

KAJIAN PENGARUH *PRETREATMENT FREEZE-THAW* DAN ULTRASONIK PADA PENGERINGAN LEMON

MOHAMMAD NAFILA ALFA



TEKNOLOGI PASCAPANEN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University;



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul **“Kajian Pengaruh Pretreatment Freeze-Thaw dan Ultrasonik pada Pengeringan Lemon”** adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, 5 Januari 2026

Mohammad Nafila Alfa
F1502232019



RINGKASAN

MOHAMMAD NAFILA ALFA. Kajian Pengaruh *Pretreatment Freeze-Thaw* dan Ultrasonik pada Pengeringan Lemon. Dibimbing oleh ROKHANI HASBULLAH dan LEOPOLD OSCAR NELWAN.

Lemon merupakan buah yang kaya akan mineral, vitamin dan senyawa bioaktif yang dibutuhkan tubuh untuk menjaga kesehatan. Buah lemon biasanya dikonsumsi dalam bentuk segar untuk campuran minuman, sebagai garnis (hiasan makanan atau minuman) ataupun untuk bumbu dan penyedap dalam berbagai olahan makanan. Buah lemon sangat mudah rusak dan memiliki umur simpan yang pendek karena kandungan airnya yang tinggi. Mengeringkan lemon dapat meningkatkan masa simpannya, memastikan ketersediaan pasokannya dan memberikan kemudahan karena dapat meminimalkan kebutuhan pengemasan dan pengangkutan. Namun, pengeringan membutuhkan waktu proses yang lama dan juga menyebabkan perubahan yang tidak diinginkan pada lemon, seperti perubahan warna dan penurunan kandungan nutrisi. Oleh sebab itu, perlu perlakuan untuk mempersingkat waktu pengeringan dan mempertahankan mutu irisan lemon kering. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh *pretreatment freeze-thaw* dan ultrasonik terhadap laju pengeringan irisan lemon dan mutu irisan lemon kering.

Prosedur penelitian diawali dengan pengirisan lemon dengan ketebalan 3 mm, kemudian diberi perlakuan *freeze-thaw* ataupun tanpa *freeze-thaw*, dan dilanjutkan perlakuan ultrasonik selama 0 (tanpa ultrasonik), 10, dan 20 menit. Setelah itu, sampel lemon masing-masing kelompok perlakuan dikeringkan menggunakan oven konveksi pada suhu 60 °C hingga kadar air mencapai sekitar 10%. Parameter yang diuji meliputi laju pengeringan, kadar air, rasio rehidrasi, warna, vitamin C, total fenol, total flavonoid dan aktivitas antioksidan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial, di mana faktor pertama adalah *pretreatment freeze-thaw*, yang terdiri dari 2 taraf perlakuan (tanpa *freeze-thaw* dan dengan *freeze-thaw*) dan faktor kedua adalah *pretreatment* ultrasonik, yang terdiri dari 3 taraf perlakuan (0, 10, dan 20 menit). Penelitian dilakukan dengan 3 kali pengulangan. Analisis data dilakukan menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) dengan selang kepercayaan 95% ($\alpha < 0,05$) dan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *pretreatment* ultrasonik 10 menit tanpa *freeze-thaw* merupakan perlakuan terbaik berdasarkan efisiensi proses dan retensi mutu. Perlakuan tersebut meningkatkan laju pengeringan sebesar 38% dan rasio rehidrasi sebesar 26,6%, menurunkan nilai *browning index* dan total perbedaan warna (ΔE), mampu mempertahankan kandungan total fenol dan total flavonoid lemon kering, serta penurunan vitamin C (16,3%) dan aktivitas antioksidan (8,5%) terendah dibandingkan perlakuan lainnya.

Kata kunci: *freeze-thaw*, lemon, pengeringan, *pretreatment*, ultrasonik.



SUMMARY

MOHAMMAD NAFILA ALFA. Study on the Effect of Freeze-Thaw and Ultrasonic Pretreatment on Lemon Drying. Supervised by ROKHANI HASBULLAH and LEOPOLD OSCAR NELWAN.

Lemons are fruits rich in minerals, vitamins, and bioactive compounds essential for maintaining human health. Fresh lemons are typically consumed in beverages, used as garnishes, or utilized as seasoning and flavoring agents in various culinary applications. However, lemons are highly perishable and possess a short shelf life due to their high moisture content. Drying lemons extends their shelf life, ensures supply availability, and offers convenience by minimizing packaging and transportation requirements. Nevertheless, drying requires a lengthy processing time and often results in undesirable changes, such as color degradation and nutritional loss. Therefore, specific treatments are necessary to shorten the drying time while preserving the quality of dried lemon slices. The objective of this study was to investigate the effects of freeze-thaw and ultrasonic pretreatments on the drying rate and quality of dried lemon slices.

The research procedure began with slicing lemons to a thickness of 3 mm, followed by either freeze-thaw or non-freeze-thaw treatment, and subsequently subjected to ultrasonic treatment for 0 (without ultrasonic), 10, and 20 minutes. Subsequently, lemon samples from each treatment group were dried using a convection oven at 60 °C until the moisture content reached approximately 10%. The analyzed parameters included drying rate, moisture content, rehydration ratio, color, vitamin C, total phenolics, total flavonoids, and antioxidant activity. This study employed a Factorial Completely Randomized Design (CRD), where the first factor was freeze-thaw pretreatment with two levels (with and without freeze-thaw) and the second factor was ultrasonic pretreatment with three levels (0, 10, and 20 minutes). The experiments were conducted with three replications. Data analysis was performed using Analysis of Variance (ANOVA) with a 95% confidence interval ($\alpha < 0.05$), followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

The results indicated that the ultrasonic pretreatment for 10 minutes without freeze-thaw was the optimal treatment based on process efficiency and quality retention. This treatment increased the drying rate by 38% and the rehydration ratio by 26.6%. Furthermore, it reduced the browning index and total color difference (ΔE), maintained total phenolic and flavonoid contents, and resulted in the lowest reduction of Vitamin C (16.3%) and antioxidant activity (8.5%) compared to other treatments.

Keywords: drying, freeze-thaw, lemon, pretreatment, ultrasonic.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

KAJIAN PENGARUH *PRETREATMENT FREEZE-THAW* DAN ULTRASONIK PADA PENGERINGAN LEMON

MOHAMMAD NAFILA ALFA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Teknologi Pascapanen

**TEKNOLOGI PASCAPANEN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Prof. Dr. Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr.



Judul Tesis : Kajian Pengaruh *Pretreatment Freeze-Thaw* dan Ultrasonik pada Pengeringan Lemon
Nama : Mohammad Nafila Alfa
NIM : F1502232019

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Rokhani Hasbullah, M.Si.



Pembimbing 2:
Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.T.P., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Usman Ahmad, M.Agr.
NIP 196612281992031003



Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi:
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.
NIP. 19105021986031002



Tanggal Ujian: 19 Desember 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tesis dengan judul “Kajian Pengaruh *Pretreatment Freeze-Thaw* dan Ultrasonik pada Pengeringan Lemon” berhasil diselesaikan, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains (M.Si) di Fakultas Teknik dan Teknologi, IPB University. Dengan diselesaikannya tesis ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Rokhani Hasbullah, M.Si. selaku ketua komisi pembimbing dan Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.T.P., M.Si. selaku anggota komisi pembimbing yang selalu meluangkan waktu untuk memberikan saran, bimbingan dan perbaikan kepada penulis.
2. Prof. Dr. Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr. selaku penguji luar komisi yang telah memberikan saran dan perbaikan untuk menyempurnakan tesis ini.
3. Prof. Dr. Ir. Usman Ahmad, M.Agr. selaku Ketua Program Studi Teknologi Pascapanen.
4. Segenap dosen Program Studi Teknologi Pascapanen dan dosen Fakultas Teknik dan Teknologi yang telah memberikan ilmu pengetahuan serta pengalaman yang akan bermanfaat untuk masa depan.
5. Segenap staff administrasi program studi Teknologi Pascapanen yang telah memberikan layanan dan dukungan yang berhubungan dengan akademik baik selama perkuliahan.
6. Orang tua, istri dan keluarga besar yang telah memberikan doa, restu, kasih sayang, semangat dan dukungan.
7. Teman-teman seperjuangan Magister Teknologi Pascapanen yang selalu kebersamai dan saling mendukung satu sama lain.
8. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP), Kementerian Keuangan Republik Indonesia yang telah memberikan beasiswa kepada penulis selama menempuh pendidikan magister (S-2)

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan tesis ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran membangun dari semua pihak sebagai upaya perbaikan selanjutnya. Semoga tesis ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, 5 Januari 2026

Mohammad Nafila Alfa

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Hipotesis	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Buah Lemon	4
2.2 <i>Pretreatment Freeze-Thaw</i>	6
2.3 <i>Pretreatment</i> Ultrasonik	8
III METODE	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Prosedur Penelitian	12
3.3.1 Penelitian Pendahuluan	12
3.3.2 Penelitian Utama	13
3.4 Metode Pengujian	15
3.4.1 Laju Pengeringan	15
3.4.2 Kadar Air	15
3.4.3 Rendemen	15
3.4.4 Rasio Rehidrasi	16
3.4.5 Warna	16
3.4.6 Kandungan Vitamin C	16
3.4.7 Ekstraksi Senyawa Fenol	17
3.4.8 Kandungan Total Fenol	17
3.4.9 Kandungan Total Flavonoid	17
3.4.10 Aktivitas Antioksidan	17
3.5 Rancangan Penelitian dan Analisis Data	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 <i>Pretreatment</i>	19
4.2 Pengeringan	20
4.2.1 Laju Pengeringan	20
4.2.2 Kadar Air	21
4.2.3 Rendemen	22
4.2.4 Rasio Rehidrasi	22
4.2.5 Warna	24
4.2.6 Vitamin C	26
4.2.7 Total Fenol	27
4.2.8 Total Flavonoid	28



4.2.9 Aktivitas Antioksidan	29
V KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	38



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kandungan buah lemon (per 100 gram)	4
Tabel 2 Kode sampel pada setiap perlakuan	18
Tabel 3 Kadar air bahan setelah <i>pretreatment</i>	19
Tabel 4 Kadar air akhir dan rendemen masing-masing <i>pretreatment</i>	22
Tabel 5 Nilai senyawa bioaktif lemon kering masing-masing <i>pretreatment</i>	27



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Tiga tingkat kematangan lemon	5
Gambar 2	Skema peralatan ultrasonik	9
Gambar 3	Diagram alir penelitian pendahuluan	13
Gambar 4	Diagram alir penelitian utama	14
Gambar 5	Grafik laju pengeringan masing-masing <i>pretreatment</i>	20
Gambar 6	Grafik rasio rehidrasi lemon kering masing-masing <i>pretreatment</i>	23
Gambar 7	Grafik <i>browning index</i> sampel lemon kering masing-masing <i>pretreatment</i>	24
Gambar 8	Grafik nilai total perbedaan warna (ΔE) lemon kering masing-masing <i>pretreatment</i>	26
Gambar 9	Grafik aktivitas antioksidan lemon kering masing-masing <i>pretreatment</i>	30