



**PENGARUH TEKANAN UDARA TERHADAP LAJU PERUBAHAN
MASSA PADA PROSES PENGERINGAN DENGAN METODE
TEMPERATUR RENDAH (*LOW TEMPERATURE DRYING*)**

SKRIPSI

**Disusun dalam rangka untuk menyelesaikan Studi Strata I
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Teknik Mesin**

Universitas Negeri Semarang

Disusun Oleh :

Nama : Noordin Eko Susanto
NIM : 5201407014
Prodi : Pend. Teknik Mesin S1
Jurusan : Teknik Mesin

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Noordin Eko Susanto
NIM : 5201407014
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin S1
Judul : “Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Laju Perubahan Massa Pada Proses Pengeringan Dengan Metode Temperatur Rendah (*Low Temperature Drying*)”

Telah dipertahankan di depan Dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Panitia Ujian

Ketua : Drs. Wirawan Sumbodo, MT ()
NIP. 196601051990021002
Sekretaris : Wahyudi, S.Pd, M.Eng ()
NIP. 198003192005011001

Dewan Penguji

Pembimbing I : Danang Dwi Saputro, S.T, M.T ()
NIP. 197811052005011001
Pembimbing II : Drs. Pramono ()
NIP. 19580910198531002
Penguji Utama : Rusiyanto, S.Pd, M.T. ()
NIP. 197403211999031002
Penguji Pendamping I : Danang Dwi Saputro, S.T, M.T ()
197811052005011001
Penguji Pendamping II : Drs. Pramono ()
NIP. 19580910198531002

Ditetapkan di Semarang
Tanggal :

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik

Drs. Abdurrahman, M.Pd
NIP. 196009031985031002

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

1. *Siapa yang bersungguh-sungguh maka mereka akan mendapatkannya.*
2. *Segala kejadian yang terjadi pada kita akan ada hikmahnya.*
3. *Jangan pernah tinggalkan do'a setiap kita berusaha.*
4. *Jangan takut akan kesalahan.*
5. *Cobalah untuk berfikir optimis dan positif.*
6. *Apa yang kita dapat sebanding dengan apa yang kita lakukan.*

Persembahan :

1. *Bapak dan Ibu tercinta, terima kasih atas segala pengorbanan, doa dan kasih sayang yang tak pernah pudar.*
2. *Adikku tercinta yang selalu mendoakan dan membantu setiap usahaku*
3. *Seseorang yang berinisial "F" yang selalu ada dalam hatiku*
4. *Rekan-rekan seperjuangan dan sahabatku Muni dan Antok yang telah membantu*
5. *Keluarga besar maknyak kost*
6. *Semua pihak yang telah membantu dan mendoakanku.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “ Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Laju Perubahan Massa Pada Proses Pengeringan Dengan Metode Temperatur Rendah (*Low Temperature Drying*)”.

Sebagai manusia biasa yang banyak kekurangan, penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak yang dengan ikhlas telah merelakan sebagian waktu, tenaga, dan materi yang tersita demi membantu penulis dalam menyusun skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih setulus hati kepada :

1. Bp. Drs. Wirawan Sumbodo, M.Pd, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
2. Bp. Danang Dwi Saputro, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing I, untuk masukan arahan dan bimbingan dalam proses penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini.
3. Bp. Drs. Pramono, selaku dosen pembimbing II, dalam bimbingan dan masukan terhadap penulisan laporan skripsi ini.
4. Bp. Rusiyanto, S.Pd, M.T., selaku dosen penguji laporan ini.
5. Kedua orang tua yang telah memberikan do'a dan membantu semua kebutuhan penulis yang tiada hentinya.

6. Teman-teman senasib dan seperjuangan PTM'07 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.
7. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam proses penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dengan terbatasnya waktu dan masih kurangnya pengetahuan penulis, Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu segala saran dan kritik yang membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati demi perbaikan Skripsi ini.

Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya dan mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang pada khususnya.

Semarang,

Penulis

PERPUSTAKAAN
UNNES

ABSTRAK

Noordin Eko Susanto, 2011. *Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Laju Perubahan Massa Pada Proses Pengeringan Dengan Metode Temperatur Rendah (Low Temperature Drying)*. Skripsi. Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing I, Danang Dwi Saputro, S.T, M.T, Pembimbing II, Drs. Pramono.

Proses pengeringan untuk industri bahan pangan terus berkembang hingga dekade terakhir. Bahan makanan dikeringkan dengan tujuan mengurangi kadar air bahan sampai batas tertentu. *Low temperature drying* adalah proses pengeringan dengan memanfaatkan *Air Conditioning* yang digunakan untuk mengeringkan bahan makanan tertentu dengan menggunakan suhu rendah. Meskipun alat tersebut memiliki banyak keunggulan, namun belum diterapkan secara luas di masyarakat, karena industri belum yakin dengan tingkat keberhasilan alat tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan udara terhadap laju perubahan massa pada bahan makanan sehingga dapat diketahui tekanan optimal untuk mendapatkan efisiensi pengeringan tertinggi.

Metode yang digunakan adalah penelitian eksperimen. Penelitian ini penulis melakukan variasi tekanan udara sebesar 15 cmHg, 20 cmHg dan 25 cmHg, sedangkan suhu dibuat tetap yaitu 10°C, sedangkan untuk mengetahui laju perubahan massanya dengan cara ditimbang dengan menggunakan neraca *Ohaus PA 214* dengan ketelitian 1/10.000 gram setiap 1 jam.

Penelitian yang dilakukan diperoleh hasil yang berbeda pada tiap-tiap variasi tekanan udara. Berdasarkan tabel hasil pengujian laju perubahan massa yang paling cepat didapat saat tekanan 15 cmHg, sedangkan laju perubahan massa paling lambat didapat saat tekanan 25 cmHg. Hal ini dapat dijelaskan bahwa semakin rendah tekanan udara di dalam tabung *Low temperature drying* maka RH udara juga semakin turun, jika RH udara semakin turun maka akan mempercepat proses perpindahan massa air dari bahan ke udara.

PERPUSTAKAAN
UNNES

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Batasan Masalah	4
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
F. Penegasan Istilah	5
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Macam dan Karakteristik Pengerinan.....	7
B. Proses Dasar AC (<i>Air Conditioning</i>)	8
C. Sifat – Sifat Udara	12
D. Pengukuran Kelembaban	17

E. Perpindahan Kalor dan Massa	18
F. Proses Pengeringan	20
G. Laju Pengeringan	23
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Variabel Penelitian	26
B. Metode Pengumpulan Data	26
C. Alur Penelitian	29
D. Data yang akan diambil	30
E. Analisis Data	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	31
B. Pembahasan	32
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	47
B. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu produk selama pengeringan..	10
Tabel 3.1. Data yang diambil	30
Tabel 4.1 Hasil pengujian pada variasi pertama	31
Tabel 4.2 Hasil pengujian pada variasi kedua.....	31
Tabel 4.3 Hasil pengujian pada variasi ketiga.....	32



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Basic Psicometric Process</i>	9
Gambar 2.2 Diagram Psikometrik	10
Gambar 2.3 Garis kelembaban relatif	13
Gambar 2.4 Rasio Kelembaban	14
Gambar 2.5 <i>Slink Psychrometer</i>	15
Gambar 2.6 Grafik proses perubahan wujud.....	16
Gambar 2.7 Kurva laju pengeringan	25
Gambar 3.1 Skematik alat <i>Low temperature drying</i>	27
Gambar 3.2 Alur Penelitian.....	29
Gambar 4.1 Hubungan antara tekanan dengan kelembaban udara	32
Gambar 4.2 Simulasi <i>Psikometric chart</i> untuk variasi II.....	33
Gambar 4.3 <i>Psikometric chart</i> untuk variasi I	34
Gambar 4.4 Simulasi <i>Psikometric chart</i> untuk variasi III	35
Gambar 4.5 Hubungan waktu dengan perubahan massa	37
Gambar 4.6 Hubungan antara waktu dengan prosentase perubahan massa	39
Gambar 4.7 Hubungan antara selang waktu dengan laju perpindahan massa	40
Gambar 4.8 Grafik hubungan waktu dengan perubahan massa pada pengeringan sinar matahari dan <i>low temperatur drying</i>	41
Gambar 4.9 Grafik hubungan waktu dengan prosentase perubahan massa pada pengeringan sinar matahari dan <i>low temperatur drying</i> .	42

Gambar 4.10 Grafik hubungan selang waktu dengan laju perpindahan massa
pada pengeringan sinar matahari dan *low temperatur drying*. 43

Gambar 4.11. Pengeringan sinar Matahari 44

Gambar 4.12. Pengeringan dengan *Low temperature drying* 45



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat penetapan dosen pembimbing

Lampiran 2. Surat ijin penelitian

Lampiran 3. Tanda pembayaran pemakaian Lab. Tek. Kimia dan penimbangan digital

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Proses pengeringan untuk industri bahan pangan terus berkembang hingga dekade terakhir. Bahan makanan dikeringkan dengan tujuan mengurangi kadar air bahan sampai batas dimana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. Bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lebih lama sehingga bahan pangan menjadi lebih awet dan volume bahan pangan menjadi lebih kecil. Hasil dari proses pengeringan mampu mengubah dimensi bahan sehingga mempermudah dan menghemat ruang pengangkutan, pengepakan, berat bahan menjadi kurang dan mempermudah transportasi.

Proses pengeringan yang dilakukan industri kecil selama ini dengan menjemur di area terbuka dengan memanfaatkan sinar matahari sehingga proses pengeringan tergantung pada cuaca, pada saat musim kemarau intensitas cahaya matahari tinggi sehingga mampu mengeringkan bahan makanan dalam jumlah banyak. Masalah muncul saat musim penghujan, hasil pertanian sekitar melimpah tetapi cuaca tidak mendukung untuk pengeringan, sehingga terjadi ketimpangan yaitu pertama ketimpangan antara kapasitas produksi yang rendah dan permintaan pelanggan yang tinggi.

Kedua, ketimpangan antara hasil pertanian sekitar yang melimpah tetapi tidak mendukung untuk mengeringkan bahan makanan tersebut.

Kondisi tersebut mengakibatkan hilangnya kesempatan yang akhirnya tidak dapat diraih oleh pengusaha. Kesempatan tersebut adalah kesempatan untuk mendapatkan margin keuntungan yang lebih besar jika dapat menggunakan bahan makanan basah hasil pertanian setempat. Kesempatan tersebut terlepas karena pengusaha harus membeli bahan baku kering dari luar daerah yang menjadikan biaya produksinya lebih tinggi, dari kondisi tersebut dapat ditarik permasalahan utama yang mendesak untuk diselesaikan adalah perbaikan proses produksi terutama pada proses pengeringan, dimana perlu dikembangkan proses pengeringan yang lebih efektif, murah, dan mudah pengoperasiannya untuk meningkatkan kualitas dan kapasitas produksi tanpa tergantung musim.

Beberapa keunggulan teknologi pengeringan dengan mengontrol suhu dan kelembapan:

1. Bisa dilakukan setiap saat tanpa pengaruh kondisi cuaca
2. Kualitas produk dan kandungan air lebih konsisten
3. Terhindar dari bahan-bahan pengawet yang berbahaya
4. Produk lebih bersih

Pada umumnya bahan pangan yang dikeringkan secara tradisional (dijemur di bawah sinar matahari) berubah warna menjadi coklat. Jika proses pengeringan dilakukan pada temperatur yang terlalu tinggi, maka dapat terjadi *case hardening* yaitu keadaan bagian luar bahan sudah kering,

sedangkan bagian dalamnya masih basah, kerusakan bahan pangan dan menyebabkan kerusakan kandungan gizi di dalamnya.

Cabai merah jawa merupakan salah satu komoditas sayuran penting yang memiliki peluang bisnis yang menjanjikan. Pada buah cabai terkandung beberapa vitamin. Salah satu vitamin dalam buah cabai adalah vitamin C (asam askorbat). Vitamin C berperan sebagai antioksidan yang kuat yang dapat melindungi sel dari agen-agen penyebab kanker, dan secara khusus mampu meningkatkan daya serap tubuh atas kalsium (mineral untuk pertumbuhan gigi dan tulang) serta zat besi dari bahan makanan lain.

Efisiensi pengeringan kualitas hasil pengawetan (kandungan gizi, tekstur, warna dan aroma) menjadi pertimbangan penting dalam proses pengeringan bahan pangan. Pemanfaatan pengeringan dengan temperatur rendah diperlukan alat yang disebut dengan *Low temperature drying*. Pada pengoperasian alat tersebut diperlukan setting yang pas antara tekanan dan suhu agar diperoleh pengkondisian udara yang ideal untuk efisiensi pengeringan dan kualitas pengeringan bahan makanan yang baik. Penelitian yang akan dilakukan adalah mencari tekanan optimal yang di pakai pada suhu yang sudah ditentukan untuk mengetahui laju perpindahan massa sehingga dapat diketahui efisiensi dari alat tersebut serta tetap menjaga kualitas bahan makanan.

B. Batasan Masalah

Agar permasalahan dalam penelitian ini menjadi jelas dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan maka peneliti perlu membatasi beberapa masalah yang akan diangkat dalam penelitian ini yaitu: pengaruh tekanan udara terhadap laju perpindahan massa pada pengeringan dengan temperatur rendah.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka dapat diketahui permasalahan yaitu: Berapa tekanan untuk memperoleh laju perpindahan massa paling cepat pada pengeringan dengan metode temperatur rendah (*Low temperature drying*)?

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai ataupun diharapkan adalah:

Untuk mengetahui pengaruh tekanan udara terhadap laju perubahan massa pada bahan makanan sehingga dapat diketahui tekanan optimal untuk mendapatkan efisiensi pengeringan tertinggi.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pihak lain diantaranya :

1. Bagi peneliti : mendapatkan pengetahuan tentang cara pengeringan yang efektif dan efisien serta mendapatkan pengetahuan tentang cara pengkondisian udara.
2. Bagi pembaca : menambah pengetahuan pembaca tentang sebuah alat yang digunakan untuk pengeringan bahan makanan yang mempunyai teknologi yang lebih maju.
3. Bagi masyarakat : sebagai bisnis baru bagi masyarakat yang ingin mengembangkan kemampuannya di bidang kewirausahaan dengan membuat sebuah *home industri* tempat pengeringan bahan makanan.

F. Penegasan Istilah

Agar tidak terjadi salah penafsiran, dalam penelitian ini ada beberapa istilah yang perlu dijelaskan, sehingga penulis perlu mempertegas maksud dalam judul “PENGARUH TEKANAN UDARA TERHADAP LAJU PERUBAHAN MASSA PADA PROSES PENGERINGAN DENGAN METODE TEMPERATUR RENDAH (*LOW TEMPERATURE DRYING*)”

1. Pengaruh adalah data yang ada atau timbul dari sesuatu (orang, benda dan sebagainya) yang berkuasa atau berkekuatan. (Poerwadarminta, 1976 : 664).

Pengaruh dalam penelitian ini adalah hubungan yang mempengaruhi antara tekanan dengan laju perpindahan massa pada proses pengeringan bahan makanan.

2. Tekanan adalah besarnya gaya yang bekerja pada satu permukaan persatuan luas permukaan (Daryanto, 1997 : 125).
3. Laju perubahan massa atau konstanta laju pengeringan adalah merupakan sebuah besaran yang menyatakan tingkat kecepatan air atau massa air untuk terdifusi keluar meninggalkan bahan yang dikeringkan (Wartono, 1997 dikutip oleh Pamungkas W.H dkk).
4. Cabai merah atau lombok (bahasa Jawa) adalah buah dan tumbuhan anggota genus *Capsicum*. (<http://id.wikipedia.org/wiki/Cabai>).
5. Metode adalah: cara yang teratur dan terpikir baik-baik untuk mencapai maksud atau cara kerja yang bersistem untuk memudahkan pelaksanaan suatu kegiatan dalam mencapai tujuan yang telah ditentukan. (Djajasudarma, 1993:1)
6. Pengeringan dengan suhu rendah (*low temperature drying*) adalah proses pengeringan dengan memanfaatkan *Air Conditioning* yang digunakan untuk mengeringkan bahan makanan tertentu dengan menggunakan suhu rendah.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Macam dan karakteristik pengeringan

Menurut Ramelan, 1996 yang dikutip oleh Atmaka dan Wiji, kecepatan udara pengering, suhu dan kelembaban udara merupakan faktor yang menentukan proses pengeringan. Sifat bahan yang dikeringkan seperti kadar air awal, ukuran produk pertanian dan tekanan partial bahan juga akan mempengaruhi proses pengeringan. Suhu dan kecepatan aliran udara yang tinggi akan mempercepat proses pengeringan.

1. Pengeringan temperatur tinggi

Teknologi pengeringan bahan makanan yang dilakukan adalah dengan memanaskan bahan pada tempat tertentu sehingga kandungan air dalam bahan mampu menguap dan terbunuhnya mikroorganisme pembusuk dalam bahan pangan. Pengeringan dilakukan pada suhu di atas 65°C (Widyani R, 2008). Menurut Widyani R (2008) bakteri yang berada pada bahan makanan dalam bentuk vegetatifnya akan mati pada suhu 82°C-94°C, tetapi spora bakteri masih bertahan pada suhu mendidih 100°C selama 30 menit. Bahan pangan yang dikeringkan dengan metode temperatur tinggi mempunyai nilai gizi yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan segarnya. Selama proses pengeringan dapat terjadi perubahan warna, tekstur, dan aroma. Bahan pangan yang dikeringkan pada umumnya berubah warna menjadi coklat. Jika proses pengeringan dilakukan pada temperatur yang terlalu tinggi, maka

dapat terjadi *case hardening* yaitu keadaan bagian luar bahan sudah kering, sedangkan bagian dalamnya masih basah, kerusakan bahan pangan dan menyebabkan kerusakan protein, emulsi vitamin dan lemak.

2. Pengeringan temperatur rendah

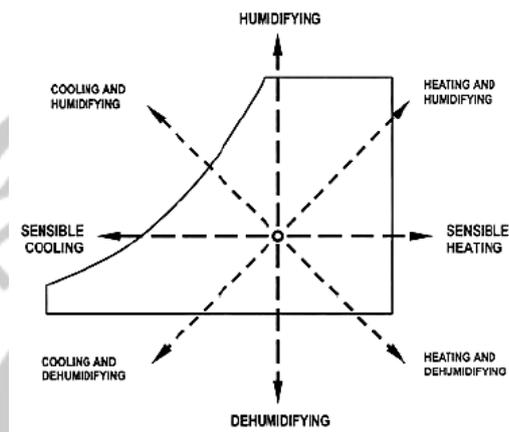
Teknologi pengeringan bahan makanan yang dilakukan adalah dengan menggunakan temperatur rendah dan mengkondisikan udara pada tempat tertentu sehingga kandungan air dalam bahan berpindah ke lingkungan. Pengeringan dilakukan pada suhu di bawah 65°C (Widyani R, 2008). Bahan pangan yang dikeringkan dengan metode temperatur rendah mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan menggunakan temperatur tinggi yaitu nilai gizi yang lebih terjaga dibandingkan dengan bahan segarnya. Warna, tekstur, dan aroma yang lebih menarik. Nilai ekonomis yang dihasilkan juga lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan temperatur tinggi.

B. Proses dasar AC (*Air Conditioning*)

1. Sistem AC (*Air Conditioning*)

Air conditioning (pengkondisian udara) adalah pengaturan kondisi udara yang meliputi temperatur, kelembaban, sirkulasi dan kualitas. *Air conditioning* untuk proses produksi telah banyak diaplikasikan, yang sering kita jumpai sebagai alat pendingin ruangan. Proses dasar *air conditioning* meliputi *sensible heating*, *sensible cooling*, *dehumidifying*, *humidifying*, *heating&dehumidifying*, *cooling&dehumidifying*, *heating dan cooling & humidifying*. Proses *cooling&dehumidifying* bisa

dimanfaatkan untuk proses pengeringan suatu bahan. *Cooling&dehumidifying* disimpulkan oleh peneliti bahwa laju perpindahan massa pada proses pengeringan tergantung pada koefisien difusifitas, semakin besar angka koefisien difusifitas proses pengeringan semakin cepat.

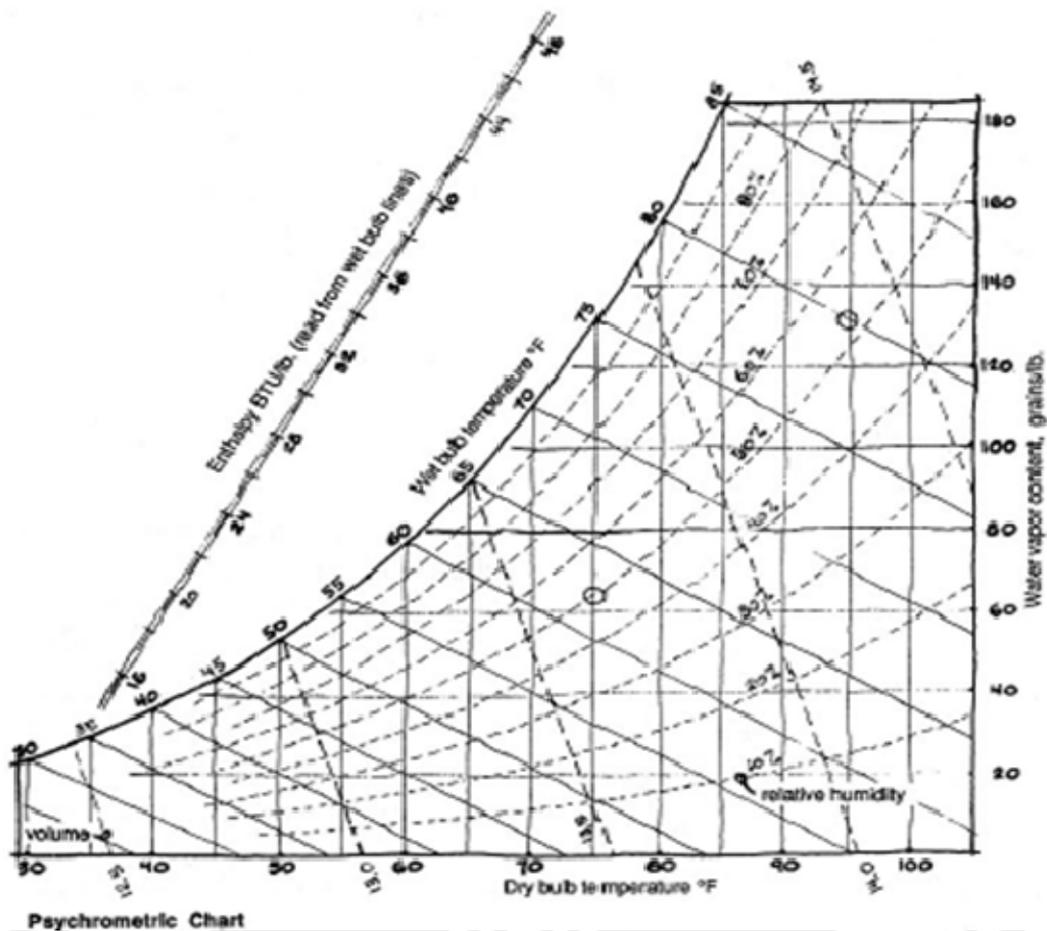


Gambar 2.1. *Basic psychrometric process*

2. Diagram Psikometrik

Psikometrik adalah ilmu yang mempelajari tentang sifat termodinamika pada variasi temperatur dan tekanan.

Diagram psikometrik dapat dipakai sebagai dasar bagaimana cara mengkondisikan udara agar diperoleh sifat udara yang akan digunakan dalam proses pengeringan bahan makanan. Diagram psikometrik dapat dilihat pada gambar 2.2 seperti berikut:



Gambar 2.2. Diagram Psikometrik

3. Udara Basah

Udara berada diatas permukaan lapisan bumi disebut dengan atmosfer, atau atmosfer udara, pada atmosfer bertekanan rendah (*lower atmosfer*) atau homosphere, terdiri dari udara basah (*moist air*), dimana terdiri dari campuran uap air dan udara kering. Psikometrik adalah ilmu yang mempelajari sifat-sifat termodinamika dari udara basah. Psikometrik secara umum digunakan untuk mengilustrasikan dan menganalisa perubahan sifat termal dan karakteristik dari proses dan siklus sistem penyegaran udara (*air conditioning*). Komposisi dari udara kering berbeda-beda tergantung dari

letak geografis dan perubahan waktu ke waktu. Komposisi udara kering diperkirakan berdasarkan volumenya terdiri dari : 79.08 % Nitrogen, 20.95 % Oksigen, 0.93 % Argon, 0.03 % Karbon Dioksida, 0.01 % lain-lain gas (seperti neon, sulfur dioksida). Kandungan uap air pada udara basah antara temperatur 0 – 100°F tidak lebih dari 0.05 – 3 %. Variasi uap air pada udara basah besar pengaruhnya terhadap karakteristik dari udara basah tersebut. Persamaan keadaan untuk gas ideal digambarkan ada hubungannya dengan sifat-sifat termodinamika yaitu :

$$pv = RT_R$$

atau

$$pV = mRT_R$$

dengan :

p : tekanan gas (psi, atm)

v : volume spesifik (ft³/lb)

R : konstanta gas (ft lbf/lbm oR)

TR : temperatur absolut gas (oR)

V : volume gas (ft³)

m : massa gas (lb)

Perhitungan secara eksak dengan mempergunakan sifat-sifat termodinamika udara basah berdasarkan persamaan gas ideal yang direkomendasikan antara temperatur 0 – 100°F, perhitungan entalpi dan volume spesifik dengan mempergunakan persamaan gas ideal menunjukkan standar deviasi maksimum sebesar 0.5 % dari hasil perhitungan secara eksak.

Hukum Dalton untuk udara basah :

$$p_{at} = p_a + p_w$$

dengan :

p_{at} : tekanan atmosfer dari udara basah (psia)

p_a : tekanan udara kering (psia)

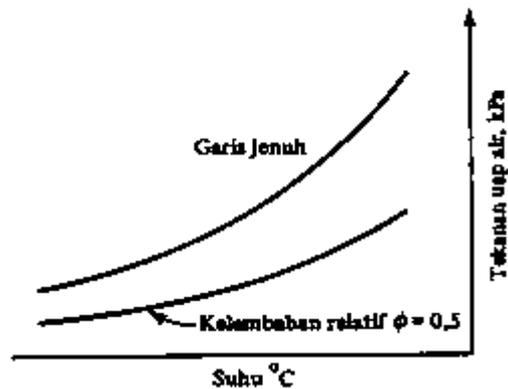
p_w : tekanan uap air (psia)

C. Sifat-sifat Udara

1. Kelembaban relatif (*Relative Humidity*)

Kelembaban relatif didefinisikan sebagai perbandingan fraksi molekul uap air didalam udara basah terhadap fraksi molekul uap air jenuh pada suhu dan tekanan yang sama dari hubungan-hubungan untuk gas ideal dapat dinyatakan

$$\text{Kelembaban relatif}(\varphi) = \frac{\text{Tekanan Uap Air Parsial}}{\text{Tekanan Air Murni Pada Suhu yang Sama}}$$



Gambar 2.3. Garis kelembaban relatif

Garis-garis kelembaban relatif konstan digambarkan pada bagan diatas, dengan mengukur jarak vertikal antara garis jenuh dan alas bagan, misal untuk kelembaban 50% ordinatnya separuh tinggi garis jenuh pada suhu yang sama.

2. Rasio kelembaban (*Humidity Ratio*)

Rasio kelembaban adalah berat atau massa air yang terkandung dalam setiap kilogram udara kering. Rasio kelembaban dapat dihitung dengan menggunakan persamaan gas ideal dengan anggapan bahwa uap air dan udara dianggap gas ideal. Udara dianggap gas ideal karena suhunya lebih tinggi dibanding dengan suhu jenuhnya dan uap air dianggap gas ideal kerana tekananya cukup rendah dibanding dengan tekanan jenuhnya, maka persamaanya mengikuti:

$$pv = RT$$

$$W = \frac{\text{Massa Uap Air}}{\text{Massa Udara Kering}}$$

$$W = \frac{\frac{p_s V}{R_s T}}{\frac{p_a V}{R_a T}} = \frac{p_a / R_s}{(p_t - p_s) R_a}$$

W : Rasio kelembaban (kg uap air/kg udara kering)

V: Volume sembarang campuran udara uap, m³

p_t : tekanan atmosferik = p_a + p_s , Pa

p_{ab}: Tekanan parsial udara kering , Pa

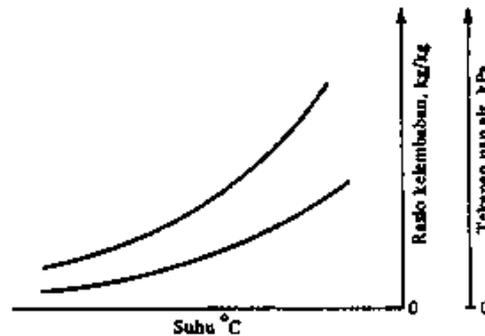
R_a: Tetapan gas untuk udara kering = 287 J/kg. K

R_s: tetapan gas untuk uap air = 461,5 J/kg.K

P_s: tekanan parsial uap air dalam keadaan jenuh

Mesubtitusikan nilai numeris Ra dan Rs kedalam persamaan diatas maka menjadi,

$$W = \frac{287 p_s}{461,5(p_t - p_s)} = 0.622 \frac{p_s}{(p_t - p_s)}$$



Gambar 2.4. Rasio kelembaban

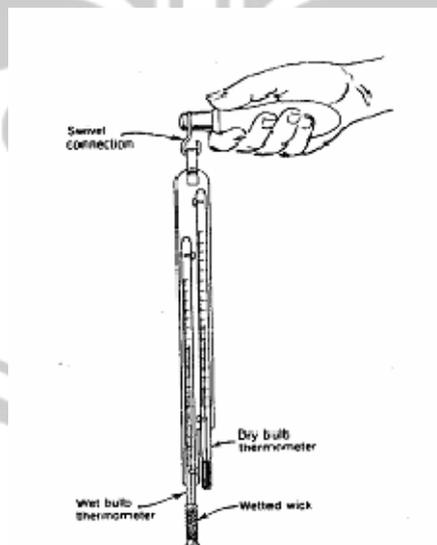
3. Suhu Bola Kering dan Suhu Bola Basah

Termometer yang lazim digunakan untuk mengukur suhu adalah termometer bola kering. Sensor panas (*bulb*) termometer yang digunakan untuk mengukur suhu dijaga dalam kondisi kering maka termometernya disebut sebagai termometer bola kering.

Hasil pengukuran suhu dengan alat ini disebut sebagai : suhu bola kering, dalam keadaan biasa, bila ukuran suhu tersebut tidak diberi penjelasan khusus maka dianggap sebagai ukuran bola kering. Sebagai contoh : 20°C bola kering atau cukup dengan : 20°C. Sensor panas (*bulb*) termometer yang digunakan sengaja dikondisikan menjadi basah, yaitu sengaja ditutup oleh kain yang higroskopis maka ukuran suhu yang diperoleh disebut

sebagai ukuran suhu bola basah, dalam kondisi biasa maka adanya cairan yang melingkupi sensor panas ini maka penunjukan skala suhu bola basah akan lebih rendah dengan penunjukan suhu bola kering, tetapi bila kandungan uap air di udara mencapai titik maksimalnya (titik jenuh) maka penunjukan kedua jenis termometer tersebut menjadi sama.

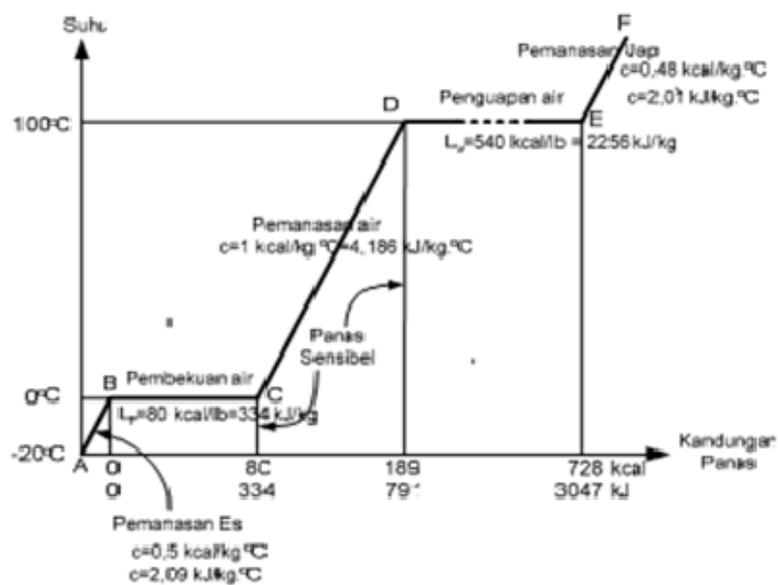
Waktu udara dalam keadaan jenuh maka cairan yang ada disekeliling *bulb* termometer tidak dapat menguap lagi sehingga penunjukan termometer basah menjadi sama dengan termometer bola kering, tetapi bila kondisi udara ruang belum mencapai saturasi maka penunjukan termometer bola basah selalu lebih rendah dari bola kering, akibat adanya efek penguapan cairan yang terjadi pada termometer bola basah. Alat khusus dapat digunakan untuk mengukur bola basah dan bola kering disebut *Sling Psychrometer*.



Gambar 2.5. *Sling Psychrometer*

4. Suhu Saturasi (*Saturation Temperature*)

Suhu di mana suatu fluida atau zat cair berubah dari fasa cair menjadi fasa uap atau gas, atau sebaliknya, yaitu dari fasa gas berubah menjadi fasa cair, disebut suhu saturasi. Grafik proses perubahan wujud dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut ini:



Gambar 2.6. Grafik proses perubahan wujud

Liquid yang berada pada suhu saturasi disebut liquid saturasi dan uap atau gas yang berada pada suhu saturasi disebut uap saturasi. Satu hal penting yang perlu diketahui adalah suhu saturasi untuk *liquid* (suhu di mana liquid akan menguap) dan suhu saturasi uap (suhu di mana uap mulai mengembun) adalah sama pada suatu tekanan tertentu, pada suatu tekanan tertentu, suhu saturasi adalah suhu maksimum *liquid* dan suhu minimum uap yang dapat dicapai, adanya usaha untuk menaikkan suhu *liquid* di atas suhu saturasi hanya

akan menyebabkan menguapnya beberapa bagian dari *liquid*. Peristiwa yang sama akan terjadi, bila adanya upaya untuk menurunkan suhu uap di bawah suhu saturasi uap, hanya akan menyebabkan beberapa bagian uap mengembun.

5. Volume Jenis

Volume jenis adalah perbandingan antara volume dengan massa zat, dapat dirumuskan:

$$\vartheta = \frac{V}{m}$$

dimana:

ϑ = Volume jenis (m^3/kg)

V = Volume (m^3)

m = massa (kg)

6. *Entalphy*

Entalphy adalah kandungan panas yang terkandung dalam zat. Setiap zat yang ada di bumi ini pasti mempunyai *entalphy* atau energi panas yang terkandung. *Entalphy* memiliki satuan kilojoule/kilogram $^{\circ}\text{K}$.

D. Pengukuran kelembaban

Kelembaban suatu aliran massa gas didapatkan dengan mengukur titik embun atau temperatur bola basah atau dengan cara absorpsi langsung.

1. Metoda titik embun

Piring mengkilap yang dingin dimasukkan ke dalam gas yang kelembabannya tidak diketahui dan temperatur piringan itu berangsur-angsur diturunkan sehingga piringan tersebut akan mencapai temperatur dimana terjadi kondensasi kabut pada permukaan mengkilap itu, pada waktu kabut itu pertama kali terbentuk, temperatur adalah temperatur kesetimbangan antara uap di dalam fasa gas dan fasa cair, maka titik tersebut adalah titik embun. Skala termometer diperiksa sambil menaikkan temperatur piringan itu perlahan-lahan dan mencatat temperatur dimana kabut menghilang. Kelembaban lalu dibaca dari grafik kelembaban pada temperatur rata-rata dimana kabut tersebut mulai terbentuk dan temperatur dimana kabut mulai menghilang.

2. Metoda Psikrometrik

Metode yang umum digunakan untuk mengukur kelembaban adalah dengan menentukan temperatur bola basah dan temperatur bola kering secara bersamaan. Kelembaban didapatkan dengan menentukan garis psikrometrik yang memotong garis jenuh pada temperatur bola basah.

E. Perpindahan Kalor dan Massa

Proses pengeringan pada dasarnya terjadi transfer massa uap air dari udara menuju lingkungannya. Jika H_2O,s adalah densitas uap air pada permukaan zat H_2O,f adalah densitas uap air *free steam*, dimana $H_2O,$

$s \neq H_2O, f$, maka akan terjadi transfer massa uap air antara udara dengan zat tersebut, jika n''_{H_2O} adalah fluks massa dan n_{H_2O} kecepatan transfer massa, maka

$$n''_{H_2O} = h_m (\rho_{H_2O, s} - \rho_{H_2O, f}) \text{ atau}$$

$$n_{H_2O} = \bar{h}_m A_s (\rho_{H_2O, s} - \rho_{H_2O, f})$$

dimana :

h_m : koefisien transfer massa lokal

\bar{h}_m : koefisien transfer massa rerata

A_s : luas permukaan kontak

Hubungan antara h_m dan \bar{h}_m adalah

$$\bar{h}_m = A_s^{-1} \int h_m dA_s$$

dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa kecepatan transfer massa dipengaruhi oleh H_2O, s dimana secara fisis hal tersebut diwakili oleh kondisi H_2O, f . Luas kontak antara zat dan udara angka koefisien transfer massa rerata semakin besar, ini berarti bahwa semakin besar luas permukaan kontak semakin besar pula jumlah uap air yang terbawa. Perpindahan atau perubahan massa yang terjadi dapat diukur dengan menggunakan rumus laju perpindahan massa konveksi:

$$N_a = h_m \cdot A \cdot (C_{AS} - C_{A\infty})$$

dimana:

N_a = Laju perpindahan massa (Kmol/s)

h_m = Koefisien perpindahan massa konveksi (m/s)

A = Luas permukaan perpindahan massa (m^2)

C_{AS} = Konsentrasi molar uap air di permukaan material (Kmol/ m^3)

C_{A^∞} = Konsentrasi molar uap air di udara pengeringan (Kmol/ m^3)

Perhitungan laju pengeringan:

$$M = (M_0 - M_t) / \Delta t$$

dimana:

M = Laju pengeringan (kg/s)

M_0 = Massa awal bahan (kg)

M_t = Massa akhir bahan (kg)

Δt = Selang waktu pengeringan

$$= t_{\text{awal}} - t_{\text{akhir}} \text{ (s)}$$

(Suarnadwipa N. dan W. Hendra, 2008 : 31)

F. Proses Pengeringan

Proses pengeringan hasil pertanian adalah suatu proses pengeluaran atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan sampai kadar air keseimbangan dengan udara lingkungan atau sampai kadar air tertentu dimana jamur, enzim dan serangga yang bersifat merusak tidak dapat lagi aktif (Hall, 1957 dikutip oleh Siallagan B.).

Dasar pengeringan adalah terjadinya penguapan air dari bahan ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan, dalam hal ini udara mengandung uap air atau kelembapan nisbi yang lebih rendah sehingga terjadi penguapan (Taib *et al.*, 1988 dikutip oleh Siallagan B.).

Pengeringan menyangkut perpindahan massa (uap) dari bahan dan energi panas ke bahan secara simultan. Proses pindah panas yang terjadi dari lingkungan sekitar bahan akan menguapkan air dipermukaan bahan. Air dapat dipindahkan ke permukaan produk dan kemudian diuapkan, atau secara internal pada sebuah interfasa uap dan cair, kemudian dibawa sebagai uap ke permukaan (Okos *et al.*, 1992 dikutip oleh Siallagan B.).

Menurut Canovas dan Mercoda (1996) dikutip oleh Siallagan B. menyebutkan enam mekanisme fisik untuk penjelasan gerakan air di dalam bahan, yaitu 1) gerakan cairan karena gaya permukaan (aliran kapiler), 2) difusi cairan karena adanya perbedaan konsentrasi, 3) difusi permukaan, 4) difusi uap air di dalam pori-pori yang berisi udara, 5) aliran karena adanya

perbedaan tekanan, 6) aliran karena terjadinya penguapan dan kondensasi. Udara pengering sangat berpengaruh terutama suhu, kelembapan relatif dan kecepatan aliran udara pada proses pengeringan.

Proses pengeringan dapat mempengaruhi mutu produk yang dikeringkan, pada tabel 1 dapat dilihat bahwa pengeringan dapat merubah sifat-sifat kimiawi, fisik maupun nilai gizi dari bahan yang dikeringkan.

Tabel 2.1. Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu produk selama pengeringan,

Kimiawi	Fisik	Nilai gizi
Reaksi pencoklatan	Rehidrasi	Kehilangan vitamin
Oksidasi lemak	Kelarutan	Kerusakan protein
Kehilangan warna	Tekstur	Kerusakan mikrobiologis
	Kehilangan aroma	

(Okos *et al.*, 1992 dikutip oleh Siallagan B.)

Proses pengeringan berpengaruh terhadap mutu produk kering terutama oleh penggunaan suhu yang tinggi dan nilai aktifitas air dari produk yang dikeringkan.

Beberapa alat pengering untuk produk pertanian adalah oven kabinet, pengering semprot, pengering drum, pengering vakum, dan pengering beku (Aman *et al.* 1992 dikutip oleh Astuti S.M.).

Pengeringan dengan tekanan vakum yang tinggi dan suhu beku dapat menghasilkan produk dengan tekstur, warna, rehidrasi, serta parameter lain yang baik (Eshtiaghi *etal.* 1994 dikutip oleh Astuti S.M.). Pengeringan beku dapat mempertahankan kandungan tokoferol pada beberapa jenis sayuran (Manullang dan Mercylia 1995 dikutip oleh Astuti S.M.).

Pengeringan vakum merupakan salah satu cara pengeringan bahan dalam suatu ruangan yang tekanannya lebih rendah dibanding tekanan udara atmosfer, pengeringan dapat berlangsung dalam waktu relatif cepat walaupun pada suhu yang lebih rendah daripada pengeringan atmosfer. Proses pengeringan dengan tekanan uap air dalam udara yang lebih rendah, air pada bahan akan menguap pada suhu rendah (Aman *et al.* 1992 dikutip oleh Astuti S.M.).

Pengeringan cabai dengan tekanan vakum dan suhu rendah akan memberikan manfaat kepada petani atau pengusaha, yakni dapat menghasilkan cabai kering bermutu tinggi sehingga menambah nilai ekonomi, serta cabai dapat disimpan lebih lama dibandingkan pengeringan dengan dijemur.

G. Laju Pengeringan

Laju pengeringan dalam proses pengeringan suatu bahan mempunyai arti penting, dimana laju pengeringan akan menggambarkan bagaimana kecepatan pengeringan itu berlangsung. Laju pengeringan dinyatakan dengan berat air yang diuapkan per satuan berat kering per jam (Muljoharjo, 1987 dikutip oleh Siallagan B.).

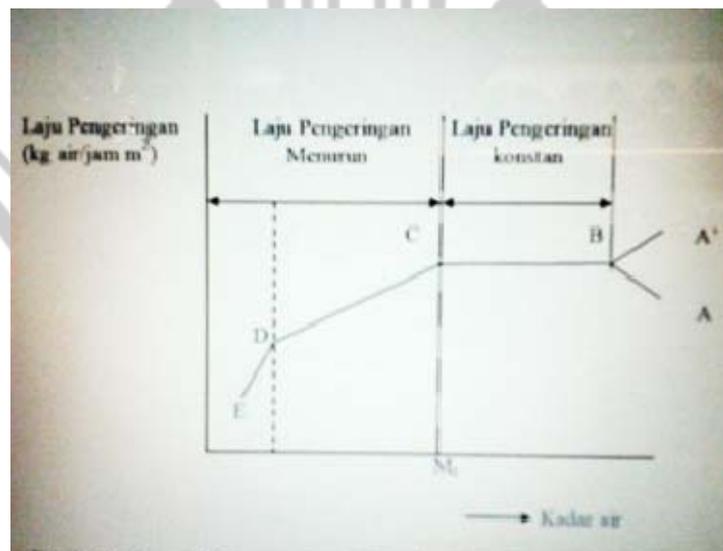
Mekanisme pengeringan sering diterangkan melalui teori tekanan uap. Air yang dapat diuapkan dari bahan yang akan dikeringkan terdiri dari air bebas dan air terikat. Air bebas berada di permukaan dan yang pertama kali mengalami penguapan. Laju penguapan air bebas sebanding dengan perbedaan tekanan uap pada permukaan air terhadap uap air pengering (Henderson dan Pabis, 1961 dikutip oleh Siallagan B.), setelah air permukaan habis, maka selanjutnya difusi air dan uap air dari bagian dalam bahan terjadi karena perbedaan konsentrasi atau tekanan uap antara bagian dalam dan bagian luar bahan (Henderson dan Perry, 1976 dikutip oleh Siallagan B.). Laju pengeringan pada periode ini sebanding dengan perbedaan tekanan uap antara bagian dalam dan luar biji, pada laju pengeringan konstan, perbedaan tekanan uapnya juga konstan, tetapi dengan adanya penguapan maka tekanan uap di dalam bahan semakin rendah, oleh karena itu laju pengeringannya semakin menurun .

Kurva laju pengeringan dapat dilihat pada gambar 2.7. Periode antara A (atau A') dan B biasanya singkat dan sering diabaikan dalam analisa waktu

pengeringan. Periode B-C disebut juga laju pengeringan konstan yang mewakili proses pengeluaran air tidak terikat dari produk yaitu air yang terdapat di permukaan produk (Geankoplis, 1983 dikutip oleh Siallagan B.).

Laju pengeringan konstan terjadi awal proses pengeringan yang kemudian diikuti oleh pengeringan menurun (titik C), kedua periode laju pengeringan ini dibatasi oleh kadar air kritis (M_c). Periode laju pengeringan menurun dibagi atas dua subperiode yaitu: 1) laju pengeringan menurun I, yang terjadi jika air dipermukaan produk sudah habis dan permukaan mulai mengering, 2) laju pengeringan II, dimulai dari titik D ketika permukaan sudah kering sempurna (Geankoplis, 1983 dikutip oleh Siallagan B.).

Waktu yang dibutuhkan oleh bahan untuk melewati keempat periode pengeringan ini berbeda-beda tergantung dari kadar air awal bahan dan kondisi pengeringan.



Gambar 2.7. Kurva laju pengeringan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen dimana peneliti dengan sengaja merubah variabel-variabel (variabel bebas) yang nantinya akan mempengaruhi variabel lain (variabel terikat) kemudian dicari hubungan atau pengaruhnya.

A. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu : tekanan

2. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu : laju perpindahan massa

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu : suhu

B. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan eksperimen yaitu melakukan pengujian dengan cara melakukan variasi tekanan terhadap alat *Low temperature drying* sehingga didapat hasil laju pengeringan yang berbeda pada tiap variasinya.

1. Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan pada :

Bulan : Agustus 2011

Tempat : laboratorium Jurusan Teknik Mesin UniversitasNegeriSemarang

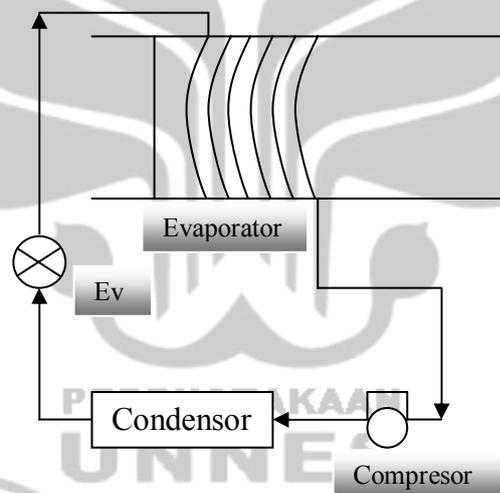
2. Alat dan bahan

a. Alat :

- *Low Temperature Drying*

Spesikasi:0,25hp, temperatur min -15°C dan max 30°C

Skema alat dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Skematik alat *Low temperature drying*

- Pencatat waktu atau stopwatch
- Neraca digital *OhausPA 214* dengan ketelitian $1/10.000$ gr
- *Vacum pump*(0,5 hp, 110-115 V/220-250 V, Amp: 5,8-2,3/2,9-2,7)
- *Thermocopel*

- *Thermocopel reader*(*Temperature: -50°C-70°C, RH: 25-95%*)
- *Vacum gauge*(*min 0 atm, max 10 atm*)

b. Bahan :

- Cabai merah Jawa

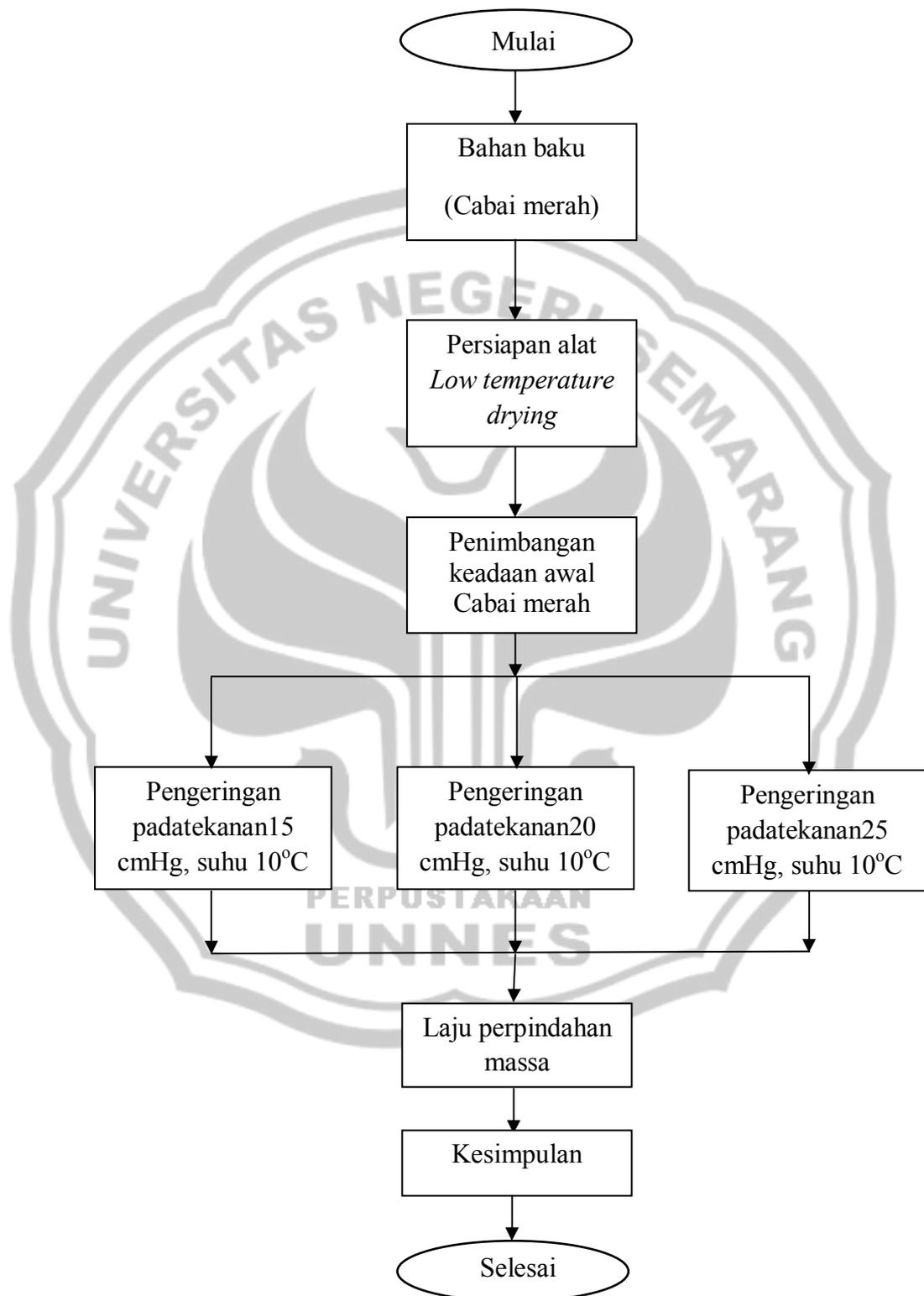
3. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah penelitiannya adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan alat *Low temperature drying*.
- b. Lakukan penimbangan awal pada cabai yang akan diteliti.
- c. Masukkan cabai ke dalam alat *Low temperature drying*.
- d. Atur suhu secara tetap yaitu 10°C dan atur variasi tekanan yang akan dipakai dan masukkan cabai merah ke dalamnya.
- e. Ukur kelembaban udara dalam alat *Low temperature drying*.
- f. Cabai merah diambil dan ditimbang setiap 60 menit, dilakukan sebanyak 4 kali penimbangan pada setiap variasi tekanan.
- g. Catat laju pengeringan dalam setiap variasi tekanan.
- h. Penarikan kesimpulan pada setiap variasi tekanan agar diperoleh data laju perpindahan massa agar dapat diketahui optimasi pada pengeringan bahan makanan untuk alat *Low temperature drying*.

C. Alur Penelitian

Bagan alur penelitian



Gambar 3.2. Alur Penelitian

D. Data yang akan diambil

Tabel 3.1. Data yang diambil

Suhu	10°C			
Tekanan	.....		
Kelembaban (RH)	.....		
Keadaan Awal Cabai (gram)	Penimbangan jam ke			
	I	II	III	IV
.....
Selisih dari massa sebelumnya (gr)	.....	.....	.....	.....
Perubahan Massa (%)	.....	.....	.....	.....
Rata-rata perubahan massa (gr)	.....		

E. Analisis Data

Data yang didapat dari hasil eksperimen nantinya akan berupa angka-angka dan kemudian akan dianalisis dengan bantuan *software* Ms. Excel dan kemudian data tersebut digambarkan dalam bentuk tabel dan grafik yang menunjukkan hubungan antara tekanan dengan kelembaban udara dan tekanan dengan laju perpindahan massa.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Data hasil pengujian analisis perpindahan massa dengan menggunakan alat *Low temperature drying* di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

1. Variasi pertama

Tabel 4.1. Hasil pengujian pada variasi pertama

Suhu	10°C			
Tekanan	15 cmHg			
Kelembaban (RH)	37,20%			
Keadaan Awal Cabai (gram)	Penimbangan jam ke			
	I	II	III	IV
3,772	3,673	3,5992	3,5225	3,3434
Selisih dari massa sebelumnya (gr)	0,099	0,0738	0,0767	0,1791
Perubahan Massa (%)	2,62%	4,58%	6,61%	11,36%
Rata-rata perubahan massa (gr)	0,10715			

2. Variasi kedua

Tabel 4.2. Hasil pengujian pada variasi kedua

Suhu	10°C			
Tekanan	20 cm Hg			
Kelembaban (RH)	38%			
Keadaan Awal Cabai (gram)	Penimbangan jam ke			
	I	II	III	IV
3,7591	3,7026	3,6526	3,6203	3,5805
Selisih dari massa sebelumnya (gr)	0,0565	0,05	0,0323	0,0398
Perubahan Massa (%)	1,50%	2,83%	3,69%	4,75%
Rata-rata perubahan massa (gr)	0,04465			

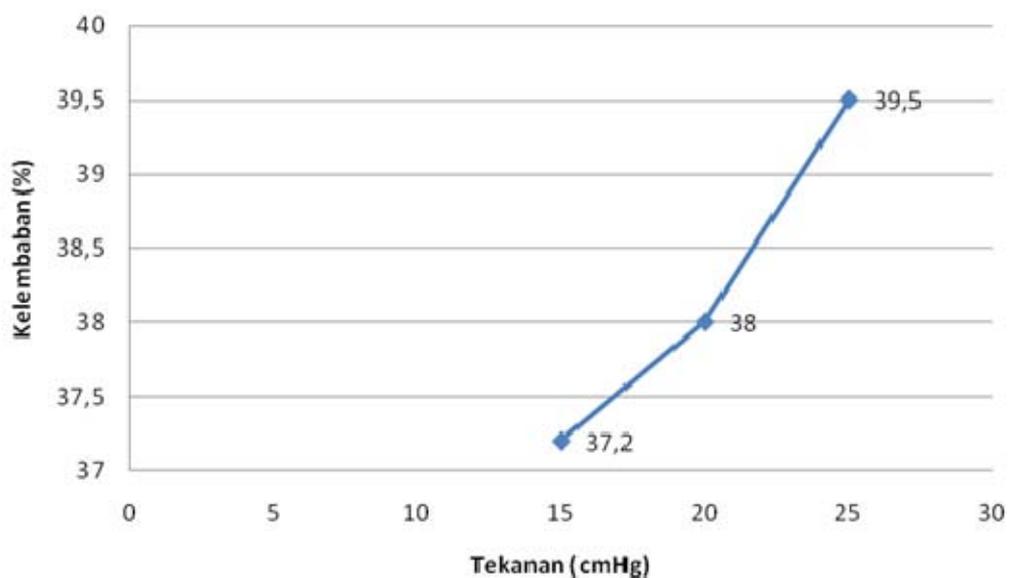
3. Variasi ketiga

Tabel 4.3. Hasil pengujian pada variasi ketiga

Suhu	10°C			
Tekanan	25 cm Hg			
Kelembaban (RH)	39,50%			
Keadaan Awal Cabai (gram)	Penimbangan jam ke			
	I	II	III	IV
	3,7708	3,7407	3,7095	3,6741
Selisih dari massa sebelumnya (gr)	0,0301	0,0312	0,0354	0,0396
Perubahan Massa (%)	0,80%	1,63%	2,56%	3,61%
Rata-rata perubahan massa (gr)	0,034075			

B. Pembahasan

1. Hubungan antara tekanan udara dengan kelembaban (RH)

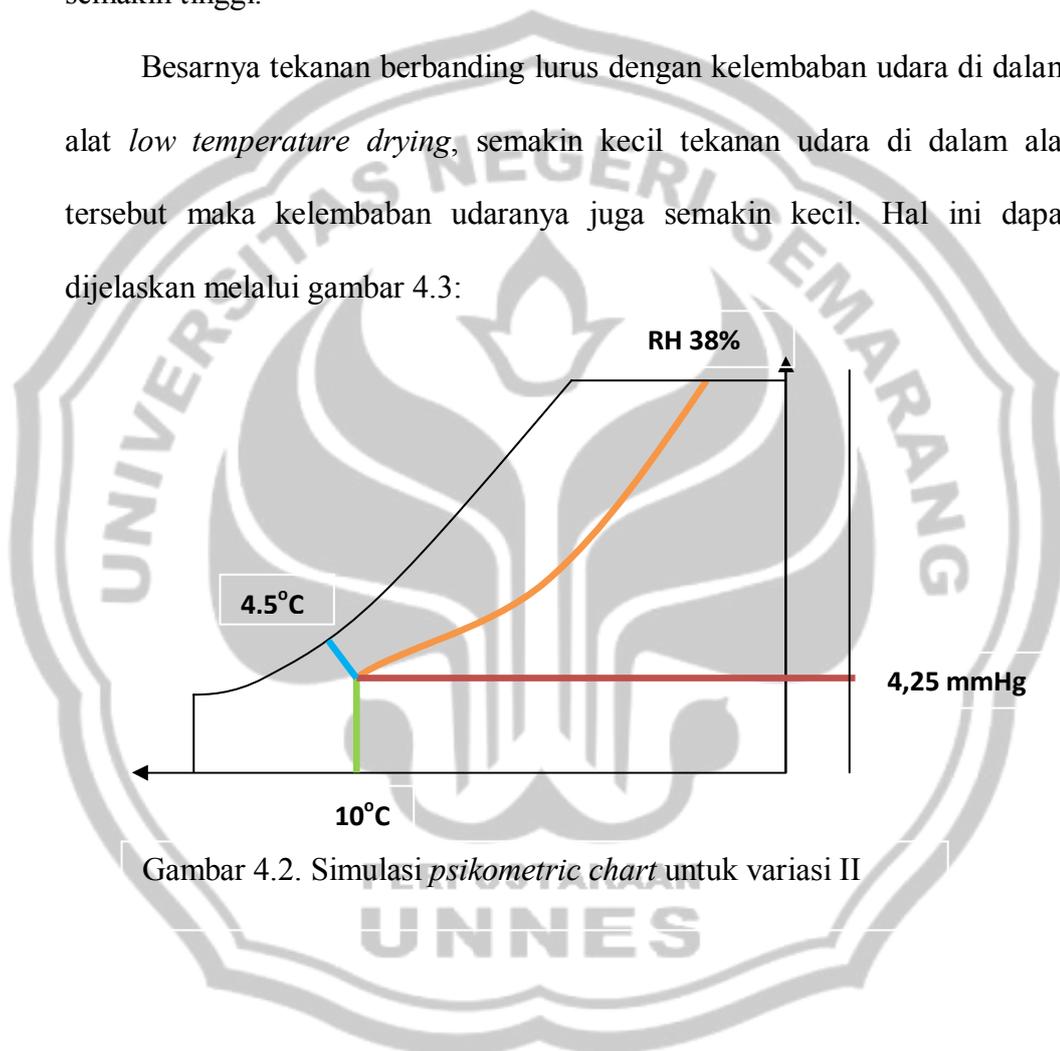


Gambar 4. 1. Hubungan antara tekanan dengan kelembaban udara

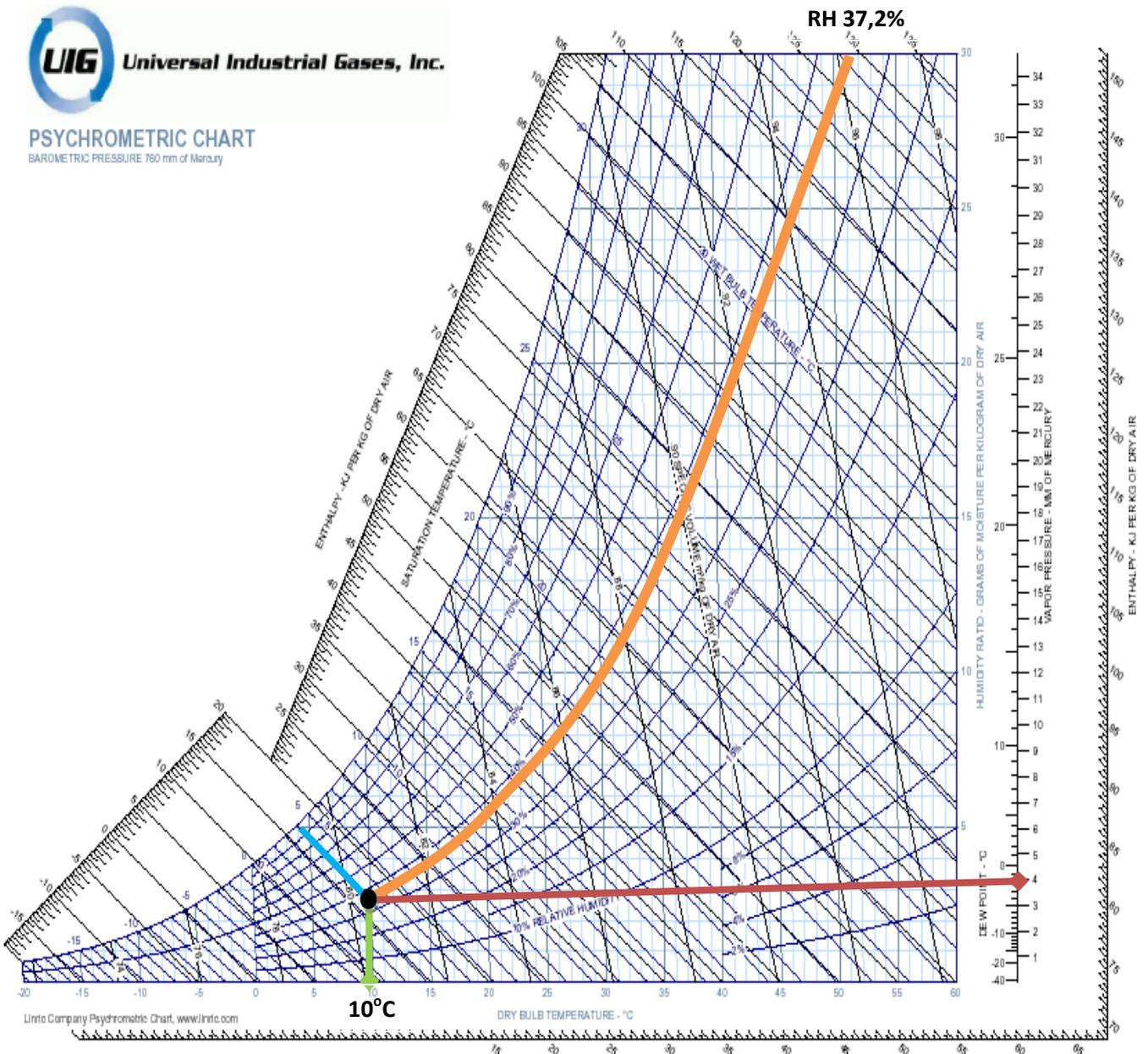
Grafik pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa pada tekanan 15 cmHg, kelembaban menunjukkan nilai 37,2 %, sedangkan pada tekanan 20 cmHg kelembaban udaranya sebesar 38,0 % dan pada tekanan 25 cmHg kelembaban

udaranya menunjukkan nilai 39,5 %,hal ini menunjukkan bahwa penurunan tekanan mengakibatkan kelembaban udara turun sehingga besarnya tekanan berbanding lurus dengan kelembaban udara di dalam alat tersebut,semakin tinggi tekanan udara di dalam alat tersebut maka kelembaban udaranya juga semakin tinggi.

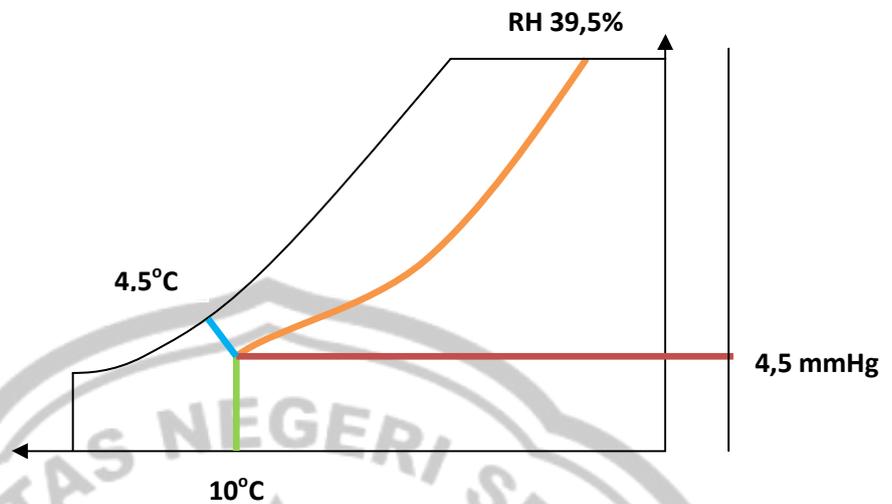
Besarnya tekanan berbanding lurus dengan kelembaban udara di dalam alat *low temperature drying*, semakin kecil tekanan udara di dalam alat tersebut maka kelembaban udaranya juga semakin kecil. Hal ini dapat dijelaskan melalui gambar 4.3:



Gambar 4.2. Simulasi *psikometric chart* untuk variasi II



Gambar 4.3. Psikometric chart untuk variasi I



Gambar 4.4. Simulasi *psikometric chart* untuk variasi III

Rumus hubungan antara tekanan parsial uap air f dan temperatur bola basah t' :

$$f \leq f' - 0,5 (t - t') \frac{\text{tekanan atmosfer (mmHg)}}{755}$$

Keterangan: t = temperatur bola kering ($^{\circ}\text{C}$)

t' = temperatur bola basah ($^{\circ}\text{C}$)

f' = tekanan uap jenuh pada t' (mmHg)

f = Tekanan parsial uap air (mmHg)

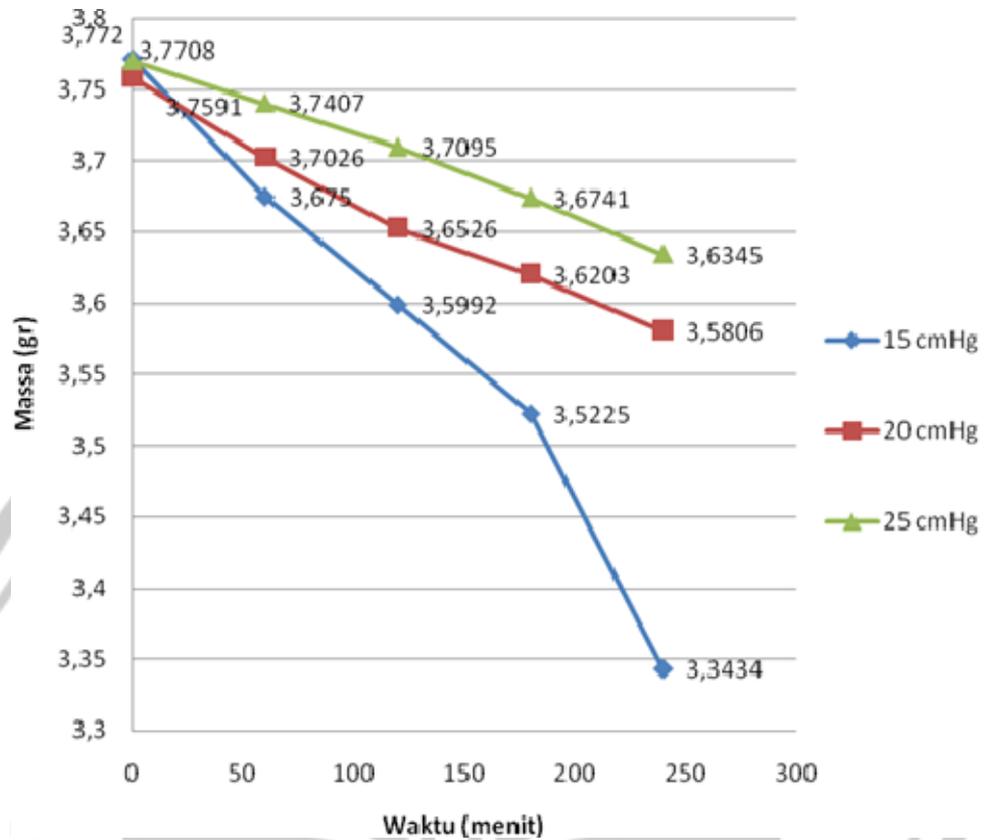
(Arismunandar W. dan Saito N., 1995 : 9 - 10)

Persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa tekanan udara semakin rendah maka tekanan parsial uap air juga semakin kecil, apabila tekanan parsial uap air rendah maka RH dalam udara juga ikut turun. Grafik psikometrik di atas dapat dicari berapa RH dari penarikan garis yang menghubungkan antara perpotongan garis yang melalui garis tekanan parsial dan temperatur bola kering. Tekanan parsial uap air dapat dicari juga dengan

cara menghubungkan perpotongan dan menarik garik lurus ke kanan dari titik perpotongan antara garis RH dengan temperatur bola kering, jadi dari grafik dapat menjelaskan ketika tekanan udara turun maka tekanan parsial uap air juga turun sehingga RH juga semakin kecil.

Udara bebas terdiri dari beberapa komponen udara di dalamnya seperti gas Nitrogen, Hidrogen, Oksigen, Argon, Karbon dioksida dan juga terdapat senyawa air (H_2O). Tabung alat *low temperature drying* apabila diberi tekanan vakum yang kurang dari tekanan 1 atmosfer (76 cmHg) maka kandungan atau unsur-unsur yang terkandung dalam udara akan terhisap oleh vakum termasuk juga kandungan air yang ada di dalam udara tersebut, selain ada penghisapan dari vakum, suhu yang rendah ($10^{\circ}C$) dari alat *low temperature drying* membuat kandungan air di udara dalam alat tersebut menjadi mengembun dan menempel pada dinding-dinding tabung alat tersebut, membuat kandungan air atau RH udara dalam tabung menjadi semakin kecil.

2. Hubungan waktu dengan perubahan massa



Gambar 4.5. Hubungan waktu dengan perubahan massa

Grafik pada gambar 4.5 menunjukkan hubungan antara waktu dengan perubahan massa pada proses pengeringan. Massa turun seiring dengan perubahan waktu, semakin lama waktu pengeringan maka massa air yang diuapkan juga semakin besar.

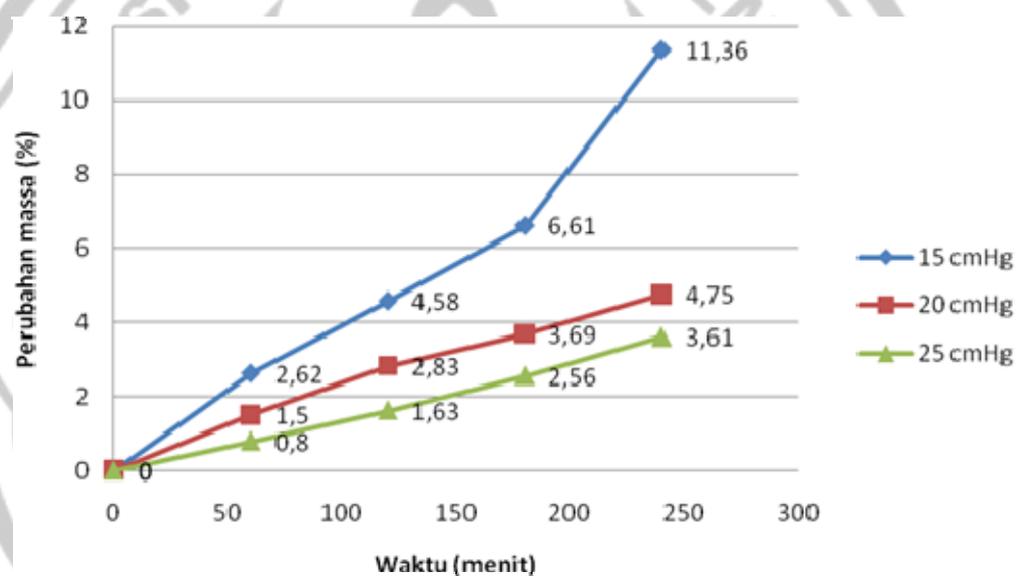
Proses pengeringan hasil pertanian adalah suatu proses pengeluaran atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan sampai kadar air tertentu. Pengeringan menyangkut perpindahan massa (uap) dari bahan dan energi panas ke bahan secara simultan. Proses pindah panas yang terjadi dari lingkungan sekitar bahan akan menguapkan air dipermukaan bahan. Air dapat

dipindahkan ke permukaan produk dan kemudian diuapkan, atau secara internal pada sebuah antarmuka uap dan cair, kemudian dibawa sebagai uap ke permukaan (Okos *et al.*, 1992 dikutip oleh Siallagan B.). Menurut Canovas dan Mercoda (1996) dikutip oleh Siallagan B. menyebutkan enam mekanisme fisik untuk penjelasan gerakan air di dalam bahan, yaitu 1) gerakan cairan karena gaya permukaan (aliran kapiler), 2) difusi cairan karena adanya perbedaan konsentrasi, 3) difusi permukaan, 4) difusi uap air di dalam pori-pori yang berisi udara, 5) aliran karena adanya perbedaan tekanan, 6) aliran karena terjadinya penguapan dan kondensasi. Pada proses pengeringan, udara pengering sangat berpengaruh terutama suhu, kelembapan relatif dan kecepatan aliran udara.

Penelitian di atas dapat dijelaskan bahwa pada udara bebas terdiri dari beberapa komponen udara di dalamnya seperti senyawa air (H_2O) dan gas pembentuk lainnya, apabila di dalam tabung alat *low temperature drying* diberi tekanan vakum yang kurang dari tekanan 1 atmosfer (76 cmHg) maka unsur-unsur yang terkandung dalam udara akan terhisap oleh vakum termasuk juga kandungan air yang ada di dalam udara tersebut, selain ada penghisapan dari vakum, suhu yang rendah ($10^{\circ}C$) dari alat *low temperature drying* membuat kandungan air di udara dalam alat tersebut menjadi mengembun dan menempel pada dinding-dinding tabung alat tersebut, membuat kandungan air atau RH udara dalam tabung menjadi semakin kecil, semakin kecil RH maka konsentrasi zat cair pada udara yang terkondisikan dalam alat menjadi jauh lebih kecil dengan konsentrasi zat cair di dalam cabai yang akan

dikeringkan. Udara dalam tabung ketika divakum maka tekanan parsial uap air dalam udara menjadi lebih rendah sehingga RH pada udara dalam tabung juga ikut turun. Kandungan air di dalam cabai akan terdifusi ke udara yang telah dikondisikan sehingga terjadi proses pindah massa (pengeringan), kemudian air yang terdifusi ke udara akan diembunkan ke dinding-dinding tabung alat, jadi semakin rendah tekanan udara maka proses pindah massa atau pengeringan menjadi semakin singkat.

3. Hubungan antara waktu dengan prosentase perubahan massa

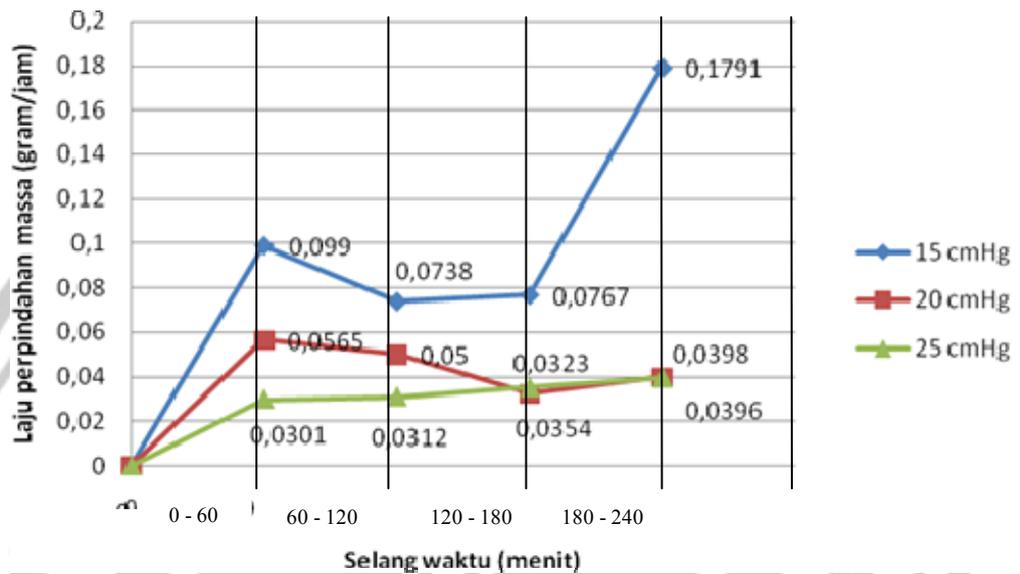


Gambar 4.6. Hubungan antara waktu dengan prosentase perubahan massa

Gambar 4.6 diatas menerangkan hubungan antara waktu dengan prosentase perubahan massa pada tekanan tertentu. Prosentase pengeringan besarnya seiring dengan bertambahnya waktu, semakin lama waktu maka prosentase pengeringan pada cabai semakin meningkat.

4. Hubungan antara tekanan dengan laju perpindahan massa

Hubungan tekanan dengan laju perpindahan massa dapat dijelaskan melalui hasil perhitungan laju perpindahan massa selang waktu tiap 60 menit yang digambarkan dengan grafik seperti pada gambar 4.7.

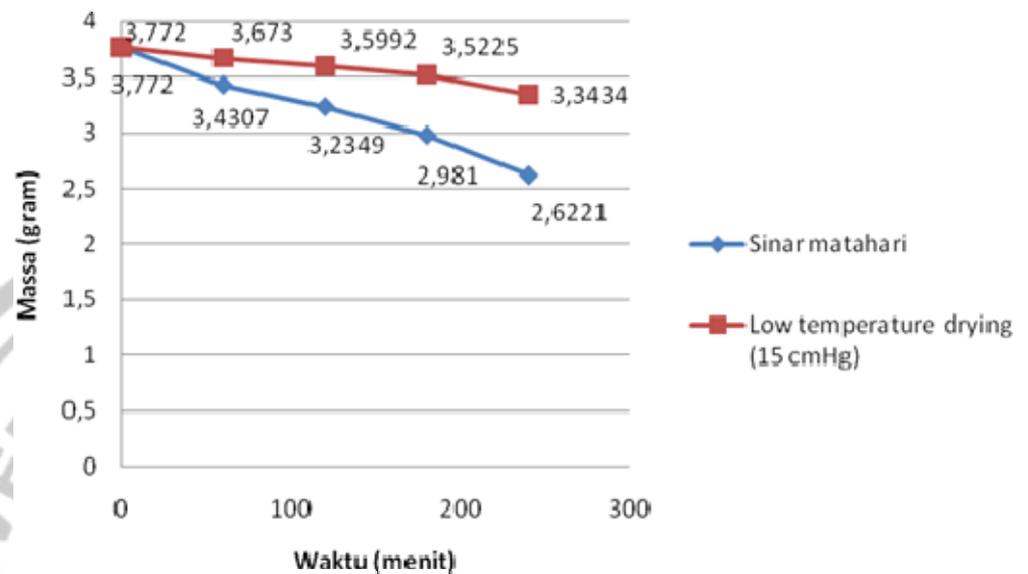


Gambar 4.7. Hubungan antara selang waktu dengan laju perpindahan massa

Gambar 4.7 di atas menunjukkan bahwa pada tekanan 15 cmHg laju perpindahan massa paling besar dibanding dengan variasi tekanan lainnya.

5. Perbedaan antara pengeringan matahari dengan *low temperature drying*

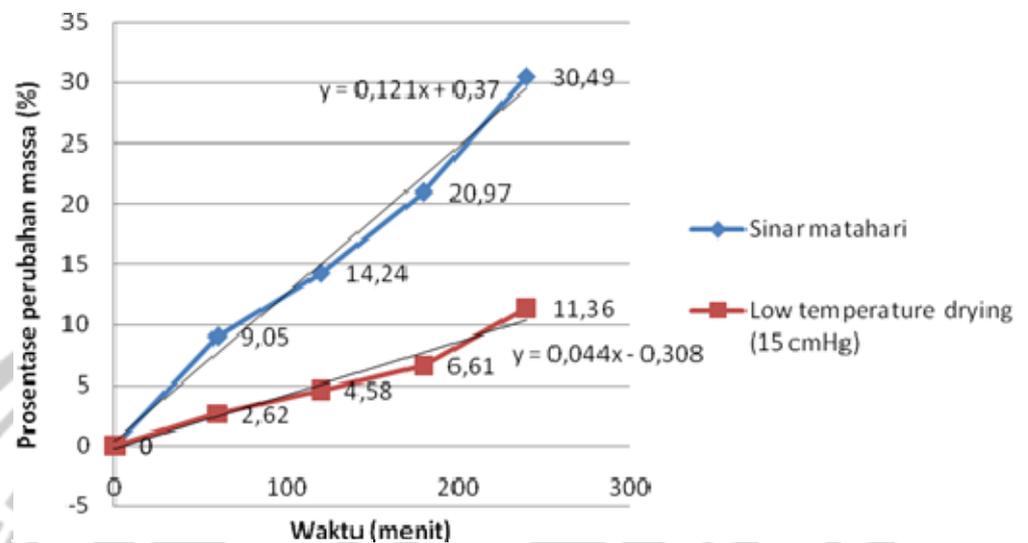
- a. Perbandingan perubahan massa antara pengeringan sinar matahari dengan *low temperature drying*



Gambar 4.8. Grafik hubungan waktu dengan perubahan massa pada pengeringan sinar matahari dan *low temperature drying*

Grafik pada gambar 4.8 menunjukkan besarnya perubahan massa pada pengeringan dengan menggunakan sinar matahari dan *low temperature drying*, apabila dilihat perubahan massanya lebih besar dengan menggunakan sinar matahari.

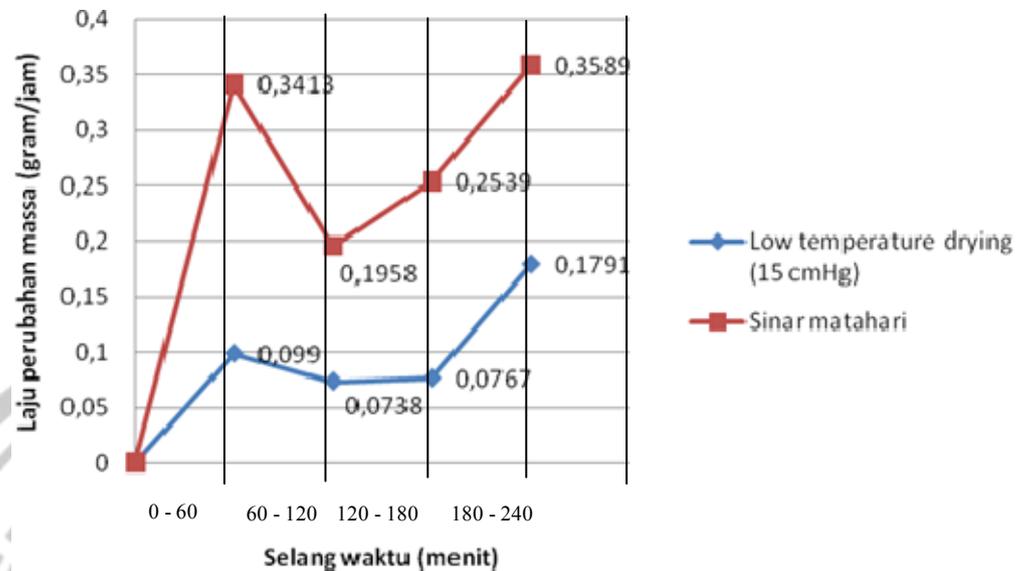
- b. Perbandingan prosentase perubahan massa antara pengeringan sinar matahari dengan *low temperature drying*



Gambar 4.9. Grafik hubungan waktu dengan prosentase perubahan massa pada pengeringan sinar matahari dan *low temperature drying*

Grafik pada gambar 4.9 menunjukkan besarnya prosentase perubahan massa pada pengeringan dengan menggunakan sinar matahari dan *low temperature drying*, apabila dilihat perubahannya, prosentase perubahan massa lebih besar dengan menggunakan pengeringan sinar matahari. Grafik pada gambar 4.9 memunculkan persamaan $y = 0,1215x + 0,37$ pada pengeringan dengan sinar matahari dan $y = 0,0445x - 0,308$ pada pengeringan dengan *low temperature drying* sehingga dapat dicari kapan bahan baku tersebut akan kering dengan memasukkan nilai prosentase perubahan massanya pada y , seperti diketahui kandungan air yang terkandung dalam cabai adalah sekitar 75 % dari total berat bahan (Widyani R, 2008).

- c. Perbandingan laju perubahan massa antara pengeringan sinar matahari dengan *low temperature drying*



Gambar 4.10. Grafik hubungan selang waktu dengan laju perpindahan massa pada pengeringan sinar matahari dan *low temperature drying*

Grafik pada gambar 4.10 menunjukkan besarnya laju perpindahan massa pada pengeringan dengan menggunakan sinar matahari dan *low temperature drying*, apabila dilihat perubahannya, laju perpindahan massa lebih besar dengan menggunakan pengeringan sinar matahari.

d. Kualitas visual antara pengeringan sinar matahari dengan *low temperature drying*

- Pengeringan dengan sinar matahari

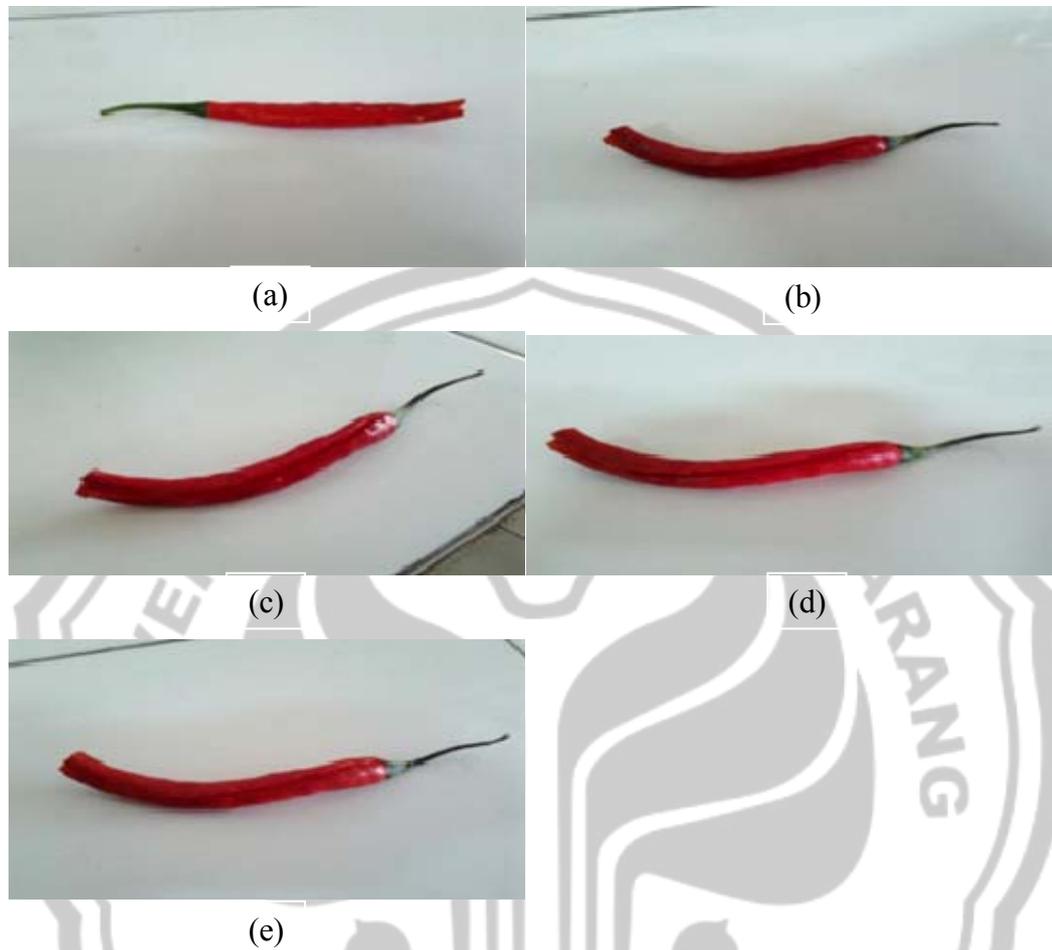


Gambar 4.11. Pengeringan dengan sinar matahari

Keterangan:

- a) Keadaan awal cabai
- b) Penimbangan setelah 60 menit pertama
- c) Penimbangan setelah 60 menit ke-2
- d) Penimbangan setelah 60 menit ke-3
- e) Penimbangan setelah 60 menit ke-4

- Pengeringan dengan *low temperature drying*



Gambar 4.12. Pengeringan dengan *Low temperature drying*

Keterangan:

- a) Keadaan awal cabai
- b) Penimbangan setelah 60 menit pertama
- c) Penimbangan setelah 60 menit ke-2
- d) Penimbangan setelah 60 menit ke-3
- e) Penimbangan setelah 60 menit ke-4

Gambar 4.11 dan 4.12 dapat dilihat bahwa kualitas visual pada pengeringan *low temperature drying* lebih segar dibandingkan dengan pengeringan dengan menggunakan sinar matahari. Pengeringan dengan menggunakan sinar matahari cenderung berwarna kecoklatan sementara dengan *low temperature drying* warnanya masih merah segar.



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

- a. Udara yang dikondisikan pada suhu 10°C dan tekanan 15 cmHg terjadi laju perpindahan massa paling besar dibanding variasi tekanan yang lainnya.
- b. Semakin rendah tekanan udara di dalam alat *Low temperature drying* maka kelembaban udara di dalam juga semakin rendah yang dapat mempercepat laju pengeringan.
- c. Kondisi pengeringan yang terbaik adalah pada saat RH udara dilingkungan rendah sehingga dapat mengeringkan dengan lebih cepat.

B. Saran

1. Alat *Low temperature drying* hendaknya digunakan pada suhu 10°C dan tekanan 15 cmHg atau kebawah sesuai dengan hasil penelitian yang sudah dilakukan agar laju perpindahan massa (pengeringan) semakin cepat.
2. Pengeringan ini sangat cocok untuk produk makanan karena dapat mempertahankan warna dan kandungan gizi.
3. Penelitian ini hanyalah sebuah awal dari penelitian selanjutnya, penulis selalu mengharap kritik dan saran dari pembaca agar skripsi ini nantinya bisa lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, S.M. 2008. *Teknik Pengeringan Bawang Merah Dengan Cara Perlakuan Suhu Dan Tekanan Vakum*. Jurnal ilmiah Buletin Teknik Pertanian Vol. 13 No. 2, hal 79-82.
- Astuti, S.M. 2007. *Teknik Mempertahankan Mutu Lobak (*Raphanus sativus*) Dengan Menggunakan Alat Pengering Vakum*. Jurnal ilmiah Buletin Teknik Pertanian Vol. 12 No. 1, hal 30-34.
- Atmaka W. dan Kawiji. 2008. *Pengaruh Suhu Dan Lama Pengeringan Terhadap Kualitas Tiga Varietas Jagung (*Zea mays l.*)*. Jurnal Ilmiah Staf Pengajar Fakultas Pertanian UNS, hal 59-65.
- Daryanto, 2000. "Fisika Teknik". Jakarta : Rineka Cipta.
- Djajasudarma, T. Fatimah. 1993. *Metode Linguistik: Rancangan Metode PenelitiandanKajian*. Bandung: PT Eresco.
- Moran J, Michael. 2004. *Termodinamika Teknik Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- Poerwadarminta, 1994, Jakarta, Balai Pustaka : Kamus Besar Bahasa Indonesia..
- Siallagan. B. 2009. *Kajian Proses Pengeringan Kemoreaksi Jahe Dengan Kapur Api (*CaO*)*. Jurnal ilmiah Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Suarnadwipa N, W. Hendra. 2008. *Pengeringan jamur dengan dehumidifier*. Jurnal ilmiah Teknik Mesin Universitas Udayana Bali. Vol. 2 No. 1, hal 30-33.
- Pamungkas W.H, Bintoro N, Rahayu S, Rahardjo B. 2008. *Perubahan Konstanta Laju Pengeringan Pasta Dengan Perlakuan Aawal Puffing Udara*. Jurnal ilmiah Jurusan Teknik Pertanian. FTP. UGM. Yogyakarta, hal 1-15.
- Widyani R., Suciaty T. 2008. *Prinsip Pengawetan Pangan*. Cirebon:Swagati Press
- Wiranto A., Neizo Saito, 1995. *Penyegaran Udara*. PT. Pradya Paramitha. Jakarta.



LAMPIRAN

DOKUMENTASI PENELITIAN



Mempersiapkan *low temperature drying*



Menimbang keadaan awal



Memasukkan cabai ke dalam alat



Mengatur suhu 10°C



Mengatur tekanan udara



Mengukur RH



Mengeluarkan cabai dari alat



Menimbang cabai setiap 1 jam (4 kali)



DOKUMENTASI PENELITIAN

A. Penimbangan pada tekanan 15 cmHg dan suhu 10°C



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Keterangan:

- a) Keadaan awal cabai
- b) Penimbangan setelah 60 menit pertama
- c) Penimbangan setelah 60 menit ke-2
- d) Penimbangan setelah 60 menit ke-3
- e) Penimbangan setelah 60 menit ke-4

B. Penimbangan pada tekanan 20 cmHg dan suhu 10°C



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Keterangan:

- a) Keadaan awal cabai
- b) Penimbangan setelah 60 menit pertama
- c) Penimbangan setelah 60 menit ke-2
- d) Penimbangan setelah 60 menit ke-3
- e) Penimbangan setelah 60 menit ke-4

C. Penimbangan pada tekanan 25 cmHg dan suhu 10°C



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Keterangan:

- a) Keadaan awal cabai
- b) Penimbangan setelah 60 menit pertama
- c) Penimbangan setelah 60 menit ke-2
- d) Penimbangan setelah 60 menit ke-3
- e) Penimbangan setelah 60 menit ke-4

D. Penimbangan pengeringan dengan sinar matahari



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Keterangan:

- a) Keadaan awal cabai
- b) Penimbangan setelah 60 menit pertama
- c) Penimbangan setelah 60 menit ke-2
- d) Penimbangan setelah 60 menit ke-3
- e) Penimbangan setelah 60 menit ke-4