

**PENDUGAAN UMUR SIMPAN REMPEYEK KACANG YANG
DIKEMAS DENGAN KEMASAN PLASTIK BERBEDA
MENGUNAKAN ASLT MODEL ARRHENIUS**

TUGAS AKHIR

*Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Universitas Pasundan*

Oleh
HANIFA WILDANI SABILA
NPM: 203020200



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

ABSTRAK

PENDUGAAN UMUR SIMPAN REMPEYEK KACANG YANG DIKEMAS DENGAN KEMASAN PLASTIK BERBEDA MENGGUNAKAN ASLT MODE ARRHENIUS

Oleh:

HANIFA WILDANI SABILA

NPM: 203020200

(Program Studi Teknologi Pangan)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui umur simpan dari produk rempeyek kacang yang dikemas dengan berbagai jenis kemasan plastik menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT). Penelitian dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama yaitu penelitian pendahuluan dengan menentukan titik kritis. Tahap kedua yaitu pendugaan umur simpan berdasarkan parameter kadar air dan kadar FFA dengan interval 4 hari. Berdasarkan penelitian penentuan titik kritis rempeyek kacang yang disimpan di suhu 25°C tanpa kemasan didapatkan >50% penolakan oleh panelis pada hari ke-5 dengan kadar air 7,026% dan kadar FFA 0,636%. Hasil pendugaan umur simpan rempeyek kacang dengan kemasan PP berdasarkan parameter kadar air pada suhu 25°C, 35°C, dan 45°C berturut-turut adalah 33,878 hari pada suhu 25 °C, 31,642 hari pada suhu 35 °C, dan 29,681 hari pada suhu 45 °C. Untuk rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan LDPE, memiliki umur simpan yaitu 31,935 hari pada suhu 25 °C, 30,202 hari pada suhu 35 °C, dan 28,664 hari pada suhu 45 °C. Berdasarkan parameter kadar FFA, didapatkan umur simpan rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan plastik PP yaitu 34,405 hari pada suhu 25 °C, 29,611 hari pada suhu 35 °C, dan 25,727 hari pada suhu 45 °C. Untuk rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan LDPE, memiliki umur simpan yaitu 28,392 hari pada suhu 25 °C, 25,761 hari pada suhu 35 °C, dan 23,518 hari pada suhu 45 °C. Berdasarkan hasil penelitian, direkomendasikan penyimpanan rempeyek kacang dalam kemasan PP dengan parameter kadar air.

Kata kunci : Rempeyek kacang, Metode ASLT, Kemasan PP, Kemasan LDPE.

ABSTRACT

ESTIMATION OF THE SHELF LIFE OF PEANUT REMPEYEK WITH DIFFERENT PLASTIC PACKAGING USING ASLT MODE ARRHENIUS

By:

HANIFA WILDANI SABILA

NIM : 203020200

(Department of Food Technology)

This study aims to find out the shelf life of peanut rempeyek products packaged with various types of plastic using the Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) method. The research was carried out in two stages. The first stage was preliminary research to determine critical points. The second stage was estimating the shelf life based on moisture content and FFA levels with a 4-day interval. Based on the research on determining the critical points for peanut rempeyek stored at 25°C without packaging, it was found that more than 50% rejection by panelists occurred on the 5th day with a moisture content of 7.026% and an FFA level of 0.636%. Estimated shelf life of peanut rempeyek with PP packaging based on moisture content at temperatures of 25°C, 35°C, and 45°C, the results were 33.878 days at 25°C, 31.642 days at 35°C, and 29.681 days at 45°C, respectively. For peanut rempeyek packaged in LDPE, the shelf life was 31.935 days at 25°C, 30.202 days at 35°C, and 28,664 days at 45°C. Based on the FFA level parameters, the shelf life of peanut rempeyek packed in PP plastic packaging is 34.405 days at 25 °C, 29.611 days at 35 °C, and 25.727 days at 45 °C. For peanut rempeyek packed in LDPE packaging, the shelf life is 28.392 days at 25 °C, 25.761 days at 35 °C, and 23.518 days at 45 °C. Based on the research results, it is recommended to store peanut rempeyek in PP packaging with water content parameters.

Keywords: ASLT Method, FFA content, water content, PP Packaging, LDPE Packaging.

**PENDUGAAN UMUR SIMPAN REMPEYEK KACANG YANG
DIKEMAS DENGAN KEMASAN PLASTIK BERBEDA
MENGUNAKAN ASLT MODEL ARRHENIUS**

Oleh :
Hanifa Wildani Sabila
NPM: 203020200
(Program Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

Menyetujui

Tanggal.....

Dosen Pembimbing



(Ir. Hj. Ina Siti Nurminabari, M.P.)

PENDUGAAN UMUR SIMPAN REMPEYEK KACANG YANG DIKEMAS DENGAN KEMASAN PLASTIK BERBEDA MENGUNAKAN ASLT MODEL ARRHENIUS

Oleh :
Hanifa Wildani Sabila
NPM: 203020200
(Program Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

Mengetahui
Koordinator Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan

Tanggal.....*3 September 2026*.....

The image shows a blue circular official stamp of the Faculty of Engineering (Fakultas Teknik) at Pasundan University (Universitas Pasundan). The stamp features a central emblem with a torch and the university's name in Indonesian. Overlaid on the stamp is a large, stylized handwritten signature in blue ink.

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

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Fakultas dan Universitas, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Pasundan. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat di tulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Sabila, H. W. (2026): *Pendugaan Umur Simpan Produk Rempeyek Kacang yang Dikemas dengan Kemasan Plastik Berbeda Menggunakan ASLT Model Arrhenius*, Tugas Akhir Program Sarjana, Universitas Pasundan.

dan dalam bahasa Inggris sebagai berikut:

Sabila, H. W. (2026): *Estimation Of The Shelf Life Of Peanut Rempeyek With Different Plastic Packaging Using ASLT Mode Arrhenius*, Bachelor's Thesis, Universitas Pasundan.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. karena atas segala nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Pendugaan Umur Simpan Produk Rempeyek Kacang yang Dikemas dengan Kemasan Plastik Berbeda Menggunakan ASLT Model *Arrhenius*”.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat sidang S-1 di Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan Bandung. Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, dorongan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih yang tiada henti kepada:

1. Ir. Hj. Ina Siti Nurminabari, M.P. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan, dukungan, arahan, serta saran kepada penulis selama penyusunan tugas akhir.
2. Ir. Willy Pranata Widjaja, M.Si., Ph.D. selaku dosen penguji I yang telah memberikan saran dan arahan kepada penulis dalam penulisan tugas akhir.
3. Nabila Marthia, S.T., M.Si.P. selaku dosen penguji II yang telah memberikan saran dan arahan kepada penulis dalam penulisan tugas akhir.
4. Rizal Maulana Ghaffar, S.T., M.T., selaku koordinator tugas akhir program studi Teknologi Pangan, Universitas Pasundan, Bandung.
5. Jaka Rukmana, S.T., M.T., selaku ketua program studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.

6. Dosen beserta segenap civitas akademik di lingkup program studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik.
7. Kepada kedua orangtua tercinta, Iwan S, S.E. dan Kuntari, S.Pd.I, yang senantiasa memberikan doa, semangat, dan juga kesabaran yang sangat luar biasa dalam hidup penulis serta dukungan baik secara moril maupun materil tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Sahabat seperjuangan sejak SMA yaitu Rizky Rosnaningsih, Nur Indriyani, dan Mariana Agustina yang senantiasa berbagi keluh kesah serta memberikan semangat, dukungan, dan doa kepada penulis.
9. Teman-teman kuliah khususnya Annisa Rachma Hidayat, Herlina Maygita, Ayu Setyaningsih, Gyna Dwi Mugni, Zahrah, dan Viska Dira, yang selalu berbagi ilmu dan memberikan semangat kepada penulis.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan tugas akhir ini. Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi semua pihak yang membaca.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	4
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Kerangka Pemikiran	4
1.6. Hipotesis Penelitian	9
1.7. Tempat dan Waktu Penelitian.....	9
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Rempeyek	10
2.2. Kemasan	11
2.3. Jenis Kemasan Plastik.....	13
2.3.1. Polipropilen (PP)	15
2.3.2. <i>Low density polyethylene</i> (LDPE).....	16
2.4. Dasar Penurunan Mutu	17
2.5. Umur Simpan.....	18
2.5.1. <i>Extended Storage Studies</i> (ESS).....	20
2.5.2. <i>Accelerated Storage Studies</i> (ASS)	21
III. METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1. Bahan dan Alat	27
3.1.1. Bahan-bahan yang digunakan.....	27
3.1.2. Alat-alat yang digunakan.....	27
3.2. Metode Penelitian	27
3.2.1. Rancangan Perlakuan	28
3.2.2. Rancangan Percobaan.....	28
3.2.3. Rancangan Analisis	30
3.2.4. Rancangan Respon	32

3.3.	Prosedur Penelitian	32
3.3.1.	Prosedur Penelitian Pendahuluan	32
3.3.2.	Diagram Alir Penelitian Pendahuluan	33
3.3.3.	Prosedur Penelitian Utama	34
3.3.4.	Diagram Alir Penelitian Utama	35
IV.	PEMBAHASAN	36
4.1.	Hasil Penelitian Pendahuluan	36
4.2.	Hasil Penelitian Utama	38
4.2.1.	Kadar Air	38
4.2.2.	Kadar FFA	49
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	59
	DAFTAR PUSTAKA	61
	LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat permeabilitas beberapa jenis kemasan plastik	14
2. Dampak faktor-faktor terhadap penurunan mutu pada produk pangan.....	18
3. Suhu pengujian umur simpan produk pangan	22
4. Rancangan Percobaan Penelitian Rempeyek Kacang	29
5. Penentuan Ordo Berdasarkan Regresi Linier	29
6. Presentase Penolakan Panelis Terhadap Hasil Analisis Organoleptik Rempeyek Kacang.....	36
7. Hasil Pengujian Parameter Kritis	37
8. Hasil analisis Kadar Air Rempeyek Kacang	39
9. Persamaan Regresi Linier Parameter Kadar Air.....	42
10. Nilai 1/T dan Ln k Kadar Air	43
11. Nilai Ea dan nilai k rempeyek kacang berdasarkan parameter kadar air.....	45
12. Umur simpan rempeyek kacang berdasarkan parameter kadar air	46
13. Hasil Analisis Kadar FFA Rempeyek Kacang	49
14. Persamaan Regresi Linier Parameter Kadar FFA.....	52
15. Nilai 1/T dan Ln k Kadar FFA	53
16. Nilai Ea, k, dan umur simpan rempeyek kacang berdasarkan parameter kadar FFA	55
17. Umur simpan rempeyek kacang berdasarkan parameter kadar FFA.....	56
18. Kebutuhan Sampel Untuk Peneltian Pendahuluan	73
19. Kebutuhan Sampel Untuk Penelitian Utama	73
20. Kebutuhan Biaya Bahan Baku.....	73
21. Kebutuhan Biaya Analisis	73
22. Total Biaya Penelitian	74
23. Hasil Uji Organoleptik Rempeyek Kacang Berdasarkan Atribut Tekstur.....	75
24. Hasil Uji Organoleptik Rempeyek Kacang Berdasarkan Atribut Aroma.....	76
25. Hasil Pengujian Parameter Kritis	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Rempeyek Kacang.....	10
2. Hubungan antara mutu dan waktu penyimpanan pada reaksi ordo nol.....	24
3. Hubungan antara mutu dan waktu penyimpanan pada reaksi ordo satu.....	24
4. Grafik hubungan $\ln k$ dengan $1/T$ dalam persamaan Arrhenius.....	25
5. Grafik hubungan antara $\ln k$ dengan $1/T$	31
6. Diagram Alir Penelitian Pendahuluan	33
7. Diagram Alir Penelitian Utama	35
8. Grafik perubahan kadar air rempeyek kacang ordo 0 kemasan PP selama penyimpanan	40
9. Grafik perubahan kadar air rempeyek kacang ordo 1 kemasan PP selama penyimpanan	40
10. Grafik perubahan kadar air rempeyek kacang ordo 0 kemasan LDPE selama penyimpanan	41
11. Grafik perubahan kadar air rempeyek kacang ordo 1 kemasan LDPE selama penyimpanan	41
12. Grafik hubungan $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan kadar air pada kemasan PP	44
13. Grafik hubungan $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan kadar air pada kemasan LDPE	44
14. Grafik perubahan kadar FFA rempeyek kacang ordo 0 kemasan PP selama penyimpanan	50
15. Grafik perubahan kadar FFA rempeyek kacang ordo 1 kemasan PP selama penyimpanan	50
16. Grafik perubahan kadar FFA rempeyek kacang ordo 0 kemasan LDPE selama penyimpanan	51
17. Grafik perubahan kadar FFA rempeyek kacang ordo 1 kemasan LDPE selama penyimpanan	51
18. Grafik hubungan $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan kadar FFA pada kemasan PP	53
19. Grafik hubungan $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan kadar FFA pada kemasan LDPE	54
20. Reaksi Hidrolisis Lemak	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Analisis Kadar Air Metode Gravimetri (AOAC 2005 dalam Budiarti et al. 2016)	69
2. Analisis Kadar <i>Free Fatty Acid</i> Metode Titrimetri (Rahmawati & Utami, 2022)	70
3. Formulir Organoleptik	71
4. Perhitungan Kebutuhan Sampel	73
5. Data Hasil Penelitian Pendahuluan	75
6. Perhitungan Pendugaan Umur Simpan Rempeyek Kacang Berdasarkan Parameter Kadar Air	79
7. Perhitungan Pendugaan Umur Simpan Rempeyek Kacang Berdasarkan Parameter Kadar FFA	93
8. Dokumentasi Uji Organoleptik (Penentuan Titik Kritis)	109
9. Dokumentasi Analisis Kadar Air	110
10. Dokumentasi Analisis Kadar FFA	111

I. PENDAHULUAN

Bab ini 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, (1.7) Tempat dan Waktu Penelitian.

1.1. Latar Belakang

Rempeyek, dikenal dengan peyek, adalah produk makanan ringan yang berbentuk tipis dan renyah. Umumnya, rempeyek disajikan sebagai makanan pelengkap atau camilan dikarenakan rasanya yang gurih, teksturnya yang renyah, dan harganya yang terjangkau (Rahmawati et al., 2021). Rempeyek sudah banyak di produksi oleh Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) dengan berbagai variasi rasa, sehingga memiliki potensi ekonomi. Di antara variasi tersebut, rempeyek kacang menjadi yang paling populer di masyarakat. Biasanya rempeyek ini di distribusikan ke warung makan dan toko kelontong. Selain itu, rempeyek seringkali didistribusikan langsung kepada konsumen.

Selama ini rempeyek kacang yang beredar di pasaran, terutama di toko kelontong, tidak mencantumkan masa simpan atau kedaluwarsa produknya, sehingga konsumen tidak mengetahui batas waktu produk masih layak konsumsi. Hal ini beresiko karena produk yang disimpan terlalu lama dapat menyebabkan penurunan mutu. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap penurunan mutu produk meliputi reaksi kimia, pertumbuhan mikroorganisme, serta reaksi enzimatis dan non-enzimatis (Asiah et al., 2018). Selain itu, perubahan kadar air juga menjadi faktor penting dikarenakan dapat merubah kerenyahan pada produk kering (Rahardjo et al., 1997). Produk rempeyek termasuk produk yang berkadar air rendah, tetapi kandungan minyaknya relatif tinggi. Karakteristik tersebut menyebabkan rempeyek rentan mengalami kerusakan selama penyimpanan. Kerusakan yang dapat terjadi pada produk rempeyek yaitu kehilangan kerenyahan akibat adanya penyerapan uap air dari lingkungan serta degradasi lemak secara bertahap selama penyimpanan. Degradasi lemak dapat diawali oleh reaksi hidrolisis yang menghasilkan asam

lemak bebas. Peningkatan asam lemak bebas menunjukkan semakin besarnya tingkat kerusakan lemak dan dapat mempercepat terjadinya reaksi oksidasi yang pada akhirnya berkontribusi terhadap pembentukan senyawa penyebab ketengikan. Oleh karena itu, pengujian kadar air dan kadar FFA dipilih sebagai parameter penelitian untuk mengevaluasi perubahan mutu rempeyek selama penyimpanan.

Penurunan atau kerusakan pada produk rempeyek dapat dihambat yaitu dengan cara pengemasan. Menurut Alamri et al. (2021), pengemasan merupakan faktor penting dalam upaya meminimalisir atau mengendalikan penurunan mutu produk. Kemasan memiliki peran yang penting untuk melindungi produk. Jenis kemasan memiliki peran penting dalam melindungi produk dari uap air dan oksigen. Wulandari et al. (2013) menyatakan ketepatan dalam memilih jenis kemasan memiliki dampak signifikan terhadap daya tahan produk hingga sampai ke pengguna akhir.

Sehubungan dengan rempeyek, kemasan plastik merupakan bahan kemasan yang banyak digunakan oleh para produsen dikarenakan memiliki sifat yang ringan, fleksibilitas yang dapat disesuaikan, dan harga yang relatif murah, sehingga memudahkan proses pengemasan. Selain itu, menurut Nurminabari (2022), kemasan plastik memiliki sifat *barrier* dan ketahanan terhadap bahan kimia, serta permeabilitas terhadap gas dan uap air. Menurut Nurminah (2002), bentuk dan permukaan kemasan serta permeabilitas gas dan uap air merupakan karakteristik utama bahan kemasan yang digunakan. Diantara jenis kemasan plastik, kemasan plastik polipropilen (PP) dan *low-density polyethylene* (LDPE) merupakan dua jenis kemasan plastik yang sering digunakan dalam mengemas produk pangan, tetapi keduanya memiliki karakteristik yang berbeda sehingga diduga memberikan kemampuan yang berbeda dalam mempertahankan mutu rempeyek selama penyimpanan.

Bagi industri pangan skala kecil dan menengah, pencantuman umur simpan seringkali terkendala dengan biaya, waktu, prosedur pengujian, serta kurangnya pemahaman produsen (Putra dan Priyanto, 2019). Sementara itu, informasi umur

simpan sangat penting bagi masyarakat karena menunjukkan batas waktu suatu produk pangan yang masih memiliki mutu yang baik dan layak dikonsumsi. Penetapan umur simpan yang tepat dapat membantu untuk mengurangi kehilangan pangan pada tahap konsumsi, karena produk dapat dikonsumsi sesuai dengan batas waktu mutu dan keamanannya.

Umumnya, metode yang digunakan untuk menentukan umur simpan produk pangan yaitu metode *Accelerated Shelf-life Testing* (ASLT). Metode ini menggunakan prinsip akselerasi untuk mempercepat proses kerusakan bahan pangan dalam perlakuan tertentu, kemudian dihitung secara matematis dan akan memberikan hasil yang lebih cepat dengan akurasi yang tinggi. Salah satu model pendekatan yang digunakan untuk produk pangan yaitu pendekatan *Arrhenius* (Nuraini & Widanti, 2020). Pendekatan *Arrhenius* digunakan untuk mengukur umur penyimpanan produk pangan yang rentan terhadap kerusakan akibat reaksi kimia seperti reaksi *maillard*, degradasi lemak, dan denaturasi protein (Afriyanti et al., 2018). Maka dari itu, metode ASLT dengan pendekatan *Arrhenius* dapat digunakan untuk menganalisis umur simpan dari produk rempeyek kacang.

Penelitian mengenai pendugaan umur simpan sudah banyak dilakukan, tetapi penelitian serupa untuk produk rempeyek masih terbatas. Adapun penelitian umur simpan pada produk rempeyek yang dilakukan oleh Rahmawati et al., (2021). Namun, pada penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan pada parameter serta metode yang digunakan. Parameter yang digunakan pada penelitian tersebut hanya parameter fisik atau melalui pengukuran sensori dengan menggunakan metode berbeda, serta dilakukan tanpa pengemasan.

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan penelitian mengenai pendugaan umur simpan produk rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan plastik berbeda dengan menggunakan metode ASLT model *Arrhenius*. Penelitian ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan tersebut sekaligus menjadi acuan ilmiah baik produsen rempeyek dalam menentukan kemasan dan estimasi umur simpan produk yang

lebih tepat, serta memberikan keyakinan kepada konsumen, sehingga dapat meningkatkan serta memperluas penjualan.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian di atas dalam latar belakang penelitian, maka masalah yang dapat diidentifikasi adalah apakah terdapat perbedaan pada rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan plastik berbeda terhadap umur simpan rempeyek kacang?

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mempelajari jenis kemasan plastik mana yang memiliki umur simpan lebih lama terhadap produk rempeyek kacang selama penyimpanan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui umur simpan dari produk rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan plastik berbeda.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai umur simpan dari produk rempeyek kacang yang dikemas dengan berbagai jenis kemasan plastik yang berbeda dan dapat digunakan sebagai referensi dalam menentukan umur simpan dari produk rempeyek kacang.

1.5. Kerangka Pemikiran

Rempeyek, juga dikenal sebagai peyek, adalah sejenis hidangan mirip kerupuk terbuat dari tepung yang dicampur dengan air hingga membentuk adonan kental dan diberi bumbu serta bahan pengisi khusus, salah satunya yaitu kacang tanah, kemudian dilakukan proses penggorengan (Sarasati et al., 2012). Proses penggorengan dapat mentransfer massa produk yang ditandai dengan adanya migrasi air yang menguap melalui minyak goreng dan penyerapan minyak (Pudjihastuti et al., 2019).

Penyerapan minyak tersebut dapat mengakibatkan produk pangan menjadi mudah tengik (Jamaluddin, 2018). Ketengikan ini disebabkan oleh oksidasi dan hidrolisis terhadap asam lemak tak jenuh dalam lemak/minyak, yang mengarah pada perubahan rasa, bau, serta penurunan nilai gizi pada produk pangan (Karyadi, 1999). Hidrolisis akan menghasilkan asam lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA). Adanya peningkatan jumlah asam lemak bebas pada pangan merupakan tanda adanya proses ketengikan dalam bahan pangan (Wulandari dan Fatmariyanti, 2021).

Rempeyek memiliki karakteristik bentuk yang tipis dan tekstur renyah. Menurut Kwak et al. (2015), produk makanan yang renyah rentan terhadap penyerapan air karena berpengaruh pada kerenyahan produk tersebut. Menurut Floros (1993) dalam Herawati (2008), penurunan mutu tersebut disebabkan oleh beberapa faktor yaitu massa oksigen, uap air, cahaya, mikroorganisme, kompresi atau bantingan, dan bahan kimia toksik atau *off-flavor*. Faktor-faktor tersebut juga dapat mengakibatkan beberapa penurunan mutu lebih lanjut, seperti kerusakan lipida, kerusakan vitamin, kerusakan protein, perubahan bau, reaksi pencoklatan, dan perubahan unsur organoleptik.

Umur simpan merupakan periode waktu di mana suatu pangan mempertahankan kualitas atau mutu yang dapat diterima dari perspektif keamanan dan organoleptik, serta tergantung pada empat faktor utama, yaitu formulasi, pengolahan, kemasan, dan kondisi penyimpanannya (Gallagher *et al.*, 2011). Umur simpan pada produk dapat menjadi jaminan keamanan kepada konsumen terhadap mutu produk tersebut (Nuraini & Widanti, 2020). Kewajiban pencantuman informasi umur simpan pada produk telah diatur dalam Undang-undang No. 18 tahun 2012 tentang Pangan dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 69 Tahun 1999 yang menyatakan bahwa kemasan pangan terdapat label pangan yang berisikan informasi mengenai produk yang bersangkutan. Salah satu informasi yang wajib ada pada label kemasan yaitu informasi umur simpan atau tanggal kedaluwarsa (Ikasari et al., 2017; Afriyanti et al., 2018).

Menurut Herawati (2008), metode *Accelerated Shelf-life Testing* (ASLT) merupakan metode yang digunakan untuk menetapkan umur simpan produk dengan memanfaatkan kondisi lingkungan yang dapat mempercepat proses penurunan kualitas produk pangan. Menurut Afriyanti et al. (2018), metode ASLT dengan model *Arrhenius* umumnya digunakan untuk mengukur umur penyimpanan produk pangan yang rentan terhadap kerusakan akibat reaksi kimia seperti degradasi lemak, reaksi *maillard*, dan denaturasi protein. Salah satu contoh produk pangan yaitu *chips/snack*.

Suhu selama penyimpanan adalah salah satu elemen terpenting yang mempengaruhi perubahan kualitas makanan. Ada korelasi antara suhu di mana penyimpanan dilakukan dan kecepatan reaksi komponen kimia yang berbeda. Akibatnya, saat mencoba memperkirakan laju penurunan kualitas makanan saat disimpan, suhu harus selalu diperhitungkan (Syarief dan Halid, 1993).

Menurut Asiah et al. (2018), pengujian umur simpan model *Arrhenius* harus 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 dimana produk diduga mengalami kerusakan) untuk mendapatkan korelasi yang tepat. Namun, biasanya waktu pengujian dilakukan lebih lama daripada waktu pendugaan produk setelah mengalami kerusakan.

Penelitian yang dilakukan Nuraini dan Widiyanti (2020) menyatakan bahwa kembang goyang memiliki umur simpan yang lebih lama pada suhu 35°C dibandingkan suhu 25°C dan 45°C. Hal tersebut dikarenakan tingkat kecepatan kerusakan kimiawi belum terjadi dan pada suhu 35°C kadar air pada sampel berangsur menguap sehingga sampel tetap renyah dan memiliki rasa yang enak. Akan tetapi, intip memiliki umur simpan yang lebih lama dari kembang goyang pada suhu 45°C. Kedua produk tersebut merupakan produk hasil penggorengan, tetapi pada umur simpan yang lebih lama memiliki suhu penyimpanan berbeda.

Sementara itu, penelitian Puspita et al. (2020) yang meneliti tentang umur simpan keripik kelapa dikemas dengan plastik PP mendapatkan hasil bahwa keripik kelapa yang disimpan di suhu 25°C memiliki umur simpan yang lebih lama yaitu 18 hari daripada disimpan pada suhu 35°C (16 hari) dan 45°C (15 hari).

Rahmawati et al. (2021) melakukan penelitian rempeyek kacang di suhu ruang (25-27 °C) tanpa kemasan dengan menggunakan metode ESS dan evaluasi sensori, didapatkan hasil bahwa umur simpan rempeyek tersebut hanya 8 hari dari waktu produksi, karena dinilai bahwa mutu produk rempeyek kacang sudah mengalami penurunan. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Nadhifa et al. (2016) tentang kerenyahan rempeyek dapat mengalami penurunan selama penyimpanan dikarenakan kandungan pati pada tapioka yang rendah.

Pengemasan dengan bahan pengemas plastik merupakan salah satu cara untuk menghambat kerusakan atau penurunan mutu pada produk. Dua jenis kemasan plastik yang umum digunakan sebagai kemasan pangan adalah polipropilen dan polietilen berdensitas rendah dikarenakan keduanya selain mudah ditemukan dipasaran dan harganya yang murah, juga memiliki sifat umum yang mirip (Wulandari et al., 2013). Kemasan plastik yang berbeda memiliki permeabilitas yang berbeda juga. Menurut Rangga et al. (2016), ketebalan plastik dapat mempengaruhi permeabilitas kemasan, yang akan mempengaruhi stabilitas dan umur simpan produk yang dikemas.

Menurut penelitian Wulandari et al. (2013), umur simpan dari produk kerupuk kemplang yang dikemas dengan plastik *Polypropylene* (PP) dengan ketebalan 0,7 mm memiliki umur simpan yang lebih panjang yaitu 33 hari, sedangkan produk yang dikemas dengan plastik *Polypropylene* (PP) dengan ketebalan 0,3 mm dan 0,5 mm memiliki umur simpan yaitu 12 hari dan 14 hari. Hal tersebut terjadi karena plastik yang tipis memiliki permeabilitas uap air yang lebih tinggi, sehingga uap air lebih cepat memasuki kemasan dan laju perubahan kadar air kerupuk kemplang semakin cepat.

Menurut Pakpahan et al. (2020), kemasan plastik jenis PP memiliki sifat permeabilitas uap air yang lebih rendah ($0,205 \text{ g/m}^2/\text{hari.mmHg}$) dibandingkan dengan jenis plastik LDPE ($0,501 \text{ g/m}^2/\text{hari.mmHg}$) sehingga dapat menekan laju keluar masuknya uap air. Akan tetapi, penelitian Sarungallo et al. (2007) menyatakan bahwa kemasan polietilen merupakan kemasan terbaik untuk pengemasan sagu lempeng dibandingkan dengan kemasan polipropilen. Hal ini dikarenakan kemasan polietilen dapat menghambat peningkatan kadar air sagu lempeng kontrol sehingga kadar air lebih rendah.

Menurut penelitian Afriyanti (2017), penggunaan kemasan plastik jenis polipropilen memiliki sifat yang dapat melindungi produk olahan minyak, seperti keripik tempe sagu, dengan lebih baik karena struktur kemasan yang tebal dan kedap udara sehingga dapat menekan masuknya uap air dan udara dari lingkungan sekitar. Pada penelitiannya, parameter perubahan kadar asam lemak bebas memiliki nilai energi aktivasi terendah sehingga parameter ini digunakan untuk menghitung umur simpan keripik tempe sagu yaitu 91 hari.

Hardiyanto et al. (2022), penggunaan kemasan plastik yang berbeda mempengaruhi pada kualitas maupun karakteristik kadar air dan berpengaruh nyata terhadap kadar asam lemak bebas. Keripik jamur tiram dengan kemasan *Polypropylene* (PP) memiliki kadar air sebesar 0,83%, sedangkan kadar air yang paling rendah didapat pada keripik jamur dengan kemasan aluminium foil kombinasi plastik sebesar 0,65%. Namun, untuk kadar asam lemak bebas, kemasan plastik jenis *Polypropylene* (PP) lebih rendah (0,033%) dibandingkan dengan aluminium foil kombinasi plastik (0,036%).

Menurut penelitian Saragih et al. (2019), penentuan umur simpan abon ikan dengan kemasan *polyethylene* (PE) dan *polypropylene* (PP) menunjukkan bahwa suhu penyimpanan produk dapat mempengaruhi umur simpan produk. Hal tersebut

dikarenakan suhu dapat meningkatkan reaksi oksidasi lemak, yang menyebabkan bau tengik pada produk.

1.6. Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diperoleh berdasarkan kerangka pemikiran di atas yaitu diduga terdapat perbedaan umur simpan dari rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan plastik berbeda.

1.7. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2025 sampai dengan selesai di Laboratorium Penelitian Teknologi Pangan, Universitas Pasundan Bandung yang berlokasi di Jalan Dr. Setiabudi No. 193, Bandung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai: (2.1) Rempeyek, (2.2) Kemasan, (2.3) Jenis Kemasan Plastik, (2.4) Dasar Penurunan Mutu, (2.5) Umur Simpan.

2.1. Rempeyek

Rempeyek, juga dikenal dengan peyek, adalah makanan ringan berbentuk tipis dan renyah, terbuat dari tepung beras dengan atau tanpa campuran tepung lain dan dicampur air hingga membentuk adonan kental. Adonan tersebut kemudian diberi bumbu serta bahan taburan atau pengisi khusus seperti kacang tanah, kacang kedelai, kacang hijau, ikan atau bahan pangan lainnya kemudian diolah dengan teknik penggorengan (BPOM, 2019). Bumbu-bumbu yang digunakan berupa bawang putih, ketumbar, kemiri, garam, dan irisan daun jeruk purut (Sarasati *et al.*, 2012).



Gambar 1. Rempeyek Kacang

Rempeyek sangat cocok dikonsumsi sebagai menu pelengkap lauk dan pauk. Rempeyek sangat populer di Indonesia sebagai makanan khas nusantara karena sangat gurih dan enak serta harganya terjangkau. Produk rempeyek sangat disukai masyarakat sehingga banyak pengolah yang memproduksinya yang kemudian dijual diberbagai tempat baik di warung makan, pasar tradisional maupun pasar modern. Rempeyek dapat dibuat lebih menarik dan taburan isinya dikreasikan seperti ebi, ikan teri, dan kacang-kacangan. Rempeyek kacang merupakan salah satu jenis rempeyek yang paling banyak diolah dan yang paling familiar di kalangan masyarakat (Ningrum et al., 2024).

Menurut Sarasati et al. (2012), terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas rempeyek, yaitu:

1. Kualitas bahan utama dan bahan pembantu yang digunakan.
2. Proses pengolahan rempeyek, terutama pada proses penggorengan dan penirisan, serta peralatan yang digunakan dan juga pekerja yang terlibat dalam proses produksi.
3. Keseragaman ukuran kacang dan bentuk rempeyek.

Rempeyek kacang terbagi menjadi dua jenis yaitu rempeyek yang dicetak menggunakan cetakan bulat pipih berukuran 6-10 cm dengan taburan kacang yang relatif padat dan rempeyek dengan bentuk yang tidak beraturan serta taburan kacang yang jarang. (Sarasati et al., 2012). Namun, rempeyek kacang yang paling banyak ditemukan yaitu rempeyek kacang dengan bentuk yang tidak beraturan.

2.2. Kemasan

Kemasan selalu terkait dengan komoditi yang dikemas, sekaligus merupakan nilai jual dan citra produk sehingga sangat penting dalam era globalisasi saat ini (Widiati, 2019). Kemasan (*packaging*) adalah wadah atau pembungkus untuk melindungi suatu barang atau produk (Mukhtar dan Nurif, 2015). Kemasan juga digunakan untuk memberikan identitas merek dan menarik perhatian konsumen terhadap

produk tersebut sebelum konsumen memutuskan dalam pembelian produk (Alamri *et al.*, 2021).

Menurut Cenadi (2000) dalam Mukhtar & Nurif (2015), kemasan dapat didefinisikan sebagai proses merancang dan membuat wadah suatu produk. Kemasan terdiri dari tiga hal:

1. Kemasan memenuhi syarat keamanan dan keuntungan. Kemasan memastikan bahwa produk dilindungi selama perjalanan dari produsen ke konsumen. Produk yang dikemas biasanya lebih bersih, menarik, dan lebih tahan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh kondisi perjalanan.
2. Kemasan dapat menerapkan program pemasaran. Adanya kemasan dapat mencegah pertukaran dengan produk lain serta identifikasi produk menjadi lebih efektif.
3. Kemasan merupakan suatu metode untuk meningkatkan pendapatan perusahaan. Kemasan yang menarik akan memikat perhatian konsumen untuk membeli produk. Kemasan juga memudahkan pengiriman dan mengurangi risiko kerusakan produk.

Secara sederhana, pengemasan adalah cara untuk mengirimkan barang ke konsumen dengan cara terbaik dan menguntungkan (Widiati, 2019). Pengemasan tidak hanya pembungkasan, pewadahan, ataupun pengepakan (Syarief dan Syukri, 2019). Pengemasan memiliki tujuan utama yaitu untuk melindungi, dan melestarikan bahan pangan atau produk dari kemungkinan bahaya fisik, kimia, mikrobiologi, atau lainnya yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kualitas bahan pangan atau produk tersebut (Alamri *et al.*, 2021). Selain itu, pengemasan juga berperan agar suatu hasil dari pengolahan memiliki karakteristik bentuk dan ukuran yang memudahkan untuk disimpan, diangkut, dan didistribusikan (Syarief dan Syukri, 2019).

Menurut Indraswati (2017) dalam Yani *et al.* (2022), makanan yang dikemas mempunyai tujuan untuk mengawetkan makanan, yaitu mempertahankan

kesegaran, warna, dan kualitas makanan agar menarik perhatian konsumen. Selain itu, tujuannya untuk mencegah kontaminasi udara, air, dan tanah baik oleh bahan kimia yang bersifat merusak atau racun maupun mikroorganisme yang berbahaya bagi kesehatan manusia.

Plastik adalah bahan pengemas yang banyak digunakan untuk mengemas makanan. Plastik tidak hanya murah, tetapi juga ringan dan fleksibel sehingga memudahkan proses pengemasan. Jenis kemasan plastik bervariasi tergantung pada jenis produk yang dikemas. Setiap jenis memiliki manfaat dan kekurangan tertentu. Bentuk dan permukaan kemasan serta permeabilitas gas dan uap air adalah karakteristik utama bahan kemasan yang digunakan (Nurminah, 2002).

2.3. Jenis Kemasan Plastik

Kemasan plastik merupakan kemasan yang sering digunakan untuk mengemas produk pangan dikarenakan harganya yang relatif murah, dapat diubah menjadi berbagai bentuk, warna dan bentuk relatif lebih disukai konsumen, bersifat termoplastis serta mudah diberi label dengan berbagai desain (Panjaitan, 2017). Plastik merupakan kelompok molekul yang disebut dengan polimer, yakni molekul raksasa yang tersusun dari rangkaian pengulangan monomernya seperti suatu rantai. Monomer plastik biasanya terdiri atas beberapa unsur kimia seperti karbon, hidrogen, klor, flour, dan sulfur (Pulungan et al., 2018). Plastik adalah kemasan yang paling umum digunakan untuk saat ini. Plastik yang berfungsi sebagai kemasan makanan harus memiliki sifat *inert* sehingga substansinya tidak bermigrasi ke dalam makanan (Hasibuan, 2021).

Plastik sebagai kemasan memiliki kelebihan yaitu memiliki kemampuan untuk mengikuti bentuk produk (menjadi fleksibel), transparan, dapat digunakan dalam kombinasi dengan bahan lain (seperti laminasi), tidak korosif, tidak mudah pecah, dan relatif murah (Latief, 2000). Plastik juga memiliki sifat *barrier* dan daya tahannya terhadap bahan kimia, serta sifat permeabilitasnya terhadap uap air dan gas (Nurminabari, 2022). Namun, plastik juga memiliki kekurangan, seperti dapat

mencemari produk (menghilangnya komponen monomer) dan kurang tahan panas sehingga berpotensi mengancam keamanan dan kesehatan konsumen. Kemasan plastik juga termasuk bahan alami yang tidak dapat hancur dengan cepat (*non-biodegradable*) (Latief, 2000).

Menurut Halim (1998) dalam Panjaitan (2017), Sifat permeabilitas bahan kemasan menentukan kemampuan bahan untuk menahan komponen tertentu yang masuk maupun keluar. Jumlah komponen yang ditransfer per unit luas, waktu, dan gaya penggerak disebut permeabilitas. Setiap bahan kemasan plastik memiliki tingkat permeabilitas yang berbeda. Adapun sifat permeabilitas dan titik leleh berbagai jenis plastik dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Sifat permeabilitas beberapa jenis kemasan plastik

Jenis Kemasan Plastik	Permeabilitas uap air 90% RH (g/m²/hari)	Permeabilitas gas oksigen 90% RH (g/m²/hari)
Polipropilen (PP)	0,205*	ts
<i>Low density polyethylene</i> (LDPE)	0,501*	7000-8500**

Sumber: *) Pakpahan et al. (2020).

**) Nurminabari (2022).

Ts: data tidak tersedia.

Kapasitas suatu material untuk menyerap uap air dinyatakan dengan *Water Vapor Transmission Rate* (WVTR). WVTR adalah permeabilitas konsisten uap air yang meresap melalui film pada suhu dan kelembapan relatif tertentu. Nilai yang lebih rendah menunjukkan ketahanan air yang lebih baik. Nilai hanya dapat dibandingkan ketika diambil pada suhu dan kelembapan yang sama, karena kedua faktor tersebut mempengaruhi laju transmisi. Ketebalan film merupakan faktor utama yang dapat mempengaruhi WVTR. Selain WVTR, terdapat *Oxygen Transmission Rate* (OTR), merupakan angka tetap untuk jenis material tertentu, yang ditentukan dengan mengukur kadar gas oksigen yang melalui film pada kondisi suhu dan kelembapan relatif yang terkontrol (Nurminabari, 2022).

Menurut Pantastico (1997) dalam Suryanto (2022), kemasan plastik dapat mengurangi kehilangan air dari bahan yang dikemas. Kehilangan air yang disusul dengan layunya bahan akan menyebabkan kesegaran berkurang, mempengaruhi tampilan, tekstur, kadar vitamin C, karoten, dan senyawa kimia lainnya.

2.3.1. Polipropilen (PP)

Plastik PP merupakan salah satu jenis bahan plastik yang sering dijumpai di kehidupan sehari-hari dikarenakan karakteristiknya. Plastik PP merupakan jenis plastik yang paling umum digunakan dalam produksi barang konsumen akhir, seperti kemasan plastik, dan menyumbang 16% dari pasar plastik global (Alsabri et al., 2021). Plastik PP adalah polimer termoplastik yang dibuat oleh industri polimer dan digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sebagai serat atau plastik (Khavilla et al., 2019).

Wadah pengemas berbahan PP memiliki kode 5 yang artinya dapat didaur ulang (Syarief & Syukri, 2019). Plastik dengan kode 5 dianggap tahan terhadap suhu tinggi dan aman untuk makanan dan minuman. Biasanya bahan PP ini sering digunakan dalam botol minum, wadah, kemasan makanan ringan, saos, botol obat, sedotan, botol sirup, dan botol minum lainnya (Rusniati et al., 2023).

Plastik PP memiliki densitas yang rendah (900 kg m^{-3}) dan titik pelunakan yang tinggi ($140^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$) daripada polietilen (PE). Plastik PP memiliki transmisi uap air yang rendah, permeabilitas gas sedang, resistensi yang baik terhadap minyak dan bahan kimia, ketahanan abrasi yang baik, stabilitas suhu tinggi, serta memiliki kilap yang baik dan kejernihan tinggi (Robertson, 2020). Berdasarkan ketebalannya, semakin tebal kemasan untuk jenis kemasan polipropilen maka semakin rendah permeabilitas terhadap uap air (Septianingrum, 2008).

Polipropilen memiliki sifat yang kuat dan ringan serta lebih resisten terhadap uap air dan gas dibandingkan dengan bahan plastik *low density polyethylene* (LDPE) (Pulungan et al., 2018). Oleh karena sifat resistennya, kemasan polipropilen ini

banyak digunakan sebagai kemasan yang kontak langsung dengan makanan atau minuman.

Sudirman et al. (2001) dalam Budiyanto (2012) menyatakan bahwa polipropilen bersifat hidrofobik dan tahan terhadap korosi. Polipropilen bersifat tidak reaktif dengan zat-zat, dapat meminimalkan kontak bahan terhadap oksigen, tidak menghasilkan racun, dan melindungi bahan dari kontaminan.

Kemasan plastik polipropilen memiliki kekurangan yaitu rentan terhadap degradasi sinar ultraviolet (UV), benturan dan goresan, daya rekat cat yang buruk, mudah terbakar, serta rapuh pada suhu dibawah -20°C (Maddah, 2016).

2.3.2. *Low density polyethylene* (LDPE)

Plastik LDPE adalah termoplastik berbasis petroleum. Plastik LDPE banyak digunakan dikarenakan efisiensinya dalam biaya, ketahanannya terhadap lemak dan minyak, serta tidak reaktif secara kimia dengan makanan (Tampubolon et al., 2022). Salah satu bentuk plastik yang memiliki nomor kode 4 disebut LDPE, dan dibedakan oleh fakta bahwa plastik ini lebih fleksibel atau lebih lembut (Hartono & Rachmat, 2022).

Plastik LDPE ini memiliki densitas rendah ($0,910-0,940 \text{ g/cm}^3$) dan tidak reaktif pada suhu kamar, kecuali untuk oksidator kuat dan pelarut yang mungkin menyebabkan kerusakan. LDPE memiliki tingkat percabangan yang tinggi baik pada rantai panjang maupun pendek. Ini menyiratkan bahwa itu tidak akan membentuk struktur kristal (Syarief & Syukri, 2019). Plastik LDPE sangat tahan terhadap bahan kimia pada suhu di bawah 60°C . Efektivitasnya dalam mencegah pergerakan uap air sangat tinggi, sementara efektivitasnya terhadap gas seperti oksigen rendah. Sulit bagi bahan ini untuk mengalami reaksi kimia dengan makanan yang dikemasnya, yang menjadikannya pilihan yang sangat baik untuk wadah makanan (Ariani, 2009).

2.4. Dasar Penurunan Mutu

Mutu atau kualitas adalah kumpulan sifat atau karakteristik bahan atau produk yang menunjukkan tingkat penerimaan pengguna terhadap bahan tersebut. Apabila beberapa sifat bahan atau produk tersebut dinilai baik oleh pengguna, maka bahan atau produk tersebut dikategorikan sebagai mutu baik. Aspek-aspek seperti gizi, selera, bisnis, dan kesehatan adalah bagian dari banyak dimensi mutu pangan (Mamuaja, 2016).

Suatu bahan atau produk pangan dikatakan mengalami penurunan mutu atau kerusakan apabila bahan atau produk tersebut menunjukkan adanya penyimpangan yang melewati batas yang dapat diterima secara normal oleh panca indera atau parameter lain (Dwiloka et al., 2004).

Penyimpangan produk dari mutu atau kualitas aslinya disebut juga dengan deteriorasi. Reaksi deteriorasi dimulai saat produk bersentuhan dengan udara, oksigen, uap air, cahaya, mikroba, atau akibat perubahan suhu. Guncangan mekanis seperti getaran, kompresi, dan abrasi juga dapat menyebabkan reaksi ini. Tingkat deteriorasi produk dipengaruhi oleh lamanya penyimpanan, sedangkan laju deteriorasi dipengaruhi oleh kondisi lingkungan penyimpanan. Umur simpan adalah waktu hingga produk mengalami suatu tingkat deteriorasi tertentu (Susiwi, 2009).

Menurut Floros (1993) dalam Herawati (2008), terdapat enam faktor utama yang menyebabkan produk pangan mengalami penurunan kualitas atau kerusakan, yaitu massa oksigen, uap air, cahaya, mikroorganisme, kompresi atau bantingan, dan bahan kimia toksik atau *off flavor*. Faktor-faktor tersebut juga dapat mengakibatkan beberapa penurunan mutu lebih lanjut, seperti oksidasi lipida, kerusakan vitamin, kerusakan protein, perubahan bau, reaksi pencoklatan, dan perubahan unsur organoleptik. Adapun dampak dari beberapa faktor terhadap penurunan mutu dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Dampak faktor-faktor terhadap penurunan mutu pada produk pangan

Faktor Utama	Dampak Deteriorasi
Oksigen	Oksidasi lipid, kerusakan vitamin, kerusakan protein, oksidasi pigmen
Uap air	Kehilangan/kerusakan vitamin, perubahan organoleptik, dan oksidasi lipid.
Cahaya	Oksidasi, pembentukan bau/ perubahan flavor, dan kerusakan vitamin.
Mikroorganisme	Kontaminasi mikroba dan perubahan organoleptik.
Kompresi atau Bantingan	Perubahan organoleptik dan kebocoran bahan pengemas.
Bahan kimia toksik atau <i>off flavor</i>	<i>Off flavor</i> , perubahan organoleptik, dan pembentukan racun.

Sumber: Arpah (2001) dalam Riswanti (2019).

Faktor yang sangat berpengaruh lainnya yaitu kadar air. Perubahan kadar air dalam produk adalah komponen yang sangat berpengaruh terhadap penurunan kualitas produk pangan. Aktivitas air (a_w) sangat terkait dengan kadar air dan biasanya diwakili oleh kurva isotherm. Ini juga mempengaruhi pertumbuhan bakteri, jamur, dan mikroorganisme lainnya. Tingkat aktivitas air (a_w) yang lebih tinggi umumnya mendukung pertumbuhan bakteri, sementara jamur tidak menyukai a_w yang tinggi. Selain kadar air, kerusakan makanan juga disebabkan oleh ketengikan yang disebabkan oleh oksidasi atau hidrolisis komponen makanan. Analisis *free fatty acid* (FFA) dan *tio barbituric acid* (TBA) dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kerusakan tersebut (Herawati, 2008).

2.5. Umur Simpan

Umur simpan merupakan salah satu hal yang penting bagi para konsumen dalam mengonsumsi suatu makanan/minuman. Informasi mengenai umur simpan dapat digunakan sebagai salah satu jaminan keamanan kepada konsumen terhadap mutu produk tersebut (Nuraini & Widanti, 2020).

Umur simpan atau masa simpan suatu produk pangan adalah rentang waktu yang dimiliki suatu produk dari proses produksi hingga konsumsi sebelum kualitas dari produk menurun atau menjadi busuk dan tidak layak untuk dikonsumsi (Asiah et al., 2018). Masa simpan adalah jangka waktu produk menjadi tidak dapat diterima dari segi sensorik, nutrisi, atau keamanan (Fu & Labuza, 1993).

Di Indonesia, peraturan mengenai umur simpan pangan terdapat dalam Undang-undang No. 18 tahun 2012 tentang Pangan dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 69 Tahun 1999. Berdasarkan peraturan, semua produk pangan wajib mencantumkan tanggal kedaluwarsa (Herawati, 2008). Pencantuman tanggal kedaluwarsa akan memberikan informasi kepada konsumen tentang batas waktu konsumsi suatu produk (Hasany et al., 2017).

Menurut Rahayu et al. (2003) dalam Herawati (2008), terdapat tujuh jenis produk makanan yang tidak perlu disebutkan tanggal, bulan, atau tahun kedaluwarsanya, yaitu:

1. Buah dan sayuran segar, termasuk kentang yang belum dikupas.
2. Minuman alkohol dengan volume atau volume lebih dari 10%.
3. Makanan yang dibuat untuk dikonsumsi segera setelah diproduksi, tidak lebih dari 24 jam setelah produksi.
4. Cuka.
5. Garam meja.
6. Gula pasir.
7. Permen dan sejenisnya yang bahan bakunya hanya gula ditambah flavor atau gula yang diberi pewarna.

Penentuan umur simpan suatu produk dapat ditentukan oleh berbagai metode pengujian. Perubahan fisik, kimia, dan sensori dapat digunakan untuk mengukur perubahan mutu suatu produk. Nilai perubahan ini berkorelasi dengan faktor produk intrinsik dan ekstrinsik yang memungkinkan penurunan mutu produk (Asiah et al., 2018).

Penentuan masa simpan hendaknya mencakup rincian tentang masa simpan dalam kondisi optimal, masa simpan dalam kondisi sub-optimal, dan masa simpan selama distribusi, penyimpanan, serta penggunaan oleh konsumen. Pengendalian suhu, kelembapan, dan penanganan fisik yang buruk merupakan bagian dari kondisi distribusi makanan yang tidak normal. Kondisi distribusi dan suhu menentukan umur simpan suatu produk pangan (Herawati, 2008). Menurut Syarief & Halid (1993), umur penyimpanan berakhir cepat atau lambat tergantung pada tinggi atau rendahnya suhu penyimpanan.

Ada berbagai metode pengujian yang dapat digunakan untuk menentukan umur simpan suatu produk. Menurut Floros (1993) dalam Susiwi (2009), *Extended Storage Studies* (ESS) dan *Accelerated Storage Studies* (ASS) adalah dua konsep studi penyimpanan produk pangan yang memungkinkan untuk menentukan umur simpan produk pangan dan menentukan tanggal kedaluwarsa.

2.5.1. *Extended Storage Studies* (ESS)

Metode *Extended Storage Studies* (ESS) atau dikenal sebagai metode konvensional adalah metode menetapkan tanggal kedaluwarsa dengan menyimpan seri produk dalam kondisi normal sehari-hari sambil mengamati penurunan kualitasnya hingga mencapai tingkat mutu kedaluwarsa. Metode ini akurat dan tepat, tetapi memerlukan waktu yang lama dan analisis parameter yang relatif banyak (Herawati, 2008). Metode konvensional juga biasanya dilakukan dalam kondisi penyimpanan yang stabil dan tidak mempertimbangkan fluktuasi suhu atau kelembapan yang mungkin terjadi di lingkungan nyata. Hal tersebut dapat mengakibatkan hasil yang kurang representatif terhadap kondisi pasar (Arif, 2016; Fauzi, 2017). Menurut Herawati (2008), metode konvensional sering digunakan untuk menghitung umur simpan produk makanan yang telah siap edar atau yang masih dalam tahap penelitian.

2.5.2. *Accelerated Storage Studies* (ASS)

Metode *Accelerated Storage Studies* (ASS) atau metode akselerasi, 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. Metode ASLT memiliki salah satu keuntungan yaitu waktu pengujiannya yang relatif singkat (3-4 bulan), tetapi ketepatan dan akuransinya tinggi (Herawati, 2008).

Metode ASLT mengatur kondisi penyimpanan di luar kondisi normal untuk mempercepat kerusakan produk dan umur simpan dapat ditentukan. Produk pangan yang disimpan pada suhu tinggi menyebabkan terjadinya penurunan mutu akibat pengaruh panas. Metode ASLT berlaku untuk setiap proses penurunan atau kerusakan yang dapat diekspresikan secara kuantitatif dengan model atau pendekatan yang valid. Model ini dapat mengikuti perubahan dalam masa simpan yang mengekspresikan nilai dari penanda kerusakan atau tingkat kegagalan produk di bawah riwayat penyimpanan dan penanganan tertentu. Proses deteriorasi dapat bersifat kimia, fisik, biokimia, atau mikroba (Mizrahi, 2011).

Penentuan umur simpan suatu produk pada metode akselerasi atau metode ASLT dapat dilakukan dengan dua pendekatan. Pendekatan pertama adalah pendekatan kadar air kritis, yang menggunakan teori difusi sebagai kriteria kedaluwarsa. Pendekatan yang kedua adalah pendekatan semi-empiris dengan bantuan menggunakan persamaan Arrhenius untuk teori kinetika, yang biasanya menggunakan ordo nol atau satu untuk produk pangan (Herawati, 2008).

Syarief & Halid (1993) menjelaskan bahwa salah satu elemen yang mempengaruhi perubahan mutu pangan adalah suhu. Kecepatan reaksi berbagai zat kimia meningkat seiring dengan meningkatnya suhu penyimpanan. Oleh karena itu, harus selalu mempertimbangkan komponen suhu untuk menduga kecepatan penurunan mutu pangan selama penyimpanan. Suhu ruangan penyimpanan pangan idealnya harus tetap konsisten dari waktu ke waktu. Namun, hal ini seringkali mengalami

fluktuasi. Jika suhu penyimpanan tetap konstan sepanjang waktu, perumusan masalahnya dapat disederhanakan menjadi memperkirakan laju penurunan mutu dengan model persamaan Arrhenius.

Model Arrhenius dalam teknik ASLT umumnya digunakan untuk memperkirakan umur simpan produk pangan yang rentan terhadap perubahan suhu, seperti produk pangan yang rentan terhadap ketengikan (oksidasi lemak), reaksi kecoklatan, atau degradasi vitamin C. Dasar metode ini melibatkan penyimpanan barang makanan pada suhu ekstrem, yang mengakibatkan pembusukan cepat. Umur simpan produk kemudian ditentukan dengan mengekstrapolasi suhu penyimpanannya (Hariyadi, 2006). Penggunaan suhu penyimpanan untuk mengetahui umur simpan produk disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Suhu pengujian umur simpan produk pangan

Jenis Produk Pangan	Suhu kontrol (°C)	Suhu Pengujian (°C)
Pangan beku	< -40	-5, -10, -15
Pangan dingin	0	5, 10, 15, 20
Pangan diolah secara termal	4	25, 30, 35, 40
Pangan kering	-18	25, 30, 35, 40, 45

Sumber: Labuza dan Schimdt (1985) dalam Herawati (2008).

Reaksi nol dan satu banyak menjelaskan tentang reaksi kehanginan mutu pada produk pangan. Mutu reaksi orde nol menurun dengan cara yang konsisten. Laju reaksi yang termasuk dalam orde nol tidak dipengaruhi oleh konsentrasi reaktan; dengan kata lain, reaksi tersebut berlangsung pada laju yang konstan. Jenis reaksi orde nol cukup jarang terjadi (Zahroh et al., 2023). Menurut Arpah (2001) dalam Sabarisman et al. (2017), degradasi enzimatis (misalnya, pada buah dan sayuran segar serta beberapa makanan beku), reaksi kecokelatan non-enzimatis (misalnya, pada biji-bijian kering dan produk susu kering), dan reaksi oksidasi lemak (misalnya,

peningkatan kebusukan pada makanan ringan, makanan kering, dan makanan beku), semuanya adalah contoh kerusakan yang dihasilkan dari kinetika reaksi orde nol.

Pada saat yang sama, kerusakan yang diakibatkan oleh reaksi orde pertama yaitu ketengikan (misalnya pada minyak dan sayuran kering), produksi *off flavor* oleh mikroba, degradasi vitamin dalam makanan kaleng dan kering, kehilangan mutu protein, dan pertumbuhan mikroba (terutama pada ikan dan daging, bersamaan dengan inaktivasi termal mikroorganisme).

Menurut Asiah et al. (2018), tahapan–tahapan menentukan umur simpan dengan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) model Arrhenius adalah sebagai berikut:

1. Memplotkan data dan menentukan persamaan regresi linear.

Berdasarkan hasil pengamatan dengan masing-masing parameter pada suhu pengujian, penentuan ordo dilakukan dengan memplotkan data hasil pada grafik dengan parameter mutu sebagai sumbu y (ordinat) dan lama penyimpanan sebagai sumbu x (absis). Setelah setiap data diplotkan maka didapatkan persamaan regresi pada masing-masing suhu dengan bentuk $y = a + bx$, dengan y adalah perubahan kualitas produk, x adalah lama penyimpanan (hari), a adalah nilai kualitas produk awal, dan b yang didapatkan dari slope atau bisa disebut k (laju perubahan kualitas produk). Selain itu, akan didapati pula nilai R^2 (determinasi), dimana jika nilai R^2 semakin besar dan mendekati 1 maka semakin memperjelas perubahan yang terjadi.

2. Menentukan ordo reaksi.

Untuk menentukan ordo reaksi maka dibuat grafik ordo nol dan ordo satu. Grafik ordo nol menunjukkan hubungan antara nilai k dengan lama penyimpanan, dan 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:

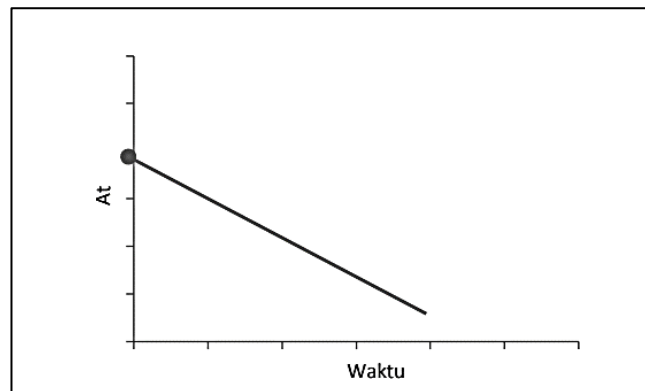
At = Nilai parameter mutu pada waktu t

A_0 = 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 Gambar 2.

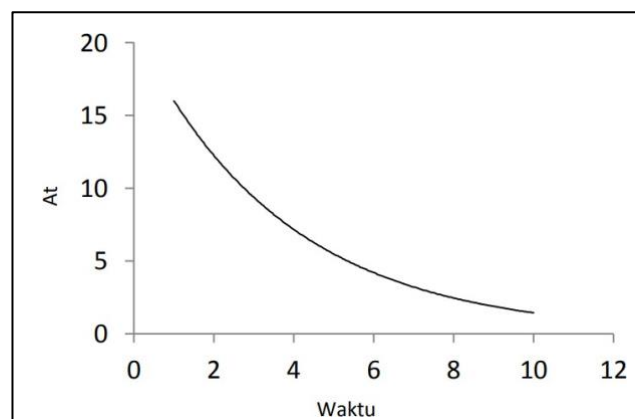


Gambar 2. Hubungan antara mutu dan waktu penyimpanan pada reaksi ordo nol

Sementara itu, penurunan mutu ordo satu dinyatakan sebagai persamaan sebagai berikut:

$$\ln [A_t] - \ln [A_0] = -kt$$

Grafik hubungan antara penurunan mutu dengan waktu penyimpanan pada reaksi ordo 0 dapat dilihat pada Gambar 3.

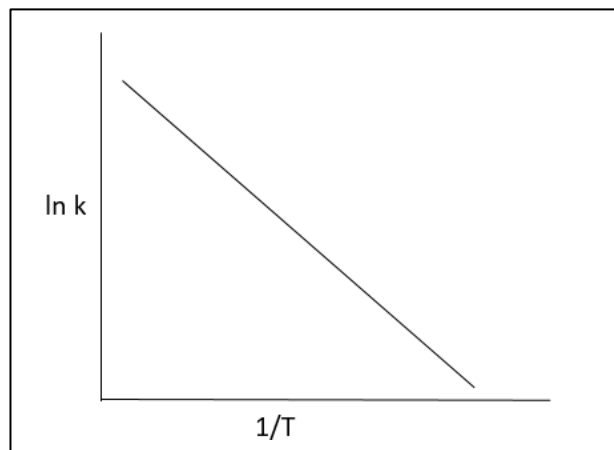


Gambar 3. Hubungan antara mutu dan waktu penyimpanan pada reaksi ordo satu

Dari kedua persamaan tersebut kemudian dipilih ordo reaksi yang mempunyai nilai R^2 (determinasi) terbesar.

3. Menentukan konstanta persamaan Arrhenius.

Nilai konstanta Arrhenius dilambangkan dengan huruf k. Nilai k diperoleh dari persamaan regresi linear atau sama dengan nilai b. Setelah diperoleh nilai k, kemudian dicari nilai $\ln k$ untuk masing-masing suhu penyimpanan. Nilai $1/T$, yang merupakan satuan suhu dalam derajat kelvin, dihitung dan dibuat grafik di mana nilai $\ln k$ digambarkan sebagai sumbu y (ordinat) dan nilai $1/T$ digambarkan sebagai sumbu x (absis). Adapun grafik hubungan $\ln k$ dengan $1/T$ dalam persamaan Arrhenius dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan $\ln k$ dengan $1/T$ dalam persamaan Arrhenius

Dalam persamaan Arrhenius, nilai slope adalah nilai $-E_a/RT$ dan nilai *intercept* adalah nilai $\ln k_0$, kemudian dimasukkan ke dalam rumus:

$$\ln k = \ln k_0 - E/RT$$

keterangan:

k = konstanta penurunan mutu

k_0 = konstanta (tidak bergantung pada suhu)

E = energi aktivasi

T = suhu mutlak ($^{\circ}\text{C} + 273$)

R = konstanta gas (1,986 kal/mol $^{\circ}\text{K}$)

Setelah menghitung nilai k untuk setiap suhu, dilanjut dengan menghitung umur simpan produk menggunakan persamaan Arrhenius ordo 0 dan 1.

4. Perhitungan umur simpan

Parameter kunci dilihat dengan parameter yang memiliki energi aktivasi rendah. Setelah itu dilakukan perhitungan umur simpan dengan menggunakan ordo reaksi yang digunakan.

Persamaan ordo nol:

$$ts = \frac{a_t - a_0}{k}$$

Persamaan ordo satu:

$$ts = \frac{\ln(a_t/a_0)}{k}$$

keterangan:

a_0 = atribut mutu awal

a_t = atribut mutu akhir

ts = waktu kedaluwarsa

k = nilai k pada suhu penyimpanan T

III. METODOLOGI PENELITIAN

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

3.1. Bahan dan Alat

3.1.1. Bahan-bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rempeyek kacang yang diproduksi oleh produsen di Kabupaten Cirebon, Jawa Barat. Kemasan plastik polipropilen (PP) ukuran 15 cm x 25 cm dengan ketebalan 80 mikron dan plastik *low density polyethylene* (LDPE) ukuran 15 cm x 25 cm dengan ketebalan 80 mikron.

Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis kimia adalah aquadest, KOH 0,1 N, alkohol 96%, indikator *phenophtalein*. Bahan-bahan ini telah tersedia di Laboratorium Penelitian Universitas Pasundan Bandung.

3.1.2. Alat-alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan digital, oven, *sealer*, erlenmeyer, eksikator, tangkrus, bunsen, kawat kasa, kaca arloji, buret, klem, statif, cawan, pipet ukur, filler, corong, kaki tiga, tabung reaksi, dan inkubator.

3.2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menjadi 2 tahapan yang meliputi penelitian pendahuluan dan penelitian utama.

1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang akan dilakukan adalah penentuan kriteria batas kritis untuk mendapatkan titik kritis penurunan mutu produk. Penurunan mutu produk hingga tidak layak dikonsumsi disebut dengan batas titik kritis. Penentuan titik kritis tersebut dilakukan dengan melakukan analisis kadar air

dengan menggunakan metode gravimetri (AOAC, 2005), analisis kadar FFA metode titrimetri, serta pengujian organoleptik. Sampel dilakukan penyimpanan pada suhu ruang (25-27°C) tanpa kemasan, lalu dilakukan uji organoleptik tiap 1 hari sekali hingga mendapat penolakan oleh panelis sebesar >50%. Selain itu, produk juga akan dilakukan analisis kadar air dan kadar FFA pada hari ke-0 dan hari dimana produk mendapatkan penolakan >50%.

2. Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan untuk menentukan umur simpan produk rempeyek kacang yang dikemas dengan 2 jenis kemasan plastik berbeda yaitu kemasan plastik polipropilen (PP) dan plastik *low density polyethylene* (LDPE), kemudian produk akan disimpan pada suhu yang berbeda (25°C, 35°C, 45°C). Selang interval waktu 4 hari sekali akan dilakukan sampling dan pengujian respon kimia berupa kadar air dan kadar asam lemak bebas atau FFA.

3.2.1. Rancangan Perlakuan

Rancangan perlakuan yang akan dilakukan pada produk rempeyek kacang tanah yang dikemas ke dalam 2 jenis kemasan plastik berbeda, yang terdiri dari faktor bahan pengemas plastik dan faktor suhu. Faktor bahan pengemas plastik (P) terdiri dari tiga taraf, yaitu:

p1 = Polipropilen (PP)

p2 = *Low density polyethylene* (LDPE)

Faktor suhu penyimpanan (S) terdiri dari empat taraf, yaitu:

s1 = 25°C

s2 = 35°C

s3 = 45°C

3.2.2. Rancangan Percobaan

1. Uji Pendahuluan

Rancangan percobaan uji pendahuluan dari produk rempeyek kacang adalah penyimpanan pada suhu ruang (25-27°C) tanpa kemasan dengan parameter uji kadar air metode gravimetri (AOAC, 2005), uji asam lemak bebas metode

titrimetri, dan pengujian organoleptik. Pengamatan uji organoleptik dilakukan setiap 1 hari sekali hingga >50% penolakan oleh panelis.

2. Penelitian Utama

Rancangan percobaan penelitian utama adalah dengan melakukan penyimpanan produk rempeyek kacang tanah yang dikemas pada suhu 25°C, 35°C, 45°C. Kemudian menganalisis respon kimia terhadap produk rempeyek kacang tanah yang telah disimpan. Setelah itu, dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) model *Arrhenius*. Adapun model rancangan pada penelitian dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Rancangan Percobaan Penelitian Rempeyek Kacang

Bahan Pengemas Plastik (P)	Lama Penyimpanan (Hari)	Kadar Air			Kadar FFA		
		25°C s1	35°C s2	45°C s3	25°C s1	35°C s2	45°C s3
Polipropilen (PP) p1	0						
	4						
	8						
	12						
	16						
	20						
<i>Low density polyethylene</i> (LDPE) p2	0						
	4						
	8						
	12						
	16						
	20						

Tabel 5. Penentuan Ordo Berdasarkan Regresi Linier

Suhu	Persamaan Regresi		Nilai R ²		Ordo Terpilih
	Ordo 0	Ordo 1 (ln)	Ordo 0	Ordo 1 (ln)	
25 °C					
35 °C					
45 °C					

3.2.3. Rancangan Analisis

Rancangan analisis pada rempeyek kacang tanah adalah pendugaan umur simpan dengan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) model *Arrhenius* sehingga dari perhitungan tersebut diperoleh konstanta penurunan mutu (k) dan suhu penyimpanan terbaik untuk jangka waktu umur simpan yang lebih lama.

Data hasil analisis kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan regresi linear dengan persamaan:

$$Y = a + bx$$

Keterangan:

Y = nilai analisis

a = nilai analisis saat mulai disimpan

b = laju penurunan mutu (k)

x = waktu simpan (hari)

Dengan demikian, penyimpanan pada suhu 25°C, 35°C, dan 45°C persamaan regresinya yaitu:

Suhu 25°C : $Y = a + bx \dots\dots\dots(k = b)$

Suhu 35°C : $Y = a + bx \dots\dots\dots(k = b)$

Suhu 45°C : $Y = a + bx \dots\dots\dots(k = b)$

Selanjutnya, menentukan ordo reaksi nol dan ordo satu. Grafik ordo nol menunjukkan hubungan antara nilai k dengan lama penyimpanan dan grafik ordo satu menunjukkan hubungan antara $\ln k$ dengan lama penyimpanan. Ordo reaksi yang dipilih yaitu jika nilai R^2 (determinasi) semakin besar dan mendekati 1.

Jika ordo reaksi telah ditentukan, nilai k pada tiap-tiap suhu diterapkan dalam rumus Arrhenius, yaitu:

$$\ln k = \ln k_0 - E/RT$$

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

$$\ln k = A - B (1/T)$$

keterangan:

k = konstanta penurunan mutu

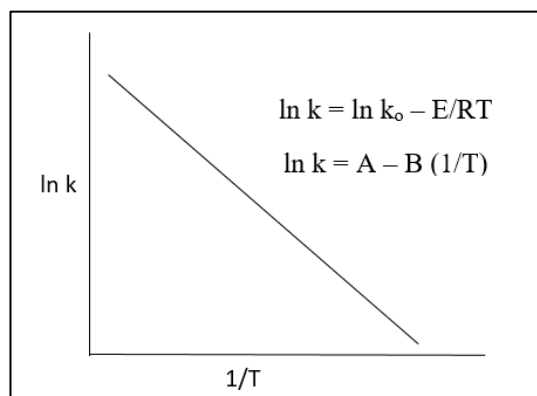
k_0 = konstanta (tidak bergantung pada suhu)

E = energi aktivasi

T = suhu mutlak ($^{\circ}\text{C} + 273$)

R = konstanta gas (1,986 kal/mol K)

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 k dan $1/T$ diplotkan dalam sebuah grafik, dengan demikian nilai E dapat diperoleh sebagai berikut :

$$-E/R = B$$

$$\ln k_0 = A$$

Dengan demikian, diketahui nilai $\ln k_0$, nilai $-Ea/R$, dan nilai k , maka dapat ditentukan umur simpan dari produk. Jika telah diketahui besarnya penurunan mutu

(k) tersebut, maka dihitung umur simpan digunakan persamaan Labuza (1982) dalam Syarief dan Halid (1993) sebagai berikut :

Persamaan kinetika untuk ordo 0 ($n = 0$):

$$ts = (a_t - a_0)/k$$

Persamaan kinetika untuk ordo 1 ($n = 1$):

$$ts = \frac{\ln(a_t/a_0)}{k}$$

keterangan:

a_0 = atribut mutu awal

a_t = atribut mutu akhir

ts = waktu kedaluwarsa

3.2.4. Rancangan Respon

Rancangan respon yang dilakukan pada penelitian produk rempeyek kacang tanah adalah respon kimia. Respon kimia yang dilakukan pada produk rempeyek kacang tanah ini adalah penentuan kadar air (AOAC, 2005) dan kadar asam lemak bebas (FFA) metode titrimetri.

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Prosedur Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan terdiri dari satu tahap yaitu penentuan batas titik kritis.

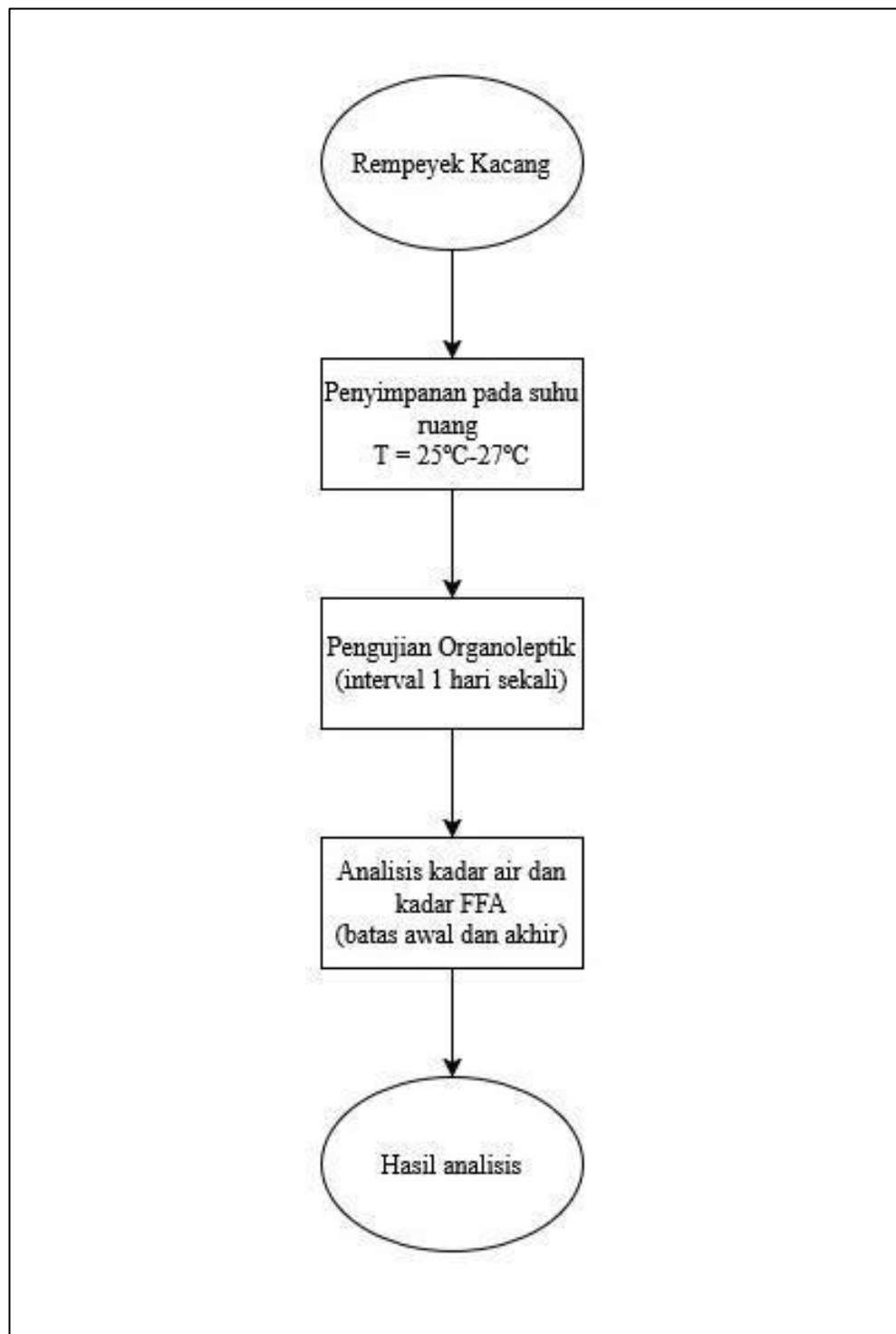
1. Penyimpanan

Rempeyek kacang dilakukan penyimpanan pada suhu ruang yaitu $25^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$ tanpa kemasan.

2. Pengamatan

Rempeyek kacang dilakukan analisis kadar air metode gravimetri (AOAC, 2005), kadar FFA metode titrimetri, serta pengujian organoleptik dengan rentan waktu 1 hari hingga terjadi $>50\%$ penolakan dari panelis.

3.3.2. Diagram Alir Penelitian Pendahuluan



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian Pendahuluan

3.3.3. Prosedur Penelitian Utama

1. Pengemasan

Produk rempeyek kacang dilakukan pengemasan dengan 2 jenis kemasan plastik yang berbeda yaitu plastik PP dan plastik LDPE.

2. Penyimpanan

Produk rempeyek kacang yang telah dikemas kemudian dilakukan penyimpanan pada suhu 25°C, 35°C, dan 45°C selama 20 hari.

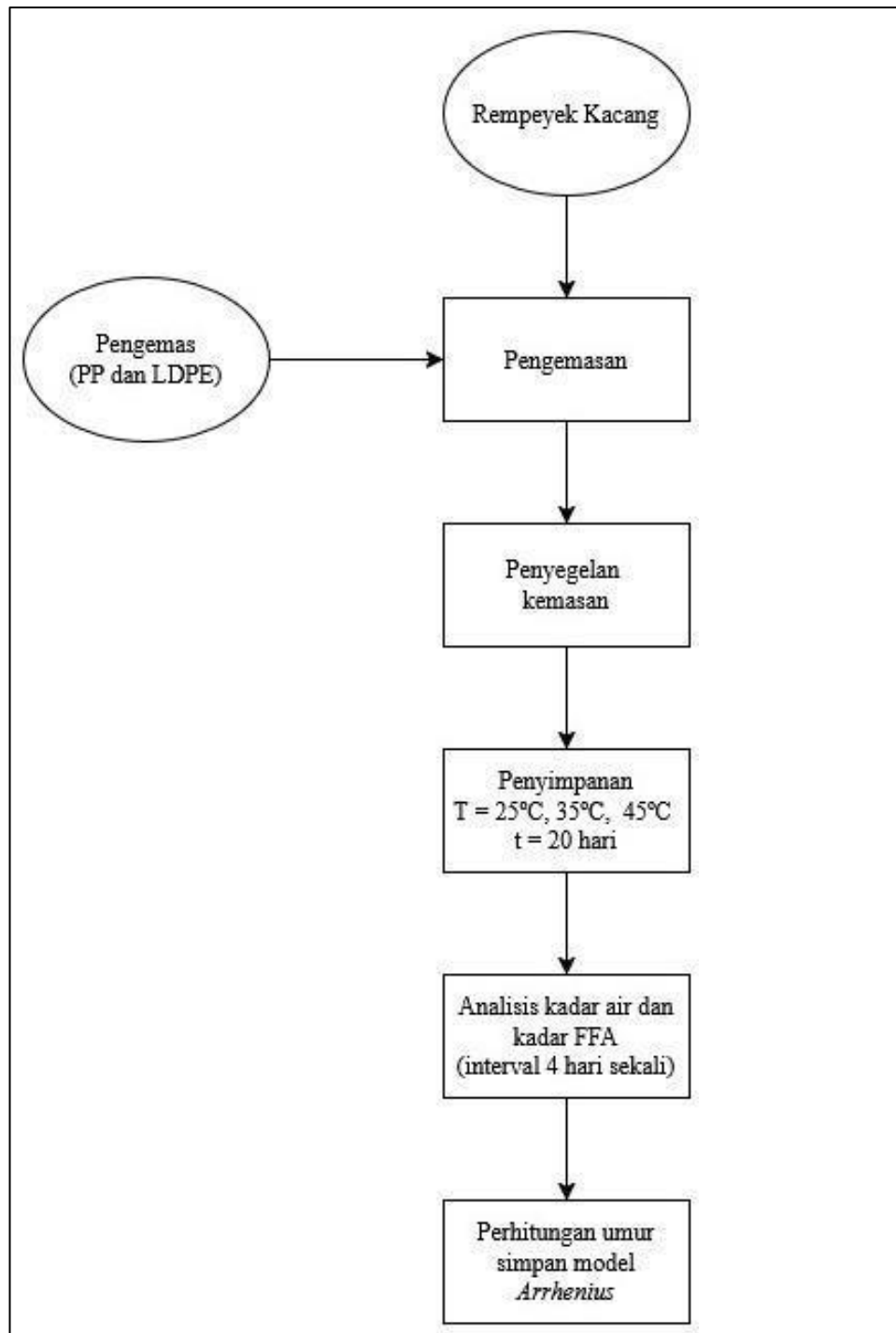
3. Analisis Produk

Produk rempeyek kacang dilakukan analisis dengan pengamatan 4 hari sekali dengan parameter yang diuji yaitu kadar air dan kadar FFA.

4. Perhitungan

Produk yang telah dianalisis kemudian dilakukan perhitungan pendugaan umur simpan dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) model *Arrhenius* yang bertujuan untuk mengetahui lamanya umur simpan pada produk rempeyek kacang.

3.3.4. Diagram Alir Penelitian Utama



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian Utama

IV. PEMBAHASAN

Bab ini akan menguraikan mengenai: (4.1) Hasil Penelitian Pendahuluan dan (4.2) Hasil Penelitian Utama.

4.1. Hasil Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan bertujuan untuk mendapatkan batas kritis kadar air dan kadar FFA produk rempeyek kacang yang telah terpilih. Pengujian ini dilakukan dengan penyimpanan rempeyek kacang tanpa kemasan pada suhu ruang (25°C), dilanjutkan dengan analisis kadar air dan kadar FFA di hari ke-0 serta analisis organoleptik setiap 1 hari sekali hingga mendapatkan 50% penolakan dari panelis. Parameter yang diuji pada analisis organoleptik adalah tekstur dan aroma. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Presentase Penolakan Panelis Terhadap Hasil Analisis Organoleptik Rempeyek Kacang

Sampel	Waktu Penyimpanan	Atribut	
		Tekstur	Aroma
Rempeyek Kacang	0	0%	0%
	1	16%	8%
	2	28%	20%
	3	36%	32%
	4	52%	44%
	5	64%	52%

Berdasarkan hasil analisis organoleptik, pengujian pada hari ke-0 sampai hari ke-4 menunjukkan seluruh parameter masih dapat diterima oleh seluruh panelis. Kemudian pada hari ke-5, untuk parameter tekstur dan aroma telah mendapatkan penolakan oleh panelis >50%. Seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan, mutu produk cenderung menurun. Hal ini ditunjukkan oleh tekstur yang semakin kurang renyah dan aroma yang berubah menjadi tengik. Perubahan tekstur dan aroma merupakan dua indikator penurunan mutu yang saling berkaitan.

Parameter tekstur sangat berkaitan dengan kadar air produk. Menurut Muchtar *et al.* (2023), tekstur yang renyah terbentuk karena pada saat penggorengan terjadi penguapan air dari dalam adonan, sehingga minyak mengisi pori-pori yang sebelumnya ditempati oleh air. Ketika suhu bahan menurun, tekanan uap juga berkurang. Pori-pori yang terbentuk tidak hanya menyerap minyak, tetapi juga dapat menyerap kelembapan dari udara atau air yang masih tersisa di dalam bahan. Penyerapan air ini secara langsung mengurangi kerenyahan produk dan menyebabkan tekstur menjadi lembek atau tidak renyah.

Penolakan oleh panelis terhadap aroma disebabkan oleh munculnya aroma yang tidak diinginkan (*off-flavour*) yang dapat mempengaruhi cita rasa dan menurunkan kualitas produk secara keseluruhan. Menurut Karyadi (1999), kondisi ini sering terjadi akibat ketengikan yang disebabkan oleh reaksi hidrolisis atau oksidasi pada lemak yang terkandung dalam produk.

Adanya penolakan >50% di hari ke-5, sehingga dilakukan pengujian parameter kritis kadar air dan kadar FFA dan digunakan sebagai titik kritis dalam perhitungan umur simpan. Data hasil pengujian parameter kritis kadar air dan kadar FFA dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Parameter Kritis

Parameter mutu	Hari ke-0 (%)	Hari ke-5 (%)
Kadar Air	1,897	7,026
Kadar FFA	0,308	0,636

Berdasarkan pada tabel 7, parameter kritis kadar air pada hari ke-0 diperoleh sebesar 1,897% serta kadar FFA sebesar 0,308%, sedangkan pada hari ke-5 diperoleh hasil kadar air sebesar 7,026% dan kadar FFA sebesar 0,636%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan menyebabkan semakin meningkatnya kadar air dan kadar asam lemak bebas pada produk.

Berdasarkan standar mutu rempeyek kacang yang tercantum pada PerBPOM No. 34 Tahun 2019 tentang kategori pangan menyatakan bahwa standar maksimum kadar air pada rempeyek tidak lebih dari 4%, sehingga kadar air pada hari ke-0 memenuhi standar dan pada hari ke-5 menunjukkan bahwa produk sudah tidak memenuhi standar. Sedangkan untuk parameter FFA, belum tersedia standar mutu yang mengatur kadar FFA pada rempeyek kacang.

Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan nilai 0,636% sebagai batas kritis FFA berdasarkan hasil pengujian yang menunjukkan bahwa pada nilai tersebut rempeyek mulai mengalami penolakan. Nilai ini selanjutnya digunakan sebagai acuan utama dalam menentukan umur simpan rempeyek kacang. Adapun standar FFA pada produk sejenis, seperti kerupuk yaitu sebesar 0,7% dan juga pada keripik sebesar 0,5%, digunakan sebagai pembanding untuk memberikan gambaran mengenai tingkat FFA pada rempeyek selama penyimpanan.

4.2. Hasil Penelitian Utama

Pendugaan umur simpan produk rempeyek kacang yang dikemas dalam kemasan PP dan LDPE merupakan aktivitas yang dilakukan pada penelitian utama. Penyimpanan dilakukan dalam inkubator yang memiliki suhu berbeda yaitu 25 °C, 35 °C, dan 45 °C dan disimpan selama 20 hari dengan pengamatan tiap 4 hari sekali. Pengamatan yang dilakukan berupa analisis kadar air dan kadar FFA.

4.2.1. Kadar Air

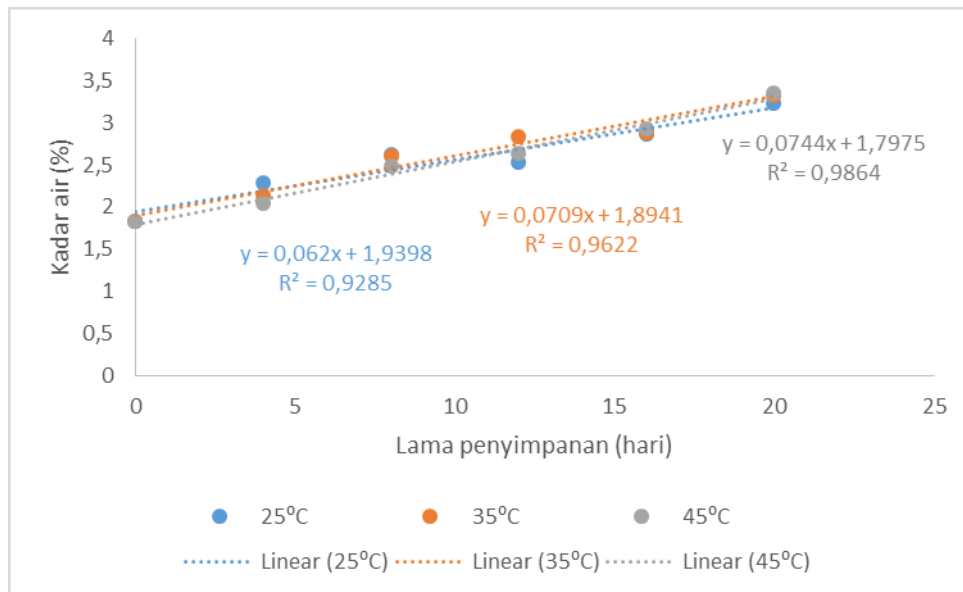
Berikut hasil pengamatan kadar air pada produk rempeyek kacang yang dikemas menggunakan kemasan PP dan LDPE, dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil analisis Kadar Air Rempeyek Kacang

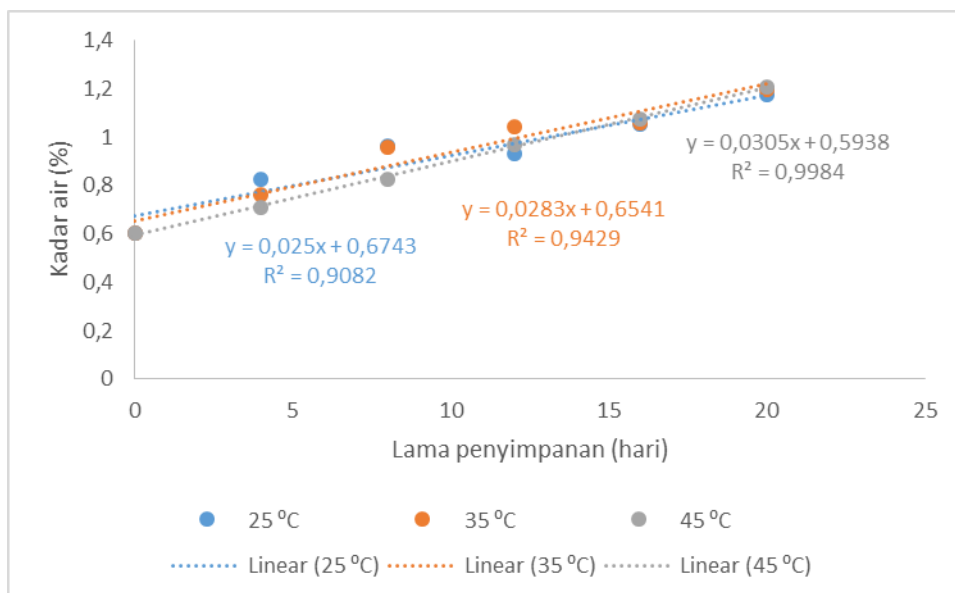
Jenis Kemasan	Lama Penyimpanan	Kadar Air (%)					
		ordo 0			ordo 1		
		25	35	45	25	35	45
PP	0	1,828	1,828	1,828	0,603	0,603	0,603
	4	2,284	2,141	2,038	0,826	0,761	0,711
	8	2,615	2,604	2,477	0,961	0,957	0,824
	12	2,535	2,838	2,632	0,93	1,043	0,968
	16	2,866	2,886	2,932	1,053	1,06	1,076
	20	3,231	3,318	3,345	1,173	1,199	1,208
LDPE	0	1,828	1,828	1,828	0,603	0,603	0,603
	4	2,329	2,199	2,047	0,845	0,788	0,716
	8	2,583	2,606	2,443	0,949	0,958	0,893
	12	2,572	2,671	2,750	0,945	0,982	1,012
	16	3,033	2,877	3,151	1,110	1,057	1,148
	20	3,297	3,363	3,347	1,193	1,213	1,208

Hasil pengujian kadar air pada tabel 8 menunjukkan bahwa kadar air rempeyek kacang selama penyimpanan di suhu 25 °C, 35 °C, dan 45 °C, baik kemasan PP maupun LDPE, mengalami kenaikan. Peningkatan kadar air dapat terjadi akibat suhu dan kelembaban selama penyimpanan (Astuti et al., 2023). Berdasarkan standar mutu yang tercantum pada PerBPOM No. 34 Tahun 2019 yaitu kadar air pada rempeyek kacang tidak lebih dari 4%. Maka, dapat diketahui bahwa kadar air rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan PP dan LDPE pada suhu 25 °C, 35 °C, dan 45 °C selama penyimpanan masih aman untuk dikonsumsi.

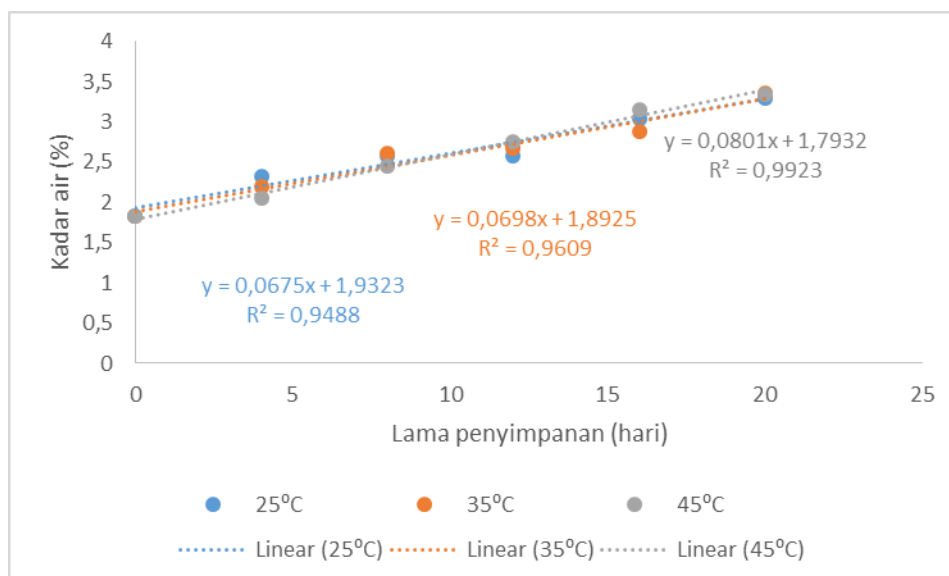
Data analisis pada tabel 8 kemudian diplotkan pada grafik persamaan linier dengan hasil analisis sebagai sumbu y dan lama penyimpanan sebagai sumbu x, sehingga mendapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) serta mendapat ordo yang sesuai.



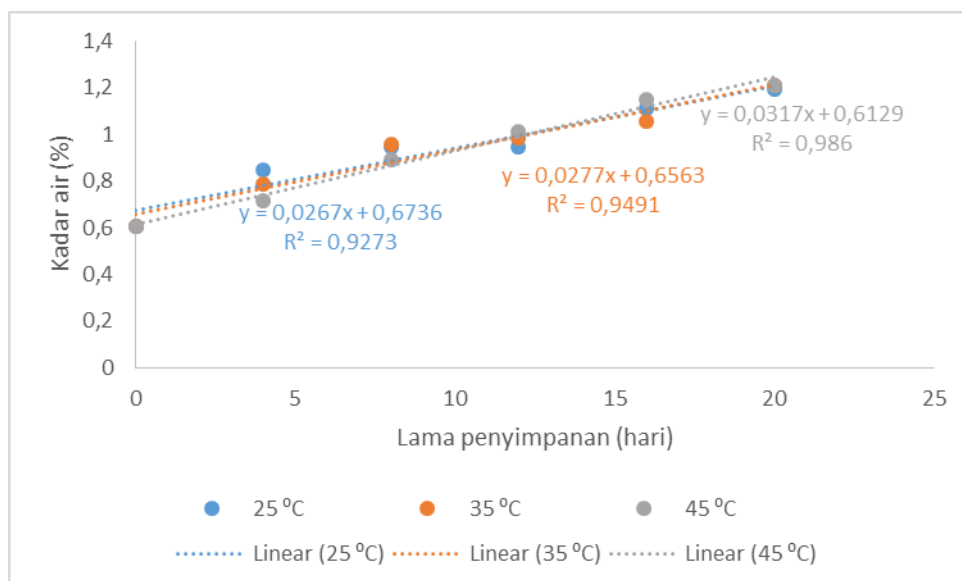
Gambar 8. Grafik perubahan kadar air rempeyek kacang ordo 0 kemasan PP selama penyimpanan



Gambar 9. Grafik perubahan kadar air rempeyek kacang ordo 1 kemasan PP selama penyimpanan



Gambar 10. Grafik perubahan kadar air rempeyek kacang ordo 0 kemasan LDPE selama penyimpanan



Gambar 11. Grafik perubahan kadar air rempeyek kacang ordo 1 kemasan LDPE selama penyimpanan

Berdasarkan grafik di atas, diperoleh persamaan regresi linier untuk masing-masing ordo. Selanjutnya, nilai koefisien determinasi (R^2) dari setiap persamaan dihitung untuk menentukan ordo reaksi yang paling sesuai. Ordo reaksi ditetapkan

berdasarkan nilai (R^2) yang paling besar atau yang mendekati nilai 1. Persamaan regresinya disajikan pada tabel 9.

Tabel 9. Persamaan Regresi Linier Parameter Kadar Air

Jenis Kemasan	Suhu	Persamaan Regresi		Nilai R^2		Ordo Terpilih
		Ordo 0	Ordo 1 (ln)	Ordo 0	Ordo 1 (ln)	
PP	25 °C	$Y = 0,062x + 1,9398$	$Y = 0,025x + 0,6743$	0,9285	0,9082	Ordo 0
	35 °C	$Y = 0,0708x + 1,894$	$Y = 0,0283x + 0,6541$	0,9623	0,9429	
	45 °C	$Y = 0,0744x + 1,7975$	$Y = 0,0305x + 0,5938$	0,9864	0,9984	
LDPE	25 °C	$Y = 0,0675x + 1,9323$	$Y = 0,0267x + 0,6736$	0,9488	0,9273	Ordo 0
	35 °C	$Y = 0,0698x + 1,8925$	$Y = 0,0277x + 0,6563$	0,9609	0,9491	
	45 °C	$Y = 0,0801x + 1,7932$	$Y = 0,0317x + 0,6129$	0,9923	0,986	

Berdasarkan pada persamaan regresi pada tabel 9, nilai koefisien determinasi (R^2) pada ordo 0 lebih besar dibandingkan ordo 1 pada semua suhu, sehingga perhitungan selanjutnya menggunakan ordo 0. Hal ini menunjukkan bahwa model Orde 0 lebih akurat dalam memprediksi perubahan kadar air rempeyek kacang, sehingga dipilih sebagai model yang paling sesuai untuk menggambarkan perubahan kadar air pada berbagai suhu penyimpanan.

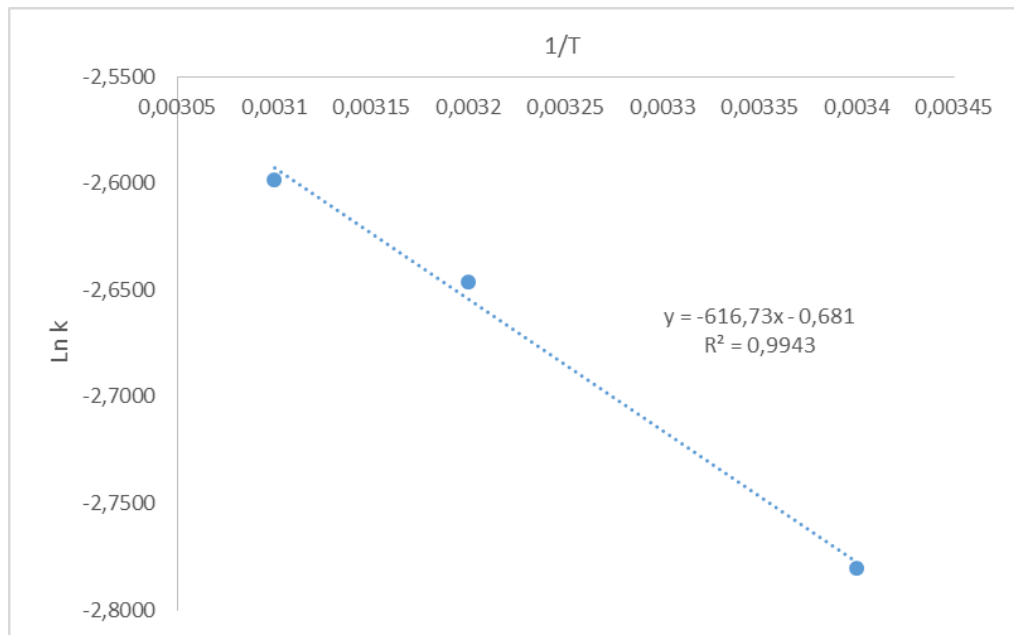
Dari persamaan regresi pada tabel 9, diperoleh nilai k dari masing-masing persamaan regresi ordo. Selanjutnya, nilai k tersebut digunakan untuk menyusun

grafik hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$, dengan $1/T$ sebagai sumbu x dan $\ln k$ sebagai sumbu y. Hubungan ini digunakan untuk menggambarkan pengaruh suhu terhadap konstanta laju reaksi serta sebagai dasar dalam analisis kinetika reaksi. Data $1/T$ dan $\ln k$ selengkapnya disajikan pada tabel 10.

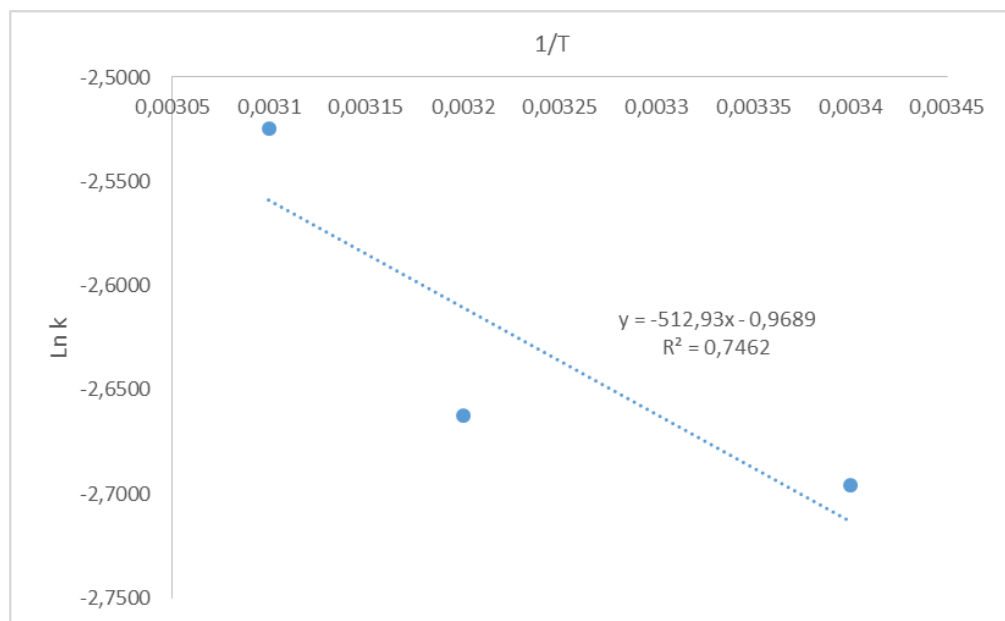
Tabel 10. Nilai $1/T$ dan $\ln k$ Kadar Air

Jenis Kemasan	Suhu (°C)	Suhu (K)	R ²	b=k	1/T (K)	Ln k
PP	25	298	0,9285	0,062	0,0034	-2,7806
	35	308	0,9623	0,0708	0,0032	-2,6479
	45	318	0,9864	0,0744	0,0031	-2,5983
LDPE	25	298	0,9488	0,0675	0,0034	-2,6956
	35	308	0,9609	0,0698	0,0032	-2,6621
	45	318	0,9923	0,0801	0,0031	-2,5245

Berdasarkan hasil analisis di atas, diketahui bahwa nilai *slope* atau nilai b pada parameter persen kadar air di ketiga suhu menunjukkan nilai positif. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyimpanan (x), maka persen kadar air (y) cenderung meningkat. Nilai $\ln k$ kemudian diplotkan ke dalam grafik. Berikut merupakan grafik hubungan $1/T$ dan $\ln k$ pada kemasan yang berbeda:



Gambar 12. Grafik hubungan $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan kadar air pada kemasan PP



Gambar 13. Grafik hubungan $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan kadar air pada kemasan LDPE

Berdasarkan hasil dari grafik hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$, diperoleh persamaan regresi linier yang digunakan untuk menghitung besarnya energi aktivasi. Pada

penelitian ini juga diperoleh persamaan konstanta penurunan mutu yaitu $\ln k = -615,72x - 0,6848$ untuk kemasan PP, dan $\ln k = -512,93x - 0,9689$ untuk kadar air pada kemasan LDPE. Nilai *slope* atau *b* yang bernilai negatif menunjukkan bahwa adanya penurunan $\ln k$ pada kadar air oleh kenaikan suhu $1/T$.

Menurut Khamidah (2010) dalam Ruhaeni et al. (2025), nilai energi aktivasi adalah energi yang diperlukan untuk mendegradasi suatu produk, yang dapat dihitung dengan persamaan Arrhenius. Nilai energi aktivasi (E_a) dapat dihitung dengan rumus $-E_a/R = b$, dengan R sebagai konstanta gas sebesar 1,986 kal/mol.

Hubungan antara energi aktivasi dan reaksi kerusakan adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi energi aktivasi, reaksi kerusakan semakin lambat karena energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya reaksi semakin besar (Labuza, 1982 dalam Hanifah 2016). Dari hasil perhitungan diperoleh energi aktivasi (E_a) rempeyek kacang yang disimpan pada kemasan PP dan kemasan LDPE yaitu 1244,686 kal/mol K 1018,679 kal/mol K.

Nilai k kemudian diplotkan ke dalam persamaan umur simpan ordo 0 untuk menentukan umur simpan rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan plastik berbeda berdasarkan parameter kadar air. Nilai energi aktivasi (E_a) dan nilai k disajikan pada tabel 11.

Tabel 11. Nilai E_a dan nilai k rempeyek kacang berdasarkan parameter kadar air

Jenis Kemasan	Suhu (°C)	E_a (kal/mol K)	k
PP	25 °C	1244,686	0,06411
	35 °C		0,06864
	45 °C		0,07318
LDPE	25 °C	1018,679	0,06801
	35 °C		0,07192
	45 °C		0,07578

Dari hasil perhitungan konstanta laju penurunan mutu rempeyek kacang kemasan PP berdasarkan kadar air pada suhu 25 °C adalah 0,06411/ hari, suhu 35 °C adalah 0,06864/ hari, suhu 45 °C adalah 0,07318/ hari, serta pada kemasan LDPE laju penurunan mutunya pada suhu 25 °C adalah 0,06801/ hari, suhu 35 °C adalah 0,07192/ hari, suhu 45 °C adalah 0,07578/ hari. Laju penurunan mutu atau nilai k meningkat seiring dengan kenaikan suhu penyimpanan. Hal ini yang berpengaruh terhadap pendugaan umur simpan produk. Semakin tinggi laju penurunan mutu, semakin pendek umur simpan rempeyek kacang.

Laju penurunan mutu rempeyek kacang juga dipengaruhi dengan penggunaan jenis kemasan, karena setiap kemasan memiliki permeabilitas berbeda. Menurut Muallimin et al. (2025), kemampuan permeabilitas setiap kemasan berbeda dan berpengaruh terhadap laju transmisi uap air. Semakin rendah laju transmisi uap air suatu kemasan, uap air yang dapat menembus kemasan semakin sedikit. Kemasan LDPE memiliki penurunan mutu lebih besar dibandingkan dengan kemasan PP.

Dari hasil perhitungan pada tabel 11, maka dapat dihitung umur simpan rempeyek kacang dengan rumus persamaan kinetika untuk ordo 0. Batas kritis kadar air (a_0) pada rumus tersebut menurut PerkaBPOM tahun 2019 adalah 4%, sehingga umur simpan rempeyek kacang pada kemasan plastik yang berbeda dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Umur simpan rempeyek kacang berdasarkan parameter kadar air

Jenis Kemasan	Suhu (°C)	Umur Simpan (Hari)
PP	25 °C	33,878
	35 °C	31,642
	45 °C	29,681
LDPE	25 °C	31,935
	35 °C	30,202
	45 °C	28,664

Berdasarkan hasil pengamatan, kadar air pada rempeyek kacang mengalami peningkatan selama proses penyimpanan, ditandai dengan nilai *b* atau nilai *k* yang mengalami peningkatan seiring dengan naiknya suhu penyimpanan. Hal ini yang berpengaruh terhadap pendugaan umur simpan produk. Semakin tinggi laju penurunan mutu, semakin pendek umur simpan rempeyek kacang.

Terdapat enam faktor utama yang menyebabkan penurunan kualitas atau kerusakan produk pangan, yaitu oksigen, uap air, cahaya, mikroorganisme, kompresi atau bantingan, serta bahan kimia toksik atau *off-flavor*. Faktor-faktor tersebut juga dapat menyebabkan penurunan mutu lebih lanjut seperti oksidasi lipida, kerusakan vitamin dan protein, perubahan bau, reaksi pencoklatan, serta perubahan unsur organoleptik (Floros, 1993 dalam Herawati, 2008).

Titik kritis merupakan parameter batas yang memisahkan antara kriteria penerimaan dan penolakan oleh panelis terhadap mutu suatu bahan pangan. Faktor-faktor yang menyebabkan perubahan pada produk pangan dapat menjadi dasar dalam menentukan titik kritis umur simpan. Titik kritis ditentukan berdasarkan faktor utama yang sangat sensitif dan dapat menimbulkan perubahan mutu produk selama distribusi, penyimpanan, hingga siap dikonsumsi (Floros dan Gnanasekharan, 1993 dalam Ninsix et al., 2018). Pada perhitungan umur simpan rempeyek kacang dengan parameter kadar air, batas kritis atau batas maksimum yang digunakan mengacu pada PerkaBPOM tahun 2019.

Setelah didapatkan nilai laju penurunan mutu, maka dapat dihitung umur simpan rempeyek kacang pada masing-masing suhu. Pada suhu 25 °C, baik kemasan PP maupun LDPE, rempeyek kacang memiliki umur simpan yang lebih lama dibandingkan dengan suhu 35 °C dan 45 °C, yaitu 33,878 hari dan 31,935 hari. Penyimpanan pada suhu yang lebih tinggi, yaitu 35°C dan 45°C, umur simpan rempeyek kacang mengalami penurunan menjadi 31,642 hari dan 29,681 hari untuk kemasan PP, serta 30,202 hari dan 28,664 hari pada kemasan LDPE.

Kandungan air dalam bahan pangan sangat mempengaruhi mutu dan umur simpannya. Semakin besar kandungan air dalam bahan pangan, semakin pendek umur simpannya (Pertiwi et al., 2024). Kadar air merupakan suatu komponen penting dalam bahan pangan, terutama untuk produk kering. Kadar air berpengaruh signifikan terhadap kenampakan, tekstur, serta cita rasa bahan pangan. Penetapan kadar air dalam suatu produk pangan menjadi hal yang krusial, sebab peningkatan kadar air berimplikasi pada penurunan daya tahan produk makanan tersebut. Kadar air pula turut menentukan tingkat penerimaan konsumen serta daya tahan bahan pangan (Winarno, 1997).

Kadar air pada rempeyek kacang yang dikemas dalam kemasan PP dan LDPE cenderung meningkat selama penyimpanan pada suhu 25 °C, 35 °C, dan 45 °C. Peningkatan kadar air ini juga dipengaruhi oleh jenis produk. Menurut Ninsix, R. (2024), produk pangan kering bersifat higroskopis karena memiliki pori-pori yang cukup banyak, sehingga dapat mudah menyerap air. Hal tersebut menyebabkan adanya transfer uap air pada produk tersebut selama penyimpanan.

Peningkatan kadar air sangat bergantung pada suhu penyimpanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka semakin meningkat kadar air pada produk. Selain dipengaruhi oleh suhu, meningkatnya kadar air juga dipengaruhi oleh jenis kemasan yang digunakan, karena setiap kemasan memiliki permeabilitas yang berbeda. Menurut Halim (1998) dalam Panjaitan (2017), Sifat permeabilitas bahan kemasan menentukan kemampuan bahan untuk menahan komponen tertentu yang masuk maupun keluar.

Hasil analisis kadar air pada penelitian ini menunjukkan bahwa pada suhu 25 °C kadar air pada kemasan PP lebih rendah dibandingkan rempeyek kacang yang disimpan dalam kemasan LDPE. Penelitian Hardiyanto *et al.* (2022) tentang pengaruh kemasan terhadap kadar air keripik jamur yang disimpan menggunakan PP lebih rendah dibandingkan kemasan LDPE. Hal ini sejalan dengan Pakpahan et al. (2020) yang menyatakan bahwa permeabilitas kemasan plastik jenis PP lebih

rendah dibandingkan dengan jenis plastik LDPE sehingga dapat menekan laju keluar masuknya uap air.

4.2.2. Kadar FFA

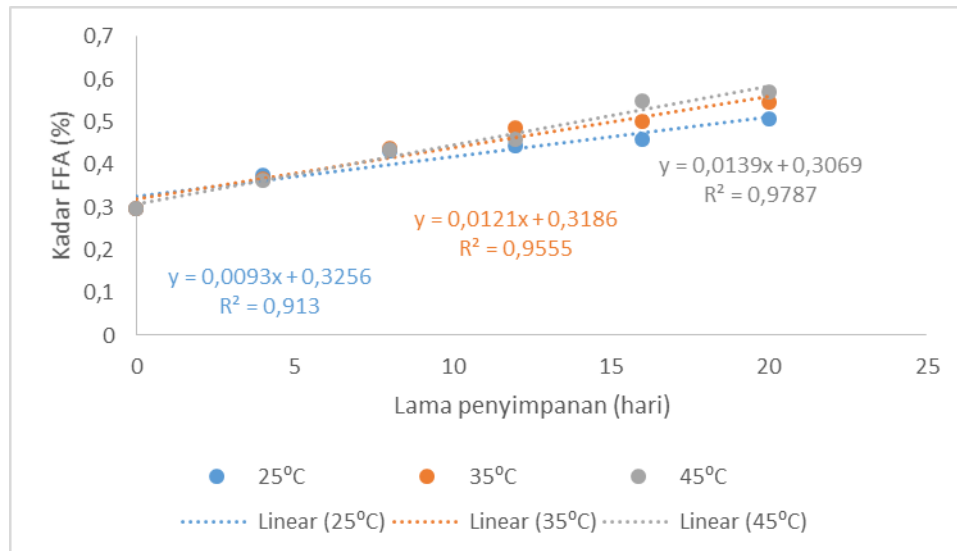
Berikut hasil pengamatan kadar FFA pada produk rempeyek kacang yang dikemas menggunakan kemasan PP dan LDPE, dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Hasil Analisis %Kadar FFA Rempeyek Kacang

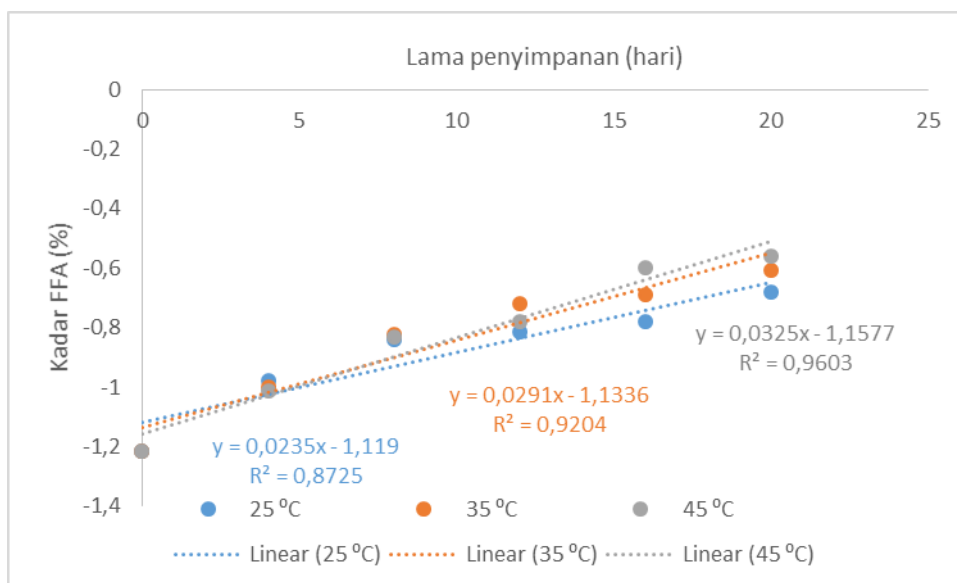
Jenis Kemasan	Lama Penyimpanan	% Kadar FFA					
		ordo 0			ordo 1		
		25	35	45	25	35	45
PP	0	0,297	0,297	0,297	-1,214	-1,214	-1,214
	4	0,376	0,367	0,364	-0,978	-1,002	-1,011
	8	0,432	0,439	0,435	-0,839	-0,823	-0,832
	12	0,443	0,487	0,459	-0,814	-0,719	-0,779
	16	0,459	0,502	0,548	-0,779	-0,689	-0,601
	20	0,506	0,545	0,570	-0,681	-0,607	-0,562
LDPE	0	0,297	0,297	0,297	-1,214	-1,214	-1,214
	4	0,431	0,432	0,436	-0,842	-0,839	-0,830
	8	0,444	0,478	0,497	-0,812	-0,738	-0,699
	12	0,475	0,499	0,511	-0,744	-0,695	-0,671
	16	0,509	0,546	0,568	-0,675	-0,605	-0,566
	20	0,562	0,617	0,629	-0,576	-0,483	-0,464

Hasil pengujian kadar FFA pada tabel 13 menunjukkan bahwa kadar FFA rempeyek kacang selama penyimpanan di suhu 25 °C, 35 °C, dan 45 °C, baik kemasan PP maupun LDPE, mengalami kenaikan. Kadar FFA tertinggi terdapat pada rempeyek kacang yang disimpan di suhu 45 °C.

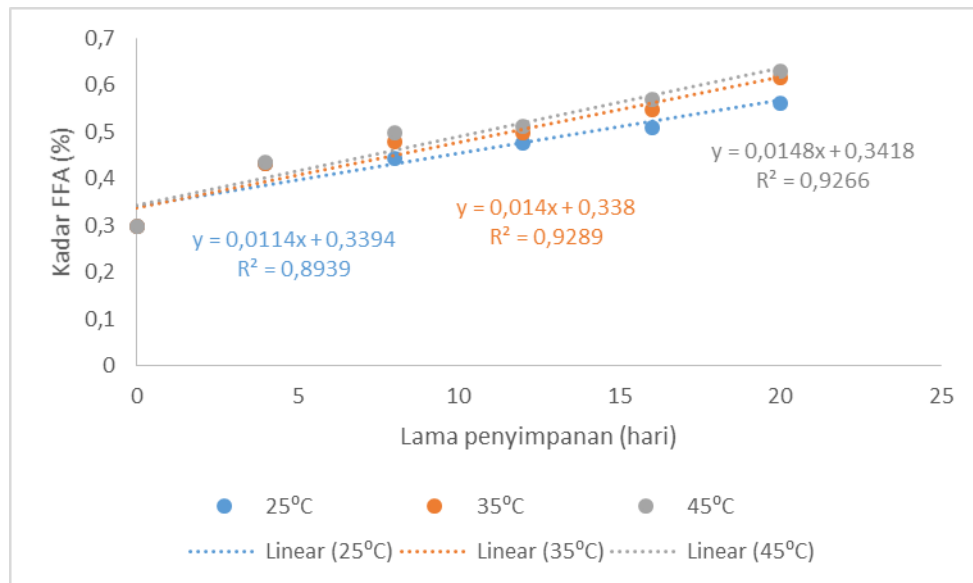
Data analisis tersebut kemudian diplotkan pada grafik persamaan linier dengan hasil analisis sebagai sumbu y dan lama penyimpanan sebagai sumbu x, sehingga mendapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) serta mendapat ordo yang sesuai.



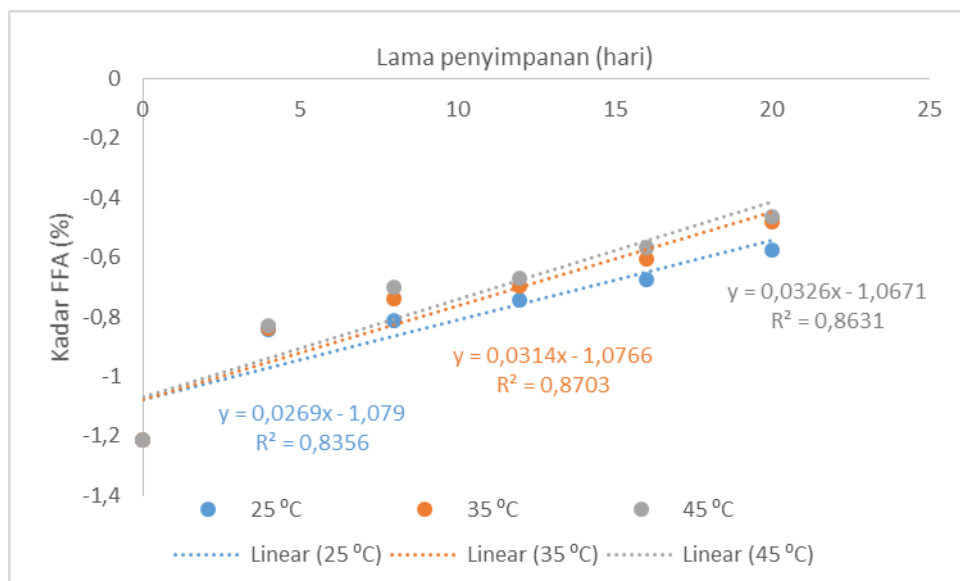
Gambar 14. Grafik perubahan kadar FFA rempeyek kacang ordo 0 kemasan PP selama penyimpanan



Gambar 15. Grafik perubahan kadar FFA rempeyek kacang ordo 1 kemasan PP selama penyimpanan



Gambar 16. Grafik perubahan kadar FFA rempeyek kacang ordo 0 kemasan LDPE selama penyimpanan



Gambar 17. Grafik perubahan kadar FFA rempeyek kacang ordo 1 kemasan LDPE selama penyimpanan

Berdasarkan grafik di atas, diperoleh persamaan regresi linier untuk masing-masing ordo. Selanjutnya, nilai koefisien determinasi (R^2) dari setiap persamaan dihitung untuk menentukan ordo reaksi yang paling sesuai. Ordo reaksi ditetapkan

berdasarkan nilai (R^2) yang paling besar atau yang mendekati nilai 1. Persamaan regresinya disajikan pada tabel 14.

Tabel 14. Persamaan Regresi Linier Parameter Kadar FFA

Jenis Kemasan	Suhu	Persamaan Regresi		Nilai R^2		Ordo Terpilih
		Ordo 0	Ordo 1 (ln)	Ordo 0	Ordo 1 (ln)	
PP	25 °C	$Y = 0,0093x + 0,3256$	$Y = 0,0235x - 1,119$	0,9130	0,8725	Ordo 0
	35 °C	$Y = 0,0121x + 0,3186$	$Y = 0,0291x - 1,1339$	0,9555	0,9204	
	45 °C	$Y = 0,0139x + 0,3069$	$Y = 0,0325x - 1,1577$	0,9787	0,9603	
LDPE	25 °C	$Y = 0,0114x + 0,3394$	$Y = 0,0269x - 1,0790$	0,8939	0,8356	Ordo 0
	35 °C	$Y = 0,0140x + 0,3380$	$Y = 0,0314x - 1,0766$	0,9289	0,8703	
	45 °C	$Y = 0,0148x + 0,3418$	$Y = 0,0326x - 1,0671$	0,9266	0,8631	

Nilai koefisien determinasi (R^2) pada ordo 0 lebih besar dibandingkan ordo 1 pada semua suhu, sehingga perhitungan selanjutnya menggunakan ordo 0. Hal ini menunjukkan bahwa model Orde 0 lebih akurat dalam memprediksi perubahan kadar FFA rempeyek kacang, sehingga dipilih sebagai model yang paling sesuai untuk menggambarkan perubahan kadar air pada berbagai suhu penyimpanan.

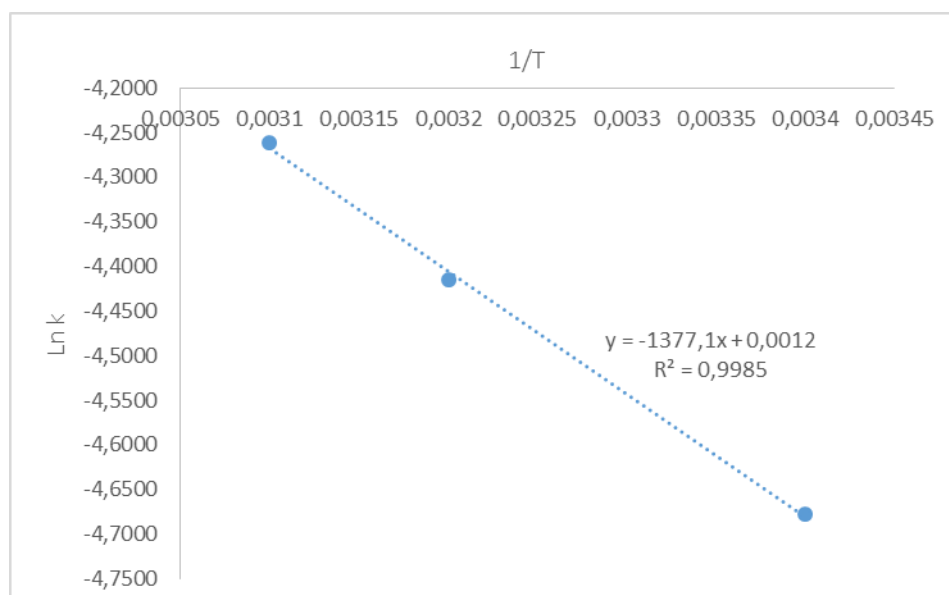
Berdasarkan persamaan linier pada Tabel 14, diperoleh nilai k dari masing-masing persamaan regresi ordo. Selanjutnya, nilai k tersebut digunakan untuk menyusun grafik hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$, dengan $1/T$ sebagai sumbu x dan $\ln k$ sebagai sumbu y. Hubungan ini digunakan untuk menggambarkan pengaruh suhu terhadap

konstanta laju reaksi serta sebagai dasar dalam analisis kinetika reaksi. Data $1/T$ dan $\ln k$ selengkapnya disajikan pada tabel 15.

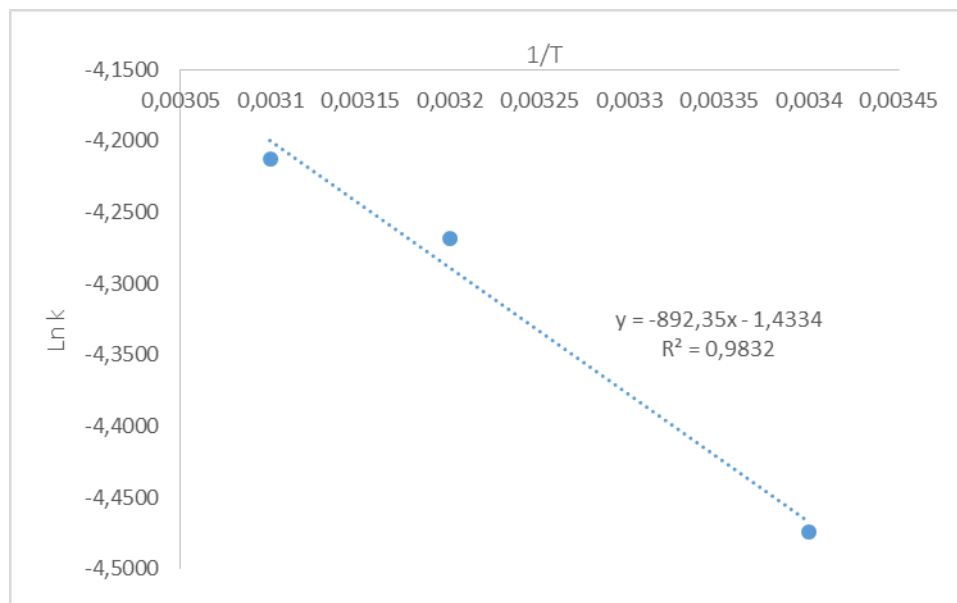
Tabel 15. Nilai $1/T$ dan $\ln k$ Kadar FFA

Jenis Kemasan	Suhu (°C)	Suhu (K)	R^2	$b=k$	$1/T$ (K)	$\ln k$
PP	25	298	0,9130	0,0093	0,0034	-4,6777
	35	308	0,9555	0,0121	0,0032	-4,4145
	45	318	0,9820	0,0141	0,0031	-4,2616
LDPE	25	298	0,8939	0,0114	0,0034	-4,4741
	35	308	0,9289	0,0140	0,0032	-4,2687
	45	318	0,9266	0,0148	0,0031	-4,2131

Berdasarkan hasil analisis di atas, diketahui bahwa nilai koefisien regresi atau nilai b pada parameter persen kadar FFA di ketiga suhu menunjukkan nilai positif. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyimpanan (x), maka persen kadar FFA (y) cenderung meningkat. Berikut merupakan grafik hubungan $1/T$ dan $\ln k$ pada kemasan yang berbeda:



Gambar 18. Grafik hubungan $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan kadar FFA pada kemasan PP



Gambar 19. Grafik hubungan $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan kadar FFA pada kemasan LDPE

Berdasarkan hasil dari grafik hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$, diperoleh persamaan regresi linier yang digunakan untuk menghitung besarnya energi aktivasi. Pada penelitian ini juga diperoleh persamaan konstanta penurunan mutu yaitu $\ln k = -1377,1x + 0,0012$ untuk kemasan PP, dan $\ln k = -892,35x - 1,4334$ untuk kadar air pada kemasan LDPE. Nilai *slope* atau b yang bernilai negatif menunjukkan bahwa adanya penurunan $\ln k$ pada kadar FFA oleh kenaikan suhu $1/T$.

Nilai energi aktivasi (E_a) dapat dihitung dengan rumus $-E_a/R = b$, dengan R sebagai konstanta gas sebesar 1,986 kal/mol. Hubungan antara energi aktivasi dan reaksi kerusakan adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi energi aktivasi, reaksi kerusakan semakin lambat karena energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya reaksi semakin besar (Labuza, 1982 dalam Hanifah 2016). Dari hasil perhitungan diperoleh energi aktivasi (E_a) rempeyek kacang yang disimpan pada kemasan PP dan kemasan LDPE yaitu 2734,92 kal/mol K 1772,21 kal/mol K.

Nilai k kemudian diplotkan ke dalam persamaan umur simpan ordo 0 untuk menentukan umur simpan rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan plastik

berbeda berdasarkan parameter kadar FFA. Nilai energi aktivasi (E_a), k , dan umur simpan disajikan pada tabel 16.

Tabel 16. Nilai E_a , k , dan umur simpan rempeyek kacang berdasarkan parameter kadar FFA

Jenis Kemasan	Suhu (°C)	E_a (kal/mol K)	k
PP	25 °C	2734,92	0,00985
	35 °C		0,01145
	45 °C		0,01318
LDPE	25 °C	1772,21	0,01194
	35 °C		0,01316
	45 °C		0,01441

Dari hasil perhitungan konstanta laju penurunan mutu rempeyek kacang kemasan PP berdasarkan kadar FFA pada suhu 25 °C adalah 0,00985/ hari, suhu 35 °C adalah 0,01145/ hari, suhu 45 °C adalah 0,01318/ hari, serta pada kemasan LDPE laju penurunan mutunya pada suhu 25 °C adalah 0,01194/ hari, suhu 35 °C adalah 0,01316/ hari, suhu 45 °C adalah 0,01441/ hari. Laju penurunan mutu atau nilai k meningkat seiring dengan kenaikan suhu penyimpanan. Hal ini yang berpengaruh terhadap pendugaan umur simpan produk. Semakin tinggi laju penurunan mutu, semakin pendek umur simpan rempeyek kacang.

Laju penurunan mutu rempeyek kacang juga dipengaruhi dengan penggunaan jenis kemasan, karena setiap kemasan memiliki permeabilitas berbeda. Menurut Mualimin et al. (2025), kemampuan permeabilitas setiap kemasan berbeda dan berpengaruh terhadap laju transmisi gas. Semakin rendah laju transmisi gas suatu kemasan, gas oksigen yang dapat menembus kemasan semakin sedikit. Kemasan LDPE memiliki penurunan mutu lebih besar dibandingkan dengan kemasan PP.

Dari hasil perhitungan pada tabel 16, maka dapat dihitung umur simpan rempeyek kacang dengan rumus persamaan kinetika untuk ordo 0. Batas kritis kadar air (a_0) pada rumus tersebut mengacu pada penolakan panelis pada uji organoleptik yaitu

0,636%, sehingga umur simpan rempeyek kacang pada kemasan plastik yang berbeda dapat dilihat pada tabel 17.

Tabel 17. Umur simpan rempeyek kacang berdasarkan parameter kadar FFA

Jenis Kemasan	Suhu (°C)	Umur Simpan (Hari)
PP	25 °C	34,405
	35 °C	29,611
	45 °C	25,727
LDPE	25 °C	28,392
	35 °C	25,761
	45 °C	23,518

Berdasarkan hasil pengamatan, kadar FFA pada rempeyek kacang mengalami peningkatan selama proses penyimpanan, ditandai dengan nilai b atau nilai k yang mengalami peningkatan seiring dengan naiknya suhu penyimpanan. Hal ini yang berpengaruh terhadap pendugaan umur simpan produk. Semakin tinggi laju penurunan mutu, semakin pendek umur simpan rempeyek kacang. Dengan demikian, penurunan mutu yang paling besar terjadi pada suhu 45 °C untuk masing-masing jenis kemasan. Akan tetapi, diantara kedua kemasan, kemasan LDPE memiliki penurunan mutu (nilai k) terbesar.

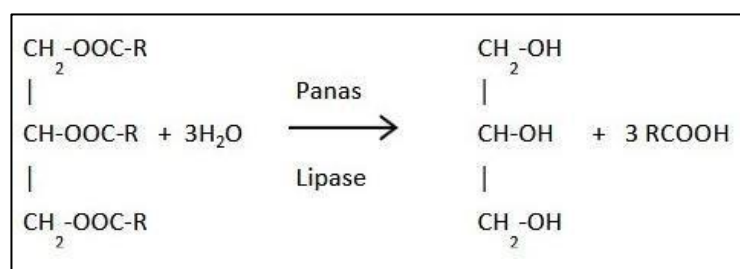
Setelah didapatkan nilai laju penurunan mutu, maka dapat dihitung umur simpan rempeyek kacang pada masing-masing suhu. Pada suhu 25 °C, baik kemasan PP maupun LDPE, rempeyek kacang memiliki umur simpan yang lebih lama dibandingkan dengan suhu 35 °C dan 45 °C, yaitu 34,405 hari dan 28,392 hari. Penyimpanan pada suhu yang lebih tinggi, yaitu 35°C dan 45°C, umur simpan rempeyek kacang mengalami penurunan menjadi 29,611 hari dan 25,727 hari untuk kemasan PP, serta 25,761 hari dan 23,518 hari pada kemasan LDPE.

Rempeyek kacang diproses melalui proses penggorengan secara *deep frying*, sehingga kandungan minyak pada rempeyek menjadi tinggi. Tingginya kandungan minyak tersebut merupakan salah satu faktor penentu kualitas rempeyek kacang.

Hal ini disebabkan oleh sifat lemak yang mudah rusak sehingga berpotensi menurunkan mutu produk selama penyimpanan. Kerusakan lemak utamanya akan diawali dengan terjadinya reaksi hidrolisis yang kemudian akan menghasilkan asam lemak bebas.

Asam lemak bebas (*free fatty acid*) merupakan parameter penentu mutu penting dalam produk pangan berlemak, yang terbentuk akibat proses pemecahan lemak selama penyimpanan, pemanasan, atau pengolahan (Untari et al., 2020). Peningkatan asam lemak bebas pada rempeyek kacang selama penyimpanan terjadi akibat proses hidrolisis lemak. Adanya air dalam bahan pangan dapat memicu reaksi hidrolisis yang menyebabkan ikatan ester pada trigliserida terputus, sehingga menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol (Hanidah et al., 2021). Setelah terjadi hidrolisis, akan terbentuk asam lemak bebas yang lebih mudah bereaksi dengan oksigen. Ketika bereaksi dengan oksigen, akan terbentuk radikal bebas dan senyawa hasil oksidasi yang menyebabkan ketengikan. Reaksi ini dipercepat oleh suhu penyimpanan yang tinggi dan keberadaan oksigen (Moody et al., 2024).

Suhu penyimpanan merupakan salah satu faktor yang berperan dalam proses kerusakan lemak. Semakin tinggi suhu yang digunakan selama penyimpanan, semakin cepat reaksi hidrolisis berlangsung. Akibatnya, kadar asam lemak bebas akan terus meningkat seiring dengan lamanya penyimpanan produk rempeyek kacang (Anggo et al., 2017). Hal ini selaras pada data kenaikan kadar FFA yang terjadi peningkatan terbesar pada suhu penyimpanan 45 °C.



Gambar 20. Reaksi Hidrolisis Lemak
(Sumber: Mamuaja, 2017)

Hasil hidrolisis lemak dalam bahan pangan tidak hanya menyebabkan bau yang tidak enak, tetapi juga dapat menurunkan nilai gizi karena terjadinya kerusakan vitamin larut lemak dan asam lemak esensial yang terdapat dalam lemak (ketaren, 2005). Jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak dapat menunjukkan kualitas minyak, dimana semakin tinggi nilai asam lemak bebas maka semakin menurun kualitas minyak tersebut (Winarno, 1997).

Peningkatan asam lemak bebas berpengaruh terhadap umur simpan rempeyek kacang, selama penyimpanan akan terjadi peningkatan kadar air. Kadar air akan memicu pertumbuhan mikroba yang dapat memproduksi enzim. Kadar air juga berperan dalam proses hidrolisis minyak yang akhirnya dapat menyebabkan ketengikan. Adanya air akan bereaksi dengan trigliserida yang menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol. Semakin meningkatnya kadar air maka minyak semakin cepat tengik (Noerhadi, 1984 dalam Nurfiqih et al., 2021).

Jenis kemasan yang berbeda dapat berpengaruh terhadap kadar asam lemak bebas rempeyek kacang selama penyimpanan, karena setiap jenis kemasan memiliki permeabilitas terhadap oksigen yang berbeda. Sifat permeabilitas terhadap laju transmisi oksigen untuk kemasan LDPE adalah 7000-8500 g/m²/hari dan untuk kemasan PP adalah 0,714 cc/m²/24 jam (Nurminabari, 2022; Maulana, 2011 dalam Mariam, 2022).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

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

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Umur simpan rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan plastik PP berdasarkan parameter kadar air, yaitu 33,878 hari pada suhu 25 °C, 31,642 hari pada suhu 35 °C, dan 29,681 hari pada suhu 45 °C. Untuk rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan LDPE, memiliki umur simpan yaitu 31,935 hari pada suhu 25 °C, 30,202 hari pada suhu 35 °C, dan 28,664 hari pada suhu 45 °C.
2. Umur simpan rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan plastik PP berdasarkan parameter kadar FFA, yaitu 34,405 hari pada suhu 25 °C, 29,611 hari pada suhu 35 °C, dan 25,727 hari pada suhu 45 °C. Untuk rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan LDPE, memiliki umur simpan yaitu 28,392 hari pada suhu 25 °C, 25,761 hari pada suhu 35 °C, dan 23,518 hari pada suhu 45 °C.
3. Berdasarkan hasil penelitian, rempeyek kacang yang dikemas dengan kemasan PP memiliki umur simpan yang lebih lama dibandingkan dengan kemasan LDPE. Umur simpan yang terpilih berdasarkan energi aktivasi terendah yaitu pada jenis kemasan PP dengan parameter kadar air dengan waktu penyimpanan pada suhu 25 °C selama 33,878 hari.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menduga umur simpan rempeyek kacang dengan menggunakan jenis kemasan lain sebagai perbandingan penelitian.

2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan *oxygen absorber* atau silica gel di dalam kemasan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap penurunan mutu dan umur simpan rempeyek kacang.
3. Perlukan dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menduga umur simpan rempeyek kacang berdasarkan parameter mikrobiologi dan parameter kimia lainnya, seperti pengujian bilangan peroksida dan pengujian angka TBA.

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.
- Alamri, M. S., Qasem, A. A., Mohamed, A. A., Hussain, S., Ibraheem, M. A., Shamlan, G., Alqah, H. A., & Qasha, A. S. (2021). **Food packaging's materials: A food safety perspective**. Saudi Journal of Biological Sciences, Vol. 28: 4490-4499.
- Anggo, A. D., Fahmi, A. S., dan Darmanto, D. S. (2017). **Energi Aktivasi Perubahan Nilai Free Fatty Acid pada Abon Ikan Lele Dumbo (Clarias sp) Selama Penyimpanan**. Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian, vol. 1(2): 21-28.
- Ariani. (2009). **Desain Kemasan Plastik serta Material Pembentuknya**. Dimensi, 6(2): 191-205.
- Arif, A. B. (2016). **Metode *Accelarated Shelf Life Test* (ASLT) Dengan Pendekatan Arrhenius Dalam Pendugaan Umur Simpan Sari Buah Nanas, Pepaya Dan Cempedak**. Informatika Pertanian, Vol. 25 No.2: 189 – 198.
- Asiah, N., Cempaka, L., & David, W. (2018). **Panduan Praktis Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan**. UB Press. Malang.
- Astuti, N. B., Raya, M. K., dan Rahayu, E. S. (2023). **Pengaruh Suhu Dan Tempat Penyimpanan Terhadap Kadar Air dan Mutu Organoleptik Biskuit Substitusi Tepung Belut (*Monopterus albus* zuieuw)**. AcTion: Aceh Nutrition Journal, vol 8(1): 81-89.
- BPOM. (2019). **Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 34 Tahun 2019 Tentang Kategori Pangan**. Badan Pengawas Obat dan Makanan. Jakarta.
- Budiarti, I. D. S., Swastawati, F., dan Rianingsih, L. (2016). **Pengaruh Perbedaan Lama Perendaman Dalam Asap Cair Terhadap Perubahan Komposisi Asam Lemak Dan Kolesterol Belut (*Monopterus albus*) Asap**. J. Peng. & Biotek. Hasil Pi, 5(1): 125-135.
- Budiyanto, M. P. (2012). **Pengaruh Jenis Kemasan dan Kondisi Penyimpanan Terhadap Mutu dan Umur Simpan Produk Keju Lunak Rendah Lemak**. Skripsi. Fakultas Ekologi Manusia. Institut Pertanian Bogor.
- Deglas, W. (2023). **Pengaruh Jenis Plastik Polyethylene (PE), Polypropylene (PP), High Density Polyethylene (HDPE), Dan Overheated**

- Polypropylene (OPP) Terhadap Kualitas Buah Pisang Mas.** AGROFOOD, 5(1): 33-42.
- Fauzi, I. R. (2017). **Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan Asal Hewan (PAH) dengan Model Arrhenius dan Pelabelan Dalam Kemasan.** <https://bpmsph.ditjenpkh.pertanian.go.id/?p=884>. [04 Oktober 2024].
- Fu, B., & Labuza, T. P. (1993). **Shelf-life Prediction: Theory and Application.** Food Control, 4(3): 125-133.
- Hanidah, I., Sumanti, D. M., Mulyono, A. T., dan Yusuf, N. P. (2021). **Shelf-life Estimation of Instant Pempek Rajungan (*Portunus pelagicus*) Rancidity with the Arrhenius Acceleration Method.** Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri, vol. 10(1): 59-66.
- Hanifah, R. (2016). **Pendugaan Umur Simpan Dodol Tomat (*Lycopersicum Pyriforme*) Menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) Model Arrhenius.** Tugas Akhir. Prodi Teknologi Pangan. Fakultas Teknik. Universitas Pasundan. Bandung.
- Hardiyanto., Ulfa, R., dan Setyawan, B. (2024). **Pengaruh Penggunaan Tipe Pengemas Yang Berbeda Terhadap Karakteristik Keripik Jamur Tiram.** Jurnal Teknologi Pangan dan Ilmu Pertanian (JIPANG) Vol. 6 No. 1: 28-33.
- Hariyadi, P., & Nugraha, K. (2018). **Prinsip-Prinsip Pengawetan Pangan.** IPB Press. Bogor.
- Hartono, E. F., dan Rachmat, N. (2022). **Klasifikasi Jenis Plastik HDPE, LDPE, Dan PS Berdasarkan Tekstur Menggunakan Metode Support Vector Machine.** Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi, 9(2): 1403-1412.
- Hasany, M. R., Afrianto, E., & Pratama, R. I. (2017). **Pendugaan Umur Simpan Menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Test (ASLT) Model Arrhenius Pada Fruit Nori.** Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan Vol. VIII No.1: 48-55.
- Hasibuan, H. A. (2021). **Reviu Jenis, Aspek Perlindungan dan Migrasi Bahan Kemasan dalam Pengemasan Minyak Nabati (Review of Types, Protection Aspects, and Migration of Packaging Materials in Packaging of Vegetable Oil).** Jurnal Pangan, 29(3), 243–252. <https://doi.org/10.33964/jp.v29i3.475>.
- Jamaluddin. (2018). **Pengolahan Aneka Kerupuk Dan Keripik Bahan Pangan.** Badan Penerbit UNM. Makassar.
- Karyadi, D. (1999). **Ketengikan Minyak dan Lemak karena Oksidasi.** Bulletin Penelitian, Vol. XXI No. 3: 1-12.
- Ketaren, S. (2005). **Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan.** UI Press.

Jakarta.

- Khavilla, V. P., Wahyuni, S., Riyanto, A. F., Jumaeri, & Harjono. (2019). **Preparasi dan Karakterisasi PP (Polypropylene) Termodifikasi LLDPE (Linear Low Density Polyethylene) dengan Teknik Pencampuran Biasa.** *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(3), 176–184.
- Kwak, H. S., Chang, Y. H., & Lee, Y. (2015). **Estimation of crispness and consumer acceptance of fried potato chips by mechanical and acoustic measurements.** *International Journal of Food Science & Technology*, 50(2), 500-506.
- Latief. (2000). **Teknologi Kemasan Plastik Biodegradable.** Hayati-IPB. Bogor. Hal 47.
- Maddah, H. A. (2016). **Polypropylene as a Promising Plastic: A Review.** *American Journal of Polymer Science*, 6(1): 1-11. <https://doi.org/10.5923/j.ajps.20160601.01>.
- Mamuaja, C. F. (2016). **Pengawasan Mutu dan Keamanan Pangan.** Unsrat Press. Manado.
- Mamuaja, C. F. (2017). **Lipida.** Unsrat Press. Manado.
- Mizrahi, S. (2011). **Food and Beverage Stability and Shelf Life: Accelerated shelf life testing of foods.** Woodhead Publishing Limited. Oxford.
- Moody, S. D., Hanidah, I., Rahimah, S., Lianna, A. F., dan Utami, A. R. (2024). **Pendugaan Umur Simpan Amplang Ikan Remang Dalam Kemasan Metalized dan Polipropilen Dengan Pendekatan Model Arrhenius.** *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol.12(4): 217–228.
- Mualimin, L., Arum, M. S., Dewi, P. S., Briliansyah, D. F., Alfarizi, M. I. (2025). **Analisis Pengaruh Kemasan Plastik Terhadap Lama Penyimpanan Sayuran Segar Pasca Ozonisasi: Studi Parameter Fisik, Water Vapour Transmission Rate (WVTR), dan Water Vapour Permeability (WVP).** *LIPIDA : Jurnal Teknologi Pangan dan Agroindustri Perkebunan*, vol 5 (1): 34-44.
- Nadhifah, M., Diniyah, N., Windrati, W. S., dan Subagio, A. (2016). **Sifat Fisik, Kimia, Organoleptik Rempeyek Kacang Berbahan Mocaf (Modified Cassava Flour).** *Prosiding Seminar Nasional Apta*. 186-191.
- Ningrum, M. P., Fitria, R. W., dan Pujirahayu, S. (2024). **Tingkat Penerimaan Konsumen dan Karakteristik Mutu Produk Inovasi Rempeyek Ikan.** *APMa Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(2): 101-111.

- Ninsix, R., Azima, F., Novelina., dan Nazir, N. (2018). **Metode Penetapan Titik Keritis, Daya Simpan dan Kemasan Produk Instan Fungsional**. Jurnal Teknologi Pertanian, vol 7(1): 46-52.
- Ninsix, R. (2024). **Penetapan Kriteria Mutu Awal Dalam Penentuan Titik Kritis Produk Bubur Instan Fungsional Untuk Prnderita Diabetes Tife – 2 (Bifud)**. Jurnal Cakrawala Ilmiah, vol 3(5): 1747-1758.
- Nuraini, V., & Widianti, 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.
- Nurfiqih, D., Hakim, L., dan Muhammad. (2021). **Pengaruh Suhu, Persentase Air, Dan Lama Penyimpanan Terhadap Persentase Kenaikan Asam Lemak Bebas (ALB) Pada *Crude Palm Oil* (CPO)**. Jurnal Teknologi Kimia Unimal, vol. 10(2): 01-14.
- Nurminabari, I. S. (2022). **Mengemas Produk Pangan: Karakteristik, Metode, dan Desain**. Penerbit Manggu Makmur Tanjung Lestari. Bandung.
- Nurminah, M. (2002). **Penelitian Berbagai Sifat Bahan Kemasan Plastik dan Kertas serta Pengaruhnya Terhadap Bahan yang Dikemas**. (Skripsi). Universitas Sumatera Utara. Medan. 78 hlm.
- Mariam, S. S. (2022). **Pendugaan Umur Simpan Snack Grubi Kremes Dengan Metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT)**. (Skripsi). Universitas Pasundan. Bandung.
- Muchtar, F., Hastian., Ruksanan. (2023). **Analisis Kadar Air, Kadar Protein dan Karakteristik Organoleptik Kerupuk Stik dengan Penambahan Konsentrasi Ikan Layang yang Berbeda**. Agritekh (Jurnal Agribisnis dan Teknologi Pangan), vol. 3(2): 94-105.
- Mukhtar, S., & Nurif, M. (2015). **Peranan *Packaging* Dalam Meningkatkan Hasil Produksi Terhadap Konsumen**. Jurnal Sosial Humaniora, Vol 8, No.2: 181-191.
- Ikasari, D., Suryaningrum, T. D., Arti, I . M., & Supriyadi. (2017). **Pendugaan Umur Simpan Kerupuk Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Panggang dalam Kemasan Plastik Metalik dan Polipropilen**. Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, 12(1): 55-70.
- Pakpahan, N., Kusnandar, F., Syamsir., dan Maryati, S. (2020). **Pendugaan Umur Simpan Kerupuk Mentah Tapioka dalam Kemasan Plastik *Polypropylene* dan *Low Density Polyethylene* Menggunakan Metode Kadar Air Kritis**. Jurnal Teknologi Pangan, 14(2): 52-62.

- Panjaitan, M. I. (2017). **Pengaruh Jenis Kemasan Plastik, Suhu Dan Lama Penyimpanan Terhadap Karakteristik Fisik, Kimia, Sensoris Dan Mikrobiologis Mi Basah**. Skripsi. Universitas Sriwijaya. Palembang. Hal. 2.
- Pertiwi, M. G. D., Nofrida, R., Anggraini, I. M. D., Afriyansyah, D., Rahayu, O., Zainuri., Rahayu, O., dan Utama, Q. D. (2024). **Pendugaan Umur Simpan Biji Kopi Robusta Dengan Pendekatan Kadar Air Kritis**. Pro Food (Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan), vol 10 (1): 20-29.
- Puspitasari, E., Sutan, S.M., & Latriyanto, A. (2020). **Pendugaan umur simpan keripik kelapa (Cocos nucifera L.) menggunakan metode accelerated shelf-life testing (ASLT) model pendekatan persamaan arrhenius**. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem, 8 (1): 36-45.
- Putra, I. P. D. P., & Priyanto, I. M. D. (2019). **Pelaksanaan Kewajiban Pencantuman Tanggal Kadaluarsa Produk Makanan Rumahan di Objek Wisata Pura Tirta Empul, Tampaksiring, Gianyar**. Kertha Semaya : Journal Ilmu Hukum, 8(1): 1-16.
- Rahmawati, E., dan Utami, M. (2022). **Analisis Kadar Asam Lemak Bebas dan Kadar Air Pada Crude Palm Oild di Laboratorium PT. Bina Pitri Jaya Mill**. IJCR (Indonesian Journal of Chemical Research), 7(2): 26-35.
- Rahmawati, Hanafi, Azmi, S., Amara, Si., & Suryati. (2021). **Penentuan Umur Simpan Peyek Kacang Berbasis Parameter Dielektrik**. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 5(1), 87–90.
- Rangga, A., Sartika, D., Puspita, C. R. (2016). **Pendugaan Umur Simpan Keripik Pisang Kepok Putih (Musa acuminata sp.) Berdasarkan Kadar Air dan Tingkat Kerenyahan dalam Berbagai Jenis Kemasan dengan Model Pendekatan Arrhenius**. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian: 174-182.
- Robertson, G. L. (2020). **Legislative and Safety Aspects of Food Packaging**. In *Food Packaging*. <https://doi.org/10.1201/b21347-27>.
- Ruhaeni., Zainuri., Utama, Q. D. (2025). **Pendugaan Umur Simpan Sale Lilit dengan Metode Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) Model Arrhenius**. Jurnal Teknologi dan Mutu Pangan Vol. 3(2): 121-135.
- Rusniati, R., Haq, A., Prihatiningrum, R. R. Y., & Rachman, M. Y. (2023). **Penyuluhan Mengenai Kode Produk Kemasan Plastik Bagi Peningkatan Pengetahuan Ibu-Ibu Kelompok Yasinan As Salaam Banjarmasin**. *Joong-Ki : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(3), 774–784. <https://doi.org/10.56799/joongki.v2i3.2326>
- Sabarisman, I., Anoraga, S. B., & Revulaningtyas, I. R. (2017). **Analisis Umur Simpan Bubuk Kakao Dalam Kemasan Plastik Standing Pouch**

- Menggunakan Pendekatan Model Arrhenius.** Jurnal Nasional Teknologi Terapan, Vol. 1 No. 1: 43 – 49.
- Sarasati, N., Hatmoko, D. F., Astuti, R. W., Triyuniati, A., Andriyani, E., Rohmah, R. A., Putri, E. I., Mulyaningsih, E. L., & Prastiti, D. (2012). **Rempeyek Kacang Tanah.** Balai Besar POM di Yogyakarta. Yogyakarta.
- Sarungallo, Z. L., Santoso, B., Istalaksana, P., Unenor, Y. I. M. (2007). **Evaluasi Perubahan Kadar Air, Tekstur, Dan Rasa Sagu Lempeng Dalam Berbagai Kemasan Plastik.** J Agrotek, 1(2): 102-111.
- Septianingrum, E. (2008). **Perkiraan Umur Simpan Tepung Gaplek yang Dikemas Dalam Berbagai Kemasan Plastik Berdasarkan Kurva Isoterm Sorpsi Lembab.** Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret.
- Syarief, R., & Halid, H. (1993). **Teknologi Penyimpanan Pangan.** Penerbit Arcan. Jakarta.
- Syarief, R., & Syukri, A. (2019). **Pengemasan Pangan.** Penerbit Universitas Terbuka. Jakarta. Halaman 1.4-1.9.
- Tampubolon, B. E., Pudja, I. A. R. P., dan Gunadnya, I. B. P. (2022). **Pengaruh Ketebalan Plastik Polietilen Densitas Rendah sebagai Bahan Pengemas terhadap Mutu Peterseli (*Petroselinum crispum* L.) selama Penyimpanan Suhu Dingin.** Jurnal BETA, 10(1): 103-110.
- Untari, B., Miksusanti., dan Ainna, A. (2020). **Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas dan Kandungan Jenis Asam Lemak dalam Minyak yang Dipanaskan dengan Metode Titrasi Asam Basa dan Kromatografi Gas.** Jurnal Ilmiah Bakti Farmasi, 2020, V(1), hal. 1-10.
- Widiati, A. (2019). **Peranan Kemasan (Packaging) Dalam Meningkatkan Pemasaran Produk Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) di “Mas Pack” Terminal Kemasan Pontianak.** Jurnal Audit dan Akuntansi Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Tanjungpura, Vol. 8(2): 67-76.
- Winarno, F. G. (1997). **Kimia Pangan dan Gizi.** Cetakan 1. PT.Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wulandari, A., Waluyo, S., & Novita, D. D. (2013). **Prediksi Umur Simpan Kerupuk Kemplang Dalam Kemasan Plastik Polipropilen Beberapa Ketebalan.** Jurnal Teknik Pertanian Lampung– Vol. 2, No. 2: 105 – 114.
- Wulandari, N., & Fatmariyanti, R. (2021). **Memilih minyak goreng: pertimbangan karakteristik kimia dan stabilitasnya selama penggorengan.** Bogor. IPB Press.

- Yani, A. V., Idealistuti., & Komala, N. R. (2022). **Pengaruh Jenis Kemasan Plastik Dan Waktu Penyimpanan Terhadap Pengamatan Visual Kue Lapis Tapioka.** *Edible: Jurnal Penelitian Ilmu-ilmu Teknologi Pangan*, 11(2): 7-13.
- Zahroh, I., Syska, K., & Nurhayati, A. D. (2023). **Pendugaan Umur Simpan Tomat (*Solanum lycopersicum* L) Terolah Minimal menggunakan Metode ASLT (Accelerated Shelf Life Test) Model Arrhenius.** *Jurnal Agritechno*, 16(02), 148–157. <https://doi.org/10.70124/at.v16i2.1196>.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Kadar Air Metode Gravimetri (AOAC 2005 dalam Budiarti et al. 2016)

Analisis kadar air dilakukan dengan menggunakan metode oven. Cawan yang akan digunakan dikeringkan dalam oven pada suhu 100-105°C selama 30 menit atau sampai didapat berat tetap. Setelah itu didinginkan dalam desikator selama 30 menit lalu ditimbang sebagai (W_0). Sampel ditimbang sebanyak 2 gram (W_1) dalam cawan tersebut lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 100-105°C sampai tercapai berat tetap (2 jam). Sampel didinginkan dalam desikator selama 30 menit lalu ditimbang (W_2). Perhitungan kadar air dilakukan dengan rumus sebagai berikut.

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

keterangan:

W_0 = berat cawan kosong (g)

W_1 = berat cawan + sampel awal (g)

W_2 = Berat cawan + sampel kering (g)

Lampiran 2. Analisis Kadar *Free Fatty Acid* Metode Titrimetri (Rahmawati & Utami, 2022)

Timbang sampel sebanyak 5 gram ditambah 50 ml alkohol 96% dengan menggunakan labu erlenmeyer 200 ml. Panaskan campuran hingga larut dalam penangas air selama 10 menit dan ditambahkan dengan indikator PP sebanyak 2-3 tetes. Larutan campuran tersebut dititrasi dengan KOH 0,1 N hingga timbul warna merah muda yang tidak hilang dalam 10 detik. Persentase FFA dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$\% FFA = \frac{V \times N \times BM}{W \times 1000} \times 100$$

keterangan:

V = Volume titrasi KOH

N = Konsentrasi KOH

BM = Bobot molekul asam lemak dominan (asam palmitat: 256,4)

W = Berat sampel

Lampiran 3. Formulir Organoleptik

3.1. Formulir Organoleptik Mutu Hedonik Atribut Aroma Tengik

FORMULIR PENGUJIAN ORGANOLEPTIK UJI MUTU HEDONIK

Nama Panelis :

Hari/Tanggal :

Pengujian Hari ke- :

Nama Produk : Rempeyek Kacang

Atribut : Aroma Tengik

Instruksi : Berikan penilaian dengan memberikan tanda ✓ pada skala mutu hedonik yang sesuai dengan penilaian saudara.

Skala Mutu Hedonik	Skala Numerik
Sangat Tengik	1
Tengik	2
Agak Tengik	3
Agak Tidak Tengik	4
Tidak Tengik	5
Sangat Tidak Tengik	6

Hari ke-	Penilaian					
	1	2	3	4	5	6

3.2. Formulir Organoleptik Mutu Hedonik Atribut Tekstur Renyah

FORMULIR PENGUJIAN ORGANOLEPTIK**UJI MUTU HEDONIK**

Nama Panelis :

Hari/Tanggal :

Pengujian Hari ke- :

Nama Produk : Rempeyek Kacang

Atribut : Tekstur Renyah

Instruksi : Berikan penilaian dengan memberikan tanda ✓ pada skala mutu hedonik yang sesuai dengan penilaian saudara.

Skala Mutu Hedonik	Skala Numerik
Sangat Tidak Renyah	1
Tidak Renyah	2
Agak Tidak Renyah	3
Agak Renyah	4
Renyah	5
Sangat Renyah	6

Hari ke-	Penilaian					
	1	2	3	4	5	6

Lampiran 4. Perhitungan Kebutuhan Sampel

Tabel 18. Kebutuhan Sampel Untuk Penelitian Pendahuluan

Analisa	Kebutuhan (g)	Percobaan	Ulangan	Panelis (orang)	Total Kebutuhan (g)
Organoleptik	10	5	1	25	1.250
Kadar Air	2	5	2	-	20
Kadar FFA	5	5	2	-	50
Total					1.320

Tabel 19. Kebutuhan Sampel Untuk Penelitian Utama

Analisa	Kebutuhan (g)	Percobaan	Ulangan	Total Kebutuhan (g)
Kadar Air	2	36	2	160
Kadar FFA	5	36	2	400
Total				560

Tabel 20. Kebutuhan Biaya Bahan Baku

Bahan	Kebutuhan		Harga (Rp)	Total (Rp)
Rempeyek Kacang	2.500 gram	2,5 kg	60.000,-/kg	150.000,-
Plastik PP	50 Pcs	-	270,-/Pcs	8.100,-
Plastik LDPE	50 Pcs	-	420,-/Pcs	12.600,-
Total (Rp)				170.700,-

Tabel 21. Kebutuhan Biaya Analisis

Analisis	Biaya/Sampel (Rp)	Ulangan	Jumlah Sampel	Total (Rp)
Kadar Air (Gravimetri)	3.000,-	2	40	240.000,-
Kadar FFA (Titrimetri)	15.000,-	2	40	1.200.000,-
Total				1.440.000,-

Tabel 22. Total Biaya Penelitian

	Rincian	Biaya
Penelitian	Total Biaya Bahan Baku	170.700,-
	Total Biaya Analisis	1.440.000,-
Total		1.610.700,-

Lampiran 5. Data Hasil Penelitian Pendahuluan

Tabel 23. Hasil Uji Organoleptik Rempeyek Kacang Berdasarkan Atribut Tekstur

Panelis	Hari ke-					
	0	1	2	3	4	5
1	5	5	3	3	4	4
2	5	5	4	4	4	3
3	6	3	3	4	2	3
4	6	5	4	4	3	2
5	6	4	4	4	4	4
6	6	4	3	4	4	4
7	5	6	3	3	3	3
8	6	3	5	3	2	2
9	6	4	3	3	4	4
10	6	4	3	4	3	2
11	6	4	4	4	2	2
12	5	5	4	4	4	2
13	6	4	4	3	4	3
14	5	4	4	3	2	2
15	5	5	4	4	4	4
16	6	6	4	3	3	2
17	5	4	4	4	3	4
18	6	4	3	4	3	2
19	6	3	5	2	3	2
20	5	4	5	4	4	4
21	6	4	4	4	4	4
22	6	4	5	3	4	3
23	5	4	4	4	3	3
24	5	4	4	4	4	4
25	5	3	4	4	3	2
Rata-rata	5,56	4,2	3,88	3,60	3,32	2,96
% penerimaan	100%	84%	72%	64%	48%	36%
% penolakan	0%	16%	28%	36%	52%	64%

Tabel 24. Hasil Uji Organoleptik Rempeyek Kacang Berdasarkan Atribut Aroma

Panelis	Hari ke-					
	0	1	2	3	4	5
1	5	6	3	3	4	3
2	6	5	4	3	3	3
3	6	5	3	4	3	3
4	6	5	5	2	4	4
5	6	4	5	4	4	4
6	5	6	4	4	5	4
7	6	5	4	4	3	4
8	6	4	5	4	3	2
9	5	5	4	3	4	4
10	6	6	3	5	4	4
11	6	6	2	5	3	2
12	6	4	4	5	3	2
13	6	2	5	5	4	4
14	5	4	3	3	3	3
15	5	5	5	4	4	4
16	6	5	4	4	3	2
17	6	5	4	5	4	4
18	6	5	4	4	4	4
19	6	3	5	4	3	2
20	6	6	5	3	4	4
21	5	5	4	4	4	3
22	6	4	5	3	4	4
23	5	5	5	4	3	3
24	5	4	4	3	3	2
25	6	5	4	4	4	3
Rata-rata	5,68	4,76	4,12	3,84	3,6	3,24
% penerimaan	100%	92%	80%	68%	60%	48%
% penolakan	0%	8%	20%	32%	44%	52%

Tabel 25. Hasil Pengujian Parameter Kritis

Parameter mutu	Hari ke-0 (%)	Hari ke-5 (%)
Kadar Air	1,897	7,026
Kadar FFA	0,308	0,636

Kadar Air Hari ke-0

Diketahui : $W_0 = 22,278$

$$W_1 = 24,281$$

$$W_2 = 24,243$$

Ditanyakan : %kadar air?

Jawab : $\% kadar air = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100$

$$\% kadar air = \frac{24,281 - 24,243}{24,281 - 22,278} \times 100$$

$$\% kadar air = 1,897\%$$

Kadar FFA Hari ke-0

Diketahui : $C = 120,826$

$$W = 2,082$$

$$V = 0,25$$

Ditanyakan : %kadar FFA?

Jawab : $\% kadar FFA = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$

$$\% kadar FFA = \frac{0,25 \times 0,1 \times 256,4}{2,082 \times 1000} \times 100$$

$$\% kadar FFA = 0,308\%$$

Kadar Air Hari ke-5

Diketahui : $W_0 = 30,475$

$$W_1 = 32,560$$

$$W_2 = 32,414$$

Ditanyakan : %kadar air?

Jawab : $\% kadar air = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100$

$$\% kadar air = \frac{32,560 - 32,414}{32,560 - 30,475} \times 100$$

$$\% kadar air = 7,026\%$$

Kadar FFA Hari ke-5

Diketahui : $C = 120,826$

$$W = 2,082$$

$$V = 0,25$$

Ditanyakan : %kadar FFA?

$$\text{Jawab : \% kadar FFA} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA} = \frac{0,50 \times 0,1 \times 256,4}{2,017 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA} = 0,636\%$$

Lampiran 6. Perhitungan Pendugaan Umur Simpan Rempeyek Kacang Berdasarkan Parameter Kadar Air

1. Kemasan Polipropilen (PP)

a) Kadar Air

Kadar Air Hari ke-0 (T : 25°C)

Diketahui : $W_0 = 21,224$

$W_1 = 23,357$

$W_2 = 23,318$

Ditanyakan : %kadar air suhu 25°C?

Jawab : % *kadar air* (25 °C) = $\frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100$

$$\% \text{ kadar air (25 °C)} = \frac{23,357 - 23,318}{23,357 - 21,224} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (25 °C)} = 1,828\%$$

Kadar Air Hari ke-0 (T : 35°C)

Diketahui : $W_0 = 21,224$

$W_1 = 23,357$

$W_2 = 23,318$

Ditanyakan : %kadar air suhu 35°C?

Jawab : % *kadar air* (35 °C) = $\frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100$

$$\% \text{ kadar air (35 °C)} = \frac{23,357 - 23,318}{23,357 - 21,224} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (35 °C)} = 1,828\%$$

Kadar Air Hari ke-0 (T : 45°C)

Diketahui : $W_0 = 21,224$

$W_1 = 23,357$

$W_2 = 23,318$

Ditanyakan : %kadar air suhu 45°C?

Jawab : % *kadar air* (45 °C) = $\frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100$

$$\% \text{ kadar air (45 °C)} = \frac{23,357 - 23,318}{23,357 - 21,224} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (45 °C)} = 1,828\%$$

Kadar Air Hari ke-4 (T : 25°C)

Diketahui : $W_0 = 24,619$

$W_1 = 26,633$

$W_2 = 26,587$

Ditanyakan : %kadar air suhu 25°C?

Jawab : % *kadar air* (25 °C) = $\frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100$
 $\% \text{ kadar air (25 °C)} = \frac{26,633 - 26,587}{26,633 - 24,619} \times 100$
 $\% \text{ kadar air (25 °C)} = 2,284\%$

Kadar Air Hari ke-4 (T : 35°C)

Diketahui : $W_0 = 31,078$

$W_1 = 33,227$

$W_2 = 33,181$

Ditanyakan : %kadar air suhu 35°C?

Jawab : % *kadar air* (35 °C) = $\frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100$
 $\% \text{ kadar air (35 °C)} = \frac{33,227 - 33,181}{33,227 - 31,078} \times 100$
 $\% \text{ kadar air (35 °C)} = 2,141\%$

Kadar Air Hari ke-4 (T : 45°C)

Diketahui : $W_0 = 22,475$

$W_1 = 24,487$

$W_2 = 24,446$

Ditanyakan : %kadar air suhu 45°C?

Jawab : % *kadar air* (45 °C) = $\frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100$
 $\% \text{ kadar air (45 °C)} = \frac{24,487 - 24,446}{24,487 - 22,475} \times 100$
 $\% \text{ kadar air (45 °C)} = 2,038\%$

Kadar Air Hari ke-8 (T : 25°C)

Diketahui : $W_0 = 29,901$

$W_1 = 31,936$

$$W_2 = 31,883$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 25°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100 \\ &= \frac{31,936 - 31,883}{31,936 - 29,901} \times 100 \\ &= 2,604\%\end{aligned}$$

Kadar Air Hari ke-8 (T : 35°C)

Diketahui : $W_0 = 29,983$

$$W_1 = 32,010$$

$$W_2 = 31,957$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 35°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100 \\ &= \frac{32,010 - 31,957}{32,010 - 29,983} \times 100 \\ &= 2,615\%\end{aligned}$$

Kadar Air Hari ke-8 (T : 45°C)

Diketahui : $W_0 = 22,483$

$$W_1 = 24,542$$

$$W_2 = 24,491$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 45°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100 \\ &= \frac{24,542 - 24,491}{24,542 - 22,483} \times 100 \\ &= 2,477\%\end{aligned}$$

Kadar Air Hari ke-12 (T : 25°C)

Diketahui : $W_0 = 20,783$

$$W_1 = 22,795$$

$$W_2 = 22,744$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 25°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100 \\ &= \frac{22,795 - 20,783}{22,795 - 29,901} \times 100\end{aligned}$$

$$\% \text{ kadar air (25 } ^\circ\text{C)} = 2,535\%$$

Kadar Air Hari ke-12 (T : 35°C)

Diketahui : W0 = 21,214

$$W1 = 23,222$$

$$W2 = 23,165$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 35°C?

$$\text{Jawab : } \% \text{ kadar air (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{23,222 - 23,165}{23,222 - 21,214} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (35 } ^\circ\text{C)} = 2,839\%$$

Kadar Air Hari ke-12 (T : 45°C)

Diketahui : W0 = 20,562

$$W1 = 22,576$$

$$W2 = 22,523$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 45°C?

$$\text{Jawab : } \% \text{ kadar air (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{22,576 - 22,523}{22,576 - 20,562} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (45 } ^\circ\text{C)} = 2,632\%$$

Kadar Air Hari ke-16 (T : 25°C)

Diketahui : W0 = 20,562

$$W1 = 22,586$$

$$W2 = 22,528$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 25°C?

$$\text{Jawab : } \% \text{ kadar air (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{22,586 - 22,528}{22,586 - 20,562} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (25 } ^\circ\text{C)} = 2,866\%$$

Kadar Air Hari ke-16 (T : 35°C)

Diketahui : W0 = 22,275

$$W1 = 24,285$$

$$W2 = 24,227$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 35°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air } (35^\circ\text{C}) = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100 \\ &= \frac{24,285 - 24,227}{24,285 - 22,275} \times 100 \\ &= 2,886\%\end{aligned}$$

Kadar Air Hari ke-16 (T : 45°C)

Diketahui : W0 = 23,056

$$W1 = 25,068$$

$$W2 = 25,009$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 45°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air } (45^\circ\text{C}) = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100 \\ &= \frac{25,068 - 25,009}{25,068 - 23,056} \times 100 \\ &= 2,932\%\end{aligned}$$

Kadar Air Hari ke-20 (T : 25°C)

Diketahui : W0 = 22,195

$$W1 = 24,207$$

$$W2 = 24,142$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 25°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air } (25^\circ\text{C}) = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100 \\ &= \frac{24,207 - 24,142}{24,207 - 22,195} \times 100 \\ &= 3,231\%\end{aligned}$$

Kadar Air Hari ke-20 (T : 35°C)

Diketahui : W0 = 23,202

$$W1 = 25,221$$

$$W2 = 25,154$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 35°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air } (35^\circ\text{C}) = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100 \\ &= \frac{25,221 - 23,202}{25,221 - 22,275} \times 100\end{aligned}$$

$$\% \text{ kadar air } (35^\circ\text{C}) = 3,318\%$$

Kadar Air Hari ke-20 (T : 45°C)

Diketahui : $W_0 = 24,613$

$$W_1 = 26,676$$

$$W_2 = 26,607$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 45°C?

Jawab : $\% \text{ kadar air } (45^\circ\text{C}) = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100$

$$\% \text{ kadar air } (45^\circ\text{C}) = \frac{26,676 - 26,607}{26,676 - 24,613} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air } (45^\circ\text{C}) = 3,345\%$$

b) Energi aktivasi (E_a)

$$Y = bx + a$$

$$Y = -616,73x - 0,681$$

Nilai $b = -616,73x$ dan nilai $R = 1,986 \text{ kal/mol K}$, sehingga nilai E_a dapat dihitung dengan cara:

$$-E_a/R = B$$

$$-E_a = R \times B$$

$$-E_a = 1,986 \times (-616,73)$$

$$E_a = 1224,826 \text{ kal/mol K}$$

c) Nilai k

Nilai k_0 diperoleh sebagai berikut:

$$\ln k_0 = a$$

$$\ln k_0 = -0,681$$

$$K_0 = 0,506111$$

Berdasarkan nilai E_a dan k_0 , maka dapat disusun persamaan Arrhenius sebagai berikut:

$$k = k_0 \times e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)}$$

Dari persamaan tersebut, diperoleh nilai k dari masing-masing suhu yaitu:

$$\text{Suhu } 25^{\circ}\text{C} = 0,506111 \times e^{-616,73(1/298)}$$

$$\text{Suhu } 25^{\circ}\text{C} = 0,0506111 \times 0,12624$$

$$\text{Suhu } 25^{\circ}\text{C} = 0,06389/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 35^{\circ}\text{C} = 0,506111 \times e^{-616,73(1/308)}$$

$$\text{Suhu } 35^{\circ}\text{C} = 0,0506111 \times 0,135015$$

$$\text{Suhu } 35^{\circ}\text{C} = 0,06833/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 45^{\circ}\text{C} = 0,506111 \times e^{-616,73(1/318)}$$

$$\text{Suhu } 45^{\circ}\text{C} = 0,0506111 \times 0,14379$$

$$\text{Suhu } 45^{\circ}\text{C} = 0,07277/\text{hari}$$

d) Umur simpan

Perhitungan umur simpan pada setiap suhu dapat diasumsikan mengikuti ordo 0, maka umur simpan rempeyek kacang dapat dihitung sebagai berikut:

$$t_s = \frac{A_t - A_0}{k}$$

$$\text{Suhu } 25^{\circ}\text{C}: t_s = \frac{4 - 1,828}{0,06389} = 33,995 \text{ hari}$$

$$\text{Suhu } 35^{\circ}\text{C}: t_s = \frac{4 - 1,828}{0,06833} = 31,786 \text{ hari}$$

$$\text{Suhu } 45^{\circ}\text{C}: t_s = \frac{4 - 1,828}{0,07277} = 29,846 \text{ hari}$$

2. Kemasan LDPE

a) Kadar Air

Kadar Air Hari ke-0 (T : 25°C)

Diketahui : $W_0 = 21,224$

$W_1 = 23,357$

$W_2 = 23,318$

Ditanyakan : %kadar air suhu 25°C?

Jawab : $\% \text{ kadar air } (25^\circ\text{C}) = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100$

$$\% \text{ kadar air } (25^\circ\text{C}) = \frac{23,357 - 23,318}{23,357 - 21,224} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air } (25^\circ\text{C}) = 1,828\%$$

Kadar Air Hari ke-0 (T : 35°C)

Diketahui : $W_0 = 21,224$

$W_1 = 23,357$

$W_2 = 23,318$

Ditanyakan : %kadar air suhu 35°C?

Jawab : $\% \text{ kadar air } (35^\circ\text{C}) = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100$

$$\% \text{ kadar air } (35^\circ\text{C}) = \frac{23,357 - 23,318}{23,357 - 21,224} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air } (35^\circ\text{C}) = 1,828\%$$

Kadar Air Hari ke-0 (T : 45°C)

Diketahui : $W_0 = 21,224$

$W_1 = 23,357$

$W_2 = 23,318$

Ditanyakan : %kadar air suhu 45°C?

Jawab : $\% \text{ kadar air } (45^\circ\text{C}) = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100$

$$\% \text{ kadar air } (45^\circ\text{C}) = \frac{23,357 - 23,318}{23,357 - 21,224} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air } (45^\circ\text{C}) = 1,828\%$$

Kadar Air Hari ke-4 (T : 25°C)

Diketahui : $W_0 = 23,206$

$W_1 = 25,224$

$$W2 = 25,177$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 35°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100 \\ &= \frac{25,224 - 25,177}{25,224 - 23,206} \times 100 \\ &= 2,329\%\end{aligned}$$

Kadar Air Hari ke-4 (T : 35°C)

Diketahui : W0 = 22,200

$$W1 = 24,201$$

$$W2 = 24,157$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 25°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100 \\ &= \frac{24,201 - 24,157}{24,201 - 22,200} \times 100 \\ &= 2,199\%\end{aligned}$$

Kadar Air Hari ke-4 (T : 45°C)

Diketahui : W0 = 22,365

$$W1 = 24,417$$

$$W2 = 24,375$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 45°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100 \\ &= \frac{24,417 - 24,375}{24,417 - 22,365} \times 100 \\ &= 2,047\%\end{aligned}$$

Kadar Air Hari ke-8 (T : 25°C)

Diketahui : W0 = 22,199

$$W1 = 24,212$$

$$W2 = 24,160$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 25°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100 \\ &= \frac{24,212 - 24,160}{24,212 - 22,199} \times 100\end{aligned}$$

$$\% \text{ kadar air (25 } ^\circ\text{C)} = 2,583\%$$

Kadar Air Hari ke-8 (T : 35°C)

Diketahui : W0 = 24,620

$$W1 = 26,654$$

$$W2 = 26,601$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 35°C?

$$\text{Jawab : } \% \text{ kadar air (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{26,654 - 26,601}{26,654 - 24,620} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (35 } ^\circ\text{C)} = 2,606\%$$

Kadar Air Hari ke-8 (T : 45°C)

Diketahui : W0 = 21,851

$$W1 = 23,938$$

$$W2 = 23,887$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 45°C?

$$\text{Jawab : } \% \text{ kadar air (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{23,938 - 23,887}{23,938 - 21,851} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (45 } ^\circ\text{C)} = 2,444\%$$

Kadar Air Hari ke-12 (T : 25°C)

Diketahui : W0 = 20,083

$$W1 = 22,105$$

$$W2 = 22,053$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 25°C?

$$\text{Jawab : } \% \text{ kadar air (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{22,105 - 22,053}{22,105 - 20,083} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air (25 } ^\circ\text{C)} = 2,572\%$$

Kadar Air Hari ke-12 (T : 35°C)

Diketahui : W0 = 22,365

$$W1 = 24,424$$

$$W2 = 24,369$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 35°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air } (35^\circ\text{C}) = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100 \\ &= \frac{24,424 - 24,369}{24,424 - 22,365} \times 100 \\ \% \text{ kadar air } (35^\circ\text{C}) &= 2,671\%\end{aligned}$$

Kadar Air Hari ke-12 (T : 45°C)

Diketahui : W0 = 23,057

$$W1 = 25,093$$

$$W2 = 25,037$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 45°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air } (45^\circ\text{C}) = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100 \\ &= \frac{25,093 - 25,037}{25,093 - 23,057} \times 100 \\ \% \text{ kadar air } (45^\circ\text{C}) &= 2,750\%\end{aligned}$$

Kadar Air Hari ke-16 (T : 25°C)

Diketahui : W0 = 21,850

$$W1 = 23,927$$

$$W2 = 23,864$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 25°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air } (25^\circ\text{C}) = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100 \\ &= \frac{23,927 - 23,864}{23,927 - 21,850} \times 100 \\ \% \text{ kadar air } (25^\circ\text{C}) &= 3,033\%\end{aligned}$$

Kadar Air Hari ke-16 (T : 35°C)

Diketahui : W0 = 20,790

$$W1 = 22,806$$

$$W2 = 22,748$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 35°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar air } (35^\circ\text{C}) = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100 \\ &= \frac{22,806 - 22,748}{22,806 - 20,790} \times 100\end{aligned}$$

$$\% \text{ kadar air } (35^\circ\text{C}) = 2,877\%$$

Kadar Air Hari ke-16 (T : 45°C)

Diketahui : W0 = 20,081

$$W1 = 22,112$$

$$W2 = 22,048$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 45°C?

$$\text{Jawab : } \% \text{ kadar air } (45^\circ\text{C}) = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air } (45^\circ\text{C}) = \frac{22,112 - 22,048}{22,112 - 20,081} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air } (45^\circ\text{C}) = 3,151\%$$

Kadar Air Hari ke-20 (T : 25°C)

Diketahui : W0 = 22,477

$$W1 = 24,479$$

$$W2 = 24,413$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 25°C?

$$\text{Jawab : } \% \text{ kadar air } (25^\circ\text{C}) = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air } (25^\circ\text{C}) = \frac{24,479 - 24,413}{24,479 - 22,477} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air } (25^\circ\text{C}) = 3,297\%$$

Kadar Air Hari ke-20 (T : 35°C)

Diketahui : W0 = 29,891

$$W1 = 31,943$$

$$W2 = 31,874$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 35°C?

$$\text{Jawab : } \% \text{ kadar air } (35^\circ\text{C}) = \frac{w1-w2}{w1-w0} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air } (35^\circ\text{C}) = \frac{31,943 - 31,874}{31,943 - 29,891} \times 100$$

$$\% \text{ kadar air } (35^\circ\text{C}) = 3,363\%$$

Kadar Air Hari ke-20 (T : 45°C)

Diketahui : W0 = 22,365

$$W1 = 24,367$$

$$W2 = 24,300$$

Ditanyakan : %kadar air suhu 45°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} & : \% \text{ kadar air (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100 \\ & \% \text{ kadar air (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{24,367 - 24,300}{24,367 - 22,365} \times 100 \\ & \% \text{ kadar air (45 } ^\circ\text{C)} = 3,347\%\end{aligned}$$

b) Energi aktivasi (E_a)

$$Y = bx + a$$

$$Y = -512,93x - 0,9689$$

Nilai $b = -616,73x$ dan nilai $R = 1,986 \text{ kal/mol K}$, sehingga nilai E_a dapat dihitung dengan cara:

$$-E_a/R = B$$

$$-E_a = R \times B$$

$$-E_a = 1,986 \times (-512,93)$$

$$E_a = 1018,68 \text{ kal/mol K}$$

c) Nilai k

Nilai k_0 diperoleh sebagai berikut:

$$\ln k_0 = a$$

$$\ln k_0 = -0,9689$$

$$k_0 = 0,3795$$

Berdasarkan nilai E_a dan k_0 , maka dapat disusun persamaan Arrhenius sebagai berikut:

$$k = k_0 \times e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)}$$

Dari persamaan tersebut, diperoleh nilai k dari masing-masing suhu yaitu:

$$\text{Suhu } 25^\circ\text{C} = 0,3795 \times e^{-512,93(1/298)}$$

$$\text{Suhu } 25^\circ\text{C} = 0,3795 \times 0,17922$$

$$\text{Suhu } 25^{\circ}\text{C} = 0,06801/ \text{ hari}$$

$$\text{Suhu } 35^{\circ}\text{C} = 0,3795 \times e^{-616,73(1/308)}$$

$$\text{Suhu } 35^{\circ}\text{C} = 0,3795 \times 0,189504$$

$$\text{Suhu } 35^{\circ}\text{C} = 0,07192/ \text{ hari}$$

$$\text{Suhu } 45^{\circ}\text{C} = 0,3795 \times e^{-616,73(1/318)}$$

$$\text{Suhu } 45^{\circ}\text{C} = 0,3795 \times 0,19968$$

$$\text{Suhu } 45^{\circ}\text{C} = 0,07578/ \text{ hari}$$

d) Umur simpan

Perhitungan umur simpan pada setiap suhu dapat diasumsikan mengikuti ordo 0, maka umur simpan rempeyek kacang dapat dihitung sebagai berikut:

$$ts = \frac{At - A0}{k}$$

$$\text{Suhu } 25^{\circ}\text{C}: ts = \frac{4 - 1,828}{0,06801} = 31,935 \text{ hari}$$

$$\text{Suhu } 35^{\circ}\text{C}: ts = \frac{4 - 1,828}{0,07192} = 30,202 \text{ hari}$$

$$\text{Suhu } 45^{\circ}\text{C}: ts = \frac{4 - 1,828}{0,07578} = 28,662 \text{ hari}$$

Lampiran 7. Perhitungan Pendugaan Umur Simpan Rempeyek Kacang Berdasarkan Parameter Kadar FFA

1. Kemasan PP

a) Kadar FFA

Kadar FFA Hari ke-0

Diketahui : $C = 120,773$

$W = 2,156$

$V = 0,25$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 25°C?

Jawab : $\% \text{ kadar FFA (25}^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$

$$\% \text{ kadar FFA (25 }^\circ\text{C)} = \frac{0,25 \times 0,1 \times 256,4}{2,156 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 }^\circ\text{C)} = 0,297\%$$

Kadar FFA Hari ke-0

Diketahui : $C = 120,773$

$W = 2,156$

$V = 0,25$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 35°C?

Jawab : $\% \text{ kadar FFA (35 }^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$

$$\% \text{ kadar FFA (35 }^\circ\text{C)} = \frac{0,25 \times 0,1 \times 256,4}{2,156 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 }^\circ\text{C)} = 0,297\%$$

Kadar FFA Hari ke-0

Diketahui : $C = 120,773$

$W = 2,156$

$V = 0,25$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 45°C?

Jawab : % kadar FFA (45 °C) = $\frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$

$$\% \text{ kadar FFA (45 °C)} = \frac{0,25 \times 0,1 \times 256,4}{2,156 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 °C)} = 0,297\%$$

Kadar FFA Hari ke-4

Diketahui : C = 116,981

$$W = 2,047$$

$$V = 0,3$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 25°C?

Jawab : % kadar FFA (25°C) = $\frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$

$$\% \text{ kadar FFA (25 °C)} = \frac{0,3 \times 0,1 \times 256,4}{2,047 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 °C)} = 0,376\%$$

Kadar FFA Hari ke-4

Diketahui : C = 119,256

$$W = 2,095$$

$$V = 0,3$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 35°C?

Jawab : % kadar FFA (35 °C) = $\frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$

$$\% \text{ kadar FFA (35 °C)} = \frac{0,3 \times 0,1 \times 256,4}{2,095 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 °C)} = 0,367\%$$

Kadar FFA Hari ke-4

Diketahui : C = 122,042

$$W = 2,112$$

$$V = 0,3$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 45°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100 \\ &\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,3 \times 0,1 \times 256,4}{2,112 \times 1000} \times 100 \\ &\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = 0,364\%\end{aligned}$$

Kadar FFA Hari ke-8

Diketahui : C = 119,331
W = 2,079
V = 0,35

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 25°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100 \\ &\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,35 \times 0,1 \times 256,4}{2,079 \times 1000} \times 100 \\ &\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = 0,432\%\end{aligned}$$

Kadar FFA Hari ke-8

Diketahui : C = 121,612
W = 2,046
V = 0,35

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 35°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100 \\ &\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,35 \times 0,1 \times 256,4}{2,046 \times 1000} \times 100 \\ &\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = 0,439\%\end{aligned}$$

Kadar FFA Hari ke-8

Diketahui : C = 120,862
W = 2,062

$$V = 0,35$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 45°C?

$$\text{Jawab} : \% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,35 \times 0,1 \times 256,4}{2,062 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = 0,435\%$$

Kadar FFA Hari ke-12

Diketahui : C = 122,874

$$W = 2,027$$

$$V = 0,35$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 25°C?

$$\text{Jawab} : \% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,35 \times 0,1 \times 256,4}{2,027 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = 0,443\%$$

Kadar FFA Hari ke-12

Diketahui : C = 122,173

$$W = 2,106$$

$$V = 0,4$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 35°C?

$$\text{Jawab} : \% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,4 \times 0,1 \times 256,4}{2,106 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = 0,487\%$$

Kadar FFA Hari ke-12

Diketahui : C = 122,037

$$W = 2,235$$

$$V = 0,4$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 45°C?

$$\text{Jawab} : \% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,4 \times 0,1 \times 256,4}{2,235 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = 0,459\%$$

Kadar FFA Hari ke-16

Diketahui : C = 111,836

$$W = 2,235$$

$$V = 0,4$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 25°C?

$$\text{Jawab} : \% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,4 \times 0,1 \times 256,4}{2,235 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = 0,459\%$$

Kadar FFA Hari ke-16

Diketahui : C = 110,912

$$W = 2,043$$

$$V = 0,4$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 35°C?

$$\text{Jawab} : \% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,4 \times 0,1 \times 256,4}{2,043 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = 0,502\%$$

Kadar FFA Hari ke-16

Diketahui : $C = 110,881$

$$W = 2,104$$

$$V = 0,45$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 45°C?

$$\text{Jawab : \% kadar FFA (45 °C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 °C)} = \frac{0,45 \times 0,1 \times 256,4}{2,104 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 °C)} = 0,548\%$$

Kadar FFA Hari ke-20

Diketahui : $C = 122,874$

$$W = 2,027$$

$$V = 0,4$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 25°C?

$$\text{Jawab : \% kadar FFA (25°C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 °C)} = \frac{0,4 \times 0,1 \times 256,4}{2,027 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 °C)} = 0,506\%$$

Kadar FFA Hari ke-20

Diketahui : $C = 122,026$

$$W = 2,193$$

$$V = 0,45$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 35°C?

$$\text{Jawab : \% kadar FFA (35 °C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 °C)} = \frac{0,45 \times 0,1 \times 256,4}{2,193 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = 0,545\%$$

Kadar FFA Hari ke-20

Diketahui : C = 122,156

$$W = 2,024$$

$$V = 0,45$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 45°C?

$$\text{Jawab : } \% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,45 \times 0,1 \times 256,4}{2,024 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = 0,570\%$$

b) Energi Aktivasi

$$Y = bx + a$$

$$Y = -1377,1x + 0,0012$$

Nilai b = -1377,1x dan nilai R = 1,986 kal/mol K, sehingga nilai Ea dapat dihitung dengan cara:

$$-Ea/R = B$$

$$-Ea = R \times B$$

$$-Ea = 1,986 \times (-1377,1)$$

$$Ea = 2734,92 \text{ kal/mol K}$$

c) Nilai k

Nilai ko diperoleh sebagai berikut:

$$\ln k_o = a$$

$$\ln k_o = 0,0012$$

$$K_o = 1,0012$$

Berdasarkan nilai E_a dan k_0 , maka dapat disusun persamaan Arrhenius sebagai berikut:

$$k = k_0 \times e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)}$$

Dari persamaan tersebut, diperoleh nilai k dari masing-masing suhu yaitu:

$$\text{Suhu } 25^\circ\text{C} = 1,0012 \times e^{-1377,1(1/298)}$$

$$\text{Suhu } 25^\circ\text{C} = 1,0012 \times 0,00984$$

$$\text{Suhu } 25^\circ\text{C} = 0,00985/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 35^\circ\text{C} = 1,0012 \times e^{-1377,1(1/308)}$$

$$\text{Suhu } 35^\circ\text{C} = 1,0012 \times 0,01143$$

$$\text{Suhu } 35^\circ\text{C} = 0,01145/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 45^\circ\text{C} = 1,0012 \times e^{-1377,1(1/318)}$$

$$\text{Suhu } 45^\circ\text{C} = 1,0012 \times 0,01316$$

$$\text{Suhu } 45^\circ\text{C} = 0,01318/\text{hari}$$

d) Umur simpan

Perhitungan umur simpan pada setiap suhu dapat diasumsikan mengikuti ordo 0, maka umur simpan rempeyek kacang dapat dihitung sebagai berikut:

$$t_s = \frac{A_t - A_0}{k}$$

$$\text{Suhu } 25^\circ\text{C}: t_s = \frac{0,636 - 0,297}{0,00985} = 34,405 \text{ hari}$$

$$\text{Suhu } 35^\circ\text{C}: t_s = \frac{0,636 - 0,297}{0,01145} = 29,611 \text{ hari}$$

$$\text{Suhu } 45^\circ\text{C}: t_s = \frac{0,636 - 0,297}{0,01318} = 25,727 \text{ hari}$$

2. Kemasan LDPE

a) Kadar FFA

Kadar FFA Hari ke-0

Diketahui : $C = 120,773$

$$W = 2,156$$

$$V = 0,25$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 25°C?

$$\text{Jawab : \% kadar FFA (25°C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 °C)} = \frac{0,25 \times 0,1 \times 256,4}{2,156 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 °C)} = 0,297\%$$

Kadar FFA Hari ke-0

Diketahui : $C = 120,773$

$$W = 2,156$$

$$V = 0,25$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 35°C?

$$\text{Jawab : \% kadar FFA (35 °C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 °C)} = \frac{0,25 \times 0,1 \times 256,4}{2,156 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 °C)} = 0,297\%$$

Kadar FFA Hari ke-0

Diketahui : $C = 120,773$

$$W = 2,156$$

$$V = 0,25$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 45°C?

$$\text{Jawab : \% kadar FFA (45 °C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,25 \times 0,1 \times 256,4}{2,156 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = 0,297\%$$

Kadar FFA Hari ke-4

Diketahui : C = 127,510

$$W = 2,081$$

$$V = 0,35$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 25°C?

$$\text{Jawab : } \% \text{ kadar FFA (25} ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,35 \times 0,1 \times 256,4}{2,081 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = 0,431\%$$

Kadar FFA Hari ke-4

Diketahui : C = 127,840

$$W = 2,080$$

$$V = 0,35$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 35°C?

$$\text{Jawab : } \% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,35 \times 0,1 \times 256,4}{2,080 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = 0,432\%$$

Kadar FFA Hari ke-4

Diketahui : C = 127,958

$$W = 2,027$$

$$V = 0,35$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 45°C?

Jawab : $\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$

$$\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,35 \times 0,1 \times 256,4}{2,027 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = 0,436\%$$

Kadar FFA Hari ke-8

Diketahui : $C = 120,662$

$$W = 2,023$$

$$V = 0,35$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 25°C?

Jawab : $\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$

$$\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,35 \times 0,1 \times 256,4}{2,023 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = 0,444\%$$

Kadar FFA Hari ke-8

Diketahui : $C = 122,645$

$$W = 2,145$$

$$V = 0,4$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 35°C?

Jawab : $\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$

$$\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,4 \times 0,1 \times 256,4}{2,145 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = 0,478\%$$

Kadar FFA Hari ke-8

Diketahui : $C = 122,173$

$$W = 2,064$$

$$V = 0,4$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 45°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100 \\ &\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,4 \times 0,1 \times 256,4}{2,064 \times 1000} \times 100 \\ &\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = 0,497\%\end{aligned}$$

Kadar FFA Hari ke-12

Diketahui : C = 127,840
W = 2,159
V = 0,4

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 25°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100 \\ &\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,4 \times 0,1 \times 256,4}{2,159 \times 1000} \times 100 \\ &\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = 0,475\%\end{aligned}$$

Kadar FFA Hari ke-12

Diketahui : C = 127,906
W = 2,055
V = 0,4

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 35°C?

$$\begin{aligned}\text{Jawab} &: \% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100 \\ &\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,4 \times 0,1 \times 256,4}{2,055 \times 1000} \times 100 \\ &\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = 0,499\%\end{aligned}$$

Kadar FFA Hari ke-12

Diketahui : C = 127,491
W = 2,008

$$V = 0,4$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 45°C?

$$\text{Jawab} : \% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,4 \times 0,1 \times 256,4}{2,008 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = 0,511\%$$

Kadar FFA Hari ke-16

Diketahui : C = 119,272

$$W = 2,017$$

$$V = 0,4$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 25°C?

$$\text{Jawab} : \% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,4 \times 0,1 \times 256,4}{2,017 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = 0,509\%$$

Kadar FFA Hari ke-16

Diketahui : C = 122,851

$$W = 2,113$$

$$V = 0,45$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 35°C?

$$\text{Jawab} : \% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,45 \times 0,1 \times 256,4}{2,113 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = 0,546\%$$

Kadar FFA Hari ke-16

Diketahui : C = 121,463

$$W = 2,030$$

$$V = 0,45$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 45°C?

$$\text{Jawab} : \% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,45 \times 0,1 \times 256,4}{2,030 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 } ^\circ\text{C)} = 0,568\%$$

Kadar FFA Hari ke-20

Diketahui : C = 121,294

$$W = 2,057$$

$$V = 0,45$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 25°C?

$$\text{Jawab} : \% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,45 \times 0,1 \times 256,4}{2,057 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (25 } ^\circ\text{C)} = 0,562\%$$

Kadar FFA Hari ke-20

Diketahui : C = 127,821

$$W = 2,077$$

$$V = 0,5$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 35°C?

$$\text{Jawab} : \% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = \frac{0,5 \times 0,1 \times 256,4}{2,077 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (35 } ^\circ\text{C)} = 0,617\%$$

Kadar FFA Hari ke-20

Diketahui : $C = 122,977$

$$W = 2,038$$

$$V = 0,5$$

Ditanyakan : %kadar FFA suhu 45°C?

$$\text{Jawab : \% kadar FFA (45 }^{\circ}\text{C)} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 }^{\circ}\text{C)} = \frac{0,5 \times 0,1 \times 256,4}{2,038 \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ kadar FFA (45 }^{\circ}\text{C)} = 0,629\%$$

b) Energi Aktivasi

$$Y = bx + a$$

$$Y = -892,35x - 1,4334$$

Nilai $b = -892,35x$ dan nilai $R = 1,986 \text{ kal/mol K}$, sehingga nilai E_a dapat dihitung dengan cara:

$$-E_a/R = B$$

$$-E_a = R \times B$$

$$-E_a = 1,986 \times (-892,35)$$

$$E_a = 1772,21 \text{ kal/mol K}$$

c) Nilai k

Nilai k_0 diperoleh sebagai berikut:

$$\ln k_0 = a$$

$$\ln k_0 = -1,4334$$

$$k_0 = 0,2385$$

Berdasarkan nilai E_a dan k_0 , maka dapat disusun persamaan Arrhenius sebagai berikut:

$$k = k_0 \times e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)}$$

Dari persamaan tersebut, diperoleh nilai k dari masing-masing suhu yaitu:

$$\text{Suhu } 25^{\circ}\text{C} = 0,2385 \times e^{-892,35(1/298)}$$

$$\text{Suhu } 25^{\circ}\text{C} = 0,2385 \times 0,05006$$

$$\text{Suhu } 25^{\circ}\text{C} = 0,01194/ \text{ hari}$$

$$\text{Suhu } 35^{\circ}\text{C} = 0,2385 \times e^{-892,35(1/308)}$$

$$\text{Suhu } 35^{\circ}\text{C} = 0,2385 \times 0,05518$$

$$\text{Suhu } 35^{\circ}\text{C} = 0,01316/ \text{ hari}$$

$$\text{Suhu } 45^{\circ}\text{C} = 0,2385 \times e^{-892,35(1/318)}$$

$$\text{Suhu } 45^{\circ}\text{C} = 0,2385 \times 0,06044$$

$$\text{Suhu } 45^{\circ}\text{C} = 0,01441/ \text{ hari}$$

d) Umur simpan

Perhitungan umur simpan pada setiap suhu dapat diasumsikan mengikuti ordo 0, maka umur simpan rempeyek kacang dapat dihitung sebagai berikut:

$$t_s = \frac{A_t - A_0}{k}$$

$$\text{Suhu } 25^{\circ}\text{C}: t_s = \frac{0,636 - 0,297}{0,01194} = 28,392 \text{ hari}$$

$$\text{Suhu } 35^{\circ}\text{C}: t_s = \frac{0,636 - 0,297}{0,01316} = 25,761 \text{ hari}$$

$$\text{Suhu } 45^{\circ}\text{C}: t_s = \frac{0,636 - 0,297}{0,01441} = 23,518 \text{ hari}$$

Lampiran 8. Dokumentasi Uji Organoleptik (Penentuan Titik Kritis)

Lampiran 9. Dokumentasi Analisis Kadar Air

Lampiran 10. Dokumentasi Analisis Kadar FFA