

**STUDI UMUR SIMPAN *HONEY GINGER TEA*
MENGUNAKAN PARAMETER TOTAL FENOLIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi Syarat Sidang Tugas Akhir di Program Studi Teknologi Pangan

Oleh :

Ayu Setivaningsih
20.302.0183



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2026**

ABSTRAK

STUDI UMUR SIMPAN *HONEY GINGER TEA* MENGGUNAKAN PARAMETER TOTAL FENOLIK

Oleh:

AYU SETIYANINGSIH

NPM: 203020183

(Program Studi Teknologi Pangan)

Minuman herbal tradisional merupakan salah satu bagian dari masyarakat Asia, terutama Korea Selatan. Salah satu jenis minuman yang cukup populer disana adalah kosentrat jahe madu yang dikenal memiliki banyak manfaat kesehatan seperti meredakan flu, menghangatkan tubuh, serta meningkatkan daya tahan tubuh. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan umur simpan *honey ginger tea* menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) model *Arrhenius* berdasarkan parameter total fenolik secara berkala, yang mana produk dilakukan penyimpanan pada tiga suhu yang berbeda 10°C, 25°C, dan 45°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar total fenolik cenderung menurun selama penyimpanan pada ketiga suhu, dengan model kinetika ordo satu dipilih sebagai model yang paling representatif karena memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) lebih tinggi dibandingkan ordo nol (0,6911; 0,5212; dan 0,5653 pada suhu 45°C, 25°C, dan 10°C secara berurutan). Persamaan Arrhenius yang diperoleh adalah $\ln k = -3.683,9(1/T) + 8,4616$ dengan $R^2 = 0,9611$, menghasilkan energi aktivasi (E_a) sebesar 7.314,2394 kal/mol dan faktor pra-eksponensial (k_0) sebesar 4.729,6193/hari. Dugaan umur simpan *honey ginger tea* berdasarkan kadar total fenolik adalah 6,53 hari pada suhu 45°C, 14,21 hari pada suhu 25°C, dan 27,49 hari pada suhu 10°C. Degradasi total fenolik selama penyimpanan diduga terjadi melalui kombinasi reaksi oksidasi, dikomposisi dan hidrolisis termal yang dipercepat oleh suhu penyimpanan tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin rendah suhu penyimpanan, semakin panjang umur simpan *honey ginger tea*, sehingga penyimpanan pada suhu rendah direkomendasikan untuk mempertahankan kandungan senyawa fenolik dan memperpanjang umur simpan produk.

Kata kunci : *Honey Ginger Tea*, Total Fenolik, Umur Simpan, Metode ASLT.

ABSTRACT

SELF LIFE STUDY OF HONEY GINGER TEA BASED ON TOTAL PHENOLIC CONTENT

By

AYU SETIYANINGSIH

NPM: 203020183

(Department of Food Technology)

Honey ginger tea is a functional food product containing phenolic compounds from ginger and honey that act as natural antioxidants, yet it is prone to quality deterioration during storage due to temperature effects. This study aimed to estimate the shelf life of honey ginger tea based on total phenolic content using the Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) method with the Arrhenius model approach. Total phenolic content was analyzed using the Folin-Ciocalteu method with gallic acid as the standard ($y = 0.0151x + 0.0379$; $R^2 = 0.9919$). Samples of ginger-honey concentrate were stored at three different temperatures, namely 45°C, 25°C, and 10°C, and their total phenolic content was observed periodically. The results showed that total phenolic content tended to decrease during storage at all three temperatures, with the first-order kinetic model selected as the most representative model since it had a higher coefficient of determination (R^2) than the zero-order model (0.6911, 0.5212, and 0.5653 at 45°C, 25°C, and 10°C, respectively). The resulting Arrhenius equation was $\ln k = -3,683.9(1/T) + 8.4616$ with $R^2 = 0.9611$, yielding an activation energy (E_a) of 7,314.2394 cal/mol and a pre-exponential factor (k_0) of 4,729.6193/day. The estimated shelf life of honey ginger tea based on total phenolic content was 6.53 days at 45°C, 14.21 days at 25°C, and 27.49 days at 10°C. The degradation of total phenolic content during storage was presumed to occur through a combination of oxidation, hydrolysis, and polymerization reactions accelerated by high storage temperatures. These findings indicate that lower storage temperatures extend the shelf life of ginger-honey concentrate, so storage at low temperatures is recommended to preserve phenolic compound content and prolong product shelf life.

Keywords: *Honey ginger tea, total phenolic content, shelf life, Accelerated Shelf Life Testing (ASLT).*

LEMBAR PENGESAHAN
STUDI UMUR SIMPAN *HONEY GINGER TEA*
MENGGUNAKAN PARAMETER TOTAL FENOLIK

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi Syarat Sidang Tugas Akhir di Program Studi Teknologi Pangan

Oleh :
Ayu Setivaningsih
20.302.0183

Menyetujui:

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rini', with a stylized, flowing script.

(Rini Triani S.Si., M.Sc., PhD.)

LEMBAR PENGESAHAN
STUDI UMUR SIMPAN *HONEY GINGER TEA*
MENGGUNAKAN PARAMETER TOTAL FENOLIK

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi Syarat Sidang Tugas Akhir di Program Studi Teknologi Pangan

Oleh :
Ayu Setivaningsih
20.302.0183

Menyetujui:



Koordinator Tugas Akhir

(Rizal Maulana Ghadar, S.T., M.T.)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyusun dan menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“STUDI UMUR SIMPAN *HONEY GINGER TEA* MENGGUNAKAN PARAMETER TOTAL FENOLIK”**. Sholawat serta salam tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan kita selaku umatnya hingga akhir zaman. Laporan ini diajukan untuk memenuhi syarat sidang Tugas Akhir Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bantuan, dorongan, bimbingan, pengarahan, serta masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini:

1. Rini Triani S.Si., M.Sc., PhD. selaku Dosen Pembimbing Utama yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan doa dalam penyusunan laporan tugas akhir penulis.
2. Nabila Marthia, S.T., M.Si.P., selaku Dosen Penguji I Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan yang telah memberikan saran, masukan, dan motivasi kepada penulis.
3. Dr. Ira Endah Rohima, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan yang telah memberikan saran, masukan, dan motivasi kepada penulis.
4. Jaka Rukmana, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.
5. Rizal Maulana Ghaffar, S.T., M.T., selaku Koordinator Kerja Praktek dan Tugas Akhir Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.
6. Kedua orang tua tercinta Ayah H. Sumarno dan Ibu Hj. Sunarti, ketiga kakak tersayang Yanti Kusmiyanti, Eksan Cahya Putra, S.T., dan Devi Rahmawati,

S.Agr. M BA., serta adik tersayang M. Nizham Irfan, yang selalu mendoakan serta memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.

7. Gyna Dwi Mughni, Zahrah, Hanifa Wildani Sabila, Annisa Rachmah Hidayat, Selvi Nanda Fatiah, Herlina Maygita, dan Viska Dira Gestari yang selalu memberikan semangat, doa, serta dukungan selama penyusunan tugas akhir.
8. Teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang sudah memberikan doa, dukungan, kasih sayang, bantuan dan semangatnya selama penyusunan tugas akhir.
9. Teman-teman kelas D sekaligus teman seperjuangan angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan tugas akhir.

Semoga Allah SWT membalas seluruh kebaikan yang telah diberikan dengan balasan yang baik.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat penelitian.....	3
1.5. Kerangka Pemikiran.....	3
1.6. Hipotesis Penelitian.....	5
1.7. Tempat dan Waktu Penelitian.....	6
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Jahe.....	7
2.2 Madu	8
2.3 <i>Honey Ginger Tea</i>	10
2.4 Umur Simpan	10
2.5 Total Fenolik	12
III METODE PENELITIAN	14
3.1 Bahan dan Alat Penelitian	14
3.1.1. Bahan – Bahan Penelitian	14
3.1.2. Alat – Alat Penelitian	14
3.2 Metode Penelitian	14
3.2.1 Rancangan Perlakuan	15
3.2.2 Rancangan Percobaan	16
3.2.3 Rancangan Analisis	16
3.2.4 Rancangan Respon.....	20

3.3	Prosedur Penelitian	21
3.3.1	Pembuatan <i>Honey Ginger Tea</i>	21
3.3.2	Penyimpanan	21
3.3.3	Pengamatan dan Pengolahan Data	21
3.4	Jadwal Penelitian.....	23
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1.	Kurva Standar Asam Galat.....	24
4.2.	Analisis Kadar Total Fenolik.....	24
4.3.	Analisis Umur Simpan	26
V	KESIMPULAN.....	35
5.1	Kesimpulan	35
5.2	Saran.....	35
	DAFTAR PUSTAKA.....	36
	LAMPIRAN.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Madu	9
Tabel 2. Analisis Total Fenolik Honey Ginger Tea	16
Tabel 3. Jadwal Penelitian	23
Tabel 4. Hasil Analisis Kadar Total Fenolik Honey Ginger Tea	25
Tabel 5. Perbandingan Nilai R ² Ordo Nol dan Ordo Satu	28
Tabel 6. Persamaan Regresi Ordo Satu dan Nilai Konstanta Laju Reaksi (K)	29
Tabel 7. Nilai 1/T dan ln k Berdasarkan Kadar Total Fenolik	29
Tabel 8. Hasil Pendugaan Umur Simpan Honey Ginger Tea Berdasarkan Kadar Total Fenolik	30
Tabel 9. Biaya Produksi dan Analisis Produk Honey Ginger Tea	41
Tabel 10. Biaya Analisis Produk Honey Ginger Tea	41
Tabel 11. Standar Asam Galat	43
Tabel 12. Hasil Pengamatan Absorbansi Honey Ginger Tea Selama Penyimpanan	44
Tabel 13. Hasil Analisis Kadar Total Fenolik Honey Ginger Tea	51
Tabel 14. Tabel Perbandingan Ordo 0 dan Ordo 1	53
Tabel 15. Persamaan Regresi Penyimpanan Honey Ginger Tea Pada Masing- Masing Suhu	53
Tabel 16. Hasil Nilai 1/T dan ln K berdasarkan Total Fenolik pada Setiap Suhu Penyimpanan	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jahe.....	7
Gambar 2. Madu	8
Gambar 3. Hubungan Antara Mutu dan Waktu Penyimpanan Pada Reaksi Ordo 0.....	17
Gambar 4. Hubungan Antara Mutu dan Waktu Penyimpanan Pada Reaksi Ordo 1.....	18
Gambar 5. Grafik Hubungan Antara $\ln k$ dengan $1/T$	19
Gambar 6. Diagram Alir Prosedur Pembuatan Jahe Madu	21
Gambar 7. Diagram Alir Penelitian Pendugaan Umur Simpan Honey Ginger Tea	22
Gambar 8. Grafik Perubahan Total Fenolik Honey Ginger Tea Selama Penyimpanan Berdasarkan Ordo Nol	27
Gambar 9. Grafik Perubahan Total Fenolik Honey Ginger Tea Selama Penyimpanan Berdasarkan Ordo Satu	28
Gambar 10. Grafik Standar Asam Galat	43
Gambar 11. Grafik Perubahan Total Fenolik Honey Ginger Tea Selama Penyimpanan Berdasarkan Ordo Nol	52
Gambar 12. Grafik Perubahan Total Fenolik Honey Ginger Tea Selama Penyimpanan Berdasarkan Ordo Satu	52
Gambar 13. Grafik Hubungan $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan Total Fenolik	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Anggaran Biaya Penelitian.....	41
Lampiran 2. Prosedur Analisis Total Fenolik (Zahra, 2021).....	42
Lampiran 3. Standar Asam Galat	43
Lampiran 4. Perhitungan Umur Simpan Honey Ginger Tea	44
Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian	56

I PENDAHULUAN

Bab ini akan menguraikan mengenai: (1.1) Latar Belakang, (1.2) Identifikasi Masalah, (1.3) Maksud dan Tujuan Penelitian, (1.4) Manfaat Penelitian, (1.5) Kerangka Pemikiran, (1.6) Hipotesis Penelitian, dan (1.7) Tempat dan Waktu Penelitian.

1.1. Latar Belakang

Minuman herbal tradisional merupakan salah satu bagian dari masyarakat Asia, terutama Korea Selatan. Salah satu jenis minuman yang cukup populer disana adalah *honey ginger tea* (꿀생강차) yang dikenal memiliki banyak manfaat kesehatan seperti meredakan flu, menghangatkan tubuh, serta meningkatkan daya tahan tubuh (Lee, 2018). Tahun 2018 hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) menunjukkan sebanyak 44% masyarakat Indonesia memanfaatkan pelayanan kesehatan, selain itu juga masyarakat memanfaatkan pengolahan rempah menjadi berbagai jenis ramuan buatan sendiri, sedangkan pada tahun 2021 didapatkan peningkatan pemanfaatan herbal untuk memelihara kesehatan, pencegahan penyakit, dan perawatan kesehatan yang diperlukan untuk meningkatkan imunitas.

Peningkatan minat masyarakat terhadap gaya hidup sehat turut mendorong konsumsi produk minuman herbal di Indonesia. Indonesia memiliki keberagaman tanaman herbal serta bahan pengobatan tradisional, seperti jahe dan madu. Kedua bahan tersebut sering dipergunakan dalam pengobatan tradisional yang memiliki potensi sebagai minuman kesehatan. *Honey ginger tea* yang merupakan produk fungsional yang semakin diminati masyarakat karena manfaat kesehatannya.

Jahe (*Zingiber officinale*) yang melimpah di Indonesia serta madu lokal mengandung senyawa fenolik dengan berbagai manfaat kesehatan bagi tubuh. Senyawa fenolik berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan karakteristik sensori produk, namun senyawa tersebut rentan mengalami degradasi selama penyimpanan yang dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti suhu. Jahe merupakan salah satu tanaman herbal yang mempunyai banyak keunggulan yang mana jahe mengandung senyawa bioaktif berupa gingerol dan shogaol yang memberikan

manfaat kesehatan seperti memberi efek farmakologi dan fisiologi seperti antioksidan, antiinflamasi, analgesik dan antikarsinogenik (Pungus, 2020).

Madu merupakan cairan kental alami yang memiliki rasa manis yang dihasilkan lebah setelah mengonsumsi nektar bunga dan bahan-bahan manis lain dari tumbuhan. Madu merupakan campuran kompleks yang mengandung nutrisi dan senyawa bioaktif seperti karbohidrat (terutama fruktosa dan glukosa), enzim, protein, asam-asam amino, asam-asam organik, mineral, vitamin, bahan aromatik, polifenol, pigmen, dan polen yang berkontribusi pada warna, aroma, dan rasa (Pavlova, 2018). Madu mengandung senyawa antioksidan enzimatis, seperti glukosa oksidase dan katalase, dan senyawa non enzimatis seperti asam askorbat, flavonoid dan fenolik (Yiuchung, 2019).

Umur simpan merupakan jangka waktu suatu produk pangan mulai dari produksi, pengemasan, dan distribusi sampai dengan penerimaan oleh konsumen, dengan syarat mutu yang dapat dipertahankan dan diterima, baik sensori maupun keamanan pangan (Khurin'in, 2022). Umur simpan dapat ditentukan, salah satunya dengan menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*) yang mana metode ini memiliki kelebihan dalam waktu pengujian yang relatif singkat dan ketepatan serta akurasi yang lebih tinggi (Sertiarto, 2018).

Model Arrhenius merupakan pendekatan yang paling umum digunakan dalam ASLT karena mampu memprediksi umur simpan berdasarkan perubahan laju reaksi terhadap suhu. Model ini menghitung energi aktivasi dan konstanta laju reaksi, sehingga mampu memprediksi masa simpan pada suhu normal berdasarkan hasil pengujian di suhu yang tinggi (Meilgaard, 2007). Pendekatan Arrhenius digunakan untuk mengukur umur penyimpanan produk pangan yang rentan terhadap kerusakan akibat reaksi kimia seperti oksidasi lemak, reaksi maillard, dan denaturasi protein (Afriyanti, 2018).

Senyawa fenolik merupakan senyawa yang dihasilkan oleh tumbuhan sebagai respons terhadap stres lingkungan. Senyawa fenolik berfungsi sebagai pelindung terhadap sinar UV-B dan kematian sel untuk melindungi DNA dari dimerisasi dan kerusakan (Lai, 2011). Kelompok terbesar dari senyawa ini adalah flavonoid yang

terdapat hampir pada semua bagian tumbuhan, seperti daun, akar, nektar, bunga, buah, dan biji (Neldawati, 2013).

Iklim tropis yang ada di Indonesia dengan suhu dan kelembaban tinggi menjadikan sulitnya mempertahankan kualitas minuman herbal, sebab dapat mempengaruhi stabilitas senyawa fenolik yang dimiliki kedua bahan tersebut. Penurunan stabilitas senyawa fenolik dapat menurunkan manfaat produk *honey ginger tea*. Dengan demikian, degradasi fenolik akibat dari suhu dan waktu penyimpanan menjadi perhatian penelitian ini dengan itu diharapkan dapat mengetahui perubahan total fenolik untuk mengetahui umur simpan produk *honey ginger tea*.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian di atas dalam latar belakang penelitian, maka masalah yang dapat diidentifikasi adalah berapa lama umur simpan *honey ginger tea* berdasarkan penurunan kadar total fenolik menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) model *Arrhenius*?

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perubahan kadar total fenolik *honey ginger tea* selama periode penyimpanan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan umur simpan *honey ginger tea* menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) model *Arrhenius* berdasarkan parameter total fenolik.

1.4. Manfaat penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai perubahan kandungan total fenolik dalam penyimpanan produk *honey ginger tea*, serta dapat mendukung pengembangan produk pangan fungsional berbasis bahan alami lokal.

1.5. Kerangka Pemikiran

Produk berbasis herbal seperti *honey ginger tea* sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Senyawa aktif seperti gingerol dan flavonoid mudah

terdegradasi akibat suhu tinggi dan waktu simpan yang lama (Fennema, 2010). Maka, suhu dan waktu menyimpan menjadi dua variabel utama yang mempengaruhi kualitas produk selama distribusi dan konsumsi.

Masa simpan suatu produk pangan merupakan parameter untuk mengetahui ketahanan produk selama penyimpanan yang mana selama penyimpanan produk pangan dapat mengalami perubahan (Nursiti, 2017). Informasi mengenai umur simpan dapat digunakan sebagai salah satu jaminan keamanan kepada konsumen terhadap mutu suatu produk (Nuraini, 2020). Pencantuman informasi umur simpan suatu produk yang diperdagangkan mutlak diperlukan oleh semua produk dikarenakan produk akan mengalami penurunan kualitas, hal tersebut telah diatur dalam Undang-undang No. 18 tahun 2012 tentang Pangan dan Undang-undang No. 8 tahun 1999 tentang perlindungan konsumen (Ikasari, 2017). Umur simpan suatu produk ditentukan dengan mengamati produk selama penyimpanan sampai terjadi perubahan yang tidak dapat diterima lagi oleh konsumen. Selain itu juga dilakukan dengan mengamati perubahan yang terjadi pada produk selama selang waktu tertentu, apabila terjadi perubahan dapat diindikasikan adanya penurunan mutu produk tersebut. Maka dari itu pengujian atribut produk perlu dilakukan untuk menentukan daya simpannya (Buckle, 2007).

Metode yang paling umum untuk menentukan umur simpan produk pangan yaitu metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) yang menggunakan prinsip akselerasi untuk mempercepat kerusakan bahan pangan dalam perlakuan tertentu, kemudian dihitung secara matematis dan akan didapatkan hasil yang lebih cepat dengan akurasi yang cukup tinggi. Salah satu model yang digunakan adalah pendekatan *Arrhenius* (Nuraini, 2020). Model *Arrhenius* biasanya digunakan untuk produk yang mengandung lemak tinggi (berpotensi menyebabkan oksidasi lemak) atau yang mengandung gula yang lebih rendah dan protein (berpotensi menyebabkan reaksi pencokelatan) adalah salah satu produk pangan yang umur simpannya dapat ditentukan (Afriyanti, 2018). Jika keadaan suhu penyimpanan tetap dari waktu ke waktu atau dianggap tetap, maka perumusan masalahnya dapat sederhana untuk menduga laju penurunan mutu menggunakan persamaan ini (Syarif, 1993).

Fenolik merupakan senyawa bioaktif yang bersifat polar, namun terdapat *tail* karbon yang panjang membuat polaritas pada tanaman jahe menjadi rendah. Senyawa fenolik pada ekstrak jahe memiliki rantai hidrokarbon, di mana rantai hidrokarbon tersebut dapat mengurangi kepolaran senyawa-senyawa fenolik tersebut, menjadi bersifat semi-polar. Hasil total kandungan fenolik rimpang jahe setelah pengeringan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan metode lain (Ghafoor, 2020).

Hasil penelitian Muhammad (2023) menunjukkan pada perlakuan ekstrak jahe memiliki nilai kecerahan yang tinggi dengan perlakuan penambahan jenis pemanis, semakin tinggi penambahan madu maka nilai kecerahan lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan sucrilase dan molase.

Hasil penelitian Lopez (2008) dan Ramirez (2014) menunjukkan bahwa senyawa flavonoid dan total fenolik pada minuman fungsional berbahan dasar herbal berpotensi mengalami penurunan selama masa penyimpanan. Sedangkan dalam penelitian. Saefudin (2016) menunjukkan selama 28 hari masa penyimpanan kadar total fenolik cenderung berkurang dengan suhu penyimpanan terbaik untuk menjaga stabilitas total fenolik adalah 10°C.

Hasil penelitian Rusli (2022) menunjukkan suhu penyimpanan juga mempengaruhi kecepatan kerusakan pada produk, pada suhu 45°C laju kecepatan rusaknya lebih cepat dibandingkan dengan pada suhu 35°C, serta hasil perhitungan pada umur simpan *ginger latter* yaitu 33-35 hari untuk penyimpanan di suhu 25°C. Dalam penelitian ini, produk *honey ginger tea* akan dilakukan penyimpanan pada tiga suhu yang berbeda yaitu 10°C, 25°C, dan 45°C.

1.6. Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diperoleh berdasarkan kerangka pemikiran di atas yaitu umur simpan *honey ginger tea* dapat diprediksi menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) model *Arrhenius* pada suhu yang berbeda (10°C, 25°C, dan 45°C) berdasarkan parameter total fenolik.

1.7. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penelitian Teknologi Pangan, Universitas Pasundan Bandung yang berlokasi di Jalan Dr. Setiabudi No. 193, Bandung. Waktu Penelitian dimulai dari bulan September 2025 hingga Juli 2026.

II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai: (2.1) Jahe, (2.2) Madu, (2.3) *Honey ginger tea*, (2.4) Umur Simpan.

2.1 Jahe



Gambar 1. Jahe

Sumber : <https://www.klikdokter.com/gaya-hidup/diet-nutrisi/ini-bedanya-manfaat-jahe-merah-jahe-putih-dan-jahe-emprit?>

Jahe (*Amomum zingiber L.*) adalah tanaman rimpang yang termasuk dalam keluarga *Zingiberaceae*. Jahe termasuk tanaman yang telah lama digunakan dalam pengobatan tradisional dan sebagai bumbu masakan. Adapun klasifikasi menurut BPOM, (2016) sebagai berikut:

Divisi	: Tracheophyta
Sub divisi	: Spermatophytina
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Zingiberales
Famili	: Zingiberaceae
Genus	: Zingiber
Spesies	: <i>Zingiber officinale</i> Rosc.

Jahe memiliki tera batang semu, tinggi 30 cm hingga 1 m, rimpang bila dipotong berwarna kuning atau jingga. Tanaman jahe telah lama dikenal dan dibudidayakan di daerah Asia Tropik, terutama di daerah yang memiliki kelembaban tinggi. Jahe dibagi menjadi 3 varietas berdasarkan bentuk rimpangnya, yaitu jahe emprit (*Zingiber officinale* var. *Amarum Roscoe*), jahe gajah (*Zingiber*

officinale var. *Officinarum Roscoe*), serta jahe merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum Theilade*) (Gholib, 2008).

Pada industri pangan jahe sering digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan minuman herbal. Minuman jahe tidak hanya populer karena rasa yang khas, namun juga karena manfaat kesehatan yang ditawarkan. Penelitian Ali (2018), menunjukkan bahwa konsumsi minuman jahe dapat membantu meningkatkan sistem kekebalan tubuh dan mengurangi gejala flu. Jahe dapat dikembangkan menjadi produk baru, dengan meningkatkan minat konsumen terhadap produk alami dan sehat, jahe dapat menjadi pilihan yang menarik. Kombinasi jahe dengan bahan lain seperti madu, dapat meningkatkan nilai gizi dan rasa pada produk (Kaur, 2020).

Jahe dikenal memiliki berbagai manfaat kesehatan. Senyawa aktif dalam jahe, seperti gingerol dan shogaol, berkontribusi terhadap efek terapeutiknya. Jahe empiris sering dimanfaatkan sebagai obat seperti obat anti inflamasi, obat nyeri sendi dan otot, tonikum, serta obat batuk (Putri, 2016). Selain itu jahe juga digunakan dalam berbagai produk makanan dan minuman, termasuk *honey ginger tea*.

2.2 Madu



Gambar 2. Madu

Sumber : <https://www.halodoc.com/artikel/apa-saja-manfaat-madu-untuk-kecantikan?>

Madu adalah produk alami yang dihasilkan oleh lebah dari nektar bunga, yang mana memiliki berbagai manfaat kesehatan, termasuk sifat antimikroba, antioksidan, dan antiinflamasi. Madu mengandung berbagai senyawa bioaktif, termasuk flavonoid dan asam fenolik, yang berkontribusi terhadap efek kesehatan

yang positif serta sebagai pemanis alam dalam berbagai produk makanan dan minuman (Al-Waili, 2004). Adapun komposisi madu berdasarkan SNI (2004), sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi Madu

Komposisi	Jumlah
Kalori	328 kal
Kadar Air	17,2 g
Protein	0,5 g
Karbohidrat	82,4 g
Abu	0,2 g

Sumber: SNI Komposisi Madu, (2004)

Madu merupakan senyawa kompleks yang mengandung nutrisi dan senyawa bioaktif seperti karbohidrat (terutama fruktosa dan glukosa), enzim, protein, asam-asam amino, asam-asam organik, mineral, vitamin, bahan aromatik, polifenol, pigmen, lilin, dan polen yang berkontribusi pada warna, aroma, dan rasa (Pavlova, 2018). Madu mempunyai kandungan senyawa kimia yang sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia serta madu kaya akan antioksidan (Ustadi, 2017).

Madu merupakan salah satu produk pertanian yang memiliki manfaat bernilai tinggi yaitu dapat bermanfaat sebagai sumber nutrisi, bahan kesehatan, serta bahan kosmetika (Oroian, 2017). Madu sering digunakan sebagai pemanis alami dalam bahan tambahan makanan dan minuman, tidak hanya memberi rasa manis, namun juga meningkatkan aroma dan cita rasa produk. Penggunaan madu dalam produk makanan dapat meningkatkan daya tarik konsumen dan memberi nilai tambah (Bogdanov, 2008). Madu merupakan salah satu obat tradisional tertua yang dianggap penting untuk pengobatan penyakit pernafasan, infeksi saluran pencernaan, dan macam-macam penyakit lainnya (Mulu, 2008)

Madu terbagi menjadi dua yang didasarkan pada jenis nektar bunga yaitu madu multiflora dan monoflora menyebabkan berbagai rasa, warna, tekstur, dan manfaat yang berbeda-beda. Madu monoflora adalah madu yang terdiri dari satu jenis tanaman contohnya rambutan dan *honeydew*, sedangkan madu multiflora

adalah madu yang berasal dari berbagai jenis tanaman contohnya madu hutan yang dihasilkan dari lebah yang mendapatkan nektar dari berbagai jenis tanaman (Jaya, 2016).

2.3 Honey Ginger Tea

Honey ginger tea (꿀생강차) adalah minuman tradisional Korea yang terbuat dari kombinasi dari jahe dan madu yang diolah menjadi minuman yang menyegarkan dan menghangatkan dengan cara diseduh menggunakan air. Minuman ini menjadi populer di berbagai belahan dunia, terutama asia, karena manfaat kesehatan yang ditawarkan. *honey ginger tea* dapat membantu sistem kekebalan tubuh, meredakan gejala flu, dan meningkatkan pencernaan (Kaur, 2020).

Proses pembuatan *honey ginger tea* biasanya melibatkan ekstraksi senyawa aktif dari jahe dan pencampuran madu. Kombinasi jahe dan madu dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dan sifat antimikroba (Ali, 2018). *Honey ginger tea* dalam prosesnya memiliki tantangan pada kestabilan kandungan senyawa aktifnya selama penyimpanan. Oleh karena itu, penelitian mengenai kestabilan komponen bioaktif seperti senyawa fenolik menjadi sangat penting (Lee, 2018).

Umur simpan *honey ginger tea* menjadi faktor penting dalam pengembangan produk. Menurut penelitian Fathimah (2020) menunjukkan bahwa faktor seperti suhu penyimpanan dan waktu dapat mempengaruhi stabilitas senyawa aktif dalam *honey ginger tea* ini, oleh sebab itu pengendalian kondisi penyimpanan sangat diperlukan untuk menjaga kualitas dan keamanan produk.

2.4 Umur Simpan

Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO) (2019) umur simpan adalah masa waktu suatu makanan tetap aman dikonsumsi dan mempertahankan kualitas sehingga dapat diterima oleh konsumen. Umur simpan suatu produk makanan dapat bervariasi tergantung pada jenisnya, suhu penyimpanan, dan sanitasi produk, namun biasanya berkisar pada beberapa hari atau beberapa minggu hingga beberapa bulan.

Pada *honey ginger tea*, umur simpan dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk suhu penyimpanan, waktu, dan komposisi bahan. Pengendalian suhu dan waktu penyimpanan dapat memperpanjang umur simpan produk. Suhu penyimpanan yang tinggi dapat mempercepat proses degradasi senyawa aktif dalam *honey ginger tea*. Menurut hasil penelitian Wulandari (2020) menunjukkan bahwa pada suhu di atas 25°C, kadar senyawa fenolik dalam minuman cenderung menurun lebih cepat. Sebab itu, penting untuk menyimpan produk dalam suhu yang optimal untuk menjaga kualitasnya.

Waktu penyimpanan juga berkontribusi terhadap perubahan kualitas produk. Menurut penelitian Hidayati (2020) menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyimpanan, semakin besar kemungkinan terjadinya penurunan kualitas yang menunjukkan bahwa pengendalian waktu penyimpanan sangat penting untuk menjaga umur simpan produk. Menurut Floros (1993) metode pengujian yang dapat digunakan untuk menentukan suatu umur simpan pada produk yaitu *Extended Storage Studies* (ESS) dan *Accelerated Storage Studies* (ASS) yang merupakan dua konsep studi penyimpanan produk pangan yang memungkinkan untuk menentukan umur simpan produk pangan dan tanggal kedaluwarsanya. Metode *Extended Storage Studies* (ESS) atau dikenal sebagai metode konvensional adalah metode yang menetapkan tanggal kedaluwarsa dengan menyimpan seri produk dalam kondisi normal sehari-hari sambil diamati penurunan kualitasnya hingga mencapai tingkat mutu kedaluwarsa, metode ini termasuk metode yang tepat namun memerlukan waktu yang lama dan analisis parameter yang relatif banyak. Metode *Accelerated Storage Studies* (ASS) atau metode akselerasi yang juga dikenal sebagai *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) merupakan metode yang digunakan untuk menentukan masa simpan produk dengan memanfaatkan kondisi lingkungan yang dapat mempercepat (*accelerated*) proses degradasi mutu produk pangan (Herawati, 2008).

Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) berlaku untuk setiap proses penurunan atau kerusakan yang dapat diekspresikan secara kuantitatif dengan model atau pendekatan yang valid. Proses deteriorasi dapat bersifat kimia, fisik, biokimia, atau mikroba yang mana model ini dapat mengikuti perubahan dalam

masa penyimpanan yang mengekspresikan nilai dari penanda kerusakan atau tingkat kegagalan produk di bawah riwayat penyimpanan dan penanganan tertentu (Mizrahi, 2011). Umur simpan model Arrhenius memiliki setidaknya 3 suhu penyimpanan dan rentang waktu pengujian sepanjang minimal lima titik (satu titik awal penyimpanan, tiga titik tengah penyimpanan, dan satu titik akhir di mana produk diduga mengalami kerusakan) untuk mendapatkan korelasi yang tepat (Asiah, 2018). Model ini didasarkan pada melibatkan penyimpanan barang makanan pada suhu ekstrem yang mengakibatkan pembusukan cepat, sehingga metode ini biasanya digunakan untuk memperkirakan umur simpan produk pangan yang rentan pada perubahan suhu, seperti produk yang rentan terjadi degradasi total fenolik (Hariyadi, 2006).

2.5 Total Fenolik

Senyawa Fenolik merupakan kelompok senyawa terbesar yang berperan sebagai antioksidan alami pada tumbuhan, senyawa ini memiliki satu (fenol) atau lebih (polifenol) cincin fenol, yaitu gugus hidroksi yang terikat pada cincin aromatis sehingga mudah teroksidasi dengan menyumbangkan atom hidrogen pada radikal bebas. Senyawa fenolik alami umumnya berupa polifenol yang membentuk senyawa eter, ester, atau glikosida, antara lain flavonoid, tanin, tokoferol, kumarin, lignin, turunan asam sinamat, dan asam organik polifungsional (Dhurhania, 2018).

Komponen senyawa ini diketahui memiliki peranan penting sebagai agen pencegah dan pengobatan beberapa gangguan penyakit seperti disfungsi otak, diabetes, kanker (Garg, 2016). Kelompok terbesar dari senyawa ini adalah flavonoid yang pada umumnya pada tumbuhan mengandung satu senyawa atau lebih senyawa flavonoid dan memiliki komposisi kandungan flavonoid yang khas (Indrawati, 2013).

Salah satu senyawa yang berperan dalam efek farmakologi jahe adalah senyawa golongan fenol, pada jahe senyawa fenolik mempengaruhi aktivitas antioksidan (Stoilova, 2007), pada hasil penelitian Kusumaningati, 2009 didapatkan total fenolik pada jahe sebesar 92,98 mg *Gallic Acid Equivalent* per 100g. Senyawa fenol pada jahe antara lain *eugenol*, *zingerone*, dan *gingerdiols*

(Singh, 2008). Sedangkan pada madu yang dikenal memiliki berbagai aktivitas biologis yang salah satunya sebagai sumber antioksidan alami juga memiliki senyawa fenolik (Zahra, 2021).

III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai: (3.1) Bahan dan Alat Penelitian, (3.2) Metode Penelitian, (3.3) Prosedur Penelitian, dan (3.4) Jadwal Penelitian.

3.1 Bahan dan Alat Penelitian

3.1.1. Bahan – Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pembuatan sampel *honey ginger tea* ini adalah jahe emprit yang berasal dari Bandung dan madu multiflora (Perusahaan Madu Tava, Kota Bandung).

Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis total fenolik adalah reagen Folin-Ciocalteu, Na_2CO_3 7,5%, asam galat (standar), etanol 96%, dan aquades.

3.1.2. Alat – Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan adalah blender, timbangan digital, gelas ukur, spatula, pisau, corong, dan botol kaca steril.

Peralatan yang digunakan untuk analisis total fenolik adalah spektrofotometer UV-Vis, inkubator, tabung reaksi, pipet, gelas ukur, dan timbangan digital.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian ini terbagi menjadi 2 tahapan yaitu sebagai berikut:

a. Tahap 1 : “Pembuatan Sampel Jahe Madu

Tahap pembuatan sampel jahe madu dilakukan dengan pencucian pada jahe emprit, setelah jahe bersih dilakukan pengupasan pada jahe emprit. Jahe yang telah bersih dari kulitnya kemudian dilakukan penghalusan. Pencampuran dilakukan pada jahe yang telah dihaluskan dengan madu multiflora dalam wadah kemudian diaduk hingga madu dan jahe tercampur sempurna menggunakan spatula. *honey ginger tea* yang telah tercampur kemudian dikemas dengan jar yang telah disterilisasi, jadilah produk *honey ginger tea*.

b. Tahap 2 : “Penentuan Umur Simpan”

Pada penelitian tahap 2 yaitu penentuan umur simpan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT) model *Arrhenius* yang menggunakan 3 suhu untuk pendugaan umur simpan pada produk *honey ginger tea*.

Penentuan titik kritis umur simpan pada penelitian ini didasarkan pada retensi senyawa fenolik sebagai salah satu bioaktif utama dalam produk *honey ginger tea*, pada beberapa penelitian sebelumnya dilaporkan bahwa degradasi senyawa fenolik selama penyimpanan berkisar antara 20-30% serta penurunan di atas mulai dianggap signifikan terhadap kualitas fungsional suatu produk. Chen (2018) mendapatkan penurunan total fenolik pada litchi pericarp sebesar 20% selama penyimpanan, sedangkan Mikulic-petkovsek (2023) mendapatkan hasil pada produk pure buah apel dan stroberi setelah penyimpanan turun hingga 24-39%. Sehingga penelitian ini menetapkan bahwa titik kritis penolakan (akhir masa simpan) yang didapatkan oleh konsumen pada akhir umur simpan ditentukan pada retensi fenolik 75% atau penurunan fenolik hingga 25%.

Kemudian dilakukan pendugaan pada produk *honey ginger tea* yang mana produk disimpan dalam inkubator pada suhu penyimpanan pada suhu penyimpanan yang divariasikan dengan beberapa suhu yaitu 10°C, 25°C, dan 45°C. Kemudian dilakukan analisis uji total fenolik pada interval waktu penyimpanan yang berbeda setiap suhunya pada suhu 10°C dilakukan pada interval waktu 7 hari, pada suhu 25°C dilakukan pada interval 5 hari, dan pada suhu 45°C dilakukan pada interval 3 hari. Data yang dikumpulkan kemudian akan dianalisis dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT) model *Arrhenius*.

Umur simpan produk *honey ginger tea* ini dinyatakan berakhir ketika retensi kandungan total fenolik turun hingga 75% dari 100% (hasil awal penelitian).

3.2.1 Rancangan Perlakuan

Produk *honey ginger tea* akan disimpan pada 3 suhu berbeda yang akan digunakan untuk perhitungan metode *Arrhenius*. Suhu yang digunakan yaitu : 10°C, 25°C, dan 45°C. Rentang waktu penyimpanan dilakukan dengan interval 7 hari untuk suhu 10°C, 5 hari untuk suhu 25°C, dan 3 hari untuk suhu 45°C.

3.2.2 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang dilakukan untuk menentukan umur simpan yaitu menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) model *Arrhenius*, dengan layout penelitian sebagai berikut.

Tabel 2. Analisis Total Fenolik *Honey Ginger Tea*

Total Fenolik (mg GAE/L)					
Lama Penyimpanan	10°C	Lama Penyimpanan	25°C	Lama Penyimpanan	45°C
Hari ke - 0		Hari ke - 0		Hari ke - 0	
Hari ke - 7		Hari ke - 5		Hari ke - 3	
Hari ke - 14		Hari ke - 10		Hari ke - 6	
Hari ke - 21		Hari ke - 15		Hari ke - 9	
Hari ke - 28		Hari ke - 20		Hari ke - 12	
Hari ke - 35		Hari ke - 25		Hari ke - 15	

3.2.3 Rancangan Analisis

Analisis yang dilakukan pada produk *honey ginger tea* yaitu pendugaan umur simpan dengan menggunakan metode ASLT metode Arrhenius dengan parameter total fenolik. Kemudian dilakukan analisis menggunakan regresi linear untuk mengetahui pengaruh dari suhu penyimpanan dan lama penyimpanan terhadap produk menggunakan persamaan:

$$y = a + bx$$

Keterangan :

y = Nilai analisis atau variabel respons (Dependent)

a = intercept

b = konstanta penurunan mutu (k)

x = waktu penyimpanan (hari) atau variabel faktor penyebab (Independent)

Regresi linear yang akan digunakan memperoleh determinasi (r) yang mana setiap nilai b yang didapatkan merupakan konstanta penurunan mutu setiap suhu

penyimpanan. Untuk menentukan ordo reaksi maka dibuat grafik ordo nol dan ordo satu, grafik ordo nol menunjukkan antara nilai k dengan lama penyimpanan, sedangkan grafik ordo satu menunjukkan hubungan antara $\ln$ k dengan lama penyimpanan. Persamaan berikut menunjukkan grafik penurunan parameter mutu untuk ordo nol, yang menunjukkan penurunan mutu yang konstan:

$$[At] - [Ao] = -kt$$

Keterangan :

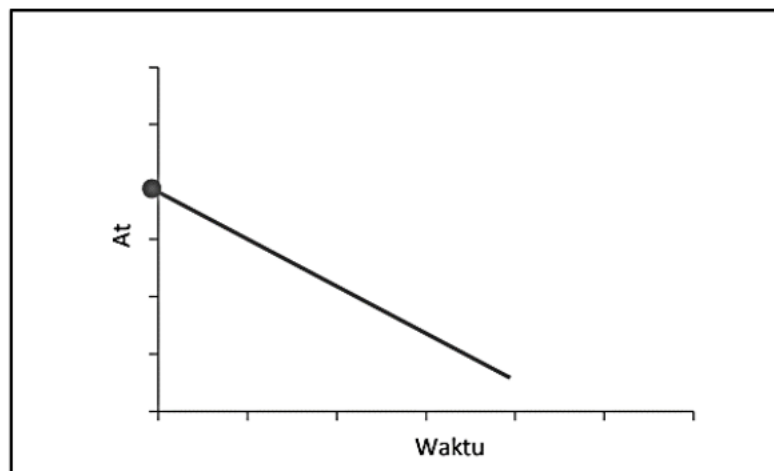
At = Nilai parameter mutu pada waktu t

Ao = Nilai parameter mutu A

K = laju perubahan mutu

t = waktu penyimpanan

Grafik hubungan antara penurunan mutu dengan waktu penyimpanan pada reaksi ordo 0 dapat dilihat pada grafik berikut:

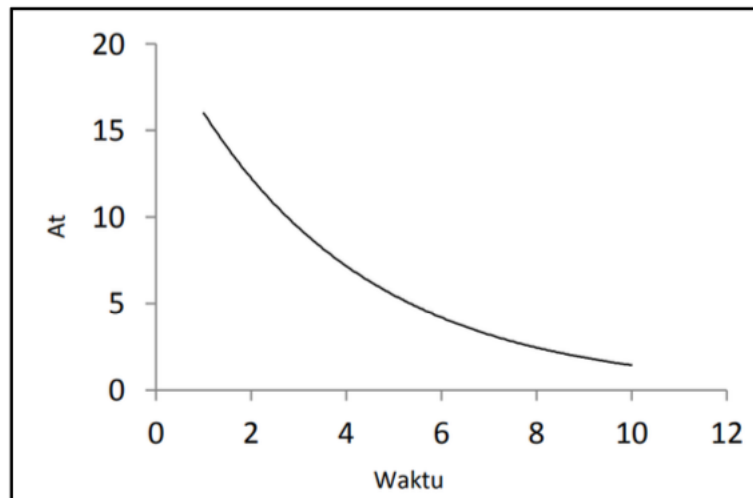


Gambar 3. Hubungan Antara Mutu dan Waktu Penyimpanan Pada Reaksi Ordo 0

Sementara itu, penurunan mutu ordo satu dinyatakan sebagai berikut:

$$\ln[At] - \ln[Ao] = -kt$$

Grafik hubungan antara penurunan mutu dengan waktu penyimpanan pada reaksi ordo 0 dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. Hubungan Antara Mutu dan Waktu Penyimpanan Pada Reaksi Ordo 1

Nilai konstanta *Arrhenius* dilambangkan dengan huruf *k* yang diperoleh dari persamaan regresi linear atau sama dengan *b*. Kemudian nilai *k* diplotkan ke dalam rumus *Arrhenius*, yaitu :

$$k = k_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} \text{ atau } \ln k = \ln k_0 - E_a/RT$$

Karena $\ln k_0$ dan $-E_a/RT$ merupakan bilangan konstanta, maka persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\ln k = A + B \cdot 1/T$$

Keterangan :

k = Kostanta penurunan mutu

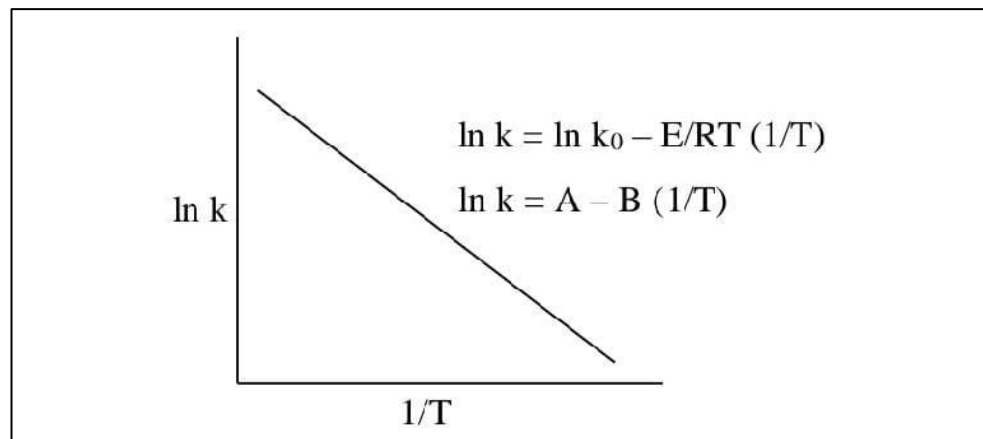
k_0 = Konstanta (tidak tergantung pada suhu)

E = Energi aktivasi

T = Suhu mutlak

R = Konstanta gas 1,986 kal/mol

Sehingga apabila setiap nilai *k* dan $1/T$ diplotkan dalam sebuah grafik, maka akan diperoleh gambar sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara ln k dengan 1/T

Nilai A sama dengan nilai intercept sehingga bisa diperoleh nilai $\ln k_0$. Sedangkan nilai B sama dengan nilai slope pada persamaan garis lurus yang mana dapat ditentukan nilai E_a (energi aktivasi) dengan rumus :

$$E_a = R \cdot B$$

Keterangan :

R = Konstanta gas 1,989 kal/mol

B = Nilai slope

Kemudian dengan diketahuinya besar penurunan mutu, perhitungan umur simpan dapat dilakukan dengan persamaan berikut :

$$(ordo nol) t_s = (C_0 - C_t)/k$$

Atau

$$(ordo satu) t_s = [ln((C_0/C_t))]/k$$

Keterangan :

C_0 = Mutu awal

C_t = Mutu akhir (mutu produk yang tidak layak konsumsi)

T = waktu kadaluarsa

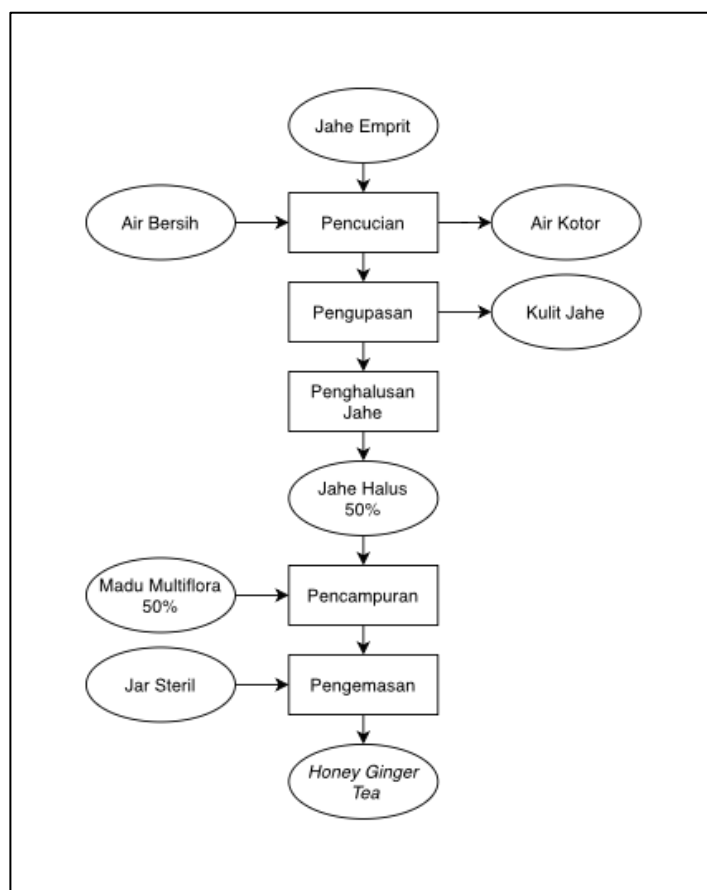
k = konstanta

3.2.4 Rancangan Respon

Rancangan respons yang dianalisis pada pengamatan ini yaitu respons kimia berupa total fenolik (Zahra, 2021) yang dilakukan pada produk *honey ginger tea* dengan suhu penyimpanan pada suhu 10°C, 25°C, dan 45°C dengan interval analisis total fenolik yang berbeda setiap suhunya.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Pembuatan *Honey Ginger Tea*



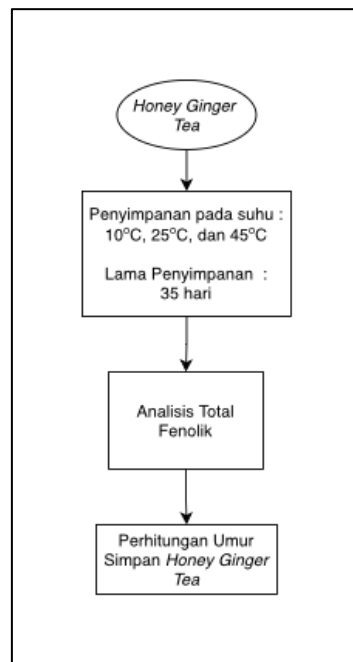
Gambar 6. Diagram Alir Prosedur Pembuatan Jahe Madu
Sumber : Maangchi, 2021

3.3.2 Penyimpanan

Penyimpanan dilakukan menggunakan jar steril pada suhu 10°C, 25°C, dan 45°C selama interval yang berbeda pada setiap suhunya.

3.3.3 Pengamatan dan Pengolahan Data

Pengamatan total fenolik dilakukan pada interval yang berbeda pada setiap suhunya. Rentang waktu penyimpanan dilakukan dengan interval 7 hari untuk suhu 10°C, 5 hari untuk suhu 25°C, dan 3 hari untuk suhu 45°C.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian Pendugaan Umur Simpan *Honey Ginger Tea*

3.4 Jadwal Penelitian

Tabel 3. Jadwal Penelitian

No.	Rencana	Bulan							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Diskusi Topik dan Judul Penelitian								
2	Penyusunan Proposal Usulan Penelitian								
3	Pengajuan Proposal Usulan Penelitian								
4	Seminar Proposal Usulan Penelitian								
5	Pelaksanaan Usulan Penelitian								
6	Pengolahan Data dan Penyusunan Tugas Akhir								
7	Pengajuan Tugas Akhir								
8	Sidang Tugas Akhir								

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan mengenai: (4.1) Kurva Standar Asam Galat, (4.2) Analisis Kadar Total Fenolik, (4.3) Analisis Umur Simpan

4.1. Kurva Standar Asam Galat

Penentuan kadar total fenolik pada *honey ginger tea* menggunakan metode Folin-Ciocalteu dengan asam galat sebagai senyawa standar, sehingga hasil akhir dinyatakan dalam satuan miligram Gallic Acid Equivalent (mg GAE). Prinsip metode ini didasarkan pada kemampuan reagen Folin-Ciocalteu mengoksidasi gugus hidroksil pada senyawa fenolik dan membentuk kompleks molibdenum-tungsten berwarna biru yang serapannya dapat diukur secara spektrofotometri pada panjang gelombang 780 nm (Blainski et al., 2013).

Kurva standar dibuat dari deret konsentrasi asam galat 0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm yang menghasilkan nilai absorbansi meningkat secara linear seiring bertambahnya konsentrasi, yaitu 0,000; 0,213; 0,364; 0,500; 0,649; dan 0,770. Hasil regresi linear antara konsentrasi (x) dan absorbansi (y) menghasilkan persamaan garis:

$$y = 0,0151x + 0,0379 \quad (R^2 = 0,9919)$$

Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9919 menunjukkan hubungan linear yang sangat kuat antara konsentrasi asam galat dengan nilai absorbansi, karena nilai R^2 mendekati 1 dan telah memenuhi syarat linearitas kurva standar yang baik pada metode spektrofotometri ($R^2 > 0,99$). Persamaan regresi inilah yang selanjutnya digunakan sebagai dasar konversi nilai absorbansi sampel *honey ginger tea* menjadi nilai kadar total fenolik (mg GAE).

4.2. Analisis Kadar Total Fenolik

Nilai absorbansi konsentrat jahe madu yang disimpan pada suhu 45°C, 25°C, dan 10°C dikonversi menjadi kadar total fenolik menggunakan persamaan kurva standar asam galat seperti pada gambar 8. Pengamatan dilakukan secara berkala pada masing-masing suhu dengan interval waktu yang berbeda, yaitu setiap 3 hari

untuk suhu 45°C, setiap 5 hari untuk suhu 25°C, dan setiap 7 hari untuk suhu 10°C, mengikuti prinsip Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) yang mempercepat laju kerusakan produk pada suhu tinggi sehingga pengamatan dapat dilakukan dalam rentang waktu yang lebih singkat, sedangkan pada suhu rendah interval pengamatan diperpanjang karena laju penurunan mutu berlangsung lebih lambat (Asiah et al., 2018).

Hasil perhitungan kadar total fenolik *honey ginger tea* selama penyimpanan pada tiap suhu disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Kadar Total Fenolik *Honey Ginger Tea*

Suhu Penyimpanan	Hari ke-	Total Fenolik (mg GAE/L)
45°C	0	10,93
	3	10,76
	6	11,96
	9	6,82
	12	6,72
	15	6,89
25°C	0	10,93
	5	13,59
	10	6,56
	15	6,67
	20	6,94
	25	7,05
10°C	0	10,93
	7	7,78
	14	8,17
	21	7,51
	28	6,65
	35	7,65

Berdasarkan tabel di atas, kadar total fenolik *honey ginger tea* pada hari ke-0 tercatat sebesar 10,93 mg GAE/L untuk seluruh perlakuan suhu, karena sampel berasal dari batch produksi yang sama sebelum didistribusikan ke masing-masing kondisi penyimpanan, sehingga titik awal (C0) bersifat seragam. Kadar total fenolik cenderung mengalami penurunan selama penyimpanan pada ketiga suhu.

Pada suhu penyimpanan 45°C, kadar total fenolik *honey ginger tea* menurun dari 10,93 mg GAE/L pada hari ke-0 menjadi 10,76 mg GAE/L pada hari ke-3, kemudian menjadi 11,96 mg GAE/L pada hari ke-6, 6,82 mg GAE/L pada hari ke-

9 dan pada hari terakhir yaitu hari ke-15 menjadi 6,89 mg GAE/L. Pada suhu penyimpanan 25°C, kadar total fenolik *honey ginger tea* 13,59 mg GAE/L pada hari ke-5, kemudian turun menjadi 6,56 mg GAE/L pada hari ke-10 dan relatif stabil pada kisaran 6,67-7,05 mg GAE/L hingga hari ke-25.

Pada suhu penyimpanan 10°C, penurunan kadar total fenolik berlangsung lebih stabil dibandingkan kedua suhu lainnya. Kadar total fenolik menurun dari 10,93 mg GAE/L pada hari ke-0 menjadi 7,78 mg GAE/L pada hari ke-7, kemudian sedikit meningkat menjadi 8,17 mg GAE/L pada hari ke-14, menurun kembali menjadi 7,51 mg GAE/L pada hari ke-21 dan 6,65 mg GAE/L pada hari ke-28, kemudian di hari terakhir yaitu hari ke-35 menjadi 7,65 mg GAE/L.

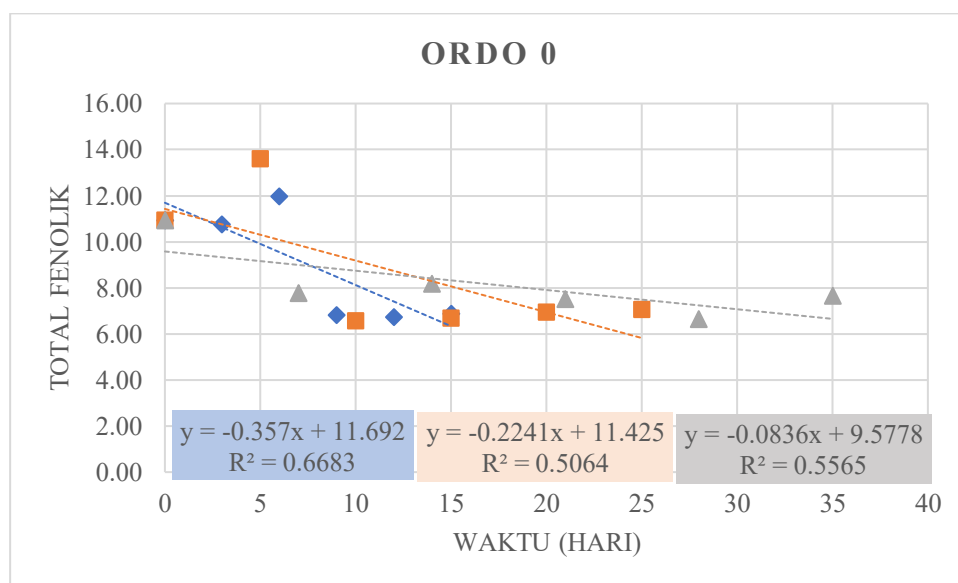
Secara umum, penurunan kadar fenolik terlihat lebih cepat pada suhu penyimpanan yang lebih tinggi. Pada suhu 45°C, kadar total fenolik cukup menurun hanya dalam kurun waktu 3 hari, sedangkan pada suhu 10°C penurunan berlangsung lebih lama. Hal ini menunjukkan bahwa suhu penyimpanan merupakan faktor penting yang mempengaruhi laju degradasi senyawa fenolik pada *honey ginger tea*, dimana dalam prinsipnya bahwa penurunan mutu pangan meningkat seiring kenaikan suhu (Herawati, 2008).

4.3. Analisis Umur Simpan

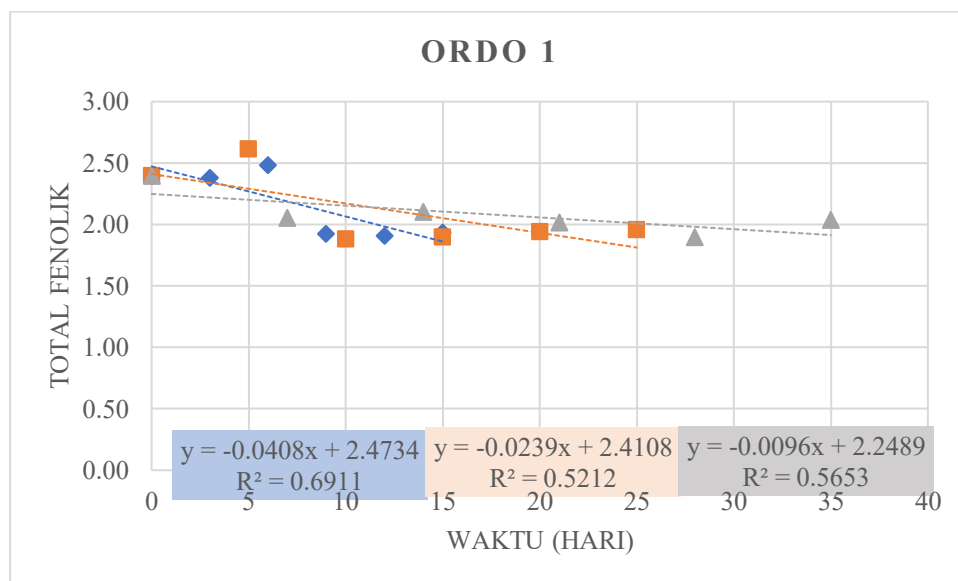
Metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) dengan pendekatan Arrhenius mensyaratkan penentuan ordo reaksi terlebih dahulu sebelum konstanta laju reaksi (k) pada setiap suhu dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Secara umum, laju penurunan mutu bahan pangan mengikuti kinetika reaksi ordo nol atau ordo satu. Pada reaksi ordo nol, laju penurunan konsentrasi bersifat konstan terhadap waktu dan tidak dipengaruhi oleh konsentrasi reaktan yang tersisa, dengan persamaan matematis $C = C_0 - kt$, sehingga apabila data konsentrasi (C) diplot terhadap waktu (t) akan menghasilkan hubungan linear. Reaksi tipe ini umumnya menggambarkan kerusakan akibat reaksi enzimatis, seperti pada produk segar dan produk pangan beku (Asiah et al., 2018). Pada reaksi ordo satu, laju penurunan konsentrasi dipengaruhi oleh jumlah konsentrasi reaktan yang tersisa pada waktu tertentu, dengan persamaan matematis $\ln C = \ln C_0 - kt$, sehingga hubungan linear

diperoleh apabila logaritma natural konsentrasi ($\ln C$) diplot terhadap waktu (t). Reaksi ordo satu umumnya menggambarkan kerusakan akibat reaksi oksidasi, ketengikan, dan degradasi vitamin atau senyawa bioaktif seperti fenolik (Kusnandar, 2004; Herawati, 2008).

Ordo reaksi yang digunakan untuk pendugaan umur simpan selanjutnya adalah ordo dengan nilai R^2 yang lebih besar pada masing-masing suhu penyimpanan, karena semakin besar R^2 (mendekati 1) maka model matematis yang digunakan semakin mampu menjelaskan pola penurunan mutu yang sebenarnya terjadi, sehingga hasil ekstrapolasi dan pendugaan umur simpan yang diperoleh menjadi lebih akurat (Kusnandar, 2004). Hasil persamaan regresi dan nilai R^2 pada kedua ordo reaksi untuk setiap suhu penyimpanan terdapat pada gambar dan tabel berikut.



Gambar 8. Grafik Perubahan Total Fenolik *Honey Ginger Tea* Selama Penyimpanan Berdasarkan Ordo Nol



Gambar 9. Grafik Perubahan Total Fenolik *Honey Ginger Tea* Selama Penyimpanan Berdasarkan Ordo Satu

Tabel 5. Perbandingan Nilai R² Ordo Nol dan Ordo Satu

Suhu Penyimpanan (K)	Persamaan Ordo Nol	R ² Ordo Nol	Persamaan Ordo Satu	R ² Ordo Satu
318 (45°C)	$y = -0,357x + 11,692$	0,6683	$y = -0,0408x + 2,4734$	0,6911
298 (25°C)	$y = -0,2241x + 11,425$	0,5064	$y = -0,0239x + 2,4108$	0,5212
283 (10°C)	$y = -0,0836x + 9,5778$	0,5565	$y = -0,0096x + 2,2489$	0,5653

Berdasarkan tabel di atas, nilai R² pada model ordo satu secara lebih besar dibandingkan model ordo nol pada ketiga suhu penyimpanan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pendugaan umur simpan *honey ginger tea* berdasarkan parameter total fenolik lebih tepat menggunakan pendekatan kinetika reaksi ordo satu, sehingga persamaan yang digunakan pada tahap analisis Arrhenius selanjutnya adalah persamaan ordo satu, dengan nilai kemiringan (slope, b) pada masing-masing suhu mewakili konstanta laju reaksi (k) penurunan mutu total fenolik, sebagaimana pada tabel berikut.

Tabel 6. Persamaan Regresi Ordo Satu dan Nilai Konstanta Laju Reaksi (K)

Parameter	45°C	25°C	10°C
a	2,4734	2,4108	2,2489
b (=k, /hari)	0,0408	0,0239	0,0096
Persamaan	$y = -0,0408x + 2,4734$	$y = -0,0239x + 2,4108$	$y = -0,0096x + 2,2489$

Konstanta laju reaksi (k) pada ketiga suhu penyimpanan selanjutnya digunakan untuk menghitung suhu penyimpanan dengan laju reaksi penurunan mutu berdasarkan persamaan Arrhenius:

$$k = k_0 \cdot e^{(-E_a/RT)}$$

Persamaan tersebut dapat dilinearisasi menjadi $\ln k = \ln k_0 - (E_a/R)(1/T)$, sehingga hubungan antara $\ln k$ dan nilai kebalikan suhu mutlak ($1/T$) bersifat linear. Nilai T (suhu mutlak, Kelvin) diperoleh dari suhu penyimpanan (°C) ditambah 273, sedangkan nilai k merupakan nilai slope (b) pada persamaan ordo satu. Sehingga nilai $1/T$ dan $\ln k$ pada ketiga suhu penyimpanan sebagai berikut.

Tabel 7. Nilai $1/T$ dan $\ln k$ Berdasarkan Kadar Total Fenolik

Suhu (°C)	T (K) = °C+273	1/T (K ⁻¹)	k (/hari)	ln k
45	318	0,0031	0,0408	-3,1991
25	298	0,0034	0,0239	-3,7339
10	283	0,0035	0,0096	-4,6460

Berdasarkan hasil di atas yang kemudian diplot ke dalam grafik hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ didapatkan persamaan regresi linear sebagai berikut:

$$y = -3.683,9x + 8,4616 \quad (R^2 = 0,9611)$$

Dari persamaan regresi tersebut nilai kemiringan (*slope*) yang kemudian dilakukan perhitungan energi aktivasi (E_a) didapatkan sebesar 7314,2394 kal/mol⁰K. Setelah didapatkan hasil energi aktivasi dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai k_0 , didapatkan sebesar 4.729,6193/ hari. Nilai k dihitung pada masing-masing suhu penyimpanan (45°C, 25°C, dan 10°C) sehingga didapatkan

nilai k pada suhu 45°C sebesar 0,0442/ hari, pada suhu 25°C sebesar 0,0203/ hari, sedangkan pada suhu 10°C didapatkan sebesar 0,0105/ hari.

Pendugaan umur simpan konsentrat jahe madu berdasarkan parameter kadar total fenolik dihitung menggunakan persamaan kinetika reaksi ordo satu, yaitu:

$$t_s = \frac{\ln(\frac{C_0}{C_t})}{k}$$

dengan C_0 adalah kadar total fenolik awal (hari ke-0) sebesar 10,93 mg GAE/L, C_t adalah kadar total fenolik pada batas kritis yang didasari pada retensi fenolik 75% atau penurunan fenolik hingga 25% berdasarkan pada penelitian Muculic (2023), maka titik kritis penolakan (akhir umur simpan) dengan retensi fenolik sebesar 75% didapatkan sebesar 8,19. Hasil perhitungan umur simpan pada masing-masing suhu penyimpanan sebagai berikut.

Tabel 8. Hasil Pendugaan Umur Simpan *Honey Ginger Tea* Berdasarkan Kadar Total Fenolik

Suhu Penyimpanan	k Arrhenius (/hari)	C0 (mg GAE/L)	Ct (mg GAE/L)	Umur Simpan (hari)
45°C (318 K)	0,0442	10,93	8,19	6,53
25°C (298 K)	0,0203	10,93	8,19	14,21
10°C (283 K)	0,0105	10,93	8,19	27,49

Berdasarkan hasil di atas, maka dugaan umur simpan *honey ginger tea* pada suhu penyimpanan 45°C adalah 6,53 hari, pada suhu 25°C adalah 14,21 hari, dan pada suhu 10°C adalah 27,49 hari. Hasil tersebut menunjukkan semakin rendah suhu penyimpanan maka umur simpan pada produk *honey ginger tea* berdasarkan parameter total fenolik semakin tahan lama. Hasil penelitian ini memberikan gambaran implikasi bahwa *honey ginger tea* sebaiknya disimpan pada suhu dingin atau sejuk (10–25°C) untuk mempertahankan kandungan senyawa fenolik yang berperan sebagai antioksidan alami, mengingat senyawa fenolik dari jahe (gingerol dan turunannya) maupun madu berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan produk (Putri, 2021). Berdasarkan penelitian Brilliantina, 2007, hasil penelitian di atas menunjukkan umur simpan berkisar antara 10 hingga 34 hari pada

rentan 10–45°C juga sebanding dengan beberapa produk pangan cair maupun semi-cair berbasis rempah alami lainnya.

Putra (2023) melaporkan bahwa serbuk rimpang jahe emprit yang ditanam di dataran sedang dan dataran tinggi memiliki kadar fenolik total berturut-turut sekitar 23,6 mg GAE/g dan 13,4 mg GAE/g, sementara Firdausni dan Kamsina (2018) menegaskan bahwa jahe emprit merupakan sumber senyawa fenolik seperti gingerol dan shogaol yang berkontribusi terhadap total fenol pada produk olahannya. Selain dari jahe emprit, kontribusi kadar fenolik pada *honey ginger tea* juga berasal dari madu multiflora yang digunakan sebagai bahan pemanis sekaligus sumber antioksidan alami. Zahra (2021) pada penelitian terhadap madu *Trigona* sp. asal Lombok Utara melaporkan kadar fenolik total sebesar 1,25 mg GAE/g, sedangkan kadar fenolik madu dapat bervariasi cukup luas tergantung pada jenis bunga atau tanaman sumber nektar yang menjadi asal madu tersebut. Madu multiflora sendiri terbentuk dari campuran nektar berbagai jenis tanaman sehingga kandungan fenoliknya cenderung lebih beragam dan tidak sekonsisten madu monoflora yang berasal dari satu jenis tanaman dominan.

Kenaikan kadar fenolik yang teramati pada hari-hari awal penyimpanan, misalnya pada hari ke-6 untuk suhu 45°C dan hari ke-5 untuk suhu 25°C, dapat dijelaskan melalui beberapa kemungkinan mekanisme. Mahardani (2021) menjelaskan bahwa selama proses pengolahan maupun penyimpanan, senyawa fenolik dapat mengalami peningkatan maupun penurunan tergantung pada suhu, lama penyimpanan, kadar oksigen, paparan cahaya, serta aktivitas enzim yang terlibat. Pada tahap awal penyimpanan, senyawa fenolik yang semula terikat dalam bentuk glikosida atau terperangkap dalam matriks serat jahe dapat terlepas menjadi bentuk fenolik bebas akibat aktivitas enzimatis maupun hidrolisis, sehingga meningkatkan nilai fenolik terukur dengan metode Folin-Ciocalteu.

Pemanasan dapat memicu konversi gingerol menjadi shogaol maupun zingerone melalui reaksi dehidrasi dan retro-aldol, yang keduanya masih bersifat reaktif terhadap reagen Folin-Ciocalteu, sehingga total fenolik yang terukur pada tahap awal pemanasan justru dapat meningkat sebelum akhirnya terdegradasi lebih lanjut (Putri, 2021). Selain itu, komponen non-fenolik hasil reaksi pencoklatan non-

enzimatis (reaksi Maillard) antara gula pereduksi pada madu dengan asam amino juga dapat bereaksi dengan reagen Folin-Ciocalteu sehingga turut terukur sebagai fenolik semu (pseudo-phenolic), yang menyebabkan nilai absorbansi pada beberapa titik pengamatan tampak lebih tinggi dari yang seharusnya. Kecenderungan penurunan kadar total fenolik secara keseluruhan pada akhir periode penyimpanan konsisten dengan sifat madu yang memiliki senyawa fenolik dan flavonoid yang mudah teroksidasi selama penyimpanan, terutama pada suhu tinggi (Rohadi, 2018). Selain dari jahe emprit, kontribusi kadar fenolik pada *honey ginger tea* juga berasal dari madu multiflora yang digunakan sebagai bahan pemanis sekaligus sumber antioksidan alami. Zahra (2021) pada penelitian terhadap madu *Trigona* sp. asal Lombok Utara melaporkan kadar fenolik total sebesar 1,25 mg GAE/g, sedangkan kadar fenolik madu dapat bervariasi cukup luas tergantung pada jenis bunga atau tanaman sumber nektar yang menjadi asal madu tersebut. Madu multiflora sendiri terbentuk dari campuran nektar berbagai jenis tanaman sehingga kandungan fenoliknya cenderung lebih beragam dan tidak sekonsisten madu monoflora yang berasal dari satu jenis tanaman dominan.

Suhu penyimpanan berperan sebagai faktor pemicu sekaligus pemercepat bagi beberapa reaksi kimia, yaitu reaksi oksidasi, dekomposisi dan hidrolisis termal. Senyawa fenolik memiliki gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada cincin aromatik serta ikatan tidak jenuh pada strukturnya, sehingga bersifat reaktif terhadap oksigen. Pada suhu dan paparan oksigen yang lebih tinggi, gugus hidroksil fenolik teroksidasi membentuk gugus kuinon melalui reaksi yang dapat berlangsung secara enzimatis, dikatalisis oleh enzim polifenol oksidase (PPO) dan peroksidase (POD), maupun secara non-enzimatis (autooksidasi). Reaksi oksidasi inilah yang mendasari terjadinya reaksi pencoklatan (browning) pada berbagai produk pangan, termasuk *honey ginger tea*, karena kuinon yang terbentuk cenderung berpolimerisasi lebih lanjut menjadi senyawa berwarna coklat dengan berat molekul tinggi (Mahardani, 2021).

Pada reaksi dekomposisi dan hidrolisis termal yang merupakan reaksi pemecahan suatu senyawa oleh molekul air yang mana ikatan kovalen pada suatu

senyawa diputuskan dan digantikan oleh gugus -OH dan -H yang berasal dari air, sehingga menghasilkan dua molekul atau lebih yang bersifat sederhana. Pada senyawa fenolik, dua jenis ikatan yang mengalami hidrolisis adalah ikatan glikosidik (fenolik yang terikat pada gula) dan ikatan ester. Proses hidrolisis dapat meningkatkan total fenolik disebabkan oleh senyawa fenolik yang semula terikat pada matriks gula menjadi terlepas dan mudah bereaksi dengan reagen Folin-Ciocalteu (Mahardani, 2021).

Selain aspek kimiawi, kondisi penyimpanan *honey ginger tea* juga perlu diwaspadai dari sisi keamanan mikrobiologis, khususnya risiko pertumbuhan mikroba yang bersifat anaerob obligat seperti *Clostridium botulinum*. Tjampakasari (2022) menjelaskan bahwa bakteri ini hanya dapat tumbuh dan menghasilkan neurotoksin botulinum pada kondisi tanpa oksigen, serta memiliki spora yang tahan panas dan mampu bertahan pada lingkungan yang kurang menguntungkan hingga kondisi anaerob kembali tersedia. Oleh karena itu, pengendalian suhu penyimpanan yang rendah serta memastikan proses pengolahan seperti pemanasan atau pasteurisasi yang memadai menjadi langkah penting untuk mencegah risiko pertumbuhan mikroba anaerob berbahaya pada produk ini.

Penurunan kadar fenolik pada ketiga suhu penyimpanan tampak melandai dan relatif stabil setelah mencapai suatu titik tertentu, misalnya pada kisaran 6,7–7,0 mg GAE/L untuk suhu 45°C dan 25°C. Meskipun kadar fenolik telah menurun sekitar 35–40% dari nilai awalnya, nilai yang tersisa tersebut masih tergolong sebagai kadar fenolik yang bermakna secara fungsional, mengingat fraksi fenolik yang tersisa pada titik ini kemungkinan merupakan fraksi yang lebih stabil terhadap panas dan oksidasi. Namun demikian, kelayakan konsumsi suatu produk pangan tidak dapat ditentukan hanya berdasarkan kadar fenoliknya semata, melainkan harus mempertimbangkan pula aspek keamanan mikrobiologis, terutama potensi pertumbuhan mikroba anaerob seperti *C. botulinum* sebagaimana telah diuraikan sebelumnya. Dengan demikian, produk *honey ginger tea* yang telah mencapai titik kritis penurunan fenolik pada suhu 45°C maupun 25°C sebaiknya tidak lagi dikonsumsi apabila telah melewati batas waktu penyimpanan yang dianjurkan, bukan semata-mata karena kadar fenoliknya menurun, melainkan karena risiko

keamanan pangan yang meningkat seiring lamanya penyimpanan pada suhu tersebut (Mahardani, 2021).

Berdasarkan keseluruhan data pada Tabel 4, penyimpanan pada suhu rendah, yaitu sekitar 10°C, menunjukkan hasil yang paling baik dalam mempertahankan kadar fenolik *honey ginger tea*, ditandai dengan laju penurunan yang lebih lambat dan fluktuasi yang lebih terkendali dibandingkan suhu 25°C maupun 45°C. Oleh karena itu, disarankan agar *honey ginger tea* disimpan pada suhu refrigerasi, yaitu sekitar 4–10°C, di dalam kemasan tertutup rapat dan terlindung dari cahaya, karena selain dapat mempertahankan kadar fenolik dan aktivitas antioksidannya lebih lama, penyimpanan pada suhu rendah juga berperan penting dalam menghambat pertumbuhan mikroba pembusuk maupun mikroba anaerob patogen yang berisiko terhadap keamanan produk selama masa simpan.

V KESIMPULAN

Bab ini menguraikan mengenai: (5.1) Kesimpulan dan (5.2) Saran.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Kurva standar asam galat yang digunakan untuk analisis total fenolik menghasilkan persamaan $y = 0,0151x + 0,0379$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9919, yang menunjukkan linearitas sangat baik dan layak digunakan sebagai dasar perhitungan kadar total fenolik sampel.
2. Kadar total fenolik *honey ginger tea* cenderung mengalami penurunan pada suhu 45°C, 25°C, dan 10°C.
3. Dugaan umur simpan *honey ginger tea* berdasarkan parameter kada total fenolik adalah 45°C adalah 6,53 hari, pada suhu 25°C adalah 14,21 hari, dan pada suhu 10°C adalah 27,49 hari dengan hasil tersebut umur simpan semakin panjang pada suhu penyimpanan yang semakin rendah. Sehingga disarankan *honey ginger tea* disimpan pada suhu 10°C.

5.2 Saran

Adapun saran yang perlu disampaikan dalam penelitian ini, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan frekuensi dan titik waktu pengamatan yang lebih rapat agar diperoleh nilai yang lebih representatif dengan parameter mutu tambahan lainnya.
2. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai proses pengolahan terhadap profil senyawa fenolik jahe madu.
3. Hasil pendugaan umur simpan dengan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) model Arrhenius pada penelitian ini perlu divalidasi kembali pada kondisi suhu ruang (*Real Time Self Life*) untuk memastikan akurasi umur simpan yang diperoleh sebelum diaplikasikan pada skala industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanti., C. B. Handayani & A. I. N. Tari. (2018). Pendugaan Umur Simpan Keripik Tempe Sagu dalam Pengemas Aluminium Foil. *Agrisaintifika Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 2(1): 12-18.
- Ali, A. M. A., El-Nour, M. E. M., & Yagi, S. M. (2018). *Total Phenolic and Flavonoid Contents and Antioxidant Activity of Ginger (Zingiber officinale Rosc.) Rhizome, Callus and Callus Treated with Some Elicitors. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 16(2), 677-682.
- Asiah, N., Cempaka, L., & David, W. (2018). Panduan Praktis Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan. UB Press. Malang.
- Bogdanov, S., T. Jurendic, R. Sieber, dan P. Gallman. (2008). *Honey for Nutrition and Health : A Review. After : American Journal of The Collage Nutrition*. 27, 677-689.
- BPOM, (2016). Kekuatan Budaya Nusantara Untuk Kesehatan Dunia. Jahe Zingiber officinale roscoe.
- Buckle, K., Edward, R., Fleet, G.H., & Wooton, M. (2007). Ilmu Pangan (Food Science). Pangan.
- Chen, X., Cai, J., Liu, X., Kang, X., & Zhu, L. (2018). *Effect of Storage Conditions on Phenolic Profiles and Antioxidant Activity of Litchi Pericarp*. *Journal of Food Science and Technology*, 55(11), 4654–4663.
- Cheung, Y., Meenu, M., Yu, X., Xu, B. (2019). *Phenolic Acids and Flavonoids Profiles of Commercial Honey from Different Floral Sources and Geographic Sources. International Journal of Food Properties* 22(1): 290–308.
- Dhurhanian, dkk. (2018). Uji Kandungan Fenolik Total dan Pengaruhnya terhadap Aktivitas Antioksidan dari Berbagai Bentuk Sediaan Sarang Semut (*Myrmecodia pendens*).
- Domínguez-López A, Remondetto GE, Salvador G. (2008). *Thermal Kinetic Degradation of Anthocyanins in A Roselle (Hibiscus sab-dariffa L. cv. 'Criollo') Infusion. Int J Food Sci Tech* 43(2):322-325.
- Fardiaz, S. (1992). Mikrobiologi Pangan. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Fennema, O.R., Marcus, K. Sanderson, S.R., Tannenbaum, S.R. 2010. Kimia Organik Bahan Alam 1. Jakarta : Karunika.
- Floros, J.D. and V. Gnanasekharan. (1993). *Shelf life Prediction of Packaged Foods: Chemichal, Biological, Physical, and Nutritional aspects*. G.Chlaralambous (Ed.). Elsevier Publ., London.

- Garg, N., Abdel-Aziz, S.M., Aeron, A. (2016) *Microbes in Food and Health*, Springer. Switzerland 42-45.
- Gholib. (2008). Uji Daya Hambat ekstrak Etanol Jahe Merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) dan Jahe Putih (*Zingiber officinale* var. *amarum*) Terhadap Trichophyton mentagrophytes dan Cryptococcus neoformans. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.
- Hariyadi, P. (2004). Prinsip Penetapan dan Pendayagunaan Masa Kadaluarsa dan Upaya Memperpanjang Masa Simpan. Pelatihan Pendugaan Waktu Kadaluarsa (*Self-life*). Institut Pertanian Bogor.
- Herawati, R. (2008). Pendugaan Umur Simpan Dodol Tomat (*Lycopersicum pyriforme*) Menggunakan Metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) Model Arrhenius. Jawa Tengah: Balai Pengkajian Teknolgoi Pertanian.
- Ikasari, D., Suryaningrum, T. D., Arti, I . M., & Supriyadi. (2017). Pendugaan Umur Simpan Kerupuk Ikan Lele Dumbo (*Clarias gari epi nus*) Panggang dalam Kemasan Plastik Metalik dan Polipropilen. Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, 12(1): 55-70.
- Indrawati, Ni Luh., Razimin. (2013). Bawang Dayak : Si Umbi Ajaib Penakluk Aneka Penyakit. PT AgroMedia Pustaka. Jakarta.
- Jaya, F. (2016). Produk-orduk Lebah Madu dan Hasil Olahannya. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Kaur, P., & Arora, V. (2020). *A Mini Review On Health Benefits Of Ginger (Zingiber Officinale)*. *Plant Cell Biotechnology And Molecular Biology*, 263-268.
- Khurin'in. 2022. Penentuan Umur Simpan Produk Ikan Lemuru Kaleng dengan Metode Arrhenius.
- Lai, Y.H., Lim Y.Y.. (2011). *Evaluation of Antioxcidant Activities of the Methanolic Extract of Selected Ferns in Malaysia*. IPCBEE 20.
- Lee, y. s., kim, j. h., & park, s. y. (2018). *Storage Stability and Quality Changes of Honey Ginger Tea During Accelerated Storage*. *Journal of food science and technology*.
- Maangchi. (2021). Ginger Tea, Saenggangcha, diperoleh dari situs internet: <https://www.maangchi.com/recipe/saenggangcha>.
- Mahardani, O. T., & Yuanita, L. (2021). Efek Metode Pengolahan dan Penyimpanan terhadap Kadar Senyawa Fenolik dan Aktivitas Antioksidan. Unesa Journal of Chemistry, 10(1), 64–78. <https://doi.org/10.26740/ujc.v10n1.p64-78>
- Meilgaard, M.C., Carr, B.T., and Civille, G.V. (2007). *Sensory Evaluation Technique : Fourth Edition*. CRC Press. Boca Raton, Florida.

- Mikulic-Petkovsek, M., Koron, D., & Veberic, R. (2023). *Effect of Storage Conditions on The Stability of Polyphenols of Apple and Strawberry Purees*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 71(3), 1366–1377.
- Mizrahi, S. (2011). *Food and Beverage Stability and Shelf Life: Accelerated shelf life Testing of Foods*. Woodhead Publishing Limited.Oxford.
- Muhammad, H.R, Budi, S., Sha'ari, E.S.B. (2023). Karakteristik Fisik dan Sensori Minuman Jahe (*Zingiber officinale*) dengan Penambahan Jenis Pemanis. Kuala Lumpur.
- Mulu, A., B. Tessema, and F. Derby. (2004). *In vitro Assesment.of The Antimicrobial Potential of Honey on Common Human Pathogens*. Ethiop. J. Health Dev. 18 (2) : 107-112.
- Neldawati, Ratnawulan, & Gusnedi. (2013). Analisis Nilai Absorbansi dalam Penentuan Kadar Flavonoid untuk Berbagai Jenis Daun Tanaman Obat. Pillar of Physics 2, 76-83.
- Nielsen, S. S. 2017. Food Analysis. In S. S.Nielsen (Ed.). *Food Analysis* (5th ed.). Springer.
- Nuraini, V., & Widiarti, Y. A. (2020). Pendugaan Umur Simpan Makanan Tradisional Berbahan Dasar Beras Dengan Metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) Melalui Pendekatan Arrhenius Dan Kadar Air Kritis. Jurnal Agroteknologi Vol. 14 No. 02: 189-198.
- Nursiti. (2017). Pendugaan Umur Simpan Kripik Singkong Menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Test (ASLT) Model Arrhenius (Tesis). Program Pascasarjana Teknologi Industri Pertanian.
- Oroian M, Ropciuc S. (2017). *Honey Authentication Based on Physicochemical Parameters and Phenolic Compounds*. Computers and Electronics in Agriculture. 138: 148–156.
- Pavlova, T., Stamatovska, V., Kalevska, T., Dimov, I., Nakov, G. (2018). *Quality Characteristics of Honey: a Review*. Proceedings of University of Ruse - 2018, 57(10.2), 32-37.
- Pérez-Ramírez IF, Castaño-Tostadoa E, Ramírez-de Leónb JA, Rocha-Guzmán NE, Reynoso-Camacho R. (2015). *Effect of Stevia and Citric Acid on The Stability of Phenolic Compounds and in Vitro Antioxi-dant and Antidiabetic Capacity of a Roselle (Hibiscus sabdariffa L.) Beverage*. Food Chem 172(2015):885-892.
- Pungus, M. C., Lintong, M. P., & Sambuaga, M. K. (2020). Efek Pemberian Ekstrak Jahe (*Zingiber officinale*) terhadap Gambaran Histopatologik Lambung Tikus Wistar yang Diinduksi Asam Asetat. Medical Scope Journal, 1(2), 61–66.

- Putra, H. P., Ulfa, E. U., & Wulandari, L. (2023). Penentuan Kandungan Fenolik Total dan Model Klasifikasi Serbuk Rimpang Jahe Emprit (*Zingiber officinale* var. *Amarum* Roscoe) di Dataran Sedang dan Tinggi. *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia*, 20(2), 141–146. <https://doi.org/10.30595/pharmacy.v0i0.16275>
- Putri, A. R., M. S. Poku, S. Yani, dan L. Wiyani. (2016). Pengaruh Suhu Terhadap Karakteristik Oleoresin Pada Ekstraksi Jahe. *Journal of Chemical Process Engineering*, 1(2):23–29.
- Rusli, dkk. (2022). Pendugaan Umur Simpan Produk Minuman Ginger Latte Menggunakan Model Arrhenius.
- Saefudin, S., Safithri, M., Hasanah. (2016). Stabilitas Tital Fenolik, Aktifitas Antioksidan, an Aktivitas Penghambatan pada Minuman Fungsional Berbasis Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav.).
- Sertiarto, R. (2018). Pendugaan Umur Simpan Saus Buah Merah Pedas (*Pandanus conoideus* Lamk) dengan Metode Accelerated Shelf Life Test. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 6(3), 279-286.
- Singh, G., I. P. S. Kapoor, P. Singh, C. S. de Heluani, M. P. de Lampasona, dan C. A. N. Catalan. (2008). *Chemistry, Antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of Zingiber officinale*. *Food and Chemical Toxicology*. 46(10):3295–3302.
- Standar Nasional Indonesia. (2024). Madu. RSNI3 8664:2024
- Stoilova, I., A. Krastanov, A. Stoyanova, P. Denev, dan S. Gargova. (2007). *Antioxidant activity of a ginger extract (Zingiber officinale)*. *Food Chemistry*. 102(3):764–770.
- Syarief, R., & Halid, H. (1993). *Teknologi Penyimpanan Pangan*. Penerbit Arcan. Jakarta.
- Tjampakasari, C. R., & Hanifah, R. (2022). Bakteri Anaerob *Clostridium botulinum* dan Toksin yang Dihasilkannya. *Cermin Dunia Kedokteran*, 49(5), 260–264. <https://doi.org/10.55175/cdk.v49i5.230>
- Ustadi, Radiati, L.E., Thohari, I. (2017). Komponen Bioaktif pada Madu Karet (*Hevea brasiliensis*) Madu Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) dan Madu Randu (*Ceiba pentandra*). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 12(2), 97–102.
- Wulandari, L., B. D. Permana, dan N. Kristiningrum. (2020). Determination of Total Flavonoid Content in Medicinal Plant Leaves Powder Using Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *Indonesian Journal of Chemistry*. 20(5):1044–1051.
- Zahra, dkk. (2021). Analisis Kadar Fenolik Total dan Aktivitas Antiradikal Bebas Madu dan Propolis *Trigona* sp. Lombok Utara.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Anggaran Biaya Penelitian

Tabel 9. Biaya Produksi dan Analisis Produk *Honey Ginger Tea*

Keterangan	Kebutuhan	Biaya (Rp)	Total (Rp)
Produksi <i>Honey Ginger Tea</i>			
Jahe emprit	350 g	Rp 138.500/1 kg	Rp 48.475
Madu murni	300 mL	Rp 72.000/600 g	Rp 72.000
Botol Kaca	6 pcs	Rp 15.000/ Pcs	Rp 90.000
Analisis <i>Honey Ginger Tea</i>			
Reagen Folin-Ciocalteu	47 mL	Rp 600.000/100 ml	Rp 600.000
Na ₂ CO ₃	140 mL	Rp 18.700/500 g	Rp 18.700
Asam galat	9 mL	Rp 72.000/1 kg	Rp 72.000
Etanol 96%	9 mL	Rp 41.000/1 L	Rp 41.000
Jumlah			Rp 942.175

Tabel 10. Biaya Analisis Produk *Honey Ginger Tea*

Keterangan	Harga (/1 sampel) (Duplo) (Rp)	Sampel	Total (Rp)
Analisis Total Fenolik	Rp 100.000	16	Rp 3.200.000
Jumlah			Rp 3.200.000

Lampiran 2. Prosedur Analisis Total Fenolik (Zahra, 2021)

Sejumlah 1 ml produk *honey ginger tea* dilarutkan hingga 10 mL menggunakan metanol 96%. Larutan ekstrak kemudian di pipet sebanyak 300 μL , kemudian ditambah 1 mL reagen Folin-Ciocalteu, digojok dan didiamkan selama 3 menit. Sampel selanjutnya ditambahkan 1,2 mL larutan Na_2CO_3 7,5% dan didiamkan pada *range operating time* di suhu kamar. Absorbansi larutan ekstrak diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 780 nm. Analisis data menggunakan persamaan regresi linear dengan memasukan nilai absorbansi larutan uji ke dalam rumus regresi liner $y = bx + a$ dengan larutan dasar masing-masing. Kandungan fenolik total dalam sampel didapatkan dengan memasukkan nilai absorbansi ke dalam persamaan kurva baku asam galat dinyatakan dalam satuan GAE (*Gallic Acid Equivalen*), yaitu mg konsentrasi ekstrak per gram sampel (mg/g).

Perhitungan :

$$\text{Total fenol GAE} = c \frac{V}{m}$$

Keterangan :

C = Konsentrasi Fenolik Hasil Kurva Standar (mg/ml)

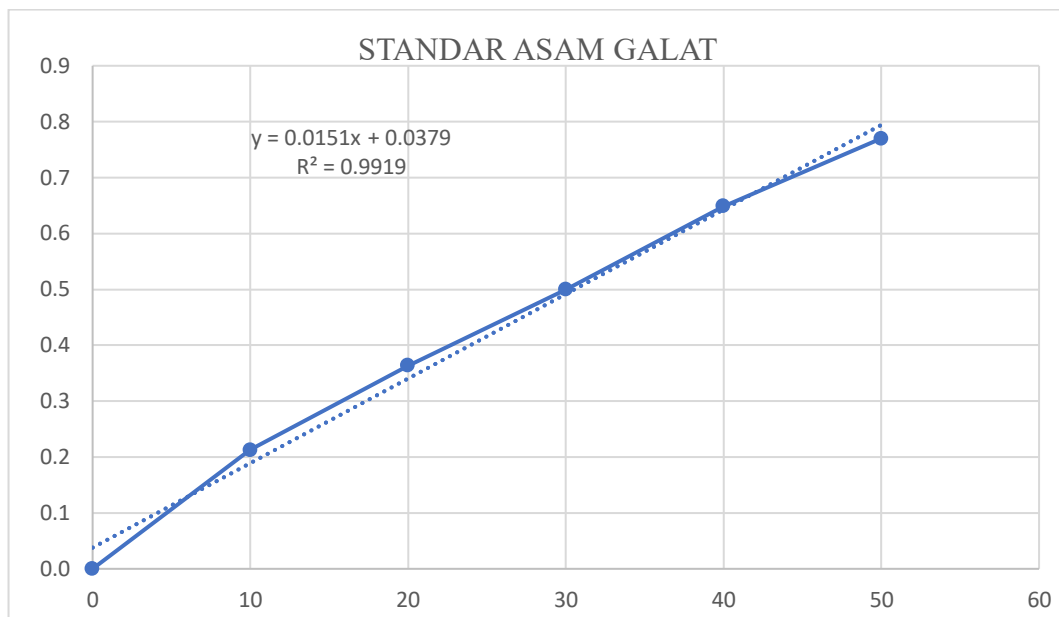
V = Volume Ekstrak yang Digunakan (ml)

m = Massa sampel (mg)

Lampiran 3. Standar Asam Galat

Tabel 11. Standar Asam Galat

Konsentrasi (ppm)	Nilai Absorbansi λ 780
0	0,000
10	0,213
20	0,364
30	0,500
40	0,649
50	0,770



Gambar 10. Grafik Standar Asam Galat

Lampiran 4. Perhitungan Umur Simpan *Honey Ginger Tea*

Hasil analisis jumlah absorbansi *honey ginger tea* selama penyimpanan pada suhu 45°C, 25°C, dan 10°C dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Hasil Pengamatan Absorbansi *Honey Ginger Tea* Selama Penyimpanan

Suhu	Hari	Absorbansi $\lambda 780$
45°C	0	0,434
	3	0,428
	6	0,472
	9	0,285
	12	0,282
	15	0,288
25°C	0	0,434
	5	0,531
	10	0,276
	15	0,279
	20	0,289
	25	0,293
10°C	0	0,434
	7	0,320
	14	0,334
	21	0,310
	28	0,279
	35	0,315

Suhu 45°C

1. Hari Ke-0

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,434 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 26,23$$

2. Hari Ke- 3

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,428 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 25,83$$

3. Hari Ke- 6

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,472 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 28,72$$

4. Hari Ke- 9

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,285 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 16,36$$

5. Hari Ke- 12

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,282 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 16,13$$

6. Hari Ke- 15

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,288 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 16,53$$

Suhu 25°C

1. Hari Ke-0

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,434 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 26,23$$

2. Hari Ke- 5

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,531 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 32,62$$

3. Hari Ke- 10

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,276 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 15,74$$

4. Hari Ke- 15

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,279 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 16,00$$

5. Hari Ke- 20

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,289 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 16,66$$

6. Hari Ke- 25

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,293 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 16,93$$

Suhu 10⁰C

1. Hari Ke-0

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,434 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 26,23$$

2. Hari Ke- 7

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,320 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 18,68$$

3. Hari Ke- 14

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,334 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 19,61$$

4. Hari Ke- 21

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,310 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 18,02$$

5. Hari Ke- 28

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,279 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 15,97$$

6. Hari Ke- 35

$$x = (y - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = (0,315 - 0,0379) / 0,0151$$

$$x = 18,35$$

Data pada tabel 12 kemudian dilakukan perhitungan menggunakan rumus total fenolik, sebagai berikut :

Suhu 45°C

1. Hari Ke-0

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 26,23 \times 0,0025/0,006 \\ &= 10,93\end{aligned}$$

2. Hari Ke- 3

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 25,83 \times 0,0025/0,006 \\ &= 10,76\end{aligned}$$

3. Hari Ke- 6

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 28,72 \times 0,0025/0,006 \\ &= 11,96\end{aligned}$$

4. Hari Ke- 9

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 16,36 \times 0,0025/0,006 \\ &= 6,81\end{aligned}$$

5. Hari Ke- 12

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 16,13 \times 0,0025/0,006 \\ &= 6,72\end{aligned}$$

6. Hari Ke- 15

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 16,53 \times 0,0025/0,006 \\ &= 6,88\end{aligned}$$

Suhu 25⁰C

7. Hari Ke-0

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 26,23 \times 0,0025/0,006 \\ &= 10,93\end{aligned}$$

8. Hari Ke- 5

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 32,62 \times 0,0025/0,006 \\ &= 13,59\end{aligned}$$

9. Hari Ke- 10

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 15,74 \times 0,0025/0,006 \\ &= 6,56\end{aligned}$$

10. Hari Ke- 15

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 16,00 \times 0,0025/0,006 \\ &= 6,67\end{aligned}$$

11. Hari Ke- 20

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 16,66 \times 0,0025/0,006 \\ &= 6,94\end{aligned}$$

12. Hari Ke- 25

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 16,93 \times 0,0025/0,006 \\ &= 7,05\end{aligned}$$

Suhu 10°C

7. Hari Ke-0

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 26,23 \times 0,0025/0,006 \\ &= 10,93\end{aligned}$$

8. Hari Ke- 7

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 18,68 \times 0,0025/0,006 \\ &= 7,78\end{aligned}$$

9. Hari Ke- 14

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 19,61 \times 0,0025/0,006 \\ &= 8,17\end{aligned}$$

10. Hari Ke- 21

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 18,02 \times 0,0025/0,006 \\ &= 7,51\end{aligned}$$

11. Hari Ke- 28

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 15,97 \times 0,0025/0,006 \\ &= 6,65\end{aligned}$$

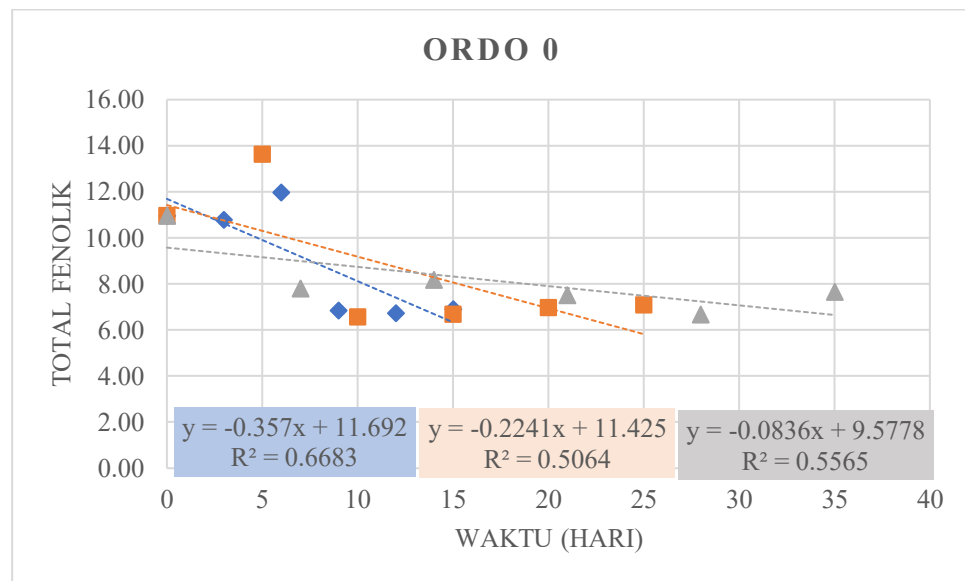
12. Hari Ke- 35

$$\begin{aligned}\text{Total Fenol} &= C \times V/M \\ &= 18,35 \times 0,0025/0,006 \\ &= 7,65\end{aligned}$$

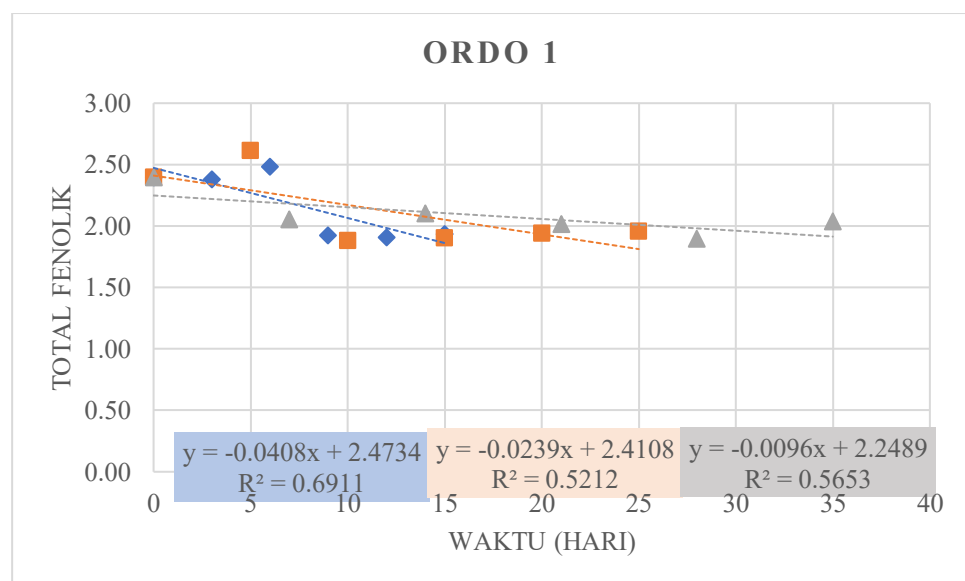
Tabel 13. Hasil Analisis Kadar Total Fenolik *Honey Ginger Tea*

Suhu	Hari	Total Fenolik (GAE/L)
45°C	0	10,93
	3	10,76
	6	11,96
	9	6,82
	12	6,72
	15	6,89
25°C	0	10,93
	5	13,59
	10	6,56
	15	6,67
	20	6,94
	25	7,05
10°C	0	10,93
	7	7,78
	14	8,17
	21	7,51
	28	6,65
	35	7,65

Data pada Tabel 13 selanjutnya di plot ke dalam grafik seperti dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10 untuk menentukan ordo reaksi yang digunakan.



Gambar 11. Grafik Perubahan Total Fenolik *Honey Ginger Tea* Selama Penyimpanan Berdasarkan Ordo Nol



Gambar 12. Grafik Perubahan Total Fenolik *Honey Ginger Tea* Selama Penyimpanan Berdasarkan Ordo Satu

Tabel 14. Tabel Perbandingan Ordo 0 dan Ordo 1

T (K)	R ² (ordo nol)	R ² (ordo satu)
318	0,6683	0,6911
298	0,5064	0,5212
283	0,5565	0,5653

Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa nilai R² pada ordo satu lebih besar dibandingkan dengan nilai R² ordo nol, sehingga pendugaan umur simpan *honey ginger tea* berdasarkan analisis total fenolik menggunakan ordo satu.

Berdasarkan grafik di atas, dapat diketahui regresi linear untuk menduga umur simpan *honey ginger tea* yang disimpan pada suhu 45°C, 25°C, dan 10°C. Persamaan regresi linear dari masing-masing suhu dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Persamaan Regresi Penyimpanan *Honey Ginger Tea* Pada Masing-Masing Suhu

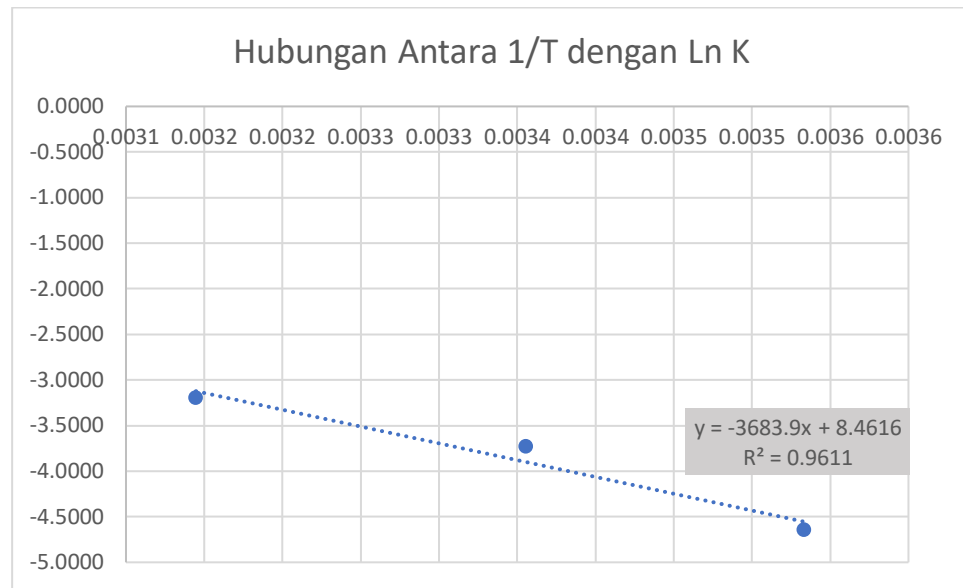
	Suhu		
	45°C	25°C	10°C
a	2,4734	2,4108	2,2489
b	-0,0408	-0,0239	-0,0096
K	-0,0408	-0,0239	-0,0096
ln k	-3,1991	-3,7339	-4,6460
y = bx + a	y = -0,0408x + 2,4734	y = -0,0239x + 2,4108	y = -0,0096x + 2,2489

Dari persamaan di atas dapat diketahui tiga slope pada masing-masing suhu seperti ditulis pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Nilai 1/T dan ln K berdasarkan Total Fenolik pada Setiap Suhu Penyimpanan

T (°C)	T + 273	1/T	b = k	ln k
45	318	0,0031	0,0408	-3,1991
25	298	0,0034	0,0239	-3,7339
10	283	0,0035	0,0096	-4,6460

Setiap nilai 1/T dan ln K pada Tabel 16 diplot kedalam grafik, sehingga diperoleh grafik seperti Gambar 11.



Gambar 13. Grafik Hubungan 1/T dan ln k berdasarkan Total Fenolik

Besarnya nilai E dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut.

$$-E_a / R = B$$

$$-E_a / R = -3683,9$$

$$R = 1,986 \text{ kal/mol}^0\text{K}$$

$$\begin{aligned} -E_a &= 1,986 \text{ kal/mol}^0\text{K} \times -3683,9 \\ &= -7314,2394 \text{ kal/mol}^0\text{K} \end{aligned}$$

$$E_a = 7314,2394 \text{ kal/mol}^0\text{K}$$

Nilai k_0 dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut.

$$\ln k_0 = A = 8,4616$$

$$K_0 = 4729,6193 / \text{hari}$$

Perhitungan laju penurunan mutu *honey ginger tea* berdasarkan total fenolik selama penyimpanan

Suhu 45°C

$$\begin{aligned} K &= K_0 \times e^{-E/RT} \\ &= 4729,6193 \times e^{-7314,2394 / (1,986 \times 318)} \\ &= 0,0442 / \text{hari} \end{aligned}$$

Suhu 25°C

$$K = K_0 \times e^{-E/RT}$$

$$= 4729,6193 \times e^{-7314,2394/(1,986 \times 298)}$$

$$= 0,0203/ \text{ hari}$$

Suhu 10°C

$$K = K_0 \times e^{-E/RT}$$

$$= 4729,6193 \times e^{-7314,2394/(1,986 \times 283)}$$

$$= 0,0105/ \text{ hari}$$

Berdasarkan kinetika reaksi ordo satu dengan titik kritis penolakan (akhir masa simpan) retensi fenolik 75% atau penurunan fenolik hingga 25% berdasarkan pada penelitian Muculic (2023), maka pendugaan umur simpan *honey ginger tea* pada suhu yang berbeda dapat dihitung sebagai berikut.

$$C_t = 10,93 \times 75\%$$

$$= 8,19$$

Suhu 45°C

$$ts = \frac{\ln(\frac{C_0}{C_t})}{k}$$

$$= \frac{\ln(\frac{10,93}{8,19})}{0,0442} = 6,53 \text{ hari}$$

Suhu 25°C

$$ts = \frac{\ln(\frac{C_0}{C_t})}{k}$$

$$= \frac{\ln(\frac{10,93}{8,19})}{0,0203} = 14,21 \text{ hari}$$

Suhu 10°C

$$ts = \frac{\ln(\frac{C_0}{C_t})}{k}$$

$$= \frac{\ln(\frac{26,23}{19,67})}{0,0105} = 27,49 \text{ hari}$$

Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian

