

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul, “**Efek Proses Pembekuan Terhadap Karakteristik Pengeringan dengan Menggunakan Metode *Microwave Vacuum Drying***” dengan baik. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW.

Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu, membimbing, memberi petunjuk, dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini:

1. Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph. D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
2. Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph. D., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
3. Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT., selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah membantu kelancaran administrasi.
4. Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT., selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Konversi Energi
5. Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M. Eng., selaku dosen pembimbing 1 dan Haslinda Kusumaningsih, ST., M.Eng., selaku dosen pembimbing 2 yang telah membantu dan telah memberi banyak saran, masukan, serta motivasi dalam penyusunan skripsi.
6. Fikrul Akbar Alamsyah, ST., MT., selaku Dosen pendamping akademik.
7. Seluruh Dosen Pengajar, Staf Administrasi, dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberikan banyak ilmu dan bantuannya untuk mendukung penyusunan skripsi ini.
8. Kedua orang tua tercinta, Abdilah Subrata dan Nursanti, serta kakak Sheilla Lovinna. Terimakasih tak terhingga atas seluruh doa, nasihat, inspirasi, dan dukungan yang telah diberikan.
9. Ocha Armalia Fadelo, terimakasih atas doa, inspirasi, kegembiraan dan dukungan yang telah diberikan dikala suka maupun duka dalam penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman Sukses Terus, Youlanda Louis Anggara (Yolan), Restu Firmansyah (Restu), Adriaazka Faza Sabila (Azka), I Gusti Ngurah Brahtemara Isyana (Jenno), Muchalis Zikramansyah Masuku (Wisra), dan Gheny Ahmad Jibrily (Gheny). Terimakasih telah memberikan persahabatan yang berarti.

11. Keluarga Besar Laboratorium Komputer. Kepada Bapak Bayu Satria Wardana, St., M.Eng selaku kepala laboratorium, Mas Anang selaku laboran, seluruh asisten Laboratorium Komputer : mas Rizal, mas Ganes, mas Kemal, mas Arief, mas Veda, mbak Mia, mbak Happy, mas Agusta, mas William, mas Candra, mas Lukman, mbak Meylisa, Topan, Abdul, Amir, Nandika, Akbar, Wildan, Sela, Amal, Cahya, Tio. Terimakasih atas pengalaman yang telah diberikan.
12. Teman-teman seperjuangan Mesin 2014 (MAF14), terimakasih atas solidaritas, kebersamaan, dan semua memori yang tak akan pernah terlupakan.
13. Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi penyusunan skripsi dengan baik.

Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat berguna bagi kita semua sehingga dapat menjadi acuan untuk penelitian lebih lanjut untuk kemajuan kita bersama.

Malang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR SIMBOL	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Pengertian Pengeringan	5
2.3 Perkembangan Proses Pengeringan	6
2.3.1 Penjemuran (<i>Sun Drying</i>)	6
2.3.2 Pengeringan Udara Panas (<i>Hot Air Drying</i>)	7
2.3.3 Pengeringan Beku (<i>Freeze Drying</i>)	8
2.3.4 <i>Microwave Vacuum Drying</i>	10
2.4 Mekanisme Pengeringan.....	11
2.5 Faktor Pengeringan.....	12
2.6 Proses Pembekuan	14
2.7 Karakteristik Penguapan Air.....	15
2.7.1 Kadar Air	15
2.7.2 Anomali Air	16
2.7.3 Laju Pengeringan Air.....	17
2.8 Komponen Mesin Pendingin	18
2.9 Pompa Vakum	18
2.10 Pemakaian Teknologi Gelombang Elektromagnetik dalam Perindustrian	19
2.11 Hipotesis	20

BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Metode Penelitian	21
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.3 Variabel Penelitian	21
3.4 Instalasi Penelitian	22
3.5 Alat dan Bahan Penelitian.....	22
3.6 Prosedur Penelitian	25
3.6.1 <i>Microwave Vacuum Drying</i> Tanpa Proses Pembekuan	25
3.6.2 <i>Microwave Vacuum Drying</i> dengan Penambahan Proses Pembekuan Sebelum Proses Pengeringan	25
3.6.3 <i>Microwave Vacuum Drying</i> dengan Penambahan Proses Pembekuan Diantara Proses Pengeringan	26
3.7 Diagram Alir Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Pengolahan Data dan Analisis	29
4.1.1 Data Hasil Penelitian.....	29
4.1.2 Pengolahan Data	29
4.2 Data Hasil Perhitungan	30
4.3 Grafik dan Pembahasan	34
4.3.1 Analisis Hubungan Massa tiap Variasi terhadap Waktu.....	34
4.3.2 Analisis Hubungan Laju Pengeringan tiap Variasi terhadap Waktu.....	35
4.3.3 Analisis Hubungan Kadar Air tiap Variasi terhadap Waktu.....	36
4.3.4 Analisis Hubungan Distribusi Kadar Air tiap Variasi terhadap Waktu	38
4.3.5 Perbandingan Ukuran dan Warna Spesimen Hasil Pengeringan tiap Variasi.....	40
BAB V PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Tekanan Uap Jenuh Air	19
Tabel 4.1	Data Massa, Penurunan Massa, Laju Pengeringan, Kadar Air, dan Temperatur Pengeringan Tanpa Proses Pembekuan	30
Tabel 4.2	Data Massa, Penurunan Massa, Laju Pengeringan, Kadar Air, dan Temperatur Pengeringan dengan Penambahan Proses Pembekuan Sebelum Proses Pengeringan	31
Tabel 4.3	Data Massa, Penurunan Massa, Laju Pengeringan, Kadar Air, dan Temperatur Pengeringan dengan Penambahan Proses Pembekuan di Antara Proses Pengeringan	32
Tabel 4.4	Data Distribusi Kadar Air Tiap Waktu Tanpa Proses Pembekuan	33
Tabel 4.5	Data Distribusi Kadar Air Tiap Waktu dengan Penambahan Proses Pembekuan Sebelum Proses Pengeringan	33
Tabel 4.6	Data Distribusi Kadar Air Tiap Waktu dengan Penambahan Proses Pembekuan di Antara Proses Pengeringan	33

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Laju pengeringan <i>sun drying</i> jagung tongkol	6
Gambar 2.2	Potongan longitudinal dari produk yang dikeringkan menggunakan sistem <i>hot air drying</i>	7
Gambar 2.3	<i>Moisture content hot air drying</i> pada <i>thai red curry paste</i>	8
Gambar 2.4	Grafik pengeringan a) vakum <i>freeze drying</i> b) <i>atmosfer freeze drying</i>	9
Gambar 2.5	Perbedaan mekanisme (a) proses pengeringan biasa dan (b) proses pengeringan beku.....	10
Gambar 2.6	Gambar mri dari lobak selama dehidrasi pengeringan vakum menggunakan gelombang ultrasonik.	10
Gambar 2.7	Celah yang timbul pada bagian dalam spesimen dengan penambahan proses pembekuan sebelum pengeringan	14
Gambar 2.8	Celah yang timbul pada bagian permukaan spesimen dengan penambahan proses pembekuan di antara pengeringan.....	15
Gambar 2.9	Volume air pada suhu 4°C	17
Gambar 2.10	Diagram fase H ₂ O (air)	18
Gambar 2.11	Pengaruh gelombang mikro dalam proses pengeringan pada wortel.....	20
Gambar 3.1	Instalasi alat	22
Gambar 3.2	<i>Vacuum chamber</i>	24
Gambar 3.3	<i>Moisture analyzer</i>	24
Gambar 3.4	Diagram alir penelitian	27
Gambar 4.1	Hubungan massa tiap variasi terhadap waktu pada beda variasi tanpa pembekuan, pembekuan sebelum pengeringan, dan pembekuan di antara pengeringan	34
Gambar 4.2	Hubungan laju pengeringan tiap variasi terhadap waktu pada beda variasi tanpa pembekuan, pembekuan sebelum pengeringan, dan pembekuan di antara pengeringan.....	35
Gambar 4.3	Rata-rata laju pengeringan pada beda variasi (1) tanpa pembekuan, (2) pembekuan sebelum pengeringan, dan (3) pembekuan di antara pengeringan	36

Gambar 4.4	Hubungan kadar air tiap variasi terhadap waktu pada beda variasi tanpa pembekuan, pembekuan sebelum pengeringan, dan pembekuan di antara pengeringan	37
Gambar 4.5	Rata-rata kadar air akhir pada beda variasi tanpa pembekuan, pembekuan sebelum pengeringan, dan pembekuan di antara pengeringan	38
Gambar 4.6	Distribusi kadar air pada tiap titik pengujian dengan variasi (a) tanpa pembekuan, (b) penambahan pembekuan sebelum pengeringan, dan (c) penambahan pembekuan di antara pengeringan	40
Gambar 4.7	Ukuran dan warna spesimen pada variasi tanpa pembekuan, (a) ukuran awal spesimen sebelum pengeringan, (b) ukuran akhir spesimen hasil pengeringan, (c) tampak dalam spesimen hasil pengeringan, (d) tampak luar spesimen hasil pengeringan	41
Gambar 4.8	Ukuran dan warna spesimen pada variasi pembekuan sebelum pengeringan, (a) ukuran awal spesimen sebelum pengeringan, (b) ukuran akhir spesimen hasil pengeringan, (c) tampak dalam spesimen hasil pengeringan, (d) tampak luar spesimen hasil Pengeringan.....	41
Gambar 4.9	Ukuran dan warna spesimen pada variasi pembekuan di antara pengeringan, (a) ukuran awal spesimen sebelum pengeringan, (b) ukuran akhir spesimen hasil pengeringan, (c) tampak dalam spesimen hasil pengeringan, (d) tampak luar spesimen hasil pengeringan	42

DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Massa Jenis	kilogram/meter kubik (kg/m^3)	ρ
Massa	kilogram (kg)	m
Volume	Meter kubik (m^3)	V
Laju Pengeringan	gram/menit (g/menit)	\bar{V}
Selisih Massa Spesimen	gram (g)	Δm
Waktu Pengeringan	menit	t

RINGKASAN

Oldy Fahlovvi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2018, *Efek Proses Pembekuan Terhadap Karakteristik Pengeringan Menggunakan Metode Microwave Vacuum Drying*, Dosen Pembimbing: Nurkholis Hamidi dan Haslinda Kusumaningsih.

Kebutuhan pangan merupakan salah satu kebutuhan pokok yang terus meningkat setiap tahunnya karena pertumbuhan penduduk yang cepat. Kecenderungan konsumen saat ini mengarah pada produk yang menonjolkan sifat siap saji dimana salah satunya ialah produk berbentuk bubuk hasil pengeringan. Penelitian kali ini bertujuan untuk menganalisa kualitas hasil pengeringan menggunakan *microwave vacuum drying*. *Microwave vacuum drying* sendiri merupakan suatu proses pengeringan dengan bantuan gelombang mikro untuk mempercepat proses pengeringan. Selain itu pengeringan dengan metode ini menggunakan tekanan *vacuum* agar dapat menurunkan nilai titik didih air, sehingga pengeringan pada temperatur rendah dapat terjadi.

Pada penelitian ini digunakan 3 perlakuan yang berbeda kepada setiap sampel pengeringan (tanpa pembekuan, penambahan pembekuan sebelum pengeringan, dan penambahan pembekuan diantara pengeringan) untuk memperlihatkan hasil pengeringan yang berkualitas. Setiap variasi memiliki prosedur yang berbeda tetapi menghasilkan proses akhir berupa analisa yang sama, dimana setiap 3 menit pengurangan massa dari setiap spesimen diukur sampai menuju konstan. Hasil akhir dari setiap metode pengeringan yang diperoleh yaitu kadar air, laju pengeringan dan bentuk dari hasil pengeringan masing-masing.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan proses pembekuan dapat memberikan laju pengeringan yang lebih cepat serta kadar air akhir yang lebih sedikit dibandingkan tanpa adanya penambahan proses pembekuan. Hal ini dapat terjadi akibat timbulnya celah pada spesimen sebagai jalur keluarnya air sehingga proses pengeringan menjadi lebih cepat. Selain itu, penambahan proses pembekuan dapat memberikan hasil pengeringan yang lebih maksimal dimana penyusutan volume spesimen dan perubahan warna yang terjadi jauh lebih sedikit dibandingkan dengan proses pengeringan yang tidak diikuti dengan penambahan proses pembekuan.

Kata Kunci: Kadar air, laju pengeringan, *microwave*, pembekuan, pengeringan, tekanan *vacuum*

SUMMARY

Oldy Fahlovvi, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, May 2018, Freezing Effect on Drying Characteristic using Microwave Vacuum Drying Method, Academic Supervisor: Nurkholis Hamidi and Haslinda Kusumaningsih.

The needs of food is one of the main necessary which has risen steadily every year because the rapid growth of population. The tendency of consumers now leads to fast products which one of them is powder shaped product from drying process. This study have a purpose to analyze the quality of drying products using microwave vacuum drying.

In this study used three different treatment to each sample (no treatment, freezing process before drying process, and freezing process beetwen drying process) to show the quality of the drying products. Each variation had different procedure but deliver same analysis, which every 3 minutes the mass reduction of each sample is measured until it becomes constant. The result from each drying method were moisture content, drying rate and texture from each drying result.

Based on the results of research obtained shows that with adding freezing process can give faster drying rate and less moisture content than without adding freezing process. It can be happen because the appear of pore on specimens as the path of discharge of water therefore that the drying process become faster. In addition, with adding freezing process can give maximum drying result which volume reduction on specimens and the color change that happen are less than drying process without adding freezing process.

Keywords: *Drying, drying rate, freezing, microwave, moisture content, vacuum pressure*