

**PENGARUH *PRE-TREATMENT BLANCHING* TERHADAP
KARAKTERISTIK PENGERINGAN LAPISAN TIPIS KULIT
DAN DAGING BUAH KOPI**

DWI MENTARI THAMSYUL

G041191038



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

2023

**PENGARUH *PRE-TREATMENT BLANCHING* TERHADAP
KARAKTERISTIK PENGERINGAN LAPISAN TIPIS KULIT
DAN DAGING BUAH KOPI**

DWI MENTARI THAMSYUL

G041191038



Skripsi

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Teknologi Pertanian

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin

Makassar

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

2023

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH *PRE-TREATMENT BLANCHING* TERHADAP
KARAKTERISTIK PENGERINGAN LAPISAN TIPIS KULIT
DAN DAGING BUAH KOPI**

Disusun dan diajukan oleh

DWI MENTARI THAMSYUL

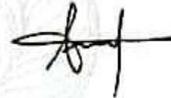
G041191038

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada 01 Agustus 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



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

Haerani, S.TP, M.Eng.Sc., Ph.D
NIP. 19771209 200801 2 011

**Ketua Program Studi
Teknik Pertanian**



Diyah Yumcina, S.TP., M.Agr., Ph.D
NIP. 19810129 200912 2 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dwi Mentari Thamsyul

NIM : G041191038

Prog Studi : Teknik Pertanian

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Pengaruh *Pre-Treatment Blanching* Terhadap Karakteristik Pengeringan Lapisan Tipis Kulit dan Daging dan Buah Kopi 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, 14 Agustus 2023

Yang Menyatakan



Dwi Mentari Thamsyul

ABSTRAK

Dwi Mentari Thamsyul (G041191038). Pengaruh *Pre-Treatment Blanching* Terhadap Karakteristik Pengeringan Lapisan Tipis Kulit dan Daging Buah Kopi. Pembimbing: JUNAEDI MUHIDONG dan HAERANI.

Pengeringan lapisan tipis dilakukan untuk mengeringkan suatu bahan pangan yang memiliki kadar air tinggi dan mudah rusak sehingga memiliki umur simpan yang lebih lama dan menjadikan suatu bahan bernilai jual tinggi. Karakteristik suatu bahan pangan berbeda-beda dan hendaknya diketahui model matematikanya agar kondisi operasi saat pengeringan dapat disesuaikan. *Pre-treatment blanching* dapat memberikan manfaat terhadap hasil akhir produk. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana pengaruh *pre-treatment blanching* terhadap karakteristik pengeringan lapisan tipis pada kulit dan daging buah kopi untuk menentukan model matematis pengeringan yang terbaik untuk digunakan. Hasil penelitian yang didapatkan yaitu Pola penurunan kadar air basis basah antara sampel *blanching* dan *non-blanching* berpengaruh nyata atau berbeda signifikan dibuktikan dengan nilai p-value < 0,05 yang didapatkan pada uji t-test berpasangan. Sedangkan pada t-test berpasangan sampel *non-blanching* suhu pengeringan 45 °C dipasangkan dengan *non-blanching* 55 °C didapatkan nilai p-value > 0,05. Begitupun pada uji t-test berpasangan sampel *blanching* suhu pengeringan 45 °C dan 55 °C didapatkan nilai p-value > 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh atau perbedaan nyata pola penurunan kadar air basis basah pada pengeringan kulit dan daging buah kopi antara sampel perlakuan *non-blanching* suhu pengeringan 45 °C dipasangkan suhu pengeringan 55 °C dan *blanching* suhu pengeringan 45 °C dipasangkan suhu pengeringan 55 °C. Adapun model pengeringan yang paling sesuai untuk merepresentasikan karakteristik pengeringan lapisan tipis kulit dan daging buah kopi untuk tiap perlakuan yaitu Model *Page*. Model *Page* memiliki nilai R^2 lebih besar dibandingkan dengan model *Newton* dan model *Henderson-Pabis*.

Kata Kunci: *Blanching*, Kopi, Pengeringan.

ABSTRACT

Dwi Mentari Thamsyul (G041191038). *The Effect of Blanching Pre-Treatment on Thin Layer Drying Characteristics of Coffee fruit skin and Pulp*. Supervised by: JUNAEDI MUHIDONG and HAERANI.

Thin-layer drying is used to dry food ingredients with a high moisture content and susceptibility to spoilage in order to extend their shelf life and provide a high selling ingredient. The characteristics of a food product vary and the mathematical model should be known so that the operating conditions during drying can be adjusted. Pre-treatment by blanching can provide benefits to the final product. The purpose of this study is to determine the effect of blanching pre-treatment on the characteristics of thin-layer drying of coffee pulp skin and to determine the best drying mathematical model to use. The results obtained are the pattern of decreasing wet base moisture content between blanched and non-blanched samples has a significant effect or significantly different as evidenced by the p-value <0.05 obtained in the paired t-test. While in the paired t-test sample non-blanched drying temperature of 45 °C paired with non-blanched 55 °C obtained a p-value > 0.05. Similarly, in the paired t-test of blanching samples of 45 °C and 55 °C drying temperature, the p-value > 0.05 was obtained. Therefore, it can be concluded that there is no effect or real difference in the pattern of decrease in wet basis water content in drying coffee fruit skin and pulp between non-blanched treatment samples of 45 °C drying temperature paired with 55 °C drying temperature and blanching of 45 °C drying temperature paired with 55 °C drying temperature. The most appropriate drying model to represent the drying characteristics of thin layers of coffee fruit skin and pulp for each treatment is the Page model. The Page model has a larger R² value compared to the Newton model and the Henderson-Pabis model.

Keywords: *Blanching, Coffee, Drying.*

PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat kasih sayang-Nya lah penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini sebagai syarat memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat adanya bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak serta doa. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ayahanda **Thamsul Hirmal** dan Ibunda **Martijah** atas kasih sayang dan perhatian yang selama ini penulis peroleh dari mereka sehingga menjadi motivasi dan semangat dalam pelaksanaan penelitian hingga pada penulisan skripsi ini.
2. **Prof. Dr. Ir. Junaedi Muhidong, M.Sc.** dan **Haerani, S.TP, M.Eng.Sc., Ph.D** selaku dosen pembimbing yang membimbing penulis selama melakukan penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian hingga rangkumnya skripsi ini.
3. **Dr.rer.nat. Olly Sanny Hutabarat, S.TP., M.Si** dan **Muhammad Tahir Sapsal, STP, M.Si** selaku dosen penguji yang memberikan arahan kepada penulis tentang penyusunan skripsi ini yang baik dan benar.
4. **Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP.** selaku dosen pembimbing akademik penulis yang telah memberikan arahan kepada penulis selama mengikuti perkuliahan.
5. **Imam Suelfikhar, S.T.** selaku staf laboratorium *processing* teknik pertanian yang telah membantu penulis dalam proses penelitian.
6. **Staf Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian** yang telah memberikan ilmu, pengalaman serta telah memfasilitasi penulis selama menjadi mahasiswa dan dalam proses penyelesaian penelitian.
7. Keluarga **PISTON 2019**, dan **Teman-Teman KKNT MBKM Bantaeng, Muh. Rinaldi S.TP, M.TP., Afni Afifah S.TP., Afdalia Wahid, Selpiah, Fadila** serta semua teman-teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan berupa tenaga dan ide dalam menyelesaikan tugas akhir dan penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan mereka. Harapan penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan menjadi referensi untuk penelitian serupa selanjutnya.

Makassar, 1 Agustus 2023

Dwi Mentari Thamsyul

RIWAYAT HIDUP



Dwi Mentari Thamsyul, Lahir di Palopo, 07 Oktober 2000, anak pertama dari empat bersaudara pasangan bapak Thamsul dan Martijah. Jenjang Pendidikan formal yang pernah dilalui adalah SD Negeri 258 Sinongko Luwu Timur, pada tahun 2006-2012 dan melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Wasuponda pada tahun 2012-2015, kemudian melanjutkan Pendidikan di jenjang menengah atas di SMA Negeri 2 Palopo pada tahun 2015-2018. Dan melanjutkan Pendidikan di Universitas Hasanuddin Makassar, Fakultas Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian pada tahun 2019.

Selama masa perkuliahan, penulis tidak hanya aktif dalam proses akademik namun juga aktif berorganisasi baik internal kampus maupun eksternal kampus, mulai dari organisasi Unit Kegiatan Mahasiswa Keilmuan dan Penalaran Ilmiah (UKM KPI) Unhas, Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin (HIMATEPA-UH), Selain itu Penulis juga aktif menjadi asisten mata kuliah praktikum di bawah naungan Agricultural Engineering Study Club (TSC 2022-2023).

Semasa aktif berkuliah penulis juga turut andil dalam mengikuti kompetisi karya tulis ilmiah tingkat nasional maupun internasional diantaranya meraih *Bronze Medal Research Output Video Competition* Malaysia 2021, *Special Awardee in Essay Writing Contest* Philippine 2022, Juara 1 Lomba Teknologi Tepat Guna UMI Makassar, Konsorsium Pertukaran Mahasiswa Merdeka Belajar 3 Perguruan Tinggi Universitas Diponegoro (2020), Juara 2 Poster Competition.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
PERSANTUNAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Kopi Arabica (<i>Coffea sp</i>)	3
2.2 Tingkat-Tingkat Kematangan Buah Kopi Arabica	4
2.3 Teh Kulit dan Daging Buah Kopi (Cascara)	5
2.4 Standar Mutu Teh Kulit dan Daging Buah Kopi (Cascara).....	6
2.5 Pengolahan Kopi Metode Basah	7
2.6 <i>Blanching</i>	8
2.7 <i>Batch Dryer</i>	10
2.8 Pengeringan	10
2.9 Kadar Air.....	12
2.10 Model Matematis Pengeringan	13
3. METODOLOGI.....	8
3.1 Waktu dan Tempat.....	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Perlakuan dan Pengamatan	8
3.4 Prosedur Penelitian	8

3.4.1	Persiapan Bahan	16
3.4.2	Proses <i>Blanching</i>	17
3.4.3	Prosedur Pengeringan	17
3.4.4	Pengolahan Data	17
3.4.5	Model Pengeringan.....	19
3.5	Bagan Alir Penelitian.....	20
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1	Pola Penurunan Kadar Air	21
4.2	Pola Penurunan <i>Moisture Ratio</i> (MR).....	24
4.3	Pengujian T-Test Berpasangan (<i>Paired Sample T-Test</i>)	25
4.4	Pengujian Model Pengeringan.....	25
4.5	Observasi vs Prediksi MR.....	27
5.	PENUTUP	31
	DAFTAR PUSTAKA	
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Potongan melintang buah kopi arabika.....	3
Gambar 2. Struktur Lapisan Kopi Arabika	4
Gambar 3. <i>Blanching</i> dengan panci perebusan.....	9
Gambar 4. Bagan Alir Penelitian.....	20
Gambar 5. Pola Penurunan Kadar Air Basis Basah.....	21
Gambar 6. Pola Penurunan Kadar Air Basis Kering.....	22
Gambar 7. Pola Penurunan <i>Moisture Ratio</i>	24
Gambar 8. Perbandingan nilai MR prediksi dengan MR observasi kulit dan daging buah kopi <i>non-blanching</i> suhu pengeringan 45 °C untuk model <i>page</i> ulangan pertama	27
Gambar 9. Perbandingan nilai MR prediksi dengan MR observasi kulit dan daging buah kopi <i>blanching</i> suhu pengeringan 45 °C untuk model <i>page</i> ulangan pertama.....	28
Gambar 10. Perbandingan nilai MR prediksi dengan MR observasi kulit dan daging buah kopi <i>non-blanching</i> suhu pengeringan 45 °C untuk model <i>page</i> ulangan kedua.....	28
Gambar 11. Perbandingan nilai MR prediksi dengan MR observasi kulit dan daging buah kopi <i>blanching</i> suhu pengeringan 45 °C untuk model <i>page</i> ulangan kedua.....	28
Gambar 12. Perbandingan nilai MR prediksi dengan MR observasi kulit dan daging buah kopi <i>non-blanching</i> suhu pengeringan 55 °C untuk model <i>page</i> ulangan pertama.....	29
Gambar 13. Perbandingan nilai MR prediksi dengan MR observasi kulit dan daging buah kopi <i>blanching</i> suhu pengeringan 55 °C untuk model <i>page</i> ulangan pertama.....	29
Gambar 14. Perbandingan nilai MR prediksi dengan MR observasi kulit dan daging buah kopi <i>non-blanching</i> suhu pengeringan 55 °C untuk model <i>page</i> ulangan kedua.....	29
Gambar 15. Perbandingan nilai MR prediksi dengan MR observasi kulit dan daging buah kopi <i>blanching</i> suhu pengeringan 55 °C untuk model <i>page</i> ulangan kedua.....	30

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standar Mutu Teh Kering.....	7
Tabel 2. Model Matematika Pengeringan Lapisan Tipis	14
Tabel 3. Hasil <i>T-test</i> berpasangan KAbb	25
Tabel 4. Nilai Konstanta dan R^2 untuk Pengujian pertama.	26
Tabel 5. Nilai Konstanta dan R^2 untuk Pengujian Kedua.....	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Hasil Perhitungan kadar air basis basah (KA-bb) kulit dan daging buah kopi suhu 45 °C ulangan 1.....	36
Lampiran 2.	Hasil Perhitungan kadar air basis basah (KA-bb) kulit dan daging buah kopi suhu 45 °C ulangan 2.....	37
Lampiran 3.	Hasil Perhitungan kadar air basis basah (KA-bb) kulit dan daging buah kopi suhu 55 °C ulangan 1.....	38
Lampiran 4.	Hasil Perhitungan kadar air basis basah (KA-bb) kulit dan daging buah kopi suhu 55 °C ulangan 2.....	39
Lampiran 5.	Hasil Perhitungan kadar air basis kering (KA-bk) kulit dan daging buah kopi suhu 45 °C ulangan 1.....	40
Lampiran 6.	Hasil Perhitungan kadar air basis kering (KA-bk) kulit daging buah kopi suhu 45 °C ulangan 2.....	41
Lampiran 7.	Hasil Perhitungan kadar air basis kering (KA-bk) kulit daging buah kopi suhu 55 °C ulangan 1.....	42
Lampiran 8.	Hasil Perhitungan kadar air basis kering (KA-bk) kulit daging buah kopi suhu 55 °C ulangan 2.....	43
Lampiran 9.	Hasil Perhitungan <i>moisture ratio</i> (MR) kulit daging buah kopi suhu 45 °C ulangan 1.....	44
Lampiran 10.	Hasil Perhitungan <i>moisture ratio</i> (MR) kulit daging buah kopi suhu 45 °C ulangan 2.....	45
Lampiran 11.	Hasil Perhitungan <i>moisture ratio</i> (MR) kulit daging buah kopi suhu 55 °C ulangan 1.....	46
Lampiran 12.	Hasil Perhitungan <i>moisture ratio</i> (MR) kulit daging buah kopi suhu 55 °C ulangan 2.....	47
Lampiran 13.	Dokumentasi.....	48

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komoditas kopi Indonesia saat ini sudah menjadi komoditas ekspor unggulan yang berpeluang untuk dikembangkan kedepannya. Tanaman kopi juga merupakan salah satu hasil komoditas perkebunan yang bernilai ekonomis tinggi. Hal ini berdasarkan Angka Tetap Statistik Perkebunan Indonesia pada tahun 2020, yakni tercatat angka produksi kopi Indonesia sebesar 762.000 ton dengan luas lahan perkebunan 1,1 juta ha (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2020). Komponen buah kopi dari bagian terluar terdiri dari kulit daging buah sebesar 45%, mucilage 10%, kulit tanduk 5% dan biji kopi 40% (Nurhayati *et al.*, 2020). Dari data tersebut, maka diketahui hasil terbesar buah kopi tidak terdapat pada bijinya akan tetapi ada pada kulit dan daging buah kopi sehingga jika dirincikan berdasarkan data di atas total limbah kulit kopi di Indonesia pertahunnya dapat mencapai 356.937 ton.

Banyaknya kulit daging buah kopi yang dihasilkan pada proses *pulper* (pengupasan buah kopi), menuntut peranan teknologi terkhusus dalam bidang pengolahan pangan agar dapat menjadikan kulit daging buah kopi yang sebelumnya hanya sebagai limbah, kemudian diubah menjadi produk yang bermanfaat. Salah satu peranan teknologi pangan yang dapat diterapkan untuk mengatasi hal tersebut, yaitu teknologi pengeringan (Irfan & Lestari, 2023). Pada teknologi pengeringan pemodelan matematis merupakan salah satu aspek penting karena dapat diterapkan dalam analisis desain, kontrol dan optimalisasi alat pengeringan serta mempelajari karakteristik suatu bahan pada saat pengeringan yang berdampak terhadap sifat makanan (Ambawat *et al.*, 2022).

Ada atau tidaknya *pre-treatment* yang diberikan sebelum dilakukannya proses pengeringan tentunya akan memberikan kinerja pengeringan dan hasil akhir yang berbeda. *Pre-treatment blanching* merupakan salah satu perlakuan awal dengan teknik pemanasan pada suhu tertentu dengan tujuan untuk mengurangi kekerasan struktur sel, pengerutan produk kering dan mengurangi efek *browning* pada produk akhir serta memodifikasi struktur jaringan yang menyebabkan perpindahan massa air dari bahan ke ruang pengering semakin mudah dan cepat (Hawa *et al.*, 2020).

Kulit daging buah kopi basah memiliki potensi untuk dijadikan produk pangan, yaitu olahan teh kering sebagai minuman teh kaya akan manfaat (Ariva *et al.*, 2020). Teh kulit daging buah kopi banyak mengandung senyawa polifenol, kafein (1-1,3 g), asam klorogenat (2,5 g) yang biasa dikenal sebagai antioksidan serta antiradikal bebas yang berguna untuk mencegah kerusakan sel sehingga dapat dijadikan sebagai minuman penyegar dan alternatif pengobatan darah tinggi, kanker maupun penyakit jantung (Romadhona *et al.*, 2022).

Berdasarkan pengamatan secara langsung pada proses pengolahan kopi oleh petani dan masyarakat yang ada di Kabupaten Bantaeng, kulit dan daging buah kopi dimanfaatkan dengan cara dikeringkan sehingga menjadi produk teh yang biasa disebut dengan cascara. Namun metode pengolahan serta pengeringan yang dilakukan masih tergolong konvensional, yaitu dengan penjemuran matahari langsung. Adapun pada tahapan pasca panen proses pengeringan cukup penting, namun belum ada riset sebelumnya mengenai Pengaruh *Pre-Treatment Blanching* Terhadap Karakteristik Pengeringan Lapisan Tipis Kulit dan Daging Buah Kopi.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian Pengaruh *Pre-Treatment Blanching* Terhadap Karakteristik Pengeringan Lapisan Tipis Kulit dan Daging Buah Kopi untuk mengetahui model matematis pengeringan yang terbaik untuk digunakan.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk mengetahui bagaimana pengaruh *pre-treatment blanching* terhadap karakteristik pengeringan lapisan tipis pada kulit dan daging buah kopi dan menentukan model matematis pengeringan yang terbaik untuk digunakan.

Adapun kegunaan dari penelitian ini, yaitu sebagai bahan referensi dan pengetahuan mengenai pengaruh pemberian *pre-treatment blanching* serta pemodelan pengeringan yang terbaik untuk pembuatan dan pemanfaatan kulit dan daging buah kopi menjadi produk teh pada industri, petani dan masyarakat.

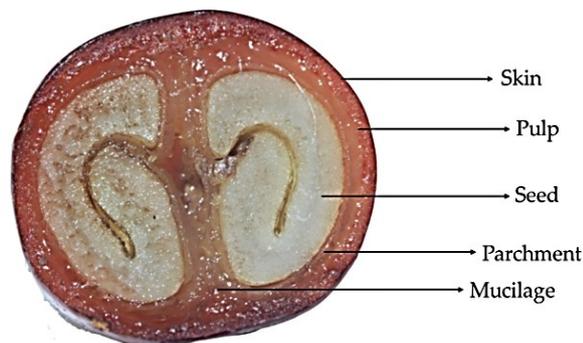
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi Arabica (*Coffea sp*)

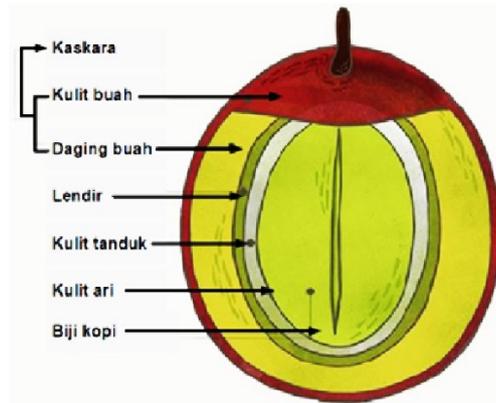
Kopi pada umumnya dapat tumbuh baik pada ketinggian tempat 700 m di atas permukaan laut. Kopi arabika baik tumbuh dengan citarasa yang bermutu pada ketinggian di atas 1000 meter di atas permukaan laut. Menurut Rahardjo (2017), ciri-ciri tanaman kopi juga dapat dilihat pada sistem taksonominya. Berikut adalah sistem taksonomi tanaman kopi secara lengkap :

Kingdom : *Plantae*
Sub kingdom : *Tracheobionta*
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Magnoliopsida*
Sub Kelas : *Asteridae*
Ordo : *Rubiales*
Famili : *rubiaceae*
Genus : *Coffea*
Spesies : *Coffea arabica* L.

Buah kopi terdiri atas 4 bagian yaitu lapisan kulit luar (*exocarp*), daging buah (*mesocarp*), kulit tanduk (*parchment*), dan biji (*endosperm*) (Muchtadi & Sugiyono, 2013). Struktur bagian anatomi buah kopi terdiri dari dua bagian yaitu biji kopi dan pericarp (bagian kulit kopi yang memiliki daging). Menurut Pérez-Sariñana & Saldaña-Trinidad (2017), Pericarp merupakan susunan bagian terluar dari buah kopi ceri yang terdiri atas tiga lapisan yaitu Eksocarp (kulit), Mesocarp (lendir) dan Endocarp (perkamen).



Gambar 1. Potongan melintang buah kopi arabika
(Sumber: DePaula *et al.*, 2022)



Gambar 2. Struktur lapisan kopi arabika
(Sumber : *Coffee & Cocoa Training Center Indonesia*, 2020).

Pada bagian exocarp juga dikenal sebagai *pulp* adalah lapisan luar buah kopi ceri, dengan satu lapisan sel parenkim kompak membentuknya. Warna eksokarp di awal pertumbuhan buah adalah hijau karena terdapat kloroplas yang kemudian menghilang seiring dengan matangnya buah. Warna pematangan ceri tergantung pada varietas kopi yang bisa merah atau kuning. Warna merah pada kulit buah kopi berasal dari pigmen antosianin, dan warna kuning pada kulit disebabkan oleh lutein (Pérez-Sariñana & Saldaña-Trinidad, 2017).

2.2 Tingkat-tingkat Kematangan Buah Kopi Arabica

Kopi merupakan salah satu tanaman yang termasuk kedalam kategori biji-bijian yang pada umumnya hidup pada daerah dataran tinggi. Biji kopi yang sehat dan berkualitas tentunya mempunyai karakteristik yang unggul baik dari segi sifat fisik, mekanik dan kimia. Mutu yang dihasilkan tentunya dipengaruhi oleh proses pascapanen kopi seperti proses pencucian, sortasi, pengeringan hingga penyangraian. Kopi arabica memiliki tingkat kematangan yang berbeda-beda yang akan mempengaruhi kerapatan massa, *sphericity* buah segar dan biji kopi. Tingkat kematangan kopi ini dapat dilihat dari berbagai faktor seperti warna, dan hari setelah anthesis (HSA). Tingkat kematangan buah kopi jika dilihat secara tradisional dapat dibedakan dari perubahan warna kulit yang dikelompokkan secara manual, diantaranya yaitu hijau sebagai kopi muda, hijau kekuningan sebagai kopi setengah masak, merah sebagai kopi yang sudah masak dan merah tua sebagai kopi yang sudah tua (Rianto, 2022).

Dari tingkat kematangan yang berbeda-beda inilah menyebabkan karakteristik buah kopi berbeda-beda. Buah kopi yang memiliki warna hijau menandakan kopi masih muda sehingga jika dipetik bijinya akan berwarna pucat dan bertekstur keriput, aroma dan posturnya masih lemah. Kemudian buah kopi yang berwarna kuning kemerahan menandakan kopi yang sudah mulai matang sehingga buah kopi ini dinilai sudah bisa dilakukan pemetikan. Adapun buah kopi yang berwarna merah penuh menandakan buah kopi yang sudah matang sempurna. Selanjutnya kopi yang sudah berwarna merah tua menandakan buah kopi sudah terlewat matang, sehingga bijinya akan berwarna coklat kehitaman serta aroma dan posturnya mulai menurun. Perbedaan tingkat kematangan pada buah kopi akan mempengaruhi faktor-faktor penanganan pascapanen buah kopi seperti penyimpanan, pengeringan, serta pengemasan yang akan diterapkan (Rianto, 2022).

2.3 Teh Kulit dan Daging Buah Kopi (Cascara)

Teh kulit dan daging buah kopi atau yang biasa dikenal dengan nama teh *cascara* adalah teh yang dibuat dari bahan dasar kulit dan daging buah kopi pada tingkat kematangan merah ceri yang telah masak sempurna. Proses pembuatan teh cascara dapat dilakukan dengan dua cara yaitu proses basah dan kering. Adapun tahap pembuatan teh kulit daging buah kopi dimulai dengan tahapan sortasi, yaitu dengan memilih kopi yang sudah matang yang ditandai dengan warna merah, melakukan pencucian serta pengupasan kulit kopi dan melakukan proses pengeringan hingga kulit kopi tersebut kering. Adapun selama pengeringan ini terjadi proses perubahan warna kulit daging buah kopi yang semula berwarna merah menjadi berwarna coklat. Sehingga teh kulit daging buah kopi ini jika diseduh akan menghasilkan warna serupa dengan seduhan teh pada umumnya (Romadhona *et al.*, 2022).

Teh kulit daging buah kopi banyak mengandung senyawa polifenol, kafein (1-1,3 g), asam klorogenat (2,5 g) yang dikenal sebagai antioksidan serta antiradikal bebas yang berguna untuk mencegah kerusakan sel sehingga dapat dijadikan sebagai minuman penyegar dan alternatif pengobatan darah tinggi, kanker maupun penyakit jantung. Teh kulit daging buah kopi ini juga mengandung beberapa enzim, seperti enzim α -amilase dan enzim α -glukosidase yang baik dikonsumsi bagi penderita diabetes (Romadhona *et al.*, 2022).

Selain itu, dalam penanganan pasca panen maupun produksi teh cascara sangat penting untuk memperhatikan penanganan yang tepat sesuai dengan karakteristik suatu bahan karena akan mempengaruhi kualitas bahan tersebut. Seperti pada pemilihan suhu pengeringan bahan pertanian yang akan dikeringkan. Menurut Depkes RI (1985), yang menyatakan bahwa pada jenis tumbuhan herbal dapat menggunakan suhu 30-90 °C. Tetapi suhu yang terbaik digunakan sebaiknya tidak melebihi suhu 60 °C hal ini dikarenakan tumbuhan mengandung senyawa aktif tidak tahan panas. Sehingga pada pengolahan kulit daging buah kopi menggunakan suhu 50 °C untuk mencegah kerusakan kandungan bioaktif seperti tanin, kafein serta antioksidan. Umumnya pada hasil olahan teh ada tiga jenis komponen yang mempengaruhi mutunya antara lain, kandungan tanin yang memberikan kekuatan rasa getir serta warna (sepat, getir dan pahit), polifenol (antioksidan) yang dapat memberikan efek kesehatan, dan kafein yang dapat memberikan dampak simultan. Adapun pada ketiga komponen tersebut yaitu tanin, polifenol (antioksidan) dan kafein juga terkandung pada kulit daging buah kopi (Hutasoit *et al.*, 2021)

2.4 Standar Mutu Teh Kering

Cascara merupakan salah satu hasil olahan kulit kopi yang dikeringkan hingga menjadi produk teh kering kemasan. Cascara ini pun banyak diminati oleh banyak kalangan dikarenakan mempunyai banyak manfaat dan rasa yang unik. Salah satu kandungan utama dari cascara yaitu senyawa antioksidan dan senyawa aktif lainnya seperti tanin 1,8 – 8,56 %, kafein 1,3%, pektin 6,5%, asam klorogenat 2,6 %, asam kafeat 1,6%, antosianin total 43%. Manfaat cascara yaitu dapat menangkal radikal bebas pada tubuh, proteksi lambung, dan mengencangkan kulit (Garis *et al.*, 2019).

Proses pra panen hingga panen cascara perlu diperhatikan untuk mendapatkan produk dengan mutu baik. Pengeringan merupakan langkah penting pada pembuatan cascara. Adapun langkah-langkah dalam pengeringan cascara dapat dimulai dengan pemilihan kulit kopi atau penyortiran dengan metode apung. Proses pengumpulan kulit kopi dimulai ketika pemanenan kopi, kopi yang dipetik harus benar – benar berwarna merah cerah. Kemudian, dilakukan pencucian kulit kopi agar terhindar dari kotoran yang menempel pada saat pemanenan. Selain itu

dapat diberikan tambahan perlakuan yaitu dengan *blanching* dengan waktu singkat ataupun dengan pengukusan (Kurnia *et al.*, 2021).

Pengolahan produk teh kering tentunya harus memenuhi standar mutu teh kering. Adapun standar mutu teh kering yang digunakan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-3836-2013) dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 1. Standar Mutu Teh Kering

Kriteria Uji	Mutu
Kadar Air	min. 8,0
Kadar Polifenol	maks. 5,2
Kadar abu total (%)	maks. 8,0
Kadar abu larut (%)	min. 45
Kadar abu tak larut asam (%)	maks. 1,0
Alkalinitas abu (%)	1-3
Serat kasar (%)	maks. 16,5
Kapang (g)	maks. 5×10^2

2.5 Pengolahan Kopi Metode Basah

Pengolahan buah kopi berdasarkan cara kerja umumnya dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu metode pengolahan basah (*wet proses*) dan metode pengolahan kering (*dry proses*). Salah satu perbedaan antara pengolahan basah dan pengolahan kering yaitu terletak pada cara pengupasan buah kopi. Pada proses pengolahan basah pengupasan kulit dan daging buah, kulit tanduk dan kulit ari dilakukan sewaktu masih basah atau kopi dalam keadaan ceri segar sehabis panen. Sedangkan pada pengolahan kering, pengupasan daging buah, kulit tanduk dan kulit ari dilakukan setelah kopi dalam keadaan gelondong dikeringkan. Pengolahan kopi secara basah biasanya dilakukan pada perkebunan kopi yang berskala besar. Salah satu kelebihan pengolahan kopi secara basah yaitu dapat menghasilkan mutu fisik kopi lebih baik karena buah kopi diolah dengan melibatkan air. Akan tetapi, pada cita rasa maupun aroma kopi yang akan dihasilkan kemungkinan akan berkurang dikarenakan adanya keterlibatan air selama proses pengolahan kopi (Sulistyaningtyas, 2017).

2.6 *Blanching*

Proses *blanching* merupakan proses *pre-treatment* yang bertujuan untuk inaktivasi aktivitas enzim yang menyebabkan penurunan kualitas seperti warna dan rasa pada produk pangan. Saat ini *blanching* dapat dilakukan dengan perlakuan termal. *Blanching* secara termal dapat dilakukan dengan *blanching* air dan *blanching* uap maupun dengan memanfaatkan teknologi terkini atau modern, seperti pemanasan *ohmic* dan *microwave*. Hal yang perlu diperhatikan pada penggunaan metode *blanching* dengan medium air adalah terjadinya pelarutan senyawa aktif dan nutrisi produk ke medium cair akibat kerusakan struktural pada produk. Hal tersebut dapat terjadi terutamanya pada pengaplikasian suhu tinggi hingga menyebabkan terjadinya pendidihan air (Huang, Y. *et al.*, 2016).

Perlakuan *blanching* dapat mengubah struktur pada bahan yang akan membuka pori-pori bahan hingga membesar. *Blanching* mampu mengurangi kekerasan struktur sel, pengerutan produk kering dan mengurangi efek *browning* pada produk akhir memodifikasi struktur jaringan menyebabkan perpindahan massa air dari bahan ke ruang pengering semakin mudah dan cepat. *Blanching* juga membantu memfasilitasi perpindahan air dimana sebagian struktur sel melemah, yang memungkinkan migrasi air pada saat pengeringan lebih mudah. *Blanching* juga dapat menurunkan kadar air bahan sehingga pengeringan akan mempercepat pengeringan. Hal ini disebabkan karena saat proses *blanching*, terjadi pengeluaran udara yang terperangkap dalam jaringan tanaman dengan melunakkan tekstur buah akibat perubahan polimer dinding sel (Hawa *et al.*, 2020).

Selain itu manfaat lain dari proses *blanching* yaitu dapat mengurangi banyaknya mikroorganisme sehingga memperpanjang proses pengawetan, melunakkan jaringan buah, menghilangkan udara dari jaringan buah mempertajam tampilan warna, dan menekan aktivitas enzim pada buah. Akan tetapi *blanching* juga dapat berpengaruh pada rasa produk disebabkan adanya inaktivasi enzim yang bertanggung jawab pada kehilangan rasa baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, keberhasilan proses ditentukan oleh berbagai faktor, seperti tipe buah, ukuran buah, jumlah buah dan suhu *blanching* yang digunakan. Buah berdaging padat membutuhkan waktu lebih lama daripada buah yang

mengandung banyak air sehingga hal inilah yang menyebabkan waktu dan suhu *blanching* pada setiap jenis buah dapat berbeda-beda (Rahmi, 2017).

Menurut Waziroh *et al.*, (2017) pada proses *blanching* terdapat beberapa metode yang banyak digunakan antara lain yaitu *blanching* air panas (*water hot blanching*) dan *blanching* uap panas (*steam blanching*). Dari kedua metode tersebut yang menjadi pembeda adalah pada medium yang digunakan sebagai pemanas, yaitu *blanching* air menggunakan medium air panas sedangkan *blanching* uap menggunakan uap panas.

a. *Blanching* Air Panas



Gambar 3. *Blanching* dengan panci perebusan
(Sumber: Waziroh *et al.*, 2017)

Blanching air panas merupakan salah satu teknik *blanching* secara termal yang paling populer karena mudah dibuat dan mudah dioperasikan. Ciri khas dari *blanching* ini yaitu produk direndam dalam air panas pada suhu tertentu selama beberapa menit. Kemudian bahan ditiriskan dan didinginkan sebelum dilakukan proses selanjutnya. Adapun Kualitas dan tingkat pengeringan produk tidak hanya tergantung pada kondisi pengeringan, tetapi juga pada proses lain yang dilakukan sebelum dan sesudah pengeringan. Perlakuan awal *blanching* dapat mempercepat laju pengeringan dibandingkan bahan yang tidak di *blanching*, hal ini disebabkan dinding sel menjadi lunak dan memudahkan terjadinya proses transfer massa air (Xiao *et al.*, 2017).

b. *Blanching* uap panas

Blanching uap panas atau yang biasa disebut *steam blanching* yaitu sebuah teknik untuk mengurangi efek negatif selama proses pengeringan, seperti mematikan enzim yang dapat menyebabkan reaksi *browning* dan dapat

mempersingkat waktu pengeringan. *Steam blanching* dilakukan dengan memasukkan uap. Metode ini biasanya digunakan pada bahan yang berukuran kecil sebagai antisipasi adanya suhu yang tidak merata. Kelebihan dari metode ini yaitu penggunaannya lebih efisien dan adanya kehilangan nutrisi pada proses *blanching* dapat ditekan dan diantisipasi (Lukito, 2017).

2.7 Batch Dryer

Mesin pengering merupakan alat yang berfungsi untuk mengeringkan suatu bahan dengan cara menurunkan kadar air pada bahan yang tinggi, yaitu berkisar 70-96 % menjadi 8-14 %. Saat ini sudah banyak tipe-tipe mesin pengeringan yang digunakan dan beredar di pasaran. Salah satunya yaitu mesin pengering tipe *batch dryer*. Pada mesin pengering tipe *batch dryer* terdapat alat bantu *blower* (kipas angin), dimana mesin akan bekerja dengan prinsip udara yang dipanaskan oleh pemanas akan ditiupkan ke bahan yang dikeringkan (Yuliyantika & Sudarti, 2022).

Pengeringan dengan menggunakan alat mekanis menggunakan motor bakar atau motor listrik sebagai sumber tenaga penggeraknya untuk mengalirkan udara. Sedangkan sumber energi panas pengeringan mekanis ini dapat bersumber dari listrik, gas, kayu dan lain sebagainya. Pada alat pengering *batch dryer* udara pengering bergerak dari bawah ke atas melalui bahan dan melepaskan sebagian panasnya agar menghasilkan proses penguapan. Pengeringan mekanis tipe *batch dryer* memiliki keuntungan yaitu laju pengeringan cepat, tekanan udara pengering yang rendah dapat melewati bahan yang dikeringkan, dan peluang terjadinya *over drying* lebih kecil (Daulay, 2005).

2.8 Pengeringan

Pengeringan merupakan proses untuk mengeluarkan kandungan air di dalam bahan melalui proses evaporasi hingga bahan mencapai kadar air yang rendah. Tujuan utama dari proses pengeringan adalah untuk memperpanjang masa simpan produk dengan menurunkan aktivitas air di dalam bahan. Selain itu, pengeringan juga bertujuan untuk memperkecil volume dan berat bahan, mempermudah proses pengemasan, penyimpanan, dan pendistribusian produk, serta modifikasi produk untuk memperoleh karakteristik tertentu yang diinginkan seperti rasa, tingkat kerenyahan, tingkat kekenyalan (Berk, 2018).

Menurut Muchtadi & Sugiyono (2013), untuk mendapatkan hasil pengeringan yang optimal perlu mempertimbangkan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengeringan yaitu sebagai berikut:

a. Luas permukaan

Pada umumnya sebelum dilakukannya proses pengeringan suatu bahan pangan, bahan tersebut akan diberikan perlakuan awal yaitu pemotongan atau pengecilan luas permukaan bahan tersebut. Dapat dilakukan dengan cara memotong dengan bantuan alat pemotong ataupun dengan cara penggilingan. Hal ini bertujuan untuk memberikan lebih banyak permukaan yang dapat berhubungan dengan medium pemanasan dan dengan ukuran kecil serta lapisan tipis ini dapat mengurangi jarak karena panas harus bergerak sampai ke bahan pangan.

b. Suhu

Semakin tinggi perbedaan suhu yang pada maka pemindahan panas serta penghilangan air kedalam bahan akan semakin cepat pula terjadi. Dimana semakin tinggi suhu udara maka uap air yang dapat ditampung akan semakin banyak pula dibandingkan dengan udara dingin. Adapun volume udara yang semakin besar tentunya akan dapat mengambil lebih banyak uap air.

c. Kecepatan udara

Dalam proses pengeringan udara sebagai medium pemanasan merupakan salah satu faktor terpenting pertama. Hal ini dikarenakan air yang keluar dari bahan pangan berupa uap air. Selain itu, udara panas juga akan mengambil lebih banyak uap air dan udara yang bergerak memiliki kecepatan gerak udara yang tinggi pula untuk mengambil uap air dan menghilangkan uap air dari permukaan bahan pangan, dan mencegah atmosfer jenuh yang dapat memperlambat proses kehilangan air.

d. Kelembaban udara

Pada proses pengeringan suatu bahan pangan kadar airnya dapat ditentukan oleh kelembaban udara pada bahan. Pada masing-masing bahan pangan memiliki keseimbangan kelembaban relatif pada suhu tertentu yaitu kondisi dimana bahan pangan tidak akan kehilangan kadar air ke atmosfer. Sehingga pada pengeringan semakin kering udara tersebut maka semakin tinggi pula kecepatan pengeringannya.

e. Waktu pengeringan

Waktu pengeringan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kecepatan dan hasil pengeringan. Adapun pengeringan yang dilakukan dengan suhu tinggi dan waktu yang singkat akan menekan kerusakan pada suatu bahan pangan dibandingkan dengan waktu pengeringan yang lebih lama dan menggunakan suhu yang lebih rendah.

2.9 Kadar Air

Pengukuran kadar air dilakukan untuk mengetahui kondisi suatu bahan pangan. Pengukuran kadar air memiliki prinsip yaitu dengan mengeluarkan air pada bahan menggunakan bantuan energi panas yang dapat dihasilkan oleh suatu alat pengeringan maupun dengan pengeringan alami dengan sinar matahari. Perilaku kadar air ini tentunya diikuti dengan hilangnya bobot suatu bahan selama pemanasan maupun proses pengeringan. Pada umumnya berkurangnya kadar air suatu bahan di pengaruhi oleh adanya perpindahan berat secara konveksi pada permukaan suatu bahan (Ariva *et al.*, 2020).

Pada kadar air bahan pangan dibedakan menjadi kadar air basis basah (*wet basis*) dan kadar air basis kering (*dry basis*). Pada suatu bahan pangan yang dikeringkan kadar air yang terkandung tidak semua mengalami penguapan akan tetapi hasil tersebut tetap dinyatakan berat kering. Adapun kadar air basis kering didapatkan dari berat akhir bahan yang sudah dikeringkan pada waktu yang ditentukan hingga mencapai berat konstan (Sutralia, 2021).

Menurut Irwan *et al* (2020), persamaan yang dapat digunakan dalam menentukan kadar air basis basah (*wet basis*) dan kadar air basis kering (*dry basis*) yaitu sebagai berikut.

$$KA_{bb} = \frac{W_t - W_d}{W_t} \times 100\% \quad (1)$$

keterangan:

KA_{bb} = Kadar air basis basah (%),

W_t = Berat bahan pada waktu t jam (g),

W_d = Berat bahan saat konstan (g).

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

keterangan:

KA_{bk} = Kadar air basis kering (%),

W_t = Berat bahan pada waktu t jam (g),

W_d = Berat bahan saat konstan (g).

2.10 Model Matematis Pengeringan

Pemodelan matematis merupakan salah satu aspek penting dalam teknologi pengeringan. Pemodelan matematis diterapkan dalam analisis desain, kontrol dan optimalisasi alat pengeringan serta mempelajari karakteristik suatu bahan pada saat pengeringan yang berdampak terhadap sifat makanan. Model pengeringan lapisan tipis digunakan untuk menganalisis dan menggambarkan hasil data dari proses pengeringan. Salah satu faktor yang dapat menentukan model yang paling sesuai dan dapat menjelaskan kurva pengeringan adalah koefisien determinasi (R^2). Pada persamaan model matematis pengeringan dibedakan menjadi model empiris, semi-teoritis dan teoritis. Pada penggunaan model teoritis akan mempertimbangkan variable eksternal dan mekanisme transfer kelembaban internal. Sedangkan pada model empiris dan semi teoritis, hanya bersifat eksternal impedansi terhadap pergerakan uap air antara produk dan atmosfer terintegrasi (Ambawat *et al.*, 2022).

Karakteristik pengeringan pada suatu bahan pangan dapat dianalisis dengan menggunakan beberapa model pengeringan yang sesuai. Adapun nilai MR jika dihitung secara eksperimental dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (Ambawat *et al.*, 2022).

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (3)$$

keterangan:

MR = *Moisture Ratio*

M_t = Kadar air pada saat t (waktu selama pengeringan per-menit),

M_e = Kadar air yang diperoleh setelah berat bahan konstan (%),

M_o = Kadar air awal bahan (%).

Pada model ini nilai MR (*Moisture Ratio*) berperan penting, karena MR dihitung dari perubahan kadar air basis kering yang kemudian akan menunjukkan pola penurunan sehingga dapat ditentukan model pengeringan yang sesuai. Ada beberapa model yang dapat digunakan dalam penentuan model terbaik pengeringan, akan tetapi hanya beberapa model yang dapat digunakan tergantung pada jenis dan

karakteristik bahan yang akan dikeringkan. Adapun Model Matematika Pengeringan Lapisan Tipis ditampilkan pada Tabel berikut.

Tabel 2. Model Matematika Pengeringan Lapisan Tipis

No.	Nama Model	Model Matematika
1.	<i>Newton</i>	$MR = \exp(-kt)$
2.	<i>Henderson-Pabis</i>	$MR = a \exp(-kt)$
3.	<i>Page</i>	$MR = \exp(-kt^n)$
4.	<i>Logarithmic</i>	$MR = a \exp(-kt) + c$
5.	<i>Wang and Singh</i>	$MR = 1 + at + bt^2$

(Sumber : Afifah *et al.*, 2022)

keterangan :

MR	= <i>Moisture Ratio</i> ,
exp	= Eksperimental data pengeringan,
a, b, c, n	= Konstanta Model,
k	= Konstanta Pengeringan,
t	= Waktu Pengeringan.

Berdasarkan model matematis pengeringan pada Tabel 2, terdapat beberapa model matematis yang paling sering digunakan dan sesuai dengan karakteristik sampel yang akan dikeringkan, yaitu sebagai berikut.

a. Model Newton

Model newton yaitu salah satu model matematika pengeringan lapisan tipis yang juga biasa disebut model lewis. Pada model ini lewis mengatakan bahwa perpindahan air yang berasal dari bahan pangan atau makanan dapat dimisalkan pada analogi aliran yang panas dan bersumber dari tubuh saat tubuh direndam pada cairan dingin (Fithriani *et al.*, 2016).

Pada analogi lainnya hukum newton dianalogikan pada proses pendinginan, yaitu laju penurunan uap air yang berasal dari bahan hasil pertanian oleh udara pada kesetimbangan termal di sekelilingnya. Tingkat penurunan uap air dapat diketahui dengan memperhatikan beda pada kelembaban produk dan kadar air kesetimbangan. Model ini cenderung meningkat pada tahap awal dan menurun pada tahap selanjutnya terkait pada kurva pengeringannya (Fardhilah, 2021).

b. Model *Henderson-Pabis*

Model *Henderson-Pabis* merupakan model matematika pengeringan lapisan tipis yang seringkali digunakan pada pengeringan lapisan tipis dari berbagai produk

hasil pertanian, seperti pada pengeringan umbi-umbian, beras kasar, kacang, ataupun jagung (Fithriani *et al.*, 2016).

c. Model Page

Model *page* merupakan model matematika pengeringan lapisan tipis hasil modifikasi dari model lewis. Hal ini bertujuan untuk memperbaiki kekurangan pada model lewis, sehingga menghasilkan simulasi yang sesuai dalam menjabarkan pengeringan produk hasil pertanian yang mudah digunakan dari pada persamaan lainnya (Fithriani *et al.*, 2016). Dalam beberapa hasil penelitian lainnya model *page* dianggap dapat mempresentasikan mekanisme pengeringan pada irisan umbi-umbian dikarenakan nilai koefisien determinasinya (R^2) yang paling tinggi diantara model yang lainnya (Khairani, 2021).