

SKRIPSI

ANALISIS PINDAH PANAS PADA ALAT PENGERING VAKUM MENGGUNAKAN UAP AIR SEBAGAI SUMBER PANAS

***ANALYSIS OF HEAT TRANSFER IN A VACUUM
DRYER USING STEAM AS A HEAT SOURCE***



**Syntha Ariska
05021381419080**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

SKRIPSI

ANALISIS PINDAH PANAS PADA ALAT PENGERING VAKUM MENGGUNAKAN UAP AIR SEBAGAI SUMBER PANAS

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknologi Pertanian
pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya



**Syntha Ariska
05021381419080**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

Universitas Sriwijaya

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PINDAH PANAS PADA ALAT PENGERING VAKUM MENGGUNAKAN UAP AIR SEBAGAI SUMBER PANAS

SKRIPSI

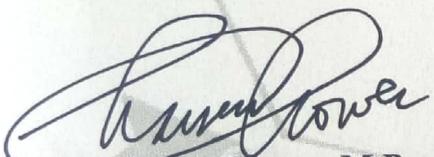
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknologi Pertanian pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Oleh :

Syntha Ariska
05021381419080

Indralaya, Juli 2019
Pembimbing II

Pembimbing I

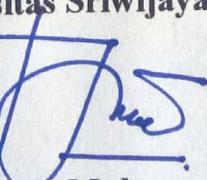

Ir. Haisen Hower, M.P.
NIP. 196612091994031003


Ari Hayati, S.TP., M.S.
NIP. 198105142005012003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya




Prof. Dr. Ir. Andy Mulyana, M. Sc.
NIP 196012021986031003

Skripsi dengan judul "Analisis Pindah Panas pada Alat Pengering Vakum Menggunakan Uap Air Sebagai Sumber Panas" oleh Syntha Ariska telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 19 Juni 2019 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan dari tim penguji.

1. Ir. Haisen Hower, M.P.
NIP 196612091994031003
2. Ari Hayati, S.TP., M.S.
NIP 198105142005012003
3. Prof. Dr. Ir. Daniel Saputra, M.S.A. Eng
NIP 19580809 198503 1003
4. Dr. Ir. Tri Tunggal, M.Agr.
NIP 196210291988031003

Komisi Penguji

Ketua

Haisen Hower
.....

Sekretaris

Ari Hayati
.....

Anggota

Daniel Saputra
.....

Anggota

Tri Tunggal
.....

Ketua Jurusan
Teknologi Pertanian

24 JULI 2019

Indralaya, Juli 2019
Koordinator Program Studi
Teknik Pertanian

Dr. Ir. Edward Saleh, M.S.
NIP 196208011988031002

Dr. Ir. Tri Tunggal, M. Agr.
NIP 196210291988031003

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Syntha Ariska

NIM : 05021381419080

Judul : Analisis Pindah Panas pada Alat Pengering Vakum
Menggunakan Uap Air Sebagai Sumber Panas.

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat di dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri di bawah supervisi pembimbing I dan II, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya unsur plagiasi dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, Juli 2019



[Syntha Ariska]

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya lah, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Analisis Pindah Panas pada Alat Pengering Vakum Menggunakan Uap Air Sebagai Sumber Panas**" dengan baik. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, terutama kepada :

1. Yth. Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
2. Yth. Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.
3. Yth. Koordinator Program Studi Teknik Pertanian dan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.
4. Yth. Bapak Ir. Haisen Hower, MP. selaku pembimbing satu dan sebagai pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan, bimbingan, motivasi, dan nasehatnya dari awal penulis memulai perkuliahan sampai penulis menyelesaikan kuliahnya di jurusan Teknologi Pertanian.
5. Yth. Ibu Ari Hayati, S.TP., MS. selaku pembimbing dua yang telah memberikan arahan, motivasi dan nasehat kepada penulis.
6. Yth. Bapak Prof. Ir. Daniel Saputra, M.S.A Eng. selaku penguji satu yang telah memberikan ilmu pengetahuan, arahan dan nasehatnya.
7. Yth. Bapak Dr. Ir. Tri Tunggal, M. Agr. selaku penguji kedua yang telah memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan dan nasehatnya.
8. Yth. Bapak dan Ibu dosen pendidik di Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya yang telah mengajarkan dan memberikan ilmu pengetahuan, wawasan dan pendidikan dengan tulus, ikhlas dan sabar selama masa perkuliahan.
9. Staf admininstrasi jurusan Teknologi Pertanian atas segala bantuannya yang diberikan.

Universitas Sriwijaya

10. Kedua orang tua penulis Karmidi dan Kustinah yang sangat penulis sayangi, yang selalu tulus dan ikhlas mendoakan penulis dan selalu memberikan semangat dan motivasi serta bantuan material dan non material kepada penulis.
11. Kakak kandung penulis yang selalu memberikan dukungan baik material maupun non material.
12. Keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, motivasi dan doa dengan tulus dan ikhlas.
13. Sahabat sekaligus keluarga bagi penulis : Nissa, Tiara, Debora, Retno yang membantu dan selalu memberikan semangat, dukungan dan motivasi kepada penulis.
14. Teman satu kontrakan selama tiga tahun, Fira dan Yanti yang selalu sabar dan memberikan banyak hal positif kepada penulis.
15. Keluarga Teknik Tertanian Angkatan 2014 Palembang, yang telah memberikan semangat, saran, motivasi, kebersamaan dari awal perkuliahan sampai sekarang dan banyak kenangan yang takkan terlupakan kepada penulis.
16. Teman-teman penulis khususnya: Salamah, Silvia, Putri, Nissa, Debo, Della, Yogi, Dedek, Miko, Andi, Rubi yang banyak membantu saat pengambilan data.
17. Semua teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya yang telah membantu dan terlibat dalam pembuatan skripsi.

Indralaya, Juli 2019

Penulis

Universitas Sriwijaya

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Proses Pengeringan	4
2.2. Pengeringan Buah Nanas.....	5
2.3. Laju Pengeringan	6
2.4. Pengeringan Vakum.....	7
2.5. Pengeringan Menggunakan Sumber Panas Uap Air Panas.....	8
2.6. Prinsip Dasar Perpindahan Panas.....	9
2.6.1. Perpindahan Panas secara Konduksi.....	9
2.6.2. Perpindahan Panas secara Konveksi.....	10
2.6.3. Perpindahan Panas secara Radiasi.....	11
BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN.....	13
3.1. Tempat dan Waktu.....	13
3.2. Alat dan Bahan	13
3.3. Metode Penelitian	13
3.4. Cara Kerja	13
3.5. Data Pengamatan.....	15
3.6. Parameter Penelitian	15
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	34

Halaman

5.1. Kesimpulan.....	34
5.2. Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Kurva Laju Pengeringan.....	7
Gambar 2.2. Perpindahan Panas Radiasi.....	12
Gambar 3.1. Posisi Sensor Suhu dalam Ruang Pengering.....	15
Gambar 4.1. Grafik Sebaran Suhu dalam Ruang Pengering Perlakuan Suhu 30 °C Selama Proses Pengeringan Nanas.....	24
Gambar 4.2. Grafik Sebaran Suhu dalam Ruang Pengering Perlakuan Suhu 35 °C Selama Proses Pengeringan Nanas.....	25
Gambar 4.3. Grafik Sebaran Suhu dalam Ruang Pengering Perlakuan Suhu 40 °C Selama Proses Pengeringan Nanas.....	25
Gambar 4.4. Grafik Laju Pengeringan Nanas pada Perlakuan Suhu 30 °C, 35 °C dan 40 °C.....	32

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Faktor yang Mempengaruhi Mutu Produk Selama Proses Pengeringan	5
Tabel 2.1. Komposisi Nanas menurut Direktori Gizi Departemen Kesehatan	6
Tabel 4.1. Rerata Pengukuran Kadar Air Awal dan Kadar Air Akhir Nanas.....	23
Tabel 4.2. Rerata Kehilangan Energi selama Proses Pengeringan Nanas..	27
Tabel 4.3. Rerata Energi yang Masuk Ruang Pemanas.....	28
Tabel 4.4. Rerata Perbandingan Energi yang Masuk Ruang Pemanas terhadap Energi Untuk Mengeringkan Bahan.....	28
Tabel 4.5. Rerata Energi untuk Memanaskan dan Menguapkan Air dalam Nanas.	28
Tabel 4.6. Rerata Perbandingan Total Energi (Q_t) dan Energi Hasil Pembakaran Gas LPG (Q_{bb}).....	30
Tabel 4.7. Rerata Efisiensi Pemanasan pada Alat Pengering Vakum.....	31

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian.....	39
Lampiran 2. Gambar Alat Pengering Vakum.....	40
Lampiran 3. Tabel dan Grafik Data Perlakuan Suhu Ruang Pengering 30 °C Ulangan 1 Pada Alat Pengering Vakum dengan Sumber Energi Uap Air	42
Lampiran 4. Tabel dan Grafik Data Perlakuan Suhu Ruang Pengering 30 °C Ulangan 2 Pada Alat Pengering Vakum dengan Sumber Energi Uap Air	44
Lampiran 5. Tabel dan Grafik Data Perlakuan Suhu Ruang Pengering 30 °C Ulangan 3 Pada Alat Pengering Vakum dengan Sumber Energi Uap Air.....	46
Lampiran 6. Data Pengukuran Kadar Air Nanas.....	47
Lampiran 7. Data Perhitungan Massa Air yang Diuapkan.....	49
Lampiran 8. Laju Aliran Uap Air.....	50
Lampiran 9. Perhitungan Energi yang Masuk Alat Pengering.....	51
Lampiran 10. Perhitungan Analisa Kebutuhan Energi.....	52
Lampiran 11. Data Perhitungan Laju Pengeringan.....	59
Lampiran 12. Data Perhitungan Energi untuk Mengeringkan Bahan.....	60
Lampiran 13. Data Energi yang Masuk Ruang Pengering dan Energi untuk Memanaskan Air dalam Ketel.....	60
Lampiran 14. Gambar Proses Penelitian.....	61
Lampiran 15. Tabel A-22 Sifat Udara pada Tekanan 1 atm.....	63
Lampiran 16. Tabel A-23 Properties of gases at 1 atm.....	64
Lampiran 17 Perhitungan Kehilangan Energi dari Ketel ke Lingkungan pada Suhu 30°C.....	65
Lampiran 18. Perhitungan Kehilangan Energi dari Pipa ke Lingkungan pada Suhu 30°C.....	66
Lampiran 19. Perhitungan Kehilangan Energi dari Dinding Pengering ke Lingkungan pada Suhu 30°C.....	68
Lampiran 20. Perhitungan Kehilangan Energi dari Ketel ke Lingkungan pada Suhu 35°C.....	69
Lampiran 21. Perhitungan Kehilangan Energi dari Pipa ke Lingkungan pada Suhu 35°C.....	70

Lampiran 22. Perhitungan Kehilangan Energi dari Dinding Pengering ke Lingkungan pada Suhu 35°C.....	71
Lampiran 23. Perhitungan Kehilangan Energi dari Ketel ke Lingkungan pada Suhu 40°C.....	72
Lampiran 24. Perhitungan Kehilangan Energi dari Pipa ke Lingkungan pada Suhu 40°C.....	72
Lampiran 25. Perhitungan Kehilangan Energi dari Dinding Pengering ke Lingkungan pada Suhu 40°C.....	73

SUMMARY

SYNTHA ARISKA. Analysis of Heat Transfer in a Vacuum Dryer Using Steam as a Heat Source (Supervised by **HAISEN HOWER** and **ARI HAYATI**)

The purpose of this study was calculate the energy requirements of vacuum dryers using water vapor as a heat source, observe and study the temperature distribution in the vacuum drying chamber. This research was conducted at the Biosystem Laboratory of the Agricultural Technology Department, Faculty of Agriculture, Sriwijaya University in September 2018 until December 2018. This study used an experimental method and data collected in the form of tables and graphs. Parameters observed included the water content of the material, the temperature distribution in the vacuum chamber, water vapor flow rate, the mass of evaporated water, analysis of energy requirements, heating efficiency and drying rate. The highest drying rate temperature is at 40°C while the lowest is at 30°C. The higher temperature treatment, the drying rate will increase. The lowest water content of pineapple was obtained at a treatment temperature of 40°C which was equal to 19.54%. The highest total energy requirement in temperature treatment of 35°C was 19,404.21 kJ and the lowest energy of 30°C was 17,578.44 kJ. The calculation results of heating effeciency value at temperature treatment of 30°C, 35°C and 40°C are 41.79%, 42.62% and 34.53%.

Keywords: vacuum dryer, water vapor, efficiency.

Pembimbing I



Ir. Haisen Hower, MP.
NIP 196612091994031003

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Teknik Pertanian



Dr. Ir. Tri Tunggal, M.Agr
NIP 196210291988031003

Pembimbing II



Ari Hayati, S.TP., MS.
NIP 198105142005012003

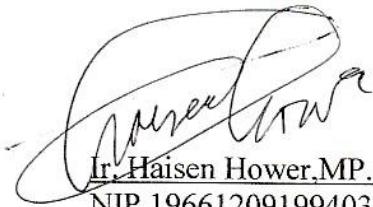
RINGKASAN

SYNTHA ARISKA. Analisis Pindah Panas pada Alat Pengering Vakum Menggunakan Uap Air Sebagai Sumber Panas. (Dibimbing oleh **HAISEN HOWER** dan **ARI HAYATI**).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung kebutuhan energi pada alat pengering vakum menggunakan uap air sebagai sumber panas dan mengamati serta mempelajari distribusi suhu di dalam ruang pengering vakum. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biosistem Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada bulan September 2018 sampai Desember 2018. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan penyajian data dalam bentuk tabel dan grafik. Parameter yang diamati meliputi kadar air bahan, distribusi suhu dalam ruang vakum, laju aliran uap air, massa air yang diuapkan, analisa kebutuhan energi, efisiensi pemanasan dan laju pengeringan. Laju pengeringan tertinggi pada perlakuan suhu 40°C dan terendah pada suhu 30°C. Semakin tinggi perlakuan suhu, maka laju pengeringan semakin meningkat. Kadar air nanas terendah didapat pada perlakuan suhu 40°C yaitu sebesar 19,54%. Total kebutuhan energi tertinggi pada perlakuan suhu 35°C sebesar 19.404,21 kJ dan energi terendah pada suhu 30°C sebesar 17.578,44 kJ. Hasil perhitungan nilai efisiensi pemanasan pada perlakuan suhu 30°C, 35°C dan 40°C adalah 41,79%, 42,2% dan 34,53%.

Kata Kunci : pengering vakum, uap air, efisiensi.

Pembimbing I



Ir. Haisen Hower, MP.
NIP 196612091994031003

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Teknik Pertanian



Dr. Ir. Tri Tunggal, M.Agr
NIP 196210291988031003

Pembimbing II



Ari Hayati, S.TP., MS.
NIP 198105142005012003

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengeringan merupakan proses menurunkan kadar air bahan tanpa merusak dan menghilangkan kandungan pada bahan itu sendiri (Suparman, 2008). Bahan pangan yang mudah rusak dan busuk dapat diawetkan dengan cara dikeringkan pada kadar air tententu (Asgar *et al.*, 2013). Pengeringan akan menurunkan kadar air bahan pada kondisi aman sehingga menghambat perkembangan mikroba maupun reaksi fisik dan kimia yang tidak diinginkan. Hasnan (2017) mengatakan bahwa suhu merupakan salah satu hal yang mempengaruhi proses pengeringan. Suhu proses pengeringan disesuaikan dengan kondisi dan sifat dari bahan tersebut, karena beberapa produk hasil pertanian ada yang tidak tahan terhadap suhu tinggi.

Beberapa alat pengering yang digunakan untuk mengeringkan produk pertanian diantaranya : oven kabinet, pengering semprot, pengering drum, pengering vakum dan pengering beku (Astuti, 2008). Penggunaan alat pengering tersebut harus disesuaikan dengan bahan yang akan dikeringkan. Metode pengeringan yang dapat digunakan untuk bahan yang tidak tahan panas tinggi adalah pengering beku dan pengering vakum. Menurut Asgar *et al.*, (2013) pengeringan vakum cocok untuk mengeringkan bahan yang tidak tahan terhadap suhu yang tinggi.

Pengeringan vakum merupakan suatu metode pengeringan dalam suatu ruangan pengering dengan tekanan yang lebih rendah dibandingkan tekanan di atmosfir (Astuti, 2008). Perbedaan tekanan antara ruang pengering dan atmosfir menyebabkan terjadinya pengeringan. Kandungan udara di ruang pengering lebih rendah daripada di permukaan bahan, sehingga air dapat menguap walaupun pada suhu rendah. Pemanfaatan suhu dan tekanan rendah dalam ruang pengering dapat meningkatkan kualitas produk (Prasetyaningrum, 2010). Meskipun pada suhu dan tekanan yang rendah, tetapi proses pengeringan relatif lebih cepat (Ginting *et al.*, 2016). Hal tersebut yang menjadi salah satu keunggulan dari pengering vakum.

Energi panas dapat dihasilkan dari sumber panas, sehingga sumber panas menjadi komponen penting dalam proses pengeringan, karena pemberian panas akan menimbulkan perbedaan suhu antara bahan yang dikeringkan dan lingkungan sekitar. Beberapa penelitian pengeringan beku vakum dengan sumber pemanas yang berbeda telah dilakukan. Muhhamadiah *et al.*, (2012) melakukan pengeringan menggunakan elemen pemanas elektrik dengan menggunakan blower untuk penyebaran panasnya. Belyamin *et al.*, (2008) melakukan pemanasan dari bawah pada alat pengering beku. Penelitian tersebut untuk membuktikan kebenaran hipotesa bahwa pengeringan beku dengan pemanasan dari bawah membutuhkan energi lebih sedikit. Terbukti bahwa menggunakan pemanasan dari bawah (PBPV) menggunakan lebih sedikit total energi dibanding dengan PBLS yaitu sebesar 90,9%.

Penggunaan heater sebagai sumber panas yang diletakkan di dalam ruang pengering bagian bawah menyebabkan distribusi suhu di dalam ruang pengering kurang merata. Masalah distribusi suhu di dalam ruang pengering yang tidak merata disebabkan karena arah sumber panas yang diberikan hanya dari satu arah saja yaitu pemberian dari bawah, sehingga terjadi perbedaan suhu antara rak bagian bawah dan rak bagian atas. Distribusi suhu yang tidak merata dapat menyebabkan menurunnya kinerja alat pengering.

Selain heater, uap air dapat dijadikan sebagai sumber panas yang digunakan pada pengeringan vakum. Uap air panas memiliki sifat pindah panas yang lebih unggul dari pada udara pada suhu yang sama (Napitupulu dan Tua, 2012). Penyebaran sumber energi menggunakan uap air sebagai sumber panas tidak hanya dari satu arah saja, melainkan dari segala arah yang mengelilingi ruang pengering vakum berbentuk silinder ganda. Dengan memanfaatkan panas dari uap air tentunya penting mengetahui energi yang dihasilkan dari sumber panas tersebut. Selain itu agar energi panas yang disuplai dari sumber pemanas LPG dapat digunakan dengan semaksimal mungkin. Oleh karena itu penting dilakukan penelitian tentang analisis pindah panas pada alat pengering vakum menggunakan uap air sebagai sumber panas.

1.2. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung kebutuhan energi pada alat pengering vakum menggunakan uap air sebagai sumber panas dan mempelajari distribusi suhu dalam ruang pengering vakum.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, N., 2008. *Uji Kinerja Alat Pengering Kopi Tipe Flat-Bed Drier*. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
- Apriyantono, A., Fardiaz D., Puspitasari, NL., Sedarnawati dan Budiyanto S., 1989. Analisis Pangan: Petunjuk Laboratorium. Bogor: PAU Pangan dan Gizi IPB.
- Asgar, A., Zain S., Widyasanti A. dan Wulan A., 2013. Kajian Karakteristik Proses Pengeringan Jamur Tiram (*Pleurotus sp.*) Menggunakan Mesin Pengering Vakum. *J. Hort.* 23(4), 379-389.
- Astuti, S.M., 2008. Teknik Pengeringan Bawang Merah dengan Cara Perlakuan Suhu dan Tekanan Vakum. *Buletin Teknik Pertanian*, 13(2), 79-82.
- Belyamin, Armansyah, H.T., Hadi, K.P. dan M. Idris A., 2008. Penerapan Sistem Pembekuan Vakum dan Pemanasan dari Bawah pada Mesin Pengering Beku. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 21, 235-248.
- Brooker, D.B., 1967. Mathematical Model of The Psycrometric Chart. Trans. ASAE.
- Burlian, F., dan Firdaus, A., 2011. Kaji Eksperimental Alat Pengering Kerupuk Tenaga Surya Tipe Box menggunakan Konsentrator Cermin Datar. *Prosiding Seminar Nasional A VoER ke-3*, hal. 95-100.
- Cengel, Y.A., 2003. *Heat Transfer*. 1st Ed. Mc Graw-Hill: New York.
- Cengel, Y.A., dan Boles, M.A., 2005. *Thermodynamics an Engineering Approach*. 5th Ed. Mc Graw-Hill: New York.
- Ginting, R.W., Ida, B.P.G. dan Ida Ayu, R.P.P., 2016. Pengaruh Pelayuan dan Suhu Pengeringan Daging Buah Nanas pada Alat Pengering Vakum Terhadap Mutu Produk yang Dihasilkan. *Jurnal BETA*, 4(2), 17-26.
- Hadi, S., 2015. Laju Pengeringan Kapulaga Menggunakan Alat Pengering Efek Rumah Kaca dengan Bantuan Tungku Biomassa. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 49-58.
- Hani, A.M., 2012. Pengeringan Lapisan Tipis Kentang (*Solanum tuberosum L.*). Skripsi online. Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin. Makasar.
- Harnanik, S., 2012. Perbaikan Mutu Pengolahan Nenas dengan Teknologi Olah Minimal dan Peluang Aplikasinya di Indonesia. *Jurnal Litbang Pert*, 32(2), 67-73.

- Hasnan, M., 2017. *Rancang Bangun Sistem Pengering Gabah dengan Menggunakan Auduino*. Skripsi. Universitas Negeri Islam Alauddin. Makasar.
- Heldman, D.R. dan Singh, R.P., 2009. Introduction to Food Engineering. Fourth Edition. Academic Press: Burlington.
- Holman, J.P., 2010. *Heat Transfer*. 10th Ed. McGraw-Hill: New York.
- Ishaq, M., 2007. *Fisika Dasar Edisi 2*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Manalu, M.H., 2017. *Analisis Thermal dan Redesain Alat Pengering Kakao Menggunakan Computational Fluid Dynamich (CFD) di Usaha Mandiri Desa Wiyono Kabupaten Pesawaran*. Skripsi Online. Universitas Lampung.
- Margana AS., dan Oktaviana, D., 2017. Kaji Eksperimental Pemanfaatan Panas Kondenser pada Sistem Vacuum Drying untuk Produk Kentang. *Seminar Master PPNS*, ISSN: 2548-1509, Hal : 115-120.
- Martiani, E., Murad, dan Dwi Putra, GM., 2017. Modifikasi dan Uji Performansi Alat Pengering Hybrid (Surya-Biomassa) Tipe Rak. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 5(1), 339-347.
- Meylani, SR., Tamrin, Warji, dan Lanya B., 2013. Uji Kinerja Alat Pengering Tipe Batch Skala Lab untuk Pengeringan Gabah dengan Menggunakan Bahan Bakar Sekam Padi. *Jurnal Teknik Pertanian*, 2(3), 161-172.
- Montanus A., 2016. *Pengaruh Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi dan Bahan Terhadap Laju Aliran Kalor, Efektifitas dan Efisiensi Sirip Dua Dimensi Keadaan Tak Tunak*. Thesis. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- Muhhamadiah, M.S., Budi, I.S., Erizal, Leopold, O.N. dan Naresworo, N., 2012. Rekayasa Mesin Pengering Metoda Vakum dengan Suhu dan Tekanan Terkendali. *Teknologi. Jurnal Teknik Mesin*, 15(1), 9-16.
- Mulyadi, AF., Wijana, S., dan Fajrin LL., 2015. Pemanfaatan Nanas (*Ananas comosus L.*) Subgrade sebagai Fruit Leather Nanas Guna Mendukung Pengembangan Agroindustri di Kediri: Kajian Penambahan Karaginan dan Sorbitol. *Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian*, 9(2), 112-121.
- Munir, M., 2011. *Pengaruh Suhu Terhadap Laju Perpindahan Massa pada Proses Pengeringan dengan Metode Temperatur Rendah*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Napitupulu., F.H. dan Tua P.M., 2012. Perancangan dan Pengujian Alat Pengering Kakao dengan Tipe Kabinet Dryer untuk Kapasitas 7,5 kg per Siklus. *Jurnal Dinamis*, 2(10), 8-18.

- Putra, L.C., 2015. *Analisis Alat Pengering Nanas Tipe Rak Menggunakan Penghantar Panas Uap Jenuh Berbasis Bahan Bakar Biomassa Akasia (Acacia mangium)*. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- Permatasari, I., Eugenia, LK., dan Suherman., 2013. Pengaruh *Initial Moisture Content* dan Massa Tepung pada Proses Pengeringan Tepung Tapioka Menggunakan Pengering Unggun Fluidisasi. *Jurnal teknologi kimia dan industri*. 2(3), 43-50.
- Prasetyaningrum, A., 2010. Rancang Bangun *Oven Drying Vacuum* dan Aplikasinya sebagai Alat Pengering pada Suhu Rendah. *Jurnal Riptek*, 4(1), 45-53.
- Roni, M., 2018. *Efek Pendinginan Kaca dan Penukar Kalor terhadap Unjuk Kerja Alat Destilasi Air Tenaga Surya*. Skripsi Online. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- Shabrina, ZU., dan Susanto, WH., 2017. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan dengan Metode *Cabinet Dryer* terhadap Karakteristik Manisan Kering Apel Varietas Anna (*Malus domestica* Borkh). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 5(3), 60-71.
- Shafwan., MA., Sari NK., dan Putri NP., 2017. Karakteristik Rumput Laut *Eucheuma cottonni*. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV*. ISSN : 2598-7410. E15-E18.
- Standar Nasional Indonesia., 2005. *Syarat Mutu Manisan Kering Buah-Buahan*. Badan Standarisasi Nasional. SNI 0718-83, 2005.
- Suparman, A.S., 2008. *Analisis Perpindahan Kalor pada Proses Spray Dryer*. Skripsi online. Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana. Jakarta.
- Supriatna, A., 2008. *Uji Performansi dan Analisis Teknik Alat Evaporator Vakum*. Skripsi. Depertemen Teknik Pertanian Institute Petanian Bogor. Bogor.
- Tambunan, A.H., Solahudin M. dan Rahajeng, E., 2000. Simulasi Karakteristik Pengeringan Beku Daging Sapi Giling. *Buletin Keteknikan Pertanian*. 14(1), 55-62.
- Taufik, M., 2004. *Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Pengeringan Konvensional dan Fluidized Bed*. Skripsi online. Fakultas Teknik Mesin Universitas Sebelah Maret. Surakarta.

- Tyas, MW., Sutanhaji, AT. dan Wirosoedarmo, R., 2014., Analisis Nomografi Suhu, Laju Penguapan dan Tekanan Udara Pada Alat Desalinasi Tenaga Surya dengan Pengaturan Vakum. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(3), 55-61.
- Widyasanti, A., Sudaryanto., Arini R., dan Asgar A., 2018. Pengaruh Suhu Terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Optik Brokoli Selama Proses Pengeringan Vakum Dengan Tekanan 15 cmHg. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 22(1), 2579-4019.
- Wignyanto dan Endah L., 2015. Penerapan Mesin Pengering Mekanis untuk Penguatan Kapabilitas Produksi pada Industri Keripik Kentang sebagai Upaya Pemenuhan Permintaan Pasar. *Jurnal Aplikasi dan Inovasi Teknologi*, 1(1), 75-81.
- Wilhelm, L.R., Suter, D.A. dan Brusewitz, GH. 2005. *Food and Process Engineering Technology*. American Society of Agriculture.
- Wirakartakusumah. 1998., *Prinsip Teknik Pangan*. PT Sastra Hudaya, Bogor.