

KARAKTERISTIK PENGERINGAN LAPIS TIPIS BUAH NAGA
(Hilocereuse polyrhizus)

AFNI AFIFA
G041181316



PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022

KARAKTERISTIK PENGERINGAN LAPIS TIPIS BUAH NAGA
(*Hilocereuse polyrhizus*)

Afni Afifa
G041181316



Skripsi
Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknologi Pertanian
Pada
Departemen Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
Makassar

DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KARAKTERISTIK PENGERINGAN LAPIS TIPIS BUAH NAGA (*Hilocereuse polyrhizus*)

Disusun dan diajukan oleh

AFNI AFIFA

G041181316

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 12 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

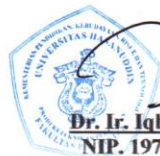
Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. Ir. Junaedi Muhidong, M.Sc
NIP. 19600101/198503 1 014


Divah Yumeina, S.TP., M.Agr., Ph.D
NIP. 19631231 198811 1 005

**Ketua Program Studi
Teknik Pertanian**




Dr. Ir. Iqbal, S.TP., M.Si. IPM
NIP. 19781225 200212 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Afni Afifa
NIM : G041181316
Program Studi : Teknik Pertanian
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Karakteristik Pengeringan Lapis Tipis Buah Naga (*Hilocereuse polyrhizus*) adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 17 Oktober 2022

Yang Menyatakan



58169AKX060465419

Afni Afifa

ABSTRAK

AFNI AFIFA (G041181316). Karakteristik Pengeringan Lapis Tipis Buah Naga (*Hilocereuse polyrhizus*). Pembimbing: JUNAEDI MUHIDONG dan DIYAH YUMEINA.

Tanaman buah naga merupakan tanaman tropis yang mudah dibudidayakan dan memiliki potensi yang tinggi, hal tersebut tidak hanya dikarenakan oleh cita rasa yang enak namun juga menyehatkan untuk dikonsumsi. Sebagai upaya untuk lebih mempraktikkan pemanfaatan buah naga dan guna meningkatkan daya simpan maka diperlukan sebuah pengolahan pascapanen berupa pengeringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model pengeringan lapis tipis yang sesuai dengan karakteristik buah naga merah. Pengeringan ini menggunakan alat pengering tipe *Bacth dryer* dengan kecepatan pengering sebesar 1,0 m/s, dengan dua faktor yakni suhu pengeringan (40 °C, 50 °C dan 60 °C) dan dimensi buah (2×2×1 cm dan 2×2×2 cm). Parameter yang diamati meliputi berat sampel, berat padatan sampel serta suhu dan RH. Hasil dari penelitian ini yakni model *page* lebih representatif guna menggambarkan perilaku pengeringan lapis tipis buah naga dengan nilai R^2 dengan konsisten memiliki nilai tertinggi mendekati angka satu. Disimpulkan bahwasanya model pengeringan lapis tipis yang paling sesuai dengan karakteristik pengeringan lapis tipis buah naga yakni model *Page*.

Kata Kunci: Buah Naga, Pengeringan Lapis Tipis, *Page*.

ABSTRACT

AFNI AFIFA (G041181316). *Thin Layer Drying Characterization of Dragon Fruit.*
Supervised by: JUNAEDI MUHIDONG and DIYAH YUMAENA

Dragon fruit plants are tropical plants that are easy to cultivate and have high potential, not only due to their delicious taste but also because they are healthy for consumption. To better maximize the use of dragon fruit and increase the shelf life, post-harvest processing is needed in the form of drying. This study aims to determine the thin layer drying model according to the characteristics of red dragon fruit. This drying uses a back dryer with a drying speed of 1.0 m/s, with two factors, namely drying temperature (40 °C, 50 °C, dan 60 °C) and fruit dimensions (2×2×1 cm and 2×2×2 cm). The weight of the sample, the solids of the sample and the temperature and the RH. The results of this study believe that the page model is more representative to describe the behavior of thin layer drying of dragon fruit with an R^2 value that concluded that the thin layer drying model that best fits the characteristics of dragon fruit thin layer is the page model.

Keywords: *Dragon fruit, thin layer drying, page*

PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat kasih sayang-Nya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, hanya Dialah sebaik-baik penolong. Pada kesempatan kali ini penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak yang berkontribusi dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini:

1. Prof. Dr. Ir. Junaedi Muhidong, M.Sc. dan Diyah Yumeina, STP, M.Agr, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang membimbing penulis selama melakukan penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian hingga rangkumnya skripsi ini.
2. Dr.rer.nat. Olly Sanny Hutabarat, S.TP., M.Si dan Dr. Ir. Abdul Waris, MT selaku dosen penguji yang memberikan arahan kepada penulis tentang penyusunan skripsi ini yang baik dan benar.
3. Imam Suelfikhar, S.T. selaku staf laboratrium *processing* keteknikan pertanian yang telah membantu penulis dalam proses penelitian.

Skripsi ini penulis persembahkan untuk orangtua tercinta yakni Hamdani dan Alm. Patimah yang menitipkan harapan besar di pundak penulis serta kasih sayang dan doanya tidak pernah terputus terpajatkan untuk penulis.

Makassar, 07 Oktober 2022

Afni Afifa

RIWAYAT HIDUP



Afni Afifa, lahir di Karambua, 27 September 2000 dari pasangan bapak Hamdani dan almarhumah ibu Patimah, penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah:

1. SD 130 Karambua, pada tahun 2006 - 2012.
2. MTs. Barokatul Ikhlas NW., pada tahun 2012 - 2015.
3. SMA Negeri 2 Luwu Timur, pada tahun 2015 - 2018
4. Universitas Hasanuddin Makassar, Fakultas Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Keteknikan Pertanian pada tahun 2018.

Selama masa perkuliahan, penulis tidak hanya aktif dalam proses akademik saja namun juga aktif berorganisasi baik internal kampus maupun eksternal kampus, mulai dari organisasi kepemimpinan, keagamaan, sosial dan pengabdian. Diantaranya adalah Himatepa Unhas, UKM Hockey Unhas, Student Leadership Forum, Indonesian Future Leaders, Kesatuan Aksi Mahasiswa Muslim Indonesia (KAMMI), KNPI, Karang Taruna, Desa Produktif Makassar, Front Mahasiswa Nasional, SERUNI Makassar, Mahasiswa Bertani Unhas, Etos.id Nusantara. Penulis juga mengikuti sekolah nonformal yakni Sekolah Kepemimpinan dan Politik Bangsa, Sekolah Advokasi, Akademi Politik Nasional.

Semasa aktif berkuliah penulis juga turut andil dalam mengikuti kompetisi karya tulis ilmiah diantaranya adalah menjadi finalis Agritech dalam dua kesempatan berbeda, finalis essay kepemudaan, lulus pendanaan PHP2D (Program Holistik Pengabdian dan Pemberdayaan Desa), Lulus Pendanaan Pengabdian Masyarakat Aksi Muda Indonesia sekaligus masuk Nominasi Aksi Muda Indonesia pilar kesehatan pada ASTRA Award 2019, Finalis *Intechnoculture* 6.0, dan diakhir masa kemahasiswaan penulis mengikuti lomba essay dan pentas budaya nasional sebagai delegasi Etos.id Makassar Universitas Hasanuddin di IPB.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
PERSANTUNAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Buah Naga (<i>Hilocereuse polyrhizus</i>)	3
2.2 Penanganan Pasca Panen Buah Naga	6
2.3 Prinsip Dasar Pengeringan	7
2.4 Parameter Pengeringan.....	9
2.5 Hubungan Suhu dengan Pengeringan	11
2.8 Kadar Air	12
2.9 Pengeringan Lapis Tipis.....	14
3. METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Waktu dan Tempat.....	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Metode Penelitian.....	17
3.4 Parameter Pengamatan.....	17
3.5 Prosedur Penelitian	18
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Pola Penurunan Kadar Air.....	22

4.2 Pola Penurunan <i>Moisture Ratio</i> (MR)	26
4.3 Model Pengeringan	27
5. PENUTUP	33
Kesimpulan	33
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Buah Naga Merah Berdaging Putih	4
Gambar 2. Buah Naga Merah Berdaging Merah	4
Gambar 3. Buah Naga Merah Berdaging Merah	4
Gambar 4. Buah Naga Kuning Berdaging Putih.....	5
Gambar 5. Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 6. Pola penurunan kadar air basis basah (Kabb) dengan ukuran dimensi 2×2×1 cm pada suhu 40 °C, 50 °C, 60 °C.....	22
Gambar 7. Pola penurunan kadar air basis kering (Kabk) dengan ukuran dimensi 2×2×1 cm pada suhu 40 °C, 50 °C, 60 °C.....	23
Gambar 8. Pola pola penurunan kadar air basis basah (Kabb) dengan ukuran dimensi 2×2×2 cm pada suhu 40 °C, 50 °C, 60 °C.....	24
Gambar 9. Pola pola penurunan kadar air basis kering (Kabk) dengan ukuran dimensi 2×2×2 cm pada suhu 40 °C, 50 °C, 60 °C.....	24
Gambar 10. Pola Penurunan Nilai MR pada Ukuran dimensi 2×2×1 cm	26
Gambar 11. Pola Penurunan Nilai MR pada Ukuran dimensi 2×2×2 cm.....	27
Gambar 12. Hubungan MR Observasi dan MR Prediksi untuk sampel dengan dimensi 2x2x1 suhu 40 °C.....	29
Gambar 13. Hubungan MR Observasi dan MR Prediksi untuk sampel dengan dimensi 2x2x2 suhu 40 °C.....	29
Gambar 14. Hubungan MR Observasi dan MR Prediksi untuk sampel dengan dimensi 2x2x1 suhu 50 °C.....	30
Gambar 15. Hubungan MR Observasi dan MR Prediksi untuk sampel dengan dimensi 2x2x2 suhu 50 °C.....	30
Gambar 16. Hubungan MR Observasi dan MR Prediksi untuk sampel dengan dimensi 2x2x1 suhu 60 °C.....	31
Gambar 17. Hubungan MR Observasi dan MR Prediksi untuk sampel dengan dimensi 2x2x2 suhu 60 °C.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan Gizi Buah Naga Berdaging Merah (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) per 100 g	5
Tabel 2. Daftar model pengeringan lapisan tipis	14
Tabel 3. Hasil analisa model persamaan pengeringan lapis tipis buah naga dengan ukuran dimensi 2×2×1 cm.....	28
Tabel 4. Hasil analisa model persamaan pengeringan lapis tipis buah naga dengan ukuran dimensi 2×2×2 cm.....	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil perhitungan kadar air basis basah, kadar air basis kering, dan <i>Moisture Rasio</i> sampel dengan dimensi 2×2×1 cm dan sampel dengan dimensi 2×2×2 cm dengan suhu 40 °C.....	37
Lampiran 2. Hasil perhitungan kadar air basis basah, kadar air basis kering, dan <i>Moisture Rasio</i> sampel dengan dimensi 2×2×1 cm dan sampel dengan dimensi 2×2×2 cm dengan suhu 50 °C.....	40
Lampiran 3. Hasil perhitungan kadar air basis basah, kadar air basis kering, dan <i>Moisture Rasio</i> sampel dengan dimensi 2×2×1 cm dan sampel dengan dimensi 2×2×2 cm dengan suhu 60 °C.....	44
Lampiran 4. Data hasil pengamatan suhu dan RH lingkungan dan ruang pengering pada suhu 40 °C	46
Lampiran 5. Data hasil pengamatan suhu dan RH lingkungan dan ruang pengering pada suhu 50 °C	49
Lampiran 6. Data hasil pengamatan suhu dan RH lingkungan dan ruang pengering pada suhu 60 °C	52

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman buah naga merupakan tanaman tropis yang mudah dibudidayakan dan memiliki potensi yang tinggi dikarenakan buah naga memiliki daya saing yang tinggi di dunia perdagangan, hal tersebut tidak hanya dikarenakan oleh cita rasa yang enak namun juga menyehatkan untuk dikonsumsi. Sebagai upaya untuk lebih mempraktikkan pemanfaatan buah naga dan guna meningkatkan daya simpan maka diperlukan sebuah pengolahan pascapanen yang berupa pengolahan dari bentuk buah utuh menjadi buah dengan kondisi kering atau pun dalam bentuk bubuk yang kering, sehingga ketahanan dalam penyimpanan akan cenderung lebih lama. Adapun proses yang dapat dilakukan untuk memperoleh buah naga dalam kondisi kering yakni meliputi proses pengeringan.

Pengeringan merupakan proses dari pengolahan pascapanen yang mustinya dilakukan dengan teliti yang mana dalam prosesnya dilakukan pengurangan kadar air pada bahan dikarenakan tujuan dari pengeringan itu sendiri ialah untuk mendapatkan kondisi buah naga dengan kadar air yang optimum untuk proses penyimpanan, dalam upaya penyimpanan bahan pangan salah satu yang berpengaruh yakni kadar air yang dikandungnya, ketika kadar air optimum untuk dilakukannya proses penyimpanan telah dicapai maka daya simpan dari bahan pangan akan semakin lama. Berdasarkan penelitian terdahulu bahwasanya pengeringan dapat dilakukan dengan cara pengeringan lapis tipis yang dapat menggunakan alat yang bernama *Batch Drayer*. Pada pengeringan lapis tipis terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan pengeringan dan juga mempengaruhi kualitas bahan yang dikeringkan salah satunya adalah penggunaan suhu pada saat proses pengeringan, jika suhu yang digunakan pada proses pengeringan terlalu rendah maka akan mengakibatkan proses pengeringan yang dilakukan akan semakin panjang dikarenakan proses penguapan kandungan air pada bahan berlangsung secara lambat sedangkan jika suhu terlalu tinggi maka akan menyebabkan *case hardening* yang mana terjadinya kondisi bahan tidak kering sempurna yang disebabkan oleh pengeringan yang tidak merata pada seluruh bagian sampel. Untuk mengamati perubahan yang terjadi pada

bahan yang diberikan perlakuan pengeringan lapisan tipis dapat dilihat dengan menggunakan beberapa model matematika yakni model *Newton*, *Henderson and Pabis* dan model *Page*.

Berdasarkan uraian diatas maka dianggap perlu untuk dilakukannya penelitian ini agar diketahui pola penurunan kadar air pada pengeringan dengan pengaplikasian suhu yang berbeda agar dapat diketahuinya model matematika dari pengeringan lapis tipis manakah yang lebih sesuai untuk digunakan dalam proses pengeringan lapis tipis buah naga merah.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui model pengeringan lapis tipis yang sesuai dengan karakteristik buah naga merah. Kegunaan penelitian ini yakni sebagai acuan informasi bagi para *engineer* dalam penentuan perlakuan dalam merancang teknologi tepat guna untuk pengeringan buah naga.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Buah Naga (*Hilocereuse Polyrhizus*)

Salah satu tanaman berupa kaktus asli yang diberi nama sebagai tanaman buah naga (*Hylocereus*) yang mana memiliki nama asli pitahaya atau disebut juga sebagai pitaya (naga) berasal dari bahasa inggris. Tanaman buah naga ini berasal dari Amerika dan mulai tersebar di pantai Florida ke Brasil. Buah naga yang berhasil ditemukan di Amerika telah mencapai 14 spesies, diantaranya yang paling utama yakni *Hylocereus* dan dari spesies *Hylocereus* tersebut yang telah dibudidayakan di seluruh penjuru dunia yakni *Hylocereus undatus*, *Hylocereus monacanthus* dan *Hylocereus megalanthus* (Hernandez dan Salazar 2012). Di Indonesia, kabupaten Bayuwangi merupakan pemasok buah naga terbesar. Dengan panen sepanjang tahun, Bayuwangi menghasilkan 82.544 ton per tahun. Terkhusus di Sulawesi Selatan sendiri terdapat daerah yang menanam buah naga, seperti daerah Sinjai, Bantaeng, Bulukumba, Luwu Timur dan masih banyak lagi.

Adapun klasifikasi dari buah naga merah yaitu terdiri dari (Isvadhila, 2012):

Kingdom: *Plantae*

Divisi : *Spermatophyta*

Kelas : *Dicotyledone*

Ordo : *Caryophyllales*

Famili : *Cactaceae*

Genus : *Hylocereus*

Spesies : *Hylocereus polyrhizus*.

2.1.1. Jenis-Jenis Buah Naga

Dalam praktik budidaya buah naga pada umumnya dalam kalangan petani terdapat beberapa jenis buah naga yakni sebagai berikut (Irwan *et. al.*, 2016):

- a. Kulit berwarna merah, daging berwarna putih (*Hylocereus undatus*)



Gambar 1. Buah Naga Merah Berdaging Putih

- b. Kulit berwarna merah, daging berwarna merah (*Hylocereus polyrhizus*)



Gambar 2. Buah Naga Merah Berdaging Merah

- c. Kulit berwarna merah, daging berwarna super merah (*Hylocereus costaricensis*)



Gambar 3. Buah Naga Merah Berdaging Merah

- d. Kulit berwarna kuning, berdaging putih (*Selenicereus magalanthus*)



Gambar 4. Buah Naga Kuning Berdaging Putih

Di Indonesia sendiri diantara beberapa jenis buah naga tersebut yang paling banyak di budidayakan yakni buah naga dengan jenis buah naga berkulit merah dengan daging buah yang berwarna merah/super merah yang kemudian disusul dengan jenis buah naga yang berwarna kulit merah berdaging putih.

2.1.2. Kandungan dan Pemanfaatan Buah Naga

Buah naga memiliki kandungan gizi yang dapat dikatakan cukup kompleks hal tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Gizi Buah Naga Berdaging Merah (*Hylocereus polyrhizus*) per 100 g

Jenis	Jumlah (per 100 g)
Air (g)	82,5 – 83%
Protein (g)	0,16 – 0,23
Lemak (g)	0,21 – 0,61
Serat (g)	0,7 – 0,9
Betakaroten (mg)	0,005 – 0,012
Kalsium (mg)	6,3 – 8,8
Fosfor (mg)	30,2 – 36,1
Besi (mg)	0,55 – 0,65
Vitamin B1 (mg)	0,28 – 0,30

Jenis	Jumlah (per 100 g)
Vitamin B2 (mg)	0,043 – 0,045
Vitamin C (mg)	8 – 9
Niasin (mg)	1,297 – 1,300

Sumber: *Taiwan Food Industry Develop & Research Authorities* (2005)

Pemanfaatan buah naga kini semakin bervariasi mulai dari pemanfaatan menjadi berbagai jenis makanan maupun minuman seperti halnya dibuat sebagai jus, selai, sirup, es krim, *jelly*, permen, kue kering, puding, mie, salad dan *snack* siap saji dan sebagainya (Gunasena *et al.*, 2006).

2.2 Penanganan Pasca Panen Buah Naga

2.2.1. Pemanenan

Buah naga dipanen dengan tangan, indeks kematangan yang digunakan adalah perubahan warna kulit menjadi hampir seluruhnya merah, indikator rendemen lainnya meliputi kadar padatan larutan, *titrable acidity* (TA) dan minimal 32 hari setelah berbunga (Siddiq, 2012).

2.2.2. Sortasi

Sortasi dilakukan untuk memisahkan buah yang berkualitas baik dari yang berkualitas rendah, yaitu ukuran yang terlalu kecil, kematangan tidak sesuai, rusak dan sebagainya. Saat penyortiran, kontak langsung dengan matahari harus dihindari karena mengurangi bobot atau layu dan juga meningkatkan aktivitas metabolisme, yang dapat mempercepat proses pematangan/respirasi. Sortasi dapat dilakukan langsung di lapangan atau di pabrik pengemasan secara manual maupun mekanis.

2.2.3. Pengemasan

Pengemasan berfungsi untuk mempermudah proses pengangkutan dan melindungi buah dari kerusakan fisik selama pengangkutan. Pengemasan tidak boleh menghalangi pembuangan panas dari produk yang dikemas dan harus menahan beban tumpukan selama penyimpanan dan penanganan. Bahan kemasan luar untuk pengangkutan dan pengemasan harus dari konstruksi yang kuat,

bahannya biasa dari kayu, rotan, bambu atau papan bergelombang. Sedangkan kemasan untuk tingkat retail (disebut *inner packaging*) biasanya dibuat dari plastik film, kertas, plastik cetak, atau campuran kertas dan plastik.

2.2.4. Pengangkutan

Saat pengangkutan buah dari ladang (tempat panen) ke konsumen, perhatian harus diberikan pada sifat/karakteristik atau jenis produk yang diangkut, lama perjalanan dan sarana pengiriman serta transportasi yang digunakan. Buah yang diangkut harus terlindungi dari sinar matahari langsung selama pengangkutan. Kondisi udara (terutama suhu dan kelembaban) dalam kendaraan juga harus dijaga sedikit banyak sesuai dengan persyaratan penyimpanan produk yang bersangkutan, terutama jika waktu tempuh lebih dari 2,5 jam. Selama pengangkutan, buah yang diangkut dilindungi dari kemungkinan benturan, gesekan dan tekanan yang terlalu besar, yang dapat merusak atau menurunkan kualitas produk.

2.2.5. Penyimpanan

Suhu penyimpanan yang disarankan untuk buah naga utuh adalah 10 °C karena suhu 6 °C dapat menyebabkan radang dingin (Nerd et al., 1999). Buah naga memiliki umur simpan sekitar 14 hari pada suhu 10 °C (Robert, 2014). Buah naga yang dipanen dengan warna hampir merah sempurna akan mampu mempertahankan mutunya selama 14 hari pada suhu 14 °C atau 7 hari pada suhu 20 °C (Nerd et al. 1999). Hal ini disebabkan disebabkan peningkatan laju pernafasan buah naga seiring dengan naiknya suhu penyimpanan.

Kerusakan mekanis dan kehilangan air adalah masalah utama buah naga. Buah yang matang lebih rentan terhadap kerusakan mekanis, selain itu, buah naga juga dirusak oleh kuman dan bakteri patogen. Penyakit yang disebabkan oleh bakteri dan jamur (Robert, 2014).

2.3 Prinsip Dasar Pengeringan

Pada dasarnya pengeringan dilakukan sebagai upaya untuk menurunkan kandungan air yang terdapat di dalam sampel yang hendak dikeringkan. Upaya pengeringan terjadi proses perpindahan air di sampel dikeringkan dengan upaya

penguapan dengan pemanfaatan energi panas. Pada proses pengeringan terjadi fenomena transfer panas dari luar sampel menuju permukaan sampel yang memicu adanya peningkatan suhu sehingga terbentuk uap air pada bahan dan hal tersebut terjadi secara kontinyu dialirkan keluar dari mesin pengering (Suryanto *et. Al.*, 2011). Saat pengeringan berlangsung perpindahan kalor serta uap air yang berlangsung secara simultan atau berjalan secara bersamaan, dibutuhkan energi panas guna mengangkut air yang dipindahkan dari sampel (Taib *et al.*, 1988).

Proses pengeringan yang kerap kali dilakukan dengan dua cara yaitu secara alami yang mana pengeringan tersebut dilakukan secara langsung dibawah cahaya matahari dan pengeringan yang dilakukan dengan pemanfaatan alat pengering buatan (*artificial drying*). Pada dasarnya semua metode pengeringan memiliki tujuan yang sama yakni sebagai upaya pengurangan kadar air yang terdapat pada bahan. Adapun prinsip pada proses pengeringan yakni terdapatnya kondisi berbedannya kandungan antara uap air bahan dan udara yang menyebabkan terjadinya penguapan air. Bahan yang memiliki uap air bahan yang lebih besar sehingga pada saat proses pengeringan berlangsung dimana udara panas dengan kandungan uap air yang relatif lebih rendah akan masuk di dalam sampel yang kemudian dapat meminimalisir uap air yang dikeringkan (Agus, 2012).

Dalam upaya pengeringan pada umumnya dikehendaki kecepatan pengeringan yang maksimum sehingga semua usaha diupayakan agar lebih cepat terjadi pindah kalor dan pindah massa (Irwan, 2011). Pada sistem pengeringan aliran udara panas yang dimanfaatkan yakni berupa proses fluida dari sebuah sistem peneringan. Adapun proses pengeringan itu sendiri terdapat komponen aliran udara yang mempengaruhinya yaitu kecepatan, tempertur, tekanan dan kelembaban relatif (Mahadi, 2007). Pada pinsipnya suhu yang tinggi mengakibatkan percepatan proses pengeringan. Dan tingginya suhu udara pengering maka energi panas yang diangkut oleh udara semakin banyak pula jumlah massa zat pelarut yang diuapkan dari atas permukaan bahan yang akan diberikan perlakuan pengeringan. (Taib *et al.*, 1988).

Aspek lainnya yang mempengaruhi proses pengeringan yakni sifat internal bahan, kondisi udara pengering dan sisem pengering yang diterapkan. Besarnya konstanta pada model pengeringan lapis tipis (*thin layer drying*) bergantung pada

kecepatan alir udara pengering, kondisi udara pengering, proses difusi air di dalam bahan, struktur pori-pori kecil sampel, kadar air dan dimensi bahan akan mengendalikan kinetika pengeringan (Istadi *et. al.*, 2002).

2.4 Parameter Pengeringan

Pada pengeringan lapis tipis waktu yang dibutuhkan pada proses pengeringannya dipengaruhi oleh dua faktor: (Sodha *et. al.*, 1987):

2.4.1. Faktor yang berhubungan dengan udara pengering

a. Suhu udara pengering

Dalam proses pengeringan jika semakin tinggi suhu yang digunakan hal tersebut akan mempengaruhi dan membuat suhu pengering akan semakin panas sehingga proses penguapan kadar air akan semakin meningkat dan waktu yang dibutuhkan dalam mengonstankan kadar air dari bahan cenderung lebih singkat. Kesesuaian perlakuan pemberian suhu pada saat pengeringan dilakukan sangat berpengaruh pada kualitas bahan yang dikeringkan. Adapun perbedaan suhu pada medium pemanas dengan bahan akan mengakibatkan terjadinya proses penguapan air dari permukaan bahan. Semakin besar selisih suhu alat pengering dan sampel, maka proses pengeringan akan berlangsung lebih cepat dan singkat dan apabila selisih suhu lebih minim antara alat pengering dan sampel maka proses pengeringan yang terjadi berlangsung lambat (Ishak, 2013).

Pada penelitian terdahulu dalam hal ini dalam konteks pengeringan buah pare dimana pada pengujian yang dilakukan diberikan suhu dengan selisih suhu diantara 40 °C sampai 75 °C, buah pare yang dikeringkan dengan suhu dibawah 40 °C menghasilkan hasil pengeringan yang memiliki mikroba dan jamur perusak bahan yang masih hidup, dan pada pengeringan yang diberlakukan suhu diatas 75 °C menghasilkan buah pare kering dengan kondisi struktur kimiawi dan fisik bahan rusak, perpindahan panas dan massa air yang terjadi sangat berpengaruh pada perubahan struktur sel (Setiyo, 2003).

b. Kelembaban relatif (RH) udara pengering

Prinsip dari RH dimana RH rendah maka uap air terserap semakin meningkat, semakin tinggi RH maka semakin sedikit uap air yang diserap oleh udara

pengering. Untuk proses pengeringan yang baik diperlukan RH yang rendah sesuai dengan kondisi bahan yang hendak dikeringkan. Pada fenomena laju penguapan air dalam hal ini dapat dipengaruhi oleh kelembaban dan dapat ditentukan dengan melihat perbedaan tekanan uap air pada udara yang dialirkan dan tekanan uap air pada permukaan bahan yang dikeringkan. Dan tekanan uap jenuh tersebut ditentukan oleh besarnya suhu dan kelembaban relatif udara. Sehingga semakin tinggi suhu mengakibatkan kelembaban relatifnya akan turun sehingga tekanan uap jenuhnya akan naik dan sebaliknya ketika semakin rendah suhu mengakibatkan kelembaban relatifnya akan semakin meningkat sehingga tekanan uap jenuhnya akan turun (Brooker *et al.*, 1974). Pada fenomena perubahan kelembaban dan suhu pengeringan akan menyebabkan pengurangan kadar air dan terjadinya kenaikan suhu udara pada akhir pengeringan, sehingga kenaikan suhu tersebut menyebabkan proses pengeringan yang dilakukan akan berlangsung lebih cepat (Fatih, 2016). Irfan (2015) juga mengemukakan bahwasanya proses pengeringan akan berlangsung dengan cepat apabila kelembaban udara rendah.

c. Kecepatan Aliran udara pengering

Semakin cepat udara dialirkan dan semakin besar volume udara yang teralir mengakibatkan kemampuan udara membawa dan menampung air dari permukaan sampel untuk diuapkan semakin besar. Cepatnya aliran udara akan mengangkut uap air dari permukaan sampel dan juga mencegah penjumlahan uap air di permukaan sampel yang dikeringkan. Pada prinsipnya volume udara yang besar dialirkan, maka semakin besar upaya mengangkut dan menampung air di permukaan sampel yang terjadi (Brooker *et al.*, 1974). Ketika alat pengering didukung oleh kemampuan mengalirkan udara dengan volume yang besar maka udara akan dengan mudah bergerak sehingga proses pengeringan akan berlangsung cepat. Hal tersebut selaras dengan ungkapan Ishak (2013) yakni ketika udara bergerak dengan cepat maka proses pengeringan akan berlangsung semakin cepat pula, sehingga pada umumnya proses pengeringan memerlukan sirkulasi udara seperti *tunnel dryer* dan pengeringan kabinet.

Berangkat dari prinsip tersebut membuat para perancang alat mendesain pengering dengan sirkulasi udara atau udara yang bergerak seperti pengering kabinet, *tunnel dryer*, pengering semprot dan lain-lain.

d. Moisture Ratio (MR)

Selama proses pengeringan rasio kelembaban akan mengalami penurunan. Persamaan yang akan digunakan untuk menghitung nilai RH dalam hal ini adalah menggunakan persamaan sebagai berikut (Garavand *et. al.*, 2011):

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (1)$$

Keterangan:

MR : Moisture Ratio

M_t : Kadar air pada t (waktu selama penerangan per-menit)

M_o : Kadar air awal bahan

M_e : Kadar air yang diperoleh setelah berat bahan konstan

Nilai satuan M_t, M_o dan M_e merupakan presentase dari kadar air basis kering yang di amati pada bahan.

2.4.2. Faktor yang Berhubungan dengan Sifat Bahan

a. Kadar air bahan

Kadar air bahan ditentukan oleh dimensi bahan dan ukuran bahan yang kemudian didukung dengan durasi proses pengering, kecepatan aliran udara pengering. Kadar air yang dikandung suatu sampel mempengaruhi seberapa banyak kandungan air yang diuapkan dan waktu yang digunakan selama dalam proses pengeringan yang dilakukan (Taib *et al.*, 1988).

Kadar air suatu bahan menunjukkan banyaknya kandungan pada sampel persatuan bobot sampel. Penentuan kadar air pada suatu sampel dapat ditentukan dengan dua cara yakni dengan berdasarkan bobot kering dan berdasarkan bobot basah pada sampel tersebut (Taib *et al.*, 1988).

b. Ukuran Bahan

Semakin kecil ukuran bahan, maka pengeringan akan semakin cepat.

2.5 Hubungan Suhu dan Pengering

Brooker *et. al.*, (1981) mengemukakan hubungan suhu dengan proses pengeringan dimana ketika suhu udara pengeringan lebih besar dari suhu dalam sampel maka

akan terjadi proses perpindahan panas dari lingkungan ke dalam bahan. Kondisi tersebut menyebabkan massa air yang ada dalam sampel pindah menuju ke permukaan dan menguap ke udara. Dengan terjadinya proses pengangkutan kandungan air pada bahan menyebabkan RH meningkat sedangkan suhu kamar akan mengalami penurunan.

Suhu yang terlalu tinggi akan memberikan dampak pada perubahan sifat kimia yaitu pengeringan secara berlebihan terjadi pada bagian kulit luar bahan pangan sehingga mengerutnya kulit dan bahan kosong sehingga tertutupnya pori-pori. Kondisi tertutupnya pori-pori tersebut berdampak pada air yang terdapat di dalam bahan mengendap, kondisi tersebut disebut dengan *case hardening*. Hal tersebut menjadi pertimbangan bahwa sangat penting untuk mengendalikan kecepatan aliran udara pengering (Aprawardhanu, 2012)

2.6 Kadar Air

Yefrican (2012) mengemukakan bahwa, kadar air merupakan jumlah atau akumulasi kandungan air yang terdapat pada sampel yang dinyatakan dalam berat basah (*wet basis*) dengan batas maksimum teoritis sebesar 100⁰% atau berat kering (*dry basis*) yang teoritisnya lebih dari 100⁰%. Sedangkan menurut Safrizal (2010) bahwasanya kadar air dipresentasikan dalam presentase berat air terhadap sampel basah atau dalam gram air untuk setiap 100 g sampel yang disebut dengan kadar air basis basah (bb). Adapun berat bahan kering atau sampel adalah berat sampel pada kondisi telah dilakukan pemanasan dalam waktu tertentu sehingga berat sampel tetap atau telah mencapai berat konstan.

Kondisi sebuah bahan hasil panen cenderung memiliki kadar air yang tinggi, sehingga tidak memungkinkan untuk dilakukan penyimpanan langsung dalam kurun waktu yang relatif lama dikarenakan kondisi kadar air bahan yang tinggi akan mempermudah proses tumbuhnya mikroorganisme yang akan mempercepat proses kerusakan pada bahan pangan tersebut (Mima dkk., 2017)

Dalam proses pengeringan, kadar air pada suatu sampel akan berpengaruh terhadap sedikit atau banyaknya jumlah air yang dapat diuapkan pada permukaan sampel dan berpengaruh terhadap lamanya proses pengeringan pada bahan (Taib dkk., 1988). Dan adapun kadar air dalam bahan mempengaruhi kualitas dan daya simpan dari bahan pangan tersebut. Maka, kadar air dari sampel penting

ditentukan agar proses pengolahan dan pendistribusian mendapat penanganan yang tepat (Aprawardanhu, 2012). Untuk penentuan jumlah kadar air suatu bahan hasil pertanian yakni menentukan kadar air basis kering (*dry basis*) dan berdasarkan kadar air basis basah (*wet basis*). Dalam upaya penentuan kadar air bahan hasil pertanian dapat dilakukan dengan mengetahui kadar air basis basah (*wet basis*) yakni bobot basah yang didapatkan dari presentase berat air yang terdapat pada berat bahan dan berat awal dari bahan tersebut. Untuk penentuan kadar air basis kering sendiri dengan membandingkan berat air dan berat padatan, penghitungan kadar air basis kering dilakukan ketika bobot bahan tidak lagi mengalami perubahan selama proses pengeringan berlangsung (Taufiq, 2004)

2.6.1. Kadar air basis basah (Ka_{bb})

Kadar air bahan dinyatakan dalam presentase berat bahan basah. Kadar air basis basah dapat ditentukan dengan persamaan:

$$Ka_{bb} = \frac{W_t - W_d}{W_t} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

Ka_{bb} : Kadar air basis basah ($^0/0$)
 W_m : berat air dalam bahan (g)
 W_d : Berat bahan kering (g)
 W_t : Berat total (g)

2.6.2. Kadar air basis kering (Ka_{bk})

Kadar air basis kering merupakan perbandingan berat air yang ada dalam bahan dengan berat padatan yang terdapat pada bahan. Kadar air basis kering dapat ditentukan dengan persamaan:

$$Ka_{bk} = \frac{W_t - W_d}{W_d} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

Ka_{bk} : Kadar air basis kering ($^0/0$)
 W_m : berat air dalam bahan (g)
 W_d : Berat bahan kering (g)
 W_t : Berat total (g)

2.7 Pengeringan Lapis Tipis

Dalam upaya pengeringan pada bahan hasil panen terdapat suatu model pengeringan sederhana yakni model kinetika pengeringan yang diberlakukan dalam pengeringan lapis tipis yang mana lebih diketahui dengan *thin layer drying* (Erviani, 2012). Pengeringan lapis tipis atau *thin layer drying* menurut Sodha *et al.*, (1987) merupakan metode pengeringan dimana dampel dihamparkan dengan merata dan selanjutnya udara panas akan dialirkan ke seluruh permukaan sampel yang dikeringkan. Dan menurut Henderson (1976) dalam pengeringan lapis tipis, akan lebih baik ketika bidang pengeringan lebih besar dan dimensi bahan dikurangi sehingga pengeringan yang terjadi dapat dilakukan secara serentak dan merata ke seluruh permukaan sampel.

Pengeringan lapis tipis bertujuan untuk mengeringkan sampel sehingga pergerakan dapat melalui seluruh permukaan yang dikeringkan hingga terjadi penurunan kadar air. Pengeringan lapis tipis dilakukan dengan bahan yang dihamparkan dengan dimensi satu tipis (satu lapis) (Sodha *et al.*, 1987). Beberapa kelebihan pada pengeringan lapis tipis yakni penanganan kadar air dapat dilakukan samapai batas minimum, biji dengan kadar air maksimum dapat dipanen dan untuk priode pengeringannya dapat dilakukan dengan waktu yang lebih pendek untuk kadar air yang sama (Amiruddin, 2013). Adapun model matematika yang lebih dominan digunakan dalam perlakuan pengeringan lapis tipis bahan pangan hasil pertanian yakni:

Tabel 2. Daftar model pengeringan lapisan tipis

No.	Nama Model	Model Matematika
1	<i>Newton</i>	$M_r = \exp^{(-kt)}$
2	<i>Henderson and Pabis</i>	$M_r = a \exp^{(-kt)}$
3	<i>Page</i>	$M_r = \exp^{(-kn^n)}$

Sumber : Meisami, 2009

Merujuk pada model matematika yang terdapat pada Tabel 1 maka penjabarannya sebagai berikut:

2.7.1. *Newton*

Model matematika pengeringan lapis tipis model *Newton* ini mendeskripsikan bahwasanya perpindahan air dari bahan pangan dapat di amati atau ditunjukkan dengan analogi fenomena perpindahan panas dari permukaan bahan ketika direndam dalam cairan dingin atau di panaskan. Dalam upaya pemanasan atau pendinginan suatu bahan dapat dipresentasikan tingkat penurunan uap air selama proses pengeringan berlangsung. Adapun untuuk mengetahui tingkat penurunan uap air dari suatu bahan atau produk dapat diketahui dengan mengidentifikasi perbedaan antara kelembaban produk dan kadar air kesetimbangan.

$$MR_{Newton} = e^{(-kt)} \quad (4)$$

Keterangan :

MR_{Newton} : *Moisture Rasio*

K : Konstan

Dalam pengeringan lapis tipis model *newton* sering kali digunakan dalam menghitung perkembangan penurunan air pada suatu sampel dengan medium yang memiliki suhu konstan. Kurva pada pengeringan akan menunjukkan gambaran yang jelas pada pengeringan (Brooker *et al.*, 1974).

2.8.2. *Hendarston and Pabis*

Pada umumnya model matematika *Henderson and Pabis* digunakan pada pengeringan jagung, kacang tanah, gandum, beras kasar dan jamur. Pada upaya pengeringan jagung terdapat sebuah kelemahan yakni pada pengeringan jam pertama dan jam kedua yangmana disebabkan oleh perbedaan perubahan tingkatan suhu antara biji dan udara (Murat,2009).

$$MR_{HendarstonPabis} = a e^{(-kt)} \quad (5)$$

Keterangan :

$MR_{HendarstonPabis}$: *Moisture Rasio*

a dan k : Konstan Pada Model

2.8.3. *Page*

Model matematika *Page* merupakan hasil dari modifikasi model *Newton* yang mana bertujuan untuk melengkapi dan menutupi kekurangan yang terdapat pada model *Newton* (Hartiati dkk., 2018). Model *Page* telah menghasilkan prediksi

yang baik pada beberapa penelitian pengeringan seperti pengeringan biji beras dan padi kasar, jagung, kulit, kacang kedelai, buncis putih, dan biji bunga matahari (Murat, 2009). Model *Page* merupakan model yang paling relevan untuk menggambarkan pola penurunan kadar air pada pengeringan (Irwan dkk., 2020)

$$MR_{Page} = \exp^{(-kt^n)} \quad (6)$$

Keterangan :

MR_{Page} : *Moisture Rasio*

a dan k : Konstan Pada Model

3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian Pengeringan Lapis Tipis Buah Naga ini dilaksanakan pada bulan Maret 2022 hingga April 2022 yang bertempat di Laboratorium *processing* Program Studi Keteknikan Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu alat pengering tipe *batch dryer*, oven, talangan, timbangan digital (0,001 g), *cutter*, rang sampel, desikator, plastik cetik, sarung tangan latex, kamera *handphone*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu buah naga merah berdaging merah (*Hylocereus polyrhizus*).

3.3 Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan suhu pengering 40 °C, 50 °C dan 60 °C dengan kecepatan udara pengering digunakan yakni 1,0 m/s. Terdapat dua ukuran dimensi sampel, sampel yang pertama dengan dimensi 2×2×1 cm dan yang kedua dengan dimensi 2×2×2 cm.

3.4 Parameter Pengamatan

Adapun yang menjadi parameter pengamatan pada penelitian ini yaitu meliputi:

3.4.1 Berat sampel (berat basah)

Pada penelitian ini berat sampel atau berat basah pada sampel diperoleh dari hasil pengukuran sampel yang dilakukan pada setiap selang waktu pengamatan selama proses pengeringan.

3.4.2 Berat padatan sampel

Adapun berat padatan sampel dapat diperoleh dari pengukuran berat sampel setelah sampel dioven.

3.4.3 Suhu dan RH

Pengukuran suhu dan RH dilakukan setiap selang waktu pengamatan baik di dalam ruang pengeringan serta di luar ruang pengeringan.

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan pada penelitian pengeringan lapisan tipis buah naga yakni:

3.5.1 Persiapan Bahan

Sampel yang dipersiapkan dalam penelitian ini yaitu buah naga berkulit merah berdaging merah, buah naga dipisahkan dengan kulit buah. Selanjutnya buah naga dipotong dengan dua bentuk yang berbeda, bentuk pertama dengan ukuran dimensi $2 \times 2 \times 2$ cm bentuk kedua dengan dimensi $2 \times 2 \times 1$ cm. Selanjutnya menimbang wadah kosong yang belum berisi sampel. Pengukuran berat sampel menggunakan timbangan jenis digital dengan ketelitian 0,1 g. Selanjutnya memasukkan sampel pada sebuah wadah yang telah disiapkan dan disusun teratur hingga wadah penuh sesuai kapasitas atau daya tampung dari wadah tersebut. Sebelum melakukan pengeringan terlebih dahulu lakukan penimbangan pada wadah yang terdapat sampel, hal tersebut dimaksudkan agar dapat mengetahui jumlah berat total dan agar lebih mudah dalam melakukan perhitungan berat sampel dengan cara melakukan pengurangan terhadap jumlah berat total dikurangi berat wadah.

3.5.2 Prosedur Pengeringan

Proses pengeringan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan alat pengering tipe *batch dryer* dengan kecepatan udara pengering 1,0 m/s dengan suhu 40 °C, 50 °C dan 60 °C. Adapun rangkaian proses pengeringan yang dilakukan yakni meliputi:

- a. Menyiapkan alat pengering *Batch Drayer* dengan kecepatan udara 1,0 m/s. Langkah selanjutnya mengatur suhu pengering sesuai dengan parameter yang telah ditentukan sebelumnya.
- b. Memasukan sampel buah naga yang telah terlebih dahulu berada di dalam wadah ke dalam alat pengering.
- c. Keluarkan sampel dari alat pengering setiap selang 15 menit, lakukan penimbangan dengan timbangan digital. Hal tersebut dilakukan hingga sampel mencapai berat konstan.
- d. Memasukkan sampel ke dalam oven yang bersuhu 105 °C selama 72 jam, hitung berat sampel hasil pengovenan.

3.5.3 Pengolahan Data

Data yang diperoleh berupa massa awal , massa selama proses pengeringan yang di ukur setiap 15 menit dan massa akhir bahan. Selanjutnya akan dikelola untuk mendapatkan kadar air basis basah (K_{abb}), *Moisture Ratio* (MR), dan model pengeringan lapis tipis.

a. Kadar Air

Setelah dilakukan pengukuran berat air dalam bahan dan berat kering bahan, selanjutnya dilakukan perhitungan presentase kadar air basis kering (K_{abk}) dan kadar air basis basah (K_{abb}). Kadar air basis basah (K_{abb}).

1) Kadar air basis basah (K_{abb})

$$K_{abb} = \frac{W_t - W_d}{W_t} \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan:

K_{abb} : Kadar air basis basah (%)

W_d : Berat bahan kering (g)

W_t : Berat total (g)

2) Kadar air basis kering (K_{abk})

$$K_{abk} = \frac{W_t - W_d}{W_d} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan:

K_{abk} : Kadar air basis kering (%)

W_d : Berat bahan kering (g)

W_t : Berat total (g)

b. *Moisture Ratio* (MR)

Sebelum menghitung nilai *Moisture Ratio* maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan kadar air bahan hingga mendapatkan kadar air saat berat bahan konstan. Langkah selanjutnya dilakukan perhitungan *Moisture Ratio* dengan menggunakan rumus berikut:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (9)$$

Keterangan:

MR : *Moisture Ratio*

M_t : Kadar air pada t (waktu selama penerangan permenit)

M_o : Kadar air awal bahan

M_e : Kadar air yang diperoleh setelah berat bahan konstan

c. Pengujian Model

1) Model *Newton*

$$MR = e^{(-kt)} \quad (10)$$

Keterangan :

MR : *Moisture Rasio*

k : Konstan

2) Model *Hendarston and Pabis*

$$MR = a e^{(-kt)} \quad (11)$$

Keterangan :

MR : *Moisture Rasio*

a dan k : Konstan pada Model

3) Model *Page*.

$$MR = e^{(-kt^n)} \quad (12)$$

Keterangan :

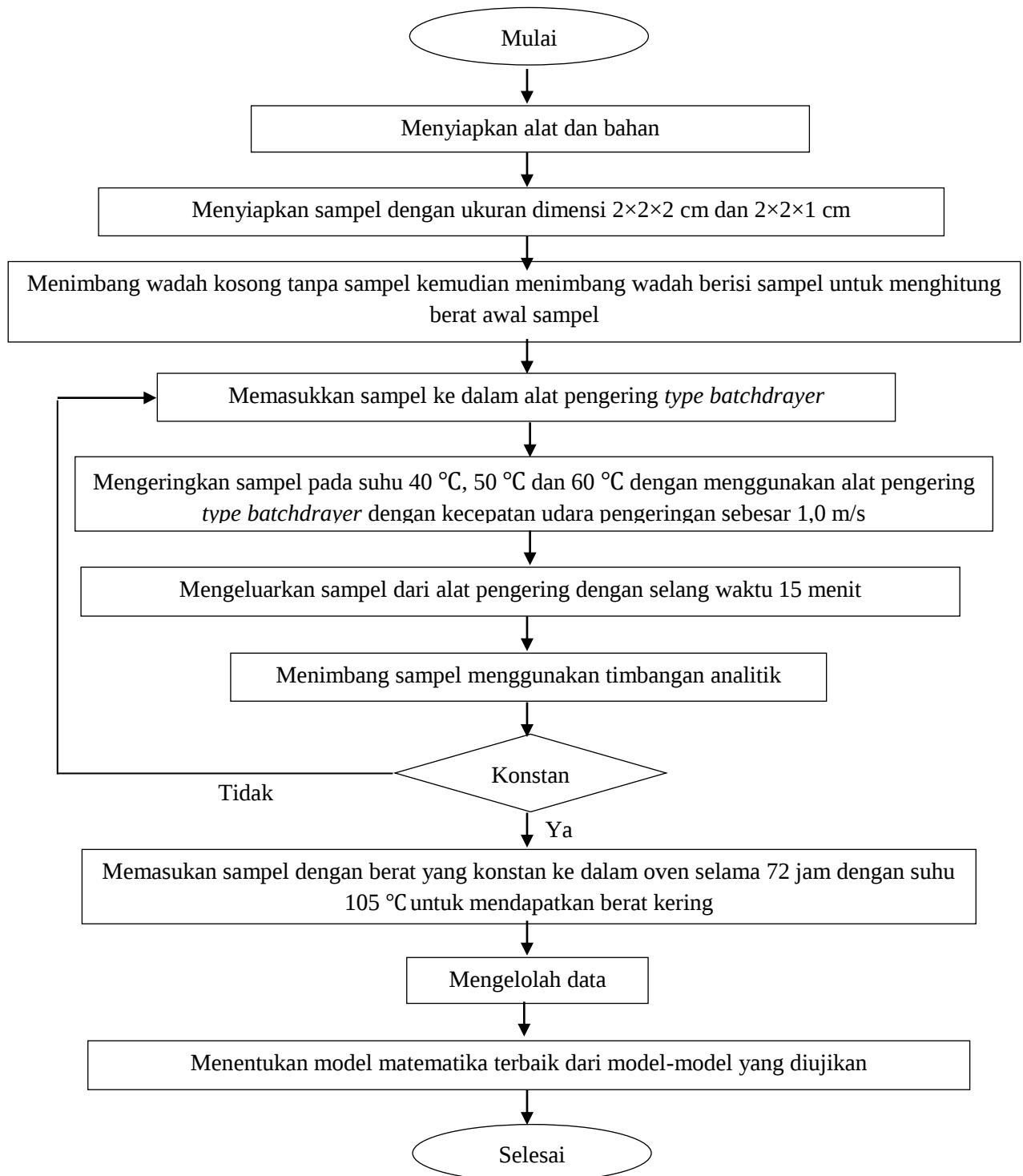
MR : *Moisture Rasio*

a dan k : Konstan pada Model

4) Model Pengeringan

Untuk mendapatkan model pengeringan dapat dilakukan dengan mengetahui nilai dari konstanta a, n dan k (*Newton, Henderson and Pabis, dan Page*). Penentuan konstanta dapat menggunakan *Solver Tools MS Excel* yang otomatis mencari nilai konstanta yang ada pada model pengeringan yang diuji. *Microsoft Excel* digunakan untuk menghitung R² model. Model dengan R² terbesar dipilih sebagai model terbaik.

5) Bagan Alir Penelitian



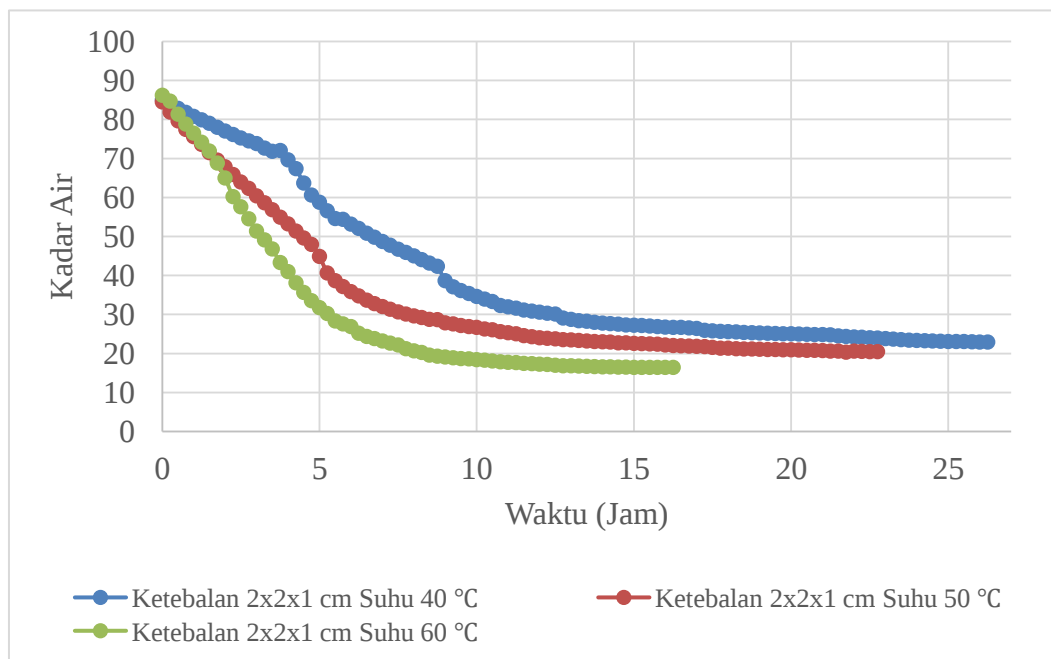
Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

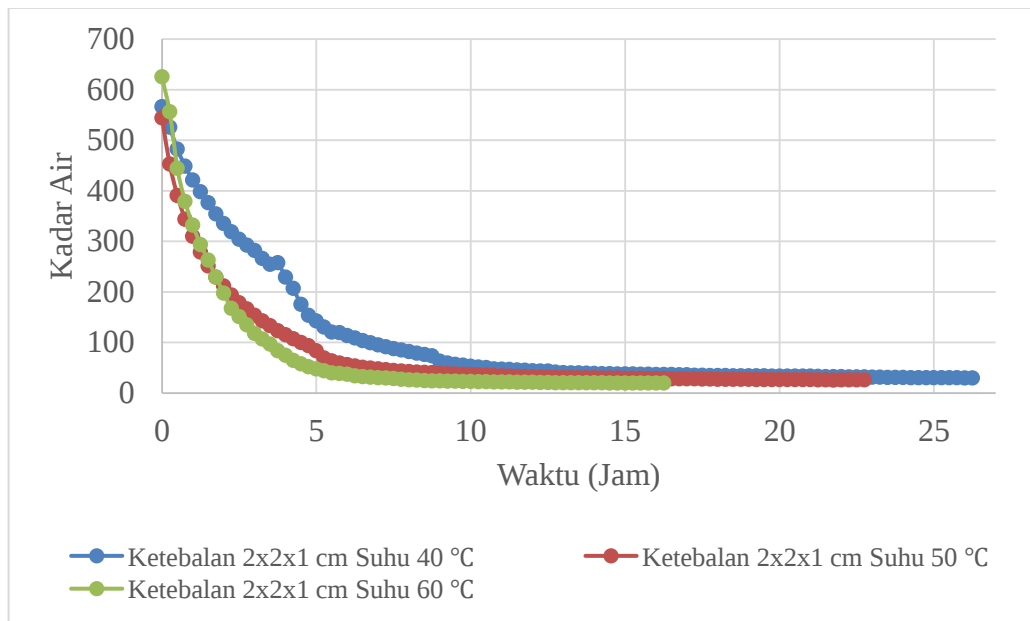
4.1 Pola Penurunan Kadar Air

Penelitian yang dilakukan berupa pengeringan buah naga berdaging merah dengan ukuran dimensi buah yang berbeda yakni dimensi $2 \times 2 \times 2$ cm dan dimensi $2 \times 2 \times 1$ cm masing-masing diberikan perlakuan suhu yang berbeda yakni suhu 40°C , 50°C , dan 60°C dengan kecepatan udara pengering sebesar 1,0 m/s. Pada penelitian ini diperoleh nilai penurunan kadar air basis basah (KA_{bb}) dan penurunan kadar air basis kering (KA_{bk}). Pola penurunan kadar air tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

1. Pola penurunan Kadar Air Basis Basah (KA_{bb}) dan Kadar Air Basis Kering (KA_{bk}) pada sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 1$ cm.



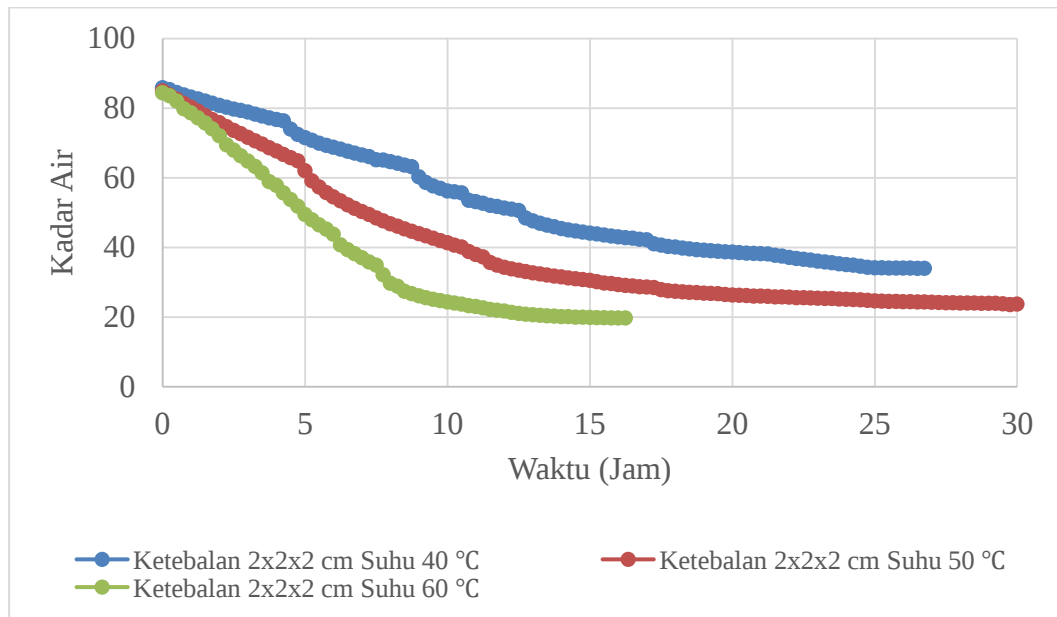
Gambar 6. Pola penurunan kadar air basis basah (KA_{bb}) dengan ukuran dimensi $2 \times 2 \times 1$ cm pada suhu 40°C , 50°C , dan 60°C



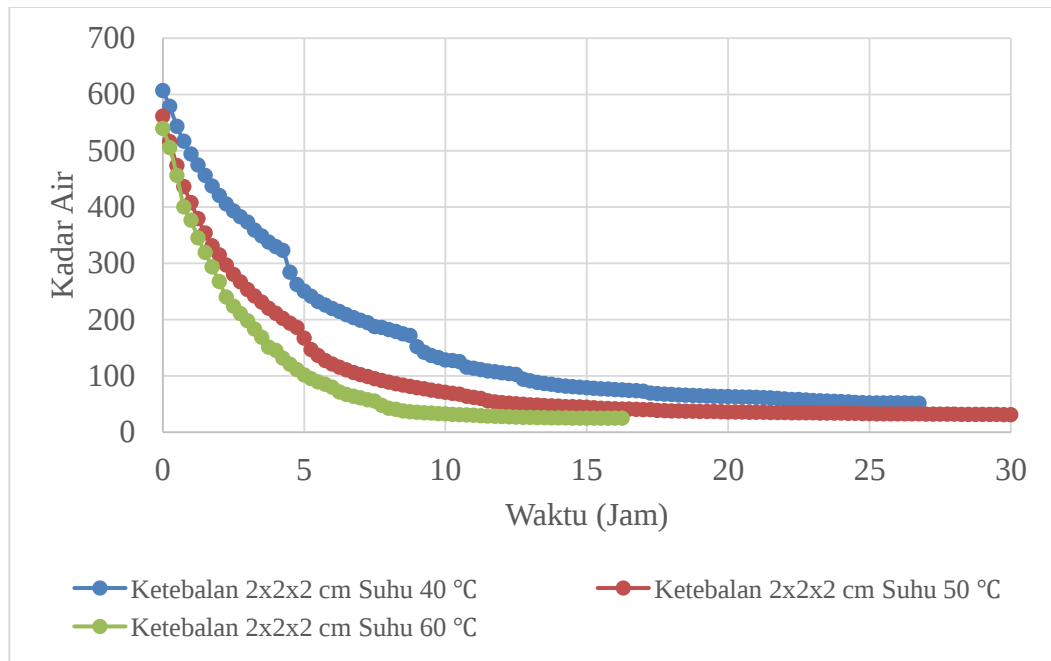
Gambar 7. Pola penurunan kadar air basis kering (KA_{bk}) dengan ukuran dimensi $2 \times 2 \times 1$ cm pada suhu 40°C , 50°C , dan 60°C

Berdasarkan pola penurunan kadar air basis basah dan kadar air basis kering yang disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3, menunjukkan bahwasanya sampel yang berdimensi $2 \times 2 \times 1$ cm dan ukuran dimensi $2 \times 2 \times 1$ cm dengan pemberian variasi suhu menunjukkan perbedaan lama pengeringan untuk mencapai titik kadar air konstan. Kondisi kadar air sampel konstan merupakan kondisi dimana kadar air pada sampel tidak lagi terjadi proses penguapan pada permukaan bahan atau tidak terjadi penurunan berat pada sampel (Musdalifah, 2012). Pada perlakuan pengeringan dengan suhu 40°C Pada sampel yang berdimensi $2 \times 2 \times 1$ cm menunjukkan jumlah kadar air basis basah (KA_{bb}) sebesar 84,989% dan mengalami penurunan hingga mencapai kadar air 22,947% yang berlangsung selama 26 jam. Pada perlakuan pengeringan dengan suhu 50°C pada sampel yang berdimensi $2 \times 2 \times 1$ cm menunjukkan jumlah kadar air basis basah (KA_{bb}) sebesar 84,460% dan mengalami penurunan hingga mencapai kadar air 20,479% yang berlangsung selama 22 jam 30 menit. Pada perlakuan pengeringan dengan suhu 60°C pada sampel yang berdimensi $2 \times 2 \times 1$ cm menunjukkan jumlah kadar air basis basah (KA_{bb}) sebesar 86,201% dan mengalami penurunan hingga mencapai kadar air 16,394% yang berlangsung selama 16 jam.

2. Pola penurunan Kadar Air Aasis Basah (KA_{bb}) dan Kadar Air Basis Kering (KA_{bk}) pada sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 2$ cm.



Gambar 8. Pola penurunan kadar air basis basah (KA_{bb}) dengan ukuran dimensi $2 \times 2 \times 2$ cm pada suhu 40 °C, 50 °C, dan 60 °C



Gambar 9. Pola penurunan kadar air basis kering (KA_{bk}) dengan ukuran dimensi $2 \times 2 \times 2$ cm pada suhu 40 °C, 50 °C, dan 60 °C

Berdasarkan pola penurunan kadar air basis basah dan kadar air basis kering yang disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5, menunjukkan kesamaan perilaku penurunan kadar air dengan yang disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3 bahwa

terdapat perbedaan lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air konstan. Sampel yang berdimensi $2 \times 2 \times 2$ cm dengan perlakuan suhu 40°C dengan kadar air mula-mula sebesar 85,848% dan mengalami penurunan hingga mencapai kadar air 33,918% berlangsung selama 26 jam 30 menit. Sampel yang berdimensi $2 \times 2 \times 2$ cm dengan perlakuan suhu 50°C dengan kadar air mula-mula sebesar 84,869% dan mengalami penurunan hingga mencapai kadar air 23,478% berlangsung selama 29 jam 45 menit. Sedangkan pada sampel yang berdimensi $2 \times 2 \times 2$ cm dengan perlakuan suhu 60°C memiliki kadar air mula-mula sebesar 84,362% dan mengalami penurunan hingga mencapai kadar air 19,68% berlangsung selama 16 jam 15 menit.

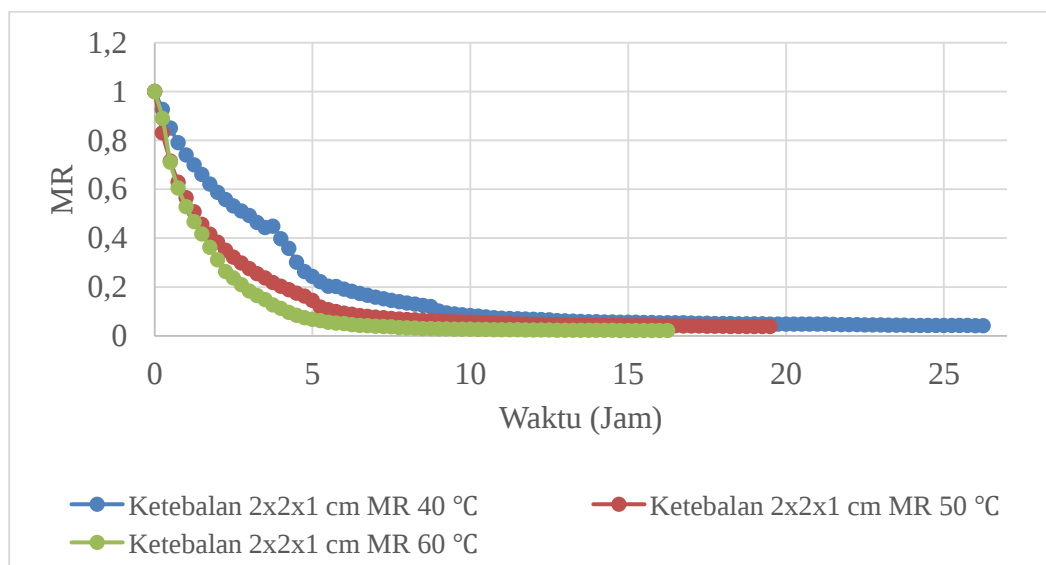
Adanya perbedaan yang ditujukan pada intensitas lamanya dilakukan pengeringan antara sampel yang berdimensi $2 \times 2 \times 1$ cm dan sampel yang berdimensi $2 \times 2 \times 2$ cm tersebut dikarenakan pengaruh dari perbedaan ukuran dimensi sampel yang mana sampel yang berdimensi $2 \times 2 \times 2$ cm lebih tebal dari pada sampel yang berdimensi $2 \times 2 \times 1$ cm sehingga sampel yang berdimensi $2 \times 2 \times 1$ cm membutuhkan lebih banyak waktu untuk mencapai kadar air konstan. Hal tersebut sejalan dengan yang dikemukakan oleh Hasyim (2011) yakni Lama proses pengeringan tergantung dengan luas permukaan bahan yang dikeringkan, waktu pengeringan semakin cepat seiring dengan semakin tipis bahan yang dikeringkan. Ramelan (1996) juga mengemukakan bahwa pengeringan dipengaruhi oleh kadar air awal bahan serta ukuran bahan yang dikeringkan.

Perbedaan lama penggunaan waktu selama proses pengeringan juga sangat tampak jelas terlihat pada pengeringan yang diberikan perlakuan variasi suhu, dimana pada pengeringan dengan suhu 60°C jauh lebih cepat proses mencapai kadar air konstan yang kemudian disusul oleh pengeringan dengan suhu 40°C , dan 50°C . Hal tersebut memperjelas bahwasanya adanya pengaruh pemberian variasi suhu pada pengeringan yang mana mengakibatkan semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin cepat pula terjadinya proses penguapan pada permukaan sampel sehingga proses menuju kadar air konstan akan berlangsung semakin cepat pula. Hal tersebut sejalan dengan yang dikemukakan oleh Ishak (2013) yakni semakin besar perbedaan suhu pada alat pengering dan bahan, maka proses pengeringan akan berlangsung lebih cepat dan singkat dan apabila

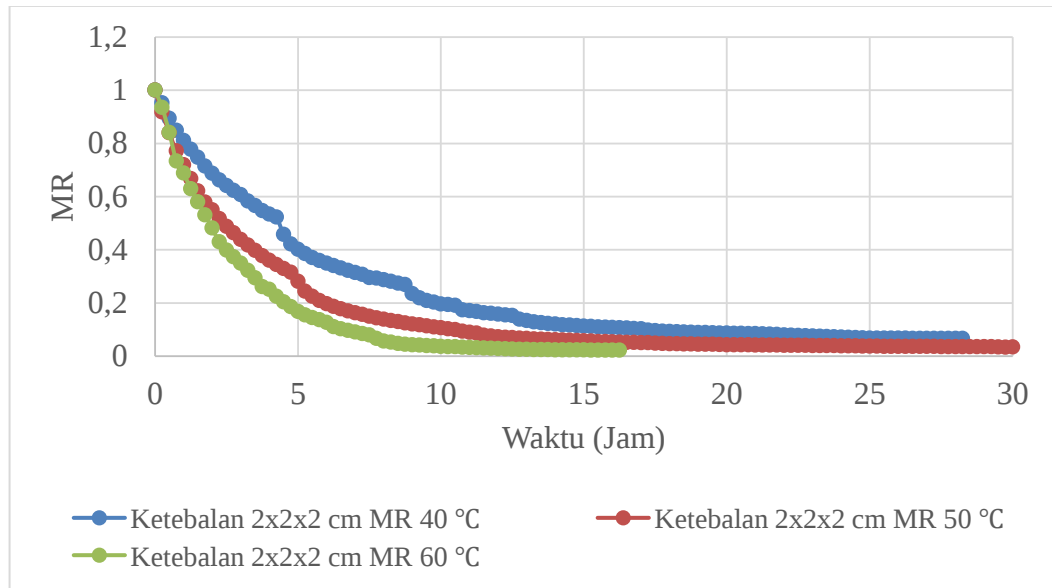
perbedaan suhunya kecil maka proses pengeringan yang terjadi akan semakin lambat. Hal tersebut juga ditegaskan oleh Loveless (1991) bahwa adanya perbedaan suhu pada permukaan sampel dengan suhu udara menyebabkan proses penguapan air yang terdapat di dalam bahan akan semakin cepat terjadi ketika suhu pengeringan dinaikkan.

Pada gambar grafik tampak perubahan pola penurunan dimana menjelang akhir pengeringan garis grafik mulai mendatar hal tersebut dikarenakan adanya perubahan bentuk dan ukuran bahan menjadi berukuran lebih kecil dari sebelumnya atau dalam hal ini dapat dikatakan sebagai sebuah fenomena penyusutan sampel, sehingga pori-pori pada permukaan semakin kecil menjadi berukuran lebih kecil dari sebelumnya yang menyebabkan pori-pori pada permukaan semakin kecil untuk proses penguapan sehingga penguapan akan semakin lambat, hal tersebut beriring dengan berkurangnya kadar air yang terdapat pada sampel yang diuapkan. Ratnasari (2014) mengemukakan bahwa penyusutan merupakan salah satu perubahan fisik yang terjadi dalam pengeringan yang diakibatkan adanya penguapan air dari bahan dan perubahan struktur internal. Hal tersebut juga yang menyebabkan terjadinya perbedaan kadar air akhir yang terdapat pada setiap sampel meskipun dengan perlakuan suhu yang sama ataupun pada ukuran yang sama.

4.2 Pola Penurunan Nilai *Moisture Ratio* (MR)



Gambar 10. Pola penurunan nilai MR pada ukuran dimensi 2×2×1 cm



Gambar 11. Pola penurunan nilai MR pada ukuran dimensi 2×2×2 cm

Pola penurunan MR sejalan dengan penurunan kadar air, hal tersebut dikarenakan perhitungan MR menggunakan data penurunan kadar air, sebagaimana yang tertera pada rumus mencari MR.

4.3 Model Pengeringan

Penelitian pengeringan lapis tipis buah naga ini dilakukan dengan cara mengeringkan buah naga dengan dua ukuran yang berbeda dan pemberian perlakuan suhu yang bervariasi yakni suhu 40 °C, 50 °C, dan 60 °C. Penelitian ini menganalisis dengan tiga model matematika pengeringan lapis tipis yakni Newton, Handerson & Pabis, dan Page.

Adapun pengolahan model matematika tersebut dilakukan dengan menggunakan *Solver tools* yang terdapat pada aplikasi *Microsoft Excel*. Penggunaan *solver* tersebut untuk penentuan nilai dari konstanta a , k , n dan R^2 pada setiap model. Nilai konstanta yang dihasilkan dari proses pengolahan menggunakan *solver* disajikan di dalam tabel berikut.

Tabel 3. Hasil analisa model persamaan pengeringan lapis tipis buah naga dengan ukuran dimensi 2×2×1 cm.

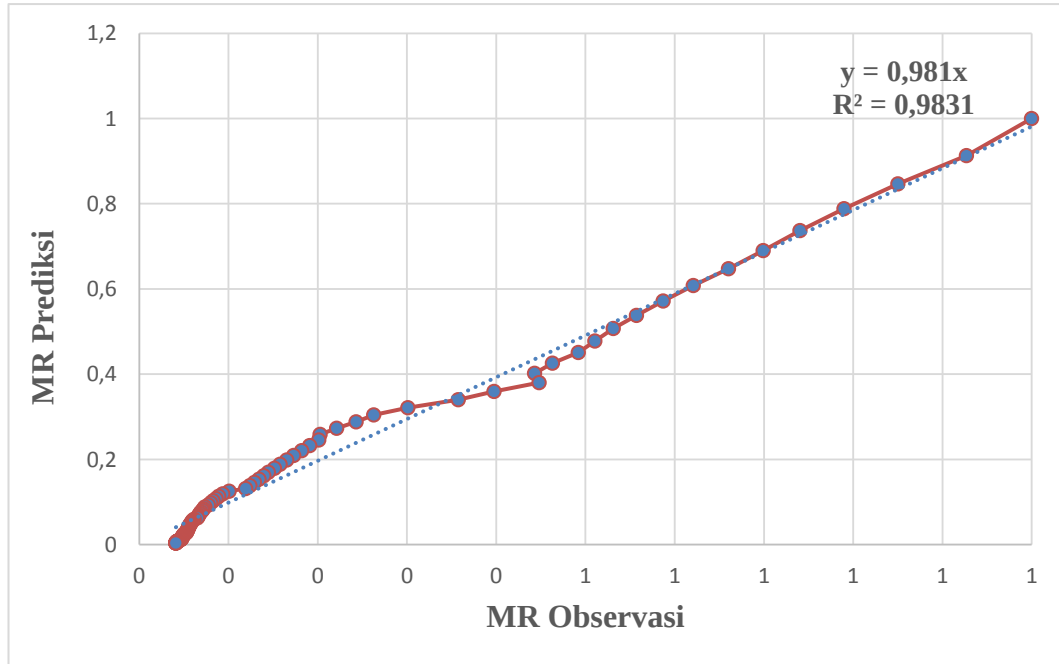
Model	Persamaan	Jenis Sampel (°C)	a	k	n	R ²
<i>Newton</i>	MR = EXP (-kt)	Suhu 40		0,2506		0,9807
		Suhu 50		0,4354		0,9584
		Suhu 60		0,5739		0,9913
<i>Hendarson & Pabis</i>	MR = a exp (-k*t)	Suhu 40	0,9607	0,2401		0,9809
		Suhu 50	0,8761	0,3728		0,9625
		Suhu 60	0,9714	0,5564		0,9915
<i>Page</i>	exp (-k.t ⁿ)	Suhu 40		0,3053	0,8729	0,9831
		Suhu 50		0,6117	0,6719	0,9809
		Suhu 60		0,6286	0,8786	0,9942

Tabel 4. Hasil analisa model persamaan pengeringan lapis tipis buah naga dengan ukuran dimensi 2×2×2 cm.

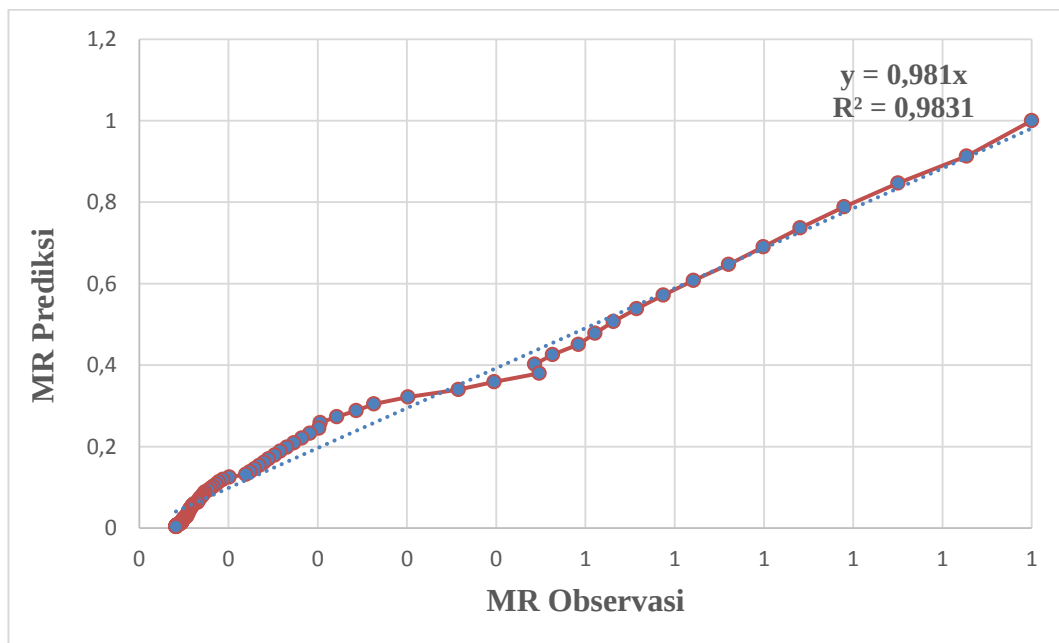
Model	Persamaan	Jenis Sampel (°C)	a	k	n	R ²
<i>Newton</i>	MR = EXP (-kt)	Suhu 40		0,1569		0,9822
		Suhu 50		0,2553		0,9799
		Suhu 60		0,3539		0,9977
<i>Hendarson & Pabis</i>	MR = a exp (-k*t)	Suhu 40	0,9285	0,1445		0,9837
		Suhu 50	0,9157	0,2312		0,9819
		Suhu 60	0,9880	0,3495		0,9978
<i>Page</i>	exp (-k.t ⁿ)	Suhu 40		0,2247	0,8240	0,9913
		Suhu 50		0,3575	0,7841	0,9909
		Suhu 60		0,3765	0,9507	0,9984

Pada Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan nilai konstanta dari model yang diuji berdasarkan data hasil pengeringan buah naga dengan kecepatan pengering 1,0 m/s dengan suhu pengering 40 °C, 50 °C, dan 60 °C. Berdasarkan data hasil analisis yang tersajikan pada tabel di atas menunjukkan bahwasanya model matemematika yang nilai R² nya paling mendekati angka satu ialah Model *Page* dengan rata-rata nilai R² menunjukkan secara konsisten menghasilkan nilai

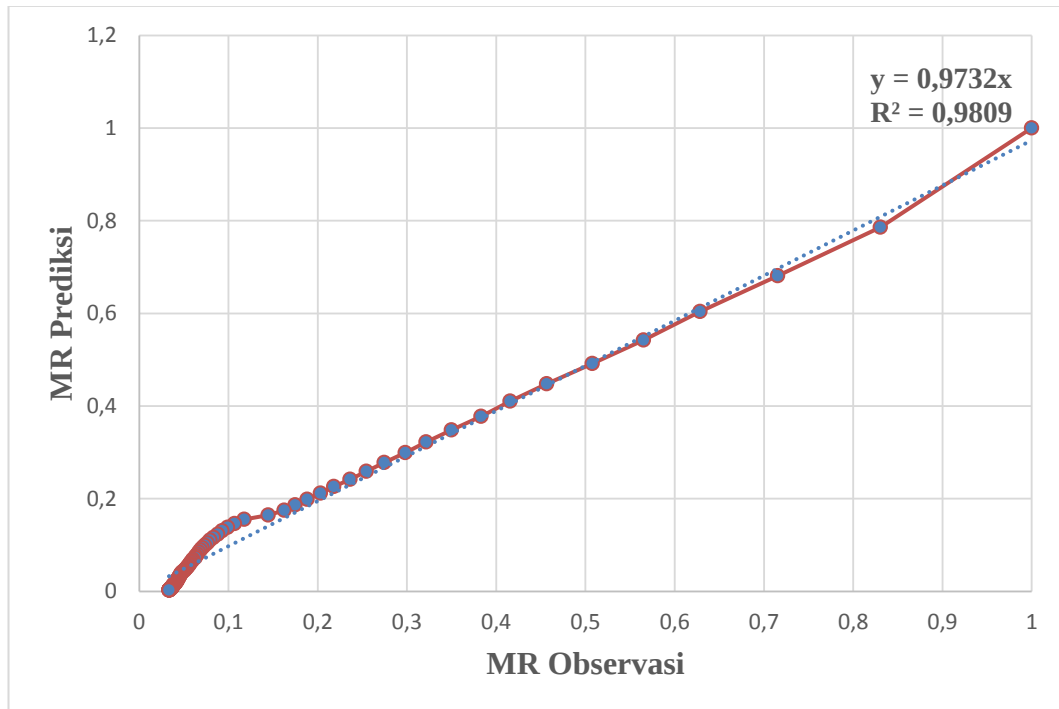
tertinggi dibandingkan dengan model yang lainnya. Nilai R^2 dan nilai konstanta terus mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan temperatur, sedangkan nilai konstanta a dan n memiliki pola yang sama yakni nilai konstanta a dan n memiliki nilai yang paling rendah di suhu ke 50 °C. Adapun kegunaan dari konstanta a , k dan n yakni untuk menentukan nilai MR prediksi.



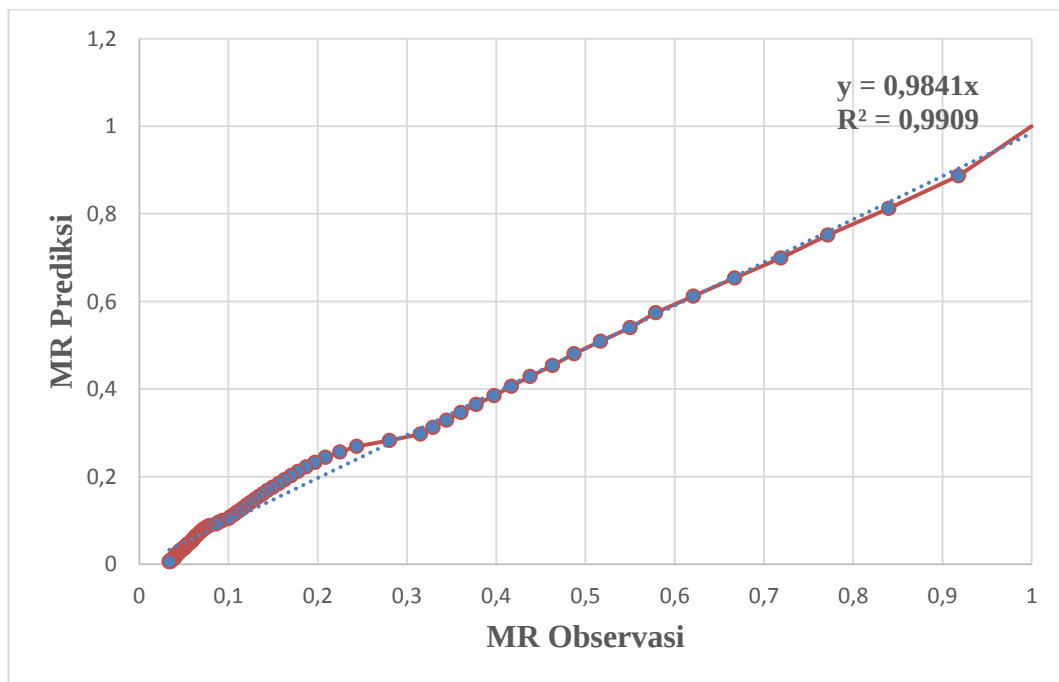
Gambar 12. Hubungan MR Observasi dan MR Prediksi untuk sampel dengan dimensi 2×2×1 cm suhu 40 °C



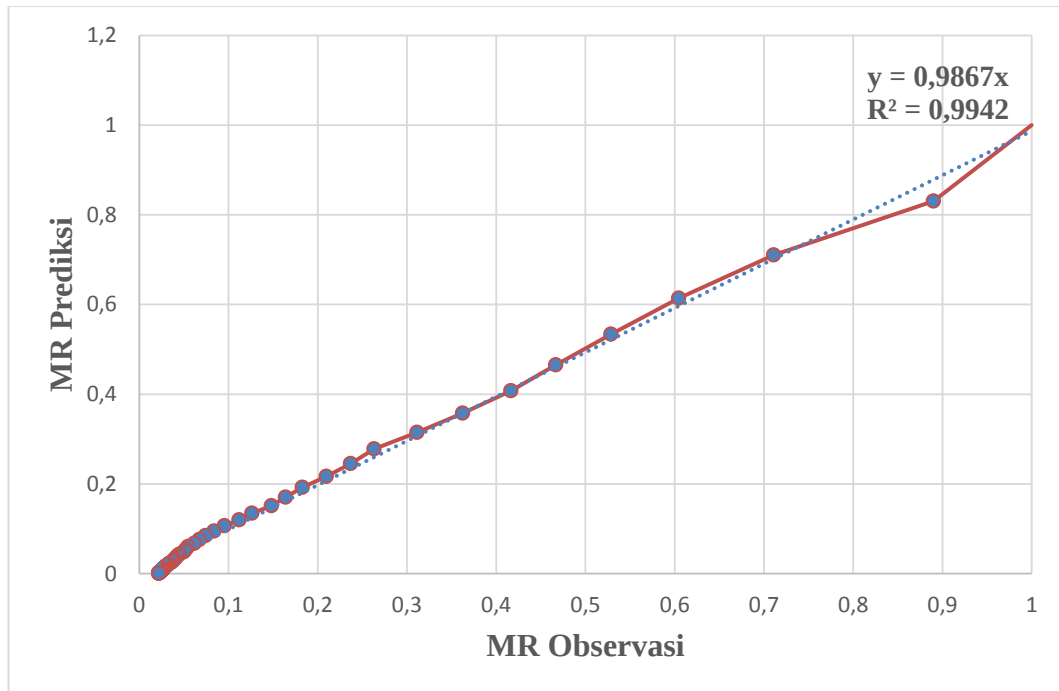
Gambar 13. Hubungan MR Observasi dan MR Prediksi untuk sampel dengan dimensi 2×2×2 cm suhu 40 °C



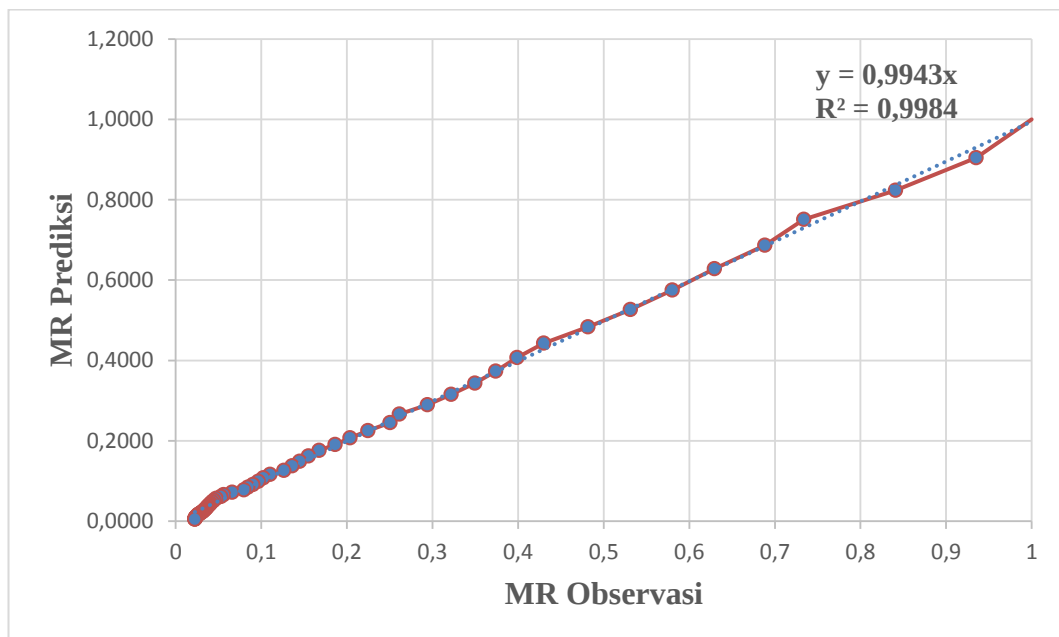
Gambar 14. Hubungan MR Observasi dan MR Prediksi untuk sampel dengan sampel 2×2×1 cm suhu 50 °C



Gambar 15. Hubungan MR Observasi dan MR Prediksi untuk sampel dengan dimensi 2×2×2 cm suhu 50 °C



Gambar 16. Hubungan MR Observasi dan MR Prediksi untuk sampel dengan dimensi 2×2×1 cm suhu 60 °C



Gambar 17. Hubungan MR Observasi dan MR Prediksi untuk sampel dengan dimensi 2×2×2 cm suhu 60 °C

Pada Gambar 12 hingga Gambar 17 mempertegas bahwas model *Page* lebih representatif guna menggambarkan perilaku pengeringan lapis tipis buah naga dengan nilai R^2 dengan konsisten memiliki nilai tertinggi mendekati angka satu. Pada sampel dengan dimensi 2×2×1 cm suhu 40 °C memiliki nilai R^2 sebesar 0,9831 dan pada sampel dengan dimensi 2×2×2 cm suhu 40 °C sebesar 0,9913,

sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 1$ cm suhu 50°C sebesar 0,9809, sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 2$ cm suhu 50°C sebesar 0,9909, sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 1$ cm suhu 60°C sebesar 0,9942, sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 2$ cm suhu 60°C sebesar 0,9984 dibandingkan dengan dua model yang lainnya yakni Model *Newton* dan Model *Hendarston and Pabis*, yang mana nilai R^2 pada model *Newton* pada sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 1$ cm suhu memiliki 40°C nilai R^2 sebesar 0,9807 dan pada sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 2$ cm suhu memiliki 40°C sebesar 0,9822, sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 1$ cm suhu 50°C sebesar 0,9584, sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 2$ cm suhu 50°C sebesar 0,9799, sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 1$ cm suhu 60°C sebesar 0,9913, sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 2$ cm suhu 60°C sebesar 0,9984 dan nilai R^2 pada model *Hendarston and Pabis* pada sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 1$ cm suhu memiliki 40°C memiliki nilai R^2 sebesar 0,9809 dan pada sampel dengan ukuran dimensi $2 \times 2 \times 2$ cm suhu memiliki 40°C sebesar 0,9837, sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 1$ cm suhu 50°C sebesar 0,9625, sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 2$ cm suhu 50°C sebesar 0,9819, sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 1$ cm suhu 60°C sebesar 0,9915, sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 2$ cm suhu 60°C sebesar 0,9978. Dari semua nilai R^2 pada pengujian model *page*, perlakuan dengan suhu 60°C lah yang paling mendekati nilai satu.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pengeringan lapis tipis yang telah dilakukan dengan menggunakan alat pengering tipe *batch dryer* dengan ukuran dimensi sampel $2 \times 2 \times 1$ cm dan $2 \times 2 \times 2$ cm dengan variasi suhu yakni suhu 40°C , 50°C , dan 60°C dengan kecepatan udara pengering sebesar $1,0 \text{ m/s}$ dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Model pengeringan lapis tipis yang paling sesuai dengan karakteristik pengeringan lapis tipis buah naga yakni model *Page* dikarenakan model *Page* memiliki nilai R^2 yang paling mendekati angka satu.
2. Model *Page* menghasilkan hubungan nilai *Moisture Ratio* prediksi yang cocok dengan *Moisture Ratio* eksperimen yang mana sampel yang memiliki nilai R^2 yang paling mendekati angka satu yaitu sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 2$ cm pada perlakuan suhu 60°C dengan nilai R^2 sebesar 0,9984.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyari, Agus. 2012. *Manajemen Produksi Perencanaan Sistem Produksi*, Yogyakarta: BPFE
- Amiruddin. 2013. *Perubahan Sifat Fisik Talas (Colocasia Esculenta L. Schoot) Selama Pengeringan Lapis Tipis*. Skripsi. Program Studi Keteknikan Pertanian Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Brooker, D. B., et. al. 1981. *Drying Cereal Grain*. The AVI Publishing Company. Inc. West Port, Connecticut
- Brooker, D. B., F. W. Bakker-arkema and C. W. Hall, 1974. *Drying Cereal Grains*. The AVI Publishing Company, Inc. Wesport.
- Caahyono, B. 2009. *Buku Terlengkap Sukses Bertanam Buah Naga*. Jakarta: Pustaka Nina.
- Erviani, A, E. 2012. *Model Pengeringan Lapis Tipis dan Perubahan Warna Selama Proses Pengeringan Kacang Merah (Phaseolus vulgaris L.) Varietas Hawaiian Wonder*. Universitas Hasanuddin: Makassar
- Fatih, M, Roshanak, S, Rahimmalek, M. and Goli, S. A. H. 6. *Thin-Layer Drying of Tea Leaves: Mass Transfer modeling Using Semi-Empirical and Intelligent Models*. Dapartemen of Food Science and Technology, Chollage of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan 8415683111, Iran
- Garavand, A. T., et. al. 2011. *Mathematical modelling of tin layer drying kinetics of tomato influence of air dryer conditions*. International Transaction Jurnal of Engineering, Management, International Transaction Jurnal of Engineering, Management, Applied Sciences, and Technologies 2: 147-160.
- Hasyim, B. A. 2011. *Rancang Bangun Alat Pengering Yang Memanfaatkan Gas Buangan Berdasarkan Kajian Perpindahan Panas Dan Karakteristik Koefisien Difusivitas Kerupuk*. Jurnal Teknik.
- Hernandez, Y.D.O. dan J.A.C. Salazar. 2012. *Pitahaya (Hylocereus spp): a short review*. Comunicata Scientiae 3 (4): 220-237
- Irfan FK. 2015. *Desain Sistem Kendali Pengeringan Gbah dengan Kolektor Surya dan Air Sebagai Media Penyimpan Panas*. Institut Pertanian Bogor: Bogor
- Irwan, et. al.. 2016. *Juknis Teknis Budidaya Buah Naga*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP): Jawa Barat.
- Irwan, T., Junaedi M., dan Iqbal. 2020. *Pengeringan Passcive Irisan Umbi Uwi (Dioscorea alata L.)*. Universitas Hasanuddin: Makassar. Jurnal Agritechno, Vol. 13, No. 2, Hal. 127-134.

- Ishak. 2013. *Model Pengeringan Lapis Tipis Cengkeh (Syzygium aromaticum)*. Skripsi. Universitas Hasanuddin: Makassar
- Istadi, et. al. 2002. *Penentuan Konstanta Pengeringan dalam Sistem Pengering Lapis Tipis (Thin Layer Drying)*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi aparoses Kimia. Inovasi Produk Keberlanjutan, Hotel Shid Jaya Jakarta.
- Loveless, A. R. 1991. *Prinsip-prinsip Biologi Tumbuhan untuk Daerah Tropik dari Principles of Plant Biology for the Tropics oleh Kuswara Kartawinata*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Hal, 118-160.
- Mahadi, 2007. *Model Sistem dan Analisis Pengeringan Produk Makan*. Universitas Sumatra Utara. 2007
- Musdalifah, N. 2012. *Perubahan Warna pada Cabai Rawit (Capsicum Frutescense) Selama Pengeringan Lapis Tipis*. Serjana Program Studi Keteknikan Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian. Skripsi.
- Nurmahani, MM, Osman, A., Abdul Hamid A., Mohamad Ghazali, F. & P. D. 2012. 'Short Communication Antibacterial Property of *Hylocereus polyrizus* and *Hylocereus undatus* Peel Extract.Int.Food Res', p. 19 (1):77-84.
- Ramelan, A. H., & Riyadi, P. N. H., 1996. *Fisika Pertanian*. UNS-Press.oopo
- Ratnasari, Y. N. 2014. *Pengaruh Suhu dan Lama Perendaman Terhadap Laju Pengeringan Kacang Hijau pada Kinerja Alat Rotary Dryer (The Effect Of Temperature And Immersion Time On The Rate Drying Of Mung Bean On Rotary Dryer)*. Undip
- Safrizal, 2010. *Kadar Air Bahan*. Teknik Pasca Panen. Jurusan Teknik Pertanian. Universitas Pertanian. Universitas Syiah Kuala.
- Sodha, M.S., et. al. 1987. *Solar Crop Drying*. Volume i. crc Press, Inc. Boca Raton, Florida.Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian. Bina Ilmu, Surabaya.
- Susanto, T. dan B. Saneto, 1994. *Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian*. Bina Ilmu, Surabaya.
- Suryanto, et. al. 2011. *Isolation and Characterization of Chinolytic Bacteria and Their Potential to Inhibit Plant Pathogenic Fungi*. Microbiol Indones 5 (2): 144-148
- Taib, G.E., Gumbira, s., dan Wiratmaj, S. 1988. *Oprasi Pengeringan Pada Pengolahan Hasil Pertanian*. PT. Mediyatama Sarana Prakasa: Jakarta.
- Taufiq, M. 2004. *Pengaruh Temperatur Laju Pengeringan Pada Pengeringan Konvensional dan Fluidized Bed*.
- Toontom, N., Posri, W., Lertsiri, S., and Meenune, M. 2016. *Effect of Drying Methods on Thai Dried Chilli's Hotness and Pungent Oudour Characteristics and Consumer Liking*. Dapartment of Food Technology,

Faculty of Agro-industry, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla: Thailand.

- Putri, N.K, Gunawan, I.W.G, Suarsana, I. (2015). *Aktivitas Antioksidan Antosianin dalam Ekstrak Etanol Kulit Buah Naga Merah Super Merah (Hylocereus costaricensis) dan Analisis Kadar Totalnya*. Jurnal Kimia 9 (2), pp. 243–251.
- Winarsih S. 2007. *Mengenal dan membudidayakan buah naga*. Aneka Ilmu, Semarang.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil perhitungan kadar air basis basah, kadar air basis kering, dan *Moisture Rasio* sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 1$ dan sampel dimensi $2 \times 2 \times 2$ dengan suhu 40°C .

Menit	Kabb (%)		Kabk (%)		MR	
	$2 \times 2 \times 1$	$2 \times 2 \times 2$	$2 \times 2 \times 1$	$2 \times 2 \times 2$	$2 \times 2 \times 1$	$2 \times 2 \times 2$
0	84,98854	85,84847	566,1576	606,6373	0,999996	0,999995
0,25	84,00782	85,26062	525,3054	578,4548	0,926995	0,952635
0,5	82,82537	84,4551	482,2541	543,2979	0,850064	0,893555
0,75	81,77009	83,77844	448,5492	516,4636	0,789835	0,848461
1	80,80553	83,16064	420,9835	493,8467	0,740577	0,810453
1,25	79,91411	82,59581	397,8619	474,5744	0,699259	0,778067
1,5	78,99666	82,01893	376,1148	456,1404	0,660398	0,747089
1,75	77,97363	81,37285	354,0012	436,8507	0,620882	0,714673
2	77,01569	80,78067	335,0794	420,3094	0,58707	0,686876
2,25	76,10219	80,21442	318,4484	405,4187	0,557351	0,661852
2,5	75,23824	79,71601	303,8485	392,9997	0,531262	0,640982
2,75	74,50652	79,26641	292,2572	382,3092	0,510549	0,623017
3	73,81324	78,85494	281,8723	372,9237	0,491991	0,607245
3,25	72,66199	78,19795	265,7911	358,6725	0,463255	0,583296
3,5	71,78924	77,70219	254,4746	348,4746	0,443033	0,566159
3,75	72,0159	77,1297	257,3458	337,2483	0,448164	0,547293
4	69,61344	76,7019	229,0929	329,2196	0,397677	0,533801
4,25	67,39531	76,33258	206,7043	322,5218	0,35767	0,522546
4,5	63,64848	73,9562	175,0916	283,9685	0,301179	0,457758
4,75	60,56847	72,39018	153,6042	262,19	0,262782	0,421159
5	58,78391	71,45782	142,6237	250,3587	0,243161	0,401277
5,25	56,5984	70,68703	130,4062	241,146	0,221329	0,385796
5,5	54,55933	69,86248	120,0672	231,8123	0,202853	0,370111
5,75	54,36616	69,29303	119,1356	225,659	0,201189	0,35977
6	53,16501	68,69488	113,5156	219,4365	0,191146	0,349313
6,25	52,02227	68,15204	108,4301	213,9919	0,182058	0,340164
6,5	50,82977	67,56916	103,3751	208,3485	0,173025	0,33068
6,75	49,77757	67,04921	99,11423	203,4828	0,165411	0,322504
7	48,71956	66,49971	95,00611	198,5049	0,15807	0,314138
7,25	47,73725	66,01862	91,34087	194,2788	0,151521	0,307036
7,5	46,69489	65,15389	87,59927	186,9761	0,144835	0,294764
7,75	45,87535	65,0275	84,7587	185,939	0,139759	0,293021
8	44,97479	64,56049	81,73488	182,1709	0,134355	0,286689
8,25	44,08198	64,11091	78,83323	178,6362	0,12917	0,280749
8,5	43,17945	63,57999	75,99267	174,5744	0,124094	0,273923
8,75	42,32361	63,15203	73,38119	171,3854	0,119428	0,268564

Lanjutan Tabel Lampiran 1. Hasil perhitungan kadar air basis basah, kadar air basis kering, dan *Moisture Rasio* sampel dengan dimensi 2×2×1 dan sampel dimensi 2×2×2 dengan suhu 40 °C.

Menit	Kabb (%)		Kabk (%)		MR	
	2×2×1	2×2×2	2×2×1	2×2×2	2×2×1	2×2×2
9	38,63168	60,24258	62,95052	151,5254	0,100789	0,23519
9,25	37,08081	58,63363	58,93403	141,7423	0,093611	0,21875
9,5	36,11707	57,6309	56,53635	136,0211	0,089327	0,209136
9,75	35,37945	56,897	54,74954	132,0024	0,086134	0,202382
10	34,61154	56,11227	52,93219	127,8541	0,082886	0,195411
10,25	33,95199	55,92168	51,40501	126,8689	0,080157	0,193756
10,5	33,33333	55,59521	50	125,2009	0,077647	0,190953
10,75	32,28542	53,49463	47,67868	115,029	0,073499	0,173859
11	31,94055	53,06073	46,93036	113,0412	0,072161	0,170518
11,25	31,59929	52,63223	46,19731	111,114	0,070851	0,16728
11,5	31,11719	52,03929	45,1741	108,504	0,069023	0,162894
11,75	30,85533	51,69492	44,62431	107,0175	0,068041	0,160396
12	30,54731	51,24716	43,9829	105,1162	0,066894	0,157201
12,25	30,31819	50,90793	43,50947	103,6989	0,066048	0,154819
12,5	30,10994	50,56396	43,08186	102,2816	0,065284	0,152437
12,75	29,07279	48,43353	40,98962	93,92447	0,061546	0,138393
13	28,71761	47,59986	40,28711	90,83917	0,06029	0,133208
13,25	28,39803	46,90741	39,66097	88,35019	0,059171	0,129026
13,5	28,2175	46,37097	39,30971	86,46617	0,058544	0,12586
13,75	27,9648	45,84893	38,82101	84,66857	0,05767	0,122839
14	27,75816	45,35279	38,42395	82,99196	0,056961	0,120021
14,25	27,63042	44,96813	38,1796	81,7129	0,056524	0,117872
14,5	27,47813	44,65225	37,88943	80,67583	0,056006	0,116129
14,75	27,31713	44,33272	37,584	79,63875	0,05546	0,114386
15	27,19591	44,04739	37,35492	78,72267	0,05505	0,112847
15,25	27,12298	43,7837	37,21747	77,88437	0,054805	0,111438
15,5	27,00111	43,46509	36,98839	76,88186	0,054396	0,109753
15,75	26,91149	43,22096	36,8204	76,12134	0,054095	0,108475
16	26,76434	42,95785	36,54551	75,30896	0,053604	0,10711
16,25	26,69055	42,75183	36,40806	74,67807	0,053359	0,10605
16,5	26,65771	42,54432	36,34698	74,04719	0,053249	0,10499
16,75	26,51779	42,30079	36,08735	73,31259	0,052785	0,103755
17	26,4187	42,09288	35,90409	72,69035	0,052458	0,10271
17,25	25,95273	40,95224	35,04887	69,35442	0,05093	0,097104
17,5	25,8017	40,564	34,77398	68,24821	0,050438	0,095245
17,75	25,65005	40,23861	34,49908	67,33212	0,049947	0,093705
18	25,55707	40,02488	34,33109	66,73581	0,049647	0,092703
18,25	25,4893	39,74379	34,20892	65,958	0,049429	0,091396
18,5	25,37041	39,5265	33,99511	65,36168	0,049047	0,090394

Lanjutan Tabel Lampiran 1. Hasil perhitungan kadar air basis basah, kadar air basis kering, dan *Moisture Rasio* sampel dengan dimensi 2×2×1 dan sampel dimensi 2×2×2 dengan suhu 40 °C.

Menit	Kabb (%)		Kabk (%)		MR	
	2×2×1	2×2×2	2×2×1	2×2×2	2×2×1	2×2×2
18,75	25,27673	39,32036	33,82712	64,79993	0,048746	0,08945
19	25,23407	39,15444	33,75076	64,35053	0,04861	0,088695
19,25	25,14005	38,98761	33,58277	63,90113	0,04831	0,08794
19,5	25,09723	38,84573	33,50641	63,52087	0,048173	0,087301
19,75	25,04579	38,67395	33,41478	63,06283	0,04801	0,086531
20	25,00286	38,59258	33,33842	62,84677	0,047873	0,086168
20,25	24,95989	38,41609	33,26206	62,38009	0,047737	0,085384
20,5	24,88241	38,3209	33,12462	62,12946	0,047491	0,084962
20,75	24,83067	38,2254	33,03299	61,87884	0,047327	0,084541
21	24,80478	38,16268	32,98717	61,71463	0,047246	0,084265
21,25	24,76158	38,02689	32,91081	61,3603	0,047109	0,08367
21,5	24,4752	37,6764	32,40684	60,45286	0,046209	0,082145
21,75	24,37052	37,41684	32,22358	59,7874	0,045881	0,081027
22	24,20419	37,02857	31,93341	58,80218	0,045363	0,079371
22,25	24,12514	36,72554	31,79597	58,04166	0,045117	0,078093
22,5	24,02831	36,54511	31,62798	57,59226	0,044817	0,077338
22,75	23,95773	36,269	31,5058	56,90952	0,044598	0,07619
23	23,78957	35,9586	31,21564	56,14899	0,04408	0,074912
23,25	23,67409	35,74166	31,0171	55,62181	0,043725	0,074026
23,5	23,54933	35,55556	30,8033	55,17241	0,043343	0,073271
23,75	23,42416	35,23815	30,58949	54,41189	0,042961	0,071993
24	23,32553	35,00169	30,4215	53,85014	0,042661	0,071049
24,25	23,22664	34,82228	30,25351	53,42667	0,042361	0,070338
24,5	23,17259	34,57167	30,16188	52,83899	0,042197	0,06935
24,75	23,12749	34,22952	30,08552	52,0439	0,04206	0,068014
25	23,07331	34,07213	29,99389	51,68093	0,041897	0,067404
25,25	23,03714	34,03831	29,9328	51,60315	0,041788	0,067273
25,5	23,01905	34,00445	29,90226	51,52537	0,041733	0,067142
25,75	23,00094	34,01574	29,87172	51,55129	0,041678	0,067186
26	22,94658	33,99315	29,78009	51,49944	0,041515	0,067099
26,25	22,94658	33,97432	29,78009	51,45623	0,041515	0,067026
26,5	22,91936	33,91776	29,73427	51,32659	0,041515	0,066808
26,75	22,90121	33,91776	29,70373	51,32659	0,041515	0,066808
27	22,89213	33,91399	29,68845	51,31795	0,041515	0,066794
27,25	23,06427	33,91399	29,97862	51,31795	0,041515	0,066794
27,5	22,83761	33,8611	29,59682	51,19696	0,041515	0,066591
27,75	22,83761	33,83085	29,59682	51,12782	0,041515	0,066474
28	22,83761	33,78541	29,59682	51,02411	0,041515	0,0663
28,25	22,83761	33,77404	29,59682	50,99819	0,041515	0,066256

Lampiran 2. Hasil perhitungan kadar air basis basah, kadar air basis kering, dan *Moisture Rasio* sampel dengan dimensi 2×2×1 dan sampel dimensi 2×2×2 dengan suhu 50 °C.

Menit	Kabb (%)		Kabk (%)		MR	
	2×2×1	2×2×2	2×2×1	2×2×2	2×2×1	2×2×2
0	84,46048	84,86853	543,8824	561,2274	0,999995	1,000004
0,25	81,89884	83,76564	452,5953	516,304	0,830379	0,918176
0,5	79,61174	82,54386	390,4797	473,5189	0,715256	0,839914
0,75	77,44928	81,31268	343,5944	436,2132	0,62836	0,771659
1	75,57519	80,24525	309,6104	407,3912	0,565127	0,719106
1,25	73,56855	79,06147	278,7128	379,052	0,507768	0,667345
1,5	71,47088	77,86193	251,1572	353,6302	0,456629	0,620847
1,75	69,55858	76,66281	229,1654	330,6331	0,415677	0,578886
2	67,83873	75,78428	211,5877	314,7832	0,382923	0,55014
2,25	65,88676	74,66111	193,8334	296,4674	0,349867	0,516791
2,5	63,9802	73,56459	178,4751	280,2692	0,321334	0,48723
2,75	62,29927	72,61657	166,0513	267,0006	0,298163	0,463133
3	60,37789	71,53914	153,3676	253,2824	0,274611	0,438114
3,25	58,58863	70,56987	142,5194	241,6868	0,254419	0,417009
3,5	56,8665	69,62297	132,85	230,9675	0,236388	0,397536
3,75	54,90284	68,5705	122,9234	220,0655	0,217954	0,377643
4	53,20278	67,62991	114,8617	210,7309	0,202927	0,360677
4,25	51,37111	66,67311	106,8971	201,9029	0,188112	0,34459
4,5	49,60439	65,71563	99,65612	193,4217	0,174605	0,329182
4,75	47,91574	64,80401	93,12608	185,7087	0,1624	0,315193
5	44,86632	61,97037	83,31872	167,0317	0,144361	0,280531
5,25	40,64059	59,06643	69,10993	146,5601	0,117455	0,24371
5,5	38,66962	57,31972	63,44416	136,1652	0,106776	0,224901
5,75	37,13632	55,70243	59,33703	127,1654	0,099047	0,208655
6	35,84408	54,46119	56,06387	120,8415	0,092901	0,197199
6,25	34,73187	53,30943	53,3757	115,3203	0,087868	0,187183
6,5	33,64625	52,17765	50,83841	110,199	0,083116	0,177877
6,75	32,79315	51,19186	48,89117	105,8901	0,079456	0,170063
7	32,04377	50,2655	47,22521	101,9558	0,076325	0,162944
7,25	31,32155	49,41426	45,66325	98,49713	0,073397	0,156676
7,5	30,63232	48,43069	44,21176	94,73	0,070688	0,149814
7,75	30,08789	47,54184	43,06952	91,37655	0,06853	0,143735
8	29,59555	46,75186	42,06366	88,4717	0,066646	0,138478
8,25	29,19686	45,99362	41,25442	85,75957	0,065119	0,133573
8,5	28,75427	45,28703	40,37662	83,3228	0,063484	0,129156
8,75	28,64949	44,56545	40,15484	80,89739	0,063013	0,124761
9	27,86809	43,87775	38,64376	78,63167	0,060233	0,120662
9,25	27,59249	43,24769	38,1153	76,62521	0,059247	0,117023
9,5	27,14822	42,56341	37,26971	74,47489	0,057659	0,113134

Lanjutan Tabel Lampiran 2. Hasil perhitungan kadar air basis basah, kadar air basis kering, dan *Moisture Ratio* sampel dengan dimensi 2×2×1 dan sampel dimensi 2×2×2 dengan suhu 50 °C.

Menit	Kabb (%)		Kabk (%)		MR	
	2×2×1	2×2×2	2×2×1	2×2×2	2×2×1	2×2×2
9,75	26,84919	41,89843	36,70838	72,45627	0,056613	0,109472
10	26,68754	41,3033	36,40535	70,68296	0,05604	0,106259
10,25	26,27982	40,61621	35,65147	68,69146	0,054639	0,102643
10,5	26,07974	40,08746	35,28204	67,18592	0,053936	0,099913
10,75	25,60553	38,71586	34,42259	63,60261	0,052354	0,093298
11	25,33405	37,9189	33,9353	61,54445	0,051453	0,089531
11,25	25,06067	37,18502	33,44618	59,66304	0,05054	0,086104
11,5	24,55869	35,61517	32,55411	55,51202	0,048853	0,078701
11,75	24,28523	34,85864	32,07495	53,64995	0,047955	0,075355
12	24,03572	34,24724	31,64103	52,18968	0,047145	0,072726
12,25	23,86734	33,78712	31,34979	51,11146	0,046601	0,070783
12,5	23,7047	33,35997	31,06967	50,12831	0,046072	0,06901
12,75	23,56356	33,01015	30,82773	49,33402	0,045617	0,067576
13	23,44906	32,62656	30,63218	48,47538	0,045249	0,066024
13,25	23,32548	32,28462	30,42194	47,72364	0,044853	0,064657
13,5	23,15707	31,99381	30,13601	47,08684	0,044322	0,063504
13,75	23,08076	31,70041	30,0069	46,45044	0,044081	0,062352
14	22,98006	31,43685	29,83713	45,88192	0,043762	0,061326
14,25	22,88561	31,14421	29,67802	45,25808	0,043467	0,060197
14,5	22,73084	30,95309	29,41848	44,8525	0,042982	0,059465
14,75	22,70363	30,70055	29,37325	44,32333	0,042894	0,058503
15	22,58551	30,48138	29,17596	43,86595	0,042526	0,057675
15,25	22,50974	30,07109	29,04972	43,01057	0,04229	0,056147
15,5	22,41908	29,69476	28,89883	42,25944	0,04201	0,054741
15,75	22,33371	29,529	28,75731	41,9339	0,041745	0,05413
16	22,13835	29,22699	28,43328	41,33426	0,041153	0,053027
16,25	22,05511	28,99348	28,29592	40,86991	0,040901	0,052181
16,5	21,97367	28,86013	28,16204	40,60453	0,040651	0,051699
16,75	21,86703	28,6482	27,98708	40,18325	0,040326	0,050938
17	21,81725	28,55468	27,90549	39,99591	0,040178	0,050604
17,25	21,74	28,42078	27,77925	39,73046	0,039942	0,050127
17,5	21,57101	27,82458	27,50494	38,56343	0,039416	0,04803
17,75	21,37314	27,5087	27,18489	37,95395	0,038814	0,046938
18	21,31403	27,3318	27,08919	37,61584	0,038636	0,046331
18,25	21,20763	27,19449	26,9183	37,35424	0,038313	0,045866
18,5	21,15974	27,03408	26,84194	37,05197	0,038167	0,045318
18,75	21,12084	26,92541	26,77969	36,84781	0,03805	0,044948
19	21,07759	26,8271	26,71097	36,66413	0,037918	0,044612
19,25	21,02894	26,68624	26,63345	36,40061	0,037771	0,044141

Lanjutan Tabel Lampiran 2. Hasil perhitungan kadar air basis basah, kadar air basis kering, dan *Moisture Rasio* sampel dengan dimensi 2×2×1 dan sampel dimensi 2×2×2 dengan suhu 50 °C.

Menit	Kabb (%)		Kabk (%)		MR	
	2×2×1	2×2×2	2×2×1	2×2×2	2×2×1	2×2×2
19,5	20,9884	26,61859	26,56771	36,27503	0,037653	0,04391
19,75	20,95946	26,43076	26,52189	35,92728	0,037653	0,043274
20	20,91934	26,24045	26,45732	35,57767	0,037653	0,042628
20,25	20,84174	26,18194	26,33388	35,47011	0,037653	0,042433
20,5	20,78469	26,09775	26,24186	35,31542	0,037653	0,042154
20,75	20,79104	25,98271	26,25298	35,10501	0,037653	0,041771
21	20,75536	25,92114	26,19546	34,9932	0,037653	0,041563
21,25	20,62117	25,869	25,98232	34,8982	0,037653	0,041391
21,5	20,58018	25,75524	25,91658	34,69132	0,037653	0,041015
21,75	20,31686	25,68249	25,49752	34,55942	0,037653	0,040775
22	20,55557	25,60635	25,87782	34,42208	0,037653	0,040522
22,25	20,51502	25,51101	25,81325	34,25017	0,037653	0,040208
22,5	20,47902	25,46232	25,75573	34,16221	0,037653	0,040049
22,75	20,47902	25,43596	25,75573	34,11515	0,037653	0,039961
23	20,42748	25,3519	25,67356	33,96358	0,037653	0,039688
23,25	20,40683	25,26676	25,64069	33,81088	0,037653	0,039411
23,5	20,31361	25,26273	25,49279	33,80383	0,037653	0,039397
23,75	20,34309	25,13565	25,54084	33,57654	0,037653	0,038983
24	20,31263	25,04884	25,4927	33,42144	0,037653	0,038704
24,25	20,22797	24,961	25,35999	33,26475	0,037653	0,038423
24,5	20,2127	24,88828	25,33592	33,13559	0,037653	0,03819
24,75	20,17177	24,71209	25,27135	32,82527	0,037653	0,037613
25	20,12038	24,60715	25,19034	32,64126	0,037653	0,037272
25,25	20,00406	24,49157	25,00832	32,4379	0,037653	0,036903
25,5	19,93823	24,40314	24,90557	32,28327	0,037653	0,036619
25,75	19,88769	24,38467	24,82688	32,25109	0,037653	0,03656
26	19,87781	24,34469	24,81161	32,18122	0,037653	0,036433
26,25	19,86763	24,32129	24,79576	32,14041	0,037653	0,036358
26,5	19,86763	24,27444	24,79576	32,05877	0,037653	0,036208
26,75	19,81584	24,24023	24,71475	31,99867	0,037653	0,036102
27	19,78614	24,1584	24,66894	31,85661	0,037653	0,035841
27,25	19,77565	24,13433	24,6525	31,8146	0,037653	0,035765
27,5	19,74066	24,05492	24,59847	31,67725	0,037653	0,035512
27,75	19,73016	24,02547	24,58204	31,6258	0,037653	0,03542
28	19,69951	23,97577	24,53448	31,53984	0,037653	0,035263
28,25	19,65218	23,93629	24,46053	31,47197	0,037653	0,035137
28,5	19,64164	23,92162	24,44409	31,44644	0,037653	0,035092
28,75	19,64164	23,89473	24,44409	31,3997	0,037653	0,035008
29	19,62674	23,85998	24,42118	31,33921	0,037653	0,034901

Lanjutan Tabel Lampiran 2. Hasil perhitungan kadar air basis basah, kadar air basis kering, dan *Moisture Rasio* sampel dengan dimensi 2×2×1 dan sampel dimensi 2×2×2 dengan suhu 50 °C.

Menit	Kabb (%)		Kabk (%)		MR	
	2×2×1	2×2×2	2×2×1	2×2×2	2×2×1	2×2×2
29,25	19,60685	23,84392	24,39064	31,31175	0,037653	0,03485
29,5	19,58694	23,76005	24,3601	31,16816	0,037653	0,034583
29,75	19,5559	23,47786	24,31196	30,68147	0,037653	0,03372
30	19,51426	23,65417	24,24738	30,98601	0,037653	0,034252

Lampiran 3. Hasil perhitungan kadar air basis basah, kadar air basis kering, dan *Moisture Rasio* sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 1$ dan sampel dengan dimensi $2 \times 2 \times 2$ dengan suhu 60°C

Menit	Kabb (%)		Kabk (%)		MR	
	$2 \times 2 \times 1$	$2 \times 2 \times 2$	$2 \times 2 \times 1$	$2 \times 2 \times 2$	$2 \times 2 \times 1$	$2 \times 2 \times 2$
0	86,20121	84,36173	625,0307	539,5356	1,000001	1,000001
0,25	84,70906	83,47951	555,718	505,3254	0,889942	0,935157
0,5	81,34878	81,98863	444,0869	455,948	0,710765	0,840979
0,75	78,76074	79,75688	378,4983	400,0261	0,60452	0,733928
1	76,44992	78,62296	331,7069	376,0895	0,528656	0,688283
1,25	74,15656	77,12919	293,4918	345,0699	0,466689	0,629494
1,5	71,91975	75,69721	262,4449	319,0449	0,416378	0,580158
1,75	68,8332	74,03445	229,0043	293,1861	0,362473	0,531068
2	64,97931	72,03482	197,1043	267,2224	0,311177	0,481696
2,25	60,2069	69,41982	167,287	240,0268	0,263246	0,429887
2,5	57,5567	67,8416	151,1173	223,6683	0,236984	0,398894
2,75	54,48019	66,27819	134,339	210,432	0,209703	0,373727
3	51,38942	64,7529	117,8397	197,6682	0,182735	0,349527
3,25	49,09464	63,16559	106,426	182,9415	0,164039	0,321763
3,5	46,78781	61,3642	96,56349	168,24	0,147924	0,294025
3,75	43,30661	58,80247	83,22853	150,9228	0,126129	0,261276
4	40,97983	57,7567	74,63029	145,2604	0,112014	0,250516
4,25	38,07238	55,64014	64,61724	131,4471	0,095525	0,224509
4,5	35,63505	53,66053	57,44246	120,4828	0,083737	0,203828
4,75	33,49393	51,79414	51,71198	111,1092	0,074318	0,186144
5	31,73988	49,39112	47,47302	101,3322	0,067371	0,167593
5,25	30,24773	47,83824	44,01278	94,69322	0,061682	0,155075
5,5	28,335	46,44117	39,83081	89,26313	0,054788	0,144821
5,75	27,5544	45,19543	38,2759	84,63384	0,052249	0,136083
6	26,8711	43,74519	36,92832	79,50708	0,050039	0,12641
6,25	25,16545	40,68443	33,83432	71,00898	0,045047	0,110209
6,5	24,37296	39,27531	32,37363	66,83423	0,042651	0,102319
6,75	23,78517	38,1457	31,32452	63,7176	0,040935	0,096419
7	23,21674	36,9872	30,32516	60,5013	0,039298	0,090347
7,25	22,62902	35,7901	29,30412	57,24103	0,03762	0,0842
7,5	22,12749	34,83432	28,45233	54,78236	0,036221	0,079559
7,75	21,21939	32,06078	26,94134	47,58962	0,033727	0,066075
8	20,66161	29,61799	26,04286	42,1801	0,032247	0,055907
8,25	20,22646	28,78523	25,35559	40,47478	0,031113	0,052694
8,5	19,57201	27,30923	24,34373	37,57268	0,029447	0,047238
8,75	19,30564	26,60148	23,93854	36,24275	0,028781	0,044727
9	19,08075	26,01254	23,59476	35,15808	0,028224	0,04267
9,25	18,85454	25,47977	23,25126	34,19212	0,027667	0,040832
9,5	18,67021	25,05249	22,97418	33,42672	0,027215	0,039384

Lanjutan Tabel Lampiran 3. Hasil perhitungan kadar air basis basah, kadar air basis kering, dan *Moisture Rasio* sampel dengan dimensi 2×2×1 dan sampel dengan dimensi 2×2×2 dengan suhu 60 °C

Menit	Kabb (%)		Kabk (%)		MR	
	2×2×1	2×2×2	2×2×1	2×2×2	2×2×1	2×2×2
9,75	18,57806	24,64261	22,83439	32,70099	0,02699	0,038008
10	18,38698	24,2599	22,54898	32,03049	0,026525	0,036736
10,25	18,26621	23,94185	22,37001	31,47838	0,026233	0,035688
10,5	18,07983	23,65301	22,0907	30,98124	0,025783	0,034748
10,75	17,83222	23,21412	21,71969	30,23228	0,025188	0,033321
11	17,69397	22,98563	21,51348	29,84595	0,024858	0,032585
11,25	17,62761	22,555	21,41343	29,12463	0,0247	0,03121
11,5	17,4601	22,12622	21,16914	28,41515	0,024302	0,029857
11,75	17,36482	21,88829	21,03074	28,02489	0,024076	0,029114
12	17,26403	21,6492	20,88289	27,63451	0,023837	0,028372
12,25	17,18002	21,24144	20,75894	26,97152	0,023639	0,027121
12,5	16,99344	20,93719	20,49076	26,4823	0,0232	0,026195
12,75	16,84073	20,72475	20,26927	26,14291	0,022843	0,025554
13	16,82321	20,58321	20,2462	25,91798	0,022802	0,025129
13,25	16,74937	20,42871	20,13976	25,67358	0,022629	0,024664
13,5	16,69795	20,27607	20,06667	25,43314	0,02251	0,024205
13,75	16,63505	20,19078	19,97718	25,29883	0,022363	0,023954
14	16,58381	20,08263	19,90326	25,12933	0,022244	0,023631
14,25	16,54369	20,02718	19,84629	25,04256	0,022151	0,023466
14,5	16,48039	19,91852	19,75708	24,87281	0,022005	0,023146
14,75	16,45738	19,85528	19,72456	24,77431	0,021951	0,022958
15	16,4458	19,83743	19,70844	24,74652	0,021925	0,022908
15,25	16,42856	19,75118	19,68399	24,61245	0,021885	0,022653
15,5	16,40537	19,71301	19,65175	24,55323	0,021831	0,022542
15,75	16,39956	19,6901	19,64369	24,51772	0,021818	0,022475
16	16,39376	19,68247	19,63563	24,5059	0,021805	0,022452
16,25	16,39376	19,67992	19,63563	24,50195	0,021805	0,022445

Lampiran 4. Data hasil pengamatan dan RH lingkungan serta di dalam ruang pengering pada suhu 40 °C

Menit	Lingkungan		Ruang Pengering	
	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)
0				
0,25	30,2	69	40	48
0,5	30	68	40	44
0,75	30,3	68	40	44
1	30,3	68	40	42
1,25	30,5	60	40	42
1,5	30,5	60	40	41
1,75	30,3	66	40	42
2	30,1	60	40	43
2,25	30	60	40	39
2,5	30	60	40	42
2,75	30,5	58	40	43
3	30,6	59	40	46
3,25	31	62	40	42
3,5	31,3	66	40	46
3,75	31,2	63	40	42
4	31,4	64	40	46
4,25	31,3	64	40	43
4,5	28,6	74	40	46
4,75	29,3	71	40	45
5	29,4	70	40	44
5,25	29,9	68	40	42
5,5	30,1	68	40	41
5,75	30,6	65	40	45
6	30,7	66	40	44
6,25	30,3	64	40	45
6,5	29,6	58	40	45
6,75	30,9	64	40	43
7	31	63	40	43
7,25	31,2	58	40	44
7,5	31,4	60	40	45
7,75	31,5	60	40	43
8	31,6	61	40	42
8,25	31,6	61	40	42
8,5	31,6	61	40	42
8,75	31,6	61	40	43
9	29,3	65	40	41
9,25	29,9	64	40	41
9,5	30,3	59	40	40
9,75	30,7	62	40	40

Lanjutan Tabel Lampiran 4. Data hasil pengamatan dan RH lingkungan serta di dalam ruang pengering pada suhu 40 °C

Menit	Lingkungan		Ruang Pengering	
	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)
10	30,9	60	40	40
10,25	30,9	60	40	40
10,5	30,5	56	40	39
10,75	30,6	53	40	39
11	30	53	40	37
11,25	30,1	56	40	37
11,5	30,1	56	40	37
11,75	30,5	58	40	39
12	30,9	59	40	40
12,25	31	60	40	41
12,5	31	61	40	41
12,75	29	70	40	44
13	29,5	66	40	42
13,25	29,7	63	40	42
13,5	30	64	40	42
13,75	30,1	63	40	41
14	30,1	61	40	41
14,25	30	61	40	42
14,5	30	60	40	41
14,75	30	59	40	41
15	30	59	40	41
15,25	30,3	61	40	41
15,5	30,5	61	40	41
15,75	30,8	62	40	40
16	31	60	40	41
16,25	31,1	59	40	4040
16,5	31,1	59	40	40
16,75	31,1	59	40	42
17	30	60	40	42
17,25	28,5	65	40	41
17,5	29,7	62	40	41
17,75	29,7	60	40	40
18	29,5	58	40	40
18,25	30,1	60	40	41
18,5	30	55	40	41
18,75	30	56	40	40
19	30,3	56	40	40
19,25	30,7	56	40	40
19,5	30,8	55	40	40
19,75	31	55	40	39

Lanjutan Tabel Lampiran 4. Data hasil pengamatan dan RH lingkungan serta di dalam ruang pengering pada suhu 40 °C

Menit	Lingkungan		Ruang Pengering	
	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)
20	31,1	55	40	39
20,25	31,1	54	40	39
20,5	31,2	54	40	40
20,75	31,2	54	40	41
21	30,9	54	40	41
21,25	31	54	40	41
21,5	28,8	54	40	40
21,75	28,9	54	40	40
22	29	54	40	41
22,25	29,7	54	40	40
22,5	29	54	40	41
22,75	30	55	40	41
23	30	54	40	44
23,25	30	55	40	43
23,5	30	56	40	42
23,75	30,7	62	40	43
24	31	61	40	43
24,25	31	59	40	42
24,5	31,1	59	40	42
24,75	30,3	52	40	42
25	30,7	53	40	43
25,25	31	51	40	43
25,5	31,1	50	40	42
25,75	31,1	49	40	43
26	31,1	50	40	41
26,25	31	51	40	42
26,5	31,2	52	40	42
26,75	30,8	54	40	41
27	30,7	55	40	40
27,25	31,2	55	40	39
27,5	31,1	56	40	38,9
27,75	31,1	55	40	39
28	31	56	40	38
28,25	31,2	57	40	36

Lampiran 5. Data hasil pengamatan dan RH lingkungan serta di dalam ruang pengering pada suhu 50 °C

Menit	Lingkungan		Ruang Pengering	
	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)
0				
0,25	29,55	69	50	27
0,5	29,55	65	50	28
0,75	29,65	64	50	26,5
1	30,05	63,5	50	28,5
1,25	30	60,5	50	28
1,5	30,25	63	50	25
1,75	30,55	61,5	50	27,5
2	30,85	58,5	50	25,5
2,25	30,65	61	50	25,5
2,5	31	59	50	24,5
2,75	31,15	57,5	50	25,5
3	31,4	58,5	50	26,5
3,25	31,2	60	50	26,5
3,5	31,45	59	50	25,5
3,75	31,55	58	50	25,5
4	31,7	58,5	50	25,5
4,25	31,45	60	50	25,5
4,5	31,25	60	50	29
4,75	31,65	60,5	50	27
5	30,6	66,5	50	29,5
5,25	29,75	69,5	50	31
5,5	30,4	66	50	28
5,75	30,65	65,5	50	27
6	30,85	63	50	27
6,25	30,85	62	50	26,5
6,5	30,95	62	50	25,5
6,75	31,1	60	50	26
7	30,9	62,5	50	26,5
7,25	31,6	60,5	50	29
7,5	31,45	62	50	27
7,75	31,4	61,5	50	27
8	31,6	59,5	50	27
8,25	31,7	59	50	27,5
8,5	31,7	59,5	50	28
8,75	31,45	61,5	50	26,5
9	31,5	60,5	50	25,5
9,25	31,5	60,5	50	26
9,5	31,5	60	50	26
9,75	31,55	58	50	27

Lanjutan Tabel Lampiran 5. Data hasil pengamatan dan RH lingkungan serta di dalam ruang pengering pada suhu 50 °C

Menit	Lingkungan		Ruang Pengerng	
	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)
10	31,5	62,5	50	27,5
10,25	31,35	63,5	50	25
10,5	31,4	60	50	25
10,75	30,6	67,5	50	28
11	31,05	64,5	50	27,5
11,25	31,1	62,5	50	26,5
11,5	29,55	67,5	50	29
11,75	29,85	69	50	28
12	30,25	66,5	50	27
12,25	30,3	66,5	50	25,5
12,5	31	62,5	50	25,5
12,75	30,5	60	50	26
13	30,75	62,5	50	26
13,25	31,9	58	50	26
13,5	31,7	57,5	50	24
13,75	31,45	56,5	50	25,5
14	31,7	56	50	25
14,25	32,25	56,5	50	25,5
14,5	32,25	56,5	50	26
14,75	32,45	56,5	50	26,5
15	32,3	57	50	26
15,25	32,45	56,5	50	25,5
15,5	31,4	56,5	50	24,5
15,75	31,4	59	50	24
16	31,65	52	50	22
16,25	32	51	50	23,5
16,5	32,05	50,5	50	24
16,75	32	52	50	24,5
17	32,1	50	50	24
17,25	32,3	50	50	24
17,5	30,05	62	50	26
17,75	30,35	61	50	26
18	30,3	59	50	25,5
18,25	30,65	57,5	50	25,5
18,5	30,95	54,5	50	23
18,75	30,6	54	50	24
19	30,9	54	50	25,5
19,25	31,1	55	50	22,5
19,5	30,85	52,5	50	26
19,75	29,7	62	50	28

Lanjutan Tabel Lampiran 5. Data hasil pengamatan dan RH lingkungan serta di dalam ruang pengering pada suhu 50 °C

Menit	Lingkungan		Ruang Pengerng	
	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)
20	29,85	63,5	50	28,5
20,25	30,15	58,5	50	25
20,5	30,4	53,5	50	24,5
20,75	31,15	56,5	50	24,5
21	31	55,5	50	26,5
21,25	31,45	55	50	27
21,5	31,8	53	50	25
21,75	31,7	53,5	50	28,5
22	31,9	55	50	26
22,25	31,7	54,5	50	27
22,5	31,55	53	50	25,5
22,75	31,2	55	50	28
23	31,3	58,5	50	28
23,25	31,2	59	50	26
23,5	31,25	59,5	50	25
23,75	30,5	61,5	50	30,5
24	30,8	59	50	26
24,25	30,9	58	50	25,5
24,5	30,9	58,5	50	25
24,75	29,1	63,5	50	28,5
25	29,35	60,5	50	29
25,25	29,75	62	50	25
25,5	30,25	62	50	26
25,75	29,7	62	50	26,5
26	29,85	65	50	28
26,25	30,15	66,5	50	28
26,5	29,85	67	50	28
26,75	30,25	65,5	50	28
27	30,05	64	50	28
27,25	30,1	63,5	50	29
27,5	29,85	61,5	50	24,5
27,75	29,85	61,5	50	25
28	30,2	63	50	25,5
28,25	29,85	65,5	50	26,5
28,5	29,4	68	50	28
28,75	29,35	69	50	30
29	29,1	75	50	29,5
29,25	29,55	71	50	27,5
29,5	29,4	77	50	31,5
29,75	29,1	72	50	30

Lampiran 6. Data hasil pengamatan dan RH lingkungan serta di dalam ruang pengering pada suhu 60 °C

Menit	Lingkungan		Ruang Pengerng	
	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)
0				
0,25	31,7	58,5	60	18
0,5	32,05	54	60	18
0,75	31,95	53	60	18,5
1	32,1	51,5	60	18,5
1,25	31,7	53,5	60	18
1,5	31,75	53,5	60	18
1,75	31,45	57	60	17,5
2	30,7	53	60	17
2,25	31,05	54,5	60	17
2,5	31,1	54,5	60	17,5
2,75	31,55	54	60	17,5
3	30,9	60,5	60	19
3,25	31,55	59,5	60	18,5
3,5	31,15	62,5	60	19
3,75	31,5	58,5	60	20
4	31,95	58	60	19,5
4,25	31,85	57	60	20
4,5	31,55	56,5	60	19,3
4,75	31,5	58	60	19
5	31,45	54,5	60	18,5
5,25	31,95	55	60	18,5
5,5	31,9	52	60	19
5,75	31,9	49	60	20
6	31,8	50,5	60	20,5
6,25	30,75	62,5	60	20
6,5	31,1	60,5	60	19,5
6,75	31,2	61	60	19
7	31,7	59	60	19,5
7,25	31,65	58,5	60	20
7,5	31,75	59	60	20
7,75	30,65	61	60	19,5
8	30,55	63,5	60	19,5
8,25	30,7	63	60	19,5
8,5	30,75	63,5	60	19,5
8,75	31,25	60	60	19,5
9	31,25	61	60	19,5
9,25	31,65	53,5	60	18,5
9,5	31,8	59	60	18,5
9,75	32	56	60	19

Lanjutan Tabel Lampiran 6. Data hasil pengamatan dan RH lingkungan serta di dalam ruang pengering pada suhu 60 °C

Menit	Lingkungan		Ruang Pengerng	
	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)
10	32,1	55,5	60	18,5
10,25	31,3	55	60	18
10,5	30,3	55	60	18
10,75	30,5	52,5	60	19
11	31,1	58,5	60	18,5
11,25	31,5	61,5	60	19,5
11,5	31,2	61,5	60	19
11,75	31,3	57,5	60	18
12	31,4	55	60	19
12,25	16,45	62,5	60	18
12,5	31,45	62	60	18
12,75	31,55	61	60	18
13	31,6	59,5	60	18,5
13,25	31,85	58,5	60	18
13,5	31,85	58,5	60	18
13,75	31,75	58,5	60	18
14	32,35	356,5	60	18
14,25	32,1	57,5	60	18
14,5	32,05	59	60	18
14,75	32,1	58,5	60	18
15	32,15	58,5	60	17,5
15,25	32,15	59,5	60	17,5
15,5	32,3	59,5	60	18
15,75	32,4	59,5	60	17,5
16	32,4	59,5	60	18
16,25	31,9	59	60	18