

**KAJIAN UMUR SIMPAN KEJU *CHEDDAR* OLAHAN
MENGUNAKAN METODE *ACCELERATED SHELF-LIFE TEST*
(ASLT) MODEL *ARRHENIUS***

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Usulan Penelitian
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

Nadia Fauzia

18.302.0028

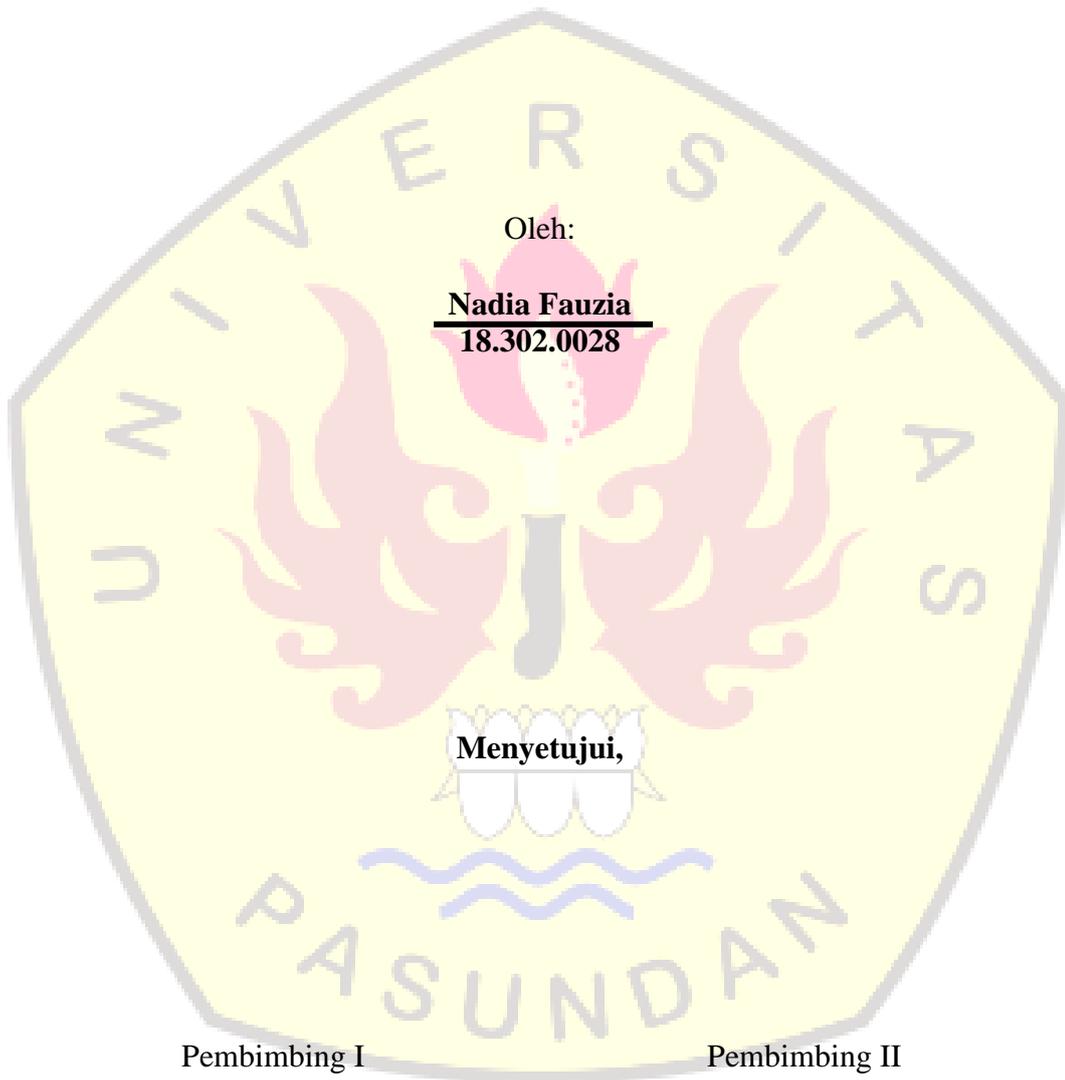


**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2023**

**KAJIAN UMUR SIMPAN KEJU *CHEDDAR* OLAHAN
MENGUNAKAN METODE *ACCELERATED SHELF-LIFE TEST*
(ASLT) MODEL ARRHENIUS**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR



Ir. H. Thomas Ghozali, M.P.

Dr. Syarif Assalam, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Oleh:

Nadia Fauzia

18.302.0028

Menyetujui,

Koordinator Tugas Akhir

(Dr. Yellianty, S.Si., M.Si.)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala karena atas segala rahmat dan karunia-Nya, tidak lupa sholawat serta salam tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabatnya dan kita selaku umatnyahingga akhir zaman. *Aamiin yaa rabbal 'alamin*. Sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan usulan tugas akhir yang berjudul “Kajian Umur Simpan Keju *Cheddar* Olahan Menggunakan Metode *Accelerated Shelf-Life Test* (ASLT) Model Arrhenius”. Laporan usulan tugas akhir ini, tidak akan selesai tanpa dukungan, bantuan, dan masukan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. H. Thomas Ghozali, M.P. selaku pembimbing I yang telah membimbing dan memberi arahan serta saran yang bermanfaat kepada penulis dalam penyusunan laporan kerja praktek ini.
2. Dr. Syarif Assalam, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang telah membimbing dan memberi arahan serta saran yang bermanfaat kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Ir. Yusep Ikrawan, M. Sc., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pasundan Bandung.
4. Yelliantty, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji dan Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pasundan Bandung.
5. Jaka Rukmana, S.T., M.T. selaku Sekertaris Program Studi

Teknologi Pangan, Universitas Pasundan Bandung.

6. Bapak Wardi Suyudi, Ibu Kokom Komariah, dan Rizky giffary serta keluarga yang telah mendukung dan memberikan doa untuk menunjang keberhasilan penyusunan usulan penelitian tugas akhir.
7. Teman-teman saya Nakini Bunga Cinta Pertiwi, Aghnia Nafilah Nur Annisa, Shafira Putri Zachrany, Alifiyah Assyifa, Ayudhiya Putri, Karina Prilianti, Inne Nurfalia, Ummi Affiyah, dan Zahra Nuraida Putri yang telah mendukung keberlangsungan penyusunan usulan penelitian tugas akhir.
8. Seluruh staf dan karyawan Laboratorium Penelitian Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pasundan.
9. Seluruh staf dan karyawan Penelitian Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pasundan.

Akhir kata, penulis berharap laporan kemajuan ini memberikan manfaat bagikita semua, terutama untuk pengembangan penelitian.

Bandung, 30 Desember 2022

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Identifikasi Masalah	5
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Kerangka Pemikiran	5
1.6. Hipotesis Penelitian	7
1.7. Tempat Penelitian	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Keju	9
2.2. Penentuan Umur Simpan	15
2.3. Metode Akselerasi	17
2.4. Model Arrhenius	19

2.5. Model Q_{10}	21
III. METODE PENELITIAN	23
3.1. Bahan dan Alat Penelitian.....	23
3.1.2. Alat-alat penelitian.....	23
3.2. Metode Penelitian.....	24
3.2.1. Penelitian Utama	24
3.2.2. Rancangan Respon	29
3.3. Prosedur Penelitian.....	30
3.4. Jadwal Penelitian.....	32
IV. PEMBAHASAN.....	33
4.1. Penelitian Pendahuluan	33
4.1.1. Kadar Lemak.....	33
4.1.1. Kadar garam.....	34
4.2. Hasil Penelitian Utama.....	35
4.2.1. Respon Mikrobiologi	35
4.2.2. Kadar Asam lemak bebas (FFA).....	40
4.2.3. Angka pH	47
4.2.4. Respon Inderawi.....	52
V. KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR GAMBAR

No.	Halaman
1. Grafik hubungan antara \ln dengan $1/T$	27
2. Diagram Alir Penelitian	31
3. Grafik Total Mikroba Keju <i>Cheddar</i> Olahan Ordo 0.....	36
4 Grafik Total Mikroba Keju <i>Cheddar</i> Olahan Ordo 1.....	36
5. Grafik Pendugaan Umur Simpan Keju <i>Cheddar</i> Olahan Parameter Total Mikroba	38
6. Grafik Perubahan Kadar Asam Lemak Bebas Keju <i>Cheddar</i> Olahan Selama Penyimpanan Ordo 0.	41
7. Grafik Perubahan Kadar Asam Lemak Bebas Keju <i>Cheddar</i> Olahan Selama Penyimpanan Ordo 1	41
8. Hubungan $\ln k$ dengan $1/T$ untuk ordo 1	44
9. Grafik Perubahan Kadar pH Bebas Keju <i>Cheddar</i> Olahan Selama Penyimpanan Ordo 0.....	48
10. Grafik Perubahan Kadar pH Bebas Keju <i>Cheddar</i> Olahan Selama Penyimpanan Ordo 1	48
11. Grafik Perubahan Aroma Bebas Keju <i>Cheddar</i> Olahan Selama Penyimpanan Ordo 0.	55
12. Grafik Perubahan Aroma Keju <i>Cheddar</i> Olahan Selama Penyimpanan Ordo 1.	56
13. Hubungan $\ln k$ dengan $1/T$ untuk ordo 1	57

14. Grafik Perubahan Aroma Bebas Keju <i>Cheddar</i> Olahan Selama Penyimpanan Ordo 0.....	60
15. Grafik Perubahan Rasa Keju <i>Cheddar</i> Olahan Selama Penyimpanan Ordo 1.....	60
16. Hubungan $\ln k$ dengan $1/T$ untuk ordo 0.	61
17. Grafik Perubahan Warna Keju <i>Cheddar</i> Olahan Selama Penyimpanan Ordo 0.	64
18. Grafik Perubahan Warna Keju <i>Cheddar</i> Olahan Selama Penyimpanan Ordo 1.	65
19. Hubungan $\ln k$ dengan $1/T$ untuk ordo 0.	66
13. Grafik Kadar Asam Lemak Bebas Pada Ordo Nol.	83
14. Grafik Kadar Asam Lemak Bebas Pada Ordo Satu.	84
15. Grafik Hubungan Kadar Asam Lemak Bebas ($\ln k$) Dengan $1/T$	85
16. Grafik <i>Total plate count</i> Pada Ordo Nol.....	88
17. Grafik <i>Total plate count</i> Pada Ordo Satu.....	89
18. Grafik Hubungan Kadar Asam Lemak Bebas ($\ln k$) Dengan $1/T$	90
19. Grafik Angka pH Pada Ordo Nol.....	93
20. Grafik Angka pH Pada Ordo Satu.....	94
21. Grafik Hubungan Kadar pH ($\ln k$) Dengan $1/T$	95
29. Grafik Rata-Rata Aroma Pada Ordo Nol.	105
30. Grafik Nilai Rata-Rata Aroma Pada Ordo Satu.	106
18. Grafik Hubungan $\ln k$ Dengan $1/T$	107
32. Grafik Rata-Rata Rasa Pada Ordo Nol.....	110

33. Grafik Nilai Rata-Rata Rasa Pada Ordo Satu.	111
34. Grafik Hubungan $\ln k$ Dengan $1/T$	112
35. Grafik Rata-Rata Warna Pada Ordo Nol.....	115
36. Grafik Nilai Rata-Rata Warna Pada Ordo Satu.....	116
37. Grafik Hubungan $\ln k$ Dengan $1/T$	117



DAFTAR TABEL

No.	Halaman
1. Karakteristik Pemeraman Keju	12
2. Model Rancangan.....	24
3. Jadwal penelitian.....	32
4. Hasil Analisis <i>Total plate count</i>	35
5. Persamaan Umursimpan Ordo 1.	39
6. Kadar Asam Lemak Bebas Keju <i>Cheddar</i> Olahan Ordo 0.	40
7. persamaan regresi linier parameter kadar asam lemak bebas pada keju <i>cheddar</i> olahan.	Error! Bookmark not defined.
8. Persamaan Regresi Linear Kurva Hubungan Waktu Penyimpanan Dengan Kadar Asam Lemak Bebas Keju <i>Cheddar</i> Olahan.....	43
9. Umur Simpan Keju <i>Cheddar</i> Olahan Parameter Kadar Asam Lemak Bebas	45
10. Kadar pH Keju <i>Cheddar</i> Olahan Ordo 0.....	47
11. Persamaan Regresi Linier Parameter Kadar pH Pada Keju <i>Cheddar</i> Olahan.	49
12. Persamaan Regresi Linear Kurva Hubungan Waktu Penyimpanan Dengan Kadar pH Keju <i>Cheddar</i> Olahan.....	50
13. Umur Simpan Keju <i>Cheddar</i> Olahan Parameter pH.....	51
14. Persen Penolakan Organoleptik	53
15. Kadar Asam Lemak Bebas Keju <i>Cheddar</i> Olahan Ordo 0.	55

16. Persamaan Regresi Linear Kurva Hubungan Waktu Penyimpanan Dengan Aroma Keju <i>Cheddar</i> Olahan	56
17. Tabel Umur Simpan Keju <i>Cheddar</i> Olahan Parameter Aroma	58
18. Kadar Asam Lemak Bebas Keju <i>Cheddar</i> Olahan Ordo 0.	59
19. Persamaan Regresi Linear Kurva Hubungan Waktu Penyimpanan Dengan Rasa Keju <i>Cheddar</i> Olahan.....	61
20. Tabel Umur Simpan Keju <i>Cheddar</i> Olahan Parameter Rasa.....	62
21. Hasil Analisis Organoleptik Parameter Warna Keju <i>Cheddar</i> Olahan Ordo 0.....	64
22. Persamaan Regresi Linear Kurva Hubungan Waktu Penyimpanan Dengan Warna Keju <i>Cheddar</i> Olahan	65
23. Tabel Umur Simpan Keju <i>Cheddar</i> Olahan Parameter Warna.....	67
24. Analisis biaya penelitian	80
25. Perhitungan Persen Asam Lemak Bebas.....	83
26. Persamaan Regresi Linier Parameter Kadar Asam Lemak Bebas Pada Keju <i>Cheddar</i> Olahan.	84
27. $1/T$ Terhadap $\ln k$ Keju <i>Cheddar</i> Olahan.....	85
28. Hasil Perhitungan <i>Total plate count</i>	88
29. Persamaan Regresi Linier Parameter <i>Total plate count</i> Pada Keju <i>Cheddar</i> Olahan.	89
30. $1/T$ Terhadap $\ln k$ Keju <i>Cheddar</i> Olahan.....	90
31. Hasil Perhitungan pH	93

32. Persamaan Regresi Linier Parameter Angka pH Pada Keju <i>Cheddar</i> Olahan.....	94
33. $1/T$ Terhadap $\ln k$ Keju <i>Cheddar</i> Olahan.....	95
34. Hasil Uji Organoleptik Hari Ke-0.....	98
35. Hasil Uji Organoleptik Hari Ke-5.....	99
36. Hasil Uji Organoleptik Hari Ke-10.....	100
37. Hasil Uji Organoleptik Hari Ke-15.....	101
38. Hasil Uji Organoleptik Hari Ke-20.....	102
39. Hasil Uji Organoleptik Hari Ke-25.....	103
40. Hasil Uji Organoleptik Hari Ke-30.....	104
41. Hasil Perhitungan Rata-Rata Organoleptik Parameter Aroma.....	105
42. Persamaan Regresi Linier Parameter Warna Pada Keju <i>Cheddar</i> Olahan.....	106
43. $1/T$ Terhadap $\ln k$ Keju <i>Cheddar</i> Olahan.....	107
44. Hasil Perhitungan Rata-Rata Organoleptik Parameter Rasa.....	110
45. Persamaan Regresi Linier Parameter R Pada Keju <i>Cheddar</i> Olahan.	111
46. $1/T$ Terhadap $\ln k$ Keju <i>Cheddar</i> Olahan.....	112
47. Hasil Perhitungan Rata-Rata Organoleptik Parameter Warna.....	115
48. Persamaan Regresi Linier Parameter R Pada Keju <i>Cheddar</i> Olahan.	116
49. $1/T$ Terhadap $\ln k$ Keju <i>Cheddar</i> Olahan.....	117

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Halaman
1. Formulir Uji Organoleptik Keju <i>Cheddar</i> Olahan	74
2. Total Mikroba Metode <i>Total plate count</i> (TPC) (Fardiaz,1992)	75
3. Prosedur Analisis Kadar pH.....	76
4. Prosedur Analisis Ketengikan Metode Angka Asam.....	77
5. Prosedur Analisis Kadar Lemak Metode Soxhlet	78
6. Analisis Kadar Garam	79
7. Analisis Biaya Penelitian	80
8. Perhitungan Kadar Lemak.....	81
9. Perhitungan Kadar Garam.....	82
10. Perhitungan Kadar Asam Lemak Bebas	83
11. Perhitungan <i>Total plate count</i>	88
12. Perhitungan Kadar pH.....	93
13. Hasil Uji Organoleptik	98
14. Perhitungan Organoleptik Parameter Aroma	105
14. Perhitungan Organoleptik Parameter Rasa	110
14. Perhitungan Organoleptik Parameter Warna	115
14. Dokumentasi Penelitian	120

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah menduga berapa lama umur simpan keju *cheddar* olahan menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Test* (ASLT) Model Arrhenius.

Penelitian ini dilakukan dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan yang dilakukan adalah mengukur kadar garam dan kadar lemak dari keju *cheddar* olahan. Pada penelitian utama metode penelitian yang digunakan yaitu *Accelerated Shelf-Life Test* (ASLT) Model Arrhenius dengan menyimpan keju *cheddar* olahan di suhu akselerasi 25°C, 30°C, dan 40°C dengan lama penyimpanan 30 hari. Berdasarkan parameter kadar asam lemak bebas, *total plate count*, dan pH.

Perhitungan umur simpan dengan parameter kadar asam lemak bebas, memberikan hasil umur simpan produk keju *cheddar* olahan pada penyimpanan suhu 25°C, 30°C, dan 40 °C berturut-turut adalah 291 hari, 259 hari, dan 260 hari. Pada parameter pengukuran pH didapat hasil umur simpan selama 34 hari, 35 hari, 35 hari. Sedangkan pada parameter jumlah mikroba, memberikan hasil umur simpan 1569 hari, 816 hari, dan 259 hari. Parameter organoleptik dengan respon rasa pada suhu 25°C dan 30°C menunjukkan titik kritis pada hari ke-20, sedangkan pada suhu 40°C menunjukkan titik kritis pada hari ke-15. Pada respon aroma menunjukkan titik kritis pada hari ke-25, sedangkan pada respon warna tidak menunjukkan perubahan yang signifikan.

Kata kunci: keju *cheddar* olahan, umur simpan, suhu

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the shelf life of Processed cheddar cheese on various temperatures using the Arrhenius method Accelerated Shelf-Life Testing.

This research was conducted in two stages, namely preliminary research and main research. preliminary research was conducted to measure the salt content and fat content of processed cheddar cheese. In the main research, the research method used was the Accelerated Shelf-Life Test (ASLT) Arrhenius model by storing processed cheese cheddar at accelerating temperatures of 25°C, 30°C, and 40°C with a storage time of 30 days. Based on the parameters of free fatty acid levels, total plate count, and pH.

Calculating shelf life with free fatty acid content parameters gave the shelf-life product processed cheddar cheese results at storage temperatures of 25°C, 30°C, and 40°C. Respectively was 291 days, 259 days, and 260 days. On the pH measurement parameters, the shelf life results were obtained for 34 days, 35 days, 35 days. Meanwhile, the microbial count parameter gave a shelf life of 26 days, 25 days, and 19 days. Organoleptic parameters with taste response at 25°C and 30°C showed a critical point on the 20th day, while 40°C showed a crucial point on the 15th days. The aroma response showed a vital point on the 25th day, while the color response did not significantly change.

Keyword: precessed cheddar cheese, shelf-life, temperature.

I. PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan mengenai: (1) Latar Belakang Penelitian, (2) Identifikasi Masalah, (3) Maksud dan Tujuan, (4) Manfaat Penelitian, (5) Kerangka Pemikiran, (6) Hipotesis Penelitian, dan (7) Tempat dan Waktu Penelitian.

1.1. Latar Belakang Penelitian

Keju merupakan produk olahan susu yang banyak digemari masyarakat dan memiliki banyak protein yang baik untuk kesehatan. Keju dibuat dengan cara menggumpalkan susu utuh, susu skim atau campurannya dengan menggunakan rennet (Hofi,2013). Kandungan komposisi nilai gizi pada keju hampir sama dengan susu sebagai bahan baku utamanya yang mana keju mengandung protein, vitamin, mineral, kalsium, fosfor, lemak, dan kolesterol (Herawati, 2011).

Keju natural merupakan keju yang dibuat dari susu penuh (*whole milk*) dengan cara koagulasi, pengocokan, dan pemanasan dadih, yang dilanjutkan dengan pembuangan cairan whey dan pengepresan dadih. Aroma dan tekstur yang diinginkan pada keju dapat dilakukan dengan cara pemeraman keju dimana keju disimpan pada suhu dan waktu tertentu (Assalam,2010). Keju natural memiliki banyak jenis diantaranya keju *cheddar*, keju *mozzarella*, keju *edam*, keju *maroiles*, keju *blue avergne*, keju *parmesan*, keju *livarot*, keju *swiss*, keju *requafort*, dan keju *limburger*. Keju tersebut dibedakan dari karakteristik pemeraman dan kadar air yang terkandung pada masing-masing keju. Salah satu

jenis keju yang paling populer di Indonesia adalah keju *cheddar* olahan (Cahyadi,2018).

Keju olahan (*processed cheese*) adalah salah satu keju yang dibuat dengan mencampurkan dan menghancurkan keju alami dengan disertai pemanasan sehingga menghasilkan suatu produk yang homogen (Caric dan kalab, 1996). Terdapat beberapa bentuk keju olahan dengan bentuk yang bermacam-macam dari mulai kotak (*block*), irisan (*slice*), celupan (*sauce*), hingga olesan (*spreadable*). Dalam pembuatan keju olahan terdapat beberapa bahan tambahan makanan yang biasa digunakan seperti garam-garam pengemulsi, pewarna, air, dan flavor savori (Herawati, 2011).

Keju olahan banyak dikembangkan dengan tujuan untuk lebih menyeragamkan cita rasa, penampakan, dan daya simpan yang lebih panjang serta menghindari resiko kerusakan akibat mikroorganisme (Vincent, 1992). Keju olahan memiliki umur simpan yang cukup lama jika dibandingkan dengan keju natural, yaitu memiliki umur simpan (Amen.dkk, 2020).

Selain perbedaan pada komposisi bahan keju natural dan keju olahan memiliki perbedaan dalam penyimpanan, yang mana keju natural semakin lama penyimpanan maka semakin bertambah kualitas keju tersebut baik dalam aroma maupun rasa. Sedangkan pada keju olahan jika semakin lama produk tersebut disimpan maka akan terjadi penurunan mutu. Keju natural memiliki umur simpan 3-6 bulan jika disimpan pada chiller (0,5-4,4°C), dan pada freezer (<0 °C) akan bertahan selama 6 bulan. Sedangkan pada keju olahan memiliki umur simpan 3-4

minggu jika disimpan pada chiller (0,5-4,4°C), jika disimpan pada freezer (<0 °C) akan bertahan selama 6-8 bulan (Asiah dkk, 2020).

Pendugaan umur simpan keju *cheddar* olahan harus dilakukan karena berdasarkan Undang-undang No. 7 tahun 1996 pasal 1 tentang Pangan serta pada Peraturan Pemerintah No. 69 tahun 1999 pasal 2 tentang Label dan Iklan Pangan yang menyatakan bahwa produsen wajib mencantumkan tanggal kadaluwarsa (*expired date*) pada kemasan produk. Mencantumkan tanggal kadaluwarsa pada kemasan produk akan memberikan informasi kepada konsumen mengenai diperbolehkannya atau tidaknya konsumsi produk.

Umur simpan adalah periode waktu suatu makanan atau minuman dari mulai produksi sampai batas waktu produk tersebut tidak bisa dikonsumsi kembali karena adanya perubahan mutu yang sudah tidak sesuai. Parameter dari umur simpan yaitu bahan makanan dan lingkungan penyimpanan (Arpah, 2001).

Selama penyimpanan dan distribusi, bahan pangan terbuka terhadap kondisi lingkungan sekelilingnya, faktor-faktor yang mempengaruhi seperti suhu, kelembaban oksigen, dan cahaya dapat memicu reaksi yang menyebabkan kerusakan pada bahan pangan karena reaksi tersebut bahan pangan akan mencapai suatu titik, dimana konsumen akan menolak produk tersebut dan produk akan membahayakan bila dikonsumsi (Haris dan Fadli, 2016).

Terdapat dua cara untuk menentukan umur simpan yaitu dengan cara empiris dan permodelan matematika. Penyimpanan pada kondisi normal sampai terjadi kerusakan merupakan cara penentuan umur simpan empiris. Sedangkan

penyimpanan dengan mempercepat dan memperhatikan titik kritis produk merupakan penentuan umur simpan permodelan matematika. Contoh permodelan matematika adalah *Accelerated Shelf-Life Testing* dan *Accelerated Storage Studies* (Syarief, 1993).

Metode *Accelerated Shelf-Life Test (ASLT)* Model Arrhenius merupakan metode pendugaan umur simpan suatu produk dengan suhu akselerasi sehingga dapat mempercepat reaksi yang menyebabkan kerusakan pada produk. Metode *Accelerated Shelf-Life Test (ASLT)* model *Arrhenius* biasanya digunakan pada semua jenis pangan terutama pada produk yang mudah mengalami penurunan kualitas karena efek *deteriorating* kimiawi, seperti oksidasi lemak, reaksi *maillard*, denaturasi protein, dan sebagainya. Umumnya pada suhu tinggi reaksi kimia akan semakin cepat yang menyebabkan penurunan mutu produk (Labuza, 1982). Model Arrhenius diasumsikan reaksi yaitu perubahan faktor mutu hanya ditentukan oleh satu macam reaksi saja, tidak terjadi faktor lain yang mengakibatkan perubahan mutu, proses perubahan mutu terjadi karena penyimpanan dalam suhu tetap, bukan berasal dari proses yang terjadi sebelumnya (Syarief, 1989).

Berdasarkan hal di atas penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang kajian umur simpan keju *cheddar* olahan menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Test (ASLT)* Model Arrhenius.

1.2. Identifikasi Masalah

Masalah yang dapat diidentifikasi berdasarkan latar belakang diatasadalah apakah metode *Accelerated Shelf-Life Test* (ASLT) Model Arrhenius dapat digunakan untuk menduga umur simpan keju *cheddar* olahan.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengukur umur simpan keju *cheddar* olahan menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Test* (ASLT) Model Arrhenius.

Tujuan penelitian ini adalah menduga berapa lama umur simpan keju *cheddar* olahan menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Test* (ASLT) Model Arrhenius.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi menentukan umur simpan keju *cheddar* olahan dan dapat memberikan informasi mengenai lamanya umur simpan produk keju *cheddar* olahan.

1.5. Kerangka Pemikiran

Keju merupakan makanan olahan yang dihasilkan dari zat padat dalam susu dengan proses pengentalan atau koagulasi. Proses koagulasi dilakukan dengan menggunakan bakteri atau enzim tertentu yang disebut *rennet*. Setelah melalui proses koagulasi, hasil dari proses tersebut akan dikeringkan, diproses, dan diawetkan dengan berbagai macam cara. Dengan menggunakan bahan dasar susu

keju dapat diproduksi menjadi berbagai macam variasi produk. Variasi produk keju ditentukan dari tipe susu, metode pengentalan, temperatur, metode pemotongan, pengeringan, pemanasan serta pematangan keju dan pengawetan (Purwadi, 2019)

Keju mengandung 12,7–30,0% protein, 1,4-36,9% lemak, dan 0,2-7,2% karbohidrat. Selain itu, kadar air keju mencapai 30,0-79,9%. Hal ini membuat keju menjadi makanan yang sangat sensitif terhadap pertumbuhan mikroorganisme. Kerusak keju disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme dalam keju yang akan mempengaruhi umur simpan keju (Cahyadi, 2018).

Keju olahan yang baik ditandai dengan badan yang kompak, tekstur yang lembut, beraroma khas keju, tidak terdapat lubang-lubang gas, dapat diiris tanpa meremas atau melekat, jika dipanaskan akan mencair secara lembut dan seragam, tidak terpisah antara fase lemak dan fase protein (Amen dkk, 2020). Sedangkan keju olahan yang telah mengalami sudah tidak layak konsumsi mengeluarkan gas (kemasan vacuum menggebu), muncul jamur (berwarna putih, hitam, hijau, dan lain-lain) dan berbau busuk (Wirakarsa dkk, 2019).

Umur simpan pangan merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan umur simpan suatu produk dalam penyimpanan. Umur simpan suatu produk sangat berkaitan dengan kadar air, suhu, dan kelembapannya. Secara umum penentuan umur simpan adalah penanganan produk pada kondisi yang diinginkan dan dipantau setiap saat sampai produk rusak. Umur simpan suatu produk diperkirakan dengan mengamati produk selama penyimpanan sampai terjadi perubahan yang tidak lagi dapat diterima oleh konsumen baik dari segi tekstur,

aroma, dan rasa. Istilah umur simpan umumnya melibatkan pemahaman waktu dari pengemasan awal atau pembuatan suatu produk hingga kualitas produk masih memenuhi persyaratan konsumsi (Herawati, 2008).

Kualitas produk selama penyimpanan dapat berubah, dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, tekanan udara, atau karena faktor komposisi makanan. Suhu merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap perubahan mutu, jika suhu pada waktu penyimpanan konstan, maka dapat diselesaikan dengan metode *Accelerated Shelf-Life Test* (ASLT) Model Arrhenius. Metode tersebut merupakan pendugaan umur simpan suatu produk dengan suhu akselerasi sehingga dapat mempercepat reaksi yang menyebabkan kerusakan pada produk. (Syarif dan Halid, 1993).

Keju yang merupakan produk olahan susu memiliki kadar air, lemak, dan protein yang cukup tinggi menyebabkan keju sangat rentan terhadap pertumbuhan mikroorganisme dan kerusakan yang disebabkan oleh reaksi kimia. Oleh karena itu, pendugaan umur simpan dengan metode akselerasi sangat diperlukan dengan menaikkan suhu penyimpanan, suhu yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 25°C, 30°C, dan 40°C. Penyimpanan dilakukan pengukuran terhadap *Total plate count* (TPC), ketengikan, pH, warna, aroma, dan rasa. Dalam penelitian ini dilakukan penyimpanan selama 30 hari dengan rentang waktu pengamatan 5 hari.

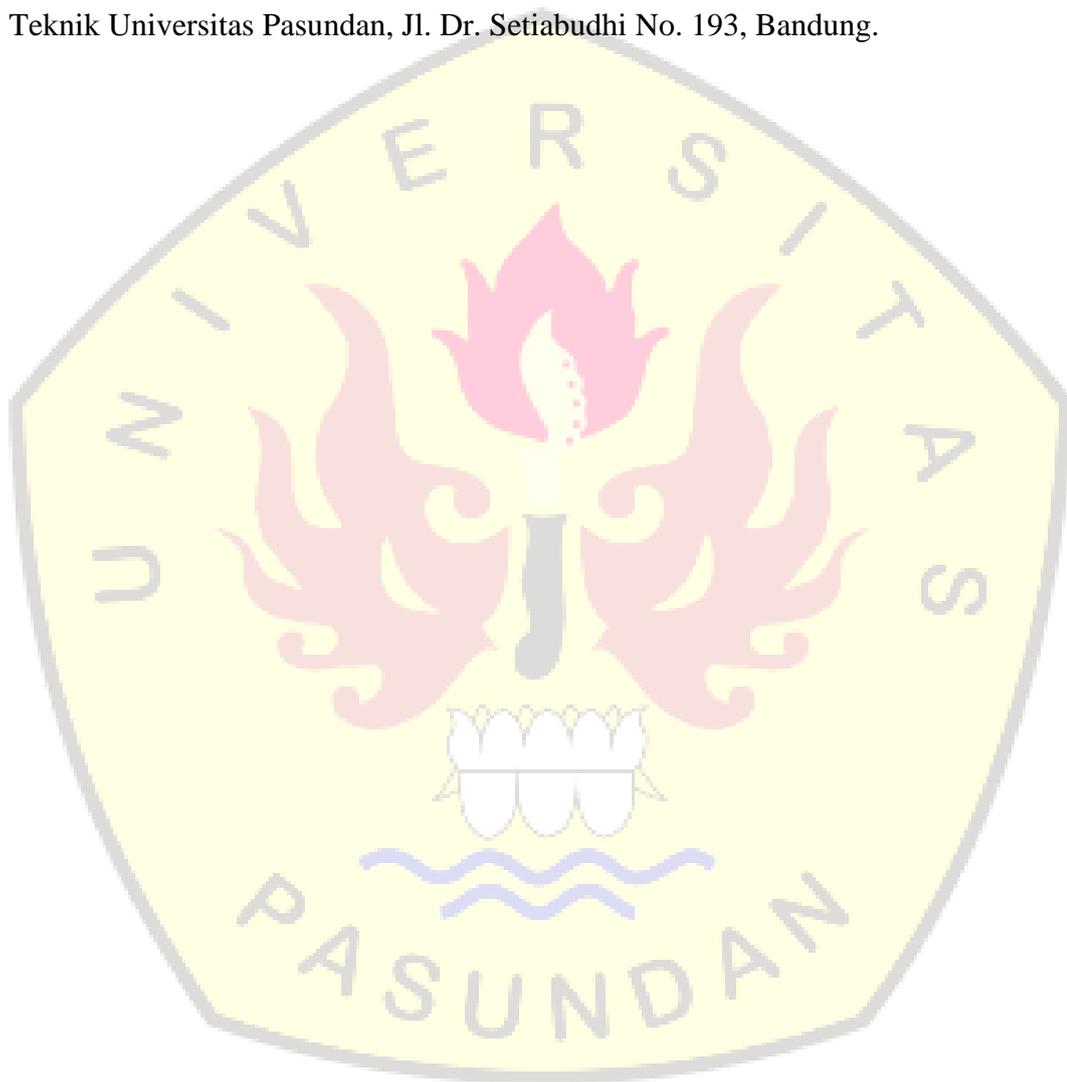
1.6. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran diatas, dapat diambil hipotesis bahwametode Metode *Accelerated Shelf-Life Test* (ASLT) model Arrhenius dapat

digunakan untuk menduga umur simpan keju *cheddar* olahan yang disimpan pada suhu yang berbeda-beda.

1.7. Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan, Jl. Dr. Setiabudhi No. 193, Bandung.



II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai (1) Keju, (2) Penentuan Umur Simpan, dan (3) ASLT (*Accelerated Shelf-Life Testing*).

2.1. Keju

Keju merupakan salah satu makanan olahan dari susu yang memiliki banyak manfaat, beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa mengonsumsi keju dalam jumlah yang cukup dapat mengurangi sindrom pre menstruasi dan memperkuat tulang (Cahyadi,2018). Keju juga merupakan salah satu makanan yang memiliki konsentrasi zat gizi, kandungan gizi pada keju sangat baik untuk anak-anak yang masih dalam masa pertumbuhan karena kandungan protein yang tinggi dapat digunakan sebagai makanan pengganti daging (Winarno, 2007).

Keju diperoleh melalui proses penggumpalan protein pada susu menggunakan enzim *renin*. Enzim *renin* diperoleh dalam bentuk *rennet*, pada saat susu bercampur dengan enzim *renin* dispersi koloidal kalsium *fosfokaseinat* dapat diganggu dan dirusak oleh enzim *renin* yang menyebabkan adanya penggumpalan. (Purwadi,2019). Penggumpalan terjadi karena susu cair yang terkoagulasi membentuk substansi padat yang disebut dadih (*curd*) dan air dadih yang disebut *whey*. Penggumpalan juga disebabkan karena adanya *ion* kalsium sehingga terjadi endapan kalsium *kasiemat* (Winarno, 2007).

Begitu pula menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO) dan *World Health Organization* (WHO) yang menjelaskan bahwa keju merupakan produk segar yang telah melalui proses penggumpalan susu dan pemisahan *whey* dari



susu, krim atau susu yang telah diambil skimnya sebagian, *buttermilk*, atau campuran dari produk susu. Keju memiliki komponen utama yaitu *kasein* (protein utama susu), selain *kasein*, keju memiliki komponen protein *whey*, laktosa, mineral, lemak, vitamin, dan air dengan kadar tertentu (Purwadi,2019).

Keju merupakan salah satu upaya pengolahan pangan untuk memperpanjang masa simpan susu (Murti dan Hidayat, 2009). Secara umum penyimpanan, susu dengan kadar air yang tinggi memiliki masa simpan yang lebih pendek dibandingkan keju, karena keju merupakan salah satu produk pangan yang memiliki umur simpan yang panjang dan memiliki banyak protein, lemak, kalsium *fosfor*, *riboflavin*, dan vitamin-vitamin dalam bentuk pekat (Singh, 2003).

Keju terbagi kedalam beberapa kategori yang meliputi berat, ukuran, bentuk, tempat pembuatan, jenis susu yang dipakai, dan sebagainya. Bisa dipastikan bahwa setiap jenis keju memiliki karakteristik yang berbeda-beda baik dari segi ukuran, aroma, bentuk, cita rasa, presentase kandungan garam, warna, penampilan eksternal, data analitik untuk presentase lemak dan bahan kering, presentase air dalam substansi bebas lemak, dan sebagainya (Purwadi,2019).

Keju yang diklasifikasikan berdasarkan kandungan air merupakan indikator dari daya simpan dan karakteristik pemeraman keju (Cahyadi, 2018). Hal tersebut dijelaskan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Karakteristik Pemeraman Keju

Tipe Keju	Kadar Air (%)	Karakteristik Pemeraman	Nama contoh keju
Sangat Keras	26 - 34	Diperam dengan bakteri	Keju asiago, parmesan, romano, sapsago, spalen
Keras	35 - 45	a) Diperam dengan bakteri; tekstur tertutup (tanpa lubang) b) Diperam dengan bakteri; tekstur tertutup (dengan lubang)	Keju <i>cheddar</i> , <i>caciocavallo</i> , granular, cheese hire Keju swiss, <i>emmentaler</i> , <i>gruyere</i>
Agak keras	41 - 52	a) Diperam dengan bakteri b) Diperam dengan kapang biru pada bagian dalam	Keju <i>munster</i> , <i>brick</i> , <i>edam</i> , <i>gouna</i> Keju <i>roquefort</i> , <i>gorgonzola</i> , <i>stilton</i>
Semi Lunak	45 - 55	Diperam dengan bakteri permukaan	Keju <i>limburger</i> , <i>port da salut</i> , dan <i>trappist</i>
Lunak	55 - 80	a) Diperam dengan kapang permukaan b) Tanpa peram - Berlemak rendah - Berlemak tinggi	Keju <i>camembert</i> , <i>bric</i> , <i>bel paese</i> , <i>cooked</i> , <i>hand</i> . Keju <i>cottage</i> , <i>pot</i> , <i>bakers</i> Keju <i>krim</i> dan <i>neufchatel amerika</i>

(Purwadi,2019).

Keju *cheddar* merupakan salah satu jenis keju yang dipasarkan di seluruh dunia yang pertama kali di buat di *Cheddar* yaitu suatu daerah di bagian Selatan Inggris (Purwadi,2019). Keju *cheddar* memiliki karakteristik khas yang disebabkan karena adanya proses *cheddaring* pada saat pengolahan, *cheddaring* merupakan proses pemeraman *curd* yang masih hangat dalam cetakan selama dua jam. Setelah proses tersebut terjadi perubahan asam laktat secara cepat serta kadar air dan tekstur *curd* yang diinginkan tercapai (Rahayu, 2000).

Menurut Cahyadi (2018), keju *cheddar* merupakan jenis keju yang memiliki penampakan putih atau berwarna, tekstur yang kaku, dan tertutup. Berdasarkan

klasifikasinya keju *cheddar* merupakan jenis keju keras dengan kadar air berkisar antara 35 – 45%, diperam dengan bakteri 12 dan tekstur tertutup (tanpa lubang).

Keju *cheddar* yang baik memiliki komposisi rata-rata 36,8% kadar air, 33,8% lemak, 23,7% protein, 5,65 kadar abu. Yang telah melalui proses pemeraman minimal selama 9-24 bulan (Anjarsari, 2010).

Syarat mutu susu untuk pembuatan keju *cheddar* dilihat dari kandungan lemak dan protein (terutama kasein) karena *curd* pada keju tersusun oleh lemak, protein, dan air. Oleh karena itu, rasio antara protein (khususnya kompleks kasein) dan lemak sangat penting dalam penilaian mutu susu. Rasio lemak dan kasein untuk pembuatan keju berkisar antara 1 : 0,68 dan 1 : 0,71 (Garnida dan Sutrisno, 2016).

Pada umumnya proses pembuatan keju *cheddar* dilakukan dengan menunggu selama 15 – 60 menit setelah *starter* ditambahkan pada susu, proses ini disebut dengan *repening*, organisme *starter* menyesuaikan diri dari lingkungan baru sebagai persiapan bagi pertumbuhan yang cepat, kemudian memproduksi sejumlah asam laktat untuk mengaktifkan enzim *renin* (Surono, 2004.). Menurut Garnida dan Sutrisno (2016), mikroba yang paling banyak digunakan dalam pembuatan keju *cheddar* adalah kelompok bakteri asam laktat yang menghasilkan asam laktat hasil fermentasi laktosa.

Menurut Herawati (2011), Keju *cheddar* merupakan salah satu keju alami yang paling banyak digunakan dalam pembuatan keju olahan di Indonesia, sehingga sering disebut keju *cheddar* olahan dengan bentuk yang bermacam-macam dari mulai kotak (*block*), irisan (*slice*), celupan (*sauce*), hingga olesan (*spreadable*).

Saus keju merupakan salah satu olahan keju, dimana menurut SNI tahun 1992 No. 10.2980 keju olahan didefinisikan sebagai keju natural yang dilelehkan dengan pemanasan, penambahan bahan lainnya yang diizinkan. Keju olahan pada prakteknya dibuat dengan mencampurkan dua atau lebih jenis keju dengan penambahan emulsi.

Menurut standar USFDSA (*United State Food and Drug Administration*), (2005) keju olahan dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok, yaitu :

1. *Processed cheese*, yang mengandung hanya keju dan garam pengemulsi dan kadar airnya tidak boleh melebihi 43% dan kandungan lemaknya tidak kurang dari 47%
2. *Processed cheese food*, mengandung bahan-bahan susu lain selain keju kadar airnya tidak boleh melebihi 44% dan kadar lemaknya kurang dari 27%. Kandungan kejunya tidak boleh kurang dari 51% dari produk.
3. *Processed cheese spread*, yang dapat dioles pada suhu kamar dan kadar airnya harus lebih dari 44% tetapi kurang dari 60%. Sedikitnya 51% produknya berupa bahan keju. Selain bahan bahan susu, pada produk ini dapat digunakan bahan pengkondisi (<0,8%). Bahan pemanis dan bahan pengasam dapat digunakan . produk mempunyai pH tidak kurang dari 4,0.
4. *Processed cheese product*, mengandung kurang dari 51% bahan keju dan kadar air maksimum.

Saus keju dapat diklasifikasikan sebagai *Processed Cheese Product* karena memiliki kadar air 60% dan mengandung kurang dari 51% bahan keju.

2.2. Penentuan Umur Simpan

Umur simpan merupakan selang waktu suatu produk dari mulai produksi sampai saat konsumsi yang mana produk masih dalam keadaan cukup baik yang dinilai dari nilai gizi, penampilan, tekstur, dan rasa. Bila kondisi produk makanan tidak baik dan sudah tidak bisa dikonsumsi yang dilihat dari sifat-sifat di atas, maka produk tersebut dinyatakan sebagai akhir dari masa simpannya (Arpah, 2001)

Menurut Haryadi (2004), mendefinisikan umur simpan sebagai suatu produk yang dianggap berada pada kisaran umur simpannya, jika kualitas produk secara umum dapat diterima seperti yang diinginkan oleh konsumen dan selama bahan pengemas masih memiliki kualitas yang baik untuk menjaga produk yang ada didalam kemasan.

Umur simpan merupakan lamanya waktu produk sampai mencapai tingkatan degradasi mutu tertentu dalam kondisi penyimpanan tertentu. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi penurunan mutu yaitu masa oksigen, uap air, cahaya, mikroorganisme, kompresi atau bantingan, dan bahan kimia *toxic*. Faktor tersebut dapat mengakibatkan penurunan mutu lebih lanjut seperti oksidasi lipida, kerusakan vitamin, kerusakan protein, perubahan aroma, perubahan unsur-unsur organoleptik, dan kemungkinan terbentuknya racun. Ketidaksesuaian pendugaan umur simpan pada kemasan akan menimbulkan ketidakpuasan dan keluhan dari konsumen, ketidakpuasan tersebut akan menjadi kesan buruk terhadap penerimaan

produk di masyarakat, serta ketidaksesuaian umur simpan akan menimbulkan malnutrisi dan penyakit.

Menurut Salbiati. (2005), terdapat tiga faktor yang dapat mempengaruhi umur simpan produk, yaitu lingkungan dimana produk tersebut terpapar selama distribusi dan sifat dari kemasan yang digunakan. *Perishability* merupakan salah satu contoh faktor karakteristik yang dapat mempengaruhi umur simpan karena efek dari bahan-bahan tertentu yang dapat memicu reaksi deterioratif, densitas kempa yang akan dipengaruhi oleh proses pengolahan dan kemasan, akan mempengaruhi area kosong pada pengemasan. Faktor lingkungan selama pendistribusian akan terpengaruh oleh iklim, transfer massa, dan transfer panas. Sedangkan faktor pengemas sangat bergantung pada laju transportasi uap air dan transfer gas serta aroma.

Menurut Labuza (2002), terdapat lima pendekatan yang bisa menentukan umur simpan, yaitu: 1) *litteratur value*, dasar pustaka banyak digunakan dalam penentuan awal atau sebagai perbandingan dalam penentuan produk pangan karena adanya fasilitas yang dimiliki oleh produsen pangan; 2) *distribution turn over* yaitu penentuan umur simpan produk pangan berdasarkan produk sejenis dipasaran. Pendekatan ini bisa digunakan terhadap produk yang sejenis di pasaran yangmana proses pengolahan, komposisi, ataupun aspek lainnya sama dengan produk pangan yang ingin di tentukan umur simpannya; 3) *distribution abuse test* merupakan cara menentukan umur simpan dengan menggunakan hasil analisis selama penyimpanan dan distribusi produk pangan atau dengan cara mempercepat proses penurunan mutu melalui menyimpan produk dalam kondisi ekstrim; 4) *customer complaints*

merupakan penentuan umur simpan yang dilakukan oleh produsen berdasarkan keluhan konsumen terhadap produk yang didistribusikan; 5) *accelerated shelf-life testing* (ASLT) merupakan cara penentuan umur simpan yang telah banyak dilakukan dalam pengujian umur simpan di laboratorium dengan cara menyimpan produk dalam kondisi lingkungan yang mempercepat proses penurunan mutu produk, kemudian diproyeksikan umur simpan produk pada kondisi penyimpanan sebenarnya.

2.3. Metode Akselerasi

Cara penentuan umur simpan secara konvensional memakan waktu yang cukup lama karena penetapan masa simpan suatu produk makanan dengan metode tersebut atau lebih dikenal dengan metode *Extended Storage Studies* (ESS) dilakukan dengan cara menyimpan produk dalam waktu yang lama dalam kondisi normal sampai produk tersebut mengalami penurunan mutu dan diamati hingga mencapai mutu kadaluwarsa. Untuk mempersingkat waktu penentuan mutu tersebut, digunakan metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) atau biasa disebut metode akselerasi yaitu pengaturan kondisi penyimpanan diluar keadaan normal maka produk akan lebih cepat rusak sehingga penentuan umur simpan dapat ditentukan lebih cepat (Asiah, 2018).

Penentuan umur simpan dengan metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) dilakukan beberapa tahapan meliputi penetapan parameter, kriteria kadaluwarsa, pemilihan jenis dan tipe pengemas, penentuan suhu untuk pengujian, perkiraan waktu dan frekuensi pengambilan contoh, plotting data sesuai ordo

reaksi, analisis sesuai suhu penyimpanan, dan analisis pendugaan umur simpan berdasarkan batas akhir penurunan mutu yang ditentukan (Kusnandar,2008).

Menurut Syarief (1989), terdapat dua pendekatan untuk menentukan umur simpan produk pangan menggunakan metode akselerasi, yaitu: 1) pendekatan kadar air dengan menggunakan perubahan kadar air dan aktivitas air sebagai kriteria kadar air dan kriteria kadaluarsa dan 2) pendekatan semiempiris dengan bantuan persamaan model Arrhenius, yaitu dengan teori kinetika yang pada umumnya menggunakan ordo nol atau ordo satu untuk produk pangan (Kusnandar, 2008). Metode akselerasi pendekatan kadar air kritis diaplikasikan pada produk pangan yang mudah rusak karena penyerapan kadar air dari lingkungan sekitar, kerusakan mutu diamati dari penurunan kekerasan atau kerenyahan dan, peningkatan kelengketan atau penggumpalan. Produk pangan yang dapat diukur masa simpannya menggunakan metode ini antarlain wafer, minuman serbuk, keripik, biscuit, dan sebagainya (Nuraini & Widanti, 2020).

Metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) dengan model Arrhenius biasanya digunakan untuk melakukan pendugaan umur simpan produk pangan yang mudah rusak oleh perubahan suhu, contohnya yaitu produk pangan yang mudah mengalami oksidasi lemak dan perubahan warna karena reaksi pencoklatan atau kerusakan vitamin C. Prinsip dari metode ini adalah penyimpanan produk pada kondisi suhu yang ekstrim yang menyebabkan kerusakan produk menjadi lebih cepat yang kemudian umur simpan ditentukan berdasarkan ekstrapolasi ke suhu penyimpanan. Semakin sederhana model yang digunakan untuk menentukan umur simpan, maka semakin banyak asumsi yang dipakai. Oleh karena itu, umur simpan

yang diperoleh bersifat 'pendugaan' yang validitasnya sangat ditentukan oleh model matematika yang diperoleh dari hasil percobaan (Syarief, 1993).

Metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) dengan model Q_{10} adalah pemanfaatan lebih lanjut dari model Arrhenius. Model Q_{10} dipakai untuk menduga seberapa besar perubahan laju reaksi oksidasi atau laju penurunan mutu produk makanan jika produk tersebut disimpan pada suhu-suhu tertentu. Dengan demikian, model ini dapat digunakan untuk menduga masa kadaluwarsa produk makanan tertentu yang disimpan pada berbagai suhu (Syarief, 1993).

2.4. Model Arrhenius

Model Arrhenius adalah model matematika yang biasa digunakan dalam bidang pangan untuk mendapatkan referensi untuk mengetahui seberapa cepat suatu reaksi pada produk pangan yang disimpan dengan suhu berbeda-beda mulai dari suhu tinggi hingga suhu rendah (Syarief, 1993). Jika faktor percepatan pada suhu tinggi telah didapatkan, maka dapat diekstrapolasi ke suhu yang lebih rendah.

Pada dasarnya, model Arrhenius merupakan teori kinetika yang pada umumnya menggunakan ordo nol atau ordo satu untuk produk-produk pangan tertentu (Syarief, 1993). Persamaan Arrhenius menunjukkan ketergantungan laju reaksi penurunan mutu terhadap suhu yang dirumuskan sebagai berikut:

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

Keterangan:

k = konstanta laju penurunan mutu

k_0 = konstanta (faktor frekuensi yang tidak tergantung suhu)

E_a = energi aktivasi

T = suhu x mutlak (C+273)

R = konstanta gas (1.986 kal/mol K)

Dengan mengubah persamaan diatas menjadi:

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

Maka akan diperoleh grafik berupa garis linier pada plot $\ln k$ terhadap $1/T$ dengan *slope* $- E_a/RT$ (Syarief dan Halid, 1992). $\ln k$ dan E/R merupakan bilangan konstanta, maka persamaan tersebut ditulis sebagai berikut:

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

Interpretasi E_a (energi aktivasi) dapat memberikan gambaran mengenai besarnya pengaruh temperatur terhadap reaksi. Nilai E_a diperoleh dari *slope* grafik garis lurus hubungan $\ln k$ dengan $(1/T)$. Dengan demikian, E_a yang besar hanya beberapa derajat dari temperatur dengan demikian *slope* akan besar (Arpah, 2007).

Dalam penggunaannya persamaan model Arrhenius untuk menetapkan umur simpan menggunakan asumsi:

1. Perubahan faktor mutu hanya ditentukan oleh satu macam reaksi saja
2. Tidak terjadi faktor lain yang mengakibatkan perubahan suhu
3. Proses perubahan mutu dianggap bukan merupakan akibat dari proses-proses yang terjadi sebelumnya
4. Suhu selama penyimpanan tetap atau dianggap tetap

Model Arrhenius dilakukan dengan menyimpan produk pangan dengan kemasan akhir pada minimal tiga suhu penyimpanan ekstrim. Percobaan dengan metode Arrhenius bertujuan untuk menentukan konstanta laju reaksi (k) pada beberapa suhu penyimpanan ekstrim, kemudian dilakukan ekstrapolasi untuk menghitung konstanta laju reaksi (k) pada suhu penyimpanan yang diinginkan dengan menggunakan persamaan model Arrhenius. Dari persamaan tersebut dapat ditentukan nilai k (konstanta penurunan mutu) pada suhu umur simpan, kemudian digunakan perhitungan umur simpan sesuai dengan ordo reaksinya (Labuza, 1982).

2.5. Model Q_{10}

Model Q_{10} adalah pemanfaatan lebih lanjut dari model Arrhenius. Model ini dipakai dipakai untuk menduga berapa besar perubahan laju reaksi atau laju penurunan mutu produk makanan jika produk tersebut disimpan pada suhu-suhu tertentu.

$$Q_{10} = \frac{\text{Laju penurunan mutu pada suhu } (T+10)}{\text{Laju penurunan mutu pada suhu } T}$$

$$= \frac{ts(T)}{ts(T+10)}$$

Keterangan :

T = suhu penyimpanan dalam $^{\circ}\text{C}$

$ts(T)$ = masa kadaluwarsa jika disimpan pada suhu T

$ts(T+10)$ = masa kadaluwarsa jika disimpan pada suhu $T+10$

Jika perbedaan suhu penyimpanan (δT) tidak sama dengan 10, maka rumus berikut dapat digunakan :

$$Q^{\delta T/10} = \frac{ts(T1)}{ts(T2)}$$



III. METODE PENELITIAN

Bab ini akan membahas mengenai; (1) Bahan dan Alat Penelitian; (2) Metode Penelitian; dan (3) Deskripsi Penelitian.

3.1. Bahan dan Alat Penelitian

3.1.1. Bahan-bahan penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam analisis *Total plate count* (TPC) adalah sampel, PCA, PDA, alkohol 70 dan 90 %, spritus, NaCl 0,9%, dan aquades. Bahan yang digunakan untuk analisis pH adalah larutan buffer, aquades, dan sampel keju. Sedangkan pada analisis ketengikan digunakan etanol 96%, asam asetat glacial ($C_2H_4O_6$), asam oksalat ($H_2C_2O_4$) 0,1N, asam sulfat (H_2SO_4), indicator fenolftalein (pp), kalium iodidat (KIO_3) 0,1N, kalium iodide (KI) 6M, klorofom ($CHCl_3$), natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) 0,1N dan sampel. Pada analisis organoleptik bahan yang digunakan hanya berupa sampel keju.

3.1.2. Alat-alat penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam analisis *Total plate count* (TPC) adalah tabung reaksi steril, cawan petri steril, handscol, masker, lampu bunsen, n,laminar air flow cabinet, mikropipet, pH meter, aw meter, tabung reaksi, rak tabung reaksi, spatula,neraca analitik, erlenmeyer, dan autoklaf. Alat yang digunakan untuk analisis pH menggunakan pH meter, botol semprot, pipet, dan gelas kimia. Sedangkan alat yang digunakan untuk menganalisis ketengikan adalah batang pengaduk, botol timbang, buret, erlenmayer, gelas kimia, kaca arloji, klem, labu

ukur, neraca analitik, pipet tetes dan statif. Alat yang digunakan untuk menganalisis warna, rasa, dan aroma menggunakan pancaindera.

3.2. Metode Penelitian

3.2.1. Penelitian Utama

Penelitian utama ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu 25°C, 30°C, dan 40°C terhadap perubahan mutu keju *cheddar* olahan yang akan disimpan selama 30 hari dengan rentang waktu pengamatan selama 5 hari, perunan mutu akan dilihat dari *Total Platee Count* (TPC), pH, ketengikan, warna, aroma, dan rasa. Selanjutnya dilakukan pendugaan umur simpan keju *cheddar* dengan pengukuran laju penurunan mutu menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Testing* model Arrhenius dilanjutkan dengan model Q₁₀.

3.2.1.1. Model Rancangan

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT), rancangan penelitian terdiri dari 2 faktor yaitu suhu dan lama penyimpanan. Model rancangan penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Model Rancangan

Suhu (°C)	Lama Penyimpanan (Hari)	Hasil					
		pH	TPC	Ketengikan	Warna	Rasa	Aroma
25	0						
	5						
	10						
	15						
	20						
	25						
	30						
	0						
	5						

Suhu (°C)	Lama Penyimpanan (Hari)	Hasil					
		pH	TPC	Ketengikan	Warna	Rasa	Aroma
30	10						
	15						
	20						
	25						
	30						
40	0						
	5						
	10						
	15						
	20						
	25						
	30						

Hasil dari data tersebut kemudian diplot kedalam kurva sehingga akan didapatkan regresi liniernya:

$$y = a + bx$$

Keterangan:

y = Nilai parameter akhir

x = Waktu penyimpanan

a = Nilai parameter pada saat mulai penyimpanan

b = Laju perubahan

Dengan demikian untuk penyimpanan pada suhu 25°C, 30°C, dan 40°C persamaan regresinya adalah:

Suhu 25°C : $y = a + bx$

Suhu 30°C : $y = a + bx$

Suhu 40°C : $y = a + bx$

Penggunaan regresi linier memperoleh koefisien determinan (r). Setiap nilai b yang diperoleh merupakan konstanta penurunan mutu (k) setiap suhu penyimpanan. Selanjutnya apabila nilai-nilai k diterapkan dalam rumus Arrhenius.

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

Keterangan:

k = konstanta penurunan mutu

k_0 = konstanta (tidak tergantung suhu)

E_a = energi aktivasi

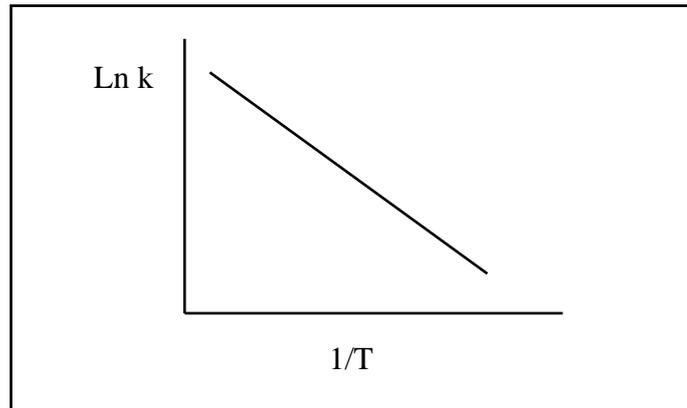
T = suhu mutlak (C+273)

R = konstanta gas (1.986 kal/mol K)

Persamaan diatas dapat ditulis menjadi persamaan:

$$\ln k = \ln k_0 - (E_a/RT) (1/T) \text{ atau } \ln k = A+B (1/T)$$

Hasil dari data dalam table di atas kemudian diplot ke kurva sehingga akan didapatkan regresi liniernya, lalu apabila setiap nilai ln k dan 1/T diplotkan dalam sebuah grafik, maka akan diperoleh gambar sebagai berikut.



Gambar 1. Grafik hubungan antara \ln dengan $1/T$

Dengan demikian besarnya nilai E_a dapat diperoleh, yaitu sebagai berikut:

$$-E_a/R = B$$

Dimana nilai slope B dihasilkan dari persamaan regresi linier linier antara $\ln k_0$ dan $1/T$, dan nilai k_0 diperoleh sebagai berikut:

$$\ln k_0 = A$$

Dengan demikian model atau persamaan untuk laju penurunan mutu tersebut adalah:

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

Dimana :

k = konstanta penurunan mutu

k_0 = konstanta (tidak tergantung pada suhu)

E_a = energi aktivasi

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

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

Penentuan nilai t_s (umur simpan) dengan mengikuti reaksi ordo nol, menggunakan persamaan tersebut :

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

Dimana :

t_s = umur simpan (hari)

A_0 = nilai mutu awal

A_t = nilai batas kritis

k = konstanta penurunan mutu pada suhu T

Perhitungan dilanjutkan menggunakan model Q_{10} yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{10} &= \frac{\text{Laju penurunan mutu pada suhu } (T+10)}{\text{Laju penurunan mutu pada suhu } T} \\ &= \frac{t_s(T)}{t_s(T+10)} \end{aligned}$$

Dimana, T adalah suhu penyimpanan dalam $^{\circ}\text{C}$, $t_s(T)$ adalah masa kadaluwarsa jika disimpan pada suhu T dan $t_s(T+10)$ adalah masa kadaluwarsa jika

disimpan pada suhu $T+10$. Apabila perbedaan suhu penyimpanan (δT) tidak sama dengan 10, maka rumus berikut dapat digunakan :

$$Q^{\delta T/10} = \frac{ts(T1)}{ts(T2)}$$

Dimana, T merupakan suhu penyimpanan dalam °C, $ts(T)$ merupakan masa kadaluwarsa jika disimpan pada suhu T dan δT merupakan perbedaan suhu penyimpanan (Syarief, R dan H. Halid, 1993).

3.2.2. Rancangan Respon

Rancangan respon dilakukan untuk menentukan optimasi dari perlakuan-perlakuan yang meliputi analisis fisik, analisis kimia, dan analisis mikrobiologi. Berikut adalah penjelasan dari berbagai respon:

1. Respon fisik / organoleptik

Analisis fisik yang dilakukan terhadap keju *cheddar* olahan berupa perubahan pada warna, aroma dan tekstur.

2. Respon kimia

Analisis kimia yang dilakukan merupakan uji ketengikan dan kadar pH pada keju *cheddar* olahan.

3. Respon mikrobiologi

Analisis jumlah total mikrobiologi pada penyimpanan keju *cheddar* olahan dengan menggunakan metode *total plate count* (TPC)

3.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan terdiri dari beberapa proses yaitu;

1. Persiapan Bahan

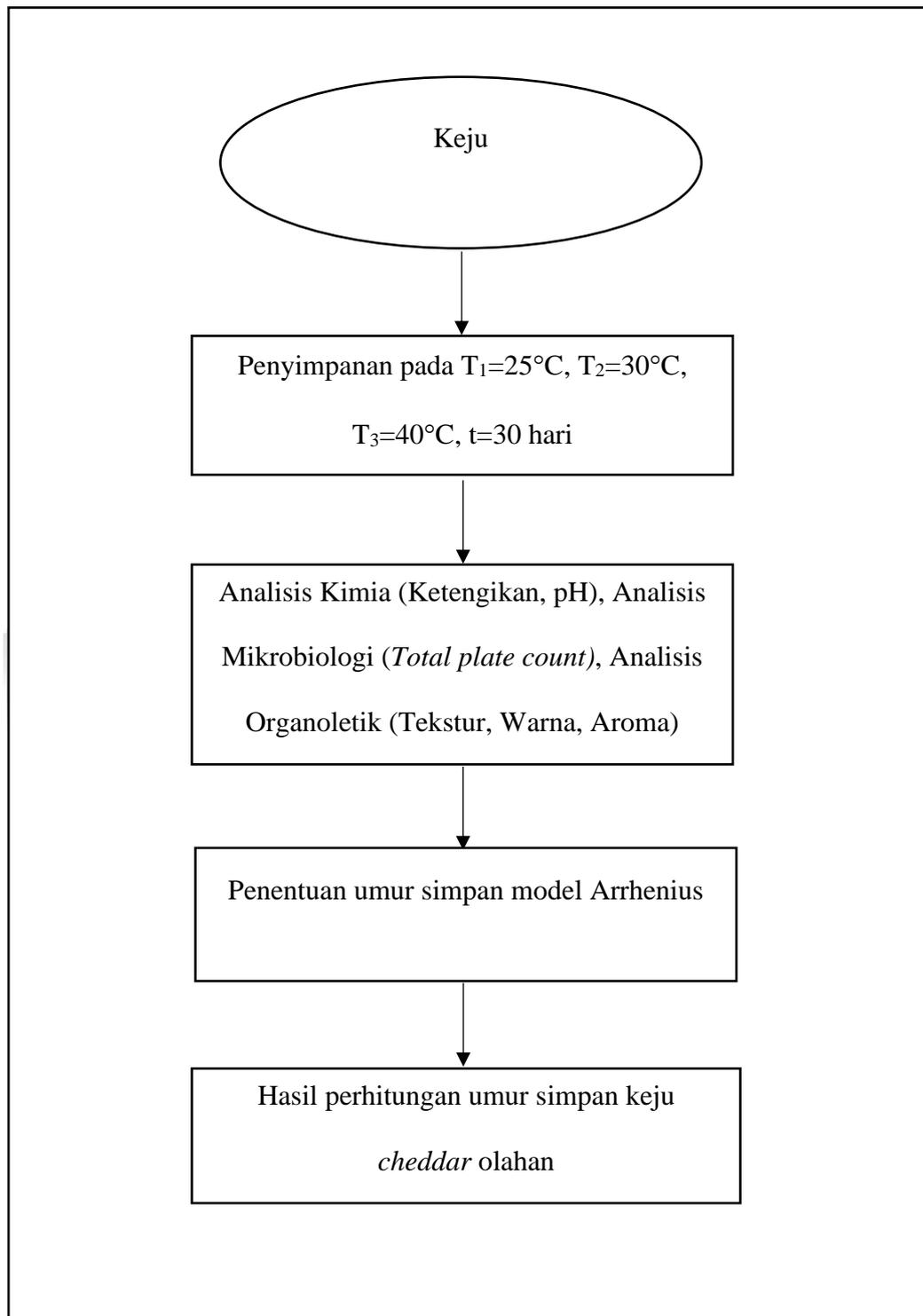
Produk yang dianalisis adalah keju *cheddar* olahan yang langsung diperoleh dari produsen langsung dan selanjutnya dilakukan analisis fisik, kimia, dan mikrobiologi.

2. Penyimpanan

Keju *cheddar* olahan selanjutnya dilakukan penyimpanan pada suhu 25°C, 30°C, dan 40°C selama 30 hari.

3. Pengamatan

Pengamatan dilakukan setiap 5 hari sekali selama 30 hari, terhitung mulai hari ke 0, 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 kemudian dilakukan analisis kimia yaitu uji ketengikan dan kadar pH, analisis fisik yaitu pengamatan tekstur aroma serta warna dan analisis mikrobiologi yaitu jumlah mikroba dengan *metode total plate count*. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.4. Jadwal Penelitian

Tabel 3. Jadwal penelitian

Kegiatan	September 2022	Oktober 2022	November 2022	Desember 2022	Januari 2023
Penyusunan proposal dan bimbingan					
Seminar usulan penelitian					
Penelitian					
Pengolahan data dan penyusunan tugas akhir					
Sidang tugas akhir					



IV. PEMBAHASAN

4.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian penahuluan yang dilakukan adalah pengukuran kadar lemak dan kadar garam untuk melihat kandungan lemak dan garam yang terdapat pada produk keju *cheddar* olahan.

Pendugaan umur simpan keju *cheddar* olahan terlebih dahulu dilakukan analisis terhadap parameter yang mempengaruhi mutu produk pada awal penyimpanan dengan menggunakan respon kadar FFA (*Free Fatty Acid*), TPC (*Total plate count*), pH, dan organoleptik (rasa, aroma, warna). Untuk menentukan nilai mutu akhir keju *cheddar* olahan dilakukan penyimpanan pada suhu 25°C, 30°C, dan 40 °C, disimpan selama 30 hari yang akan dicek secara berkala setiap 5 hari sekali. Pada pengecekan berkala tersebut dilakukan uji organoleptik (rasa, aroma, warna) oleh 30 orang panelis samapi minimal 50% panelis menolak. Pada pengujian pendahuluan didapatkan nilai persen FFA sebesar 1,45%. Pada pengukuran pH didapat kadar ph sebesar 5,78.

4.1.1. Kadar Lemak

Pada analisis kadar lemak yang terdapat dalam keju *cheddar* olahan didapat kadar lemak sebesar 24,66% yang didapat dengan analisis kadar lemak metode Soxhlet. Didapatkan data berat labu 110,53 gram, berat sampel 3gram dan berat labu yang telah di ekstraksi sebesar 111,28.

Lemak merupakan sumber makanan kaya energi kedua bagi manusia (Trugo dan Torres 2003). Lemak terdiri atas asam-asam lemak yang bergabung dengan molekul-molekul gliserol membentuk trigliserida yang terbungkus di dalam membran fosfolipid protein, membentuk globula-globula lemak yang tidak dapat bergabung satu dengan lainnya. Asam dan aktivitas proteolitik yang bekerja pada proses koagulasi susu menyebabkan rusaknya lapisan fosfolipidprotein, sehingga globula-globula lemak akan terperangkap pada saat penggumpalan protein, dan akhirnya bersatu dengan curd (Daulay 1991).

Lemak pada susu merupakan salah satu komponen yang bertanggung jawab terhadap pembentukan cita rasa, rasa, aroma, dan tekstur dari keju. Keju yang dibuat dari susu tanpa lemak biasanya membentuk tekstur yang keras dan tidak menghasilkan cita rasa keju yang diharapkan serta umumnya mempunyai tubuh yang kering (Daulay 1991). Lemak susu mengandung asam lemak rantai pendek, ketika asam lemak ini dibebaskan aktivitas lipase akan berkontribusi secara keseluruhan dalam flavor keju. Ketika komponen lemak rendah, maka asam lemak mempunyai jumlah yang rendah dan keju mungkin akan kekurangan flavor (Johnson et al. 1998).

4.1.1. Kadar garam

Pada analisis kadar garam yang terdapat dalam keju *cheddar* olahan didapat kadar garam sebesar 1,24 gram. Garam merupakan komponen penting dalam keju *cheddar* olahan selain berkontribusi secara langsung terhadap flavor dan sumber sodium, garam berfungsi untuk preservasi atau pengawetan karena berpengaruh terhadap pengurangan kadar air (Guinee, 2004).

4.2. Hasil Penelitian Utama

Hasil penelitian utama dilakukan bertujuan untuk mengetahui umur simpan keju *cheddar* olahan yang disimpan pada suhu 25°C, 30°C, dan 40 °C, selama 30 hari dengan 7 titik pengujian. Hasil penelitian dilakukan perhitungan dengan metode Arrhenius dimana parameter yang dianalisis antara lain yaitu FFA (Free Fatty Acid), TPC (*Total plate count*), pH, dan organoleptik (rasa, aroma, warna) yang diuji selama 5 hari sekali selama 30 hari.

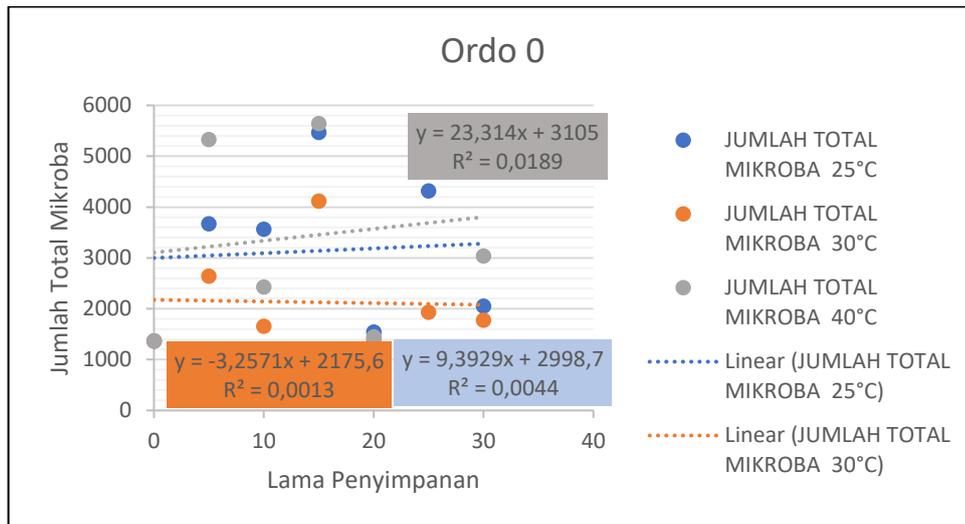
4.2.1. Respon Mikrobiologi

Aspek mikrobiologi mempunyai peranan sangat penting dalam penilaian mutu produk pangan, karena beberapa jenis produk pangan cepat mengalami penurunan mutu akibat mikroorganisme. Untuk lebih jelasnya perubahan total mikroorganisme dapat dilihat pada Tabel 4 dan gambar 3.

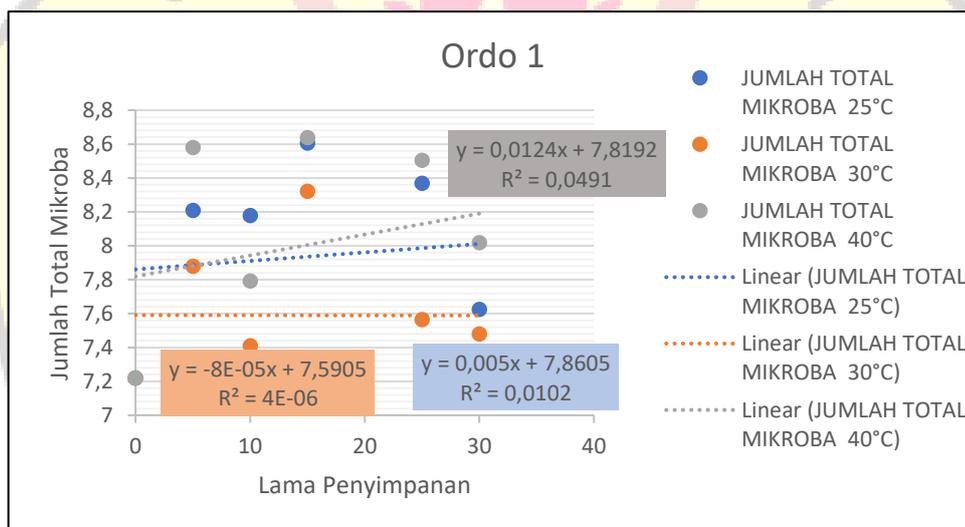
Tabel 4. Hasil Analisis *Total plate count*

Lama Penyimpanan (Hari)	Jumlah Total Mikroba		
	25°C	30°C	40°C
0	1,366 x 10 ³	1,366 x 10 ³	1,366 x 10 ³
5	1,544 x10 ³	1,405 x10 ³	1,445 x10 ³
10	3,564 x10 ³	1,65,3 x10 ³	2,425 x10 ³
15	2,049 x10 ³	1,772 x10 ³	3,038 x10 ³
20	4,316 x10 ³	1,930 x10 ³	4,940 x10 ³
25	3,673 x10 ³	2,643x10 ³	5,326 x10 ³
30	5,465 x10 ³	4,118x10 ³	5,643 x10 ³

Dari data tersebut, lama waktu penyimpanan dengan jumlah mikroba diplotkan pada ordo nol dan ordo satu. Pemetaan tersebut dilakukan untuk mengetahui ordo reaksi yang tepat.



Gambar 3. Grafik Total Mikroba Keju *Cheddar* Olahan Ordo 0.



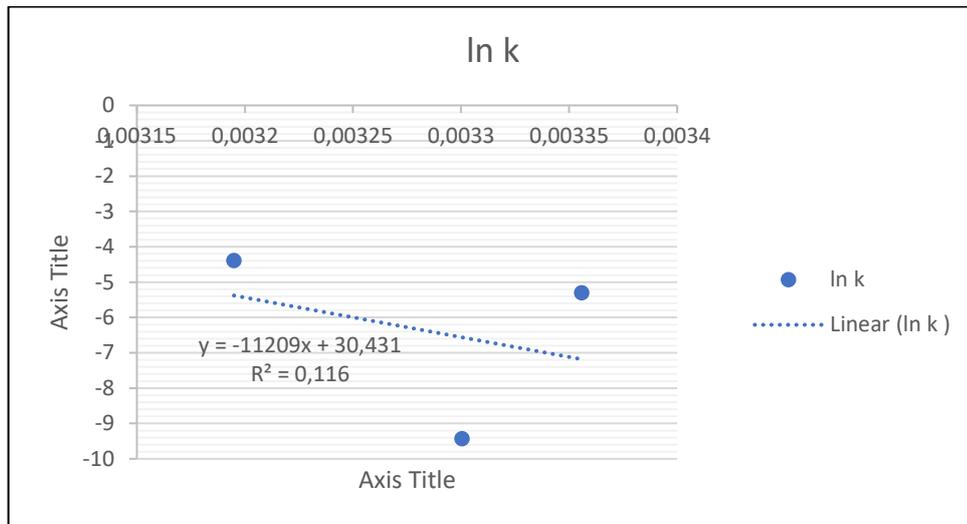
Gambar 4 Grafik Total Mikroba Keju *Cheddar* Olahan Ordo 1.

Setelah data diplotkan pada ordo nol dan ordo satu didapat persamaan regresi linear dan dapat ditentukan ordo reaksi yang paling sesuai yaitu ordo yang memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) yang paling tinggi yaitu reaksi ordo 0 karena memiliki nilai korelasi positif kuat.

Suhu °C	Persamaan Regresi	a	b	r	R
25	$y = 9,3929x + 2998,7$	2998,7	9,3929	0,0663	0,0044
30	$y = -3,2571x + 2175,6$	2175,6	-3,2571	0,0360	0,0013
40	$y = 23,314x + 3105$	3105,0	23,314	0,1375	0,0189

Nilai b tertinggi pada keju *cheddar* olahan yang disimpan pada suhu 40°C yaitu 23,314. sedangkan pada penyimpanan suhu 25°C dan 30°C masing-masing yaitu 9,3929 dan -3,2571. Hal ini menunjukkan jumlah total mikroba pada suhu 40°C selama penyimpanan dari hari ke-0 hingga hari ke-30 mengalami kenaikan lebih cepat dibandingkan dengan suhu penyimpanan 25°C dan 30°C, artinya semakin tinggi jumlah total mikroba maka semakin besar penurunan mutunya. Nilai b disebut juga koefisien regresi (*slope*) menentukan arah regresi linier.

Dalam hal ini, nilai b positif menunjukkan hubungan yang positif untuk suhu penyimpanan 25°C dan 40°C, artinya makin tinggi nilai x (lama penyimpanan) semakin besar pula nilai y (jumlah total mikroba). Akan tetapi nilai b pada suhu 30°C bernilai negative yang menunjukkan semakin tinggi nilai x (lama penyimpanan) semakin sedikit nilai y (total jumlah mikroba).



Gambar 5. Grafik Pendugaan Umur Simpan Keju *Cheddar* Olahan Parameter Total Mikroba

Dari kurva hubungan $\ln k$ dengan $1/T$ diatas maka didapat rehresi linier untuk keju *cheddar* olahan yaitu $\ln k = -11209$. Berdasarkan kurva diatas didapatkan nilai b atau koefisien regresi yang dihasilkan memberi nilai negatif yang menandakan adanya penurunan $\ln k$ total mikroba oleh kenaikan suhu $1/T$. Nilai E dapat dihitung menggunakan rumus:

$$-Ea/R = b$$

Dimana nilai R dapat diketahui sebagai nilai konstanta gas sebesar 1,986 kal/mol. Sehingga diperoleh nilai energi aktivasi (Ea) untuk keju *cheddar* sebesar 22261,07kal/mol^{°K}.

Selanjutnya didapat nilai k_0 utuk keju *cheddar* olahan sebesar $1,6444 \times 10^{13}$. Setelah didapatkan model Arrhenius seperti diatas, maka laju peningkatan total mikroba (k) keju *cheddar* olahan pada suhu penyimpanan yang berbeda dapat diketahui dengan rumus:

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

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai energi aktivasi dan diperoleh nilai k (konstanta penurunan mutu) pada suhu 298 K, 303 K, dan 313 K. nilai k selanjutnya diplotkan ke dalam persamaan perhitungan umur simpan mengikuti ordo reaksi satu sehingga diperoleh umur simpan keju *cheddar* olahan yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Umur Simpan Ordo 0.

Suhu (°K)	Ea	k0	k	Umur Simpan (Hari)
298	22261,07	16,444x10 ¹³	0,00076	1569
303			0,00141	816
313			0,00461	259

Berdasarkan data hasil penelitian pada Tabel 5, dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan, maka semakin tinggi kenaikan pertumbuhan mikroorganisme yang mempengaruhi pada umur penyimpanan keju *cheddar* olahan yang semakin pendek. Dimana pada suhu 25°C memiliki umur simpan selama 1569 hari, pada 30°C memiliki umur simpan selama 816 hari, dan pada suhu 40°C memiliki umur simpan selama 259 hari.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa dengan semakin bertambahnya waktu penyimpanan dan semakin tinggi suhu penyimpanan maka semakin banyak pula jumlah mikroba yang tumbuh dalam bahan pangan tersebut. Pengujian *Total Plate Count* yang dilakukan pada saat penelitian dilakukan di ruangan lab terbuka

sehingga pada saat pengujian sangat beresiko adanya cemaran dari luar yang menyebabkan hasil dari analisis *total plate count* menjadi kurang maksimal.

Suhu merupakan faktor ekstrim dari berkembangnya pertumbuhan mikroorganisme, karena setiap mikroorganisme memiliki suhu minimum, optimum dan maksimum untuk tumbuh (Fardiaz, 1992).

Kandungan mikroba, selain mempengaruhi mutu produk pangan juga menentukan keamanan produk tersebut dikonsumsi. Pertumbuhan mikroba pada produk pangan dipengaruhi oleh faktor intrinsik dan ekstrinsik. Faktor intrinsik mencakup keasaman (pH), aktivitas air (aw), equilibrium humidity (Eh), kandungan nutrisi, struktur biologis, dan kandungan antimikroba. Faktor ekstrinsik meliputi suhu penyimpanan, kelembapan relatif, serta jenis dan jumlah gas pada lingkungan (Arpah 2001).

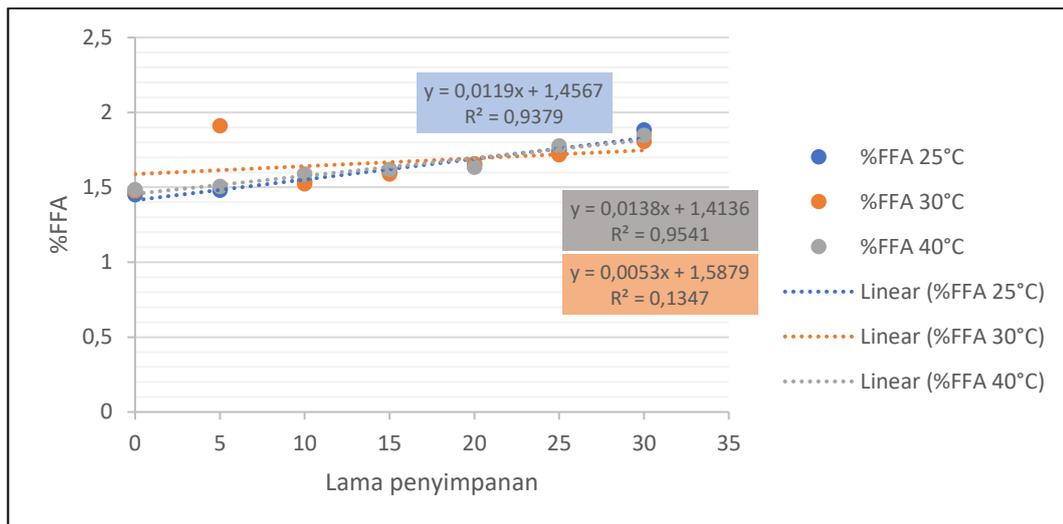
4.2.2. Kadar Asam lemak bebas (FFA)

Data hasil kadar asam lemak bebas pada keju *cheddar* olahan dapat dilihat pada tabel dibawah ini, bahwa nilai kadar asam lemak bebas selama waktu penyimpanan pada suhu 25°C, 30°C, dan 40°C.

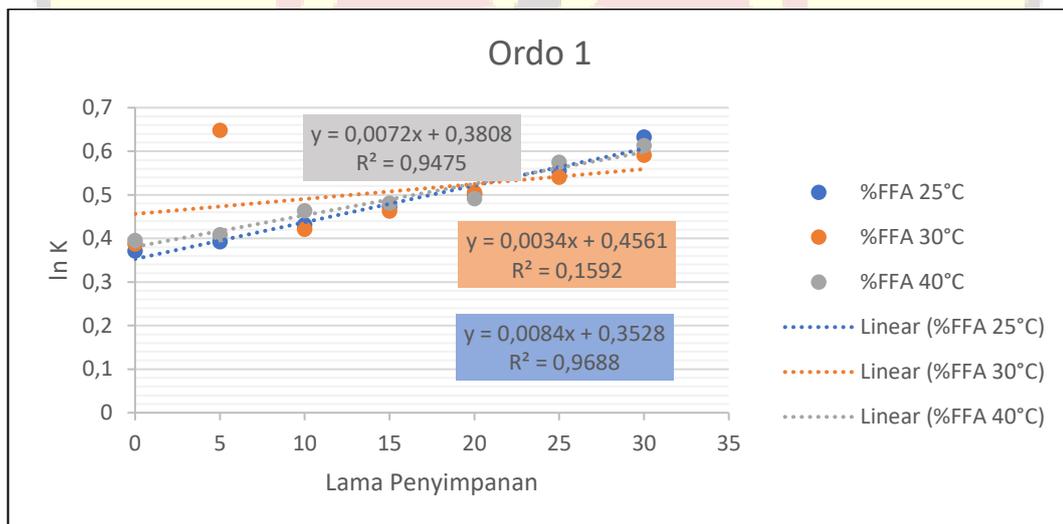
Tabel 6. Kadar Asam Lemak Bebas Keju *Cheddar* Olahan Ordo 0.

Lama Penyimpanan (Hari)	%FFA		
	25°C	30°C	40°C
0	1,449158	1,4723	1,4845
5	1,479637	1,91093	1,504627
10	1,539043	1,523124	1,58881
15	1,604016	1,587667	1,617181
20	1,650867	1,657011	1,633913
25	1,74211	1,715883	1,776795
30	1,881945	1,805032	1,845505

Dari data tersebut, lama waktu penyimpanan dengan kadar asam lemak bebas diplotkan pada ordo nol dan ordo satu. Pemetaan tersebut dilakukan untuk mengetahui ordo reaksi yang tepat.



Gambar 6. Grafik Perubahan Kadar Asam Lemak Bebas Keju *Cheddar* Olahan Selama Penyimpanan Ordo 0.



Gambar 7. Grafik Perubahan Kadar Asam Lemak Bebas Keju *Cheddar* Olahan Selama Penyimpanan Ordo 1

Tabel 7. Persamaan Regresi Linier Parameter Kadar Asam Lemak Bebas Pada Keju *Cheddar* Olahan.

Suhu Penyimpanan	Kurva Ordo	R ²	Nilai r terbesar	Ordo terpilih
25°C	0	0,9541	1	1
	1	0,9688		
30°C	0	0,1347	1	
	1	0,1592		
40°C	0	0,9379	1	
	1	0,9475		

Tabel 8. Persamaan regresi Linear Kadar Asam Lemak Bebas

Suhu °C	Persamaan Regresi	b	a	r	R ²
25	$y = 0,0084x + 0,3528$	0,0084	0,3528	0,9843	0,9688
30	$y = 0,0034x + 0,4561$	0,0034	0,4561	0,3989	0,1592
40	$y = 0,0072x + 0,3808$	0,0072	0,3808	0,9734	0,9475

Setelah data diplotkan pada ordo nol dan ordo satu maka ordo reaksi yang paling sesuai yaitu ordo yang memiliki nilai koefisien determinasi yang paling tinggi yaitu reaksi ordo 1 karena memiliki nilai korelasi positif kuat. Nilai b tertinggi pada keju *cheddar* olahan yang disimpan pada suhu 25°C yaitu 0,0084. sedangkan pada penyimpanan suhu 30°C dan 40°C masing-masing yaitu 0,0034 dan 0,0072. Hal ini menunjukkan laju kadar asam lemak bebas pada suhu 25°C selama penyimpanan dari hari ke-0 hingga hari ke-30 mengalami kenaikan lebih cepat dibandingkan dengan suhu penyimpanan 30°C dan 40°C, artinya semakin tinggi angka asam lemak bebas maka semakin besar penurunan mutunya. Nilai b disebut juga koefisien regresi (*slope*) menentukan arah regresi linier.

Dalam hal ini, nilai b positif maka menunjukkan hubungan yang positif untuk suhu penyimpanan 25°C, 30°C, dan 40°C, artinya makin tinggi nilai x (lama penyimpanan) semakin besar pula nilai y (kadar asam lemak bebas). Akan tetapi setiap suhu menunjukkan nilai b yang berbeda, hal ini menunjukkan derajat kemiringan yang berbeda pula.

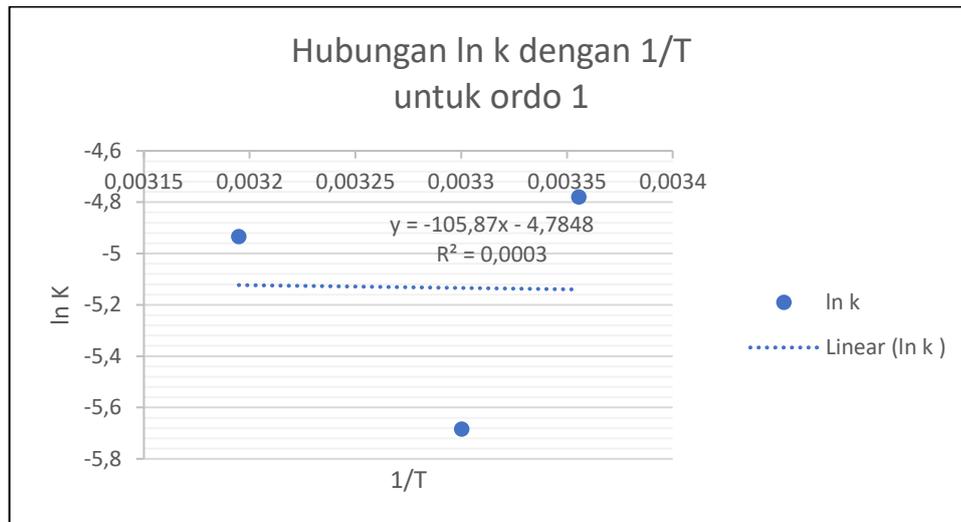
Koefisien determinasi (r) pada setiap suhu memiliki nilai positif maka menandakan adanya hubungan linear langsung. Terlihat pada suhu penyimpanan 25°C yaitu 0,9843, suhu 30°C yaitu 0,3989, dan suhu 40°C yaitu 0,9734. Hal tersebut menunjukkan hubungan korelasi antara kadar asam lemak bebas dan lama penyimpanan pada suhu 25°C dan 40°C sangat kuat sedangkan pada suhu 30°C kolerasinya lemah.

Kemudian nilai b di ubah menjadi nilai ln k agar didapat persamaan regresi linear hubungan antara nilai ln k dan 1/T. berikut merupakan tabel hasil nilai ln k dan 1/T.

Tabel 9. Persamaan Regresi Linear Kurva Hubungan Waktu Penyimpanan Dengan Kadar Asam Lemak Bebas Keju *Cheddar* Olahan

Suhu °C	Suhu (K)	b	a	R ²	1/T	ln k
25	298	0,0084	0,3528	0,9688	0,0033557	-4,7795236
30	303	0,0034	0,4561	0,1592	0,0033003	-5,6839798
40	313	0,0072	0,3808	0,9541	0,0031949	-4,9336743

Nilai k diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 8 dengan 1/T sebagai sumbu x dan ln k sebagai sumbu y.



Gambar 8. Hubungan ln k dengan 1/T untuk ordo 1

Dari kurva hubungan ln k dengan 1/T diatas maka didapat regresi linier untuk keju *cheddar* olahan yaitu $\ln k = -105,87x + 4,7848$. Berdasarkan kurva diatas didapatkan nilai b atau koefisien regresi yang dihasilkan memberi nilai negatif yang menandakan adanya penurunan ln k kadar asam lemak bebas oleh kenaikan suhu 1/T. Nilai E dapat dihitung menggunakan rumus:

$$-Ea/R = b$$

Dimana nilai R dapat diketahui sebagai nilai konstanta gas sebesar 1,986 kal/mol. Sehingga diperoleh nilai energi aktivasi (E_a) untuk keju *cheddar* sebesar 210,25782 kal/mol^{°K}.

Selanjutnya didapat nilai k_0 untuk keju *cheddar* olahan sebesar 0,008355795. Setelah didapatkan model Arrhenius seperti diatas, maka laju peningkatan kadar asam lemak bebas (k) keju *cheddar* olahan pada suhu penyimpanan yang berbeda dapat diketahui dengan rumus:

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

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai energi aktivasi dan diperoleh nilai k (konstanta penurunan mutu) pada suhu 298 K, 303 K, dan 313 K. nilai k selanjutnya diplotkan ke dalam persamaan perhitungan umur simpan mengikuti ordo reaksi satu sehingga diperoleh umur simpan keju *cheddar* olahan yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 10. Tabel Umur Simpan Keju *Cheddar* Olahan Parameter Kadar Asam Lemak Bebas

Suhu (°K)	Ea	k0	k	Umur Simpan (Hari)
298	210,2578	0,008356	0,005857289	291
303			0,005891728	259
313			0,005957867	260

Berdasarkan data hasil penelitian pada Tabel 9, dapat dilihat bahwa perbedaan suhu penyimpanan akan mempengaruhi kadar asam lemak bebas pada keju *cheddar* olahan. Dimana pada suhu 25°C memiliki kadar asam lemak bebas paling rendah di bandingkan suhu 30°C dan 40°C, yang membuat umur simpan keju *cheddar* olahan menjadi lebih panjang.

Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan bahwa selama penyimpanan pada keju *cheddar* olahan mengalami peningkatan kadar FFA. Dalam hal ini peningkatan kadar FFA dinyatakan sebagai penurunan mutu keju *cheddar* olahan. Jumlah asam lemak bebas yang semakin meningkat merupakan tanda dari adanya proses hidrolisis karena terdapatnya sejumlah air dalam lemak atau minyak. Hasil hidrolisis lemak dalam bahan pangan tidak hanya mengakibatkan bau yang tidak enak, tetapi juga dapat menurunkan nilai gizi, karena kerusakan vitamin larut lemak dan asam lemak esensial dalam lemak (Kataren,2008)

Jonnalagadda, et. al. (2001), Menyatakan ketengikan merupakan masalah utama pada produk yang digoreng karena adanya detereorasi bahan yang disebabkan oleh oksidasi lemak atau minyak dalam bentuk peroksida, aldehid dan keton. Besarnya kerusakan lemak akibat oksidasi sangat berperan dalam pembentukan aroma tengik (Kusnandar, 2006).

Tipe penyebab ketengikan dalam lemak menurut Ketaren (2008) dibagi atas tiga golongan yaitu ketengikan oleh oksidasi (*oxidative rancidity*), ketengikan oleh enzim (*enzymatic rancidity*), dan ketengikan oleh proses hidrolisa (*hidrolitic rancidity*).

Penyebab utama oksidasi lemak adalah autooksidasi. Reaksi autooksidasi pada lemak terjadi melalui pembentukan radikal bebas. Terdapat tiga tahap yaitu inisiasi, propagasi, dan terminasi. Pada tahap inisiasi, terjadi pembentukan radikal dari molekul lipida atau trigliserida. Asam lemak tak jenuh yang terdapat pada minyak memiliki ikatan rangkap, sehingga terdapat atom H yang tidak stabil pada rantai lemak. Akibat adanya pemanasan, atom H dapat lepas dari ikatannya.

Raharjo (2004) juga menyatakan bahwa kadar air yang terdapat pada produk yang bercampur dengan komponen lemak dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan ketengikan hidrolitik. Dalam reaksi hidrolisis, trigliserida akan terhidrolisis menjadi digliserida, monogliserida dan asam lemak bebas. Asam lemak tidak jenuh memiliki ikatan rangkap yang dapat mengikat oksigen membentuk peroksida. Peroksida merupakan bahan kimia yang dapat mempercepat proses oksidasi.

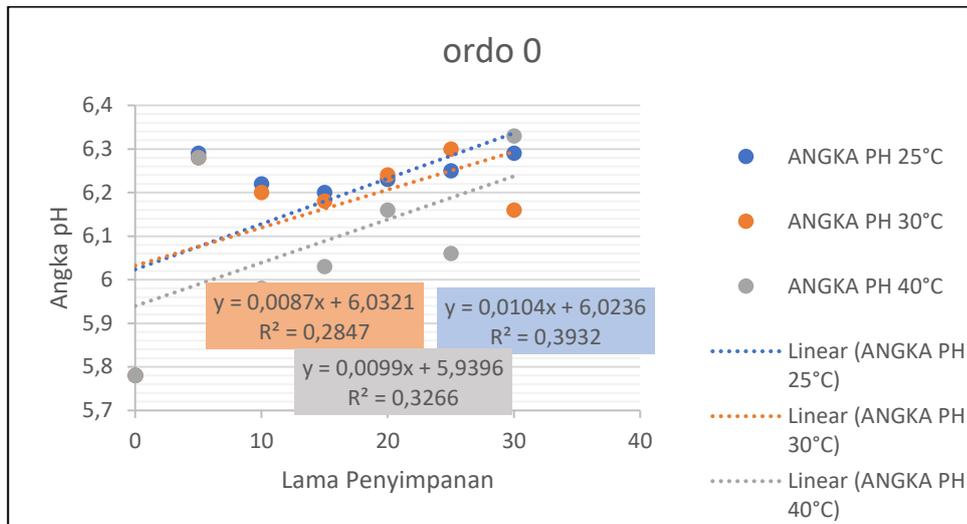
4.2.3. Angka pH

Pada pendugaan umur simpan dilakukan pengujian parameter yang mempengaruhi mutu produk sebelum disimpan untuk periode tertentu. Parameter yang diamati pada keju *cheddar* olahan dilakukan penyimpanan meliputi pengukuran kadar pH. Parameter tersebut dianalisis mulai awal penyimpanan pada hari ke-0 sampai hari ke-30. Data hasil kadar pH pada keju *cheddar* olahan, dapat dilihat tabel 6, bahwa kadar pH cenderung turun selama waktu penyimpanan pada suhu 25°C, 30°C dan 40°C.

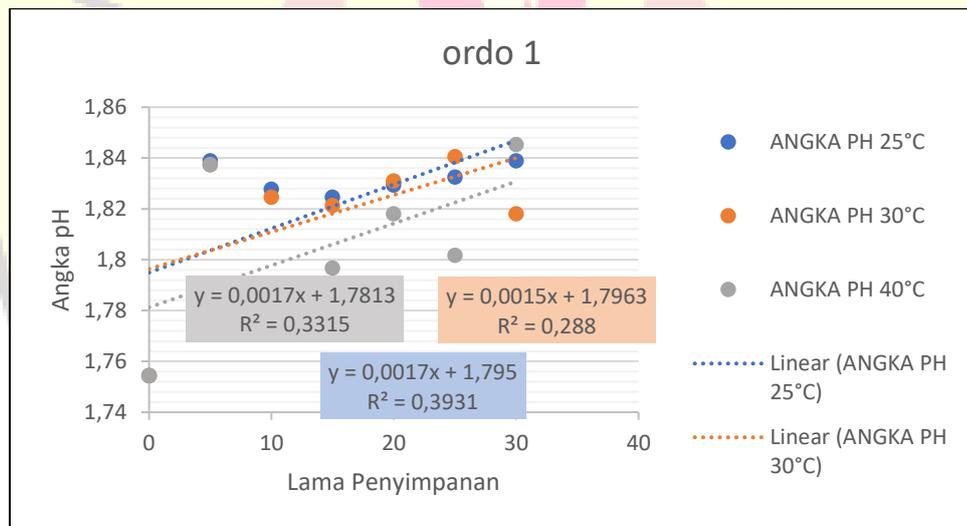
Tabel 11. Kadar pH Keju *Cheddar* Olahan Ordo 0.

Lama Penyimpanan (Hari)	Angka pH		
	25°C	30°C	40°C
0	5,78	5,78	5,78
5	6,29	6,28	6,28
10	6,22	6,20	5,98
15	6,20	6,18	6,03
20	6,23	6,24	6,16
25	6,25	6,30	6,06
30	6,29	6,16	6,33

Dari data tersebut, lama waktu penyimpanan dengan kadar pH diplotkan pada ordo nol dan ordo satu. Pemetaan tersebut dilakukan untuk mengetahui ordo reaksi yang tepat.



Gambar 9. Grafik Perubahan Kadar pH Bebas Keju *Cheddar* Olahan Selama Penyimpanan Ordo 0.



Gambar 10. Grafik Perubahan Kadar pH Bebas Keju *Cheddar* Olahan Selama Penyimpanan Ordo 1

Setelah data diplotkan pada ordo nol dan ordo satu maka ordo reaksi yang paling sesuai yaitu ordo yang memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) yang paling tinggi yaitu reaksi ordo 1 yang dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Persamaan Regresi Linier Parameter Kadar pH Pada Keju *Cheddar* Olahan.

Suhu Penyimpanan	Kurva Ordo	R ²	Nilai R ² terbesar	Ordo terpilih
25°C	0	0,3932	0	1
	1	0,3931		
30°C	0	0,2847	1	
	1	0,2880		
40°C	0	0,3266	1	
	1	0,3315		

Tabel 13. Persamaan Regresi Linier Parameter Kadar pH Pada Keju *Cheddar* Olahan.

Suhu °C	Persamaan Regresi	a	b	r	R ²
25	$y = 0,0017x + 1,795$	1,795	0,0017	0,6270	0,3931
30	$y = 0,0015x + 1,7963$	1,7963	0,0015	0,5366	0,288
40	$y = 0,0017x + 1,7813$	1,7813	0,0017	0,5758	0,3315

Setelah data diplotkan pada ordo nol dan ordo satu maka ordo reaksi yang paling sesuai yaitu ordo yang memiliki nilai koefisien determinasi yang paling tinggi yaitu reaksi ordo 1 karena memiliki nilai korelasi positif kuat. Nilai b tertinggi pada keju *cheddar* olahan yang disimpan pada suhu 25°C dan suhu 40°C yaitu 0,0017. sedangkan pada penyimpanan suhu 30°C yaitu 0,0015. Hal ini menunjukkan laju kadar pH pada suhu 25°C dan 40°C selama penyimpanan dari hari ke-0 hingga hari ke-30 mengalami kenaikan lebih cepat dibandingkan dengan suhu penyimpanan 30°C, artinya semakin tinggi angka pH maka semakin besar penurunan mutunya. Nilai b disebut juga koefisien regresi (*slope*) menentukan arah regresi linier.

Dalam hal ini, nilai b positif maka menunjukkan hubungan yang positif untuk suhu penyimpanan 25°C, 30°C, dan 40°C, artinya makin tinggi nilai x (lama penyimpanan) semakin besar pula nilai y (kadar pH). Akan tetapi setiap suhu menunjukkan nilai b yang berbeda, hal ini menunjukkan derajat kemiringan yang berbeda pula.

Koefisien determinasi (r) pada setiap suhu memiliki nilai positif maka menandakan adanya hubungan linear langsung. Terlihat pada suhu penyimpanan 25°C yaitu 0,6270 suhu 30°C yaitu 0,5366 dan suhu 40°C yaitu 0,5758. Hal tersebut menunjukkan hubungan korelasi antara pH dan lama penyimpanan pada suhu 25°C dan 40°C sangat kuat sedangkan pada suhu 30°C kolerasinya lemah. Dari hasil tersebut dihitung nilai 1/T dan ln k pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Perhitungan ln k dan 1/T Kadar pH Keju *Cheddar* Olahan

Suhu (°C)	Suhu (°K)	b	a	R ²	1/T	ln k
25	298	1,795	0,0017	0,3931	0,003356	-6,377127
30	303	1,7963	0,0015	0,2880	0,0033	-6,502290
40	313	1,7813	0,0017	0,3315	0,003195	-6,377127

Selanjutnya didapat nilai k₀ untuk keju *cheddar* olahan sebesar 0,00153642. Setelah didapatkan model Arrhenius seperti diatas, maka laju peningkatan kadar pH (k) keju *cheddar* olahan pada suhu penyimpanan yang berbeda dapat diketahui dengan rumus:

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

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai energi aktivasi dan diperoleh nilai k (konstanta penurunan mutu) pada suhu 298 K, 303 K, dan 313 K. nilai k

selanjutnya diplotkan ke dalam persamaan perhitungan umur simpan mengikuti ordo reaksi satu sehingga diperoleh umur simpan keju *cheddar* olahan yang dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 15. Umur Simpan Keju *Cheddar* Olahan Parameter pH

Suhu (°K)	Ea	k0	k	Umur Simpan (Hari)
298	-22,84694	0,00153642	0,001596892	656
303			0,001595875	649
313			0,001593941	659

Berdasarkan data hasil penelitian pada Tabel 14, dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan, maka semakin mempengaruhi umur simpan keju *cheddar* olahan menjadi semakin pendek.

Penurunan pH dapat dipengaruhi oleh adanya enzim renin yang aktif pada pada keju *cheddar* olahan. Enzim renin merupakan salah satu bahan penggumpal kasein yang dibutuhkan dalam pembuatan keju. Bahan ini dapat diperoleh dalam bentuk ekstrak rennet bubuk, Penambahan enzim ataupun asam dalam pembuatan keju bertujuan untuk menurunkan pH, dimana pH tersebut merupakan titik isoelektrik kasein susu (Purwadi,2019). Selain itu penurunan kadar pH keju dipengaruhi oleh jumlah asam laktat yang dihasilkan oleh mikroorganisme, dimana semakin tinggi asam laktat maka nilai pH-nyasemakin rendah. Turunnya nilai pH keju karena adanya aktivitas bakteri asam laktat dalam keju tersebut (De Souza etal.,2003)

4.2.4. Respon Inderawi

Respon inderawi diperoleh dari hasil pengujian organoleptik. Pengujian organoleptik adalah pengujian yang didasarkan pada proses penginderaan. Pengujian organoleptik yang digunakan adalah uji mutu hedonik dimana yang dinilai oleh panelis adalah kesan terhadap mutu hedonik suatu produk. Kesan mutu hedonik lebih spesifik daripada sekedar kesan suka atau tidak suka. Mutu hedonik dapat bersifat umum yaitu baik buruk dan bersifat spesifik seperti empukkeras untuk daging, pulen-keras untuk nasi, renyah-lembek untuk mentimun. Rentang skala hedonik berkisar dari ekstrim baik sampai dengan ekstrim buruk atau jelek (Soekarto, 1985).

Tujuan dari uji organoleptik ini adalah untuk menentukan respon kritis yang akan digunakan pada penelitian utama serta menentukan batas kritis dari masing-masing respon, dan parameternya meliputi respon kadarasam lemak bebas, kadar pH, dan *Total plate count* (TPC) dari keju *cheddar* olahan.

Pendugaan umur simpan keju *cheddar* olahan pertama dilakukan analisis terhadap parameter yang mempengaruhi mutu produk pada awal penyimpanan (A.), untuk menentukan nilai mutu keju *cheddar* olahan (A_t) dilakukan penyimpanan pada 25 °C, 30 °C, dan 40 °C diamati secara berkala setiap 5 hari sekali oleh 30 panelis sampai 50% panelis menolak. Parameter pengujian meliputi atribut warna, aroma, dan rasa sampai karakteristik mutu ditolak oleh konsumen. Nilai rata-rata setiap karakteristik mutu dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 16. Persen Penolakan Organoleptik

Hari ke	Suhu °C	%Penolakan		
		Warna	Aroma	Rasa
0	25	0%	0%	0%
	30	0%	0%	0%
	40	0%	3,33%	3,33
5	25	3,33%	13,33%	20%
	30	6,66%	13,33%	20%
	40	0%	10%	10%
10	25	6,66%	10%	10%
	30	0%	0%	10%
	40	13%	10%	23%
15	25	7%	13%	13%
	30	3,33%	20%	33,33%
	40	6,66%	20%	56,66%
20	25	16,66%	70%	70%
	30	6,66%	43,33%	70%
	40	6,66%	13,33%	
25	25	20%	43,33%	
	30	26,66%	56,66%	
	40	30%	56,66%	
30	25	0%	23,33%	
	30	3,33%	33,33%	
	40	6,66%	30%	

Berdasarkan tabel diatas pada keju *cheddar* olahan yang disimpan pada suhu 40 °C cenderung lebih cepat mengalami penurunan mutu. Pada hari ke-15 persen penolakan atribut rasa di suhu 40 °C sudah mencapai 56,66%, sedangkan pada suhu 30 °C dan 40 °C persen penolakan menncapai 50% terjadi di hari penyimpanan ke-20.

Hasil penelitian terhadap aroma keju *cheddar* olahan pada penyimpanan hari ke-0 sampai 15 meiliki persen penolakan dibawah 50% dengan rata-rata skala uji hedoni sebesar 4,2-4,9 yang menunjukan bahwa aroma pada keju *cheddar* olahan masih memiliki aroma khas keju dan masih bisa diterima. Pada hari ke-20

terjadi kenaikan persen penolakan menjadi diatas 50% dengan rata-rata skala uji hedonik sebesar 2,8-3,5.

Berdasarkan hasil penelitian terhadap rasa keju *cheddar* olahan pada penyimpanan hari ke-0 pada suhu 25°C dan 30°C memiliki persen penolakan 0% sedangkan pada suhu 40°C terdapat persen penolakan sebesar 3,33%. Pada umur penyimpanan hari ke-5 samapai heri ke-15 terjadi peningkatan yang cukup signifikan yaitu persen penolakan sebesar 10-56,6%, pada suhu 40°C di hari ke 15 telah mencapai persen penolakan diatas 50% sehingga di hari selanjutnya tidak dilakukan kembali pengujian rasa hedonik pada suhu 40°C. dihari ke-20 persen penolakan pada penyimpanan keju *cheddar* olahan suhu 25°C dan 30°C mencapai 70%, sehingga didapat titik kritis yaitu penyimpanan keju *cheddar* dengan suhu penyimpanan 40°C yaitu 15 hari, sedangkan pada suhu 25°C dan 30°C yaitu 20 hari.

Berdasarkan hasil penelitian persen penolakan terhadap warna keju *cheddar* olahan pada penyimpanan hari ke-0, 5, 15, 20, 25 dan 30 tidak ada perubahan yang signifikan, yang mana memiliki persen penolakan dibawah 50% dengan rata-rata skala uji hedonik sebesar 4,6-5,2 yang menunjukan bahwa warna pada keju *cheddar* olahan masih memiliki warna menarik secara visual.

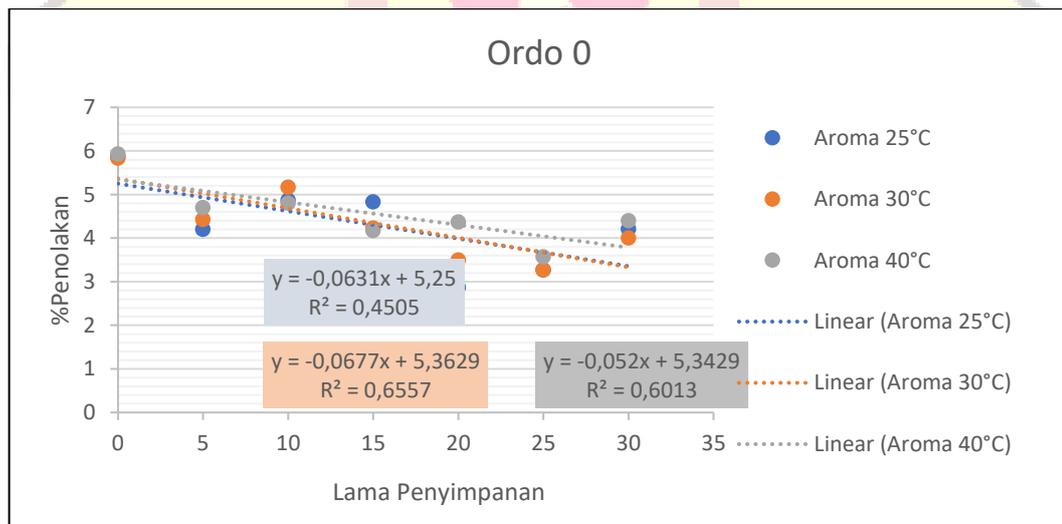
4.2.4.1. Aroma

Data hasil organoleptik terhadap aroma pada keju *cheddar* olahan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

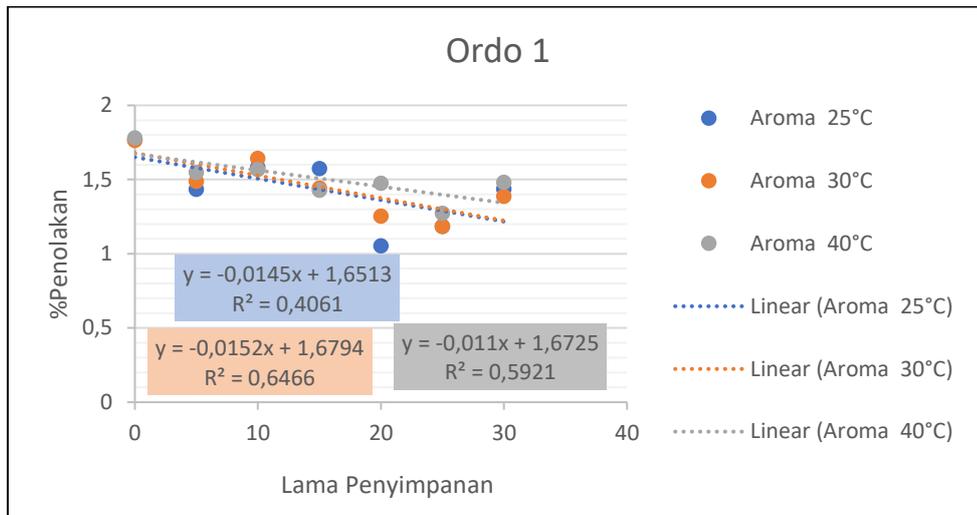
Tabel 17. Rata-Rata Organoleptik Aroma Keju *Cheddar* Olahan.

Lama Penyimpanan (Hari)	Aroma		
	25°C	30°C	40°C
0	5,87	5,83	5,93
5	4,2	4,43	4,7
10	4,87	5,17	4,8
15	4,83	4,23	4,17
20	2,87	3,5	4,37
25	3,27	3,27	3,57
30	4,21	4	4,4

Dari hasil data perhitungan persen penolakan pada suhu 25°C dengan lama waktu penyimpanan diplotkan pada ordo nol dan ordo satu. Pemetaan tersebut dilakukan untuk mengetahui ordo reaksi yang tepat.



Gambar 11. Grafik Perubahan Aroma Bebas Keju *Cheddar* Olahan Selama Penyimpanan Ordo 0.



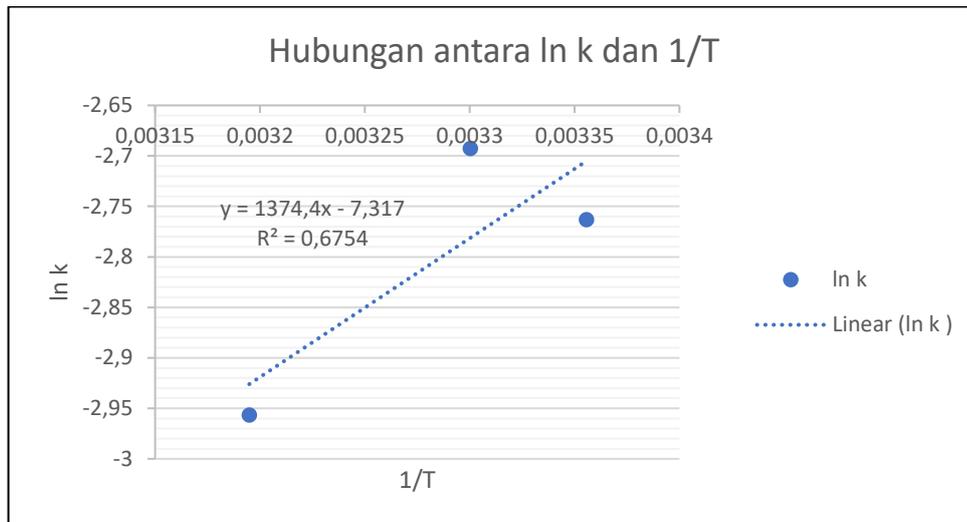
Gambar 12. Grafik Perubahan Aroma Keju *Cheddar* Olahan Selama Penyimpanan Ordo 1.

Setelah data regresi didapat, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai koefisien determinasi (R^2) tiap persamaan regresi linier untuk mendapat ordo yang sesuai. Setelah nilai koefisien masing-masing ordo didapat, selanjutnya dilakukan penepatan kinetika ordo reaksi. Ordo reaksi dengan nilai R^2 lebih besar adalah ordo reaksi yang digunakan untuk menentukan umur simpan. Parameter yang mempunyai koefisien determinasi (R^2) paling tinggi yaitu ordo nol. Hasil penentuan persamaan regresi linier disajikan pada Tabel 17.

Tabel 18. Persamaan Regresi Linear Kurva Hubungan Waktu Penyimpanan Dengan Aroma Keju *Cheddar* Olahan

Suhu °C	Suhu (K)	a	b	R	1/T	ln k
25	298	5,25	-0,0631	0,4505	0,003356	-1,71147
30	303	5,3629	-0,0677	0,6557	0,0033	-0,99479
40	313	5,3429	-0,052	0,6013	0,003195	-0,17925

Nilai k diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 13. dengan $1/T$ sebagai sumbu x dan $\ln k$ sebagai sumbu y.



Gambar 13. Hubungan ln k dengan 1/T untuk ordo 1

Dari kurva hubungan ln k dengan 1/T diatas maka didapat regresi linier untuk keju *cheddar* olahan yaitu $\ln k = 1374,4x - 7,317$. Berdasarkan kurva diatas didapatkan nilai b atau koefisien regresi yang dihasilkan memberi nilai negatif yang menandakan adanya penurunan ln k total mikroba oleh kenaikan suhu 1/T. Nilai E dapat dihitung menggunakan rumus:

$$-Ea/R = b$$

Dimana nilai R dapat diketahui sebagai nilai konstanta gas sebesar 1,986 kal/mol. Sehingga diperoleh nilai energi aktivasi (Ea) untuk keju *cheddar* sebesar -2729,56 kal/mol^{°K}.

Selanjutnya didapat nilai k_0 untuk keju *cheddar* olahan sebesar 0,000664. Setelah didapatkan model Arrhenius seperti diatas, maka laju peningkatan total mikroba (k) keju *cheddar* olahan pada suhu penyimpanan yang berbeda dapat diketahui dengan rumus:

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

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai energi aktivasi dan diperoleh nilai k (konstanta penurunan mutu) pada suhu 298 K, 303 K, dan 313 K. nilai k selanjutnya diplotkan ke dalam persamaan perhitungan umur simpan mengikuti ordo reaksi satu sehingga diperoleh umur simpan keju *cheddar* olahan yang dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 19. Tabel Umur Simpan Keju *Cheddar* Olahan Parameter Aroma

Suhu (°K)	Ea	k0	k	Umur Simpan (Hari)
298	-2729,56	0,000664	0,06688	24
303			0,06197	29
313			0,05361	28

Berdasarkan data hasil penelitian pada Tabel 18, dapat disimpulkan bahwa perbedaan suhu penyimpanan akan mempengaruhi aroma pada keju *cheddar* olahan. Dimana pada suhu 25°C memiliki umur simpan selama 24 hari, pada 30°C memiliki umur simpan selama 29 hari, dan pada suhu 40°C memiliki umur simpan selama 28 hari.

Aroma merupakan salah satu parameter dalam penentuan kualitas suatu makanan. Aroma yang khas dapat dirasakan oleh indra penciuman tergantung dari bahan penyusun dan bahan yang ditambahkan pada makanan tersebut. Aroma dalam bahan makanan dapat ditimbulkan oleh komponen-komponen volatil, akan tetapi komponen volatil tersebut dapat hilang selama proses pengolahan terutama panas (Fellows, 1990). Atribut aroma yang dinilai oleh panelis pada uji mutu hedonik adalah aroma khas keju *cheddar* olahan, produk ini memiliki aroma khas

keju yang cukup menyengat. Proses penyimpanan sangat mempengaruhi aroma dari keju *cheddar* olahan terutama pada suhu tinggi, semakin lama umur penyimpanan maka akan terjadi penurunan aroma pada keju *cheddar* olahan, karena semakin lama umur simpan maka lemak akan terhidrosilis oleh air yang menghasilkan bau tengik pada keju *cheddar* olahan.

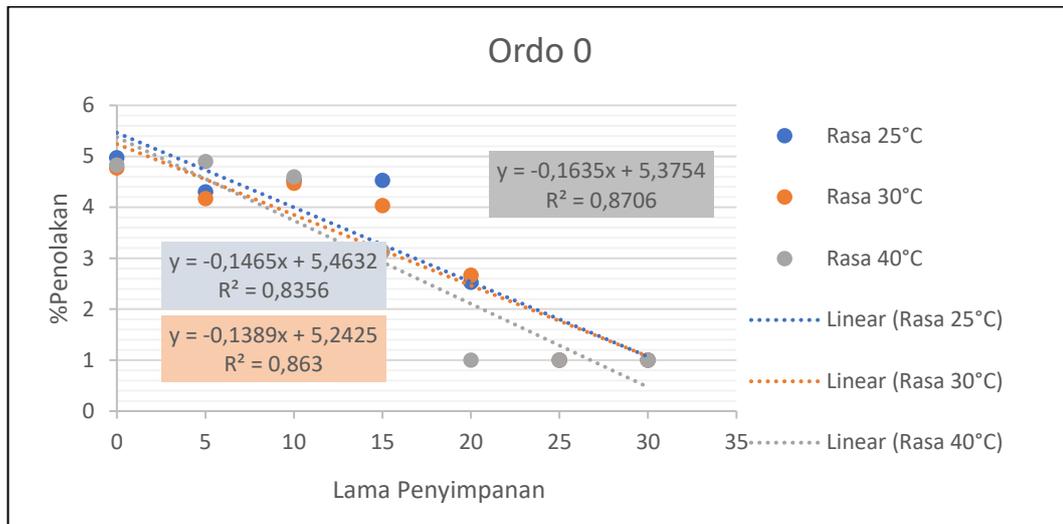
4.2.4.2. Rasa

Data hasil organoleptic terhadap rasa pada keju *cheddar* olahan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

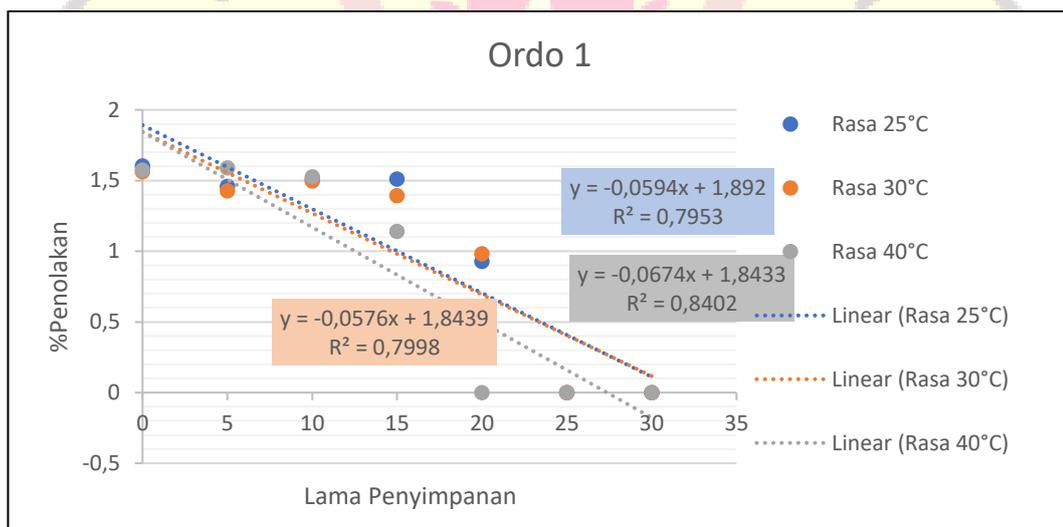
Tabel 20. Rata-Rata Organoleptik Rasa Keju *Cheddar* Olahan.

Lama Penyimpanan	Warna		
	25°C	30°C	40°C
0	4,97	4,77	4,83
5	4,3	4,17	4,9
10	4,53	4,47	4,6
15	4,53	4,03	3,13
20	2,53	2,67	
25			
30			

Dari hasil data perhitungan persen penolakan pada suhu 25°C dengan lama waktu penyimpanan diplotkan pada ordo nol dan ordo satu. Pemetaan tersebut dilakukan untuk mengetahui ordo reaksi yang tepat.



Gambar 14. Grafik Perubahan Rasa Bebas Keju *Cheddar* Olahan Selama Penyimpanan Ordo 0.



Gambar 15. Grafik Perubahan Rasa Keju *Cheddar* Olahan Selama Penyimpanan Ordo 1.

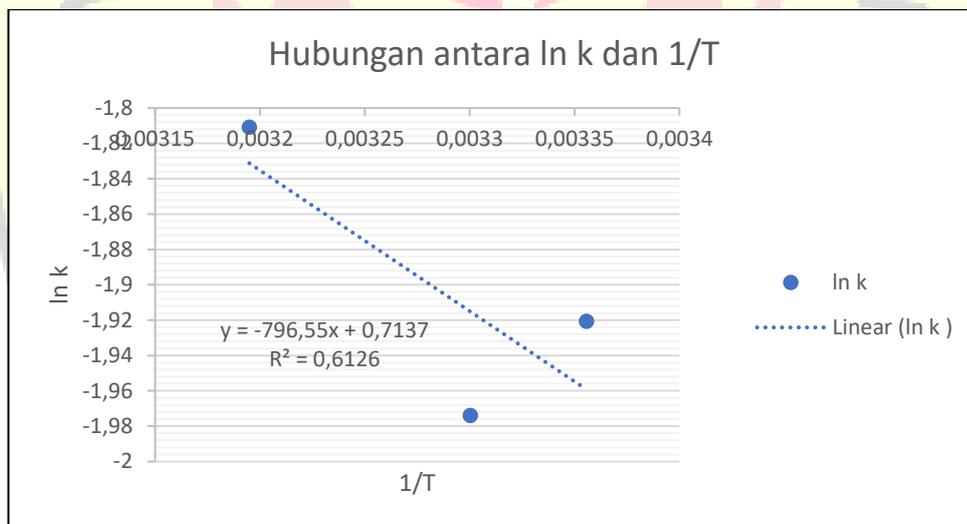
Setelah data regresi didapat, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai koefisien determinasi (R^2) tiap persamaan regresi linier untuk mendapat ordo yang sesuai. Setelah nilai koefisien masing-masing ordo didapat, selanjutnya dilakukan penepatan kinetika ordo reaksi. Ordo reaksi dengan nilai R^2 lebih besar adalah ordo reaksi yang digunakan untuk menentukan umur simpan. Parameter yang

mempunyai koefisien determinasi (R^2) paling tinggi yaitu ordo nol. Hasil penentuan persamaan regresi linier disajikan pada Tabel 20.

Tabel 21. Persamaan Regresi Linear Kurva Hubungan Waktu Penyimpanan Dengan Rasa Keju *Cheddar* Olahan

Suhu °C	Suhu (K)	a	b	R	1/T	ln k
25	298	5,4632	-0,1465	0,8356	0,003356	-1,92073
30	303	5,2435	-0,1389	0,863	0,0033	-1,974
40	313	5,3754	-0,1635	0,8706	0,003195	-1,81094

Nilai k diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 16. dengan 1/T sebagai sumbu x dan ln k sebagai sumbu y.



Gambar 16. Hubungan ln k dengan 1/T untuk ordo 0.

Dari kurva hubungan ln k dengan 1/T diatas maka didapat regresi linier untuk keju *cheddar* olahan yaitu $\ln k = -796,55x + 0,7137$. Berdasarkan kurva diatas didapatkan nilai b atau koefisien regresi yang dihasilkan memberi nilai negatif yang

menandakan adanya penurunan ln k total mikroba oleh kenaikan suhu 1/T. Nilai E dapat dihitung menggunakan rumus:

$$-Ea/R = b$$

Dimana nilai R dapat diketahui sebagai nilai konstanta gas sebesar 1,986 kal/mol. Sehingga diperoleh nilai energi aktivasi (Ea) untuk keju *cheddar* sebesar -1581,948kal/mol°K.

Selanjutnya didapat nilai k₀ untuk keju *cheddar* olahan sebesar 2,041531. Setelah didapatkan model Arrhenius seperti diatas, maka laju peningkatan total mikroba (k) keju *cheddar* olahan pada suhu penyimpanan yang berbeda dapat diketahui dengan rumus:

$$k = k_0 e^{(-Ea/RT)}$$

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai energi aktivasi dan diperoleh nilai k (konstanta penurunan mutu) pada suhu 298 K, 303 K, dan 313 K. nilai k selanjutnya diplotkan ke dalam persamaan perhitungan umur simpan mengikuti ordo reaksi satu sehingga diperoleh umur simpan keju *cheddar* olahan yang dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 22. Tabel Umur Simpan Keju *Cheddar* Olahan Parameter Rasa

Suhu (°K)	Ea	k ₀	k	Umur Simpan (Hari)
298	1581,948	2,041531	0,14096	28
303			0,14732	25
313			0,16022	23

Berdasarkan data hasil penelitian pada Tabel 21, dapat disimpulkan bahwa perbedaan suhu penyimpanan akan mempengaruhi rasa pada keju *cheddar* olahan. Dimana pada suhu 25°C memiliki umur simpan selama 28 hari, pada 30°C memiliki umur simpan selama 25 hari, dan pada suhu 40°C memiliki umur simpan selama 23 hari.

Rasa merupakan atribut yang sangat penting dalam menentukan keputusan akhir konsumen untuk dapat menerima atau menolak suatu produk pangan. Rasa timbul akibat adanya rangsangan kimiawi yang dapat diterima oleh indra pengecap yaitu lidah. Semakin lama umur simpan maka akan mempengaruhi rasa keju *cheddar* olahan, karena pada suhu yang tinggi, produksi asam lebih cepat, sehingga timbul cita rasa asam yang kuat dan penguapan dipercepat dan pembusukan lebih cepat terjadi. Pada suhu yang rendah terjadi keseimbangan produksi asam dan aktivitas proteolitik (Daulay, 1991).

Terdapat empat macam rasa dasar yang dapat diterima oleh indra pengecap yaitu manis, asin, asam, dan pahit. Bahan pangan tidak terdiri dari satu macam rasa, tetapi merupakan gabungan dari berbagai macam rasa secara keseluruhan sehingga menimbulkan cita rasa yang utuh. Rasa suatu bahan pangan merupakan hasil kerjasama indera penglihatan, penciuman, pengecap, pendengaran, dan perabaan yang turut berperan dalam pengamtan rasa suatu bahan pangan (Kartika, 1987).

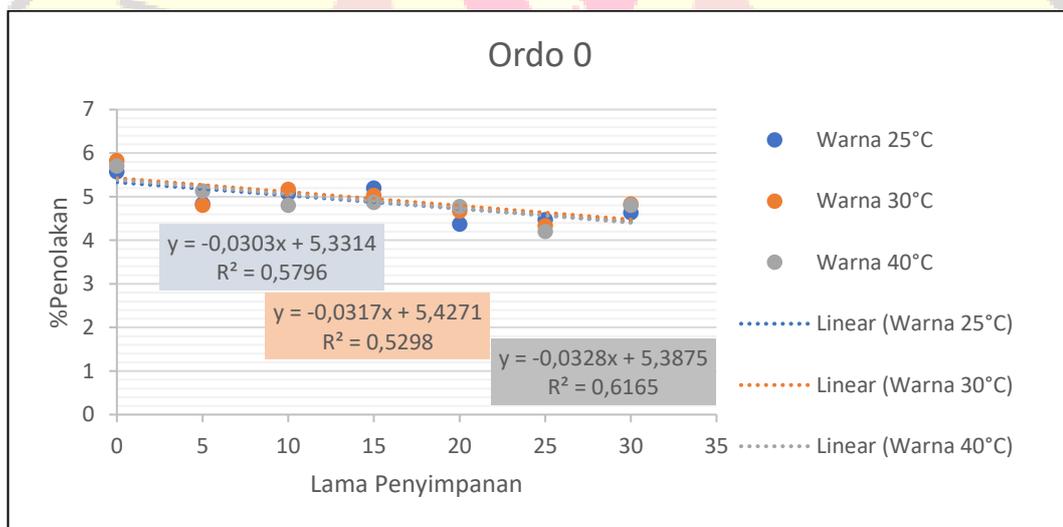
4.2.4.3. Warna

Data hasil organoleptik terhadap rasa pada keju *cheddar* olahan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

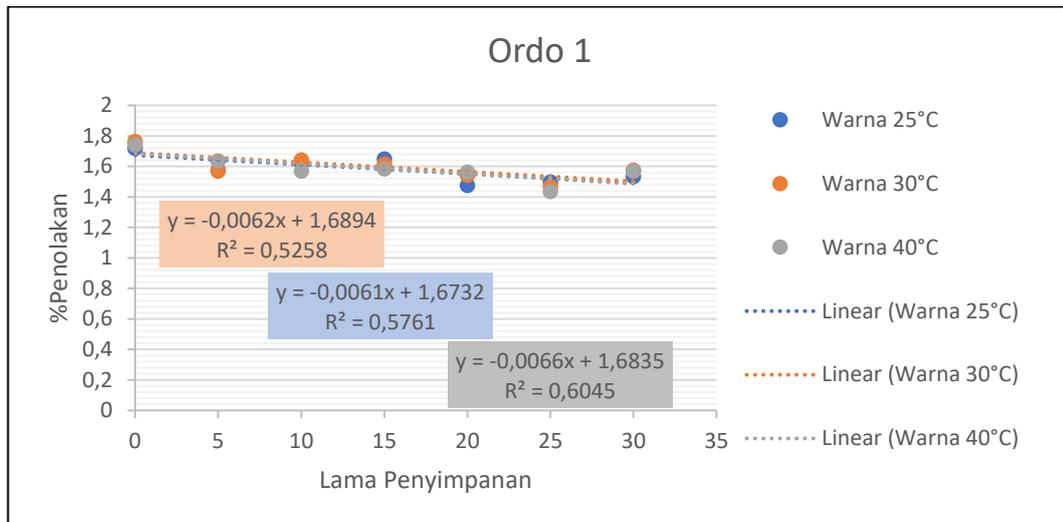
Tabel 23. Hasil Analisis Organoleptik Parameter Warna Keju *Cheddar* Olahan Ordo 0.

Lama Penyimpanan	Warna		
	25°C	30°C	40°C
0	5,57	5,83	5,7
5	4,83	4,8	5,13
10	5,07	5,17	4,8
15	5,2	5,03	4,87
20	4,37	4,67	4,77
25	4,47	4,33	4,2
30	4,63	4,83	4,8

Dari hasil data perhitungan persen penolakan pada suhu 25°C dengan lama waktu penyimpanan diplotkan pada ordo nol dan ordo satu. Pemetaan tersebut dilakukan untuk mengetahui ordo reaksi yang tepat



Gambar 17. Grafik Perubahan Warna Keju *Cheddar* Olahan Selama Penyimpanan Ordo 0.



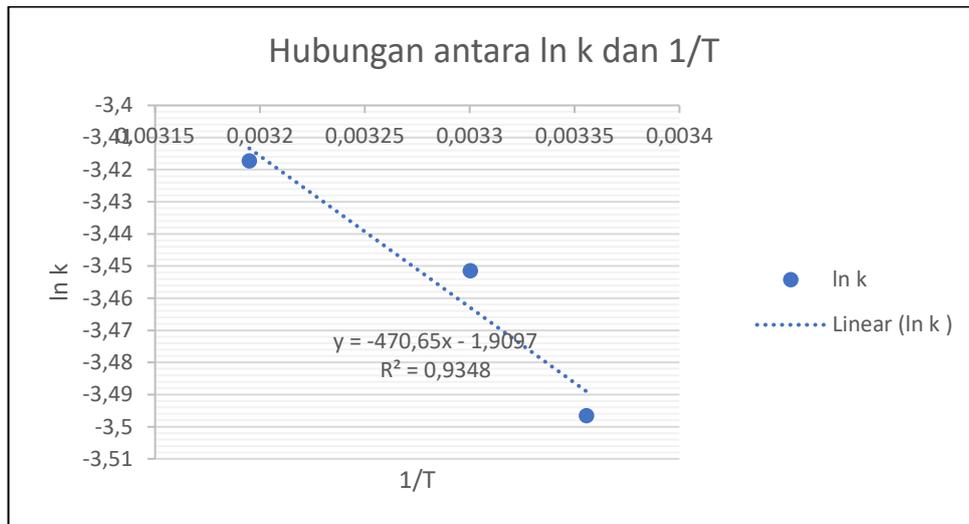
Gambar 18. Grafik Perubahan Warna Keju *Cheddar* Olahan Selama Penyimpanan Ordo 1.

Setelah data regresi didapat, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai koefisien determinasi (R^2) tiap persamaan regresi linier untuk mendapat ordo yang sesuai. Setelah nilai koefisien masing-masing ordo didapat, selanjutnya dilakukan penepatan kinetika ordo reaksi. Ordo reaksi dengan nilai R^2 lebih besar adalah ordo reaksi yang digunakan untuk menentukan umur simpan. Parameter yang mempunyai koefisien determinasi (R^2) paling tinggi yaitu ordo nol. Hasil penentuan persamaan regresi linier disajikan pada Tabel 22.

Tabel 24. Persamaan Regresi Linear Kurva Hubungan Waktu Penyimpanan Dengan Warna Keju *Cheddar* Olahan

Suhu °C	Suhu (K)	a	b	R	1/T	ln k
25	298	5,3314	-0,0303	0,5796	0,003356	-3,49661
30	303	5,271	-0,0317	0,5298	0,0033	-3,45144
40	313	5,3875	-0,0328	0,6165	0,003195	-3,41733

Nilai k diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 19. dengan $1/T$ sebagai sumbu x dan $\ln k$ sebagai sumbu y.



Gambar 19. Hubungan ln k dengan 1/T untuk ordo 0.

Dari kurva hubungan ln k dengan 1/T diatas maka didapat reghresi linier untuk keju *cheddar* olahan yaitu $\ln k = -470,65x - 1,9097$. Berdasarkan kurva diatas didapatkan nilai b atau koefisien regresi yang dihasilkan memberi nilai negatif yang menandakan adanya penurunan ln k total mikroba oleh kenaikan suhu 1/T. Nilai E dapat dihitung menggunakan rumus:

$$-Ea/R = b$$

Dimana nilai R dapat diketahui sebagai nilai konstanta gas sebesar 1,986 kal/mol. Sehingga diperoleh nilai energi aktivasi (Ea) untuk keju *cheddar* sebesar 934,7109 kal/mol°K.

Selanjutnya didapat nilai k_0 untuk keju *cheddar* olahan sebesar 0,148125. Setelah didapatkan model Arrhenius seperti diatas, maka laju peningkatan total mikroba (k) keju *cheddar* olahan pada suhu penyimpanan yang berbeda dapat diketahui dengan rumus:

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

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai energi aktivasi dan diperoleh nilai k (konstanta penurunan mutu) pada suhu 298 K, 303 K, dan 313 K. nilai k selanjutnya diplotkan ke dalam persamaan perhitungan umur simpan mengikuti ordo reaksi satu sehingga diperoleh umur simpan keju *cheddar* olahan yang dapat dilihat pada Tabel 23.

Tabel 25. Tabel Umur Simpan Keju *Cheddar* Olahan Parameter Warna.

Suhu (°K)	Ea	k0	k	Umur Simpan (Hari)
298	934,7109	0,148125	0,03053	30
303			0,03134	31
313			0,03293	27

Berdasarkan data hasil penelitian pada Tabel 23, dapat disimpulkan bahwa perbedaan suhu penyimpanan akan mempengaruhi rasa pada keju *cheddar* olahan. Dimana pada suhu 25°C memiliki umur simpan selama 30 hari, pada 30°C memiliki umur simpan selama 31 hari, dan pada suhu 40°C memiliki umur simpan selama 27 hari.

Warna merupakan hal pertama yang dapat diamati oleh konsumen dalam suatu penerimaan produk pangan. Warna merupakan suatu sifat bahan yang dianggap berasal dari penyebaran spektrum sinar. Warna bukan merupakan suatu zat atau benda, akan tetapi suatu sensasi seseorang akibat adanya rangsangan dari energy radiasi yang jatuh ke indra mata atau retina mata (Kartika, 1987). Apabila suatu produk pangan memiliki kenampakan warna yang menarik maka akan menimbulkan selera konsumen untuk mencicipi makanan atau minuman tersebut.

Makanan atau minuman yang memiliki nilai gizi dan rasa yang enak, belum tentu akan diminati oleh konsumen apabila kenampakan warnanya tidak menarik (Winarno, 2007)



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian Pendugaan Umur Simpan Keju *Cheddar* Olahan Dengan Metode ASLT (Accelerated Shelf Life Testing) Model Arrhenius yaitu suhu penyimpanan yang berbeda-beda berpengaruh terhadap umur simpan keju *cheddar* olahan.

1. Perhitungan umur simpan dengan parameter kadar asam lemak bebas, memberikan hasil umur simpan produk keju *cheddar* olahan pada penyimpanan suhu 25°C, 30°C, dan 40 berturut-turut adalah 291 hari, 259 hari, dan 260 hari.
2. Perhitungan umur simpan dengan parameter jumlah mikroba, memberikan hasil umur simpan produk keju *cheddar* olahan pada penyimpanan suhu 25°C, 30°C, dan 40 berturut-turut adalah 1569 hari, 816 hari, dan 259 hari.
3. Perhitungan umur simpan dengan parameter pH memberikan hasil umur simpan produk keju *cheddar* olahan pada penyimpanan suhu 25°C, 30°C, dan 40 berturut-turut adalah 656 hari, 549 hari, dan 659 hari.
4. Parameter organoleptik dengan respon rasa pada suhu 25°C dan 30°C menunjukkan titik kritis pada hari ke-20, sedangkan pada suhu 40°C menunjukkan titik kritis pada hari ke-15, yang mana memiliki umur simpan pada suhu 25°C selama 28 hari, suhu 30°C memiliki umur simpan selama 25 hari, dan suhu 40°C memiliki umur simpan selama 23 hari. Pada respon

5. aroma menunjukkan titik kritis pada hari ke-25, Dimana memiliki umur simpan pada suhu 25°C selama 24 hari, pada 30°C memiliki umur simpan selama 29 hari, dan pada suhu 40°C memiliki umur simpan selama 28 hari. Sedangkan pada respon warna tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, yang mana memiliki umur simpan selama 30 hari, pada 30°C memiliki umur simpan selama 31 hari, dan pada suhu 40°C memiliki umur simpan selama 27 hari.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan kembali analisis kadar asam lemak bebas agar didapatkan standar SNI dalam produk keju *cheddar* olahan dalam bentuk cheese sauce.
2. Perlu dilakukan kembali analisis *total plate count* kembali di inkubator dan laboratorium yang aseptik.
3. Penyimpanan dilakukan pada inkubator yang stabil dengan suhu yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amen O., Jumiono A. Fulazzaky MA. 2020 **Penjaminan mutu dan kehalalan produk olahan susu**. Jurnal Pangan Halal, vol. 2 No 1.
- Anjarsari, Bonita. 2010. **Pangan Hewani Fisiologi Pasca Mortem dan Teknologi**. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Arpah, M. 2001. **Penentuan Kadaluwarsa Pangan**. Program studi Ilmu Pangan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Asiah, N., Cempaka, L., David, W. 2018. **Metode Penentuan Umur Simpan. Dalam: Panduan Praktis Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan**. pp. 39–52. Penerbit Universitas Bakrie
- Asiah, N., Cempaka, L., Ramadhan, K., & Matatula, S. H. 2020. **Prinsip Dasar Penyimpanan Pangan Pada Suhu Rendah**. In *Nasmedia* (Vol. 1).
- Assalam, S. 2010. **Pengujian Crisp Linear Programming Pada Formulasi Substitusi Keju Natural Oleh Rennet Casein Dan Minyak Sawit Dalam**. Program Studi Teknologi Pangan Infomatek vol 12.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. **Keju Cedar Olahan SNI 01-2960-1992**. Jakarta.
- Cahyadi, W. 2018. **Fermentasi Pangan Aplikasi dan Teknologi**. Manggu Makmur Tanjung Lestari. Kabupaten Bandung.
- Caric, M. dan Kalab. 1996. *Processed cheese product*. In *Fox, P.F. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. 2 Edn. Vol. 2*. Chapman&hall. London.
- Daulay, D., 1991. **Fermentasi Keju**. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Fardiaz. (1992). **Mikrobiologi Pangan**. Bogor: Dirjen Pendidikan Tinggi, Dekdikbud, PAU IPB.
- Garnida, Y., & Sutrisno, A. D. (2016). **Optimalisasi Formulasi Cheese Spreadable Analogue Terhadap Sifat Organoleptik Dan Sifat Kimia Menggunakan Response Surface Methodology**.
- Guinee et. al. (2004). *Handbook on Life Cycle Assessment: An Operational Guide to the ISO Standards*. Dordrecht (NL), Kluwer Academic Publishers,

- Harris, H., Fadli, M. (2014). **Penentuan Umur Simpan (*Shelf Life*) Pundang Seluang (*Rasbora Sp*) Yang Dikemas Menggunakan Kemasan Vakum Dan Tanpa Vakum (*Determination Of Pundang Seluang (*Rasbora Sp*) Shelf Life Which Packed Using Vacuum And Non Vacuum Packaging*).** *Saintek Perikanan : Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 9(2), 53–62. <https://doi.org/10.14710/ijfst.9.2.53-62>
- Haryadi, P. 2004. **Prinsip-Prinsip Penetapan dan Pendugaan Masa Kadaluarasa. Di dalam Modul Pelatihan Pendugaan Waktu Kadaluarasa (Self Life) Bahan dan Produk Pangan.** IPB. Bogor.
- Herawati D, Andarwulan, N. F. Kusnandar. 2011. **Analisis Pangan.** PT Dian Rakyat, Jakarta.
- Herawati, H. 2008. **Penentuan umur simpan pada produk pangan.** *Jurnal Libtang Pertanian*, 27(4), 124-130.
- Hofi, M. 2013. **Buffalo milk cheese.** *Buffalo Bulletin*, 32: 355–360.
- Institute Of food Science and Technology. 1974. **Shelf Life Of Food. Report by The Institute of Food Technologists Expert Panel on Food Safety and Nutrition an The Committee on public information.** *J. Food Sci.*
- Kartika, Bambang. 1988. **Pedoman Uji Inderawi Bahan Pangan:** Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Labuza, T.P. 1982. **Shelf-Life Dating of Food.** *Food and Nutrition.* PressInc.Westport.Connecticut.
- Muchtadi TR, Sugiyono. 1989. **Teknologi Proses Pengolahan Pangan.** Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB. Bogor.
- Murti, T. W. dan Hidayat, T. 2009. **Pengaruh Pemakaian Kultur Tiga Macam Bakteri Asam Laktat dan Pemeraman Terhadap Komposisi Kimia dan Flavour Keju.** *Journal of The Indonesian Tropical Animal Agriculture.* 34 (1) : 10-15.
- Nuraini, V., & Widianti, Y. A. (2020). **Pendugaan Umur Simpan Makanan Tradisional Berbahan Dasar Beras dengan Metode *Acelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) Melalui Pendekatan Arrhenius Dan Kadar Air Kritis.** *Jurnal Argoteknologi*, 14(02), 189.
- Poedjiadi, A dan Supriyanti, T. 2006. **Dasar-Dasar Biokimia.** Jakarta: UI-Press.
- Purwadi. 2019. **Ilmu dan Teknologi Pengolahan Keju.** Universitas Brawijaya Press. Malang.

- Rahayu, K. K. 2000. **Fermentasi Pangan. Pusat Antara Universitas Pangan dan Gizi.** Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Salbiati. 2005. **Pengaruh Kondisi Simpan dan Kombinasi Jenis Kemasan Perlakuan Metalakasil terhadap Viabilitas Benih Dua Kultivar Jagung Manis.** Bogor.
- Singh, T. K., Drake, M. A., & Cadwallader, K. R. (2003). **Flavor of Cheddar Cheese: A Chemical and Sensory Perspective.** *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(4), 166–189. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00021.x>
- Soekarto, S.T. 1985. **Penilaian Organoleptik (untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian).** Penerbit Bharata Karya Aksara, Jakarta.
- Sorensen, H. H. 2001. **The World Market for Cheese.** IDF Bulletin 395: 4-62.
- Surono, I. S. 2004. **Probiotik, Susu Fermentasi dan Kesehatan.** Yayasan Pengusaha Makanan dan Minuman Seluruh Indonesia, Jakarta.
- Syarief, R., Halid, H. 1993. **Teknologi Penyimpanan Pangan.** Laboratorium Rekayasa Proses Pangan, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Syarief, R.S. Santausa dan B. Isyana. 1989. **Teknologi Pengemasan Pangan.** Laboratorium Rekayasa Proses Pangan Pusat Antar Universitas dan Gizi IPB. Bogor.
- Vincent L. Zehren and Nusbaum D. D. 1992. **Essentials of Food Science. 2nd Edition.** New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Winarno, F.G. 2007. **Kimia Pangan dan Gizi.** Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wirakarsa, W., Wahyuningdiah, K., Nurhasanah, S., 2019. **Peran Balai Besar Pengawas Obat Dan Makanan Dalam Perlindungan Konsumen Makanan Daluarsa.** Pactum Law Journal (Vol. 2).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Formulir Uji Organoleptik Keju *Cheddar* Olahan

Formulir Uji Hedonik

Nama Panelis :

Hari/Tanggal :

Tanda tangan :

Nama produk : Keju *Cheddar* Olahan

Instruksi : berikan nilai/skor terhadap setiap sampel berdasarkan kesan yang diperoleh dengan skala penilaian sebagai berikut:

1. Sangat tidak suka
2. Tidak suka
3. Agak suka
4. Suka
5. Sangat suka

Kode Sampel	Warna	Rasa	Aroma
25			
30			
40			

Lampiran 2. Total Mikroba Metode *Total plate count* (TPC) (Fardiaz,1992)

Prosedur Analisis *Total plate count*:

Sampel diambil sebanyak 1 g, ditambahkan 9 ml air steril dalam tabung reaksi, kemudian dikocok sampai homogen. Setelah itu dipipet 1 ml larutan tersebut dimasukkan kedalam tabung reaksi yang berisi 9 ml air steril dan dihomogenkan (pengenceran 1) dilakukan secara berulang sampai pengenceran ke tiga. Dari setiap larutan pengenceran diambil 1 ml kemudian dimasukkan ke dalam cawan petri steril, dimasukkan juga *Plate Count Agar* (PCA) encer yang telah disterilkan lalu diaduk dan didiamkan sampai membeku. Selanjutnya dimasukkan kedalam incubator dalam keadaan dibungkus yang disimpan terbalik dengan suhu 37,5°C selama 24 jam lalu hitung jumlah koloni.

Lampiran 3. Prosedur Analisis Kadar pH

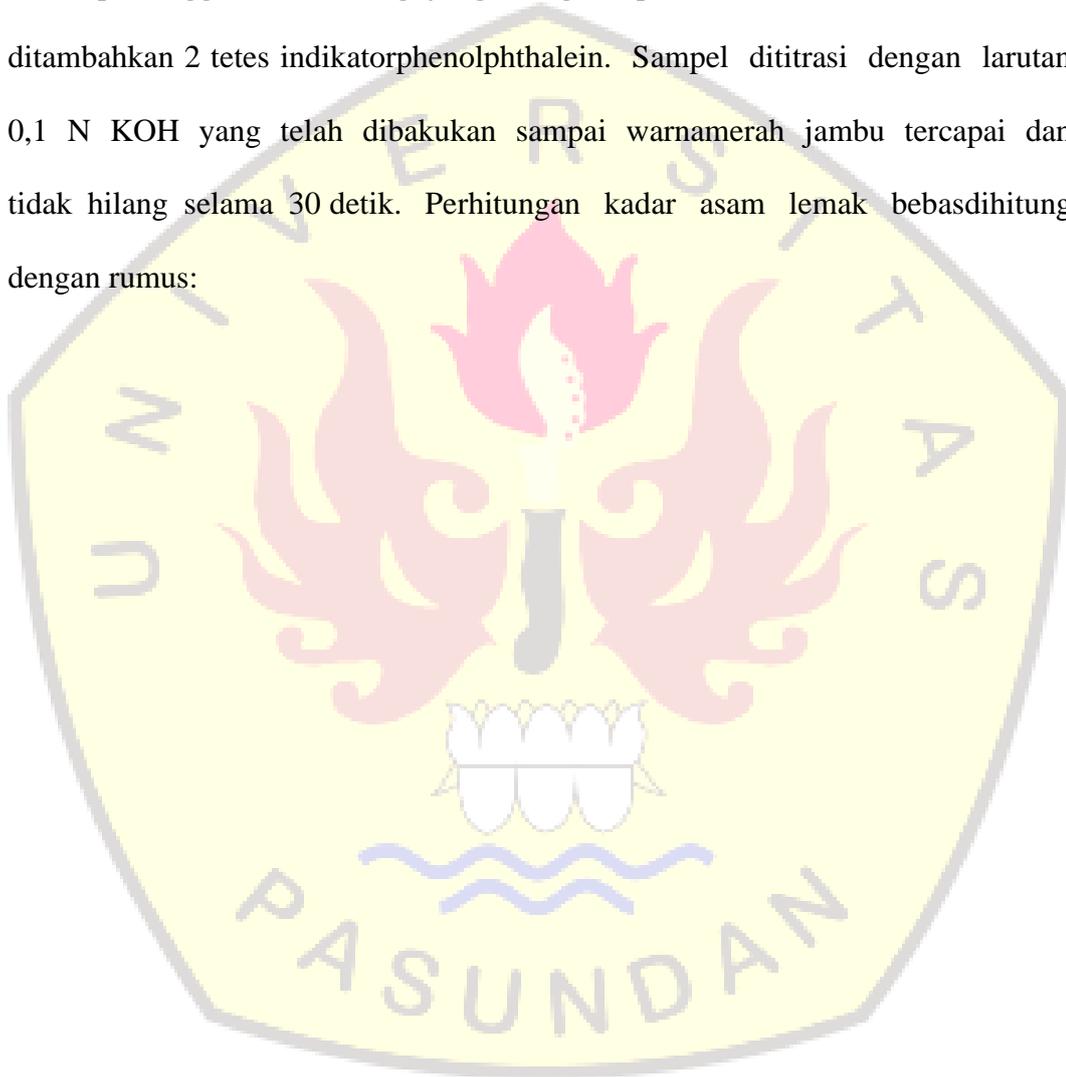
Metode : pH meter

Prosedur :

1. Siapkan sampel yang akan dianalisis dan masukan sampel ke dalam *beaker glass*
2. Siapkan larutan buffer pH 4 dan pH 7, kemudian masukan elektroda dari pH meter ke dalam larutan buffer untuk mengkalibrasi alat. Kemudian elektroda dibersihkan menggunakan aquadest dan dikeringkan dengan tissue.
3. Setelah itu masukan pH meter yang telah dikalibrasi ke dalam sampel yang akan dianalisis keasamannya dan catat nilainya.

Lampiran 4. Prosedur Analisis Ketengikan Metode Angka Asam

Sampel keju ditimbang sebanyak 10g dalam erlenmeyer. Ditambahkan 25ml alkohol 96% dan dipanaskan selama 10 menit, selama pemanasan erlenmeyer di tutup menggunakan corong yang menghadap keatas, setelah itu diaduk dan ditambahkan 2 tetes indikatorphenolphthalein. Sampel dititrasi dengan larutan 0,1 N KOH yang telah dibakukan sampai warnamerah jambu tercapai dan tidak hilang selama 30 detik. Perhitungan kadar asam lemak bebasdihitung dengan rumus:



Lampiran 5. Prosedur Analisis Kadar Lemak Metode Soxhlet

Labu dasar bundar dikeringkan pada oven pengering dengan suhu 105°C selama 30 menit, didinginkan di ruang terbuka, kemudian dimasukkan ke dalam eksikator selama 10 menit dan ditimbang. Hal ini dilakukan berulang-ulang hingga berat labu dasar bulat konstan. Bahan yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak 3gram lalu dimasukkan ke dalam kertas saring berbentuk menyerupai kantung atau thimbel. Sample dimasukan kedalam oven selama 10 menit. Kantung yang berisi sampel itu kemudian dimasukkan ke dalam alat soxhlet yang telah diisi dengan N-Heksan. Sampel kemudian diekstraksi dengan penangas air dengan suhu + 70°C hingga terjadi sirkulasi sebanyak 16 kali. Ambil labu dasar bundar yang berisi ekstrak lemak, kemudian dikeringkan pada oven pengering pada suhu 105°C selama 1 jam, dinginkan selama 5 menit di ruang terbuka, kemudian dimasukan ke dalam eksikator selama 10 menit dan ditimbang Hal ini dilakukan berulang-ulang hingga didapat berat konstan

$$\%Lemak = \frac{W2 - W1}{Ws}$$

W1 = Berat labu kosong

W2 = Berat labu + lemak hasil ekstraksi

Ws = Berat sampel

Lampiran 6. Analisis Kadar Garam

Timbang tepat 10gram sampel masukan kedalam labu takar, tambahkan 1 ml larutan kalim feroksianida dan kocok, lalu tambahkan 1 ml larutan seng acetat, lalu kocok kuat-kuat. Tambahkan aquadest sampai tanda batas, kemudian kocok homogen, diamkan 15 menit. Saring larutan dengan kertas saring lipat, kemudian hasil larutan yang telah disaring dipipet tepat 25 ml. Masukan kedalam labu erlenmeyer 100 ml dan tambahkan 1 ml larutan kalium kromat. Titrasi dengan larutan baku AgNO₃ sampai terbentuk endapan warna merah bata yang stabil.

$$\% \text{ Garam} = \frac{V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3} \times FP \times Mr \text{ Cl}}{Ws \times 1000 \times BM_{NaCl}}$$

V_{AgNO_3} = Volume titrasi AgNO₃

N_{AgNO_3} = Angka Pembakuan AgNO₃

FP = Volume larutan

Ws = Berat Sampel

Lampiran 7. Analisis Biaya Penelitian

Tabel 26. Analisis biaya penelitian

Analisis Penelitian					
No	Jenis Analisis	Jumlah Sampel	Ulangan	Biaya	Total Biaya
1	Kadar Asam Lemak Bebas	9	7	25000	1575000
2	Total mikroba	3	7	25000	525000
3	PH	3	7	10000	210000
4	Lemak	1	2	35000	70000
5	Garam	1	2	30000	60000
TOTAL					2440000



Lampiran 8. Perhitungan Kadar Lemak

Dik : $W_1 = 111,27$ gram

$W_2 = 110,53$ gram

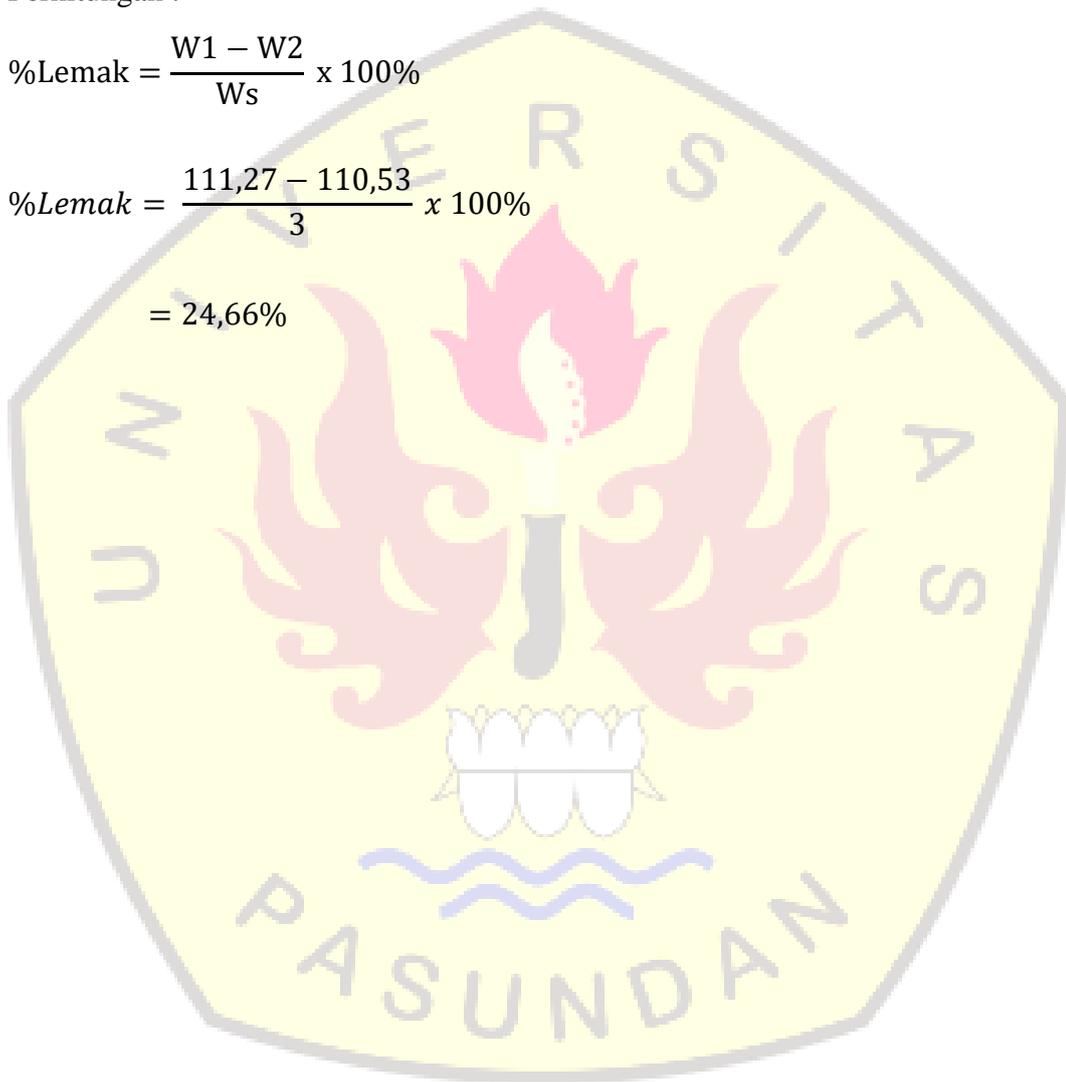
$W_s = 3$ gram

Perhitungan :

$$\%Lemak = \frac{W_1 - W_2}{W_s} \times 100\%$$

$$\%Lemak = \frac{111,27 - 110,53}{3} \times 100\%$$

$$= 24,66\%$$



Lampiran 9. Perhitungan Kadar Garam

Dik : $V_{\text{AgNO}_3} = 20,9 \text{ ml}$

$N_{\text{AgNO}_3} = 0,3896 \text{ N}$

$Mr_{\text{Cl}} = 35,5$

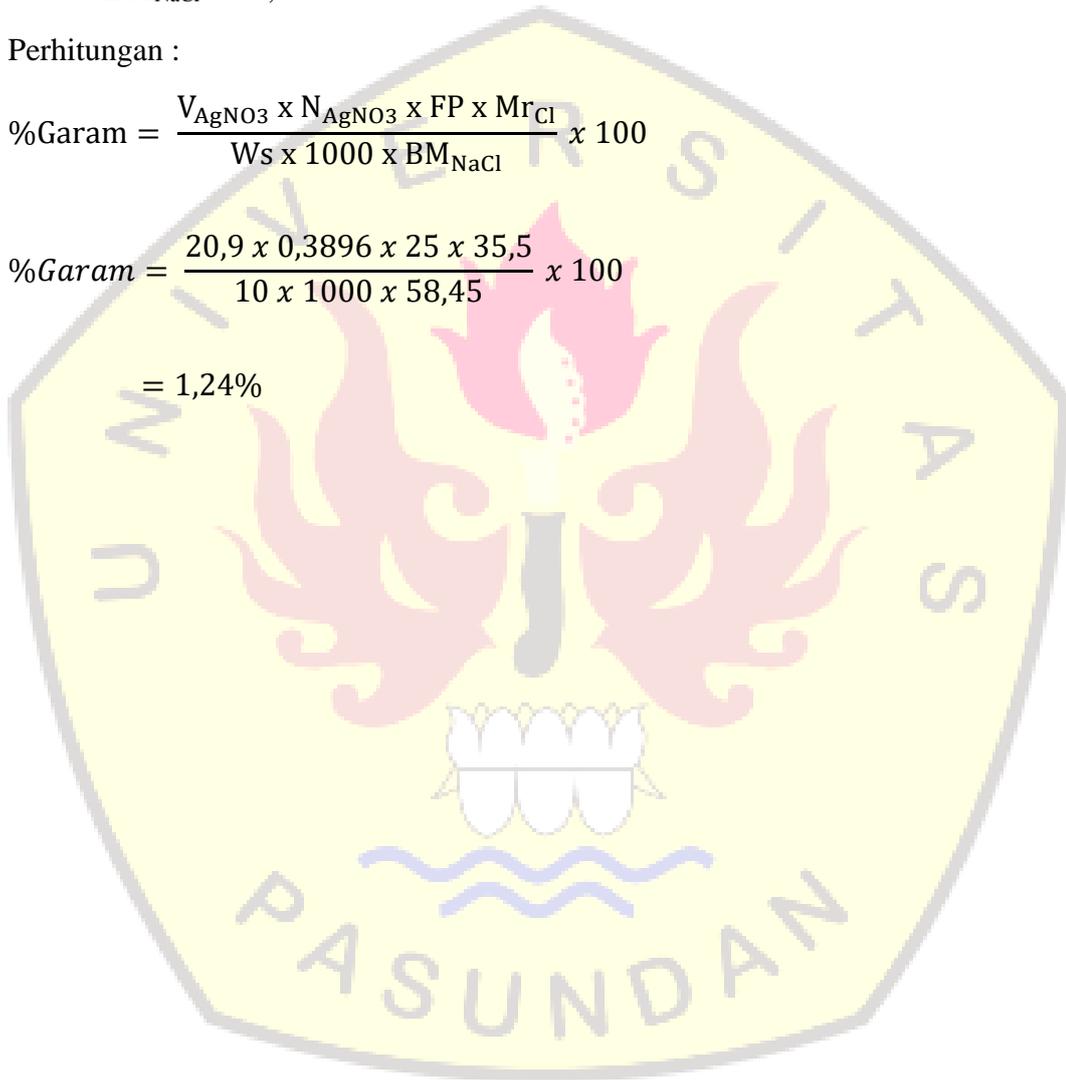
$BM_{\text{NaCl}} = 58,45$

Perhitungan :

$$\% \text{Garam} = \frac{V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times FP \times Mr_{\text{Cl}}}{W_s \times 1000 \times BM_{\text{NaCl}}} \times 100$$

$$\% \text{Garam} = \frac{20,9 \times 0,3896 \times 25 \times 35,5}{10 \times 1000 \times 58,45} \times 100$$

$$= 1,24\%$$

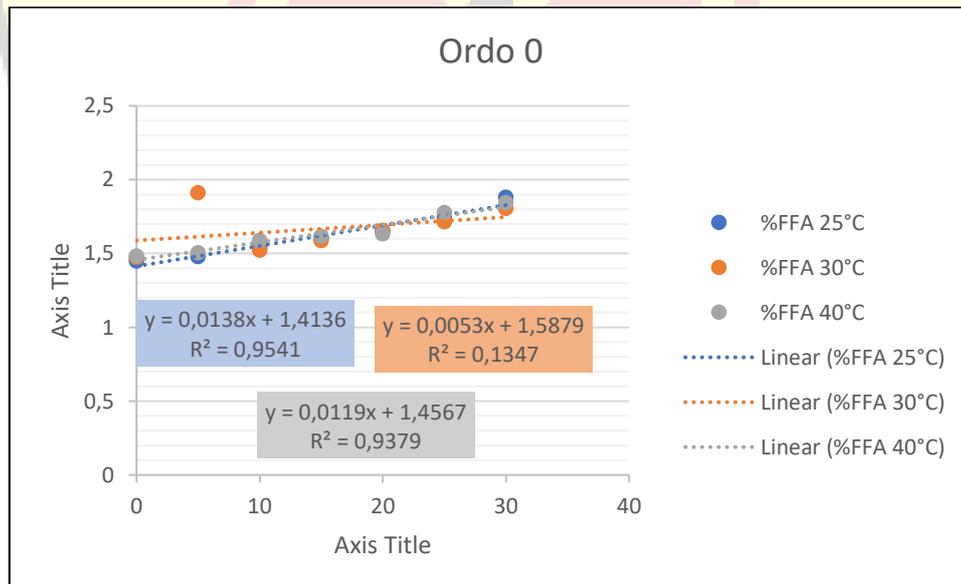


Lampiran 10. Perhitungan Kadar Asam Lemak Bebas

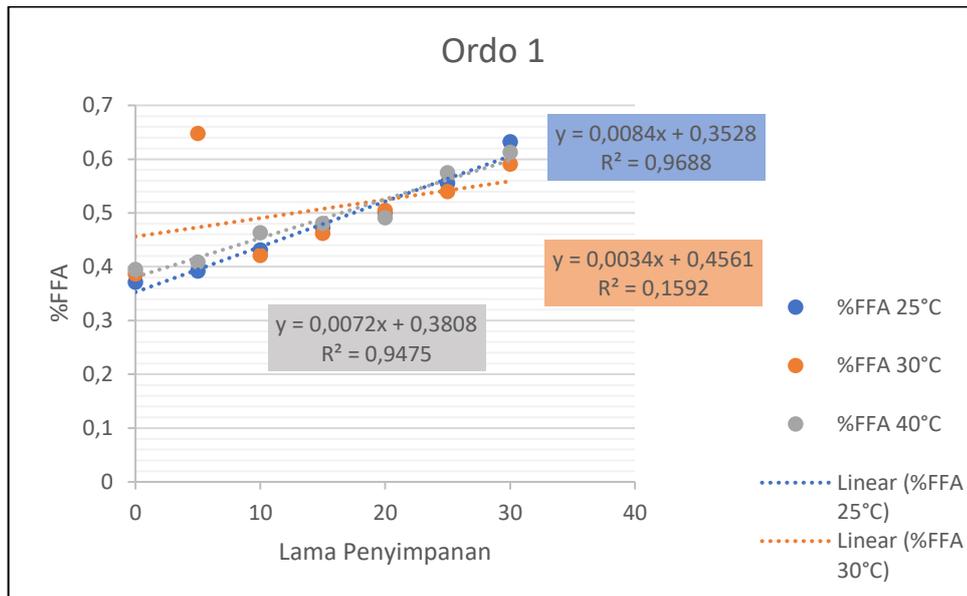
Tabel 27. Perhitungan Persen Asam Lemak Bebas

Lama Penyimpanan	%FFA		
	25°C	30°C	40°C
0	1,449158	1,4723	1,4845
5	1,479637	1,91093	1,504627
10	1,539043	1,523124	1,58881
15	1,604016	1,587667	1,617181
20	1,650867	1,657011	1,633913
25	1,74211	1,715883	1,776795
30	1,881945	1,805032	1,845505

Dari analisis perhitungan kadar asam lemak bebas kemudian dilpotkan kedalam grafik hubungan kadar asam lemak bebas dan waktu penyimpanan untuk memperoleh reaksi yang akan digunakan. Ordo reaksi yang digunakan dipilih dari persamaan regresi linier yang memiliki R^2 terbesar.



Gambar 20. Grafik Kadar Asam Lemak Bebas Pada Ordo Nol.



Gambar 21. Grafik Kadar Asam Lemak Bebas Pada Ordo Satu.

Tabel 28. Persamaan Regresi Linier Parameter Kadar Asam Lemak Bebas Pada Keju *Cheddar* Olah.

Suhu Penyimpanan	Kurva Ordo	R ²	Nilai r terbesar	Ordo terpilih
25°C	0	0,9541	1	1
	1	0,9688		
30°C	0	0,1347	1	
	1	0,1592		
40°C	0	0,9379	1	
	1	0,9475		

Nilai R (determinasi) yang paling besar ada pada ordo satu, maka ordo satu reaksi yang dipakai adalah ordo satu.

Berdasarkan grafik diatas maka didapatkan persamaan regresi linier ordo satu sebagai berikut:

Suhu penyimpanan 25°C $y = 0,0084x + 0,3528$

Suhu penyimpanan 30°C $y = 0,0034x + 0,4561$

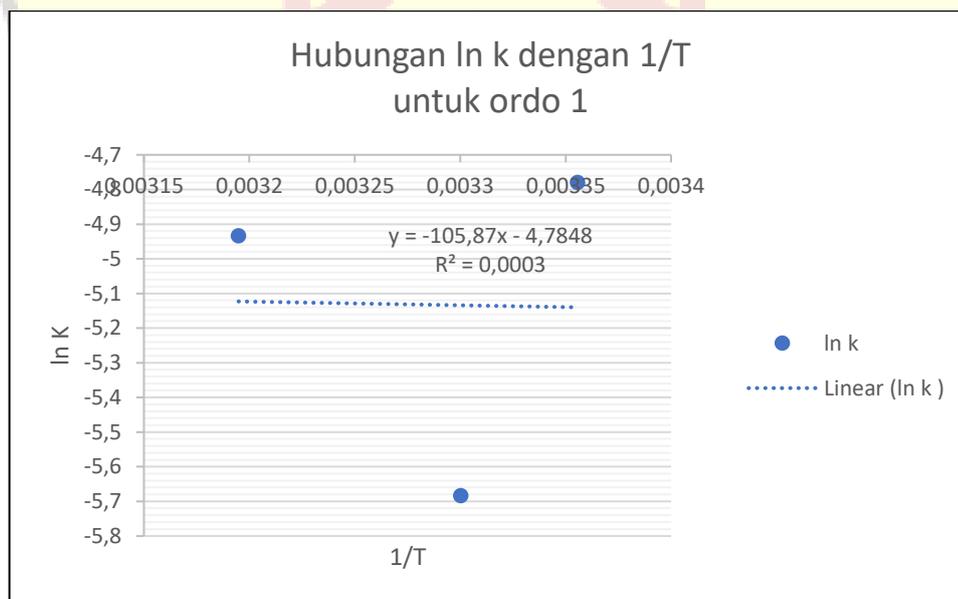
Suhu penyimpanan 40°C $y = 0,0072x + 0,3808$

Diketahui bahwa nilai $b=k$, selanjutnya nilai $\ln k$ dan $1/T$ di plotkan pada grafik sehingga didapatkan laju penurunan mutu.

Tabel 29. $1/T$ Terhadap $\ln k$ Keju *Cheddar* Olahan

Suhu °C	Suhu (°K)	b	a	R	1/T	$\ln k$
25	298	0,0084	0,3528	0,9688	0,0033557	-4,7795236
30	303	0,0034	0,4561	0,1592	0,0033003	-5,6839798
40	313	0,0072	0,3808	0,9541	0,0031949	-4,9336743

Nilai k diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar X dengan $1/T$ sebagai sumbu x dan $\ln k$ sebagai sumbu y



Gambar 22. Grafik Hubungan Kadar Asam Lemak Bebas ($\ln k$) Dengan $1/T$

Berdasarkan Gambar 22. Diperoleh persamaan regresi linier yaitu:

$$y = -105,87x - 4,7848$$

Dengan demikian besarnya nilai k_0 , dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\ln k_0 = A$$

$$\ln k_0 = - 4,7848$$

$$k_0 = 0,008355795$$

Sedangkan nilai E_a atau energi aktivasi dapat diperoleh yaitu:

$$-E_a/R = B$$

$$-E_a/R = -105,87 \text{ dengan } R = 1,986 \text{ kal/molK}$$

$$-E_a = -105,87 \times 1,986$$

$$E_a = 210,25782$$

Maka dapat digambarkan pada persamaan Arrhenius berikut ini:

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

$$k (298) = 0,008355795 \times e^{(-105,87/0,0033557)}$$

$$= 0,005857289$$

$$k (303) = 0,008355795 \times e^{(-105,87/ 0,0033003)}$$

$$= 0,005891728$$

$$k (313) = 0,008355795 \times e^{(-105,87/ 0,003194888)}$$

$$= 0,005957867$$

Pendugaan umur simpan keju *cheddar* olahan parameter kadar asam lemak bebas

yaitu:

$$t_s = (\ln A_t/A_o)/k$$

$$t_s (298) = (0,632305817/0,370982698)/ 0,005857289$$

$$= 290 \text{ hari}$$

$$t_s (303) = (0,59057832/ 0,386825804)/ 0,005891728$$

$$= 259 \text{ hari}$$

$$t_s (313) = (0,612752953/ 0,395078015)/ 0,005957867$$

$$= 260 \text{ hari}$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 25°C - 30°C

$$Q_{10} = t_1/t_2$$

$$= 290/256$$

$$= 1,13$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 25°C - 30°C

$$Q_{10} = t_1/t_2$$

$$= 256/259$$

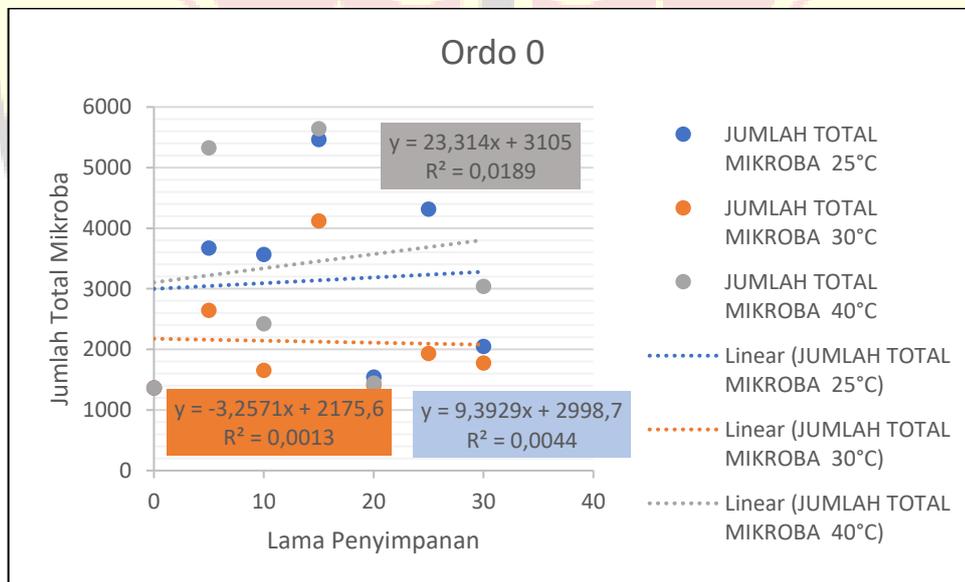
$$= 0,98$$

Lampiran 11. Perhitungan *Total plate count*

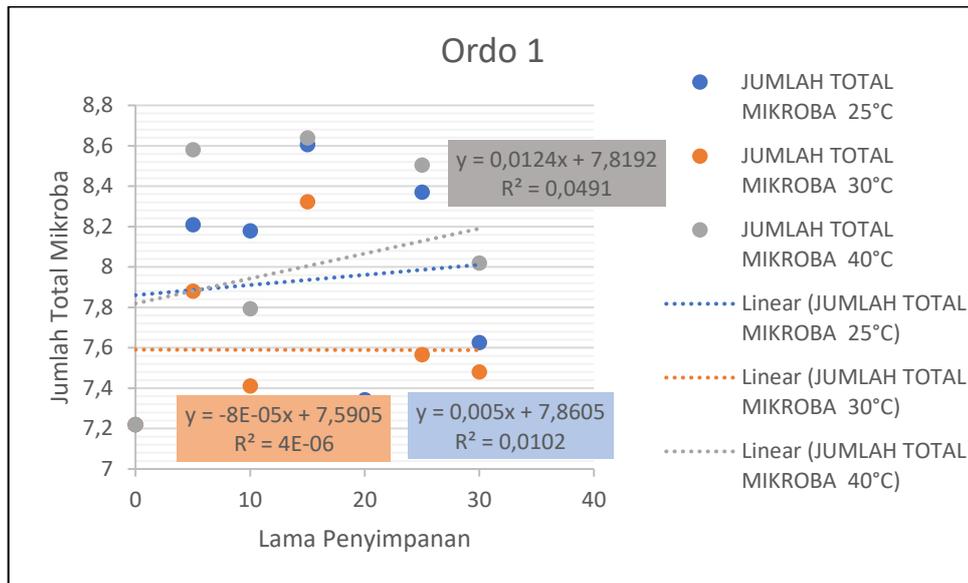
Tabel 30. Hasil Perhitungan *Total plate count*

Lama Penyimpanan	Jumlah Total Mikroba		
	25°C	30°C	40°C
0	1,366 x 10 ³	1,366 x 10 ³	1,366 x 10 ³
5	1,544 x10 ³	1,405 x10 ³	1,445 x10 ³
10	3,564 x10 ³	1,65,3 x10 ³	2,425 x10 ³
15	2,049 x10 ³	1,772 x10 ³	3,038 x10 ³
20	4,316 x10 ³	1,930 x10 ³	4,940 x10 ³
25	3,673 x10 ³	2,643x10 ³	5,326 x10 ³
30	5,465 x10 ³	4,118x10 ³	5,643 x10 ³

Dari analisis perhitungan *total plate count* bebas kemudian dilpotkan kedalam grafik hubungan *Total plate count* dan waktu penyimpanan untuk memperoleh reaksi yang akan digunakan. Ordo reaksi yang digunakan dipilih dari persamaan regresi linier yang memiliki R² terbesar.



Gambar 23. Grafik *Total plate count* Pada Ordo Nol.



Gambar 24. Grafik *Total plate count* Pada Ordo Satu.

Tabel 31. Persamaan Regresi Linier Parameter *Total plate count* Pada Keju Cheddar Olahan.

Suhu Penyimpanan	Kurva Ordo	R ²	Nilai r terbesar	Ordo terpilih
25°C	0	0,0308	1	1
	1	0,0102		
30°C	0	0,216	1	
	1	$0,004 \times 10^{-3}$		
40°C	0	0,0505	1	
	1	0,1287		

Nilai R (determinasi) yang paling besar ada pada ordo satu, maka ordo satu reaksi yang dipakai adalah ordo satu.

Berdasarkan grafik diatas maka didapatkan persamaan regresi linier ordo satu sebagai berikut:

Suhu penyimpanan 25°C $y = 0,0268x + 7,3892$

Suhu penyimpanan 30°C $y = 0,0217x + 7,1192$

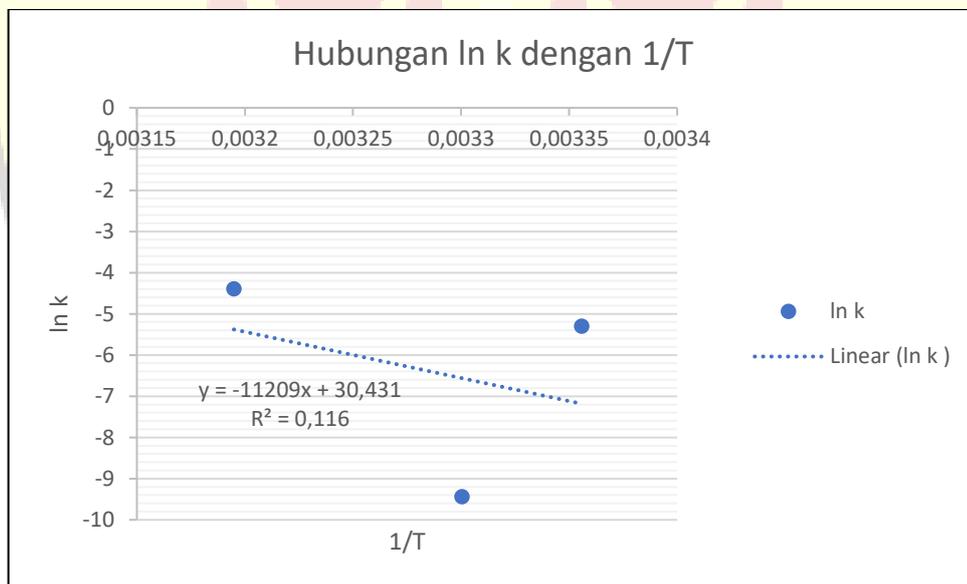
Suhu penyimpanan 40°C $y = 0,0341x + 7,3479$

Diketahui bahwa nilai $b=k$, selanjutnya nilai $\ln k$ dan $1/T$ di plotkan pada grafik sehingga didapatkan laju penurunan mutu.

Tabel 32. $1/T$ Terhadap $\ln k$ Keju *Cheddar* Olahan

Suhu °C	Suhu (°K)	b	a	R	1/T	ln k
25	298	7,3892	0,0268	0,1232	0,0033557	-3,61935
30	303	7,1192	0,0217	0,1287	0,0033003	-3,83044
40	313	7,3892	0,0341	0,175	0,0031949	-3,37846

Nilai k diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar X dengan $1/T$ sebagai sumbu x dan $\ln k$ sebagai sumbu y



Gambar 25. Grafik Hubungan Kadar Asam Lemak Bebas ($\ln k$) Dengan $1/T$

Berdasarkan Gambar 25. Diperoleh persamaan regresi linier yaitu:

$$y = -11209x + 30,431$$

Dengan demikian besarnya nilai k_0 , dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\ln k_0 = A$$

$$\ln k_0 = 30,431$$

$$k_0 = 1,64 \times 10^{11}$$

Sedangkan nilai E_a atau energi aktivasi dapat diperoleh yaitu:

$$-E_a/R = B$$

$$-E_a/R = -11,209 \text{ dengan } R = 1,986 \text{ kal/molK}$$

$$-E_a = -11,209 \times 1,986$$

$$E_a = 22261,07$$

Maka dapat digambarkan pada persamaan Arrhenius berikut ini:

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

$$k(298) = 1,64 \times 10^{11} \times e^{(22261,07/0,0033557)}$$

$$= 0,00076$$

$$k(303) = 1,64 \times 10^{11} \times e^{(22261,07/0,0033003)}$$

$$= 0,00141$$

$$k(313) = 1,64 \times 10^{11} \times e^{(22261,07/0,003194888)}$$

$$= 0,00461$$

Pendugaan umur simpan keju *cheddar* olahan parameter kadar asam lemak bebas

yaitu:

$$t_s = (\ln A_t/A_o)/k$$

$$t_s (298) = (8,606119/6,204558)/ 0,02366$$
$$= 58 \text{ hari}$$

$$t_s (303) = (8,323122888/ 6,204557763)/ 0,02623$$
$$= 51 \text{ hari}$$

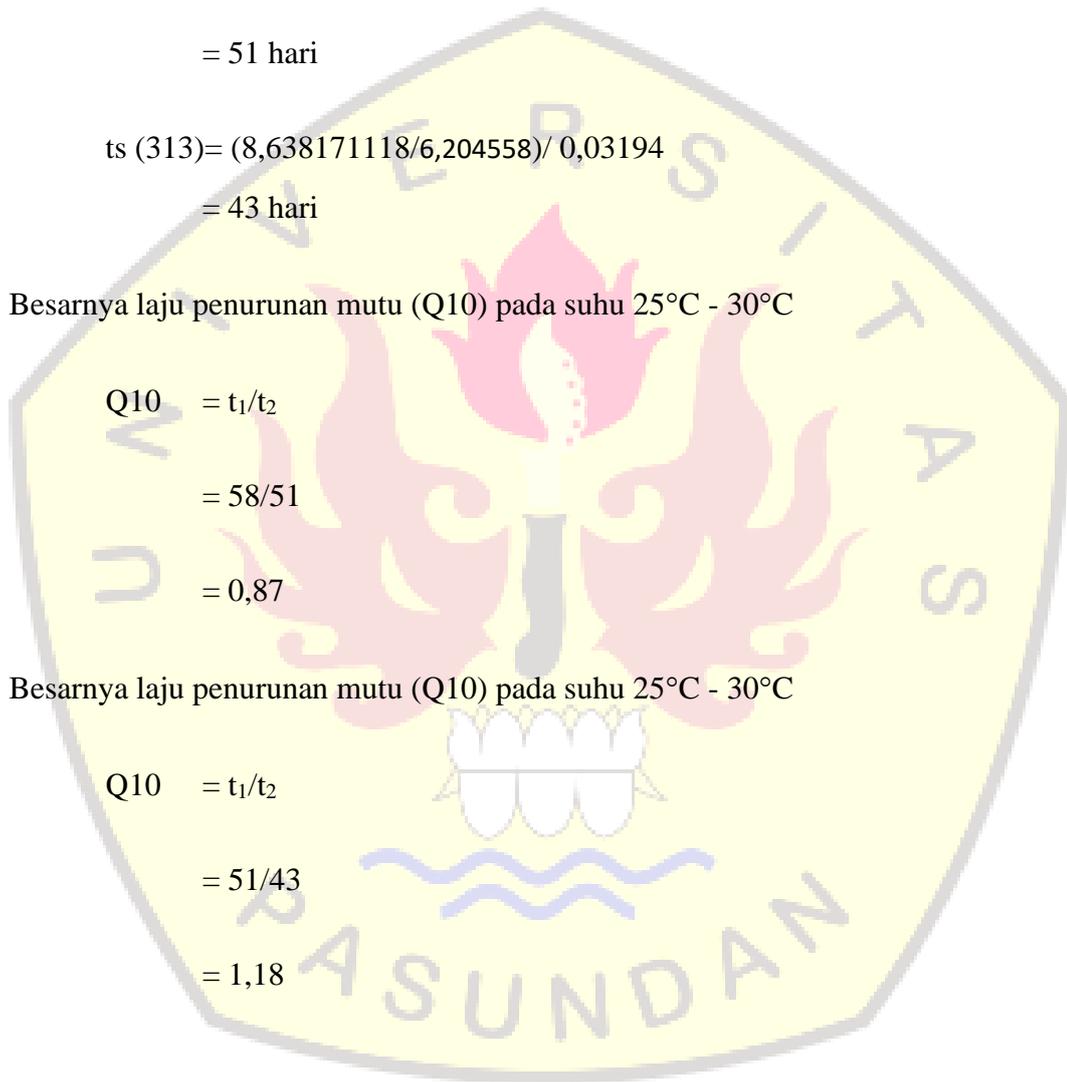
$$t_s (313) = (8,638171118/6,204558)/ 0,03194$$
$$= 43 \text{ hari}$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 25°C - 30°C

$$Q_{10} = t_1/t_2$$
$$= 58/51$$
$$= 0,87$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 25°C - 30°C

$$Q_{10} = t_1/t_2$$
$$= 51/43$$
$$= 1,18$$

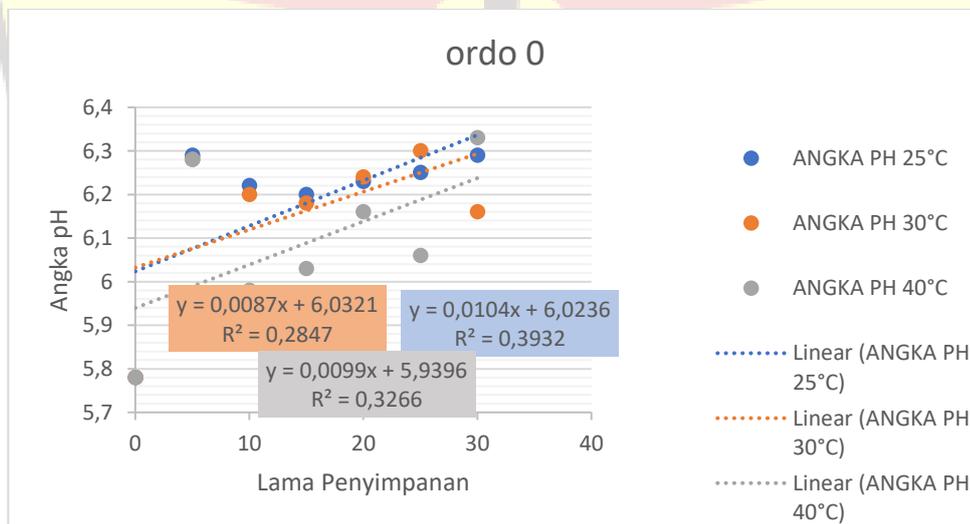


Lampiran 12. Perhitungan Kadar pH

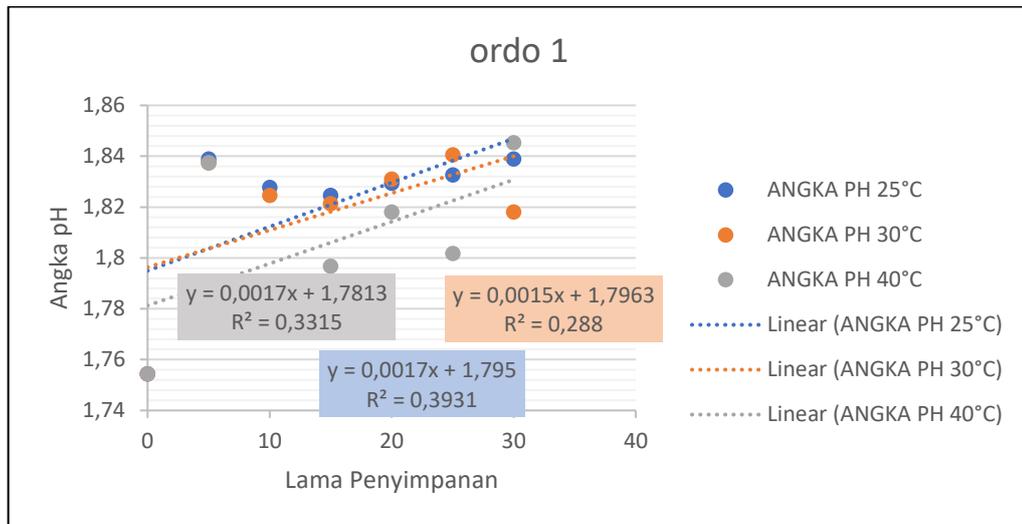
Tabel 33. Hasil Perhitungan pH

Lama Penyimpanan (Hari)	Angka PH		
	25°C	30°C	40°C
0	5,78	5,78	5,78
5	6,29	6,28	6,28
10	6,22	6,2	5,98
15	6,2	6,18	6,03
20	6,23	6,24	6,16
25	6,25	6,3	6,06
30	6,29	6,16	6,33

Dari analisis kadar pH kemudian dilpotkan kedalam grafik hubungan pH dan waktu penyimpanan untuk memperoleh reaksi yang akan digunakan. Ordo reaksi yang digunakan dipilih dari persamaan regresi linier yang memiliki R² terbesar.



Gambar 26. Grafik Angka pH Pada Ordo Nol.



Gambar 27. Grafik Angka pH Pada Ordo Satu.

Tabel 34. Persamaan Regresi Linier Parameter Angka pH Pada Keju *Cheddar* Olahan.

Suhu Penyimpanan	Kurva Ordo	R ²	Nilai r terbesar	Ordo terpilih
25°C	0	0,3932	0	1
	1	0,3931		
30°C	0	0,2847	1	
	1	0,288		
40°C	0	0,3266	1	
	1	0,3315		

Nilai R (determinasi) yang paling besar ada pada ordo satu, maka ordo satu reaksi yang dipakai adalah ordo nol.

Berdasarkan grafik diatas maka didapatkan persamaan regresi linier ordo nol sebagai berikut

Suhu penyimpanan 25°C $y = 0,0017x + 1,795$

Suhu penyimpanan 30°C $y = 0,0015x + 1,7963$

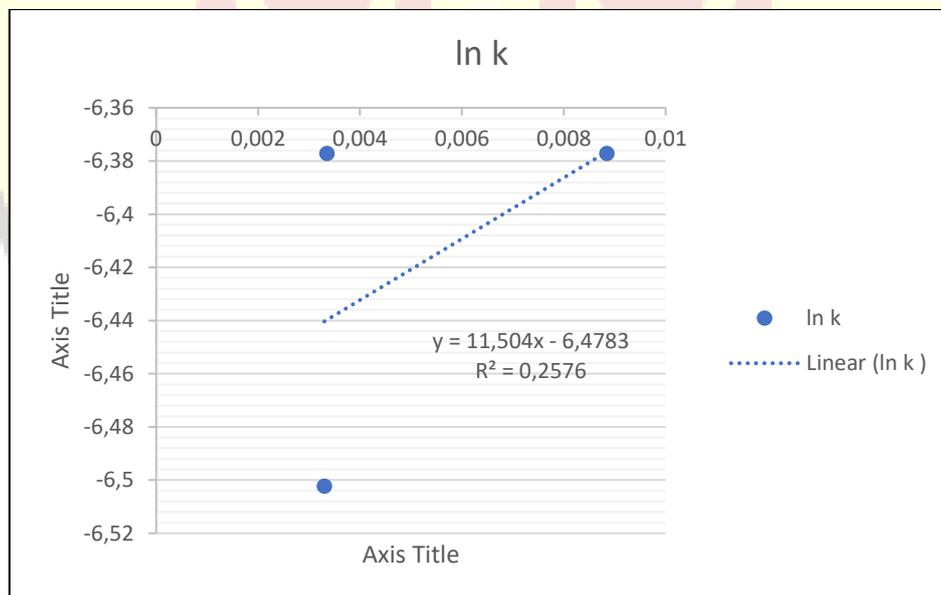
Suhu penyimpanan 40°C $y = 0,0017x + 1,7813$

Diketahui bahwa nilai $b=k$, selanjutnya nilai $\ln k$ dan $1/T$ di plotkan pada grafik sehingga didapatkan laju penurunan mutu.

Tabel 35. $1/T$ Terhadap $\ln k$ Keju *Cheddar* Olah

Suhu °C	Suhu (°K)	b	a	R	1/T	ln k
25	298	1,795	0,0017	0,3931	0,003356	-6,377127
30	303	1,7963	0,0015	0,288	0,0033	-6,502290
40	313	1,7813	0,0017	0,3315	0,003195	-6,377127

Nilai k diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 19 dengan $1/T$ sebagai sumbu x dan $\ln k$ sebagai sumbu y



Gambar 28. Grafik Hubungan Kadar pH ($\ln k$) Dengan $1/T$

Berdasarkan Gambar 28. Diperoleh persamaan regresi linier yaitu:

$$y = 11,504x - 6,4783$$

Dengan demikian besarnya nilai k_0 , dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\ln k_0 = A$$

$$\ln k_0 = -6,4783$$

$$k_0 = 0,00153642$$

Sedangkan nilai E_a atau energi aktivasi dapat diperoleh yaitu:

$$-E_a/R = B$$

$$-E_a/R = 11,504 \text{ dengan } R = 1,986 \text{ kal/molK}$$

$$-E_a = 11,504 \times 1,986$$

$$E_a = 22,8469$$

Maka dapat digambarkan pada persamaan Arrhenius berikut ini:

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

$$k(298) = 0,00153642 \times e^{(11,504 / 0,0033557)}$$

$$= 0,001596892$$

$$k(303) = 0,00153642 \times e^{(11,504 / 0,0033003)}$$

$$= 0,001595875$$

$$k(313) = 0,00153642 \times e^{(11,504 / 0,003194888)}$$

$$= 0,001593941$$

Pendugaan umur simpan keju *cheddar* olahan parameter kadar asam lemak bebas

yaitu:

$$t_s = (\ln A_t/A_o)/k$$

$$\begin{aligned} t_s (298) &= (1,838961071/1,754403683)/ 0,001596892 \\ &= 656 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_s (303) &= (1,818076778/1,754403683)/ 0,001595875 \\ &= 649 \text{ hari} \end{aligned}$$

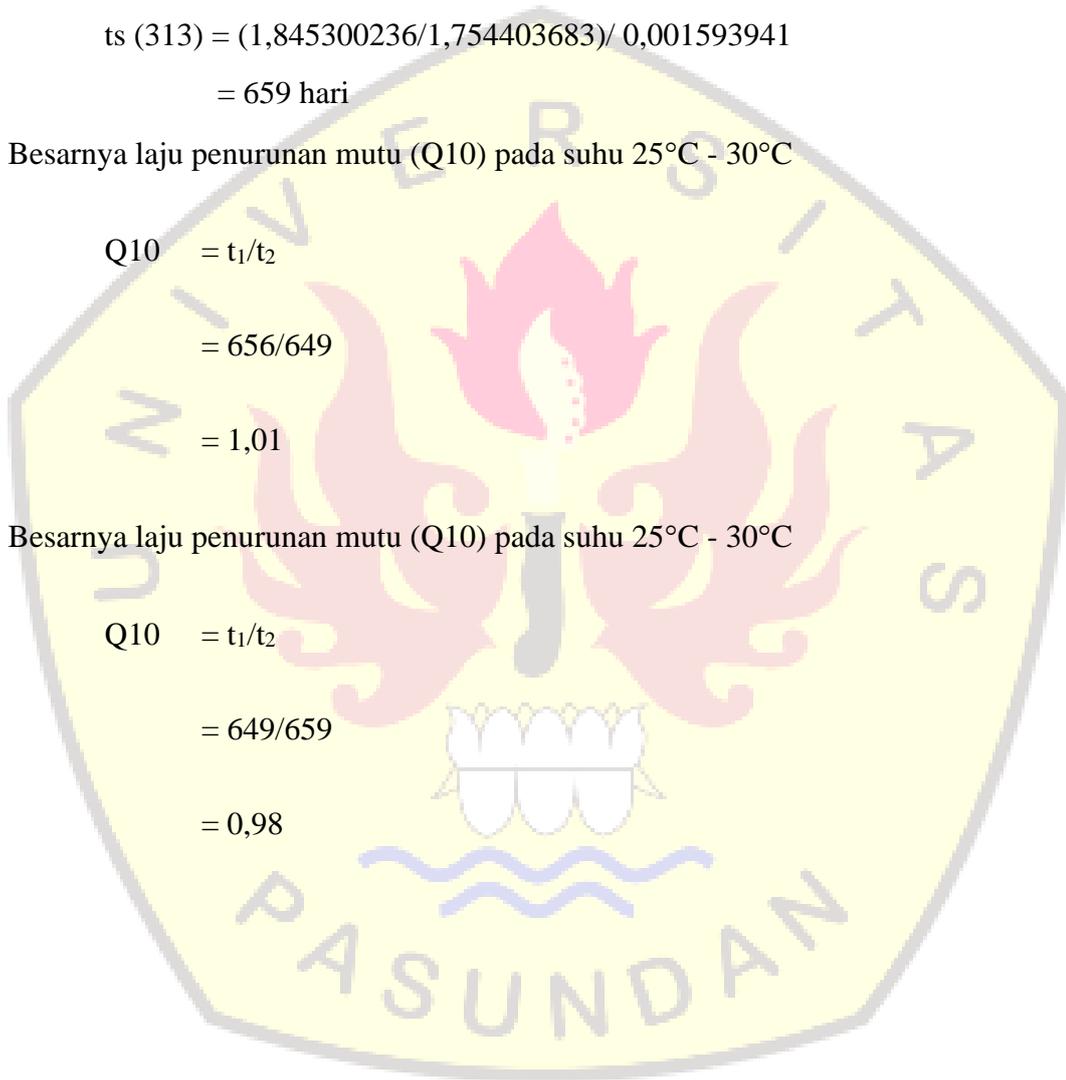
$$\begin{aligned} t_s (313) &= (1,845300236/1,754403683)/ 0,001593941 \\ &= 659 \text{ hari} \end{aligned}$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 25°C - 30°C

$$\begin{aligned} Q_{10} &= t_1/t_2 \\ &= 656/649 \\ &= 1,01 \end{aligned}$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 25°C - 30°C

$$\begin{aligned} Q_{10} &= t_1/t_2 \\ &= 649/659 \\ &= 0,98 \end{aligned}$$



Lampiran 13. Hasil Uji Organoleptik

Tabel 36. Hasil Uji Organoleptik Hari Ke-0

No	25°C			30°C			40°C		
	A	R	W	A	R	W	A	R	W
1	5	5	6	4	6	6	6	6	4
2	6	6	5	5	5	5	5	5	5
3	6	5	5	5	6	6	5	6	5
4	5	4	4	4	4	5	4	3	3
5	4	4	4	5	4	5	5	5	5
6	5	5	5	4	5	5	5	4	5
7	6	5	4	4	4	6	5	6	5
8	5	5	5	5	4	6	5	6	5
9	5	5	4	6	5	5	6	6	6
10	5	5	4	5	5	4	4	4	5
11	5	6	4	6	5	4	5	6	4
12	6	4	5	5	6	4	4	6	5
13	5	6	4	6	5	4	5	6	4
14	6	5	5	4	4	6	5	5	4
15	6	5	5	4	4	6	4	4	5
16	6	5	5	4	4	6	5	3	4
17	5	5	5	5	4	4	5	4	5
18	5	5	5	6	5	5	5	4	5
19	5	5	4	5	5	6	5	4	5
20	5	4	5	5	5	4	4	5	6
21	5	5	4	6	5	4	5	5	4
22	6	6	5	5	5	5	6	4	4
23	6	6	6	4	5	6	6	5	5
24	5	5	5	6	5	6	6	5	4
25	5	5	4	5	5	5	6	4	4
26	5	5	4	5	5	5	5	4	4
27	5	5	5	5	5	5	5	5	4
28	4	4	4	4	5	4	4	5	4
29	4	5	4	5	4	4	4	5	5
30	5	4	5	5	4	4	5	5	4
TOTAL	156	149	139	147	143	150	149	145	137
RATA - RATA	5,87	4,97	4,6333	5,57	4,77	5	5,83	4,833	5,7
% Penolakan	0	0	0	0	0	0	0	3,333	3,3333

Tabel 37. Hasil Uji Organoleptik Hari Ke-5

No	25°C			30°C			40°C		
	W	A	R	W	A	R	W	A	R
1	4	3	1	5	3	3	5	5	5
2	5	5	6	5	5	6	5	6	5
3	6	5	6	6	6	6	6	5	4
4	5	5	4	5	4	2	5	4	6
5	4	4	3	5	5	4	5	5	4
6	5	5	6	5	5	5	5	4	5
7	4	4	5	4	3	2	4	5	5
8	5	5	4	5	5	5	5	4	4
9	5	4	5	5	4	4	6	5	4
10	3	3	4	3	4	4	5	4	5
11	6	4	3	5	5	4	6	3	3
12	5	4	5	5	4	4	5	4	6
13	5	3	4	5	4	5	5	5	6
14	5	4	4	5	5	5	5	6	6
15	5	4	3	6	6	4	5	6	6
16	4	3	2	5	4	4	5	5	4
17	5	4	5	5	5	4	4	5	6
18	5	4	5	4	5	5	6	3	3
19	5	5	4	5	3	4	6	6	5
20	5	4	5	5	5	4	4	6	5
21	5	4	5	4	5	4	5	4	6
22	4	4	5	3	4	3	5	5	4
23	4	5	3	5	4	3	6	6	6
24	5	5	5	5	5	5	5	5	6
25	6	5	6	6	6	6	6	5	4
26	6	4	4	5	4	4	5	4	6
27	5	4	4	4	4	4	6	5	6
28	5	5	4	5	4	5	5	4	5
29	4	4	5	4	2	2	4	3	3
30	5	4	4	5	5	5	5	4	4
TOTAL	145	126	129	144	133	125	154	141	147
RATA RATA	4,8333	4,2	4,3	4,8	4,43	4,1667	5,1333	4,7	4,9
% Penolakan	3,3333	13,3	20	6,6667	13,3	20	0	10	10

Tabel 38. Hasil Uji Organoleptik Hari Ke-10

NO.	25°C			30°C			40°C		
	W	A	R	W	A	R	W	A	R
1	6	4	4	6	6	6	6	6	6
2	6	6	5	5	6	5	6	6	6
3	6	5	5	5	5	4	4	5	4
4	5	6	3	6	4	3	4	4	5
5	6	5	5	5	5	4	6	6	5
6	4	3	4	5	6	5	5	5	5
7	5	5	4	6	5	5	6	5	6
8	2	3	5	4	4	4	2	2	3
9	4	5	3	5	5	5	4	4	6
10	5	4	5	5	5	4	5	4	3
11	5	6	4	5	5	4	5	5	4
12	6	6	5	5	5	5	3	4	3
13	5	6	5	5	5	4	5	5	3
14	6	5	5	6	6	6	6	5	6
15	5	5	4	5	6	5	6	6	5
16	6	6	6	5	5	4	5	5	4
17	6	6	5	6	5	2	5	5	6
18	6	5	5	5	4	5	5	6	6
19	4	4	4	6	6	6	5	5	6
20	5	5	6	5	5	4	5	6	5
21	5	4	4	4	4	4	2	3	2
22	3	4	5	4	4	5	4	2	5
23	5	4	5	5	4	5	5	5	4
24	5	5	4	5	6	4	5	4	3
25	4	4	5	6	6	5	3	3	5
26	6	6	3	5	4	2	5	6	2
27	6	5	4	6	6	5	6	6	6
28	4	3	4	6	6	5	5	6	5
29	6	6	5	5	6	5	5	5	4
30	5	5	5	4	6	4	6	5	4
TOTAL	152	146	136	155	155	134	144	144	137
RATA RATA	5,0667	4,87	4,53	5,166	5,17	4,466	4,8	4,8	4,5667
% Penolakan	6,6667	10	10	0	0	10	13,333	10	23,333

Tabel 39. Hasil Uji Organoleptik Hari Ke-15

No.	25°C			30°C			40°C		
	W	A	R	W	A	R	W	A	R
1	5	5	4	5	4	4	5	4	3
2	5	4	5	5	3	2	4	4	4
3	6	6	6	6	5	5	5	5	4
4	5	5	5	5	4	5	5	4	2
5	5	5	6	5	4	4	5	5	2
6	6	2	2	5	3	3	5	5	5
7	3	3	4	5	4	4	6	6	6
8	5	6	5	4	5	3	3	3	2
9	6	6	5	4	4	3	3	3	1
10	5	5	5	5	5	6	5	5	4
11	4	4	4	5	4	4	5	4	2
12	5	4	5	5	4	4	5	4	2
13	6	5	5	6	6	5	6	6	4
14	6	5	6	5	4	4	5	5	4
15	6	5	4	6	4	6	6	4	6
16	6	6	6	3	3	3	4	2	2
17	6	6	6	5	3	3	6	4	5
18	6	5	6	5	4	4	4	1	2
19	6	5	4	6	5	5	6	5	5
20	4	3	2	5	4	5	4	1	2
21	3	2	1	4	5	3	5	4	1
22	5	5	4	6	5	3	3	5	2
23	6	6	6	6	6	5	5	5	5
24	5	6	6	5	6	5	5	6	4
25	5	5	4	5	4	4	5	4	2
26	5	5	4	5	4	4	6	4	2
27	5	5	3	5	4	3	5	4	2
28	5	6	5	5	3	2	5	5	5
29	6	6	4	6	5	6	5	3	2
30	5	4	4	4	3	4	5	5	2
TOTAL	156	145	136	151	127	121	146	125	94
RATA RATA	5,2	4,83	4,53	5,03	4,23	4,03	4,86	4,16	3,13
% Penolakan	6,66	13,3	13,33	3,33	20	33,33	6,66	20	56,66

Tabel 40. Hasil Uji Organoleptik Hari Ke-20

No.	25°C			30°C			40°C		
	W	A	R	W	A	R	W	A	R
1	3	1	2	4	2	1	6	4	
2	4	2	3	4	3	3	4	3	
3	4	1	1	5	2	3	5	5	
4	5	4	4	4	5	4	5	5	
5	4	3	2	6	5	4	5	5	
6	2	2	1	5	3	2	4	4	
7	5	2	2	5	3	3	5	4	
8	1	1	1	3	3	1	1	4	
9	5	5	4	5	5	4	5	5	
10	4	3	3	4	4	2	5	5	
11	6	5	5	3	3	1	6	5	
12	5	4	4	5	4	1	5	4	
13	5	3	1	5	5	4	5	5	
14	4	3	3	5	4	2	5	5	
15	5	4	4	5	5	4	5	5	
16	5	3	1	6	5	4	6	4	
17	5	2	2	4	4	1	4	5	
18	5	2	2	6	3	1	5	3	
19	5	4	4	5	2	2	5	4	
20	6	3	1	6	4	1	6	4	
21	5	4	4	6	3	1	5	5	
22	3	3	1	3	2	1	3	2	
23	6	4	4	6	4	5	6	4	
24	5	3	3	4	3	4	5	6	
25	6	4	4	6	4	2	6	6	
26	4	1	1	4	1	1	4	5	
27	3	2	2	4	4	1	5	5	
28	4	2	2	4	2	1	4	4	
29	3	3	3	4	4	3	4	5	
30	4	3	2	4	4	1	4	1	
TOTAL	131	86	76	140	105	68	143	131	0
RATA - RATA	4,36	2,87	2,53	4,66	3,5	2,26	4,76	4,36	0
% Penolakan	16,66	70	70	6,66	43,3	70	6,66	13,33	33,33

Tabel 41. Hasil Uji Organoleptik Hari Ke-25

No.	25°C			30°C			40°C		
	W	A	R	W	A	R	W	A	R
1	5	2		6	4		6	5	
2	5	3		6	4		5	5	
3	3	1		3	1		4	3	
4	3	3		4	2		4	3	
5	5	3		5	3		4	3	
6	4	5		5	4		4	4	
7	3	1		3	1		1	1	
8	2	2		1	1		3	2	
9	4	4		2	1		6	3	
10	3	2		4	2		3	3	
11	4	3		5	3		5	4	
12	5	2		5	4		5	3	
13	4	4		3	2		2	2	
14	4	3		4	4		2	2	
15	4	1		3	2		3	2	
16	3	2		3	2		3	2	
17	5	4		6	5		4	3	
18	6	5		4	3		4	3	
19	5	4		5	4		5	4	
20	6	6		5	4		5	4	
21	5	2		4	3		3	3	
22	5	2		4	3		3	3	
23	6	5		4	5		6	5	
24	5	4		4	5		5	5	
25	5	5		6	6		5	6	
26	5	6		6	3		5	6	
27	5	3		5	2		4	4	
28	5	4		4	5		5	3	
29	5	2		6	5		6	5	
30	5	5		5	5		6	6	
TOTAL	134	98	0	130	98	0	126	107	0
RATA - RATA	4,4667	3,27	0	4,3333	3,27	0	4,2	3,567	0
% Penolakan	20	43,3		26,667	56,7		30	56,67	

Tabel 42. Hasil Uji Organoleptik Hari Ke-30

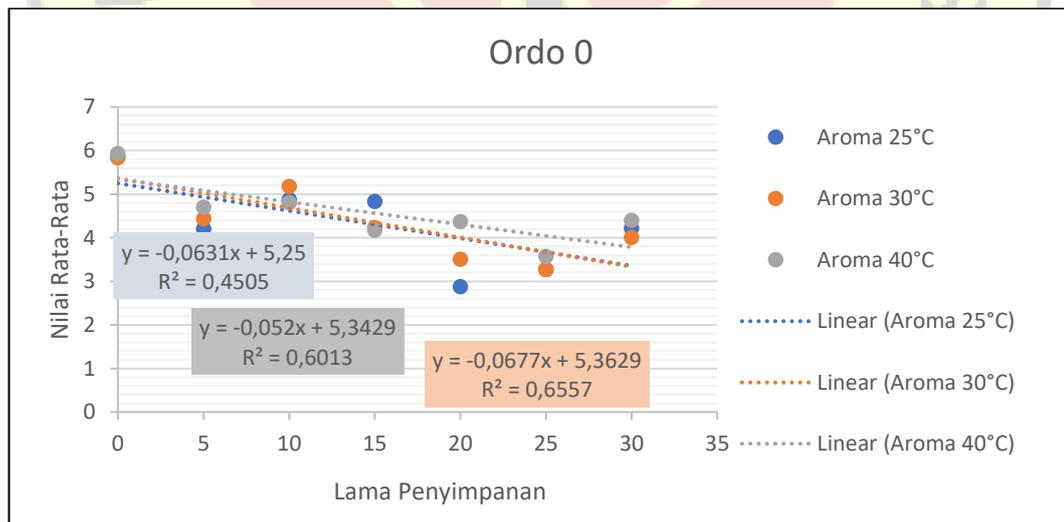
No.	25°C			30°C			40°C		
	W	A	R	W	A	R	W	A	R
1	5	4		6	5		5	3	
2	4	3		5	3		4	6	
3	5	5		5	6		4	4	
4	5	4		5	5		5	5	
5	5	4		5	5		5	6	
6	4	3		4	3		4	5	
7	5	4		5	2		5	5	
8	5	3		5	3		5	6	
9	4	6		4	4		6	5	
10	5	5		5	3		5	3	
11	4	5		4	4		4	4	
12	5	5		5	5		5	4	
13	6	4		6	4		6	3	
14	6	4		6	4		6	5	
15	5	4		5	3		5	5	
16	5	6		5	4		5	6	
17	4	5		5	5		6	5	
18	4	5		5	5		6	5	
19	5	4		5	5		6	5	
20	4	5		3	4		3	3	
21	4	5		6	5		5	5	
22	6	4		5	3		5	3	
23	4	5		4	5		4	5	
24	4	3		6	2		4	2	
25	4	2		5	3		5	3	
26	5	5		5	4		5	5	
27	4	4		4	4		4	5	
28	4	5		3	4		3	3	
29	5	3		4	5		5	3	
30	4	3		5	3		4	5	
TOTAL	139	127		145	120		144	132	
RATA - RATA	4,63	4,23		4,8333	4		4,8	4,4	
% Penolakan	0	23,3		3,3333	33,3		6,66	30	

Lampiran 14. Perhitungan Organoleptik Parameter Aroma

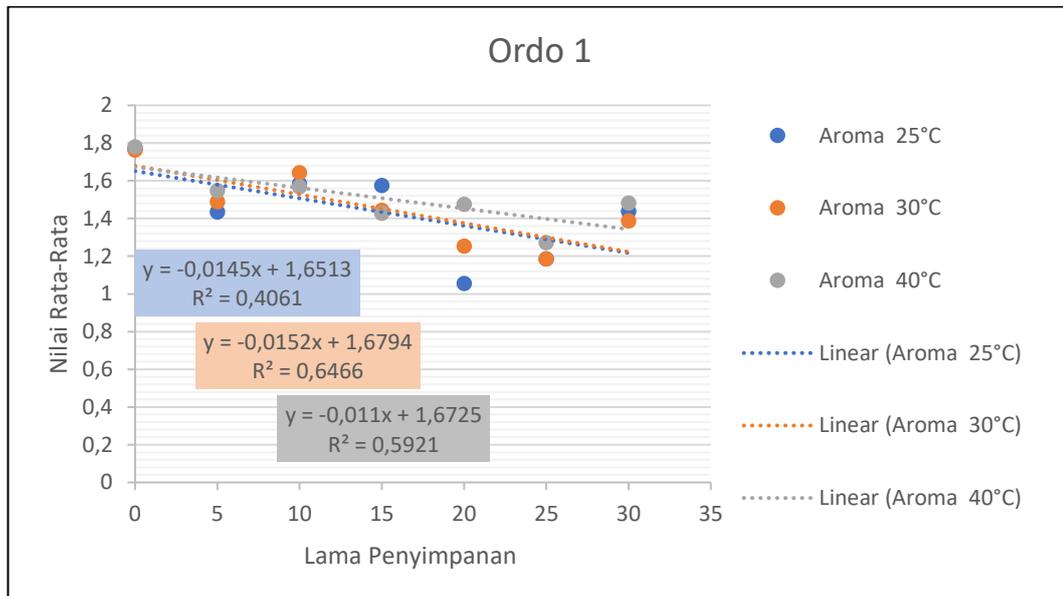
Tabel 43. Hasil Perhitungan Rata-Rata Organoleptik Parameter Aroma

Lama Penyimpanan (Hari)	Aroma		
	25°C	30°C	40°C
0	5,87	5,83	5,93
5	4,2	4,43	4,7
10	4,87	5,17	4,8
15	4,83	4,23	4,17
20	2,87	3,5	4,37
25	3,27	3,27	3,57
30	4,21	4	4,4

Dari analisis perhitungan rata-rata parameter aroma kemudian dilpotkan kedalam grafik rata-rata parameter warna dan waktu penyimpanan untuk memperoleh reaksi yang akan digunakan. Ordo reaksi yang digunakan dipilih dari persamaan regresi linier yang memiliki R^2 terbesar.



Gambar 29. Grafik Rata-Rata Aroma Pada Ordo Nol.



Gambar 30. Grafik Nilai Rata-Rata Aroma Pada Ordo Satu.

Tabel 44. Persamaan Regresi Linier Parameter Warna Pada Keju *Cheddar* Olahan.

Suhu Penyimpanan	Kurva Ordo	R ²	Nilai r terbesar	Ordo terpilih
25°C	0	0,4505	0	0
	1	0,4061		
30°C	0	0,6557	0	
	1	0,6466		
40°C	0	0,6013	0	
	1	0,5921		

Nilai R (determinasi) yang paling besar ada pada ordo satu, maka ordo satu reaksi yang dipakai adalah ordo nol.

Berdasarkan grafik diatas maka didapatkan persamaan regresi linier ordo nol sebagai berikut:

Suhu penyimpanan 25°C $y = -0,0631x + 5,25$

Suhu penyimpanan 30°C $y = -0,052x + 5,3429$

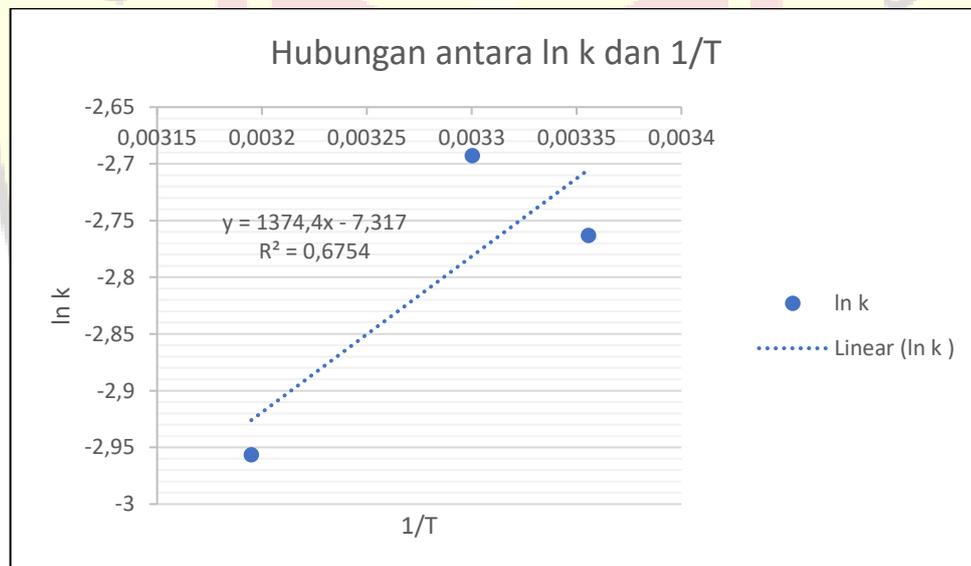
Suhu penyimpanan 40°C $y = -0,0677x + 5,3629$

Diketahui bahwa nilai $b=k$, selanjutnya nilai $\ln k$ dan $1/T$ di plotkan pada grafik sehingga didapatkan laju penurunan mutu.

Tabel 45. $1/T$ Terhadap $\ln k$ Keju *Cheddar* Olahan

Suhu °C	Suhu (°K)	b	a	R	1/T	$\ln k$
25	298	5,25	-0,0631	0,4505	0,003356	-1,71147
30	303	5,3629	-0,0677	0,6557	0,0033	-0,99479
40	313	5,3429	-0,052	0,6013	0,003195	-0,17925

Nilai k diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar X dengan $1/T$ sebagai sumbu x dan $\ln k$ sebagai sumbu y



Gambar 31. Grafik Hubungan $\ln k$ Dengan $1/T$

Berdasarkan Gambar 31. Diperoleh persamaan regresi linier yaitu:

$$y = 1374,4x - 7,317$$

Dengan demikian besarnya nilai k_0 , dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\ln k_0 = A$$

$$\ln k_0 = -7,317$$

$$k_0 = 0,00066$$

Sedangkan nilai E_a atau energi aktivasi dapat diperoleh yaitu:

$$-E_a/R = B$$

$$-E_a/R = 1374,4 \text{ dengan } R = 1,986 \text{ kal/molK}$$

$$-E_a = 1374,4 \times 1,986$$

$$E_a = -2729,56$$

Maka dapat digambarkan pada persamaan Arrhenius berikut ini:

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

$$k(298) = 0,00066 \times e^{(-2729,56 / 0,0033557)}$$

$$= 0,00336$$

$$k(303) = 0,00066 \times e^{(-2729,56 / 0,0033003)}$$

$$= 0,0033$$

$$k(313) = 0,00066 \times e^{(-2729,56 / 0,003194888)}$$

$$= 0,00319$$

Pendugaan umur simpan keju *cheddar* olahan parameter aroma yaitu:

$$t_s = (\ln A_t/A_o)/k$$

$$t_s (298) = (5,87 - 4,21) / 0,00336$$

$$= 24 \text{ hari}$$

$$t_s (303) = (5,83 - 4) / 0,0033$$

$$= 29 \text{ hari}$$

$$t_s (313) = (5,93 - 4,4) / 0,00319$$

$$= 28 \text{ hari}$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 25°C - 30°C

$$Q_{10} = t_1/t_2$$

$$= 24/29$$

$$= 0,83$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 25°C - 30°C

$$Q_{10} = 29/28$$

$$= 51/43$$

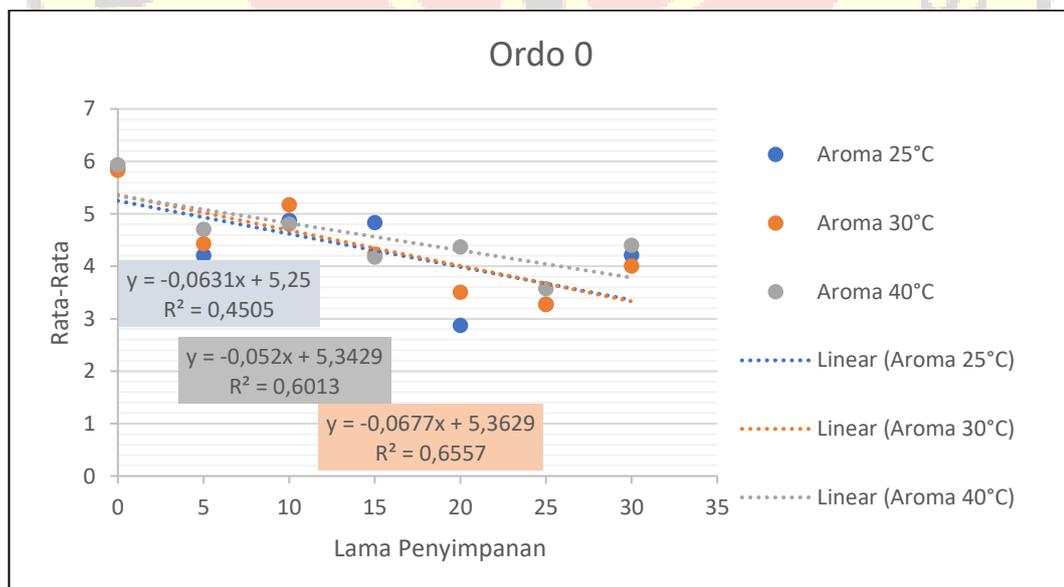
$$= 1,04$$

Lampiran 15. Perhitungan Organoleptik Parameter Rasa

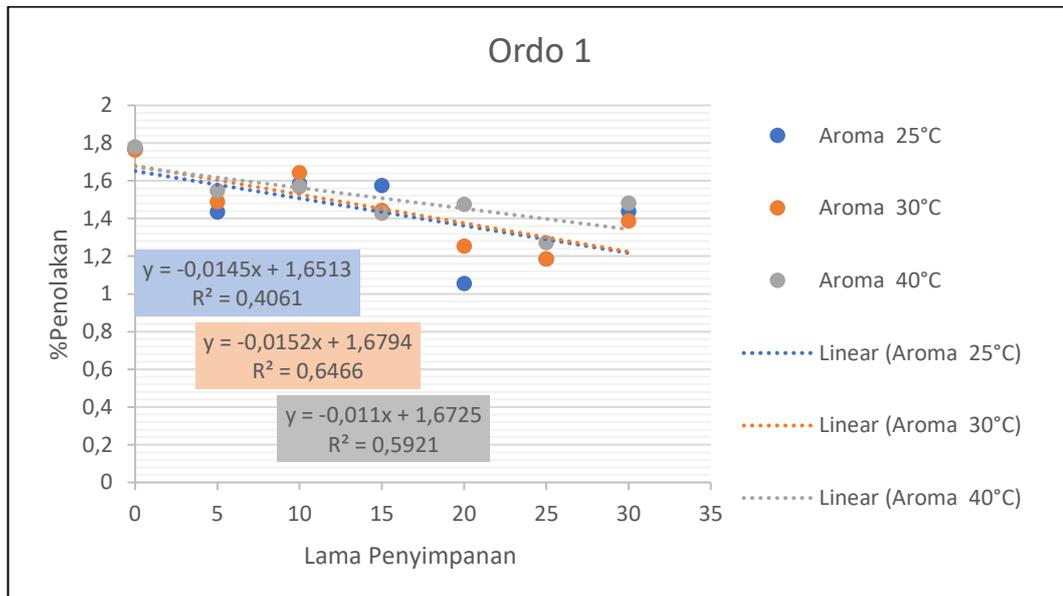
Tabel 46. Hasil Perhitungan Rata-Rata Organoleptik Parameter Rasa

Lama Penyimpanan (Hari)	Rasa		
	25°C	30°C	40°C
0	4,97	4,77	4,83
5	4,3	4,17	4,9
10	4,53	4,47	4,6
15	4,53	4,03	3,13
20	2,53	2,67	
25			
30			

Dari analisis perhitungan rata-rata parameter rasa kemudian dilpotkan kedalam grafik hubungan nilai rata-rata organoleptik rasa dengan waktu penyimpanan untuk memperoleh reaksi yang akan digunakan. Ordo reaksi yang digunakan dipilih dari persamaan regresi linier yang memiliki R^2 terbesar.



Gambar 32. Grafik Rata-Rata Rasa Pada Ordo Nol.



Gambar 33. Grafik Nilai Rata-Rata Rasa Pada Ordo Satu.

Tabel 47. Persamaan Regresi Linier Parameter R Pada Keju *Cheddar* Olahan.

Suhu Penyimpanan	Kurva Ordo	R ²	Nilai r terbesar	Ordo terpilih
25°C	0	0,4505	0	0
	1	0,4061		
30°C	0	0,6557	0	
	1	0,6466		
40°C	0	0,6013	0	
	1	0,5921		

Nilai R (determinasi) yang paling besar ada pada ordo satu, maka ordo satu reaksi yang dipakai adalah ordo nol.

Berdasarkan grafik diatas maka didapatkan persamaan regresi linier ordo nol sebagai berikut:

Suhu penyimpanan 25°C $y = -0,0631x + 5,25$

Suhu penyimpanan 30°C $y = -0,0677x + 5,3629$

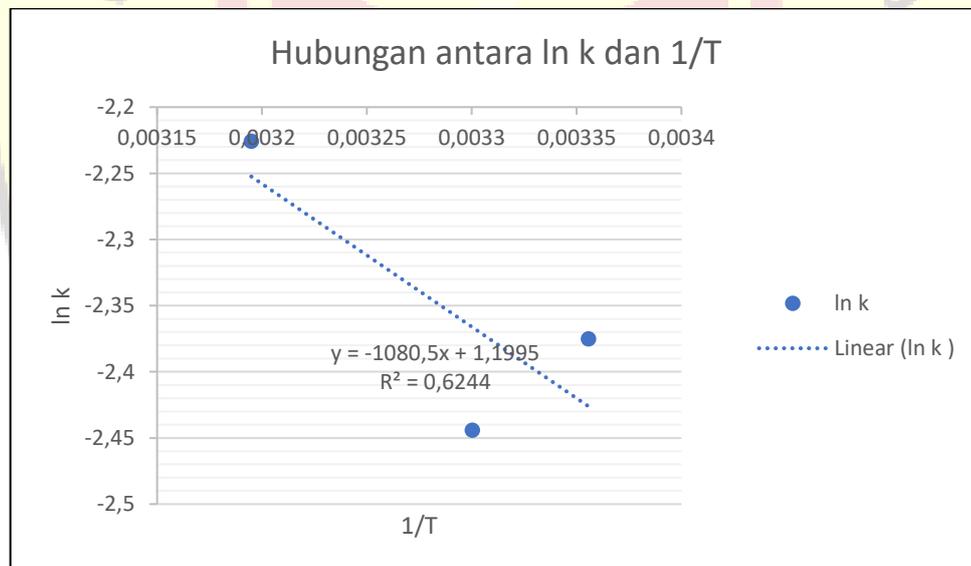
Suhu penyimpanan 40°C $y = -0,052x + 5,3429$

Diketahui bahwa nilai $b=k$, selanjutnya nilai $\ln k$ dan $1/T$ di plotkan pada grafik sehingga didapatkan laju penurunan mutu.

Tabel 48. $1/T$ Terhadap $\ln k$ Keju *Cheddar* Olahan

Suhu °C	Suhu (°K)	a	b	R	1/T	$\ln k$
25	298	5,25	-0,0631	0,4505	0,003356	-2,37516
30	303	5,3629	-0,0677	0,6557	0,0033	-2,44415
40	313	5,3429	-0,052	0,6013	0,003195	-2,22562

Nilai k diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 46 dengan $1/T$ sebagai sumbu x dan $\ln k$ sebagai sumbu y



Gambar 34. Grafik Hubungan $\ln k$ Dengan $1/T$

Berdasarkan Gambar 34. Diperoleh persamaan regresi linier yaitu:

$$y = -1080,6 + 1,1985$$

Dengan demikian besarnya nilai k_0 , dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\ln k_0 = A$$

$$\ln k_0 = -1080,6$$

$$k_0 = 3,318457$$

Sedangkan nilai E_a atau energi aktivasi dapat diperoleh yaitu:

$$-E_a/R = B$$

$$-E_a/R = -1080,5 \text{ dengan } R = 1,986 \text{ kal/molK}$$

$$-E_a = -1080,5 \times 1,986$$

$$E_a = 2145,873$$

Maka dapat digambarkan pada persamaan Arrhenius berikut ini:

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

$$k(298) = 3,318457 \times e^{(2145,873/0,0033557)}$$

$$= 0,08836$$

$$k(303) = 3,318457 \times e^{(2145,873/0,0033003)}$$

$$= 0,09381$$

$$k(313) = 3,318457 \times e^{(2145,873/0,003194888)}$$

$$= 0,10513$$

Pendugaan umur simpan keju *cheddar* olahan parameter rasa yaitu:

$$t_s = (\ln A_0 - A_t)/k$$

$$t_s(298) = (4,97 - 0)/0,08836$$

$$= 56 \text{ hari}$$

$$ts(303) = (4,77 - 0) / 0,09381 \\ = 50 \text{ hari}$$

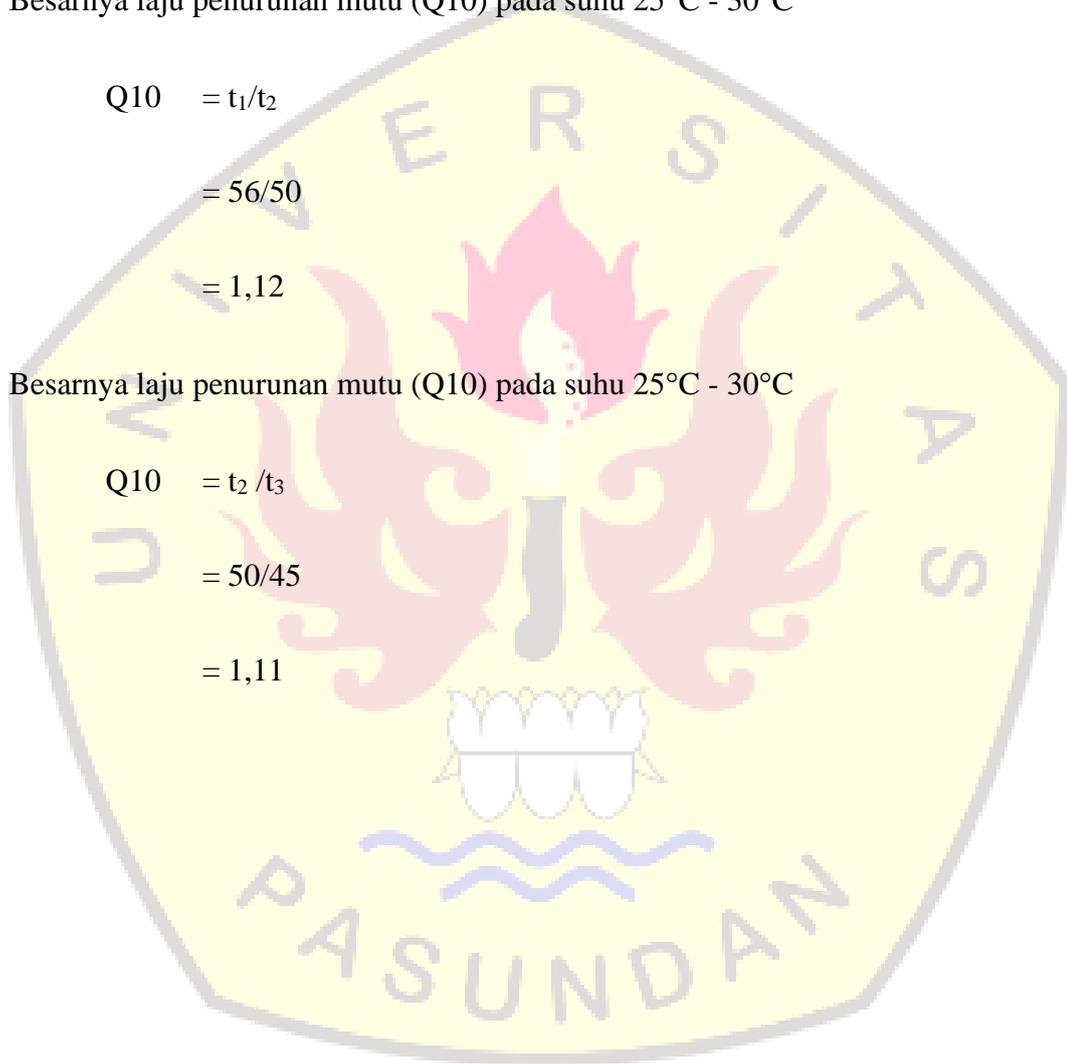
$$ts(313) = (4,83 - 0) / 0,10513 \\ = 45 \text{ hari}$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 25°C - 30°C

$$Q_{10} = t_1/t_2 \\ = 56/50 \\ = 1,12$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 25°C - 30°C

$$Q_{10} = t_2/t_3 \\ = 50/45 \\ = 1,11$$

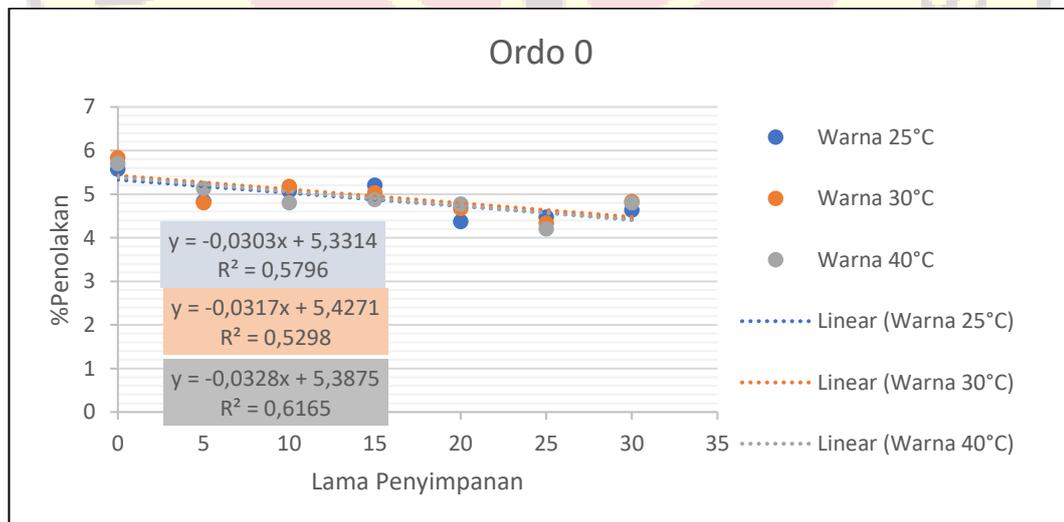


Lampiran 16. Perhitungan Organoleptik Parameter Warna

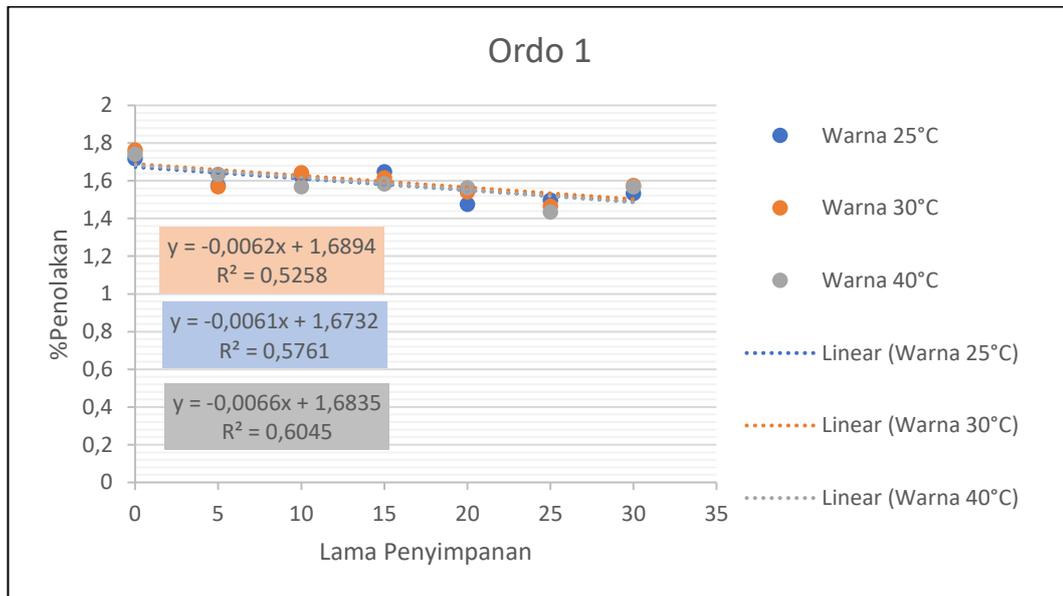
Tabel 49. Hasil Perhitungan Rata-Rata Organoleptik Parameter Warna

Lama Penyimpanan (Hari)	Warna		
	25°C	30°C	40°C
0	5,57	5,83	5,7
5	4,83	4,8	5,13
10	5,07	5,17	4,8
15	5,2	5,03	4,87
20	4,37	4,67	4,77
25	4,47	4,33	4,2
30	4,63	4,83	4,8

Dari analisis perhitungan rata-rata parameter warna kemudian dilpotkan kedalam grafik hubungan nilai rata-rata organoleptik warna dengan waktu penyimpanan untuk memperoleh reaksi yang akan digunakan. Ordo reaksi yang digunakan dipilih dari persamaan regresi linier yang memiliki R^2 terbesar.



Gambar 35. Grafik Rata-Rata Warna Pada Ordo Nol.



Gambar 36. Grafik Nilai Rata-Rata Warna Pada Ordo Satu.

Tabel 50. Persamaan Regresi Linier Parameter R Pada Keju *Cheddar* Olahan.

Suhu Penyimpanan	Kurva Ordo	R ²	Nilai r terbesar	Ordo terpilih
25°C	0	0,5796	0	0
	1	0,5761		
30°C	0	0,5298	0	
	1	0,5258		
40°C	0	0,6165	0	
	1	0,6045		

Nilai R (determinasi) yang paling besar ada pada ordo satu, maka ordo satu reaksi yang dipakai adalah ordo nol.

Berdasarkan grafik diatas maka didapatkan persamaan regresi linier ordo nol sebagai berikut:

Suhu penyimpanan 25°C $y = -0,0303x + 5,3314$

Suhu penyimpanan 30°C $y = -0,0317x + 5,4271$

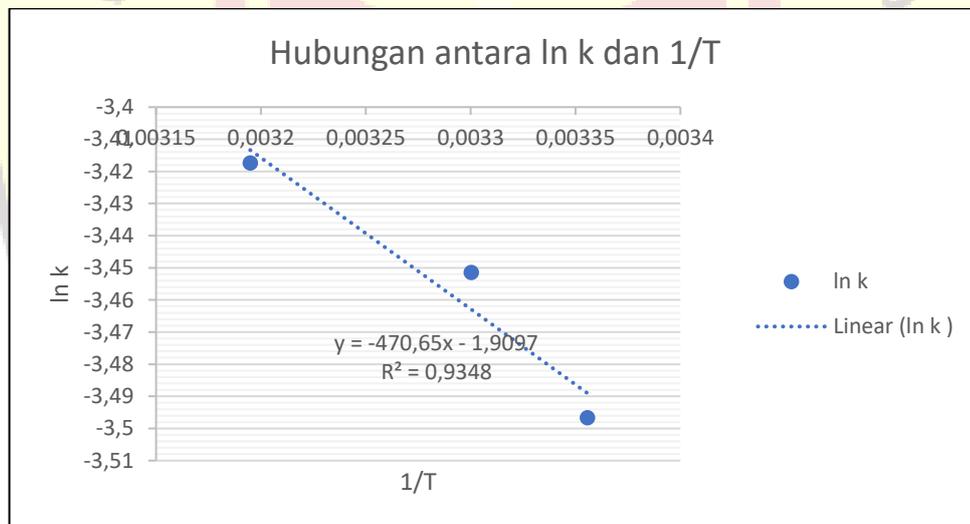
Suhu penyimpanan 40°C $y = -0,0328x + 5,3875$

Diketahui bahwa nilai $b=k$, selanjutnya nilai $\ln k$ dan $1/T$ di plotkan pada grafik sehingga didapatkan laju penurunan mutu.

Tabel 51. $1/T$ Terhadap $\ln k$ Keju *Cheddar* Olahan

Suhu °C	Suhu (°K)	a	b	R	1/T	ln k
25	298	5,3314	-0,0303	0,5796	0,003356	-3,49661
30	303	5,271	-0,0317	0,5298	0,0033	-3,45144
40	313	5,3875	-0,0328	0,6165	0,003195	-3,41733

Nilai k diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 37 dengan $1/T$ sebagai sumbu x dan $\ln k$ sebagai sumbu y



Gambar 37. Grafik Hubungan $\ln k$ Dengan $1/T$

Berdasarkan Gambar 37. Diperoleh persamaan regresi linier yaitu:

$$y = -470,65x - 1,9097$$

Dengan demikian besarnya nilai k_0 , dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\ln k_0 = A$$

$$\ln k_0 = 1,9097$$

$$k_0 = 0,148125$$

Sedangkan nilai E_a atau energi aktivasi dapat diperoleh yaitu:

$$-E_a/R = B$$

$$-E_a/R = -470,65 \text{ dengan } R = 1,986 \text{ kal/molK}$$

$$-E_a = -470,65 \times 1,986$$

$$E_a = 934,7109$$

Maka dapat digambarkan pada persamaan Arrhenius berikut ini:

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

$$k(298) = 0,148125 \times e^{(934,7109/0,0033557)}$$

$$= 0,03053$$

$$k(303) = 0,148125 \times e^{(934,7109/0,0033003)}$$

$$= 0,03134$$

$$k(313) = 0,148125 \times e^{(934,7109/0,003194888)}$$

$$= 0,03293$$

Pendugaan umur simpan keju *cheddar* olahan parameter rasa yaitu:

$$t_s = (\ln A_0 - A_t)/k$$

$$t_s(298) = (5,57 - 4,63)/0,03053$$

$$= 30 \text{ hari}$$

$$ts(303) = (5,83 - 4,83) / 0,03134$$

$$= 31 \text{ hari}$$

$$ts(313) = (5,7 - 4,8) / 0,03293$$

$$= 27 \text{ hari}$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 25°C - 30°C

$$Q_{10} = t_1 / t_2$$

$$= 30 / 31$$

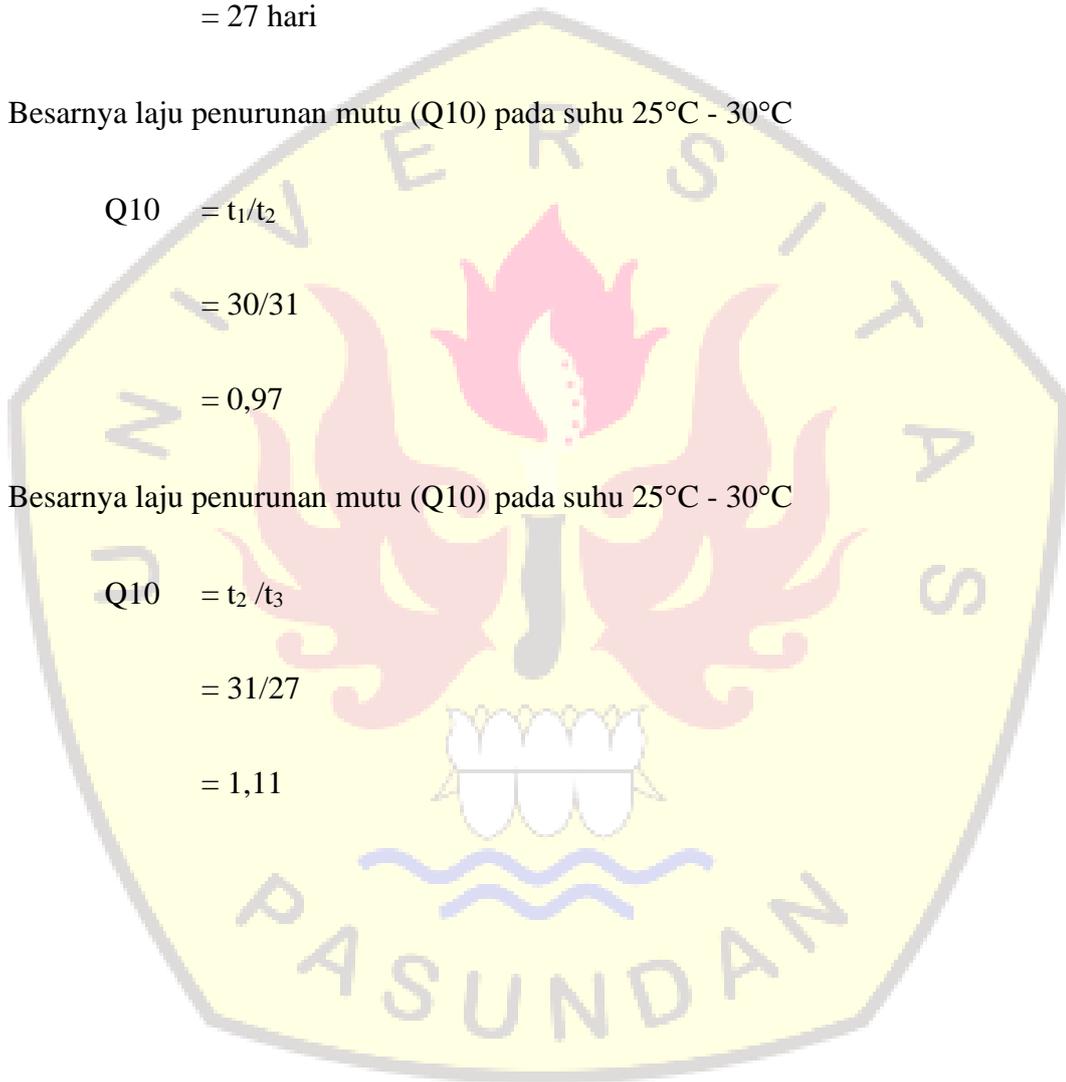
$$= 0,97$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 25°C - 30°C

$$Q_{10} = t_2 / t_3$$

$$= 31 / 27$$

$$= 1,11$$



Lampiran 17. Dokumentasi Penelitian

