

**PENDUGAAN UMUR SIMPAN KERIPIK MANGGA CENKIR
(*Mangifera indica L.*) DALAM KEMASAN ALUMINIUM FOIL DENGAN
VARIASI SUHU PENYIMPANAN**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk memenuhi Syarat Sidang Sarjana
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

Febri Riswanti

15.302.0028



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENDUGAAN UMUR SIMPAN KERIPIK MANGGA CENKIR
(*Mangifera indica L.*) DALAM KEMASAN ALUMINIUM FOIL DENGAN
VARIASI SUHU PENYIMPANAN**

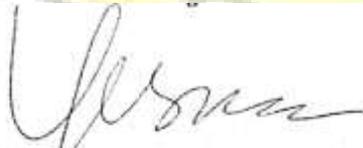
*Diajukan untuk memenuhi Syarat Sidang Sarjana
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

Febri Riswanti
15.302.0028

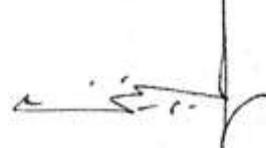
Menyetujui,

Pembimbing I



(Dr. Ir. Yusep Ikrawan, M.Eng.)

Pembimbing II



(Dr. Ir. H. Dede Zainal Arief, M.Sc.)

LEMBAR PENGESAHAN

**PENDUGAAN UMUR SIMPAN KERIPIK MANGGA CENKIR
(*Mangifera indica L.*) DALAM KEMASAN ALUMINIUM FOIL DENGAN
VARIASI SUHU PENYIMPANAN**

*Diajukan untuk memenuhi Syarat Sidang Sarjana
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

Febri Riswanti
15.302.0028

Menyetujui,

Koordinator Tugas Akhir

(Ira Endah Rohima, ST., M.Si.)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PENDUGAAN UMUR SIMPAN KERIPIK MANGGA CENKIR (*Mangifera indica L.*) DALAM KEMASAN ALUMINIUM FOIL DENGAN VARIASI SUHU PENYIMPANAN.”** ini. Shalawat serta salam tak lupa penulis sampaikan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW beserta kepada para keluarga dan para sahabatnya.

Laporan Tugas Akhir ini disusun berdasarkan penelitian, diskusi, serta data-data ilmiah yang menunjang. Laporan ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa adanya dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu serta mendukung dalam proses penulisan skripsi tugas akhir ini, khususnya kepada orang tua dan keluarga yang senantiasa mendoakan dan memberikan dorongan, motivasi dan dukungan dalam segi moril maupun materil, serta penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Yusep Ikrawan, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, saran dan pengarahan dalam Laporan Tugas Akhir ini.
2. Dr. Ir. H. Dede Zainal Arief, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan bimbingan, saran dan pengarahan dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini.

3. Istiyati Inayah, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan, saran dan pengarahan dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini
4. Ira Endah Rohima, S.T., M.Si., selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan Bandung
5. Cece yang telah memberikan bantuan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
6. Lena, Jesica, Nadya, Geny, Nujud, dan seluruh sahabat tercinta serta rekan-rekan kelas THE A TEAM yang telah memberikan bantuan dan dorongan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Kepada semua pihak yang terkait dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, penulis ucapkan terima kasih atas bantuannya selama ini.

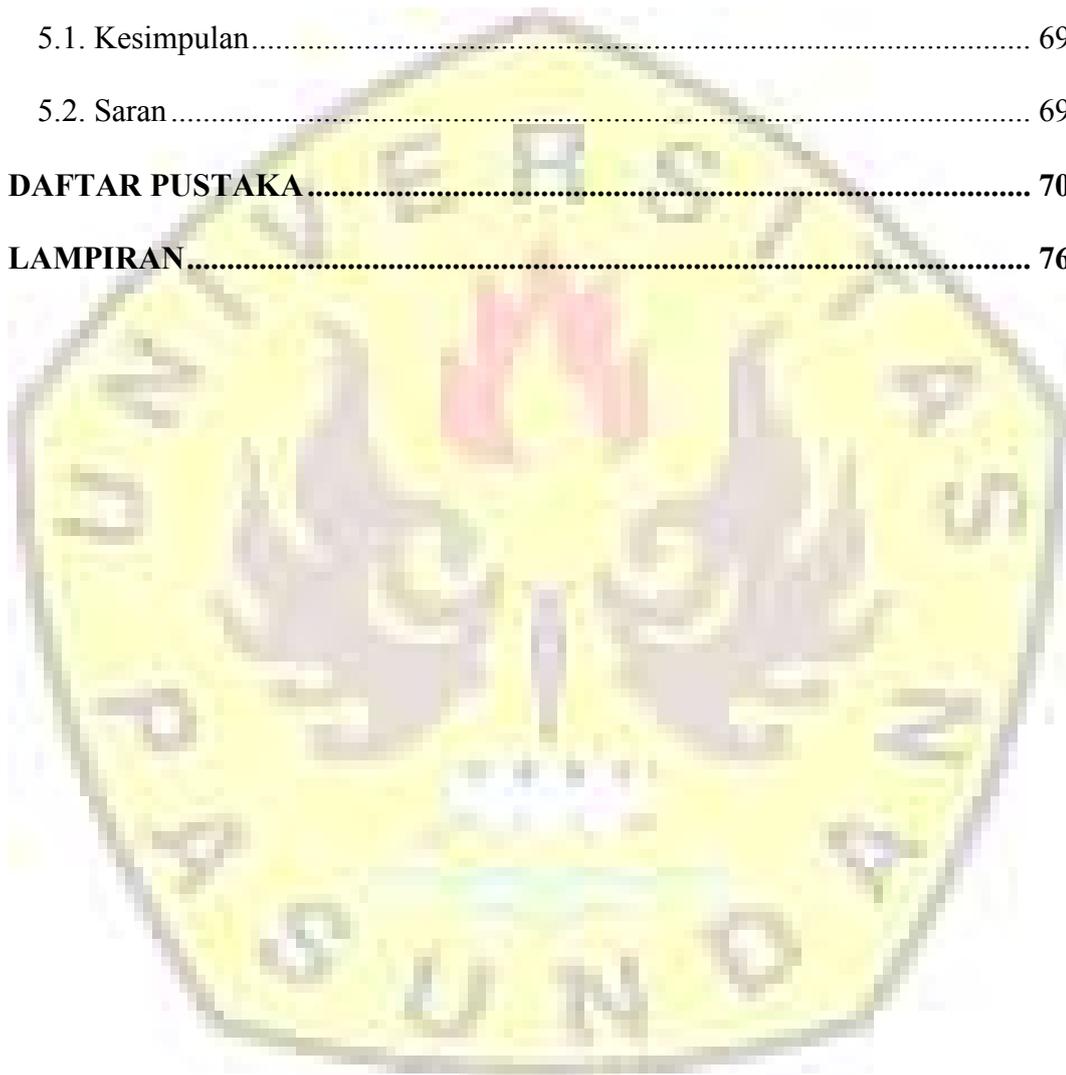
Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan umumnya bagi semua pihak yang membaca laporan ini.

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|-------------|
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xii |
| ABSTRAK | xiii |
| <i>ABSTRACT</i> | xiv |
| 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. Mangga..... | 10 |
| 2.2. Keripik Mangga..... | 13 |
| 2.2.1. Minyak Goreng | 15 |
| 2.2.2. Natrium Metabisulfit..... | 18 |
| 2.3. <i>Aluminium Foil</i> | 19 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4. Dasar Penurunan Mutu | 20 |
| 2.5. Karakteristik Kerusakan Keripik Mangga | 21 |
| 2.4.1. Kadar Air | 22 |
| 2.4.2. Tekstur | 23 |
| 2.6. Suhu Penyimpanan | 24 |
| 2.7. Pendugaan Umur Simpan | 25 |
| III METODOLOGI PENELITIAN | 31 |
| 3.1. Bahan dan Alat | 31 |
| 3.1.1. Bahan | 31 |
| 3.1.2. Alat | 31 |
| 3.2. Metode Penelitian | 32 |
| 3.2.1. Rancangan Perlakuan | 32 |
| 3.2.2. Rancangan Percobaan | 33 |
| 3.2.3. Rancangan Analisis | 34 |
| 3.2.4. Rancangan Respon | 39 |
| 3.3. Prosedur Penelitian | 39 |
| 3.3.1. Penelitian Pendahuluan | 39 |
| 3.3.1.1. Pembuatan Keripik Mangga | 39 |
| 3.3.1.2. Penentuan Batas Titik Kritis | 41 |
| 3.3.2. Penelitian Utama | 45 |
| 3.4. Jadwal Penelitian | 48 |
| IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 49 |
| 4.1. Penelitian Pendahuluan | 49 |
| 4.1.1. Pembuatan Keripik Mangga Cengkir | 49 |
| 4.1.2. Penentuan Batas Kritis | 50 |
| 4.2. Penelitian Utama | 52 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.1. Kadar Air | 52 |
| 4.2.2. Kekerasan..... | 57 |
| 4.2.3. Kerenyahan | 62 |
| 4.3. Rekapitulasi Umur Simpan Dari Berbagai Faktor | 68 |
| V KESIMPULAN DAN SARAN | 69 |
| 5.1. Kesimpulan..... | 69 |
| 5.2. Saran..... | 69 |
| DAFTAR PUSTAKA | 70 |
| LAMPIRAN..... | 76 |



DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| 1. Komposisi Kimia dan Nilai Gizi Buah Mangga | 12 |
| 2. Syarat Mutu Keripik | 14 |
| 3. SNI 01-3741-2002 tentang Standar Mutu Minyak Goreng | 17 |
| 4. Pengaruh beberapa faktor terhadap reaksi deterorasi pada produk..... | 21 |
| 5. Rancangan Percobaan Penelitian Utama Keripik Mangga | 34 |
| 6. Hasil Analisis | 34 |
| 7. Rentang nilai r | 36 |
| 8. Jadwal Penelitian | 48 |
| 9. Data Pembuatan Keripik Mangga Cengkir | 49 |
| 10. Parameter Awal Keripik Mangga Cengkir..... | 50 |
| 11. Hasil Pengujian Kadar Air Kritis Keripik Mangga Cengkir..... | 51 |
| 12. Hasil Pengujian Batas Kritis Keripik Mangga Cengkir | 52 |
| 13. Kadar Air (%) Keripik Mangga Cengkir | 53 |
| 14. $1/T$ Dengan $\ln k$ Kadar Air | 55 |
| 15. Konstanta Penurunan Mutu dan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter Kadar Air | 56 |
| 16. Kekerasan Keripik Mangga Cengkir | 58 |
| 17. $1/T$ Dengan $\ln k$ Kekerasan | 60 |
| 18. Konstanta Penurunan Mutu dan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter Kekerasan..... | 61 |
| 19. Kerenyahan Keripik Mangga Cengkir | 63 |

20. $1/T$ Dengan $\ln k$ Kerenyahan 65

21. Konstanta Penurunan Mutu dan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir
Parameter Kerenyahan 67

22. Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir 68



DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 1. Buah Mangga Cengkir | 10 |
| 2. Keripik Mangga Cengkir | 13 |
| 3. Minyak Goreng | 15 |
| 4. Struktur Natrium Metabisulfit..... | 18 |
| 5. Grafik Hubungan Antara $\ln K$ dengan $1/T$ | 37 |
| 6. Diagram Alir Pembuatan Keripik Mangga Cengkir | 43 |
| 7. Diagram Alir Penentuan Batas Titik Kritis..... | 44 |
| 8. Diagram Alir Pendugaan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir..... | 46 |
| 9. Diagram Alir Penelitian | 47 |
| 10. Grafik Perubahan Kadar Air Keripik Mangga Cengkir | 54 |
| 11. Grafik Perubahan \ln Kadar Air Keripik Mangga Cengkir..... | 54 |
| 12. Grafik Pendugaan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter Kadar Air | 56 |
| 13. Grafik Perubahan Kekerasan Keripik Mangga Cengkir | 58 |
| 14. Grafik Perubahan \ln Kekerasan Keripik Mangga Cengkir..... | 59 |
| 15. Grafik pendugaan umur simpan keripik mangga cengkir parameter kekerasan | 60 |
| 16. Grafik Perubahan Kerenyahan Keripik Mangga Cengkir..... | 64 |
| 17. Grafik Perubahan \ln Kerenyahan Keripik Mangga Cengkir | 64 |
| 18. Grafik Pendugaan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter Kerenyahan | 66 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|---|---------|
| 1. Prosedur Penentuan Kadar Air Metode Gravimetri (AOAC, 1995)..... | 77 |
| 2. Prosedur <i>Texture Analyzer</i> model <i>TA-XTE</i> (Pratama, dkk, 2014)..... | 78 |
| 3. Hasil Pembuatan Keripik Mangga | 79 |
| 4. Perhitungan Batas Kritis | 81 |
| 5. Pendugaan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter | 82 |
| 6. Pendugaan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter | 85 |
| 7. Pendugaan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter | 88 |

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui umur simpan dari keripik mangga cengkir dengan suhu penyimpanan berbeda.

Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui batas titik kritis penurunan mutu pada keripik mangga cengkir. Penelitian utama dilakukan untuk menghitung umur simpan keripik mangga cengkir menggunakan metode *Arrhenius* pada suhu penyimpanan yang berbeda (25°C , 30°C , dan 40°C) yang disimpan dalam kemasan *aluminium foil* selama 35 hari dengan rentang pengamatan 7 hari pada parameter kadar air dan tekstur (kekerasan dan kerenyahan).

Berdasarkan hasil penelitian bahwa umur simpan produk keripik mangga cengkir pada suhu 25°C , 30°C , dan 40°C berdasarkan parameter kadar air secara berturut-turut yaitu 365,85 hari, 361,45 hari dan 352,94 hari. Berdasarkan parameter kekerasan umur simpan keripik mangga cengkir pada suhu 25°C , 30°C , dan 40°C yaitu 494,72 hari, 364,43 hari, dan 208,09 hari. Berdasarkan parameter kerenyahan umur simpan keripik mangga cengkir pada suhu 25°C , 30°C , dan 40°C yaitu 137,11 hari, 118,95 hari, dan 91,40 hari.

Kata Kunci: Umur Simpan, Suhu Penyimpanan, Keripik, Mangga Cengkir.

ABSTRACT

The purpose of this research was to know the shelf life of cengkir mango chips with different storage temperatures.

The research method consists of preliminary research and main research. Preliminary research was conducted to determine the critical limits on the quality of the cengkir mango chips. The main research was to determine the shelf life of cengkir mango chips using the Arrhenius method at different storage temperatures (25⁰C, 30⁰C, and 40⁰C) and save in aluminium foil packaging for 35 days with observation range for 7 days on the parameters of water content and texture (hardness and fracturability).

The research result how that the shelf life of cengkir mango chips, which is researched based on water content parameters at 25⁰C, 30⁰C, and 40⁰C have a shelf life respectively for 365.85 days, 361.45 days and 352.94 days. Based on the hardness parameters the shelf life of the product at 25⁰C, 30⁰C, and 40⁰C, are 494.72 days, 364.43 days and 208.09 days. Based on the fracturability parameters of shelf life cengkir mango chips at temperatures of 25⁰C, 30⁰C, and 40⁰C, are 137.11 days, 118.95 days, and 91.40 days.

Keywords: *Shelf Life, Storage Temperature, Chips, Cengkir Mango.*

I PENDAHULUAN

Pendahuluan merupakan alasan–alasan atau latar belakang penulis dilakukannya penelitian. Pada bab ini akan diuraikan mengenai latar belakang, identifikasi masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, kerangka pemikiran, hipotesis penelitian, serta tempat dan waktu penelitian.

1.1. Latar Belakang

Umur simpan adalah waktu hingga produk mengalami suatu tingkat degradasi mutu tertentu akibat reaksi deteriorasi yang menyebabkan produk tersebut tidak layak dikonsumsi atau tidak layak lagi sesuai dengan kriteria yang tertera pada kemasannya (mutu tidak sesuai lagi dengan tingkatan mutu yang dijanjikan) (Arpah, 2007). Penentuan umur simpan sangat penting karena terkait dengan keamanan produk pangan dan untuk memberikan jaminan mutu pada saat produk sampai ketangan konsumen. Konsumen tidak hanya dapat mengetahui tingkat keamanan dan kelayakan produk untuk dikonsumsi, tetapi juga dapat memberikan petunjuk terjadinya perubahan citarasa, penampakan dan kandungan gizi produk tersebut. Perubahan-perubahan tersebut secara langsung akan mempengaruhi mutu dari suatu produk (Syarief dan Halid, 1992).

Kerusakan yang terjadi pada produk pangan selama penyimpanan yaitu oksidasi lipida, kerusakan vitamin, kerusakan protein, perubahan bau, reaksi pencoklatan, perubahan unsur organoleptik, dan kemungkinan terbentuknya racun. Faktor-faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, oksigen dan cahaya dapat memicu reaksi yang menimbulkan kerusakan pada bahan pangan. Akibat dari reaksi tersebut, bahan pangan akan mencapai suatu titik, dimana konsumen

akan menolak bahan pangan tersebut atau bahan pangan tersebut akan membahayakan orang yang mengkonsumsinya (Singh, 1994). Terdapat berbagai cara untuk memperpanjang umur simpan bahan pangan, salah satunya yaitu dengan proses pengeringan, contohnya pada pengolahan buah menjadi keripik.

Keripik adalah makanan ringan (*snack food*) yang tergolong jenis makanan *crackers*, yaitu makanan yang bersifat kering, renyah (*crispy*). Keripik mempunyai sifat renyah, tahan lama, praktis, mudah dibawa dan disimpan. Keripik memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan kerupuk. Keripik dibuat dari bahan utama yang diiris tipis, dijemur hingga kering, kemudian digoreng tanpa ada campuran tepung. Keripik biasanya dibuat dari buah, umbi, atau sayuran (Santoso, 2016).

Karakteristik keripik yang baik yaitu renyah dan kering, warna natural, rasa tidak berbeda dengan bahan utamanya. Kelebihan pengolahan bahan pangan menjadi keripik antara lain produk menjadi tahan lama, meningkatkan nilai ekonomis, dan kandungan gizi tetap terjaga dengan pengolahan yang tepat. Salah satu produk keripik yang dapat diolah adalah keripik mangga.

Pengolahan mangga menjadi keripik diharapkan dapat meningkatkan mutu dan memperpanjang masa simpan buah mangga. (Sulistiyowati, 1999 dalam Sulistyaningrum, 2012). Pemanfaatan mangga menjadi keripik dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam menentukan teknologi pengolahan pangan yang tepat untuk mengurangi kerusakan dan kebusukan, sehingga dapat mengatasi pendeknya umur simpan mangga.

Mangga (*Mangifera indica L.*) adalah salah satu jenis buah - buahan khas daerah tropis yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Buah ini banyak dibudidayakan karena kaya akan gizi yang diperlukan oleh tubuh. Mangga cengkir merupakan salah satu varietas mangga yang dibudidayakan di Jawa Barat dan Jawa Timur (Histifarina, 2009), dan merupakan varietas terbaik dari Kabupaten Indramayu, mangga ini memiliki keistimewaan berupa daging buah tebal, berserat halus, bertepung, dapat beradaptasi dengan baik di dataran rendah, dan saat matang memiliki daging buah berwarna kuning muda dengan rasa yang manis (Handayani, 2012).

Mangga merupakan buah musiman sehingga jumlah produksi mangga melimpah pada bulan tertentu yaitu saat musim panen dan mangga akan sulit dijumpai pada waktu di luar musim panen, serta umur simpannya yang relatif pendek karena merupakan bahan pangan yang mudah rusak. Oleh sebab itu, perlu dicari alternatif produk olahannya sehingga pemanfaatan mangga dapat lebih luas dan mempunyai nilai tambah yang lebih tinggi.

Salah satu alternatif pengolahan produk hortikultura ini adalah mengolahnya menjadi keripik buah. Sebagaimana hal keripik lain dalam proses penyimpanan, keripik mangga dapat mengalami kenaikan kadar air yang akan memicu pertumbuhan kapang dan berpengaruh terhadap kerenyahan. Untuk menjamin bahwa keripik mangga masih layak konsumsi dan belum mengalami kerusakan, maka diperlukan penelitian mengenai pendugaan umur simpan sehingga diketahui masa simpan dari keripik mangga cengkir.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, masalah yang dapat diidentifikasi adalah bagaimana umur simpan keripik mangga cengkir berdasarkan suhu penyimpanan.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menghitung umur simpan keripik mangga cengkir dengan variasi suhu penyimpanan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui umur simpan keripik mangga cengkir dengan variasi suhu penyimpanan.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai pembuatan keripik mangga cengkir, menambah diversifikasi produk olahan pangan berbahan baku buah mangga, menghasilkan produk olahan yang dapat dikonsumsi dan dapat diterima oleh masyarakat dan mengetahui umur simpan keripik mangga cengkir.

1.5. Kerangka Pemikiran

Masa simpan suatu produk pangan merupakan parameter untuk mengetahui ketahanan produk selama penyimpanan. Selama penyimpanan produk pangan akan mengalami perubahan, Makanan ringan (*snack*) seperti keripik pada umumnya memiliki tekstur yang renyah, dan kadar air yang rendah. Hal ini membuat keripik sangat rentan mengalami kerusakan fisik akibat kenaikan kadar air. Kerusakan ini akan menyebabkan perubahan terhadap produk yang meliputi

perubahan tekstur, flavor, warna, penampakan fisik, nilai gizi dan lain-lain (Nursiti 2017).

Salah satu perubahan yang terjadi selama penyimpanan yaitu kandungan kadar air. Aktivitas air (aw) berkaitan erat dengan kadar air, sehingga kadar air dapat memicu terjadinya pertumbuhan kapang. Menurut Herawati (2008), faktor yang sangat berpengaruh terhadap penurunan mutu produk pangan adalah perubahan kadar air dalam produk. Perubahan kadar air dalam keripik dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban ruangan selama penyimpanan. Menurut Syarief dan Halid (1993), interaksi antara bahan pangan dengan molekul air yang terkandung di dalamnya dan molekul air di udara sekitarnya sangat dominan dalam terjadinya penyimpangan mutu atau kerusakan bahan pangan.

Keripik memiliki tekstur yang renyah dan mudah patah karena gesekan atau tekanan, yang disebabkan oleh teksturnya yang tipis. Kerusakan pada keripik dapat disebabkan oleh menurunnya tingkat kerenyahan. Menurunnya tingkat kerenyahan keripik terjadi apabila keripik menyerap air. Komposisi kimia produk terutama kadar air menentukan sifat kerenyahan, semakin rendah kadar air suatu produk maka produk akan semakin renyah (Nursiti, 2017).

Kerenyahan berbanding terbalik dengan nilai kekerasan. Semakin rendah nilai kekerasannya maka semakin baik kerenyahannya karena gaya yang dibutuhkan untuk memecahkan produk semakin kecil (Pratiwi, 2003). Penyerapan air ketika keripik kentang disimpan pada jangka waktu tertentu sehingga terjadi penurunan kerenyahan dan peningkatan kekerasan yang lebih tinggi daripada bahan pangan dengan amilosa yang tinggi (Supriyadi, 2012).

Kerenyahan dan kekerasan keripik juga dipengaruhi oleh kadar air. Peningkatan kadar air dan aw dihubungkan dengan produk yang menjadi lembek dan alot (kehilangan kerapuhan) akibat air (Arimi, dkk, (2010) dalam Harahap, dkk, 2018). Hasil studi Nugroho (2007) menyatakan bahwa kerenyahan menurun selama penyimpanan. Hal ini disebabkan oleh penyerapan uap air dari lingkungan sehingga kadar air wafer meningkat.

Berdasarkan penelitian Arimi, dkk, (2010) dalam Harahap, dkk, (2018), kerenyahan menurun dan kekerasan meningkat dengan meningkatnya aw pada crackerbread akibat meningkatnya kadar air.

Kadar air dalam produk pangan merupakan faktor penting dalam penentuan umur simpan. Kadar air dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia, perubahan tekstur makanan, kualitas, serta kestabilan mutu dari makanan itu sendiri (Labuza, 1982). Penelitian Wijayanti (2011) menyatakan parameter mutu kritis dari pendugaan umur simpan keripik pisang adalah kadar air. Makanan kering mengalami kerusakan apabila menyerap uap air yang berlebihan (Arpah, 2001).

Menurut hasil penelitian Wulandari, dkk, (2013), selama penyimpanan, kadar air kerupuk kemplang mengalami peningkatan, baik pada RH lingkungan maupun RH stoples penyimpanan.

Menurut penelitian Wulandari, dkk, (2013), menjelaskan bahwa semakin tinggi laju penambahan air pada bahan dapat mengakibatkan kerupuk kemplang semakin cepat melempem atau dapat dikatakan tidak renyah.

Menurut Putra (2010), Selama penyimpanan, nilai kekerasan keripik wortel mengalami peningkatan. Semakin besar nilai kekerasan maka semakin berkurang

kerenyahan keripik. Kelembaban relatif yang tinggi dalam ruang penyimpanan menyebabkan produk menyerap sejumlah air dari lingkungan sehingga kadar air pada produk meningkat dan mempengaruhi nilai kerenyahan.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menghambat terjadinya kerusakan produk keripik seperti ketengikan dan perubahan tekstur (kerenyahan) yaitu dengan pengemasan. Menurut Gunasoraya (2001) dalam Wulandari (2013), permeabilitas kemasan adalah kemampuan suatu kemasan dalam menghambat masuknya uap air, oksigen ataupun cahaya pada kondisi suhu dan RH tertentu, sehingga semakin kecil permeabilitas kemasan maka daya tembus kemasan semakin kecil, begitupun sebaliknya. Tingkat permeabilitas kemasan sangat dipengaruhi oleh jenis dan ketebalan kemasan. Adanya perbedaan tingkat permeabilitas kemasan tersebut akan memengaruhi stabilitas dan umur simpan pada produk yang dikemas (Suhelmi, 2007).

Menurut Putra (2010), Penggunaan kemasan aluminium foil dengan ketebalan dalam penyimpanan keripik wortel dapat lebih meningkatkan keawetan.

Buah mangga merupakan buah dengan kadar air dan kadar gula tinggi, sehingga tidak bisa digoreng dengan penggorengan biasa, maka diperlukan adanya alternatif pengolahan agar produksi mangga dalam jumlah besar dapat dimanfaatkan secara maksimal. Yaitu pengolahan keripik buah mangga dengan menggunakan *Vacum frying* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengolah buah-buahan menjadi kripik buah (Ramadhani, 2015).

Pengolahan mangga menjadi keripik dilakukan dengan tujuan untuk memperpanjang umur simpan. Selama penggorengan akan terjadi penguapan air

sehingga kadar air akan berkurang dan aktivitas air juga akan menurun sehingga dapat memperpanjang umur simpan dari keripik.

Penggorengan akan terjadi penguapan terutama pada bagian terluar dari makanan yang digoreng dan meninggalkan rongga yang akan diisi oleh minyak goreng. Pengisian minyak ini menyebabkan kerenyahan pada bagian kerak. (Putri, 2016).

Metode ASLT model *Arrhenius* banyak digunakan untuk pendugaan umur simpan produk pangan yang mudah rusak oleh reaksi kimia, seperti oksidasi lemak, reaksi *Maillard*, denaturasi protein dan sebagainya. Secara umum, laju reaksi kimia akan semakin cepat pada suhu yang lebih tinggi yang berarti penurunan mutu produk semakin cepat terjadi. Produk pangan yang dapat ditentukan umur simpannya dengan model *Arrhenius* diantaranya adalah makanan kaleng steril komersial, susu UHT, susu bubuk/formula, produk *chip/snack*, jus buah, mie instan, *frozen meat* dan produk pangan lain yang mengandung lemak tinggi (berpotensi terjadinya oksidasi lemak) atau yang mengandung gula pereduksi dan protein (berpotensi terjadinya reaksi pencoklatan) (Labuza, 1982).

Reaksi kimia pada umumnya dipengaruhi oleh suhu, maka model Arrhenius mensimulasikan percepatan kerusakan produk pada kondisi penyimpanan suhu tinggi di atas suhu penyimpanan normal. Laju reaksi kimia yang dapat memicu kerusakan produk pangan umumnya mengikuti laju reaksi ordo 0 dan ordo 1.

Pada penelitian Imelda (2000) menyatakan model Arrhenius dinilai lebih sesuai untuk digunakan dalam penentuan kadaluarsa produk wafer. Metode ASLT (Accelerated Shelf Life Test) menggunakan persamaan Arrhenius dapat dilakukan

dengan cepat dengan memberi stimulasi perlakuan pada suhu yang ekstrim dan hasilnya dapat dipakai dalam mendeteksi penurunan mutu selama penyimpanan (Labuzza, 1982).

Suhu merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perubahan mutu makanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju reaksi berbagai senyawaan kimia akan semakin cepat. Untuk jenis makanan kering dan serai basah, suhu percobaan penyimpanan yang dianjurkan untuk menguji masa kadaluarsa makanan adalah 0°C (kontrol), suhu kamar, 30°C , 35°C , 40°C atau 45°C (jika diperlukan) (Syarief dan Halid, 1992).

Hasil penelitian Putra (2010) parameter kritis dari pendugaan umur simpan keripik wortel, umur simpan keripik wortel berdasarkan parameter kritis pada suhu ruang (25°C) adalah 76 hari.

Produk keripik biasanya terbuat dari bahan pangan yang cepat mengalami kerusakan, sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui masa simpan dari keripik mangga cengkir. Dalam penelitian ini dilakukan penyimpanan selama 35 hari dengan rentang waktu pengamatan 7 hari pada suhu 25°C , 30°C , dan 40°C .

1.6. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran diatas, diduga bahwa suhu penyimpanan mempengaruhi umur simpan keripik mangga cengkir.

1.7. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian berlangsung di Laboratorium Penelitian Jurusan Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan. Jalan Dr. Setiabudhi no. 193 Bandung, pada bulan Agustus 2019 hingga September 2019.

II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka dapat diartikan sebagai kegiatan yang meliputi mencari, membaca dan menelaah laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan.

2.1. Mangga



Gambar 1. Buah Mangga Cengkir
(Sumber: Xiang, 2015)

Tanaman mangga diklasifikasikan sebagai berikut (Pracaya, 2011):

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Sub divisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledonae

Ordo : Sapindales

Famili : Anacardiaceae

Genus : *Mangifera*

Spesies : *Mangifera spp.*

Mangga rata-rata berbunga satu kali sehingga panen buah dapat dilakukan beberapa kali dalam satu periode karena buah tidak masak bersamaan. Mangga

cangkakan mulai berbuah pada umur 4 tahun sedangkan mangga okulasi pada umur 5- 6 tahun. Buah panen pertama hanya mencapai 10-15 buah, pada tahun ke-10 jumlah buah dapat mencapai 300-500 buah/pohon, pada umur 15 tahun mencapai 1000 buah/pohon, dan produksi maksimum tercapai pada umur 20 tahun dengan potensi produksi mencapai 2000 buah/pohon/tahun (Tafajani, 2011).

Menurut Sabari (1989) dalam Lestari (2015), Jenis mangga yang banyak ditanam di Indonesia yaitu mangga arumanis, golek, gedong, manalagi dan cengkir. Buah mangga termasuk kelompok buah klimakterik, yang ditandai dengan adanya peningkatan jumlah CO₂ yang mendadak, yang dihasilkan sebelum terjadi pematangan buah. Hal ini terjadi pada mangga yang masih di pohon atau yang telah dipanen. Buah mangga yang telah dipelajari laju respirasinya adalah buah mangga gedong mangga cengkir yang laju respirasinya semakin meningkat hingga mencapai puncak klimakterik dan segera menurun setelah mencapai puncak klimakterik.

Menurut Direktorat Jenderal Pertanian Tanaman Pangan (1994) dalam (Pracaya, 2011), musim panen mangga di Indonesia berlangsung dari bulan Juli sampai dengan November. Umur panen buah mangga dipengaruhi oleh iklim dan varietas. Di Indonesia, umur panen tercapai antara 75 – 107 hari setelah muncul bunga. Kematangan mangga cengkir pada saat pemanenan adalah 70-80%.

Tabel 1. Komposisi Kimia dan Nilai Gizi Buah Mangga

| Kandungan Zat | Nilai Rata-rata buah mangga | |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------|
| | Mentah | Matang |
| Air (%) | 90,00 | 86,10 |
| Protein (%) | 0,70 | 0,60 |
| Lemak (%) | 0,10 | 0,10 |
| Gula total (%) | 8,80 | 11,80 |
| Serat (%) | - | 1,10 |
| Mineral | 0,40 | 0,30 |
| Kapur (%) | 0,03 | 0,01 |
| Fosfor (%) | 0,02 | 0,02 |
| Besi (mg/gram) | 4,50 | 0,30 |
| Vitamin A (mg/100 g) | 150 IU | 4.800 IU |
| Vitamin B ₁ (mg/100 g) | - | 0,04 |
| Vitamin B ₂ (mg/100 g) | 0,03 | 0,05 |
| Vitamin C (mg/100 g) | 3,00 | 13,00 |
| Asam nicotinat (mg/100 g) | - | 0,30 |
| Nilai kalori per 100 g | 39 | 50-60 |

Sumber : Pracaya, (2011)

Komponen daging buah mangga yang paling banyak adalah air dan karbohidrat. Kandungan pati yang tinggi terdapat pada mangga muda, secara umum kandungan amilopektin lebih besar dibandingkan amilosa yaitu sekitar 70-80%. Selain itu juga mengandung protein, lemak, macam-macam asam, vitamin, mineral, tanin, zat warna, dan zat yang mudah menguap sehingga menciptakan aroma harum khas buah mangga. Karbohidrat daging buah mangga terdiri dari gula sederhana, tepung, dan selulosa. Gula sederhananya berupa sukrosa, glukosa, dan fruktosa yang memberikan rasa manis dan bermanfaat bagi pemulihan tenaga pada tubuh manusia. Selain gula, rasa dan karakteristik buah mangga juga dipengaruhi oleh tanin dan campuran asam. Tanin pada buah mangga menyebabkan rasa kelat dan terkadang pahit. Tanin juga menyebabkan buah

mangga menjadi hitam setelah diiris. Sementara itu, rasa asam pada buah mangga disebabkan oleh adanya asam sitrat (0,13-0,17%) dan vitamin C (Pracaya, 2011).

2.2. Keripik Mangga



Gambar 2. Keripik Mangga Cengkir
(Sumber: Camilan, 2015)

Keripik adalah makanan ringan (snack food) yang tergolong jenis makanan *crackers*, yaitu makanan yang bersifat kering, renyah (*crispy*). Keripik mempunyai sifat renyah, tahan lama, praktis, mudah dibawa dan disimpan. Secara umum, suhu dan waktu penggorengan merupakan faktor yang sangat menentukan karakteristik produk gorengan ini. Penggorengan dengan suhu terlalu tinggi dapat menurunkan nilai gizi produk karena banyak komponen gizi pangan yang mudah rusak akibat tingginya suhu penggorengan (Santoso, 2016).

Menurut SNI, keripik mangga adalah makanan yang dibuat dari daging buah mangga (*Mangifera indica*) masak, dipotong/disayat dan digoreng memakai minyak secara vakum dengan atau tanpa penambahan gula serta bahan tambahan makanan yang diizinkan. Syarat mutu keripik mangga mengacu pada SNI 01-4269-1996 tentang keripik nangka.

Tabel 2. Syarat Mutu Keripik

| No | Kriteria Uji | Satuan | Persyaratan |
|-----|------------------------|----------|-------------------------|
| 1 | Keadaan | | |
| 1.1 | Bau | - | khas |
| 1.2 | Rasa | - | khas |
| 1.3 | Warna | - | normal |
| 1.4 | Tekstur | - | renyah |
| 1.5 | Keutuhan | % b/b | min. 90 |
| 2 | Air | % b/b | maks. 5 |
| 3 | Lemak | % b/b | maks. 25 |
| 4 | Abu | % b/b | maks. 3 |
| 5 | Bahan tambahan makanan | | |
| 5.1 | Pewarna | | Sesuai SNI 01-0222-1987 |
| 5.2 | Pengawet | | Sesuai SNI 01-0222-1987 |
| 5.3 | Pemanis buatan | | |
| | - Sakarin | | negatif |
| | - Siklamat | | negatif |
| 6 | Cemaran logam | | |
| 6.1 | Timbal (Pb) | mg/kg | maks. 2,0 |
| 6.2 | Tembaga (Cu) | mg/kg | maks. 5,0 |
| 6.3 | Seng (Zn) | mg/kg | maks. 40,0 |
| 6.4 | Timah (Sn) | mg/kg | maks. 40,0 |
| 6.5 | Raksa (Hg) | mg/kg | maks. 0,03 |
| 7 | Cemaran arsen (As) | mg/kg | maks. 1,0 |
| 8 | Cemaran mikroba | | |
| 8.1 | Angka lempeng total | koloni/g | maks. 104 |
| 8.2 | E. Coli | APM/g | < 3 |
| 8.3 | Kapang | koloni/g | maks. 50 |

Sumber : Badan Standar Nasional SNI 01-4269-1996

Buah mangga merupakan buah dengan kadar air dan kadar gula tinggi, sehingga tidak bisa digoreng dengan penggorengan biasa, maka diperlu adanya alternatif pengolahan agar produksi mangga dalam jumlah besar dapat dimanfaatkan secara maksimal. Yaitu pengolahan keripik buah mangga dengan menggunakan *Vacuum frying* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengolah buah-buahan

menjadi kripik buah. *Vacuum frying* terdiri atas tabung penggorengan, pompa, kondensor, unit pemanas, pengaduk penggorengan, bak penampung air, unit pemanas, unit pengendali operasi, dan spinner yang berfungsi untuk menghilangkan minyak yang menempel pada kripik hasil penggorengan (Latif, 2012).

Buah yang dihasilkan oleh *vacuum frying* memiliki rasa yang khas dan rasa buahnya sangat terasa serta renyah. Dalam praktik, bahan yang digunakan adalah buah mangga sebagai bahan baku untuk membuat kripik buah, dan dari hasil percobaan didapatkan hasil kripik mangga dengan warna kuning keemasan, aroma khas buah mangga, renyah dan rasa yang enak.

2.2.1. Minyak Goreng



Gambar 3. Minyak Goreng
(Sumber: Iradio, 2012)

Minyak merupakan zat makanan yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh manusia. Selain itu minyak juga merupakan sumber energi yang lebih efektif dibandingkan karbohidrat dan protein. Satu gram minyak dapat menghasilkan 9 kkal, sedangkan karbohidrat dan protein hanya menghasilkan 4

kkal/gram. Minyak, khususnya minyak nabati, mengandung asam-asam lemak esensial seperti asam linoleat, lenolenat, dan arakidonat yang dapat mencegah penyempitan pembuluh darah akibat penumpukan kolesterol. Minyak juga berfungsi sebagai sumber dan pelarut bagi vitamin-vitamin A, D, E dan K (Ketaren, 2008).

Minyak goreng berfungsi sebagai pengantar panas, penambah rasa gurih, dan penambah nilai kalori bahan pangan. Mutu minyak goreng ditentukan oleh titik asapnya, yaitu suhu pemanasan minyak sampai terbentuk akrolein yang tidak diinginkan dan dapat menimbulkan rasa gatal pada tenggorokan (Winarno, 2004).

Proses kerusakan minyak dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang meliputi lamanya minyak kontak dengan panas, banyak oksigen yang akan mempercepat oksidasi, banyaknya asam lemak tidak jenuh yang akan mempercepat oksidasi, adanya katalis oksidasi seperti cahaya serta ion tembaga dan besi serta antioksidan yang menahan oksidasi minyak (Ketaren, 2008).

Kerusakan minyak goreng dapat ditandai oleh terbentuknya akrolein pada minyak goreng. Akrolein menyebabkan rasa gatal pada tenggorokan ketika mengkonsumsi makanan yang digoreng menggunakan minyak goreng bekas penggorengan berulang kali. Akrolein terbentuk dari hidrasi gliserol yang membentuk aldehida tidak jenuh atau akrolein (Ketaren, 2008).

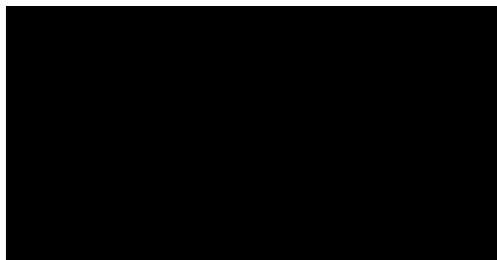
Standar mutu minyak goreng telah dirumuskan dan ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) yaitu SNI 01-3741-2002 adalah sebagai berikut :

Tabel 3. SNI 01-3741-2002 tentang Standar Mutu Minyak Goreng

| KRITERIA UJI | SATUAN | SYARAT |
|--|--|--------------------|
| Keadaan bau, warna, Rasa | - | Normal |
| Air | % b/b | Maks 0,30 |
| Asam lemak bebas (dihitung sebagai asam larut) | % b/b | Maks 0,30 |
| Bahan Tambahan Makanan | Sesuai SNI 022-M dan Permenkes No. 722/Menkes/Per/IX/88 | |
| Cemaran Logam : | | |
| - Besi (Fe) | mg/kg | Maks 1,5 |
| - Tembaga (Cu) | mg/kg | Maks 0,1 |
| - Raksa (Hg) | mg/kg | Maks 0,1 |
| - Timbal (Pb) | mg/kg | Maks 40,0 |
| - Timah (Sn) | mg/kg | Maks 0,005 |
| - Seng (Zn) | mg/kg | Maks 40,0/250,0 |
| Arsen (As) | % b/b | Maks 0,1 |
| Angka Peroksida | mg O ₂ % | Maks 1 |

Sumber: Badan Standardisasi Nasional SNI 01-3741-2002

2.2.2. Natrium Metabisulfit



Gambar 4. Struktur Natrium Metabisulfit
(Sumber: Lestari dan Syahdian, 2017)

Natrium metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) adalah salah satu jenis pengawet makanan anorganik. Natrium metabisulfit atau sering disebut juga sodium metabisulfit, memiliki bentuk kristal, serbuk, berwarna putih. Natrium metabisulfit larut dalam air dan sedikit larut dalam alkohol, serta memiliki bau khas seperti gas sulfit dioksida, dan mempunyai rasa asam dan asin. Dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan, batas maksimum penggunaan natrium metabisulfit adalah sebesar 0 – 0,7 mg/kg berat badan (Negri, 2016).

Dalam Negri (2016), sulfit digunakan dalam bentuk gas SO_2 , garam Na atau K-sulfit, bisulfit dan metabisulfit. Asam sulfit efektif digunakan sebagai pengawet yang tidak terdisosiasi, terutama terbentuk pada pH di bawah 3. Selain digunakan sebagai pengawet, sulfit dapat berinteraksi dengan gugus karbonil, hasil reaksi dari melanoidin sehingga mencegah timbulnya warna coklat, dan sulfur dioksida juga dapat bermanfaat sebagai antioksidan.

Penggunaan sulfit mampu mencegah terjadinya reaksi *browning* dengan cara mereduksi secara langsung hasil oksidasi quinon menjadi senyawa fenolat sebelumnya. Senyawa sulfit mampu menghambat reaksi pencoklatan enzimatis, karena terhambat oleh enzim fenolasi yang tinggi dan irreversibel,

sehingga tidak memungkinkan adanya regenerasi fenolase (Negri, 2016).

Dalam industri pengolahan makanan, penggunaan bahan tambahan makanan diperbolehkan. Namun dosis yang digunakan harus sesuai dengan dosis yang dianjurkan dan sesuai dengan peraturan yang dikeluarkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan. Penggunaan natrium metabisulfit pada olahan manisan kering dosis yang digunakan 0,1% (1gram/liter) atau sekitar 500-1000ppm atau 0,5-1 gram untuk setiap kilogram bahan (Histifarina, 2009).

2.3. Aluminium Foil

Aluminium merupakan bahan kemasan yang juga banyak digunakan. Aluminium tidak memiliki ketahanan terhadap oksigen sehingga pada lapisan atas sering dilapisi dengan aluminium oksida, Al_2O_3 . Namun, ada berbagai macam gas, uap dan cairan yang agresif yang dapat merusak lapisan tersebut. Misalnya air kontak dengan logam berat (Syarief *et al*, 1989).

Keuntungan utama penggunaan aluminium dibandingkan dengan bahan kemasan lain adalah sifat absolut kedap terhadap cahaya dan gas, permeabilitas uap air rendah, hermatis, fleksibel. Kelemahan utama adalah tingginya kebutuhan energi pada saat produksi, dimana telah diupayakan menguranginya dengan menggunakan kembali bahan-bahan kemasan aluminium (Syarief *et al*, 1989).

Metallizing adalah teknik untuk membentuk membran tipis dengan menyalurkan logam melalui permukaan kertas atau plastik film dalam kondisi vakum. Walaupun lapisan logam ini sangat tipis, sekitar 300-1000Å (0,03-0,1 µm) tetapi dapat meningkatkan perlindungan, menahan bau, memberikan efek kilap, dan menahan gas (Matsumoto, (1999) dalam Putra, 2010).

Menurut Febriyanti (2002), metallizing merupakan proses pelapisan salah satu sisi film plastik dengan logam pada kondisi yang sangat vakum. Logam yang biasa digunakan untuk metalisasi adalah aluminium. Kemurnian aluminium yang digunakan adalah 99,9 % dan diameter wire aluminium sebesar 1,96 mm. Proses metalisasi dilakukan dengan melelehkan dan menguapkan aluminium pada suhu 1.500°C . Uap aluminium ini akan melapisi film plastik yang berputar pada sebuah rol pendingin bersuhu sekitar 15°C . Rol pendingin diset pada suhu tersebut dengan tujuan agar film tidak meleleh ketika terkena uap aluminium yang panas. Foil adalah bahan kemas dari logam, berupa lembaran aluminium yang padat dan tipis dengan ketebalan kurang dari 0,15 mm. Foil mempunyai sifat termotis, fleksibel, dan tidak tembus cahaya. Ketebalan dari aluminium foil menentukan sifat protektifnya.

2.4. Dasar Penurunan Mutu

Penyimpanan suatu produk dari mutu awal disebut deteriorasi. Produk pangan mengalami deteriorasi dimulai dengan persentuhan produk dengan udara, oksigen, uap air, cahaya, atau akibat perubahan suhu. Reaksi ini juga dapat diawali oleh hentakan mekanis seperti vibrasi dan kompresi (Arpah, 2001).

Tingkat deteriorasi produk dipengaruhi oleh lamanya penyimpanan, sedangkan laju deteriorasi dipengaruhi oleh kondisi lingkungan penyimpanan. Umur simpan adalah waktu hingga produk mengalami deteriorasi tertentu. Reaksi deteriorasi pada produk pangan dapat disebabkan oleh faktor intrinsik maupun ekstrinsik yang selanjutnya akan memicu reaksi didalam produk berupa reaksi kimia, reaksi enzimatik, atau lainnya seperti proses fisika dalam bentuk penyerapan uap air atau

gas dari sekeliling. Ini akan menyebabkan perubahan-perubahan terhadap produk yang meliputi: perubahan tekstur, flavor, warna, penampilan fisik, nilai gizi dan lain-lain (Arpah, 2001).

Tabel 4. Pengaruh beberapa faktor terhadap reaksi deteriorasi pada produk pangan

| Faktor Utama | Efek Deteriorasi |
|--|---|
| Oksigen | <ul style="list-style-type: none"> • Oksidasi lipid • Kerusakan vitamin • Kerusakan protein • Oksidasi pigmen |
| Uap air | <ul style="list-style-type: none"> • Kehilangan/kerusakan vitamin • Perubahan organoleptik • Oksidasi lipida |
| Cahaya | <ul style="list-style-type: none"> • Oksidasi • Pembentukan bau/perubahan flavor • Kerusakan vitamin |
| Kompresi/Bantingan, Vibrasi, Abrasi, Penanganan secara kasar | <ul style="list-style-type: none"> • Perubahan organoleptik • Kebocoran bahan pengemas |
| Bahan kimia toksik/bahan kimia <i>off flavor</i> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Off flavor</i> • Perubahan organoleptik • Perubahan bahan kimia • Pembentukan racun |

Sumber: Arpah (2001)

2.5. Karakteristik Kerusakan Keripik Mangga

Kerusakan makanan adalah proses metabolisme yang menyebabkan makanan menjadi tidak diinginkan atau tidak dapat diterima oleh konsumen karena perubahan karakteristik sensorik. Makanan yang rusak mungkin masih aman untuk dimakan karena tidak ada patogen atau racun sehingga tidak menyebabkan penyakit tetapi perubahan tekstur, bau, rasa, atau penampilan menyebabkan

mereka ditolak (Seema (2015) dalam Hanifah, *et al.*, 2018). Bahan pangan yang mengalami penyimpanan dan mendapatkan penanganan yang kurang baik pasti akan mengalami kerusakan. Jenis jenis kerusakan menurut penyebabnya yaitu kerusakan fisik, kimia, mikrobiologis dan kerusakan mekanis. Kerusakan bahan pangan dapat disebabkan oleh faktor-faktor tertentu, antara lain pertumbuhan dan aktivitas mikroba terutama bakteri, kapang, khamir, aktivitas enzim-enzim di dalam bahan pangan, serangga, parasit dan tikus, suhu termasuk oksigen, sinar dan waktu. (Muchtadi 1989).

Keripik merupakan bahan pangan yang memiliki karakteristik berpori dan memiliki kadar air yang rendah. Kerusakan yang sering terjadi adalah terjadinya penyerapan uap air oleh keripik sebagai reaksi kondisi lingkungan (Nursiti, 2017).

2.4.1. Kadar Air

Menurut (Syarief dan Halid, 1993), kadar air adalah presentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (wet basis) atau berdasarkan berat kering (dry basis) Kadar air sangat berpengaruh dalam penentuan umur simpan suatu produk karena akan mempengaruhi sifat fisik, fisikokimia, dan keruakan mikrobiologis (Pramudiani, 2018)

Secara umum, air dalam bahan pangan terdapat dalam dua bentuk, yaitu air terikat dan air bebas. Air yang terikat tidak dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme, sedangkan air bebas dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme. Menurut Buckle, *et al.* (1987) dalam Ayu (2016), kadar air sangat penting dalam menentukan keawetan bahan pangan karena berpengaruh terhadap sifat-sifat fisik, perubahan kimia, reaksi enzimatik dan mikroorganisme.

Faktor yang sangat berpengaruh terhadap penurunan mutu produk pangan adalah perubahan kadar air dalam produk, Prabhakar dan Amia (1978) dalam Herawati (2008) menyatakan, pada aw yang tinggi, oksidasi lemak berlangsung lebih cepat dibanding pada aw rendah. Kandungan air dalam bahan pangan, selain mempengaruhi terjadinya perubahan kimia juga ikut menentukan kandungan mikroba pada pangan.

Penyerapan uap air ditandai dengan peningkatan kadar uap air. Perubahan kadar air selama penyimpanan dapat diketahui dengan mengukur kadar air selama penyimpanan dengan interval tujuh hari. Peningkatan kadar air menyebabkan hilangnya kekerasan keripik (Nursiti, 2017).

2.4.2. Tekstur

Tekstur pada jenis makanan keripik merupakan faktor utama dalam menentukan keripik tersebut baik untuk dikonsumsi atau tidak. Pengukuran tekstur telah menjadi salah satu faktor terpenting dalam industri pangan, khususnya sebagai indikator dari aspek non-visual. Kemampuan dalam menguji dan mengukur tekstur, memberikan keleluasaan bagi pihak industri untuk menetapkan standar kualitas baik dari segi pengepakan atau pengemasan maupun penyimpanan. Tekstur paling penting pada makanan lunak dan makanan renyah. Ciri yang paling sering diacu adalah kekerasan, kekohesifan, dan kandungan air. Suatu pendekatan sistematis yang mengarah ke analisa tingkat kerapuhan bahan pangan dapat dilihat berdasarkan faktor mekanik, geometris, dan faktor-faktor lain. Faktor mekanik mencakup parameter-parameter dasar seperti kekerasan, kekenyalan, dan daya lengket suatu bahan pangan. Parameter sekunder meliputi

tingkat kerapuhan dan kerusakan (Abbott dan Harker, (2005) dalam Putri 2012).

Tekstur makanan dapat ditentukan melalui tes mekanik atau dengan analisis penginderaan (organoleptik) yang menggunakan manusia sebagai tester terhadap produk pangan yang akan di uji. Selain itu, dapat juga digunakan menggunakan *texture analyzer* model *TA-XTE* (Pratama, dkk, 2014).

Kerenyahan keripik dipengaruhi oleh kandungan polisakarida yang tinggi (pati, pektin, selulosa, dan hemiselulosa) dan adanya proses gelatinisasi yang terjadi selama proses penggorengan (Harahap, dkk, (2018)). Peningkatan kekerasan disebabkan oleh peningkatan jumlah air yang mengisi pori-pori udara bahan pangan (Roudaut, *et al.*, 2004 dalam Harahap, dkk, 2018).

Pada proses gelatinisasi, ikatan hidrogen yang mengatur integritas struktur granula pati akan melemah. Terdapatnya gugus hidroksil bebas akan menyerap molekul air sehingga terjadi pembengkakan granula pati (Harper, (1981) dalam Harahap, dkk, 2018). Ketika pati atau tepung digoreng, maka molekul air akan menguap sehingga kadar air akan menurun dan membentuk pori-pori pada bahan pangan tersebut. Pori-pori dalam bahan pangan mempunyai peranan penting dalam kerenyahan dan tekstur snack. Dalam kondisi ekstrim, banyak makanan renyah yang menjadi keras jika tidak mempunyai pori-pori (Tsukakoshi, *et al.*, (2008) dalam Harahap, dkk, 2018).

2.6. Suhu Penyimpanan

Suhu merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perubahan makanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju reaksi berbagai senyawa kimia akan semakin cepat. Oleh karena itu, dalam menduga kecepatan penurunan mutu

makanan selama penyimpanan faktor suhu harus selalu diperhitungkan (Syarief dan Halid, 1993).

Suhu merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perubahan mutu makanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju reaksi berbagai senyawa kimia akan semakin cepat. Untuk jenis makanan kering dan semi basah, suhu percobaan penyimpanan yang dianjurkan untuk menguji masa kadaluwarsa makanan adalah 0°C (kontrol), suhu kamar, 30°C , 35°C , 40°C , 45°C jika diperlukan, sedangkan untuk makanan yang diolah secara thermal adalah 50°C (kontrol), suhu kamar, 30°C , 35°C , 40°C . Untuk jenis makanan beku dapat menggunakan suhu -40°C (kontrol), -15°C , -10°C , atau -5°C (Syarief dan Halid, 1993).

Dalam penyimpanan makanan, keadaan suhu ruangan penyimpanan selayaknya dalam keadaan tetap dari waktu ke waktu tetapi seringkali keadaan suhu penyimpanan berubah-ubah dari waktu ke waktu. Apabila keadaan suhu penyimpanan tetap dari waktu ke waktu (atau dianggap tetap) maka perumusan masalahnya bisa sederhana, yaitu untuk menduga laju penurunan mutu cukup dengan menggunakan persamaan Arrhenius (Syarief dan Halid, 1993).

2.7. Pendugaan Umur Simpan

Umur simpan atau masa kadaluarsa merupakan suatu parameter ketahanan produk selama penyimpanan. Salah satu kendala yang selalu dihadapi oleh industri dalam pendugaan umur simpan suatu produk adalah masalah waktu, karena bagi produsen hal ini akan mempengaruhi jadwal peluncuran suatu produk pangan. Karena itu, metode pendugaan umur simpan yang dipilih harus metode

yang paling cepat, mudah, memberikan hasil yang tepat, dan sesuai dengan karakteristik produk pangan yang bersangkutan (Fitria, 2007).

Pencantuman masa kadaluarsa pada label produk sangat membantu konsumen. Informasi masa kadaluarsa produk dalam kemasan dapat dinyatakan dengan berbagai istilah, misalnya *pack date* yaitu tanggal produk mulai dikemas, *display date* yaitu tanggal produk mulai disimpan dalam ruang penyimpanan, *pull date* atau *sell by date* yaitu batas tanggal produk masih layak untuk dikonsumsi, *best if used by date* yaitu batas tanggal maksimum produk dimana kondisinya masih baik dan *use by date* atau *expiration date* yaitu batas tanggal produk tidak dapat dikonsumsi. Penentuan umur simpan penting dalam penyimpanan, dengan mengetahui umur simpan maka dapat dirancang sistem pengemas dan penyimpanan yang sesuai (Syarief dan Halid, 1993).

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi penurunan mutu produk pangan. Floros dan Gnanasekharan (1993) menyatakan terdapat enam faktor utama yang mengakibatkan terjadinya penurunan mutu atau kerusakan pada produk pangan, yaitu massa oksigen, uap air, cahaya, mikroorganisme, kompresi atau bantingan, dan bahan kimia toksik atau *off flavor*. Faktor-faktor tersebut dapat mengakibatkan terjadinya penurunan mutu lebih lanjut, seperti oksidasi lipida, kerusakan vitamin, kerusakan protein, perubahan bau, reaksi pencoklatan, perubahan unsur organoleptik, dan kemungkinan terbentuknya racun (Herawati, 2008).

Syarief dan Halid (1993) menyatakan bahwa penurunan mutu makanan terutama dapat diketahui dari perubahan faktor mutu tersebut, oleh karenanya

dalam menentukan daya simpan suatu produk perlu dilakukan pengukuran terhadap atribut mutu produk tersebut.

Untuk menganalisis penurunan mutu dengan metode simulasi diperlukan beberapa pengamatan, yaitu harus ada parameter yang dapat diukur secara kuantitatif dan parameter tersebut harus mencerminkan keadaan mutu produk yang diperiksa. Parameter tersebut dapat berupa hasil pengukuran kimiawi, uji organoleptik, uji fisik atau mikrobiologis seperti daya serap oksigen, kadar peroksida, intensitas warna TBA, kadar vitamin C, skor uji cita rasa, tekstur, warna, total mikroba, dan sebagainya (Syarif dan Halid, 1993)

Secara garis besar umur simpan dapat ditentukan dengan menggunakan metode konvensional extended storage studies (ESS) dan metode akselerasi kondisi penyimpanan (ASS atau ASLT). Umur simpan produk pangan dapat diduga kemudian ditetapkan waktu kadaluarsanya dengan menggunakan dua konsep studi penyimpanan produk pangan, yaitu ESS dan ASS atau ASLT (Pitasari, 2016).

Penentuan umur simpan produk dengan metode akselerasi dapat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu, 1) pendekatan kadar air kritis dengan teori difusi dengan menggunakan perubahan kadar air dan aktivitas air sebagai kriteria kadaluwarsa, dan 2) pendekatan semiempiris dengan bantuan persamaan Arrhenius, yaitu dengan teori kinetika yang pada umumnya menggunakan ordo nol atau satu untuk produk pangan (Herawati, 2008).

Tahapan penentuan umur simpan dengan ASS meliputi penetapan parameter kriteria kadaluwarsa, pemilihan jenis dan tipe pengemas, penentuan suhu untuk pengujian, prakiraan waktu dan frekuensi pengambilan contoh, plotting data

sesuai ordo reaksi, analisis sesuai suhu penyimpanan, dan analisis pendugaan umur simpan sesuai batas akhir penurunan mutu yang dapat ditolerir. Penentuan umur simpan dengan ASS perlu mempertimbangkan faktor teknis dan ekonomis dalam distribusi produk yang di dalamnya mencakup keputusan manajemen yang bertanggung jawab (Herawati, 2008).

Laju reaksi kimia yang dapat memicu kerusakan produk pangan umumnya mengikuti laju reaksi ordo 0 dan ordo 1. Tipe kerusakan pangan umumnya mengikuti model reaksi ordo nol adalah degradasi enzimatik (misalnya pada buah dan sayuran segar serta beberapa pangan beku); reaksi kecoklatan non-enzimatik (misalnya pada biji-bijian kering, dan produk susu kering); dan reaksi oksidasi lemak (misalnya peningkatan ketengikan snack, makanan kering dan pangan beku). Sedangkan tipe kerusakan bahan pangan yang termasuk dalam reaksi ordo satu adalah (1) ketengikan (misalnya pada minyak salad dan sayuran kering); (2) pertumbuhan mikroorganisme (misal pada ikan dan daging, serta kematian mikroorganisme akibat perlakuan panas); (3) produksi off flavor oleh mikroba; (4) kerusakan vitamin dalam makanan kaleng dan makanan kering; dan (5) kehilangan mutu protein (makanan kering) (Labuza dan Schmidl, 1985).

Data yang diperoleh diplotkan pada grafik hubungan antara lama penyimpanan (hari) dan rata-rata penurunan nilai mutu/hari (k). Sumbu x menyatakan lama penyimpanan sedangkan sumbu y menyatakan rata-rata penurunan nilai mutu/hari (k). Jika reaksi kerusakan pangan yang disimpan belum diketahui model ordo reaksinya, maka plot nilai dapat dilakukan baik pada ordo 0 maupun ordo 1. Pada ordo 0, plot dilakukan antara rata-rata skor pengamatan dan waktu penyimpanan,

sedangkan untuk ordo 1, nilai rata-rata skor terlebih dahulu diubah dalam bentuk \ln lalu diplotkan dengan waktu penyimpanan. Langkah berikutnya adalah menentukan regresi linearnya. Setelah diperoleh persamaan regresi untuk setiap suhu penyimpanan, dibuat plot Arrhenius dengan sumbu x menyatakan $1/T$ dan sumbu y menyatakan $\ln k$. Nilai k menunjukkan gradien dari regresi linear yang didapat dari ketiga suhu penyimpanan, sedangkan T merupakan suhu penyimpanan yang digunakan. Berdasarkan hasil regresi yang diperoleh pada kurva Arrhenius, dapat diprediksi umur simpan produk berdasarkan persamaan :

$$k = k_0 e^{-E_a/RT}$$

Keterangan :

k = konstanta penurunan suhu

k_0 = konstanta (tidak bergantung pada suhu)

E_a = energi aktivasi (Kal/mol)

T = suhu mutlak (K)

R = konstanta gas (1,986 Kal/mol K) (Syarief dan Halid, 1993)

Persamaan tersebut diubah menjadi :

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E}{RT}$$

k_0 menunjukkan konstanta penurunan mutu yang disimpan pada suhu normal, k menyatakan konstanta penurunan mutu dari salah satu kondisi yang digunakan, sedangkan E/R merupakan gradien yang diperoleh dari plot Arrhenius.

Berdasarkan perhitungan dengan rumus tersebut, diperoleh k (Syarief dan Halid, 1993). Selanjutnya umur simpan produk dapat dihitung berdasarkan persamaan untuk ordo nol

$$t_s = (Q_0 - Q_s)/k$$

Persamaan untuk ordo satu

$$t_s = \ln(Q_0/Q_s)/k$$

Keterangan :

t_s = prediksi umur simpan (hari)

Q_0 = nilai mutu awal

Q_s = nilai mutu produk yang tersisa setelah waktu t

k = konstanta penurunan mutu pada suhu normal



III METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian adalah langkah yang dimiliki dan dilakukan oleh peneliti dalam rangka untuk mengumpulkan informasi atau data serta melakukan investigasi pada data yang telah didapatkan tersebut. Metode penelitian memberikan gambaran rancangan penelitian yang meliputi antara lain: Bahan dan Alat, Metode Penelitian, Prosedur Penelitian, dan Jadwal Penelitian.

3.1. Bahan dan Alat

3.1.1. Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan keripik mangga yaitu buah mangga cengkir (*Mangifera indica L.*) dengan kematangan 70-80% yang didapatkan dari perkebunan di Cirebon, minyak goreng diperoleh dari supermarket, air, dan natrium metabisulfit diperoleh dari toko kimia daerah Bandung.

3.1.2. Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan produk pada penelitian ini adalah neraca digital, *vacuum frying*, *spinner*, sendok, mangkuk, pisau, baskom, dan kemasan aluminium.

Alat yang digunakan dalam analisa pada penelitian ini diantaranya adalah Inkubator, *texture analyzer*, spatula, neraca digital, kaca arloji, tangkrus, oven, eksikator.

3.2. Metode Penelitian

3.2.1. Rancangan Perlakuan

Penelitian dibagi menjadi 2 tahapan meliputi penelitian pendahuluan dan penelitian utama

1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan adalah pembuatan keripik mangga cengkir sebagai produk yang akan dihitung umur simpannya, dan penentuan kriteria batas kritis penyimpanan keripik mangga untuk mengetahui titik kritis penurunan mutu pada produk yaitu kadar air kritis dan tekstur kritis. Batas titik kritis disini merupakan batas kritis dimana produk sudah terjadi penurunan mutu dan tidak layak untuk dikonsumsi. Penentuan batas kritis dilakukan dengan analisis kadar air menggunakan metode gravimetri (AOAC, 1995). Sampel disimpan pada suhu ruang yaitu 25⁰C tanpa kemasan, lalu diamati dengan rentan waktu 0, 30, dan 60 menit. Pengujian dihentikan jika kadar air dari sampel tidak sesuai dengan SNI keripik nangka yaitu maks. 5%. Setelah kadar air mencapai titik kritisnya, dilakukan pengukuran tekstur menggunakan *texture analyzer* model *TA-XTE* (Pratama, dkk, 2014) untuk mengetahui tekstur kritis ketika produk sudah tidak layak dikonsumsi.

2. Penelitian Utama

Penelitian utama yang dilakukan adalah penentuan umur simpan keripik mangga untuk mengetahui pengaruh suhu 25⁰C (kontrol), 30⁰C, dan 40⁰C terhadap kualitas dari produk keripik mangga yang disimpan dalam kemasan *aluminium foil* selama 35 hari dengan rentan waktu pengamatan selama 7 hari

agar didapatkan 6 titik penurunan mutu. Kemudian dilakukan analisis kimia yaitu kadar air dengan metode gravimetri (AOAC, 1995), dan analisis fisik yaitu tekstur dengan menggunakan *texture analyzer* model *TA-XTEExpress* (Pratama, dkk, 2014). Kemudian dilakukan pendugaan umur simpan keripik mangga cengkir dengan model Arrhenius.

3.2.2. Rancangan Percobaan

1. Uji Pendahuluan Penentuan Batas Kritis

Rancangan percobaan penentuan batas kritis dari keripik mangga cengkir adalah dengan suhu penyimpanan 25°C tanpa kemasan dengan parameter kadar air dengan metode gravimetri (AOAC, 1995), dan tekstur dengan *texture analyzer* model *TA-XTEExpress* (Pratama, dkk, 2014). Pengamatan dilakukan setiap 1 jam hingga produk keripik mangga dianggap rusak dengan mengacu pada syarat mutu SNI keripik nangka.

2. Pendugaan Umur Simpan

Rancangan percobaan penentuan umur simpan adalah dengan mencari lama penyimpanan keripik mangga dengan suhu penyimpanan suhu ruang yaitu 25°C , diatas suhu ruang yaitu sebesar 30°C dan 40°C . Kemudian menganalisa respon fisik, dan kimia pada produk. Setelah itu dilanjutkan perhitungan untuk mengetahui umur simpan pada produk dengan menggunakan model Arrhenius.

Tabel 5. Rancangan Percobaan Penelitian Utama Keripik Mangga

| Suhu | Bahan Pengemas | Lama Penyimpanan (Hari) | | | | | |
|------------------------|----------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 7 | 14 | 21 | 28 | 35 |
| 25 ⁰ C (j1) | <i>Aluminium foil (k1)</i> | J1k1 | J1k1 | J1k1 | J1k1 | J1k1 | J1k1 |
| 30 ⁰ C (j2) | | J2k1 | J2k1 | J2k1 | J2k1 | J2k1 | J2k1 |
| 40 ⁰ C (j3) | | J3k1 | J3k1 | J3k1 | J3k1 | J3k1 | J3k1 |

3.2.3. Rancangan Analisis

Pendugaan umur simpan produk dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari hasil analisis dengan menggunakan model Arrhenius sehingga dari perhitungan dapat diperoleh konstanta penurunan mutu (k) dan suhu penyimpanan terbaik untuk umur simpan yang lebih lama.

Tabel 6. Hasil Analisis

| Lama Penyimpanan (Hari) | Kadar Air | | | Kekerasan | | | Kerenyahan | | |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 25 ⁰ C | 30 ⁰ C | 40 ⁰ C | 25 ⁰ C | 30 ⁰ C | 40 ⁰ C | 25 ⁰ C | 30 ⁰ C | 40 ⁰ C |
| 0 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | |

Hasil tabel analisis data kemudian di plot ke dalam bentuk kurva sehingga akan mendapatkan regresi linearnya. Persamaan regresi linear :

$$y = a + bx$$

Keterangan :

y = nilai parameter awal

a = nilai parameter saat mulai penyimpanan

b = laju perubahan

x = waktu simpan

Dengan demikian, untuk penyimpanan pada suhu 25⁰C, 30⁰C dan 40⁰C

persamaan regresinya adalah :

Suhu 25⁰C : $y = a + bx$

Suhu 30⁰C : $y = a + bx$

Suhu 40⁰C : $y = a + bx$

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$a = \frac{\sum(X^2) \sum(Y) - \sum(X) \sum(XY)}{n \sum(X^2) - (\sum(X))^2}$$

$$b = \frac{n \sum(XY) - \sum(X) \sum(Y)}{n \sum(X^2) - (\sum(X))^2}$$

Menurut Sudjana (2005), rancangan analisis dilakukan untuk mencari atau menentukan hubungan antara variabel bebas terhadap variabel tidak bebas akan dilakukan dengan menghitung korelasi antara kedua variabel tersebut terhadap respon yang diukur. Nilai koefisien korelasi atau r dapat dihitung dengan rumus :

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}}$$

Nilai r berlaku $0 \leq r \leq 1$ sehingga untuk koefisien korelasi didapat hubungan - $1 \leq r \leq +1$. Harga $r = -1$ menyatakan adanya hubungan linier sempurna tak langsung antara X dan Y. Ini berarti bahwa titik-titik yang ditentukan oleh (Xi, Yi) seluruhnya terletak pada garis regresi linier dan harga X yang besar

menyebabkan atau berpasangan dengan Y yang besar. Harga $r = +1$ menyatakan adanya hubungan linier sempurna langsung antara X dan Y. Letak titik-titik ada pada garis regresi linier dengan sifat bahwa X yang besar berpasangan dengan harga Y yang besar, sedangkan harga X yang kecil berpasangan dengan Y yang kecil pula.

Harga-harga r lainnya bergerak antara -1 dan $+1$ dengan tanda negatif menyatakan adanya kolerasi tak langsung atau kolerasi negatif dan tanda positif menyatakan kolerasi langsung atau kolerasi positif. Khusus untuk $r = 0$, maka hendaknya ini ditafsirkan bahwa tidak terdapat hubungan linier antara variabel-variabel X dan Y. Klasifikasi koefisien kolerasi tanpa memperhatikan tanda positif dan negatif, sebagai berikut.

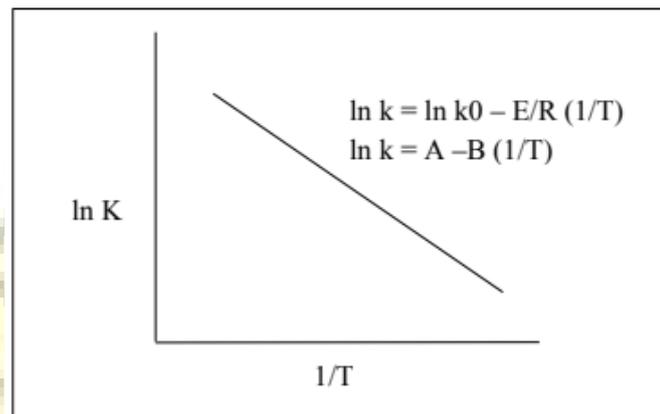
Tabel 7. Rentang nilai r

| Rentang Nilai r | Makna |
|-------------------|--------------------|
| 0,00 – 0,20 | Tidak ada kolerasi |
| 0,21 – 0,40 | Rendah atau kurang |
| 0,41- 0,70 | Cukup |
| 0,71 – 0,90 | Tinggi |
| 0,91- 1,00 | Sangat tinggi |

(Raharjo, 2019)

Data yang diperoleh, selanjutnya diplotkan ke dalam ordo 0 dan ordo 1, maka ordo reaksi yang paling sesuai adalah ordo reaksi yang paling sesuai adalah reaksi yang mempunyai nilai koefisien determinasi (R^2) paling tinggi. Nilai k yang didapatkan dari masing-masing persamaan regresi ordo terpilih, kemudian di ln-

kan lalu plot ke dalam grafik sebagai sumbu y dan $1/T$ sebagai sumbu x untuk mendapatkan persamaan pendugaan umur simpan. Sehingga apabila setiap nilai k dan $1/T$ diplotkan dalam sebuah grafik, maka akan diperoleh gambar sebagai berikut :



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara ln K dengan $1/T$

Persamaan tersebut dapat diperoleh nilai energi aktivasi dan diperoleh pula nilai k (konstanta penurunan mutu) pada suhu 25°C , 30°C dan 40°C . Selanjutnya nilai k tersebut diplotkan ke dalam persamaan perhitungan umur simpan mengikuti ordo reaksi terpilih sehingga diperoleh umur simpan produk. Nilai E_a , k dan umur simpan produk dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut :

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

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

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

Keterangan :

k = Konstanta penurunan mutu

k_0 = Konstanta (tidak tergantung suhu)

E_a = Energi aktivasi

T = Suhu mutlak ($^{\circ}\text{K}$)

R = Konstanta gas 1,986 kal/mol

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

$$\begin{aligned} -E/R &= B \\ \ln k_0 &= A \end{aligned}$$

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

$$E_a = R \cdot B$$

Keterangan :

R = konstanta gas 1,989 kal/mol

B = nilai slope

Dengan diketahui $\ln k_0$, nilai $-E_a/R$, dan nilai k , maka dapat ditentukan umur simpan dari produk dimana sebelumnya dilakukan penentuan batas kritis dari tiap parameter. Jika telah diketahui besarnya penurunan mutu (k) tersebut, maka dihitung umur simpan digunakan persamaan dalam Syarief dan Halid (1993) sebagai berikut :

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

$$t_s = (Q_0 - Q_s)/k$$

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

$$ts = \ln(Q_0/Q_s)/k$$

Keterangan :

Q_0 = mutu awal

Q_s = mutu akhir

ts = waktu kadaluarsa

3.2.4. Rancangan Respon

Rancangan respon yang dianalisis pada penelitian ini adalah respon fisik dan respon kimia.

1. Respon Fisik

Respon fisik yang dianalisis pada produk keripik mangga cengkir yaitu tekstur dengan *texture analyzer* model *TA-XTEpress* (Pratama, dkk, (2014)).

2. Respon Kimia

Respon kimia yang dianalisis pada produk keripik mangga cengkir yaitu kadar air dengan metode gravimetri (AOAC, 1995).

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan terdiri atas pembuatan keripik mangga dan penentuan batas titik kritis

3.3.1.1. Pembuatan Keripik Mangga

1. Sortasi

Sortasi mangga cengkir dilakukan berdasarkan kematangannya. Mangga cengkir yang digunakan memiliki tingkat kematangan 70 - 80 % (mengkak). Hal ini dikarenakan jika mangga cengkir terlalu matang maka teksturnya terlalu lembek dan tidak bisa digunakan untuk membuat keripik.

2. Penimbangan I

Penimbangan I dilakukan untuk mengetahui berat awal bahan baku.

Penimbangan I dilakukan menggunakan timbangan mekanik.

3. Pengupasan

Pengupasan dilakukan untuk memisahkan kulit mangga dengan daging buah.

Proses ini dilakukan secara manual menggunakan pisau.

4. Pengirisan

Pengirisan bertujuan untuk memperkecil ukuran bahan. Pengirisan dilakukan dengan menggunakan *slicer*, dengan ketebalan irisan 0,2mm. Pada proses pengirisan dilakukan pemisahan daging buah dengan biji mangga, biji mangga yang didapatkan dibuang ke tempat pembuangan.

5. Penimbangan II

Mangga cengkir yang telah di potong kemudian dilakukan penimbangan.

Adapun berat yang ditimbang akan disesuaikan dengan kapasitas *vacuum frying* yang digunakan. Untuk *vacuum frying* dapat menampung 4 kg buah.

6. Perendaman

Daging buah mangga yang telah diiris dilakukan perendaman kedalam larutan natrium metabisulfit 0,1%.

7. Penirisan I

Penirisan I dilakukan untuk menghilangkan sisa air perendaman pada mangga sebelum dilakukan penggorengan.

8. Penggorengan

Proses pengolahan keripik mangga yang digunakan adalah dengan cara vakum (*vacuum frying*). Pengolahan dengan cara *vacuum frying* merupakan penggorengan yang dilakukan di dalam kondisi ruang tertutup dan dengan tekanan rendah, kondisi yang digunakan dalam menggoreng mangga cengkir secara vakum pada suhu 85°C dan tekanan rendah 70 cmHg dengan lama penggorengan selama 2 jam.

9. Penirisan II

Penirisan dilakukan untuk mengurangi minyak pada keripik mangga. Penirisan dilakukan menggunakan *spinner* selama 1 menit. *Spinner* bekerja berdasarkan perputaran tabung *spinner* yang digerakkan oleh motor penggerak sehingga minyak pada keripik dapat keluar. Kapasitas *spinner* yang digunakan adalah 5 kg.

10. Penimbangan III

Keripik mangga dilakukan penimbangan kembali sehingga dapat diketahui berat akhirnya.

11. Pengemasan

Proses pengemasan keripik mangga cengkir dilakukan dengan cara manual. Produk dimasukkan kedalam kemasan *aluminium foil*, setelah itu kemasan di *sealer* untuk menutup rapat kemasan dan mencegah kontaminan masuk ke dalam kemasan yang telah diisi produk.

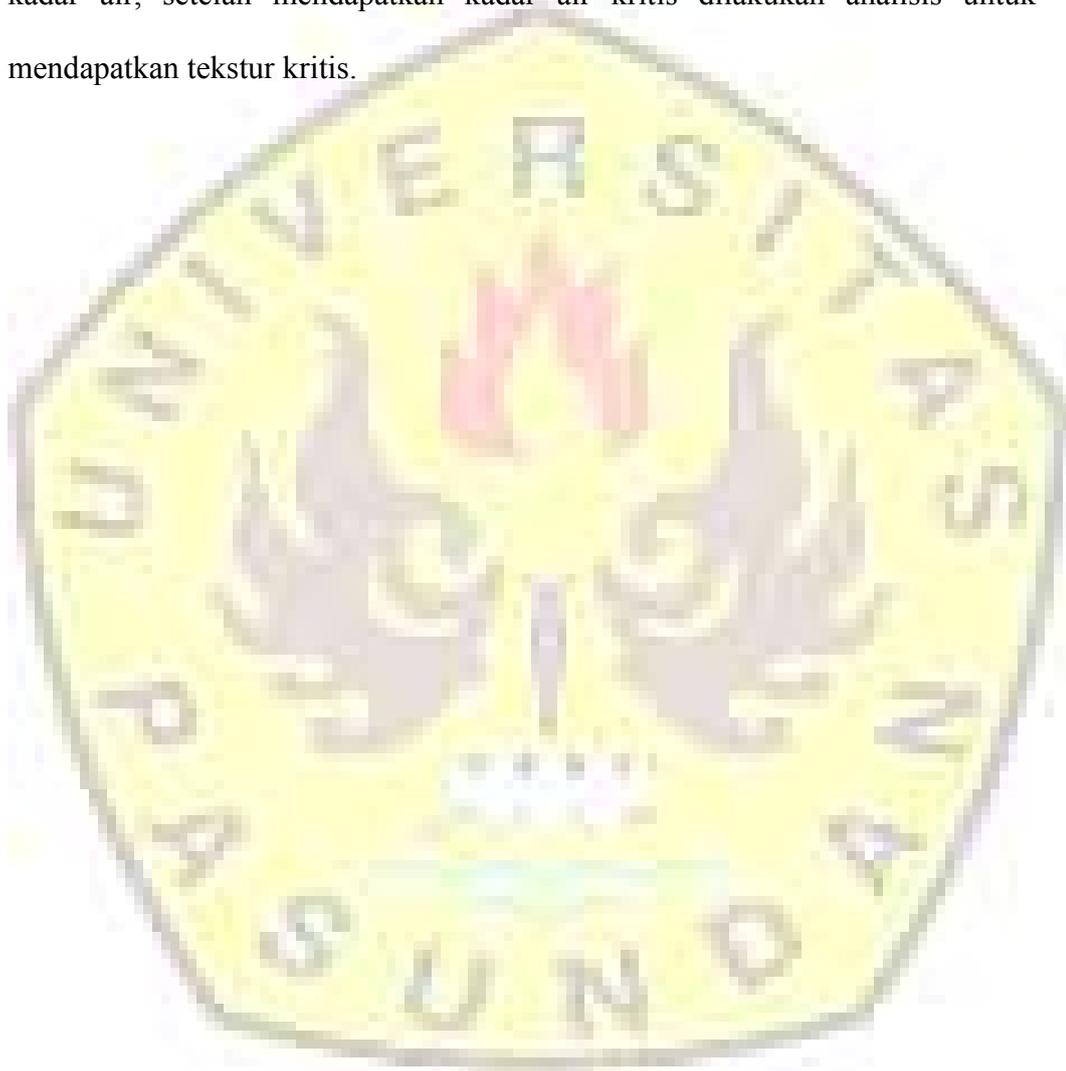
3.3.1.2. Penentuan Batas Titik Kritis

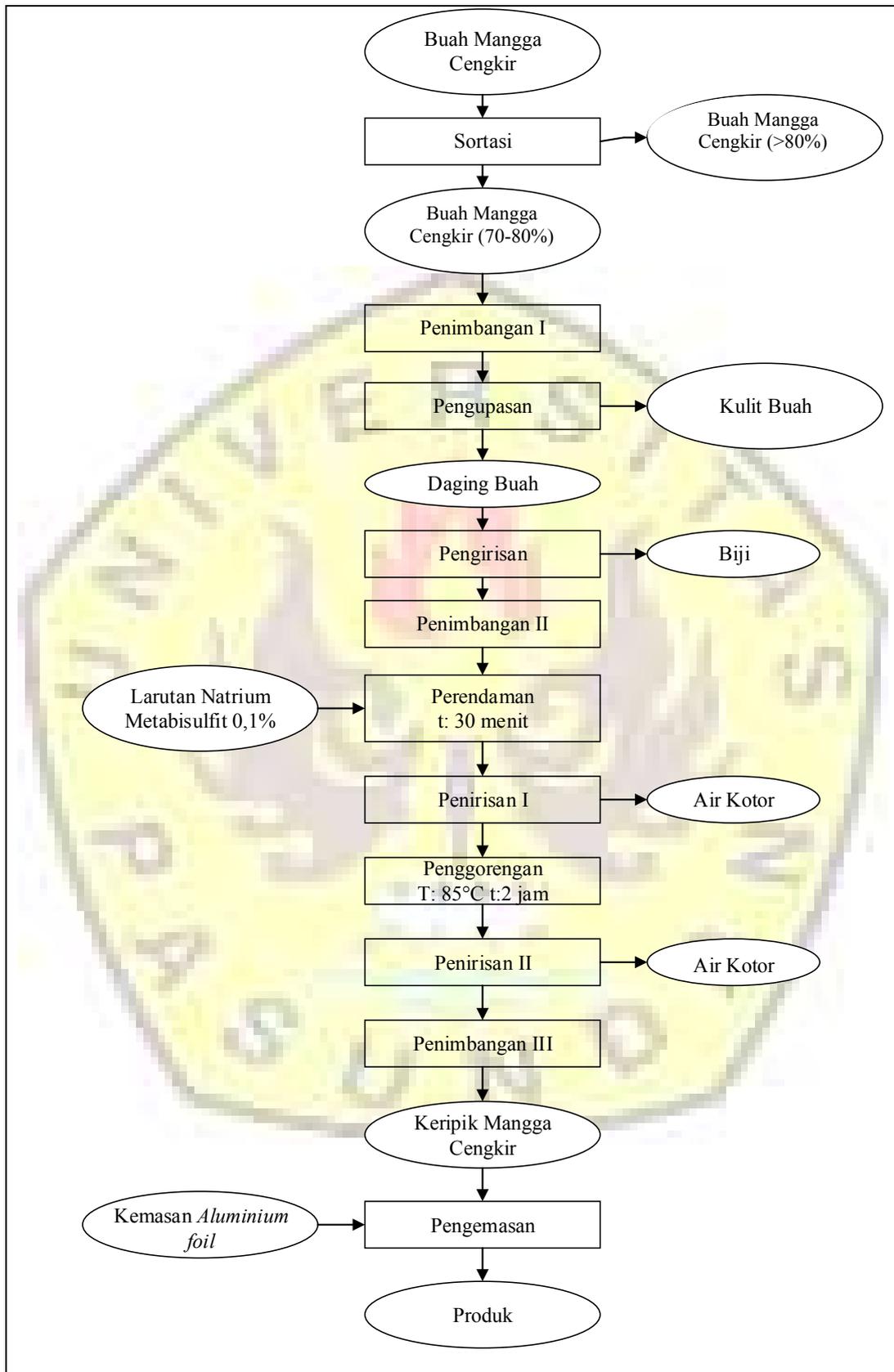
1. Penyimpanan

Penyimpanan keripik mangga cengkir dilakukan pada suhu ruang 25°C dilakukan penyimpanan selama 2 jam.

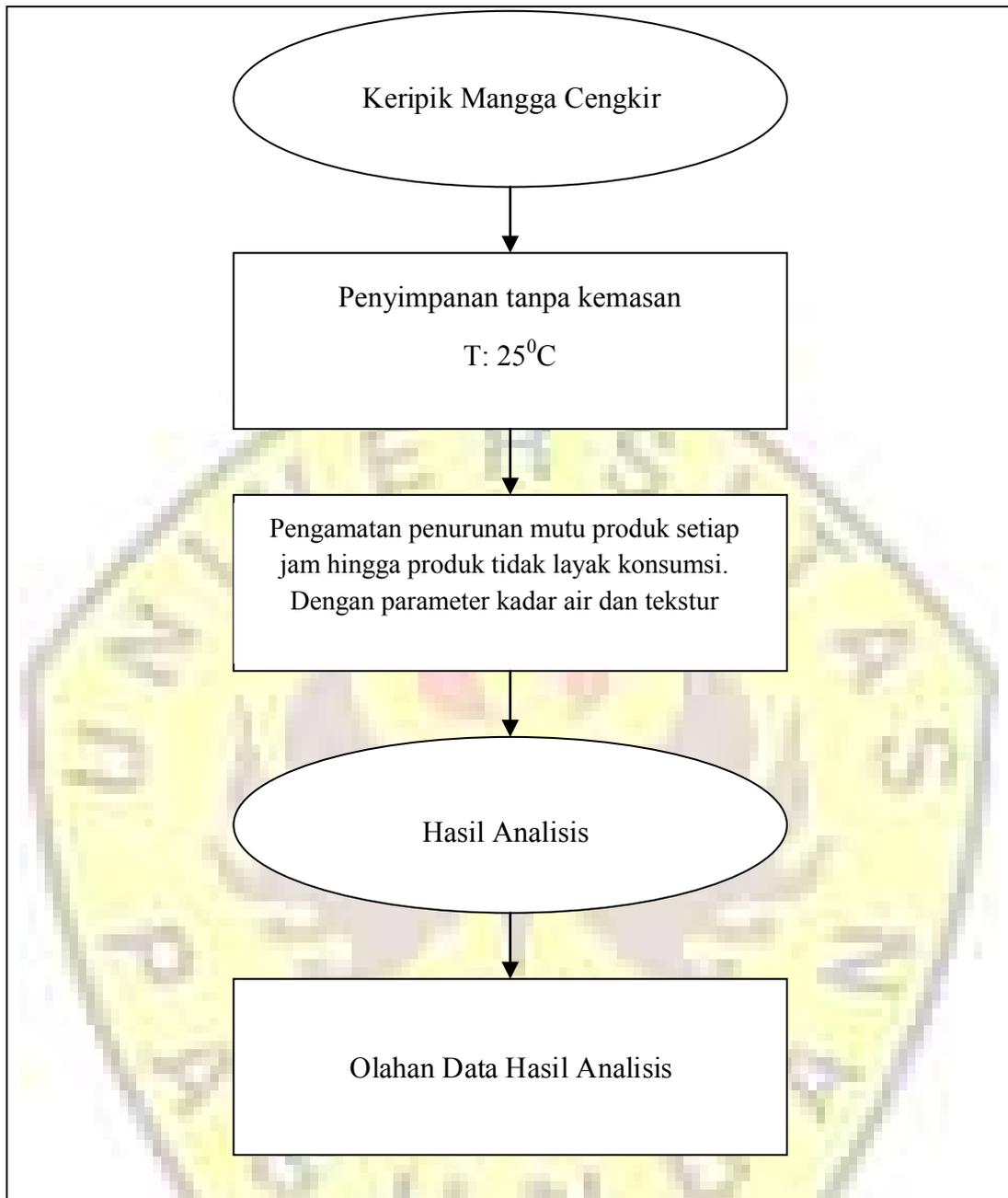
2. Pengamatan

Dilakukan analisis organoleptik setiap 30 menit sekali untuk parameter kadar air, setelah mendapatkan kadar air kritis dilakukan analisis untuk mendapatkan tekstur kritis.





Gambar 6. Diagram Alir Pembuatan Keripik Mangga Cengkir

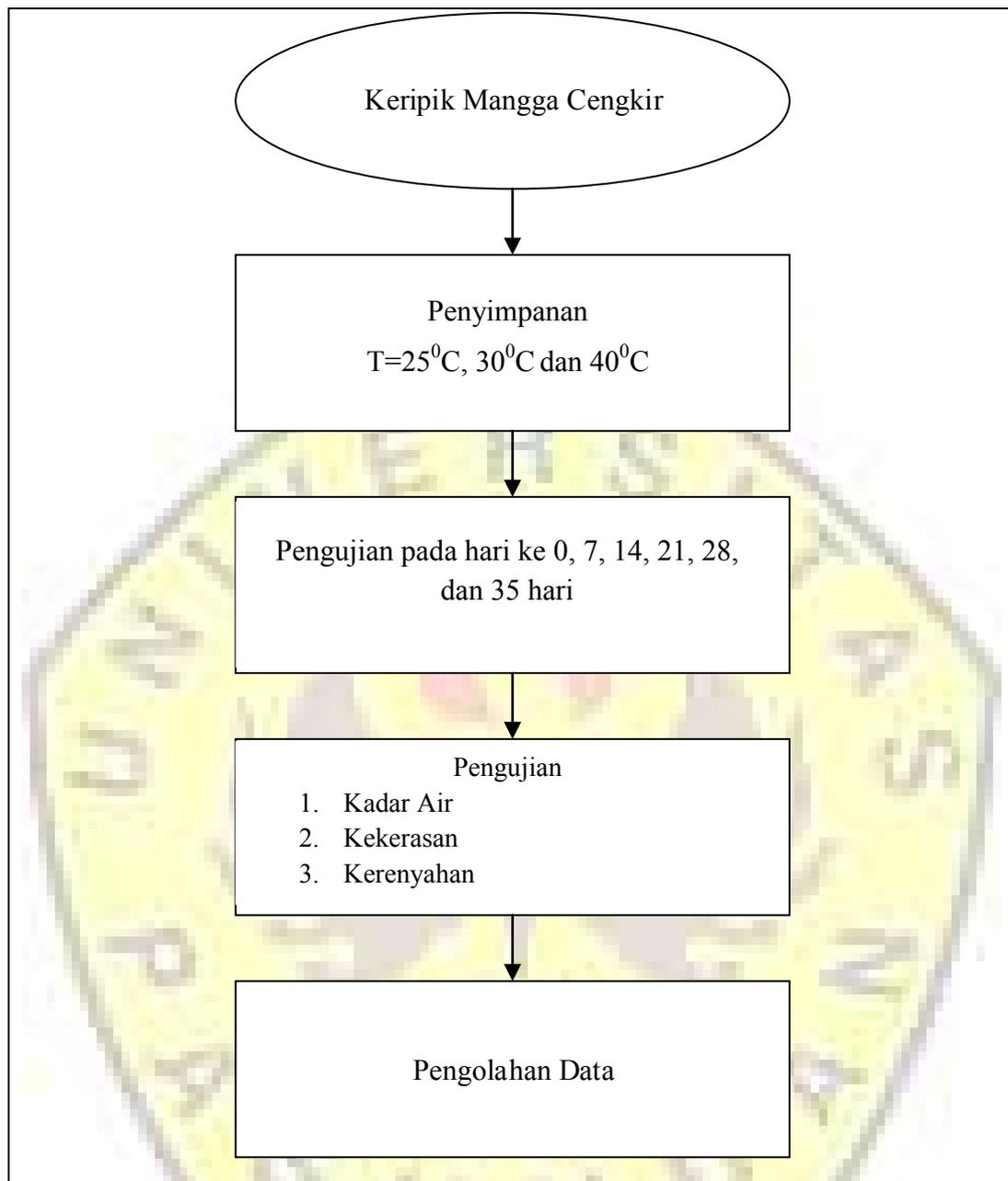


Gambar 7. Diagram Alir Penentuan Batas Titik Kritis

3.3.2. Penelitian Utama

Penelitian utama yaitu pendugaan umur simpan produk keripik mangga cengkir dengan menggunakan metode Arrhenius dengan pengambilan sampel, yaitu pada penyimpanan 0, 7, 14, 21, 28 dan 35 hari. Parameter uji pendugaan umur simpan produk keripik mangga cengkir adalah kadar air dengan metode gravimetri (AOAC, 1995), dan tekstur dengan *texture analyzer* model *TA-XTE* (Pratama, dkk, 2014).





Gambar 8. Diagram Alir Pendugaan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir

Gambar 9. Diagram Alir Penelitian



3.4. Jadwal Penelitian

Tabel 8. Jadwal Penelitian

| Kegiatan | Juni | | Juli | | | | Agustus | | | | September | | | | Oktober | | | | | November | | | | |
|---|------|---|------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|---------|---|---|---|---|----------|---|---|---|--|
| | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Pengajuan Judul dan Bimbingan Kepada Dosen Pembimbing | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Penyusunan Bab 1, 2, dan 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Seminar Usulan Penelitian dan Revisi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Penelitian | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Penyusunan Tugas Akhir | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pendaftaran dan Persiapan Sidang Tugas Akhir | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sidang Tugas Akhir dan Revisi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan merupakan uraian mengenai gagasan yang dikaitkan dengan hasil kajian teori dan hasil - hasil penelitian yang relevan. Bab ini akan menguraikan mengenai hasil dan pembahasan penelitian pendahuluan dan penelitian utama.

4.1. Penelitian Pendahuluan

4.1.1. Pembuatan Keripik Mangga Cengkir

Penelitian pendahuluan terdiri dari pembuatan keripik mangga cengkir sebagai produk yang akan dihitung umur simpannya. Hasil rendemen dari pembuatan keripik mangga cengkir dari bahan baku buah mangga cengkir dijelaskan pada tabel 9.

Tabel 9. Data Pembuatan Keripik Mangga Cengkir

| Keterangan | Rendemen | Kadar Air |
|----------------|----------|-----------|
| Buah Manga | 100% | - |
| Daging Buah | 61,7% | 63,63% |
| Keripik Mangga | 10,11% | 2,00% |

Tabel 9 menunjukkan bahwa rendemen hasil pembuatan keripik mangga cengkir dari bahan baku mangga cengkir sebesar 10,11% , sedikitnya hasil rendemen dari keripik mangga cengkir ini, disebabkan terjadinya penguapan air pada saat proses penggorengan dari kadar air daging buah mangga sebesar 63,63% menghasilkan keripik mangga cengkir dengan kadar air sebesar 2,00%, sehingga terjadi penyusutan kadar air lebih dari 50%. Semakin tinggi tekanan dan lama penggorengan, maka air yang berada dalam bahan semakin berkurang

dikarenakan tekanan yang tinggi akan menyebabkan keripik semakin kering dan air dalam bahan akan menguap (Irhamni, dkk, 2019).

Tabel 10. Parameter Awal Keripik Mangga Cengkir

| Parameter | Rata-rata |
|-----------|------------|
| Kadar air | 2,00% |
| Kekerasan | 4049,107gf |
| Kerenyaha | 3,729mm |

Berdasarkan tabel 10, kadar air awal keripik mangga cengkir sebesar 2%, kekerasan awal sebesar 4049,107gf dan kerenyahan awal sebesar 3,729mm. Pada saat proses penggorengan terjadi proses penguapan air sehingga kadar air didalam bahan menjadi rendah penguapan air terjadi karena minyak dipanaskan dengan suhu diatas titik didih air sehingga air didalam bahan menguap (Irhamni dkk, 2019).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jamaludin, dkk, (2011), suhu dan tekanan vakum mempengaruhi tingkat kekerasan dan kerenyahan dari produk nangka. Apabila kandungan air dalam padatan belum konstan sebelum kadar air mencapai 15%, peningkatan nilai kerenyahan masih rendah, namun apabila kandungan air dalam padatan mulai konstan atau di bawah 15% terjadi peningkatan kekerasan dan kerenyahan.

4.1.2. Penentuan Batas Kritis

Penentuan batas kritis yang dilakukan dengan analisis kadar air menggunakan metode gravimetri (AOAC, 1995). Sampel disimpan pada suhu ruang yaitu 25⁰C tanpa kemasan, lalu diamati dengan rentan waktu 0, 30, dan 60 menit. Pengujian dihentikan jika kadar air dari sampel tidak sesuai dengan SNI keripik nangka yaitu

maks. 5%. Setelah kadar air mencapai titik kritisnya, dilakukan pengukuran tekstur menggunakan *texture analyzer* model *TA-XTEpress* (Pratama, dkk, 2014).

Keripik mangga cengkir merupakan produk kering sehingga kadar air merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap penurunan mutu produk keripik mangga. Apabila kadar air didalam produk meningkat maka akan terjadi perubahan mutu dalam produk keripik mangga cengkir, sehingga dapat disimpulkan bahwa keripik mangga cengkir sudah mulai tidak baik untuk dikonsumsi.

Tabel 11. Hasil Pengujian Kadar Air Kritis Keripik Mangga Cengkir

| Sampel (Menit) | Kadar Air (%) | SNI |
|----------------|---------------|----------|
| 0 | 2,000 | Maks. 5% |
| 30 | 3,500 | |
| 60 | 5,000 | |

Berdasarkan tabel 11, semakin lama penyimpanan kadar air dalam bahan semakin tinggi, menurut Solihin (2015), apabila produk dibiarkan dalam kondisi terbuka, perubahan kadar air dapat terjadi karena adanya proses absorbs uap air dari udara ke produk selama masa penyimpanan sehingga kadar air dalam bahan akan meningkat. Diketahui bahwa pada penyimpanan menit ke- 60 keripik mangga cengkir sudah menunjukkan batas maksimum kandungan kadar air berdasarkan SNI 01-4269-1996 yaitu 5% sehingga keripik sudah tidak layak dikonsumsi.

Hasil dari pengujian batas kritis keripik mangga cengkir dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Hasil Pengujian Batas Kritis Keripik Mangga Cengkir

| Parameter | Menit ke-0 | Batas Kritis |
|------------|-------------|--------------|
| Kadar Air | 2% | 5% |
| Kekerasan | 4049,107 gf | 2114,203 gf |
| Kerenyahan | 3,729 mm | 1,124 mm |

Berdasarkan tabel 12, terjadi peningkatan kadar air sedangkan kekerasan dan kerenyahan terjadi penurunan. Hal ini disebabkan karena selama masa penyimpanan menyebabkan produk menyerap sejumlah air dari lingkungan sehingga kadar air pada keripik meningkat dan mempengaruhi nilai kekerasan dan kerenyahannya. Air akan melarutkan dan melunakan matriks pati atau protein yang ada pada sebagian besar bahan pangan yang mengakibatkan perubahan kekuatan mekanik termasuk kekerasan dan kerenyahan, sehingga semakin meningkatnya kadar air keripik selama penyimpanan akan semakin berkurang kekerasan dan kerenyahannya (Maulana, 2011).

4.2. Penelitian Utama

Penelitian utama terdiri dari pendugaan umur simpan keripik mangga cengkir berdasarkan pada kadar air dan tekstur (kekerasan dan kerenyahan) dengan menggunakan metode Arrhenius.

4.2.1. Kadar Air

Pendugaan umur simpan yang dilakukan dengan analisis kadar air menggunakan metode gravimetri (AOAC, 1995). Sampel disimpan pada suhu 25⁰C, 30⁰C, dan 40⁰C dalam kemasan *aluminium foil*, lalu diamati dengan rentan waktu 7 hari selama 35 hari.

Kandungan air sangat berpengaruh terhadap konsistensi bahan pangan dimana sebagian besar bahan pangan segar mempunyai kadar air 70% sampai lebih. Pada umumnya keawetan bahan pangan mempunyai hubungan erat dengan kadar air yang dikandungnya (Winarno, 1991).

Hasil analisis perubahan kadar air keripik mangga cengkir disimpan pada suhu yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 13.

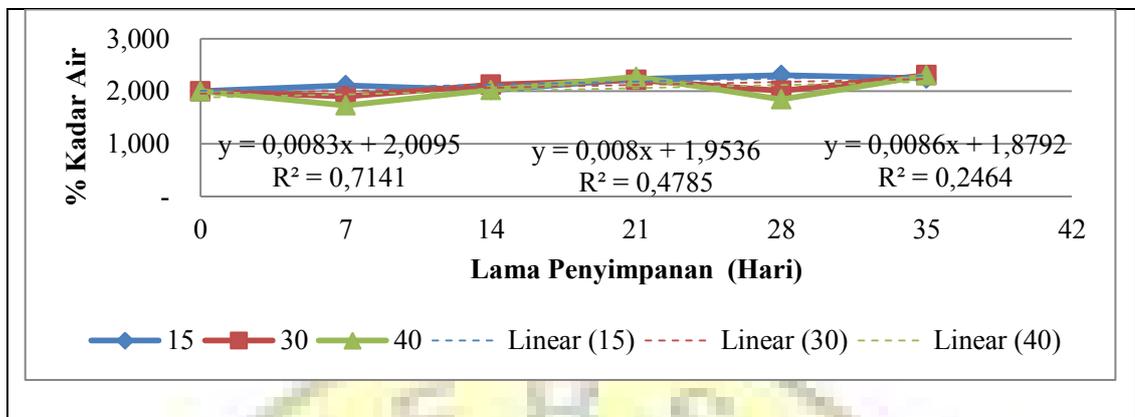
Tabel 13. Kadar Air (%) Keripik Mangga Cengkir

| Waktu Penyimpanan (Hari) | Suhu Penyimpanan | | | | | |
|--------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 25°C | | 30°C | | 40°C | |
| | % | Ln | % | Ln | % | Ln |
| 0 | 2,000 | 0,693 | 2,000 | 0,693 | 2,000 | 0,693 |
| 7 | 2,114 | 0,749 | 1,902 | 0,643 | 1,731 | 0,549 |
| 14 | 2,021 | 0,704 | 2,125 | 0,754 | 2,024 | 0,705 |
| 21 | 2,236 | 0,805 | 2,215 | 0,795 | 2,275 | 0,822 |
| 28 | 2,309 | 0,837 | 2,010 | 0,698 | 1,847 | 0,614 |
| 35 | 2,245 | 0,809 | 2,309 | 0,837 | 2,302 | 0,834 |

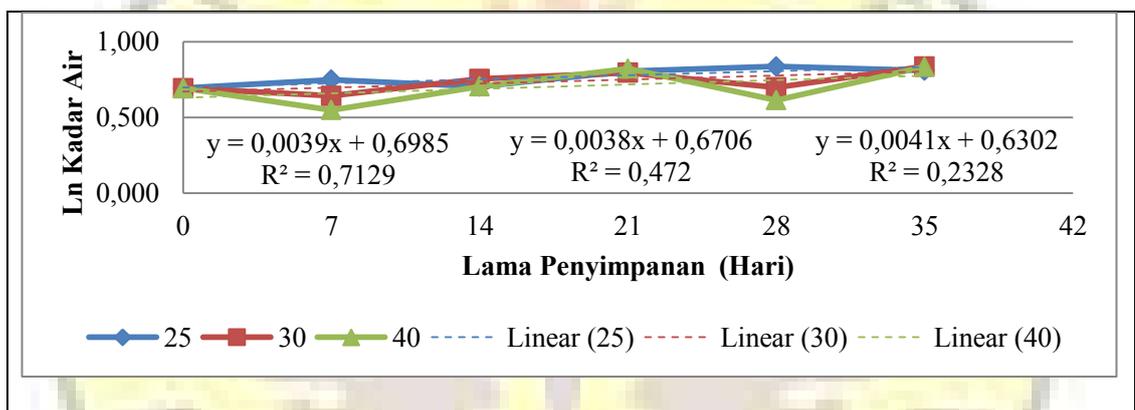
Berdasarkan tabel 13, terlihat bahwa keripik mangga cengkir mengalami peningkatan kadar air selama penyimpanan. Laju peningkatan kadar air keripik mangga cengkir yang disimpan pada suhu 40°C merupakan yang paling tinggi dibandingkan dengan laju peningkatan kadar air pada suhu 25°C dan 30°C. Suhu penyimpanan mempengaruhi laju peningkatan kadar air keripik mangga cengkir. Suhu penyimpanan yang semakin tinggi dapat mempercepat penurunan mutu karena keripik mangga cengkir yang disimpan akan cepat rusak akibat pengaruh panas (Putra, 2010).

Untuk mengetahui ordo yang tepat, dilakukan pemetaan data antara parameter kadar air terhadap waktu penyimpanan untuk ordo reaksi 0 dan ordo reaksi 1 yang

disajikan pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Grafik Perubahan Kadar Air Keripik Mangga Cengkir



Gambar 11. Grafik Perubahan Ln Kadar Air Keripik Mangga Cengkir

Berdasarkan grafik pada Gambar 10 dan 11, dapat dilihat persamaan regresi linear dan R^2 pada setiap masing-masing suhu. Dari persamaan didapat nilai a dan b pada masing-masing jenis kemasan dan suhu penyimpanan, dimana a adalah kadar air saat mulai disimpan, b adalah laju peningkatan kadar air (k), x adalah waktu penyimpanan (hari), dan y adalah kadar air.

Nilai b kadar air tertinggi terdapat pada keripik mangga cengkir yang disimpan pada suhu 40°C, hal ini menunjukkan laju kadar air pada suhu 40°C selama penyimpanan dari hari ke-0 hingga hari ke-35 mengalami kenaikan lebih cepat

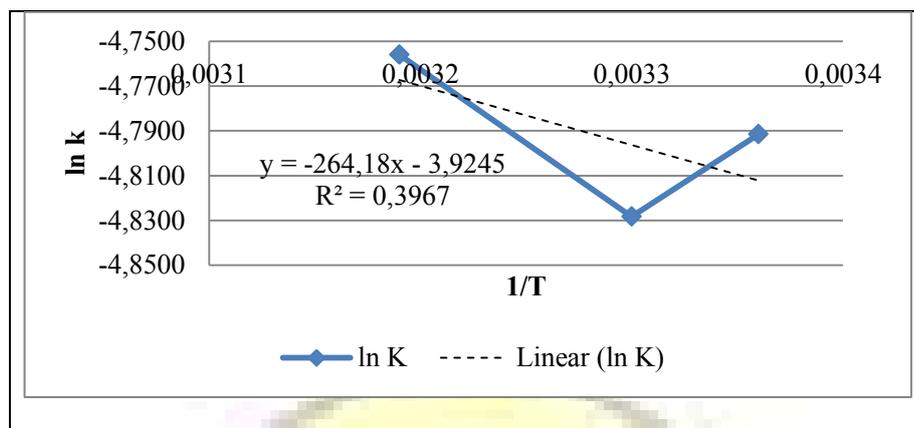
dibandingkan dengan suhu penyimpanan 25°C dan 30°C. Artinya semakin tinggi kadar air maka semakin besar penurunan mutunya. Nilai b atau koefisien regresi menunjukkan nilai positif untuk suhu 25°C, 30°C, dan 40°C sehingga dapat dikatakan bahwa setiap nilai x (lama penyimpanan) menaikkan nilai y (kadar air). Akan tetapi setiap suhu menunjukkan nilai b yang berbeda, hal ini menunjukkan derajat kemiringan yang berbeda pula.

Koefisien relasi (r) pada setiap suhu memiliki nilai positif maka menandakan adanya hubungan linier sempurna langsung, Maka hal tersebut menunjukkan hubungan lama penyimpanan mempengaruhi nilai kadar air pada masing-masing suhu penyimpanan. Nilai R² pada suhu 25°C berkorelasi tinggi sedangkan pada suhu 30°C dan 40°C berkorelasi rendah, rendahnya korelasi disebabkan karena hasil analisis kadar air memiliki nilai yang fluktuatif atau tidak stabil.

Data yang diperoleh diplotkan ke dalam ordo 0 dan ordo 1, maka ordo reaksi yang paling sesuai adalah ordo reaksi yang mempunyai nilai koefisien determinasi (R²) paling tinggi atau yang lebih linear yaitu ordo 0. Kemudian, didapatkan nilai konstanta laju penurunan mutu (k) dari masing-masing persamaan regresi ordo 0. Nilai k kemudian diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 12 dengan 1/T sebagai sumbu x dan ln k sebagai sumbu y.

Tabel 14. 1/T Dengan Ln k Kadar Air

| Suhu (°C) | Suhu (°K) | (1/T) ⁰ K | k | ln k |
|-----------|-----------|----------------------|--------|---------|
| 25 | 298 | 0,00336 | 0,0083 | -4,7915 |
| 30 | 303 | 0,00330 | 0,008 | -4,8283 |
| 40 | 313 | 0,00319 | 0,0086 | -4,7560 |



Gambar 12. Grafik Pendugaan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter Kadar Air

Kurva hubungan $\ln k$ dengan $1/T$ diatas, didapatkan persamaan regresi linear. Kurva pada Gambar 12 menunjukkan bahwa semakin kecil $\ln k$ maka nilai $1/T$ semakin besar, sedangkan nilai b atau koefisien regresi yang dihasilkan memberi nilai negatif yang menandakan adanya penurunan $\ln k$ kadar air oleh kenaikan suhu $1/T$.

Dari persamaan tersebut dapat diperoleh nilai energi aktivasi dan diperoleh pula nilai k (konstanta penurunan mutu) pada suhu 25, 30 dan 40°C. Selanjutnya nilai k tersebut diplotkan kedalam persamaan perhitungan umur simpan mengikuti ordo reaksi nol sehingga diperoleh umur simpan keripik mangga cengkir. Nilai E_a , k dan umur simpan keripik mangga cengkir dengan parameter kadar air dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Konstanta Penurunan Mutu dan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter Kadar Air

| Suhu (°C) | E_a (kal/mol) | k_0 | Konstanta Penurunan Mutu (k)/(Hari) | Umur Simpan (Hari) |
|-----------|-----------------|--------|-------------------------------------|--------------------|
| 25 | 524,662 | 0,0198 | 0,0082 | 365,85 |
| 30 | | | 0,0083 | 361,45 |
| 40 | | | 0,0085 | 352,94 |

Berdasarkan tabel 15 dapat diketahui laju penurunan mutu masing-masing suhu berbeda-beda. Dapat dilihat bahwa laju penurunan mutu tiap harinya berdasarkan parameter kadar air keripik mangga cengkir pada suhu 40⁰C lebih besar dibandingkan pada suhu 30⁰C dan 25⁰C. Sehingga umur simpan keripik mangga cengkir yang disimpan pada suhu 40⁰C lebih singkat dibandingkan dengan keripik mangga cengkir yang disimpan dengan suhu 30⁰C dan 25⁰C. Sudarmadji (1989) menyatakan bahwa secara alami bahan pangan bersifat higroskopis, yaitu dapat menyerap air dari udara sekeliling dan juga sebaliknya dapat melepaskan sebagian air yang terkandung, sehingga dapat dicapai kadar air kesetimbangan dengan kelembaban relatif udara di sekelilingnya.

4.2.2. Kekerasan

Pendugaan umur simpan yang dilakukan dengan analisis kekerasan menggunakan *texture analyzer* model *TA-XTE* (Pratama, dkk, (2014)). Sampel disimpan pada suhu 25⁰C, 30⁰C, dan 40⁰C dalam kemasan *aluminium foil*, lalu diamati dengan rentang waktu 7 hari selama 35 hari.

Kekerasan keripik mangga cengkir dipengaruhi oleh kadar air. Peningkatan kadar air dihubungkan dengan produk yang menjadi lembek dan alot (kehilangan kerapuhan) akibat air (Arimi, dkk, dalam Harahap dkk, 2018).

Kerenyahan berbanding terbalik dengan nilai kekerasan. Semakin rendah nilai kekerasannya maka semakin baik kerenyahannya karena gaya yang dibutuhkan untuk memecahkan produk semakin kecil (Pratiwi, 2003).

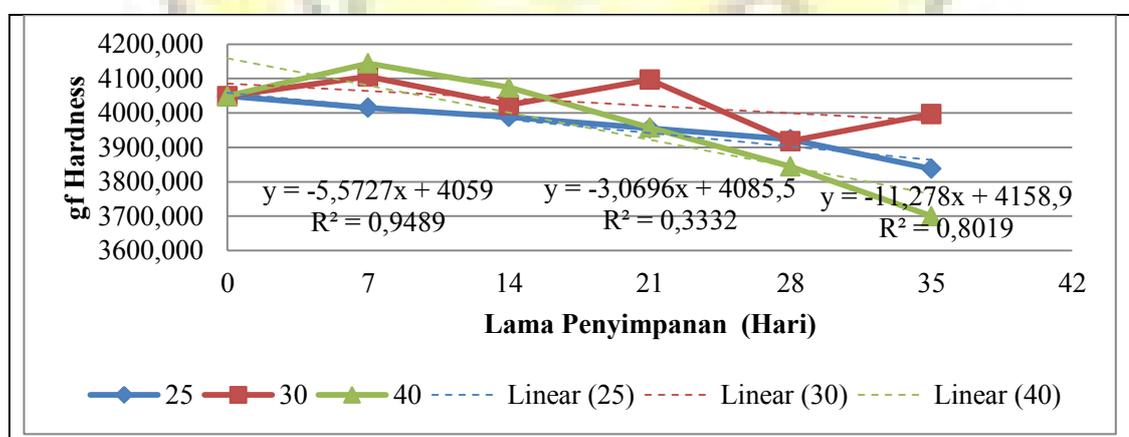
Hasil analisis terhadap nilai kekerasan keripik mangga cengkir dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Kekerasan Keripik Mangga Cengkir

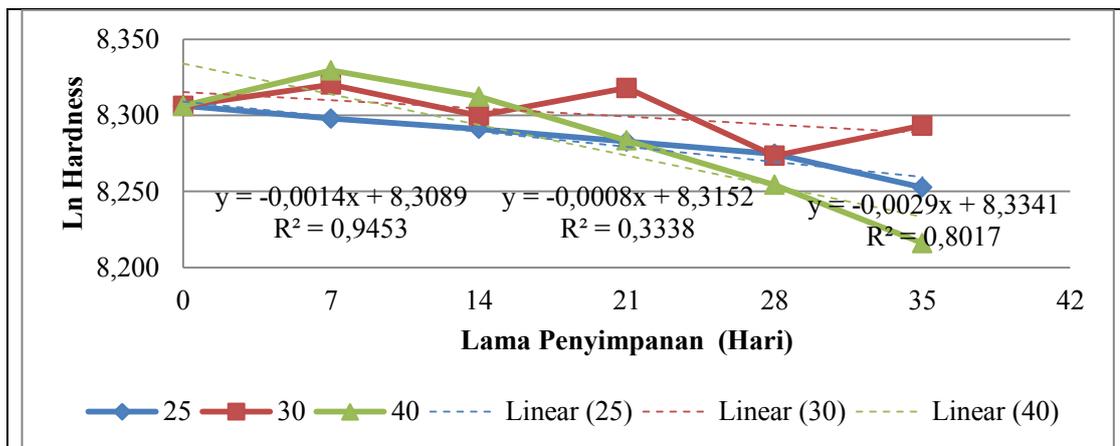
| Waktu Penyimpanan (Hari) | Suhu Penyimpanan | | | | | |
|--------------------------|------------------|-------|----------|-------|----------|-------|
| | 25°C | | 30°C | | 40°C | |
| | gf | Ln | gf | Ln | gf | Ln |
| 0 | 4049,107 | 8,306 | 4049,107 | 8,306 | 4049,107 | 8,306 |
| 7 | 4015,342 | 8,298 | 4106,103 | 8,320 | 4144,405 | 8,330 |
| 14 | 3988,134 | 8,291 | 4023,258 | 8,300 | 4073,983 | 8,312 |
| 21 | 3955,193 | 8,283 | 4096,962 | 8,318 | 3957,791 | 8,283 |
| 28 | 3923,215 | 8,275 | 3918,364 | 8,273 | 3844,158 | 8,254 |
| 35 | 3837,908 | 8,253 | 3996,598 | 8,293 | 3699,864 | 8,216 |

Berdasarkan tabel 16, terlihat bahwa keripik mangga cengkir mengalami penurunan kekerasan selama penyimpanan. Laju penurunan pada keripik mangga cengkir yang disimpan pada suhu 40°C merupakan yang paling tinggi dibandingkan dengan laju penurunan pada suhu 25°C dan 30°C. Penurunan kekerasan terjadi karena kadar air didalam bahan meningkat yang menyebabkan produk menjadi lembek (Arimi dkk, dalam Harahap dkk, 2018), sehingga kekerasan keripik mangga cengkir rendah.

Untuk mengetahui ordo yang tepat, dilakukan pemetaan data antara parameter kadar air terhadap waktu penyimpanan untuk ordo reaksi 0 dan ordo reaksi 1 yang disajikan pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13. Grafik Perubahan Kekerasan Keripik Mangga



Gambar 14. Grafik Perubahan Ln Kekerasan Keripik Mangga Cengkir

Berdasarkan grafik pada Gambar 13 dan 14, dapat dilihat persamaan regresi linear dan R^2 pada setiap masing-masing suhu. Dari persamaan didapat nilai a dan b pada masing-masing jenis kemasan dan suhu penyimpanan, dimana a adalah kekerasan saat mulai disimpan, b adalah laju peningkatan kekerasan (k), x adalah waktu penyimpanan (hari), dan y adalah kekerasan.

Nilai b kekerasan terendah terdapat pada keripik mangga cengkir yang disimpan pada suhu 40°C, hal ini menunjukkan laju kekerasan pada suhu 40°C selama penyimpanan dari hari ke-0 hingga hari ke-35 mengalami penurunan lebih cepat dibandingkan dengan suhu penyimpanan 25°C dan 30°C. Nilai b atau koefisien regresi menunjukkan nilai negatif untuk suhu 25°C, 30°C, dan 40°C sehingga dapat dikatakan bahwa setiap nilai x (lama penyimpanan) menurunkan nilai y (kekerasan). Akan tetapi setiap suhu menunjukkan nilai b yang berbeda, hal ini menunjukkan derajat kemiringan yang berbeda pula.

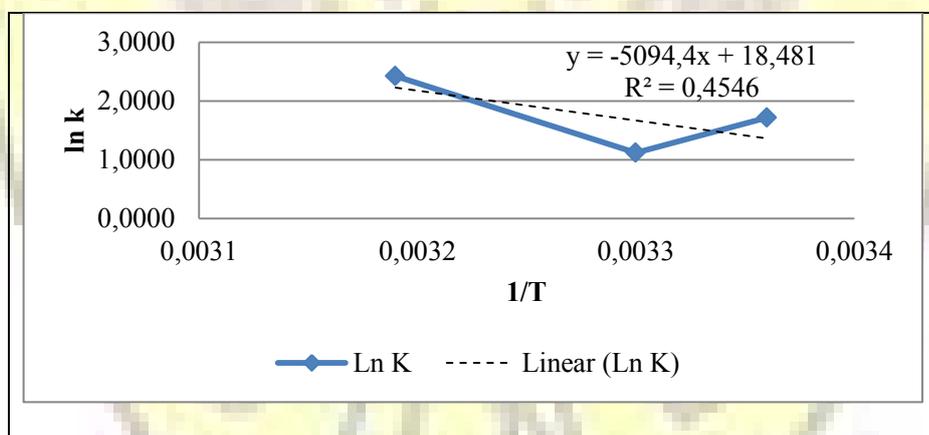
Nilai R^2 pada suhu 25°C dan 40°C berkorelasi tinggi sedangkan pada suhu 30°C berkorelasi rendah, rendahnya korelasi pada suhu 30°C disebabkan karena

hasil analisis kekerasan pada suhu 30⁰C memiliki nilai yang naik turun atau tidak stabil.

Data yang diperoleh diplotkan ke dalam ordo 0 dan ordo 1, maka ordo reaksi yang paling sesuai adalah ordo reaksi yang mempunyai nilai koefisien determinasi (R^2) paling tinggi atau yang lebih linear yaitu ordo 0. Kemudian, didapatkan nilai konstanta laju penurunan mutu (k) dari masing-masing persamaan regresi ordo 0. Nilai k kemudian diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 15 dengan $1/T$ sebagai sumbu x dan $\ln k$ sebagai sumbu y.

Tabel 17. $1/T$ Dengan $\ln k$ Kekerasan

| Suhu (⁰ C) | Suhu (⁰ K) | (1/T) ⁰ K | k | ln k |
|------------------------|------------------------|----------------------|--------|--------|
| 25 | 298 | 0,0033557 | 5,5727 | 1,7179 |
| 30 | 303 | 0,0033003 | 3,0696 | 1,1215 |
| 40 | 313 | 0,0031949 | 11,278 | 2,4229 |



Gambar 15. Grafik pendugaan umur simpan keripik mangga cengkir parameter kekerasan

Kurva hubungan $\ln k$ dengan $1/T$ di atas, didapatkan persamaan regresi linear. Kurva pada Gambar 15 menunjukkan bahwa semakin kecil $\ln k$ maka nilai $1/T$ semakin besar, sedangkan nilai b atau koefisien regresi yang dihasilkan memberi

nilai negatif yang menandakan adanya penurunan $\ln k$ kekerasan oleh kenaikan suhu $1/T$.

Dari persamaan tersebut dapat diperoleh nilai energi aktivasi dan diperoleh pula nilai k (konstanta penurunan mutu) pada suhu 25, 30 dan 40°C. Selanjutnya nilai k tersebut diplotkan kedalam persamaan perhitungan umur simpan mengikuti ordo reaksi nol sehingga diperoleh umur simpan keripik mangga cengkir. Nilai E_a , k dan umur simpan keripik mangga cengkir dengan parameter kadar air dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18. Konstanta Penurunan Mutu dan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter Kekerasan

| Suhu (°C) | E_a (kal/mol) | k_0 | Konstanta Penurunan Mutu (k)/(Hari) | Umur Simpan (Hari) |
|-----------|-----------------|-------------|-------------------------------------|--------------------|
| 25 | 10117,478 | 106217559,8 | 3,9111 | 494,72 |
| 30 | | | 5,3094 | 364,43 |
| 40 | | | 9,2986 | 208,09 |

Berdasarkan tabel 18 dapat diketahui laju penurunan mutu masing-masing suhu berbeda-beda. Dapat dilihat bahwa laju penurunan mutu tiap harinya berdasarkan parameter kekerasan keripik mangga cengkir pada suhu 40°C lebih besar dibandingkan pada suhu 30°C dan 25°C. Sehingga umur simpan keripik mangga cengkir yang disimpan pada suhu 40°C lebih singkat dibandingkan dengan keripik mangga cengkir yang disimpan dengan suhu 30°C dan 25°C. Peningkatan kekerasan disebabkan oleh peningkatan jumlah air yang mengisi pori-pori udara bahan pangan (Roudaut, *et al.*, (2004) dalam Harahap, dkk, 2018). Berdasarkan penelitian ini semakin tinggi kadar air kekerasan semakin menurun, hal ini disebabkan karena selama penyimpanan kandungan lemak meningkat,

menurut Harper (1981) dalam Pitrawati (2008) tingkat kekerasan yang rendah dapat disebabkan oleh kandungan lemak, lemak dapat membentuk suatu kompleks dengan amilosa yang dapat menurunkan derajat pengembangan, namun perbandingan lemak dengan amilosa yang semakin tinggi menyebabkan kekerasan menurun karena semakin banyak lemak yang tidak membentuk kompleks dengan amilosa sehingga produk menjadi tidak keras. sehingga kekerasan keripik mangga cengkir rendah.

4.2.3. Kerenyahan

Pendugaan umur simpan yang dilakukan dengan analisis kerenyahan menggunakan *texture analyzer* model *TA-XTEpress* (Pratama, dkk, (2014)). Sampel disimpan pada suhu 25⁰C, 30⁰C, dan 40⁰C dalam kemasan *aluminium foil*, lalu diamati dengan rentan waktu 7 hari selama 35 hari.

Kerenyahan merupakan suatu perubahan sifat fisik pada bahan pangan akibat dari reaksi deteriorasi selama penyimpanan yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembaban relatif. Tergantung pada tingkat deteriorasi yang berlangsung, perubahan tersebut dapat menyebabkan produk pangan tidak dapat digunakan untuk tujuan seperti yang seharusnya, atau bahkan tidak dapat dikonsumsi sehingga dikategorikan sebagai bahan kadaluwarsa (Arpah, 2001).

Perbedaan tingkat kekerasan dan kerenyahan berkaitan erat dengan perbedaan komposisi bahan dasarnya, terutama pada komposisi amilosa dan amilopektin. Kadar amilopektin yang tinggi pada bahan akan mampu meningkatkan kerenyahan dari keripik mangga cengkir yang dihasilkan karena amilopektin lebih

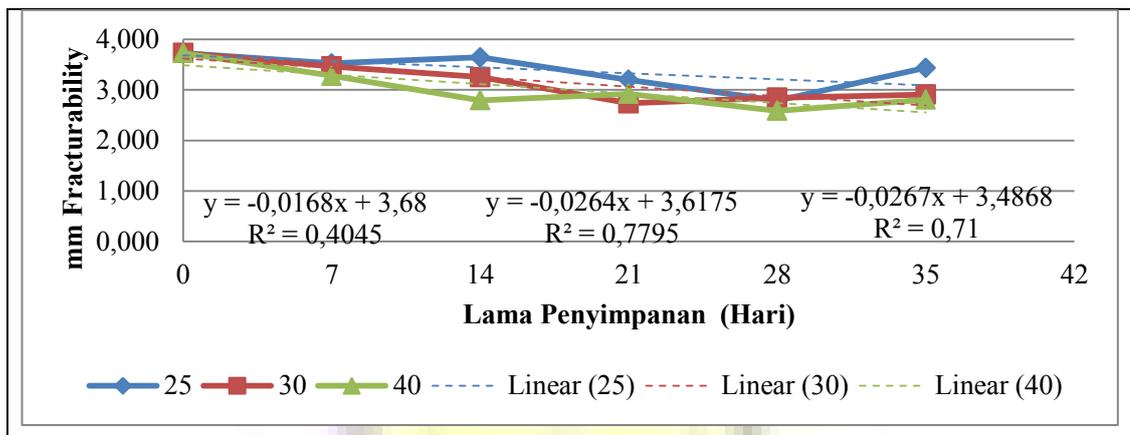
mengikat air daripada amilosa sehingga penguapan yang terjadi saat penggorengan lebih tinggi daripada amilosa. Semakin lama waktu penggorengan, maka semakin banyak pori-pori dalam bahan tersebut yang terbentuk maka tingkat kerenyahan semakin tinggi dan kekerasan menurun (Harahap, dkk, 2018).

Tabel 19. Kerenyahan Keripik Mangga Cengkir

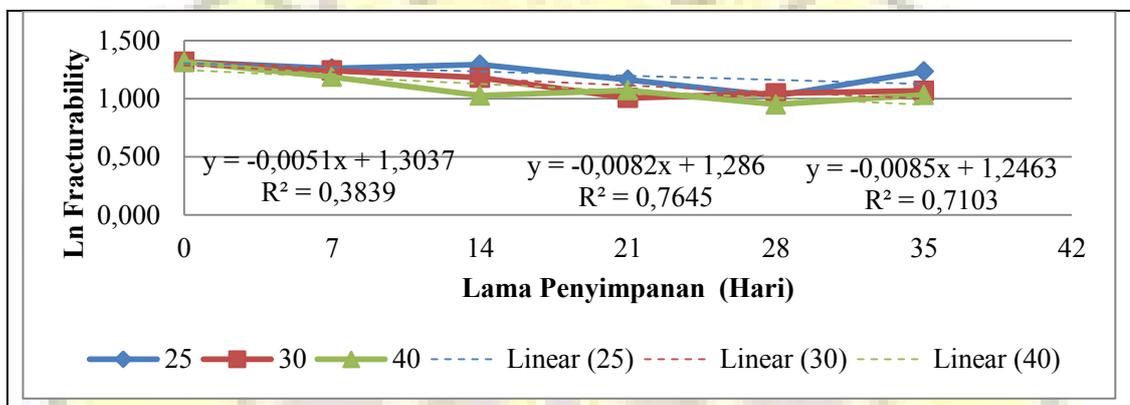
| Waktu Penyimpanan (Hari) | Suhu Penyimpanan | | | | | |
|--------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 25°C | | 30°C | | 40°C | |
| | mm | Ln | mm | Ln | mm | Ln |
| 0 | 3,729 | 1,316 | 3,729 | 1,316 | 3,729 | 1,316 |
| 7 | 3,523 | 1,259 | 3,462 | 1,242 | 3,277 | 1,187 |
| 14 | 3,643 | 1,293 | 3,253 | 1,180 | 2,793 | 1,027 |
| 21 | 3,197 | 1,162 | 2,733 | 1,005 | 2,920 | 1,072 |
| 28 | 2,788 | 1,025 | 2,846 | 1,046 | 2,586 | 0,950 |
| 35 | 3,436 | 1,234 | 2,908 | 1,067 | 2,808 | 1,032 |

Berdasarkan tabel 19, terlihat bahwa keripik mangga cengkir mengalami penurunan kerenyahan selama penyimpanan. Laju penurunan pada keripik mangga cengkir yang disimpan pada suhu 40°C merupakan yang paling tinggi dibandingkan dengan laju penurunan pada suhu 25°C dan 30°C. Penurunan kerenyahan selama penyimpanan menurut Maulana (2011), disebabkan karena selama penyimpanan kelembaban relatif yang tinggi dalam ruang penyimpanan menyebabkan produk menyerap sejumlah air dari lingkungan sehingga kadar air pada keripik salak meningkat dan mempengaruhi nilai kerenyahannya.

Untuk mengetahui ordo yang tepat, dilakukan pemetaan data antara parameter kadar air terhadap waktu penyimpanan untuk ordo reaksi 0 dan ordo reaksi 1 yang disajikan pada Gambar 16 dan Gambar 17.



Gambar 16. Grafik Perubahan Kerenyahan Keripik Mangga Cengkir



Gambar 17. Grafik Perubahan Ln Kerenyahan Keripik Mangga Cengkir

Berdasarkan grafik pada Gambar 16 dan 17, dapat dilihat persamaan regresi linear dan R^2 pada setiap masing-masing suhu. Dari persamaan didapat nilai a dan b pada masing-masing jenis kemasan dan suhu penyimpanan, dimana a adalah kekerasan saat mulai disimpan, b adalah laju peningkatan kekerasan (k), x adalah waktu penyimpanan (hari), dan y adalah kekerasan.

Nilai b kerenyahan terendah terdapat pada keripik mangga cengkir yang disimpan pada suhu 40°C, hal ini menunjukkan laju kerenyahan pada suhu 40°C selama penyimpanan dari hari ke-0 hingga hari ke-35 mengalami penurunan lebih cepat dibandingkan dengan suhu penyimpanan 25°C dan 30°C. Nilai b atau

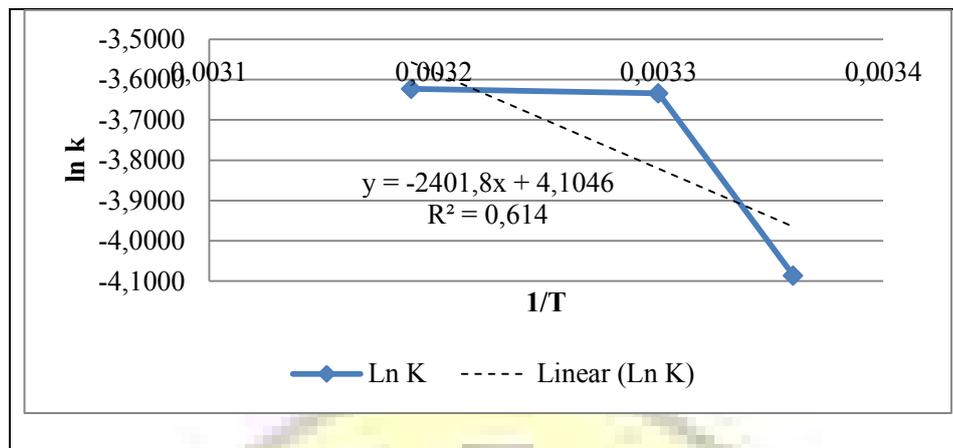
koefisien regresi menunjukkan nilai negatif untuk suhu 25°C, 30°C, dan 40°C sehingga dapat dikatakan bahwa setiap nilai x (lama penyimpanan) menurunkan nilai y (kerenyahan). Akan tetapi setiap suhu menunjukkan nilai b yang berbeda, hal ini menunjukkan derajat kemiringan yang berbeda pula.

Nilai R^2 pada suhu 30°C dan 40°C berkorelasi tinggi sedangkan pada suhu 25°C berkorelasi rendah, rendahnya korelasi pada suhu 25°C disebabkan karena hasil analisis kerenyahan pada suhu 25°C memiliki nilai yang naik turun atau tidak stabil.

Data yang diperoleh diplotkan ke dalam ordo 0 dan ordo 1, maka ordo reaksi yang paling sesuai adalah ordo reaksi yang mempunyai nilai koefisien determinasi (R^2) paling tinggi atau yang lebih linear yaitu ordo 0. Kemudian, didapatkan nilai konstanta laju penurunan mutu (k) dari masing-masing persamaan regresi ordo 0. Nilai k kemudian diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 18 dengan $1/T$ sebagai sumbu x dan $\ln k$ sebagai sumbu y.

Tabel 20. $1/T$ Dengan $\ln k$ Kerenyahan

| Suhu ($^{\circ}\text{C}$) | Suhu ($^{\circ}\text{K}$) | $(1/T)^{\circ}\text{K}$ | k | $\ln k$ |
|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------|---------|
| 25 | 298 | 0,00336 | 0,0168 | -4,0864 |
| 30 | 303 | 0,0033 | 0,0264 | -3,6344 |
| 40 | 313 | 0,00319 | 0,0267 | -3,6231 |



Gambar 18. Grafik Pendugaan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter Kerenyahan

Kurva hubungan $\ln k$ dengan $1/T$ di atas, didapatkan persamaan regresi linear. Kurva pada Gambar 18 menunjukkan bahwa semakin kecil $\ln k$ maka nilai $1/T$ semakin besar, sedangkan nilai b atau koefisien regresi yang dihasilkan memberi nilai negatif yang menandakan adanya penurunan $\ln k$ kekerasn oleh kenaikan suhu $1/T$.

Dari persamaan tersebut dapat diperoleh nilai energi aktivasi dan diperoleh pula nilai k (konstanta penurunan mutu) pada suhu 25, 30 dan 40°C. Selanjutnya nilai k tersebut diplotkan kedalam persamaan perhitungan umur simpan mengikuti ordo reaksi nol sehingga diperoleh umur simpan keripik mangga cengkir. Nilai E_a , k dan umur simpan keripik mangga cengkir dengan parameter kadar air dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21. Konstanta Penurunan Mutu dan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter Kerenyahan

| Suhu (°C) | Ea (kal/mol) | k_0 | Konstanta Penurunan Mutu (k)/(Hari) | Umur Simpan (Hari) |
|-----------|--------------|---------|-------------------------------------|--------------------|
| 25 | 4769,975 | 60,6185 | 0,0190 | 137,11 |
| 30 | | | 0,0219 | 118,95 |
| 40 | | | 0,0285 | 91,40 |

Berdasarkan tabel 21 dapat diketahui laju penurunan mutu masing-masing suhu berbeda-beda. Dapat dilihat bahwa laju penurunan mutu tiap harinya berdasarkan parameter kekerasan keripik mangga cengkir pada suhu 40⁰C lebih besar dibandingkan pada suhu 30⁰C dan 25⁰C. Sehingga umur simpan keripik mangga cengkir yang disimpan pada suhu 40⁰C lebih singkat dibandingkan dengan keripik mangga cengkir yang disimpan dengan suhu 30⁰C dan 25⁰C. Semakin lama sampel disimpan, maka kesempatan air untuk masuk ke dalam pori-pori sampel semakin tinggi. Produk akan menjadi lebih alot atau keras dan kerenyahannya juga menurun (Harahap, dkk, (2018)). Air akan melarutkan dan melunakan matriks pati atau protein yang ada pada sebagian besar bahan pangan yang mengakibatkan perubahan kekuatan mekanik termasuk kerenyahan, sehingga semakin meningkatnya kadar air produk selama penyimpanan akan semakin berkurang kerenyahannya (Nurhayati, 2007).

4.3. Rekapitulasi Umur Simpan Dari Berbagai Faktor

1. Hasil rendemen keripik mangga cengkir yang didapatkan dari bahan baku buah mangga cengkir adalah 10,11%, dengan kadar air awal keripik mangga cengkir adalah 2%, kekerasan awal sebesar 4049,107gf dan kerenyahan awal sebesar 3,729mm
2. Hasil penelitian pendahuluan batas kritis keripik mangga cengkir dengan menggunakan metode gravimetri didapat pada menit ke-60 sudah mencapai kadar air maksimum keripik menurut SNI, dengan kadar air kritis 5,00%, kekerasan 2114,203gf, dan kerenyahan sebesar 1,124mm.
3. Umur simpan keripik mangga cengkir

Tabel 22. Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir

| Parameter | Umur Simpan (Hari) | | |
|------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | 25 ⁰ C | 30 ⁰ C | 40 ⁰ C |
| Kadar Air | 365,85 | 361,45 | 352,94 |
| Kekerasan | 494,72 | 364,43 | 208,09 |
| Kerenyahan | 137,11 | 118,95 | 91,40 |

V KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan merupakan pernyataan singkat tentang hasil analisis dan pembahasan tentang hasil pengujian hipotesis yang telah dilakukan di bab sebelumnya. Saran adalah usul atau pendapat dari peneliti yang berkaitan dengan pemecahan masalah yang menjadi objek penelitian.

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pendugaan umur simpan keripik mangga cengkir dalam kemasan *aluminium foil*, dapat disimpulkan bahwa umur simpan keripik mangga cengkir pada suhu 25⁰C adalah 137,11 hari, 30⁰C adalah 118,95 hari, dan 40⁰C adalah 91,40 hari.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan, disarankan penyimpanan keripik mangga cengkir dalam kemasan *aluminium foil* agar tahan lama disimpan pada suhu 25⁰C.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] *Assosiation of Official Analitical Chemist*. 1995. **Official Method of Analysis of The Association**. Washington Dc. USA. Hal 97-149.
- Arpah. 2001. **Buku dan Monograf Penentuan Kadaluwarsa Produk Pangan**. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Arpah. 2007. **Penentuan Waktu Kadaluarsa Pangan**. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Badan Standardisasi Nasional. 1996. SNI 01-4269-1996. **Keripik Nangka**. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 01-3741-2002. **Standar Mutu Minyak Goreng**. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Buckle, K. A., R. A., Edwards, G. H., Fleet and Wooton. 1987. **Ilmu Pangan**, (terjemahan : Purnama, H dan Adiono), UI-Press. Yogyakarta.
- Buckle, K.A., R.A. Edward, G.H. Fleet dan Wootton. 2009. **Ilmu Pangan**. Terjemahan: Purnomo dan Adiono. UI-Press. Jakarta.
- Camilan. 2015. **Resep Keripik Mangga Enak**. *Internet*. Tersedia di: <http://resepkafe.blogspot.com/2015/05/resep-kripik-mangga-enak.html>
- Direktorat Jenderal Pertanian Tanaman Pangan . 1994. **Penuntun Budidaya Buah-buahan (Mangga)**. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Febriyanti. 2002. **Mempelajari Aspek Pengawasan Mutu Kemasan Pangan di PT. Interkemas Flexipack**. Laporan Praktek Lapang. IPB. Bogor.
- Fitria, M. 2007. **Pendugaan Umur Simpan Biskuit Dengan Metode Akselerasi Berdasarkan Pendekatan Kadar Air Kritis**. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Floros, J.D. and V. Gnanasekharan. 1993. **Shelf life prediction of packaged foods: chemical, biological, physical, and nutritional aspects**. G. Chlaralambous (Ed). Elsevier Publ., London

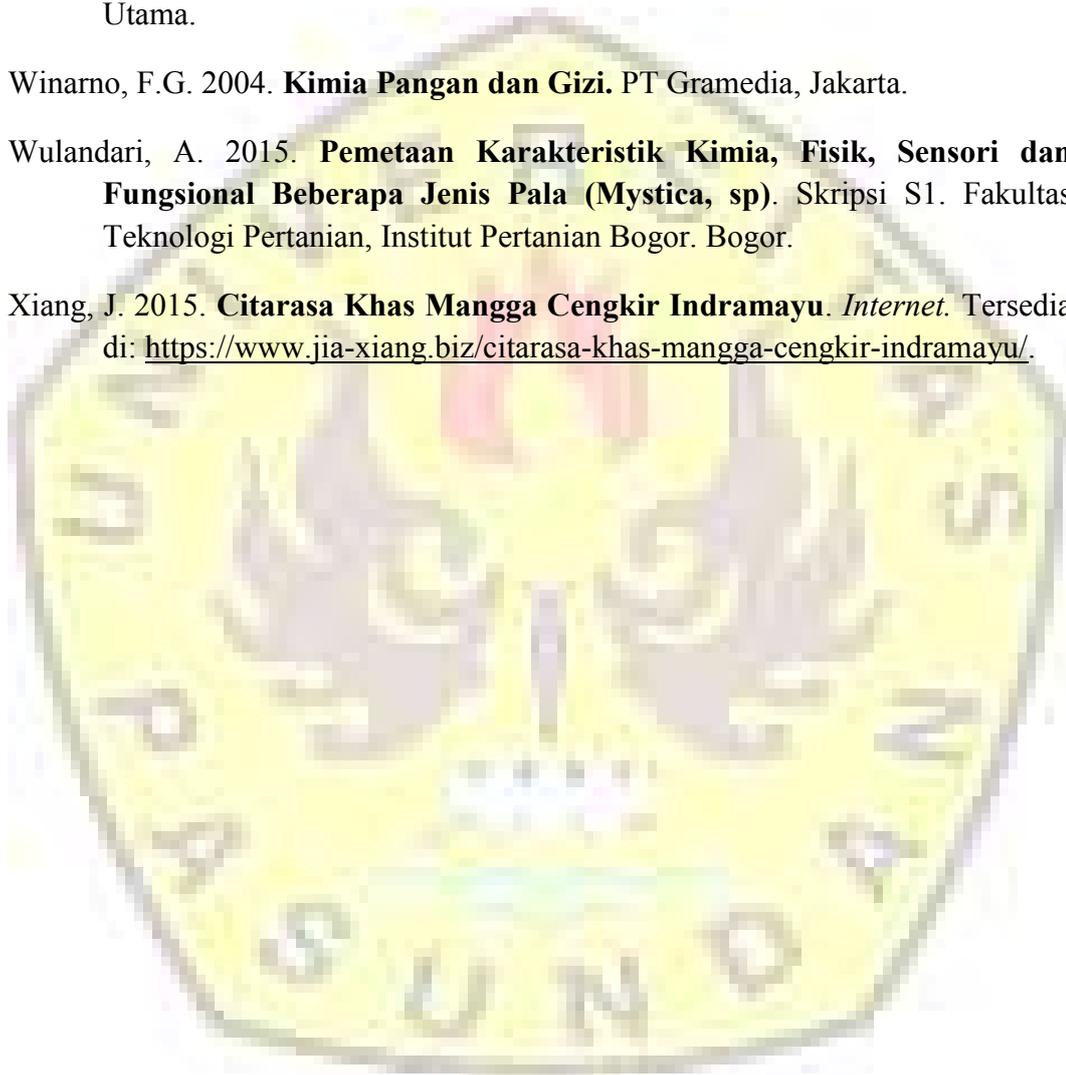
- Handayani, R. 2012. **Keragaman Mangga Cengkir Di Kabupaten Indramayu**. Bogor: IPB.
- Hanifah, I., Ahmad., A, N, Salma., dan D, Juliani. 2018. **Kerusakan Kimiawi Makanan Ringan Keripik Selama Proses Penyimpanan dan Resiko Keamanan Pangan**. Artikel. IPB. Bogor.
- Harahap, S.E., Aris, P., Slamet, B., dan Awng, M. 2018. **Karakterisasi Kerenyahan dan Kekerasan Beberapa Genotipe Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Hasil Pemuliaan**. [Internet]. tersedia di: https://www.researchgate.net/profile/Slamet_Budijanto/publication/32536106
- Herawati, H. 2008. **Penentuan Umur Simpan Pada Produk Pangan**. *Jurnal Litbang Pertanian*.
- Histifarina, D. 2009. **Teknologi Pengolahan Buah Mangga**. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Barat.
- Imelda, K. 2009. **Penentuan Kadaluarsa Wafer Menggunakan Model Arrhenius dan Model Labuza**. [tesis]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Iradio. 2012. **Batas Penggunaan Minyak Goreng**. *Internet*. Tersedia di: <https://iradiofm.com/batas-penggunaan-minyak-goreng/>
- Irahmani., B, R, Katsum., Irfan. 2019. **Pengaruh Tekanan Dan Lama Penggorengan (*Vacum Frying*) Terhadap Mutu Keripik Sukun (*Artocapus artilis*)**. Artikel. Universitas Serambi Mekkah, Aceh.
- Jamaluddin, dkk. 2011. **Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Penguapan Air, Perubahan Volume Dan Rasio Densitas Keripik Buah Selama Dalam Penggorengan Vakum**. Makassar: Fakultas Teknik Universitas Negeri Makasar.
- Ketaren, S. 1989. **Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan**. UI Press. Jakarta
- Kusnandar, F. 2008. **Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan dengan Metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT)**. Modul Pelatihan. Institut Pertanian Bogor.
- Labuza, T.P. 1982. **Shelf Life Dating of Food and Nutrition** Press, Inc., Westport Connecticut.

- Latif, A. 2012. **Pengaruh Waktu Penggorengan Vakum Terhadap Kandungan Kadar Air dan Organoleptik Keripik Ubi Cilembu (*The Time Effect Of Vacuum Frying Towards The Amount Of Water And Organoleptic Ingredients In Ipomoea Batatas Chips*)**. Thesis, Undip. Semarang
- Lestari, N. 2015. **Karakterisasi Mutu Pati Modifikasi dari Biji Mangga dan Waktu Pemanasan sebagai Edible Coating Kentang Goreng**. Skripsi-S1. Malang: Universitas Muhammadiyah.
- Lestari dan Syahdian. 2017. **Pengaruh Metode Awal dan Suhu Pengeringan Terhadap Mutu Fisik, Kimia, dan Fungsional Tepung Ubi Jalar Ungu**. Skripsi. Universitas Sumatera
- Muchtadi, T.R. 1989. **Teknologi Proses Pengolahan Pangan**. IPB Press. Bogor.
- Negri, L. K. 2016. **Pengaruh Penambahan Natrium Metabisulfit Terhadap Mutu Tepung Bentul**. Karya Tulis Imiah. Akademi Analisis Farmasi dan Makanan. Malang.
- Nugroho, A. 2007. **Kajian Metode Penentuan Umur Simpan Produk Flat Wafer dengan Metode Akselerasi Berdasarkan Pendekatan Model Kadar Air Kritis**. Skripsi S1. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Nurhayati, A. 2007. **Sifat Kimia Kerupuk Goreng yang Diberi Penambahan Tepung Daging Sapi dan Perubahan Bilangan TBA Selama Penyimpanan**. Skripsi. IPB. Bogor
- Nursiti. 2017. **Pendugaan Umur Simpan Keripik Singkong Menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Test (ASLT) Model Arrhenius**. Tesis. Lampung: Universitas Lampung.
- Pitasari, H. U. 2016. **Pendugaan Umur Simpan Sate Maranggi dengan Metode ASLT Berdasarkan Pendekatan Arrhenius**. Artikel Program Studi Teknologi Pangan. Bandung : Universitas Pasundan.
- Pitriawati, R. 2008. **Sifat Fisik Dan Organoleptik *Snack Ekstrusi* Berbahan Baku *Grits* Jagung yang Disubstitusi Tepung Putih Telur**. Skripsi S1. Bogor: IPB.
- Pracaya. 2011. **Bertanam Sayur Organik**. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Pramudiani, D. 2018. **Pendugaan Umur Simpan Roti Manis Dalam Berbagai Jenis Kemasan Dengan Penambahan Gas Nitrogen Menggunakan Metode Arrhenius**. Skripsi S1. Bandung: Universitas Pasundan
- Pratama, R, I., Rostini., dan Liviawaty. 2014. **Karakteristik Biskuit Dengan Penambahan Tepung Tulang Ikan Jangilus**. Jurnal. 5(1): 30-39.
- Pratiwi, F. 2003. **Pengembangan Umbi Kimpul (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schot) Menjadi Keripik dalam Rangka Diversifikasi Produk Agroindustri**. [Skripsi]. Bogor. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Pursudarono, F., Djalal R., Aris S. (2015). **Pengaruh Perlakuan Imbangan Garam dan Gula Terhadap Kualitas Dendeng Paru - Paru Sapi**. Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak, 35-45. Universitas Brawijaya.
- Putra, M, R, P., 2010. **Pendugaan Umur Simpan Keripik Wortel (*Daucus carlota* L.) Dalam Kemasan Aluminium Foil Dengan Metode Akselerasi**. Skripsi. IPB. Bogor.
- Putri, A. I. 2016. **Pendugaan Umur Simpan Keipik Tempe Yang Dikemas Dengan Berbagai Kemasan Dan Disimpan Pada Suhu Penyimpanan Berbeda**. Skripsi S1, Bandung: Universitas Pasundan.
- Putri, A, R. 2012. **Pengaruh Kadar Air Terhadap Tekstur dan Warna Kripik Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca formatypica*)**. Skripsi S-1. Universitas Hasanuddin. Makasar.
- Raharjo, S. 2019. **Cara Uji Korelasi Parsial dengan SPSS Serta Interpretasi Lengkap**. *Internet*. Tersedia di: <https://www.spssindonesia.com/2019/01/cara-uji-korelasi-parsial-dengan-spss.html>.
- Ramadhani, A. 2015. **Uji Mutu Keripik Buah Pada Alat Penggorengan Vakum (Vacuum Fryig) tipe Vacum Pump**. Skripsi S1. Universitas Sumatera Utara.
- Santana, M S. 2018. **Pendugaan Umur Simpan Zobo (*Hibiscus sabdariffa* L.) Drink Dalam Kemasan Bereda Dengan Metode Arrhenius**. Skripsi S1. Bandung: Universitas Pasundan
- Santoso, U. 2016. **Antioksidan Pangan**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

- Singh RP. 1994. **Scientific Principles of Shelf life Evaluation**. In: **Man C.M.D. dan A.A. Jones. (eds). Shelf Life Evaluation of Foods**. Blackie Academic and Professional, London.
- Soekarto, S.T.1985. **Penilaian Organoleptik (untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian)**. Penerbit Bharata Karya Aksara, Jakarta.
- Solihin, Muhtarudin, dan Sutrisna, R. 2015. **Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Kadar Air Kualitas Fisik dan Sebaran Jamur Wafer Limbah Sayuran dan Umbi-Umbian**. Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu. Vol. 3 (2): 48 – 54.
- Steffy, M.F. dan Teti, E. 2013. **Prediksi Umur Simpan Crackers menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) dengan pendekatan Arrhenius** Jurnal Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang.
- Sudarmadji, S; B. Haryono dan Suhardi. 1989. **Analisa Bahan Makanan dan Pertanian**. Penerbit Liberty. Yogyakarta.
- Sudjana, Nana. 2005. **Dasar-dasar Proses Belajar Mengajar**. Bandung. Sinar Baru Algensindo.
- Suhelmi, M. 2007. **Pengaruh Kemasan Polypropylene Rigid Kedap Udara Terhadap Perubahan Mutu Sayuran Segar Terolahan Minimal Selama Penyimpanan**. *Skripsi SI*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sulistyaningrum, F. 2012. **Analisis Sifat Fisik dan Orgnoleptik Keripik Buah Mangga Produk Olahan Vacum Frying**. *Skripsi SI*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Supriyadi, D. 2012. **Pengaruh Rasio Amilosa-Amilopektin dan Kadar Air terhadap Kerenyahan dan Kekerasan Model Produk Gorengan**. *Skripsi SI*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Syarief, R. dan H. Halid. 1992. **Teknologi Penyimpanan Pangan**. Kerjasama dengan Pusat Antar Universitas Pangan, Bogor.
- Syarief, R, dan Halid, H. 1993. **Teknologi Penyimpanan Pangan**. Arcan. Jakarta.
- Syarief, A.M., Abdullah, K., E.A Nugroho dan D. Subekti. 1989. **Teknik Pengolahan Hasil Pertanian. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi**. Insitut Pertanian Bogor, Bogor.

- Tafajani, H, 2011, **Panduan Komplit Bertanam Sayur dan Buah-buahan**, Yogyakarta, Cahaya Atma.
- Wijayanti, R. 2011. **Kajian Rekayasa Proses Penggorengan Hampa dan Kelayakan Usaha Produksi Keripik Pisang**. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Winarno, F. G. 1991. **Kimia Pangan dan Gizi**. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F.G. 2004. **Kimia Pangan dan Gizi**. PT Gramedia, Jakarta.
- Wulandari, A. 2015. **Pemetaan Karakteristik Kimia, Fisik, Sensori dan Fungsional Beberapa Jenis Pala (Mystica, sp)**. Skripsi S1. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Xiang, J. 2015. **Citarasa Khas Mangga Cengkir Indramayu**. *Internet*. Tersedia di: <https://www.jia-xiang.biz/citarasa-khas-mangga-cengkir-indramayu/>.





Lampiran 1. Prosedur Penentuan Kadar Air Metode Gravimetri (AOAC, 1995)

Kaca arloji dipanaskan dalam oven pada temperatur 105°C selama 30 menit, didinginkan dalam eksikator selama ± 15 menit, lalu ditimbang dan lakukan berulang-ulang sehingga didapat bobot tetap (W_0). Kemudian timbang 1-2 gram sampel yang telah dihaluskan, dan diletakkan pada kaca arloji (W_1), kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan pemanasan temperatur 105°C selama 2 jam, lalu didinginkan dalam eksikator selama ± 15 menit. Kemudian ditimbang (W_2). Selisih bobot awal dan akhir pemanasan merupakan kadar air yang terdapat dalam bahan tersebut.

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

Keterangan :

W_s = berat sampel

W_1 = berat kaca arloji (W_0) + sampel awal (sebelum dipanaskan di oven)

W_2 = berat kaca arloji + sampel (setelah didinginkan dalam eksikator)

Lampiran 2. Prosedur *Texture Analyzer* model *TA-XT Express* (Pratama, dkk, 2014)

Alat yang digunakan untuk menguji *hardness* dan *fracturability* keripik mangga cengkir pada penelitian ini adalah *texture analyzer* model *TA-XTEExpress (Stable Mycro System)* dengan kapasitas gaya: 5kg.f (50N), resolusi gaya: 0,1g, kisaran kecepatan: 0,1-10mm/s, kisaran *setting*: 0,1-135mm, menggunakan probe P6. Parameter yang diukur dinyatakan dalam bentuk grafik, kurva secara otomatis yang terhubung pada alat. Hasil pengujian *hardness* dengan satuan gram force sedangkan untuk *fracturability* dengan satuan mm.



Lampiran 3. Hasil Pembuatan Keripik Mangga

Rendemen

| Berat | G |
|----------------|-------|
| Buah Mangga | 40141 |
| Kulit | 6302 |
| Biji | 5057 |
| Daging Buah | 28781 |
| Keripik Mangga | 4058 |

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen Kulit} = \frac{6302}{40141} \times 100\% = 15,70\%$$

$$\text{Rendemen Biji} = \frac{5057}{40141} \times 100\% = 12,60\%$$

$$\text{Rendemen Daging Buah} = \frac{28781}{40141} \times 100\% = 71,70\%$$

$$\text{Rendemen Keripik Mangga} = \frac{4058}{40141} \times 100\% = 10,11\%$$

Kadar Air Awal

1. Kadar air daging buah mangga cengkir

| w cawan | w sampel | V _a | FD |
|---------|----------|----------------|--------|
| 22,430 | 5,09 | 3,20 | 1,0121 |

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{V_a}{w_s} \times \text{FD} \times 100\%$$

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{3,20}{5,09} \times 1,0121 \times 100\%$$

$$\% \text{ Kadar Air} = 63,63\%$$

2. Kadar air keripik mangga cengkir

| w cawan | w sampel | W ₁ | W ₂ |
|---------|----------|----------------|----------------|
| 17,430 | 2,000 | 19,430 | 19,395 |
| 17,450 | 2,000 | 19,450 | 19,405 |

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{19,430 - 19,395}{19,430 - 17,430} \times 100\% = 1,750\%$$

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{19,450 - 19,405}{19,450 - 17,450} \times 100\% = 2,250\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{1,750 + 2,250}{2} = 2,00\%$$

Tekstur Awal

| sampel (menit) | Kekerasan | kerenyahan |
|----------------|-----------|------------|
| 0 | 4823,505 | 3,628 |
| 0 | 3274,709 | 3,830 |

$$\text{Rata-rata kekerasan} = \frac{4823,505 + 3274,709}{2} = 4049,107 \text{ gf}$$

$$\text{Rata-rata kerenyahan} = \frac{3,628 + 3,830}{2} = 3,729 \text{ mm}$$

Lampiran 4. Perhitungan Batas Kritis

Kadar air kritis

| w cawan | w sampel | W ₁ | W ₂ |
|---------|----------|----------------|----------------|
| 17,760 | 2,000 | 19,670 | 19,660 |
| 17,490 | 2,000 | 19,400 | 19,390 |

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{19,670 - 19,660}{19,670 - 17,760} \times 100\% = 5,00\%$$

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{19,400 - 19,390}{19,400 - 17,490} \times 100\% = 5,00\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{5,00 + 5,00}{2} = 5,00\%$$

Tekstur kritis

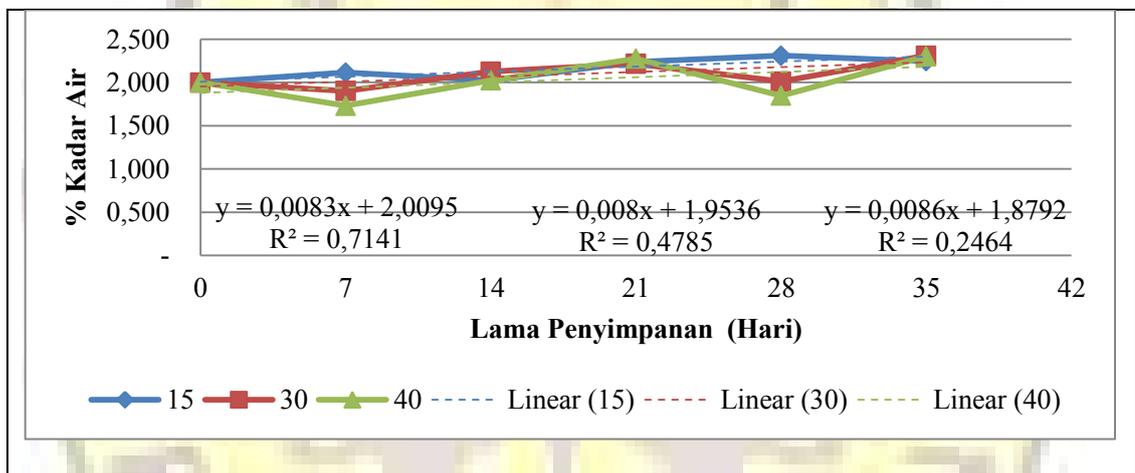
| sampel (menit) | Kekerasan | kerenyahan |
|----------------|-----------|------------|
| 60 | 2125,103 | 0,820 |
| 60 | 2103,302 | 1,428 |

$$\text{Rata-rata kekerasan} = \frac{2125,103 + 2103,302}{2} = 2114,203 \text{ gf}$$

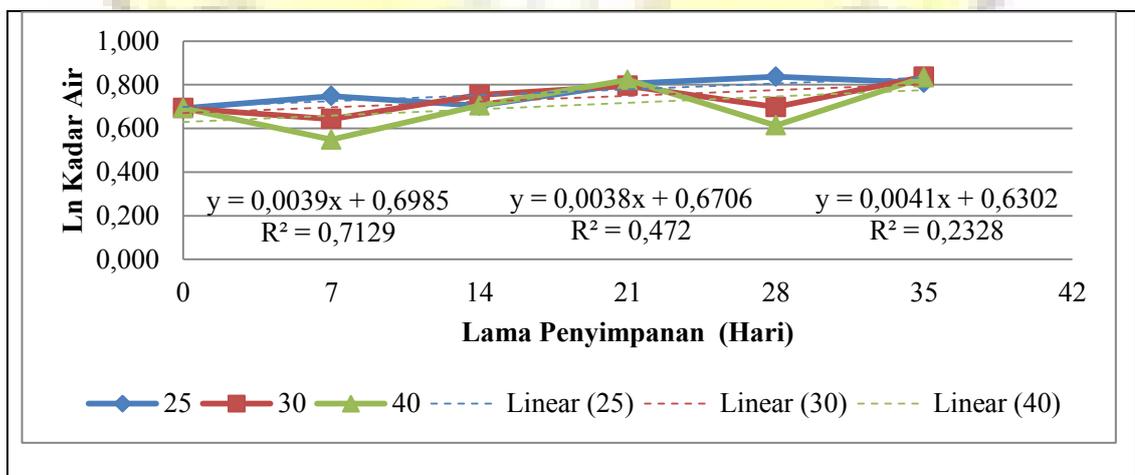
$$\text{Rata-rata kerenyahan} = \frac{0,820 + 1,428}{2} = 1,124 \text{ mm}$$

Lampiran 5. Pendugaan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter Kadar Air

| Waktu Penyimpanan (Hari) | Suhu Penyimpanan | | | | | |
|--------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 25°C | | 30°C | | 40°C | |
| | % | Ln | % | Ln | % | Ln |
| 0 | 2,000 | 0,693 | 2,000 | 0,693 | 2,000 | 0,693 |
| 7 | 2,114 | 0,749 | 1,902 | 0,643 | 1,731 | 0,549 |
| 14 | 2,021 | 0,704 | 2,125 | 0,754 | 2,024 | 0,705 |
| 21 | 2,236 | 0,805 | 2,215 | 0,795 | 2,275 | 0,822 |
| 28 | 2,309 | 0,837 | 2,010 | 0,698 | 1,847 | 0,614 |
| 35 | 2,245 | 0,809 | 2,309 | 0,837 | 2,302 | 0,834 |



Grafik kadar air keripik mangga cengkir selama penyimpanan (ordo 0)



Grafik kadar air keripik mangga cengkir selama penyimpanan (ordo 1)

| Suhu | Ordo | R ² | Ordo | Ordo Terpilih |
|------|------|----------------|------|---------------|
| 25 | 0 | 0,7141 | 0 | 0 |
| | 1 | 0,7129 | | |
| 30 | 0 | 0,4785 | 0 | |
| | 1 | 0,4720 | | |
| 40 | 0 | 0,2464 | 0 | |
| | 1 | 0,2328 | | |

Dari kurva diatas didapat persamaan regresi linier ordo 0 sebagai berikut :

$$y_{25^{\circ}\text{C}} = 2,0095 + 0,0083x \quad a = 2,0095$$

$$b = 0,0083$$

$$y_{30^{\circ}\text{C}} = 1,9536 + 0,008x \quad a = 1,9536$$

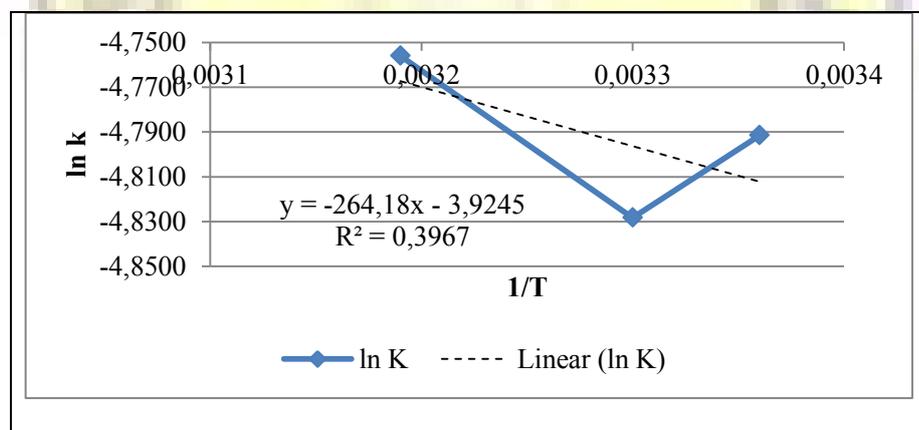
$$b = 0,008$$

$$y_{40^{\circ}\text{C}} = 1,8792 + 0,0086x \quad a = 1,8792$$

$$b = 0,0086$$

Dengan diketahui nilai $b = k$, maka selanjutnya nilai k dan $1/T$ di plot ke dalam grafik sehingga didapatkan laju penurunan mutu

| Suhu (⁰ C) | Suhu (⁰ K) | (1/T) ⁰ K | k | ln k |
|------------------------|------------------------|----------------------|--------|---------|
| 25 | 298 | 0,00336 | 0,0083 | -4,7915 |
| 30 | 303 | 0,00330 | 0,008 | -4,8283 |
| 40 | 313 | 0,00319 | 0,0086 | -4,7560 |



Grafik pendugaan umur simpan keripik mangga cengkir parameter kadar air

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

$$\ln k = \ln k_0 - E_a/R \times 1/T$$

$$y = a + bx$$

$$y = -3,9245 - 264,18x$$

$$\ln k = -3,9245 - 264,18 (1/T)$$

$$-E_a/R = -264,18 ; R = 1,986 \text{ kal/mol}$$

$$E_a = 524,662 \text{ kal/mol}$$

$$\ln k_0 = a$$

$$\ln k_0 = -3,9245$$

$$k_0 = 0,0198$$

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

$$k = 0,0198 \cdot e^{-264,18 (1/T)}$$

$$k_{25} = 0,0082/\text{hari}$$

$$k_{30} = 0,0083/\text{hari}$$

$$k_{40} = 0,0085/\text{hari}$$

Pendugaan umur simpan keripik mangga cengkir menggunakan rumus :

$$t_s = (Q_0 - Q_s)/k$$

pada suhu 15°C

$$t_{25} = (5,00 - 2,00) / 0,0082 = 365,85 \text{ hari}$$

pada suhu 30°C

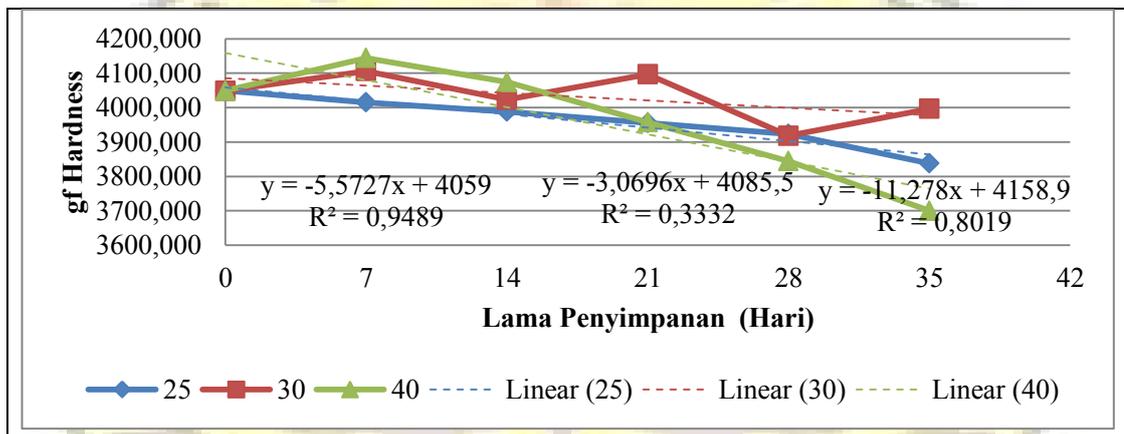
$$t_{30} = (5,00 - 2,00) / 0,0083 = 361,45 \text{ hari}$$

pada suhu 45°C

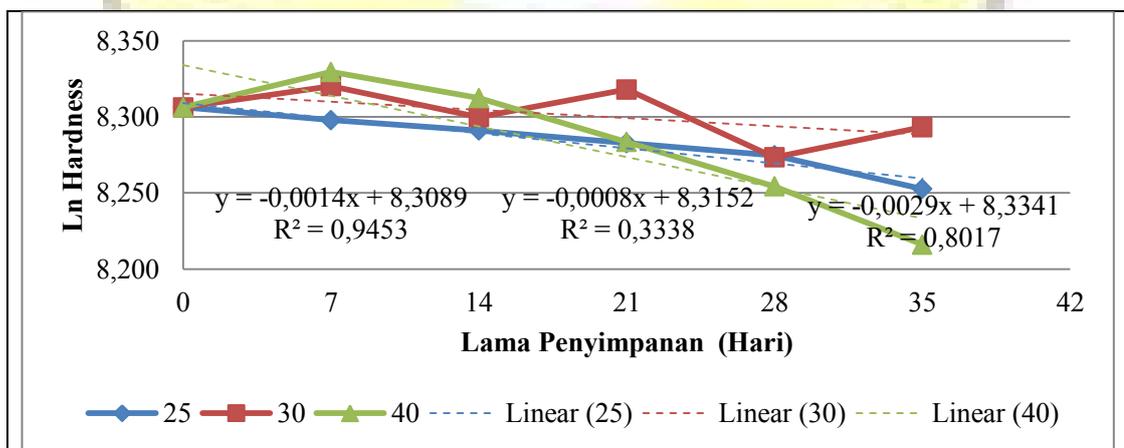
$$t_{40} = (5,00 - 2,00) / 0,0085 = 352,94 \text{ hari}$$

Lampiran 6. Pendugaan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter Kekerasan

| Waktu Penyimpanan (Hari) | Suhu Penyimpanan | | | | | |
|--------------------------|------------------|-------|----------|-------|----------|-------|
| | 25°C | | 30°C | | 40°C | |
| | gf | Ln | gf | Ln | gf | Ln |
| 0 | 4049,107 | 8,306 | 4049,107 | 8,306 | 4049,107 | 8,306 |
| 7 | 4015,342 | 8,298 | 4106,103 | 8,320 | 4144,405 | 8,330 |
| 14 | 3988,134 | 8,291 | 4023,258 | 8,300 | 4073,983 | 8,312 |
| 21 | 3955,193 | 8,283 | 4096,962 | 8,318 | 3957,791 | 8,283 |
| 28 | 3923,215 | 8,275 | 3918,364 | 8,273 | 3844,158 | 8,254 |
| 35 | 3837,908 | 8,253 | 3996,598 | 8,293 | 3699,864 | 8,216 |



Grafik kekerasan keripik mangga cengkir selama penyimpanan (ordo 0)



Grafik kekerasan keripik mangga cengkir selama penyimpanan (ordo 1)

| Suhu | Ordo | R ² | Ordo | Ordo Terpilih |
|------|------|----------------|------|---------------|
| 25 | 0 | 0,9489 | 0 | 0 |
| | 1 | 0,9453 | | |
| 30 | 0 | 0,3332 | 1 | |
| | 1 | 0,3338 | | |
| 40 | 0 | 0,8019 | 0 | |
| | 1 | 0,8017 | | |

Dari kurva diatas didapat persamaan regresi linier ordo 0 sebagai berikut :

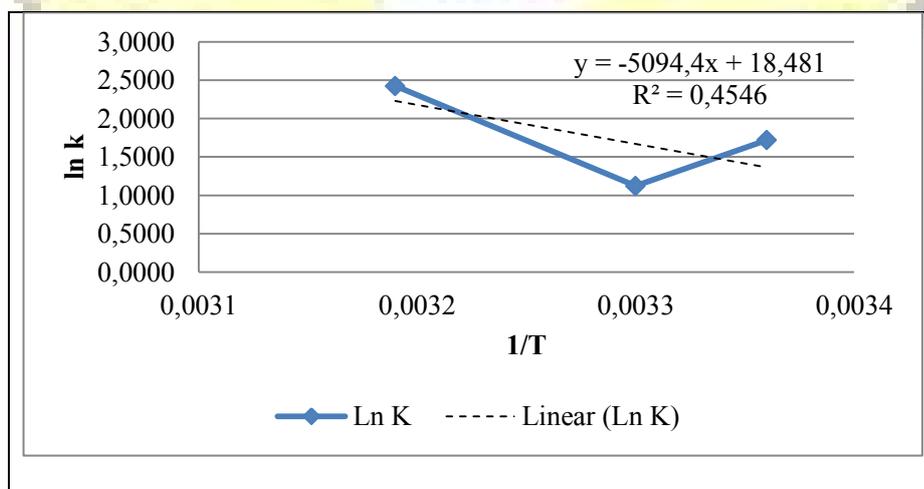
$$y \text{ 25}^{\circ}\text{C} = 4059 - 5,5727x \quad \begin{array}{l} a = 4059 \\ b = -5,5727 \end{array}$$

$$y \text{ 30}^{\circ}\text{C} = 4085,5 - 3,0696x \quad \begin{array}{l} a = 4085,5 \\ b = -3,0696 \end{array}$$

$$y \text{ 40}^{\circ}\text{C} = 4158,9 - 11,278x \quad \begin{array}{l} a = 4158,9 \\ b = -11,278 \end{array}$$

Dengan diketahui nilai $b = k$, maka selanjutnya nilai k dan $1/T$ di plot ke dalam grafik sehingga didapatkan laju penurunan mutu

| Suhu (⁰ C) | Suhu (⁰ K) | (1/T) ⁰ K | k | ln k |
|------------------------|------------------------|----------------------|--------|--------|
| 25 | 298 | 0,0033557 | 5,5727 | 1,7179 |
| 30 | 303 | 0,0033003 | 3,0696 | 1,1215 |
| 40 | 313 | 0,0031949 | 11,278 | 2,4229 |



Grafik pendugaan umur simpan keripik mangga cengkir parameter kekerasan

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

$$\ln k = \ln k_0 - E_a/R \times 1/T$$

$$y = a + bx$$

$$y = 18,481 - 5094,4x$$

$$\ln k = 18,481 - 5094,4 (1/T)$$

$$-E_a/R = -5094,4 ; R = 1,986 \text{ kal/mol}$$

$$E_a = 10117,478 \text{ kal/mol}$$

$$\ln k_0 = a$$

$$\ln k_0 = 18,481$$

$$k_0 = 106217559,8$$

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

$$k = 106217559,8 \cdot e^{-5094,4 (1/T)}$$

$$k_{25} = 3,9111/\text{hari}$$

$$k_{30} = 5,3094/\text{hari}$$

$$k_{40} = 9,2986/\text{hari}$$

Pendugaan umur simpan keripik mangga cengkir menggunakan rumus :

$$t_s = (Q_0 - Q_s)/k$$

pada suhu 15⁰C

$$t_{25} = (4049,107 - 2114,203) / 3,9111 = 494,72 \text{ hari}$$

pada suhu 30⁰C

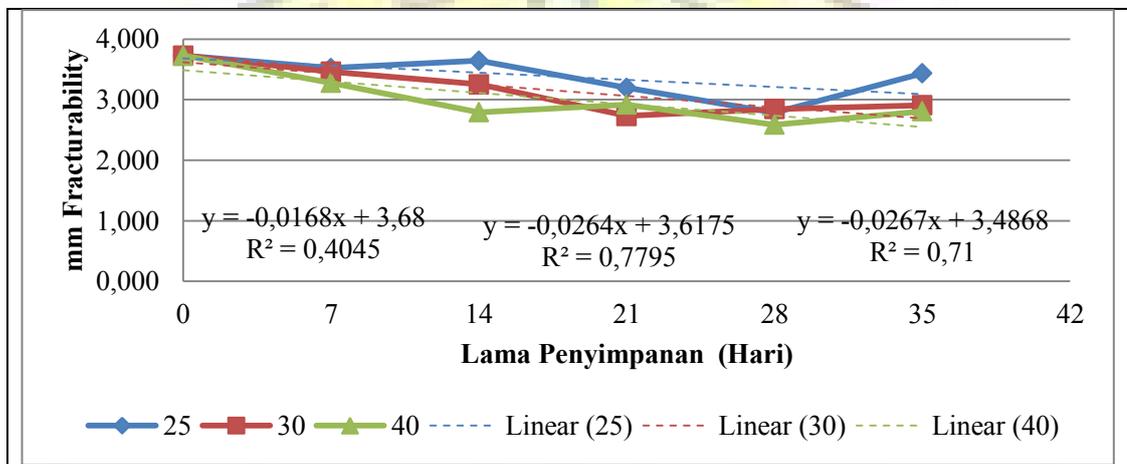
$$t_{30} = (4049,107 - 2114,203) / 5,3094 = 364,43 \text{ hari}$$

pada suhu 45⁰C

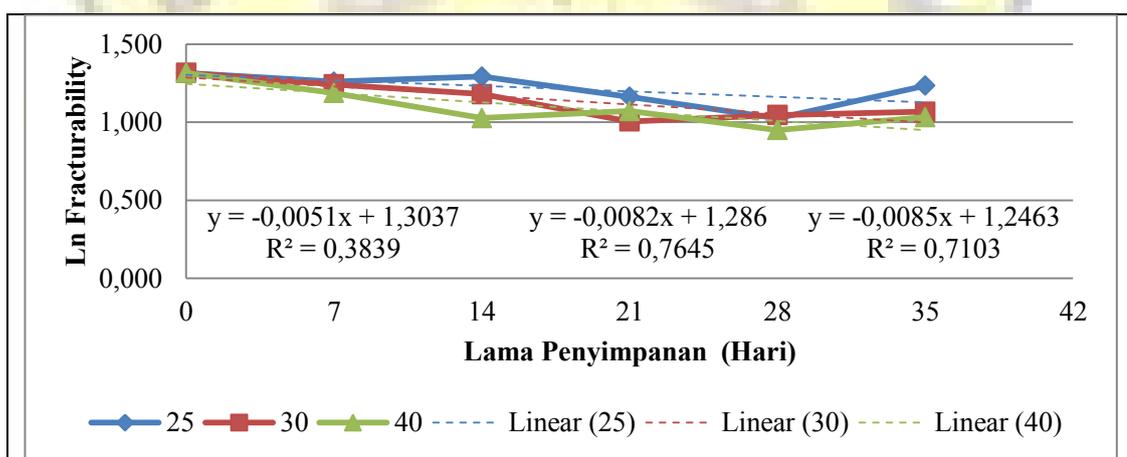
$$t_{40} = (4049,107 - 2114,203) / 9,2986 = 208,09 \text{ hari}$$

Lampiran 7. Pendugaan Umur Simpan Keripik Mangga Cengkir Parameter Kerenyahan

| Waktu Penyimpanan (Hari) | Suhu Penyimpanan | | | | | |
|--------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 25°C | | 30°C | | 40°C | |
| | mm | Ln | mm | Ln | mm | Ln |
| 0 | 3,729 | 1,316 | 3,729 | 1,316 | 3,729 | 1,316 |
| 7 | 3,523 | 1,259 | 3,462 | 1,242 | 3,277 | 1,187 |
| 14 | 3,643 | 1,293 | 3,253 | 1,180 | 2,793 | 1,027 |
| 21 | 3,197 | 1,162 | 2,733 | 1,005 | 2,920 | 1,072 |
| 28 | 2,788 | 1,025 | 2,846 | 1,046 | 2,586 | 0,950 |
| 35 | 3,436 | 1,234 | 2,908 | 1,067 | 2,808 | 1,032 |



Grafik kerenyahan keripik mangga cengkir selama penyimpanan (ordo 0)



Grafik kerenyahan keripik mangga cengkir selama penyimpanan (ordo 1)

| Suhu | Ordo | R ² | Ordo | Ordo Terpilih |
|------|------|----------------|------|---------------|
| 25 | 0 | 0,4045 | 0 | 0 |
| | 1 | 0,3839 | | |
| 30 | 0 | 0,7795 | 0 | |
| | 1 | 0,7645 | | |
| 40 | 0 | 0,7100 | 1 | |
| | 1 | 0,7103 | | |

Dari kurva diatas didapat persamaan regresi linier ordo 0 sebagai berikut :

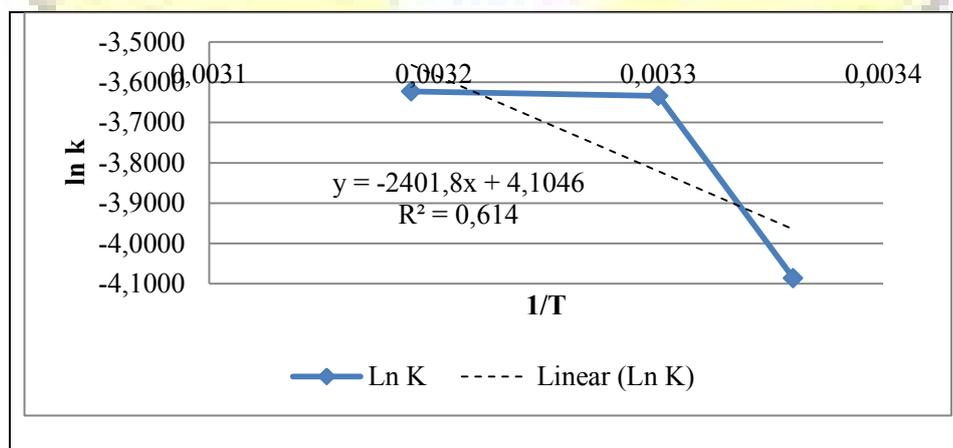
$$y \text{ } 25^{\circ}\text{C} = 3,68 - 0,0168x \quad a = 3,68 \\ b = -0,0168$$

$$y \text{ } 30^{\circ}\text{C} = 3,6175 - 0,0264x \quad a = 3,6175 \\ b = -0,0264$$

$$y \text{ } 40^{\circ}\text{C} = 3,4868 - 0,0267x \quad a = 4158,9 \\ b = -0,0267$$

Dengan diketahui nilai $b = k$, maka selanjutnya nilai k dan $1/T$ di plot ke dalam grafik sehingga didapatkan laju penurunan mutu

| Suhu (⁰ C) | Suhu (⁰ K) | (1/T) ⁰ K | k | ln k |
|------------------------|------------------------|----------------------|--------|---------|
| 25 | 298 | 0,00336 | 0,0168 | -4,0864 |
| 30 | 303 | 0,0033 | 0,0264 | -3,6344 |
| 40 | 313 | 0,00319 | 0,0267 | -3,6231 |



Grafik pendugaan umur simpan keripik mangga cengkir parameter kerenyahan

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

$$\ln k = \ln k_0 - E_a/R \times 1/T$$

$$y = a + bx$$

$$y = 4,1046 - 2401,8x$$

$$\ln k = 4,1046 - 2401,8 (1/T)$$

$$-E_a/R = -2401,8 ; R = 1,986 \text{ kal/mol}$$

$$E_a = 4769,975 \text{ kal/mol}$$

$$\ln k_0 = a$$

$$\ln k_0 = 4,1046$$

$$k_0 = 60,6185$$

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

$$k = 60,6185 \cdot e^{-2401,8 (1/T)}$$

$$k_{25} = 0,0190/\text{hari}$$

$$k_{30} = 0,0219/\text{hari}$$

$$k_{40} = 0,0285/\text{hari}$$

Pendugaan umur simpan keripik mangga cengkir menggunakan rumus :

$$t_s = (Q_0 - Q_s)/k$$

pada suhu 15⁰C

$$t_{25} = (3,729 - 1,124) / 0,0190 = 137,11 \text{ hari}$$

pada suhu 30⁰C

$$t_{30} = (3,729 - 1,124) / 0,0219 = 118,95 \text{ hari}$$

pada suhu 45⁰C

$$t_{40} = (3,729 - 1,124) / 0,0285 = 91,40 \text{ hari}$$