limbah padat cukup besar. Diprediksi laju peningkatan produksi kelapa Sawit mencapai 12,3% pertahun. Peningkatan produksi kelapa Sawit ini berimbas pada bertambahnya limbah yang dihasilkan. Limbah kelapa Sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar karena memiliki nilai kalor yang cukup tinggi. Cangkang Sawit memiliki nilai kalor yang tertinggi mencapai 20093 kJ/kg, serat sebesar 19055 kJ/kg dan tandan Sawit sebesar 18795 kJ/kg (*Palm Oil: Production, Processing, Characterization, and Uses*, 2016).

Tabel 2. 1 Analisis *ultimate* cangkang kelapa Sawit (Diputra, 2010)

<i>Solid Waste</i>	C	H	O	N	S	<i>Non Comb</i>
Daun	52,25	6,11	30,34	6,99	0,16	4,25
Cangkang Sawit	47,62	6,1	0,7	43,38	-	2,1
Ranting Kayu	50,46	5,97	42,37	0,15	0,05	1

Tabel 2. 2 Analisis *proximate* cangkang kelapa Sawit (Diputra, 2010)

<i>Solid waste</i>	<i>Moisture</i>	<i>Volatile matter</i>	<i>Fixed carbon</i>
Daun	9,97	66,92	19,29
Cangkang Sawit	7,8	80,8	18,8
Ranting kayu	20	67,89	11,31

2.2.8. Sumber Energi Biomassa

Sumber-sumber energi biomassa antara lain adalah :

a. Sektor pertanian

Contoh komoditas-komoditas utamanya di sektor pertanian yaitu padi, jagung, ubi kayu, kelapa, kelapa sawit, tebu, jarak pagar, ampas tebu dan biji-bijian. Komoditas pertanian yang cukup banyak dibudidayakan masyarakat dan potensial untuk sumber bahan bakar nabati cukup banyak, antara lain kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, tebu, sagu dan ubi kayu.

b. Sektor kehutanan

Contoh sumber energi biomassa utamanya di sektor kehutanan mencakup limbah pembalakan, limbah industri perkayuan, briket kayu, kayu bakar, briket arang, dan limbah perkebunan/pertanian. Energi biomassa di sektor kehutanan difokuskan pada briket arang, limbah industri perkayuan, limbah pembalakan, dan kayu bakar.

c. Sampah kota

Penggolongan sampah berdasarkan asalnya mencakup sampah hasil rumah tangga, sampah hasil industri, sampah hasil pertanian, sampah hasil perdagangan, sampah hasil pembangunan, dan sampah jalan raya. Penggolongan sampah berdasarkan sifatnya yaitu sampah organik terdiri atas dedaunan, kertas kayu, buah dan sisa makanan. Jenis sampah ini mengandung senyawa unsur karbon, hidrogen, dan oksigen serta sampah organik mudah tersegradasi oleh mikroba. Sampah anorganik terdiri atas kaleng, plastik, kaca, besi dan bahan-bahan lainnya yang tidak tersusun oleh senyawa organik. Jenis sampah ini sulit terurai oleh mikroba sehingga tidak dapat terdegradasi.

d. Tanaman energi

Beberapa contoh sumber biomassa yang berasal dari tanaman energi meliputi jagung, kedelai, pohon poplar dan kanola.

e. Limbah biologis

Limbah biomassa jenis ini berasal dari limbah kotoran sapi. Limbah kotoran sapi dimanfaatkan sebagai biogas sebagai solusi untuk mengurangi limbah kotoran sapi. Pengelolaan limbah dengan baik dapat mengurangi bau tidak sedap dan menurunkan dampak dari gas rumah kaca serta sebagai energi alternatif untuk keperluan sehari-hari.

2.2.9. Penkonversian Biomassa

Ada berbagai teknologi untuk mengkonversi atau merubah kualitas biomassa sesuai dengan tujuan pemanfaatannya. Teknologi untuk mengkonversi biomassa secara umum dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

a. Konversi fisika

Konversi fisika merupakan proses untuk mengurai struktur biomassa dengan tujuan meningkatkan luas permukaan sehingga proses selanjutnya yaitu kimia, termal dan biologi dapat dipercepat. Proses ini juga meliputi pemisahan, ekstraksi dan lain-lain untuk mendapatkan bahan berguna dari biomassa, serta proses pemampatan, pengeringan atau kontrol kelembaban dengan tujuan

membuat biomassa mudah diangkut dan disimpan. Teknologi konversi fisika sering digunakan sebagai perlakuan awal untuk mempercepat proses utama.

b. Konversi termokimiawi

Konversi termokimiawi meliputi hidrolisis, pembakaran, karbonisasi, pirolisis dan sebagainya untuk penguraian biomassa dengan perlakuan termal untuk memicu reaksi kimia dalam menghasilkan bahan bakar.

c. Konversi biokimiawi

Konversi biokimiawi merupakan teknologi konversi dengan proses fermentasi atau dengan bantuan mikroba untuk menghasilkan bahan bakar. Biomassa yang mengalami proses konversi biokimiawi, umumnya membutuhkan waktu yang relatif lama karena menunggu kemampuan bakteri pengurai berfungsi dengan baik untuk mengubah biomassa menjadi komponen gas dan limbah padat. Produk yang diperoleh dari proses ini biasanya biogas.

2.2.10. Manfaat Energi Biomassa

Beberapa manfaat penggunaan energi biomassa didalam bidang lingkungan maupun ekonomi antara lain :

a. Mengurangi jumlah metana di atmosfer

Metana merupakan salah satu gas yang menyebabkan efek rumah kaca dan pemanasan global. Penggunaan biomassa dapat mengurangi jumlah metana di atmosfer karena hasil dari biomassa adalah gas metan yang dimanfaatkan untuk memutar turbin pada pembangkitan tenaga listrik.

b. Meningkatkan kualitas udara

Ketika biomassa menggantikan bahan bakar fosil, maka akan membantu untuk meningkatkan kualitas udara karena akan mengurangi polusi. Penggunaan bahan bakar fosil telah lama dipermasalahkan karena menyebabkan hujan asam. Biomassa tidak menghasilkan emisi sulfur ketika dibakar dan ini akan mengurangi resiko hujan asam. Dengan menanam tanaman bahan baku biomassa, karbon di atmosfer akan didaur

ulang. Hal ini memberikan sebuah manfaat besar bagi peradaban manusia karena berkurangnya polusi di udara.

c. Mengurangi jejak karbon

Mengurangi jejak karbon yaitu biomassa menghasilkan emisi karbon lebih sedikit dibandingkan bahan bakar fosil. Hal ini karena tanaman yang dipakai untuk biomassa baru tumbuh dan menggantikan yang lama sehingga digunakan untuk menghasilkan energi biomassa sebelumnya. Penggunaan bahan bakar fosil akan berkurang ketika sejumlah besar energi biomassa digunakan yang akan mengurangi tingkat karbondioksida di atmosfer.

d. Daur ulang

Daur ulang dari beberapa sumber energi biomassa meliputi limbah industri yang berasal dari industri pembuatan gula, limbah ampas tebu dapat dimanfaatkan menjadi energi biomassa. Hal ini merupakan sebuah keuntungan besar karena menghemat biaya pengeluaran dan produksi.

e. Dapat diandalkan

Semakin bertambahnya pertumbuhan populasi manusia serta pertumbuhan ekonomi yang tinggi, kebutuhan energi listrik tentunya akan meningkat pula. Energi biomassa dapat menjadi alternatif pemenuhan kapasitas energi listrik yang dapat dimanfaatkan, karena bahan tanaman yang digunakan untuk memproduksinya dapat dipasok secara konstan dan murah untuk diproduksi.

2.3. Teori Pengerinan

Pengurangan kadar air yang terdapat pada suatu zat padat atau dari campuran. proses pengeringan melalui beberapa tahap diantaranya perpindahan massa, momentum, dan panas. proses pengeringan berawal dari adanya perambatan panas yang terjadi secara fisik yang disebut operasi penguapan. pengertian dari operasi penguapan yaitu tidak hanya pengurangan sejumlah kadar air saja yang terdapat didalam cairan-cairan, tetapi bisa juga pada bahan padat yang kering. material atau bahan akan mengalami penguapan, karena bahan yang dikeringkan

dihubungkan dengan panas dari udara (gas) akibatnya panas akan dipindahkan dari udara panas ke bahan basah tersebut, dimana panas ini akan menyebabkan air menguap ke dalam udara. beberapa cara proses pengeringan yaitu dengan cara konveksi, konduksi, radiasi, pemanas elektrik, atau kombinasi anantara tipe-tipe tersebut. (Mujumdar, 2004).

Winarno, et al.1980 berpendapat bahwa pengeringan merupakan proses pengurangan kadar air yang berasal dari bahan atau material untuk menciptakan kondisi dimana kapang, jamur, dan bakteri yang menyebabkan pembusukan tidak dapat tumbuh dengan memanfaatkan pengeringan menggunakan alat pengering dan memanfaatkan cahaya matahari. kelebihan dari pengeringan menggunakan alat pengering yaitu temperatur dan kondisi sanitasi lebih terkontrol, lebih cepat kering, sehingga kontaminasi dari debu, serangga, burung, dan tikus dapat dihindarkan. Sedangkan pengeringan dengan memanfaatkan cahaya matahari membutuhkan waktu yang lebih lama dan lebih muda terkontaminasi oleh kotoran atau debu sehingga dapat mengurangi kualitas mutu akhir produk yang dikeringkan.

2.3.1. Proses Keseimbangan Kadar Air

Operasi pengeringan terdiri dari peristiwa perpindahan massa dan panas yang terjadi secara simultan, laju alir yang diuapkan tergantung pada laju perpindahan massa dan perpindahan panasnya. Sebelum memulai proses pengeringan, harus diketahui terlebih dahulu data keseimbangan bahan yang akan digunakan.

Kandungan air dalam bahan dapat dibedakan sebagai berikut ;

1. *Moisture content* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Moisture content} &= \frac{lb_{\text{moisture}}}{lb_{\text{bahanbasah}}} \times 100 \\ &= \frac{lb_{\text{moisture}}}{lb_{\text{bahankering}} + lb_{\text{moisture}}} \times 100 \end{aligned}$$

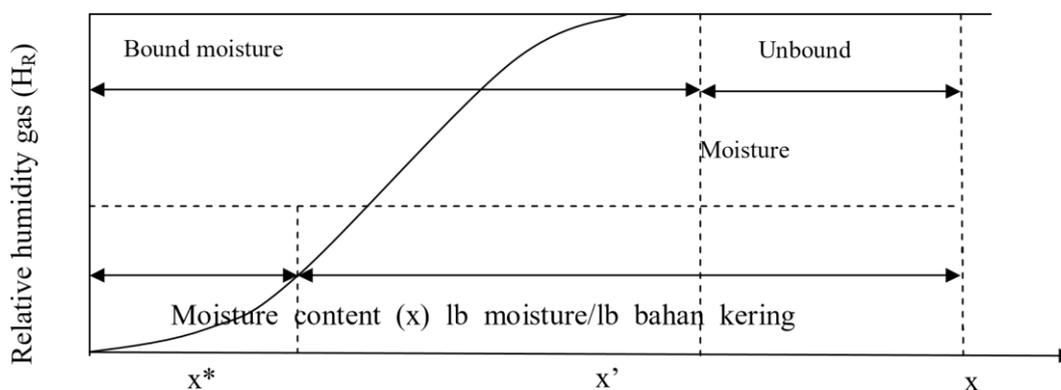
$$= \frac{100x}{100+x} \dots\dots\dots (1)$$

2. *Moisture content (dry basis)*

$$\begin{aligned} \text{Moisture Content} &= \frac{\text{lbmoisture}}{\text{lbhankering}} \\ &= \frac{x}{\%moisture} = 100 X \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

3. *Moisture content equilibrium (X*)* yaitu kandungan air dalam bahan pada saat kesetimbangan dengan tekanan parsial uapnya. Temperatur dan kelembaban tersebut bahan tidak dapat dikeringkan lagi dibawah *equilibrium moisture content* yang seimbang dengan uapnya dalam fase gas.
4. *Bound moisture* adalah kandungan air yang terkandung didalam bahan pada saat kesetimbangan sama dengan tekanan uap cairan murni temperatur dan suhu yang sama.
5. *Unbond moisture* adalah kandungan air yang terkandung didalam bahan pada saat tekanan uap kesetimbangan sama dengan uap murni pada suhu sama.
6. *Free Moisture X-X**
Merupakan kandungan air dalam bahan, diatas harga *equilibrium moisture*nya.

Equilibrium moisture curve



Gambar 2. 12 Grafik kurva kesetimbangan kadar air

2.3.2. Mekanisme Proses Pengeringan

Mekanisme pengeringan dapat diterangkan dengan teori perpindahan massa. Dimana peristiwa lepasnya molekul air dari permukaan tergantung dari bentuk dan luas permukaan. Bila suatu bahan sangat basah atau lapisan air yang menyelimuti bahan tersebut tebal, maka permukaan bahan berbentuk datar. Bila udara pengering dialirkan di antara bahan tersebut maka akan menarik molekul-molekul air dari permukaan butir tidak rata yang akan memperluas permukaannya sehingga dalam pengeringan ada 2 macam mekanisme, yaitu :

1. Mekanisme penguapan dengan kecepatan tetap
2. Mekanisme penguapan dengan kecepatan berubah

Pada *constant rate period*, umumnya selama pengeringan berlangsung, bahan akan selalu basah dengan cairan sampai titik kritis. Titik kritis yaitu suatu titik dimana permukaan bahan sudah tidak sempurna basah oleh cairan. Setelah titik kritis tercapai, mulailah dengan periode penurunan kecepatan sampai cairan habis teruapkan. Pada proses ini hubungan antar *moisture content* dengan *drying rate* dapat berupa garis lurus atau garis lengkung yang patah. Kecepatan penguapan pada periode tidak tetap tergantung pada zat padatnya, juga cairannya. Pada permukaan zat padat, makin kasar pengeringannya akan semakin cepat jika dibandingkan dengan permukaan yang lebih halus.

Pada prinsipnya, perancangan proses pengeringan menjadi lebih tepat dan untuk menentukan ukuran peralatan, maka perlu mengetahui lebih dulu waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan suatu bahan dari kandungan air tertentu sampai kandungan air yang diinginkan pada kondisi tertentu. Untuk maksud tersebut dibutuhkan data pengeringan yang bisa diperoleh dengan cara percobaan, yaitu:

a. *Drying Test* (Pengujian Pengeringan)

Hubungan antara moisture content suatu bahan dengan waktu pengeringan pada temperatur, kelembaban, dan kecepatan pengeringan tetap. Pada percobaan berat dari sampel diukur sebagai fungsi dari waktu

b. Kurva laju pengeringan

Yaitu kurva yang menunjukkan hubungan antara laju pengeringan terhadap kandungan air suatu bahan. Laju pengeringan dinyatakan sebagai lb air yang diuapkan tiap jam. Laju Pengeringan didefinisikan sebagai berikut:

$$N = \frac{-Ms}{A} \frac{dx}{dt} \dots\dots\dots (3)$$

Dalam hubungan ini.

- t : Lama waktu pengeringan, jam
- N : Titik kritis, kg air yang teruapkan/jam m²
- x : Kandungan air padatan kering, bahan kering kg air/kg
- A : Luas Permukaan proses pengeringan, m²
- Ms : Berat bahan kering, kg

Jika mula-mula bahan sangat basah maka permukaan bahan akan tertutup film tipis dari cairan. Cairan yang menutupi bahan ini bias dianggap sebagai air yang terikat. Apabila bahan tersebut dikontakkan dengan udara yang relatif kering maka akan terjadi penguapan air yang ada pada permukaan bahan (Foust dkk, 1960).

2.3.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Pengeringan

Proses pengeringan diperoleh dengan cara penguapan air yaitu dengan menurunkan kelembaban udara dengan mengalirkan udara panas disekeliling bahan, sehingga tekanan uap air bahan akan lebih besar daripada tekanan uap air di udara. Perbedaan tekanan inilah yang menyebabkan terjadinya aliran uap air dari bahan ke udara.

Kecepatan pengeringan maksimum dipengaruhi oleh percepatan pindah panas dan pindah massa selama proses pengeringan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pindah panas dan massa tersebut adalah sebagai berikut (Estiasih., dkk, 2009) :

a. Luas permukaan

Pada pengeringan umumnya, bahan pangan yang akan dikeringkan mengalami pengecilan ukuran, baik dengan cara diiris, dipotong, atau digiling. Proses pengecilan ukuran akan mempercepat proses pengeringan. Hal ini disebabkan pengecilan ukuran akan memperluas permukaan bahan, air lebih mudah berdifusi, dan menyebabkan penurunan jarak yang harus ditempuh oleh panas.

b. Suhu

Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan semakin cepat pindah panas ke bahan pangan dan semakin cepat pula penguapan air dari bahan pangan. Apabila udara merupakan medium pemanas, maka faktor kecepatan pergerakan udara harus diperhatikan. Pada proses pengeringan, air dikeluarkan dari bahan pangan dapat berupa uap air. Uap air tersebut harus segera dikeluarkan dari atmosfer di sekitar bahan pangan yang dikeringkan. Jika tidak segera keluar, udara di sekitar bahan pangan akan menjadi jenuh oleh uap air sehingga memperlambat penguapan air dari bahan pangan yang memperlambat proses pengeringan.

c. Kecepatan pergerakan udara

Semakin cepat pergerakan atau sirkulasi udara maka proses pengeringan akan semakin cepat. Prinsip ini menyebabkan beberapa proses pengeringan menggunakan sirkulasi udara atau udara yang bergerak seperti pengering kabinet, *tunnel dryer*, pengering semprot, dan lain-lain.

d. Kelembaban udara

Semakin kering udara (kelembaban semakin rendah) maka kecepatan pengeringan semakin tinggi. Kelembaban udara akan menentukan kadar air akhir bahan pangan setelah dikeringkan. Proses penyerapan akan terhenti sampai kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan tercapai. Kesetimbangan nisbi bahan pangan adalah kelembaban pada suhu tertentu di mana tidak terjadi penguapan air dari bahan pangan ke udara dan tidak terjadi penyerapan uap air dari udara oleh bahan pangan.

e. Tekanan atmosfer

Pengeringan pada kondisi vakum menyebabkan pengeringan lebih cepat atau suhu yang digunakan untuk suhu pengeringan dapat lebih rendah. Suhu rendah dan kecepatan pengeringan yang tinggi diperlukan untuk mengeringkan bahan pangan yang peka terhadap panas.

f. Penguapan air

Penguapan atau *evaporasi* merupakan penghilangan air dari bahan pangan yang dikeringkan sampai diperoleh produk kering yang stabil. Penguapan yang terjadi selama proses pengeringan tidak menghilangkan semua air yang terdapat dalam bahan pangan.

g. Lama pengeringan

Pengeringan dengan suhu tinggi dalam waktu yang pendek dapat lebih menekan kerusakan bahan pangan dibandingkan waktu pengeringan yang lebih lama dan suhu lebih pendek.

2.3.4. Kadar Air dan Laju Pengeringan

Struktur bahan secara umum dapat didasarkan pada kadar air yang biasanya ditunjukkan dalam persentase kadar air basis basah atau basis kering. Kadar air

basis basah (M_{wb}) banyak digunakan dalam penentuan harga pasar sedangkan kadar air basis kering (M_{db}) digunakan dalam bidang teknik (Brooker dan Donald, 1974).

Persamaan dalam penentuan kadar air adalah sebagai berikut :

$$M_{db} = \frac{W_w - W_d}{W_d} \dots\dots\dots (1)$$

$$M_{wb} = \frac{W_w - W_d}{W_w} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana W_w adalah berat sampel sebelum diolah, dan W_d adalah berat sampel setelah di oven.

Metode penentuan kadar air dapat dilakukan dengan dua cara yaitu metode langsung dan metode tidak langsung. Metode langsung menerapkan metode oven dan metode destilasi. Pada metode oven, sampel bahan diletakkan ke dalam oven hingga diperoleh berat konstan pada bahan. Penentuan kadar air pada metode oven didasarkan pada banyaknya air yang hilang dari produk. Adapun pada metode destilasi, kadar air dihilangkan dengan memanaskan biji ke dalam air dan selanjutnya menentukan volume atau massa air yang hilang pada biji dalam uap yang terkondensasi atau dengan pengurangan berat sampel (Brooker dan Donald, 1974).

Perhitungan laju pengeringan membutuhkan data hasil pengukuran kadar air awal, kadar air akhir, dan selang waktu diantaranya. Berdasarkan data-data tersebut, laju pengeringan pada setiap periode waktu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Yadollahinia, dkk., 2008).

$$DR = \frac{w_t - w_{t+1}}{w_a} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana DR (Dependency Ratio) juga dapat disebut dengan angka ketergantungan. Selanjutnya w_t merupakan berat awal bahan, w_{t+1} merupakan berat bahan pada waktu (t , jam) dan w_i merupakan berat bahan saat konstan serta t_1 dan t_2 merupakan perubahan waktu setiap jam. Laju penguapan air adalah banyaknya air yang diuapkan setiap satuan waktu atau penurunan kadar air bahan dalam satuan waktu (Yadollahinia dkk., 2008).

Kurva laju pengeringan diperoleh dari data kadar air yang diperoleh dengan mengeluarkan uap air bahan ke udara panas. Bahan biasanya dikeringkan dalam pengering kabinet. Udara panas dengan suhu, kelembaban, kecepatan, aliran udara

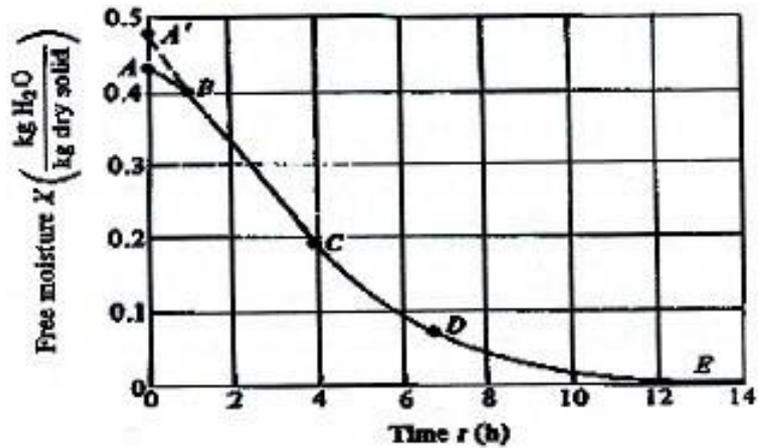
konstan melewati permukaan pengeringan untuk mengeringkan bahan. Massa sampel diukur berdasarkan fungsi waktu (Yadollahinia dkk., 2008).

Menurut Henderson dan Perry (1995), proses pengeringan mempunyai dua periode utama yaitu periode pengeringan dengan laju pengeringan tetap dan periode pengeringan dengan laju pengeringan menurun. Kedua periode utama ini dibatasi oleh kadar air kritis.

Simmonds et al (1953) menyatakan bahwa kadar air kritis adalah kadar air terendah saat mana laju air bebas dari dalam bahan ke permukaan sama dengan laju pengambilan uap air maksimum dari bahan. Pada biji-bijian umumnya kadar air ketika pengeringan dimulai lebih kecil dari kadar air kritis. Dengan demikian pengeringan yang terjadi adalah pengeringan dengan laju pengeringan menurun. Perubahan dari laju pengeringan tetap ke laju pengeringan menurun terjadi pada berbagai tingkatan kadar air yang berbeda untuk setiap bahan.

Proses laju pengeringan dibedakan menjadi dua tahap utama, yaitu laju pengeringan konstan dan laju pengeringan menurun. Laju pengeringan konstan terjadi pada lapisan air bebas yang terdapat pada permukaan bahan. Laju pengeringan ini terjadi sangat singkat selama proses pengeringan berlangsung, kecepatan penguapan air pada tahap ini dapat disamakan dengan kecepatan penguapan air bebas, sedangkan laju pengeringan menurun terjadi setelah periode pengeringan konstan selesai. Pada tahap ini kecepatan aliran air bebas dari dalam bahan ke permukaan lebih kecil dari kecepatan pengambilan uap air maksimum (Nurba, 2010). Periode laju pengeringan menurun meliputi 2 proses yaitu perpindahan air dari dalam bahan ke permukaan dan perpindahan uap air dari permukaan ke udara sekitar (Henderson and Perry, 1976).

Laju pengeringan menurun terjadi setelah laju pengeringan konstan dimana kadar air bahan lebih kecil daripada kadar air kritis. Periode laju pengeringan menurun meliputi dua proses yaitu : perpindahan dari dalam ke permukaan dan perpindahan uap air dari permukaan bahan ke udara sekitarnya, seperti yang ditunjukkan pada grafik dibawah ini.



Gambar 2. 13 Hubungan kadar air dengan waktu (Henderson and Perry, 1976).

2.3.5. Energi Aktivasi

Energi aktivasi adalah energi yang dibutuhkan sehingga reaksi dapat terjadi. Energi aktivasi dibutuhkan untuk menggerakkan energi reaktan sehingga reaksi dapat dimulai. Energi aktivasi biasanya menghasilkan panas yang dilepaskan akibat proses reaksi.

Kalita, dkk (2009) membandingkan hasil dengan menggunakan penelitian dan perhitungan untuk parameter kinetik dari bahan bakar biomassa densitas rendah. Perhitungan parameter kinetik dari data *thermogravimetry* menggunakan persamaan Arrhenius yang dinyatakan pada persamaan berikut ini :

$$\frac{dx}{dt} = -A e^{-E/RT} X^n \dots\dots\dots(1)$$

Dimana X adalah massa dari sampel yang bereaksi (kg), t adalah waktu (menit), A adalah pra-exponensial atau faktor frekuensi (menit^{-1}), E adalah energi aktivasi dari reaksi dekomposisi (kJ/mol), R adalah konstanta gas universal (kJ/mol.K), T adalah temperatur absolut (K), dan n adalah orde reaksi (-).

Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah metode perhitungan dengan *linear multiple regression method* adalah sangat akurat dan mempunyai tingkat presisi 10^{-2} jika dibandingkan dengan hasil penelitian.

Dari persamaan perhitungan energi aktivasi pada proses pembakaran bahan bakar padat dapat dianalisa menggunakan persamaan Arrhenius yang dinyatakan pada persamaan berikut ini :

$$K = Ae^{-Ea/RT} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

K : Konstanta laju reaksi

A : Faktor pre-eksponensial

Ea : Energi aktivasi

R : Konstanta gas universal (8,312 kal/mol)

T : Temperatur (K)

Analisa matematis persamaan Arrhenius :

$$k = -Ae^{-E/RT} \dots\dots\dots(3)$$

Jika di \ln – kan maka :

$$\ln k = \ln A - \frac{E}{R} \frac{1}{T} \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{Sehingga : } y = -\frac{E}{R} x + c \dots\dots\dots(5)$$

Dengan memplotkan grafik antara $\ln k$ dengan $1/T$ dari data eksperimental, akan didapat harga energi aktivitas, dimana plot kemiringan (slope) *trendline* linier yang terbentuk adalah $-Ea/R$.