



**KINETIKA PERUBAHAN MUTU *PUREE* TOMAT (*Lycopersicum
esculentum*) PADA BERBAGAI JENIS KEMASAN**

SKRIPSI

Oleh
Fitri Rahma Sari
191710301038

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
JEMBER
2024**



**KINETIKA PERUBAHAN MUTU *PUREE* TOMAT (*Lycopersicum
esculentum*) PADA BERBAGAI JENIS KEMASAN**

*Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana, pada Program Studi
Teknologi Industri Pertanian*

SKRIPSI

Oleh
Fitri Rahma Sari
191710301038

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
JEMBER
2024**

PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan segala puji dan syukur kepada Allah SWT, serta rahmat dan salam yang senantiasa tercurah kepada Rasulullah SAW, skripsi ini diajukan sebagai hasil dari perjalanan panjang, yang didedikasikan untuk memperluas pemahaman dalam bidang Teknologi Industri Pertanian. Skripsi ini dengan rendah hati dipersembahkan kepada:

1. Diri saya sendiri, yang telah menapaki setiap langkah dari awal hingga akhir perjalanan perkuliahan. Persembahan ini adalah penghargaan atas kegigihan, ketekunan, dan keberanian dalam menghadapi setiap tantangan yang dilalui.
2. Kedua orang tua dan adik yang telah memberikan doa, dukungan, bimbingan, motivasi serta inspirasi yang tak terhingga dalam setiap langkah perjalanan penelitian ini.
3. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, semoga segala upaya dan hasil penelitian ini dapat menjadi bentuk pengabdian yang berarti bagi ilmu pengetahuan dan masyarakat.

MOTTO

“Tetapi boleh jadi kamu tidak menyukai sesuatu, padahal itu baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu tidak baik bagimu. Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui”

(Terjemahan Surah Al-Baqarah ayat 216) *

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini ;

Nama : Fitri Rahma Sari

NIM : 191710301038

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “*Kinetika Perubahan Mutu Puree Tomat (*Lycopersicum esculentum*) Pada Berbagai Jenis Kemasan*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 3 April 2024
Yang menyatakan,

Fitri Rahma Sari
NIM 191710301038

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul "*Kinetika Perubahan Mutu Puree Tomat (*Lycopersicum esculentum*) Pada Berbagai Jenis Kemasan*" telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 3 April 2024

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Andi Eko Wiyono, S. TP., M.P.

NIP : 198512012019031007



(.....)

2. Pembimbing Anggota

Nama : Dr. Ir. Herlina, M.P.

NIP : 196605181993022001



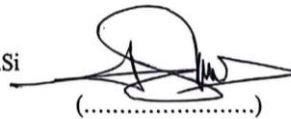
(.....)

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Andrew Setiawan Rusdianto, S.TP., M.Si

NIP : 198204222005011002



(.....)

2. Penguji Anggota

Nama : Dr. Eka Ruriani, S.TP., M.Si

NIP : 197902232006042001



(.....)

ABSTRAK

Buah tomat (*Lycopersicum esculantum*) merupakan salah satu komoditi pertanian yang mudah rusak. Salah satu bentuk olahan tomat yang sering digunakan dalam industri pangan adalah *puree*. Dibutuhkan kemasan yang tepat agar mutu serta kualitas *puree* terjaga. Jenis kemasan yang biasa digunakan seperti *jar*, vakum polipropilen, dan *silver aluminium foil pouch*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa perubahan mutu awal dan akhir pada *puree* tomat dengan berbagai jenis kemasan selama penyimpanan dan menganalisa model kinetika perubahan mutu *puree* tomat di berbagai jenis kemasan menggunakan model Arrhenius. Perhitungan model Arrhenius menggunakan tiga suhu penyimpanan ekstrim yaitu pada suhu 35°C, 45°C, dan 55°C selama delapan hari. Parameter yang diamati yaitu pH, warna (L^* dan a^*), TPT serta kadar air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mutu *puree* tomat menurun di setiap kemasan baik jar, PP vakum maupun SAF yang ditandai dengan menurunnya nilai pH dan a^* di setiap suhu penyimpanan, menurunnya nilai TPT pada suhu penyimpanan 35°C, menurunnya nilai L^* dan kadar air pada suhu penyimpanan 45°C dan 55°C, meningkatnya nilai L^* dan kadar air pada suhu 35°C serta meningkatnya nilai TPT pada suhu penyimpanan 45°C dan 55°C. Model kinetika degradasi mutu *puree* tomat dengan variasi kemasan parameter pH dan TPT menggunakan orde nol sedangkan parameter warna (L^* dan a^*) dan kadar air menggunakan orde satu. Perlakuan kemasan PP vakum pada *puree* tomat memiliki energi aktivasi terkecil pada parameter pH, L^* , a^* , TPT, kadar air secara berturut-turut yaitu 18603,5 Kkal/mol; 10269,41 Kkal/mol; 18603,46 Kkal/mol; 7050,697 Kkal/mol; 1012,066 Kkal/mol sehingga menjadikan kemasan PP vakum mengalami reaksi degradasi yang lebih cepat. Perlakuan kemasan *silver aluminium foil pouch* pada *puree* tomat memiliki energi aktivasi terbesar di parameter pH, L^* , a^* , TPT, kadar air dengan nilai 24799,18 Kkal/mol; 24799,18 Kkal/mol; 7446,706 Kkal/mol; 12172,39 Kkal/mol.

Kata kunci: degradasi, kemasan, model kinetika, *puree* tomat

ABSTRACT

Tomato (Lycopersicon esculantum) is one of the perishable agricultural commodities. One of the kinds of processed tomatoes that is often used in the food industry is puree. Proper packaging is needed so that the quality of the puree is maintained. The types of packaging commonly used are jar, vacuum polypropylene, and silver aluminum foil pouch. Therefore, this study aims to analyze the initial and final quality changes in tomato puree with various types of packaging during storage and analyze the kinetics model of quality changes in tomato puree in various types of packaging using the Arrhenius model. The Arrhenius model calculation uses three extreme storage temperatures, representing heat temperatures at 35°C, 45°C, and 55°C for eight days. The parameters observed were pH, color (L and a*), TPT, and moisture content. The results showed that the quality of tomato puree degraded in each package, whether jar, PP vacuum or SAF, characterized by decreasing pH and a* values at each storage temperature, decreasing TPT values at 35°C, decreasing L* values and moisture content at 45°C and 55°C, increasing L* values and moisture content at 35°C and increasing TPT values at 45°C and 55°C storage temperatures. The degradation kinetics model of tomato puree quality with packaging variations for pH and TPT parameters used zero order while the color parameters (L* and a*) and moisture content used first order. The vacuum PP packaging treatment of tomato puree has the smallest activation energy on the parameters of pH, L*, a*, TPT, water content in consecutive numbers is 18603,5 Kcal/mol; 10269,41 Kcal/mol; 18603,46 Kcal/mol; 7050,697 Kcal/mol; 1012,066 Kcal/mol so that the vacuum PP packaging experiences a faster degradation reaction. Silver aluminum foil pouch packaging treatment on tomato puree has the largest activation energy in the parameters of pH, L*, a*, TPT, and moisture content with values of 24799,18 Kcal/mol; 24799,18 Kcal/mol; 7446,706 Kcal/mol; 12172,39 Kcal/mol.*

Keywords: degradation, kinetics model, packaging, tomato puree

RINGKASAN

Kinetika Perubahan Mutu *Puree* Tomat (*Lycopersicum esculentum*) Pada Berbagai Jenis Kemasan, Fitri Rahma Sari, 191710301038, 67 halaman, Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Buah tomat (*Lycopersicum esculantum*) menjadi salah satu komoditi pertanian yang mudah rusak. Pengolahan buah tomat menjadi produk setengah jadi adalah salah satu alternatif dalam mengurangi atau mengatasi kerusakan, memperpanjang daya simpan, dan meningkatkan nilai ekonomi buah tomat. Salah satu bentuk olahan tomat yang sering digunakan dalam industri pangan adalah *puree*. *Puree* tomat merupakan konsentrat tomat yang mengandung tidak kurang dari 7% total padatan tapi kurang dari 24%. Produk pangan basah seperti *puree* juga harus dikemas dengan kemasan yang tepat agar mutunya tetap terjaga dengan baik. Jenis pengemas yang biasanya digunakan sebagai kemasan produk pangan cair ataupun konsentrat yaitu gelas (*jar*), *vacuum plastic polypropylene*, dan *silver aluminium foil pouch*. Jenis kemasan dapat mempengaruhi mutu *puree* tomat karena kemasan secara langsung menentukan jumlah oksigen dan cahaya yang masuk dan dapat berinteraksi dengan produk. Perubahan mutu produk selama penyimpanan dengan tiga jenis kemasan yang berbeda dapat diidentifikasi menggunakan model kinetika. Studi mengenai kinetika perubahan mutu melibatkan pemahaman terhadap laju rekasi kimia serta keterkaitan dengan energi yang terlibat dalam proses tersebut bersamaan dengan cara proses tersebut berjalan. Model Arrhenius dapat digunakan sebagai model untuk menjelaskan laju perubahan mutu sebagai fungsi waktu pada suhu tertentu.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menganalisa perubahan mutu awal dan akhir pada *puree* tomat dengan berbagai jenis kemasan selama penyimpanan dan menganalisa model kinetika perubahan mutu *puree* tomat di berbagai jenis kemasan. Jenis penelitian yang dilakukan pada kinetika perubahan mutu *puree* tomat (*Lycopersicum esculentum*) pada berbagai jenis kemasan adalah penelitian *experimental laboratories*. Penelitian *puree* tomat dengan variasi kemasan terdiri dari tiga tahapan. Tahap pertama yaitu pembuatan *puree* tomat. Tahap kedua yaitu pengamatan terhadap total padatan terlarut untuk mengetahui batas kadar TPT *puree* tomat yang dilanjutkan

dengan pengemasan. Tahap terakhir yaitu evaluasi penyimpanan *puree* tomat dengan model kinetika serta dilanjutkan dengan analisis data. Penelitian ini menggunakan beberapa parameter pengujian yaitu parameter pH, warna yang meliputi kecerahan (L^*) dan kemerahan (a^*), total padatan terlarut, dan kadar air dari *puree* tomat yang dianalisis berdasarkan persamaan Arrhenius.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mutu *puree* tomat di berbagai jenis kemasan selama penyimpanan mengalami perubahan yang beragam. Mutu *puree* tomat menurun di setiap kemasan baik jar, PP vakum maupun SAF dengan meningkatnya suhu dan lama penyimpanan yang ditandai dengan menurunnya nilai pH dan a^* di setiap suhu penyimpanan, menurunnya nilai TPT pada suhu penyimpanan 35°C , menurunnya nilai L^* dan kadar air pada suhu penyimpanan 45°C dan 55°C , meningkatnya nilai L^* dan kadar air pada suhu 35°C serta meningkatnya nilai TPT pada suhu penyimpanan 45°C dan 55°C . Model kinetika degradasi mutu *puree* tomat dengan variasi kemasan parameter pH dan TPT menggunakan orde nol sedangkan parameter warna (L^* dan a^*) dan kadar air menggunakan orde satu. Perlakuan kemasan PP vakum pada *puree* tomat memiliki energi aktivasi terkecil pada parameter pH, L^* , a^* , TPT, kadar air secara berturut-turut yaitu 18603,5 Kkal/mol; 10269,41 Kkal/mol; 18603,46 Kkal/mol; 7050,697 Kkal/mol; 1012,066 Kkal/mol sehingga menjadikan kemasan PP vakum mengalami reaksi degradasi yang lebih cepat. Perlakuan kemasan *silver aluminium foil pouch* pada *puree* tomat memiliki energi aktivasi terbesar di parameter pH, L^* , a^* , TPT, kadar air dengan nilai 24799,18 Kkal/mol; 24799,18 Kkal/mol; 7446,706 Kkal/mol; 12172,39 Kkal/mol sehingga reaksi degradasi lebih stabil.

PRAKATA

Puji syukur atas ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta kekuatan dalam menyelesaikan penelitian ini yang berjudul “Kinetika Perubahan Mutu *Puree* Tomat (*Lycopersicum esculentum*) Pada Berbagai Jenis Kemasan”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknologi Industri Pertanian. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua, Bapak Sugiarto dan Ibu Rismawati, adik saya Rizki Amelia yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi terhadap penulis;
2. Diri saya sendiri, Fitri Rahma Sari yang telah berjuang untuk menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik mungkin;
3. Bapak Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
4. Bapak Miftahul Choiron, S.TP., M.Sc., Ph.D., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Industri Pertanian Universitas Jember;
5. Bapak Andi Eko Wiyono, S.TP., M.P., dan Ibu Dr. Ir. Herlina, M.P., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan materi, nasihat, motivasi, perhatian, bimbingan, dan memberikan evaluasi selama penyusunan skripsi ini;
6. Bapak Andrew Setiawan Rusdianto, S.TP., M.Si., dan Ibu Dr. Eka Ruriani, S.TP., M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Dosen Penguji Anggota yang telah mengevaluasi, mengarahkan dan memberikan perbaikan dalam penyusunan skripsi ini;
7. Ibu Dr. Nita Kuwardhani, S.TP., M.Eng., IPM., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah mendampingi dan memberikan motivasi selama pelaksanaan perkuliahan;
8. Bapak Tasor, Mas Viko dan Mbak Selvi, selaku Teknisi Laboratorium Rekayasa Teknologi dan Lingkungan Agroindustri dan Teknisi Laboratorium Inovasi Hasil Pertanian dan Kewirausahaan yang telah memberikan bantuan kepada saya dalam melakukan penelitian di Laboratorium.

9. Nanda, Tri, Dania, Alif, Uti, Fatih, Sindi, Devi yang telah memberikan bantuan, masukan, dukungan penuh, dan menghibur penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini;
10. Seluruh teman-teman TIP angkatan 2019 dan FTP angkatan 2019 yang bertumbuh dan berjuang bersama;
11. Moon Taeil, Johnny Suh, Lee Taeyong, Nakamoto Yuta, Qian Kun, Kim Doyoung, Chittaphon Leechaiyapornkul, Jeong Jaehyun, Dong Sicheng, Kim Jungwoo, Mark Lee, Xiao Dejun, Huang Guanheng, Huang Renjun, Lee Jen0, Lee Donghyuck, Na Jaemin, Liu Yangyang, Zhong Chenle, Park Jisung, Oh Sion, Maeda Riku, Tokuno Yushi, Kim Daeyoung, Hirose Ryo, Fujinaga Sakuya yang menjadi inspirasi, motivasi, dan semangat penulis selama perkuliahan serta penyelesaian skripsi ini melalui karya-karya dan konten-kontennya;
12. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penyusunan skripsi disusun dengan sebaik-baiknya, namun penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca.

Jember, 3 April 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tomat (<i>Lycopersicum esculantum</i>).....	4
2.2 <i>Puree</i>	5
2.3 Bahan Pengemas.....	6
2.3.1 Kemasan <i>Jar (Glass Jar)</i>	6
2.3.2 Kemasan <i>Vacuum Plastic Polypropylene</i>	7
2.3.3 <i>Silver Aluminium Foil Pouch</i>	9
2.5 Model Kinetika Arrhenius.....	10
2.5.1 Reaksi Orde Nol.....	11
2.5.2 Reaksi Orde Satu.....	11
BAB 3. METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	12

3.2 Alat dan Bahan Penelitian	12
3.2.1 Alat Penelitian	12
3.2.2 Bahan Penelitian.....	12
3.3 Rancangan Penelitian	12
3.4 Tahapan Penelitian	13
3.4.1 Pembuatan <i>Puree</i> tomat	13
3.4.2 Pengemasan dan Penyimpanan <i>Puree</i> tomat.....	13
3.4.3 Permodelan Kinetika Perubahan Mutu <i>Puree</i> tomat.....	14
3.5 Analisis Data	14
BAB 4. PEMBAHASAN	14
4.1 Karakteristik <i>Puree</i> tomat	14
4.2 Model Kinetika Perubahan Mutu <i>Puree</i> tomat.....	17
4.2.1 Parameter pH.....	17
4.2.2 Parameter Kecerahan (L*)	20
4.2.3 Parameter Kemerahan (a*).....	23
4.2.4 Parameter Total Padatan Terlarut.....	27
4.2.5 Parameter Kadar Air.....	30
4.2.6 Rekapitulasi Hasil Model Kinetika	32
BAB 5 PENUTUP	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Gizi 100 gram buah tomat.....	5
Tabel 3.1 Variasi Perlakuan Pada Puree Tomat.....	13
Tabel 4.1 Karakteristik Mutu Puree Tomat awal penyimpanan sampai hari ke-8.....	15
Tabel 4.2 Nilai R^2 , k_0 , E_a dan persamaan Arrhenius untuk parameter pH.....	19
Tabel 4.3 Nilai R^2 , k_0 , E_a dan persamaan Arrhenius untuk parameter L^*	22
Tabel 4.4 Nilai R^2 , k_0 , E_a dan persamaan Arrhenius untuk parameter a^*	25
Tabel 4.5 Nilai R^2 , k_0 , E_a dan persamaan Arrhenius untuk parameter TPT.....	28
Tabel 4.6 Nilai R^2 , k_0 , E_a dan persamaan Arrhenius untuk parameter kadar air...	31
Tabel 4.7 Penentuan orde reaksi perubahan mutu selama penyimpanan.....	32
Tabel 4.8 Nilai k_0 , E_a , persamaan Arrhenius untuk parameter pH, L^* , a^* , TPT dan kadar air selama penyimpanan pada suhu yang berbeda.....	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Buah Tomat (<i>Lycopersicum esculentum</i>).....	4
Gambar 2.2 Struktur polimer polipropilen.....	7
Gambar 2.3 Simbol bahan plastik PP.....	7
Gambar 2.4 Taksisitas polipropilen.....	8
Gambar 4.1 Perubahan nilai pH <i>puree</i> tomat selama penyimpanan.....	17
Gambar 4.2 Perubahan nilai L* <i>puree</i> tomat selama penyimpanan.....	20
Gambar 4.3 Perubahan nilai a* <i>puree</i> tomat selama penyimpanan.....	23
Gambar 4.4 Perubahan nilai TPT <i>puree</i> tomat selama penyimpanan.....	27
Gambar 4.5 Perubahan nilai kadar air <i>puree</i> tomat selama penyimpanan.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tahapan Penelitian.....	41
Lampiran 2. Prosedur Penelitian Keseluruhan.....	42
Lampiran 3. Prosedur Parameter Pengamatan.....	43
Lampiran 4. Data Perubahan Mutu Selama Penyimpanan.....	45
Lampiran 5. Model Kinetika dengan Persamaan Arrhenius.....	48
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian.....	66

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman tomat (*Lycopersicum esculantum*) merupakan salah satu komoditi pertanian kaya akan kandungan gizi namun mudah rusak. Pengolahan buah tomat menjadi produk setengah jadi adalah salah satu alternatif dalam mengurangi atau mengatasi kerusakan, memperpanjang daya simpan, dan meningkatkan nilai ekonomi buah tomat. Salah satu bentuk olahan tomat yang sering digunakan dalam industri pangan adalah *puree*. Menurut Codex Standard for Processes Tomato Concentrate (2022), *puree* tomat merupakan konsentrat tomat yang mengandung tidak kurang dari 7% total padatan tapi kurang dari 24%. Bahan setengah jadi seperti *puree* banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan minuman sari buah, selai, dan saus. Pengolahan tomat menjadi *puree* akan mempermudah industri dalam hal transportasi dan terjaganya kualitas produk.

Produk pangan basah seperti *puree* juga harus dikemas dengan kemasan yang tepat agar mutunya tetap terjaga dengan baik. Jenis pengemas yang biasanya digunakan sebagai kemasan produk pangan cair ataupun konsentrat yaitu gelas (*jar*), *vacuum plastic polypropylene*, dan *silver aluminium foil pouch*. Kemasan gelas merupakan jenis kemasan yang sangat baik karena sifat gelas yang kedap air dan lambat bereaksi dengan bahan kimia (*inert*). Polipropilen adalah hasil dari proses polimerisasi gas propilena yang berbentuk polimer kristalin (Wulandari *et al.*, 2013). Teknik pengemasan vakum merupakan pengemasan dengan prinsip mengeluarkan semua udara yang ada dalam kemasan kemudian ditutup rapat sehingga tercipta kondisi hampa oksigen dalam kemasan tersebut (Astawan *et al.*, 2015). Menurut Widyamurti (2018), aluminium foil merupakan bahan berupa lembaran aluminium yang padat dan tipis dengan ketebalan kurang dari 0,2 mm yang bersifat hermetis, tidak tembus cahaya, ringan, tahan panas, kedap air, kedap udara, dan fleksibel.

Penelitian yang dilakukan oleh Agustia *et al.*, (2021) pada tiwul instan yang dikemas dengan kemasan aluminium foil dan PE menunjukkan bahwa kemasan aluminium foil dinilai lebih mampu melindungi tiwul instan tinggi protein daripada

kemasan PE dilihat dari hasil umur simpan produk. Sementara itu Nursafira *et al.*, (2021) menyatakan bahwa pengemasan bandeng presto menggunakan kemasan jenis *polypropylene* dengan teknik pengemasan vakum mampu menghambat penurunan mutu produk sehingga memiliki masa simpan yang lebih optimal daripada menggunakan jenis kemasan PE (*polyethylene*). Penelitian mengenai minuman ires yang dikemas menggunakan kemasan kaca, plasti PP, dan plasti PE menyatakan bahwa kemasan kaca merupakan perlakuan terbaik karena sifat kemasan kaca yang inert, mampu melindungi produk pangan dari kontaminasi bau serta perubahan warna. Jenis kemasan dapat mempengaruhi mutu *puree* tomat karena kemasan secara langsung menentukan jumlah oksigen dan cahaya yang masuk dan dapat berinteraksi dengan produk (Ambarsari *et al.*, 2013). Selain itu, lamanya penyimpanan juga akan menyebabkan perubahan mutu *puree* tomat.

Identifikasi perubahan mutu selama penyimpanan dengan tiga jenis kemasan yang berbeda dapat menggunakan model kinetika. Studi mengenai kinetika perubahan mutu melibatkan pemahaman terhadap laju rekasi kimia serta keterkaitan dengan energi yang terlibat dalam proses tersebut bersamaan dengan cara proses tersebut berjalan. Model Arrhenius dapat digunakan sebagai model untuk menjelaskan laju perubahan mutu sebagai fungsi waktu pada suhu tertentu. Penelitian mengenai permodelan kinetika pada penelitian sebelumnya sudah banyak dilakukan namun permodelan perubahan mutu *puree* tomat dengan berbagai kemasan selama penyimpanan belum dikembangkan. Penelitian Fitria *et al.* (2017), melakukan permodelan kinetika perubahan warna label indikator dari klorofil daun singkong. Anugrahwati *et al.* (2005), melakukan penelitian mengenai perubahan karakteristik mutu *puree* mangga dan analisis kinetika *puree* mangga selama penyimpanan. Wiyono *et al.* (2023) telah menggunakan model kinetika untuk mengamati perubahan mutu sediaan sabun padat transparan dari ekstrak daun pepaya sedangkan Goncalves *et al.* (2011) menggunakan model kinetika untuk melihat penurunan mutu warna, vitamin c, dan *drip loss* brokoli selama penyimpanan isothermal dan non isothermal.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian model kinetika perubahan mutu *puree* tomat pada berbagai jenis kemasan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mutu *puree* tomat dengan berbagai jenis kemasan pada awal dan akhir penyimpanan?
2. Bagaimana model kinetika perubahan mutu *puree* tomat pada berbagai jenis kemasan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang sudah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi perubahan mutu awal dan akhir *puree* tomat pada berbagai jenis kemasan selama penyimpanan.
2. Mengetahui model kinetika perubahan mutu *puree* tomat pada berbagai jenis kemasan.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain yaitu :

1. Bagi Perguruan Tinggi

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang dapat dijadikan referensi bagi peneliti selanjutnya yang akan dan ingin melakukan penelitian lebih lanjut mengenai produk *puree* tomat ataupun produk *puree* dari bahan lain.

2. Bagi Peneliti

Hasil dari penelitian ini dapat menambah wawasan dan pengetahuan terutama dalam pengolahan produk agroindustri tomat (*Lycopersicum esculantum*).

3. Bagi Masyarakat dan Agroindustri

Hasil dari penelitian model kinetika perubahan mutu *puree* tomat pada berbagai jenis kemasan dapat digunakan sebagai referensi dalam proses pengolahan tomat ataupun bahan lainnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tomat (*Lycopersicum esculantum*)

Tanaman tomat (*Lycopersicum esculantum*) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang digolongkan dalam kelompok buah yang banyak dibudidaya di Indonesia. Tomat dengan nama latin *Lycopersicum esculantum* adalah jenis tanaman sayuran yang sangat dikenal oleh masyarakat. Kata tomat berasal dari bahasa Aztek, salah satu suku Indian yaitu *xitomate* atau *xitotomate* (Suryawaty dan Frisai, 2015). Secara ilmiah tanaman tomat diklasifikasikan dengan klasifikasi Kingdom: *Plantae*, Divisi: *Spermatophyta*, Subdivisi: *Angiospermae*, Kelas: *Dicotyledoneae*, Ordo: *Solanales*, Famili: *Solanaceae*, Genus: *Lycopersicon*, Spesies: *Lycopersicum esculantum* (Bhowmik *et al.*, 2012). Gambar tomat bisa dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Buah Tomat (*Lycopersicum esculantum*)

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2023)

Tanaman tomat merupakan golongan herba semusim, tingginya dapat mencapai 2,5 meter, ditanam sebagai tanaman buah di ladang atau pekarangan. Tanaman setahun ini tumbuh tegak atau bersandar pada tanaman lain, bercabang banyak, berbau kuat serta berambut. Tomat merupakan komoditas dengan berbagai fungsi, yaitu sebagai minuman, bumbu masakan, kosmetik, dan obat-obatan (Suryawaty dan Frisai, 2015).

Tomat adalah salah satu komoditas yang sangat bermanfaat bagi tubuh. Rasa yang lezat dan kandungan zat yang cukup lengkap menjadikan tomat sebagai salah satu buah yang banyak digemari oleh masyarakat. Tomat mengandung protein, karbohidrat, Ca, Fe, Mg, P, K, likopen, vitamin A dan vitamin C sehingga dapat memenuhi ketersediaan pangan dan kecukupan gizi masyarakat (Ismalia dan Zuraida, 2016). Kandungan nilai gizi pada tomat dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan Gizi 100 gram Buah Tomat

No	Komponen	Jumlah
1	Kalori	20 kal
2	Protein	1 gr
3	Karbohidrat	4,2 gr
4	Kalsium	5 mg
5	Kalium	360 mg
6	Besi	0,5 mg
7	Vitamin C	40 mg
8	Vitamin A	1500 SI
9	Air	94 gr
10	Likopen	9,27 mg

(Sumber : Ismalia dan Zuraida, 2016)

Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) termasuk buah klimaterik, yaitu buah yang mengalami kenaikan respirasi setelah dipanen sehingga dapat matang sempurna setelah dipanen. Komponen tertinggi dari buah tomat adalah air sebanyak 94% dari berat totalnya sehingga tomat tergolong komoditas yang mudah rusak (Johansyah *et al.*, 2014). Selama proses pematangan pada buah akan terjadi antara lain peningkatan respirasi, kadar gula reduksi dan kadar air dan menurunkan tingkat keasaman turun serta tekstur buah menjadi lunak. Menurut Salingkat *et al.*, (2020) tomat yang memiliki kematangan sempurna akan cepat rusak setelah 3-4 hari penyimpanan pada suhu kamar tanpa adanya penanganan khusus yang menyebabkan umur simpan tomat relatif pendek.

2.2 Puree

Puree adalah bubur yang dihasilkan dari buah maupun sayur yang dihaluskan. Menurut Standar Nasional Indonesia 7841:2013, *puree* buah merupakan produk buah yang diperoleh dari *fresh fruits* atau *frozen fruits* dengan tingkat kematangan yang cukup yang dihancurkan tanpa mengekstrak sari buahnya dengan atau tanpa bahan tambahan pangan yang diizinkan. *Tomato puree* termasuk dalam produk konsentrat tomat berbarengan dengan *tomato paste*. Menurut FAO (2022), *tomato puree* adalah produk yang dibuat dengan memekatkan jus atau bubur tomat merah matang yang telah disaring atau diolah dengan cara lain untuk memisahkan biji, kulit dan bahan lainnya dengan atau tanpa bahan tambahan yang diizinkan dengan

kandungan total padatan terlarut minimal 7% tetapi kurang dari 24%. Sedangkan *tomato paste* adalah konsentrat yang dihasilkan dari memekatkan jus atau bubur tomat merah matang yang telah disaring atau diolah dengan cara lain untuk memisahkan biji, kulit dan bahan lainnya dengan atau tanpa bahan tambahan yang diizinkan dengan kandungan total padatan terlarut minimal 24%.

Puree termasuk bahan setengah jadi yang biasanya digunakan sebagai bahan baku pembuatan selai, jeli, sorbet dan es krim. Pengolahan bahan baku produk pangan menjadi *puree* merupakan salah satu alternatif atau solusi yang dapat digunakan untuk meminimalisir tingkat kerusakan komoditas bahan baku produk pangan ketika masih dalam bentuk mentah atau segar. Pengolahan tomat menjadi *puree* dapat mempertahankan nilai gizi dan cita rasa, memudahkan dalam distribusi serta meningkatkan nilai ekonomisnya. *Puree* dapat digunakan untuk menyiapkan produk pangan lanjutan, selain itu produk dalam bentuk *puree* ini dapat menghemat biaya tenaga kerja dan waktu pengolahan lebih singkat tanpa harus mengupas, mencuci, dan menumbuk ketika akan digunakan sebagai bahan baku produksi (Anggarini *et al.*, 2014).

2.3 Bahan Pengemas

2.3.1 Kemasan Jar (Glass Jar)

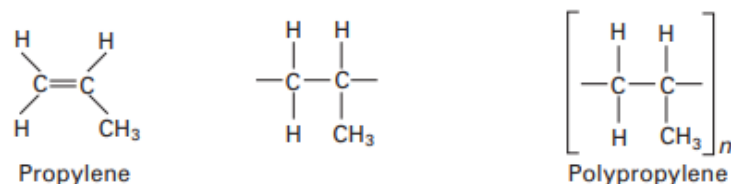
Pengemasan adalah suatu cara mempertahankan mutu produk yaitu dengan mencegah terjadinya kontaminasi dari lingkungan luar produk. Bahan pangan harus dikemas dengan baik agar dapat diterima oleh konsumen dalam kondisi yang baik. Menurut Wahyuni *et al.*, (2021), selain berfungsi untuk melindungi mutu produk dari kontaminasi, pengemasan juga berfungsi untuk menambah nilai jual produk dan memudahkan penyimpanan produk.

Gelas atau kaca merupakan jenis kemasan yang transparan, lumayan kuat dengan permukaan yang sangat halus dan kedap air. Gelas adalah kemasan yang terbuat dari pasir silika dengan kemurnian tinggi dan dari endapan khusus yang dilelehkan dengan suhu 500°C-1750°C (Grayhurst, 2012). Kemasan gelas merupakan jenis kemasan yang sangat baik karena sifat gelas yang kedap air dan lambat bereaksi dengan bahan kimia (*inert*). Kelebihan kemasan gelas yaitu sebagai

penghalang keluarnya cairan atau gas dari produk yang dikemas, tidak mengkontaminasi produk yang dikemas serta mencegah penguapan (Rosmawati *et al.*, 2021). Menurut Khedkar dan Khedkar (2020), kemasan *jar* atau *glass jar* memiliki beberapa kelebihan yaitu *inert material*, *recyclability and reuse*, transparan, higienis, impermeabilitas, kuat, mudah dibentuk, serta ramah lingkungan.

2.3.2 Kemasan *Vacuum Plastic Polypropylene*

Plastik polipropilen merupakan salah satu jenis bahan kemasan yang biasa dipakai sebagai pengemas bahan pangan maupun non pangan. Polipropilen adalah hasil dari proses polimerisasi gas propilena yang berbentuk polimer kristalin (Wulandari *et al.*, 2013). PP merupakan polimer yang terbentuk dari monomer propena yang tersusun secara berulang dengan rumus struktur $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$. Plastik polipropilen (PP) termasuk homopolimer dengan *recycling number 5*. Polipropilen digolongkan dalam polyolefin yang merupakan hidrokarbon yang terdiri dari unsur C dan H (Riley, 2012). Struktur polimer polipropilen dan kode simbol plastik polipropilen dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3.



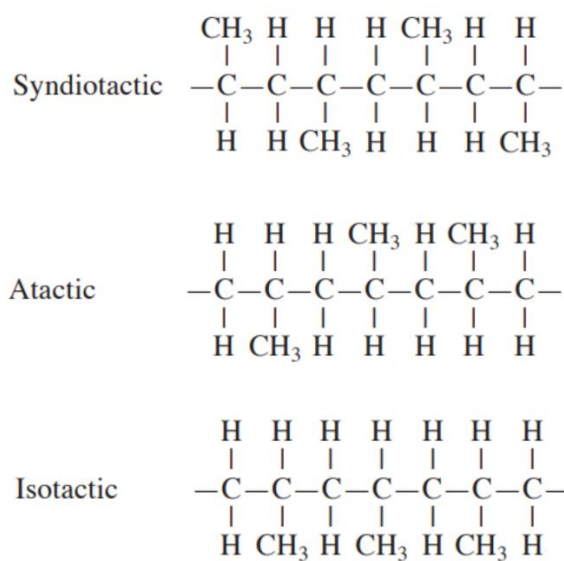
Gambar 2.2 Struktur Polimer Polipropilen
(Sumber : Riley, 2012)



Gambar 2.3 Simbol Bahan Plastik PP
(Sumber : Piergiovanni dan Limbo, 2015)

Polipropilen mempunyai struktur zig-zag planar yang bervariasi tergantung pada posisi gugus metil (CH_3) antara satu dengan lain dalam rantai polimernya yaitu

isotaktik, ataktik, dan sindiotaktik. Polipropilen isotatik dan sindiotaktik merupakan polimer yang memiliki stereoregular tinggi dengan kristalinitas yang tinggi karena tidak memiliki cabang yang banyak seperti struktur ataktik. Polipropilen ataktik merupakan kumpulan gugus metil yang terletak secara acak dalam struktur polipropilen. Polipropilen ataktik tidak dapat berubah menjadi polipropilen isotatik atau sindiotaktik tanpa menyusun kembali beberapa ikatan kimia (Emblem, 2012).



Gambar 2.4 Taksisitas Polipropilen
(Sumber : Riley, 2012)

Polipropilen adalah material serbaguna yang dapat diaplikasikan pada kemasan fleksibel maupun kaku. Polipropilen (PP) memiliki kekuatan tarik, kekakuan, kekerasan, dan titik leleh yang cukup tinggi yaitu 165°C dibandingkan PE (Piergiovanni dan Limbo, 2015). Plastik PP sering digunakan sebagai pelapis bahan kemasan, *seal layer*, maupun kemasan yang berdiri sendiri. Sifat plastik PP yang tahan terhadap tekanan, ringan, daya tembus uap yang rendah serta stabil terhadap suhu tinggi, dapat menghambat proses degradasi kualitas produk, dan mencegah terjadinya reaksi kimia membuat plastik PP merupakan jenis plastik terbaik sebagai kemasan makanan dan minuman (Salingkat *et al.*, 2020).

Pengemasan vakum menjadi salah satu cara memperpanjang umur simpan sehingga dapat menjaga kualitas suatu produk pangan. Pengemasan vakum biasanya dipadukan dengan jenis kemasan plastik karena sifatnya yang kuat,

fleksibel, mudah dibentuk, serta sukar tembus air dan udara (Mulyawan *et al.*, 2019). Teknik pengemasan vakum merupakan pengemasan dengan prinsip mengeluarkan semua udara yang ada dalam kemasan kemudian ditutup rapat sehingga tercipta kondisi hampa oksigen dalam kemasan tersebut (Astawan *et al.*, 2015). Keadaan yang tidak terdapat oksigen dalam kemasan akan menghambat reaksi-reaksi kimia dan pertumbuhan mikroorganisme sehingga dapat memperpanjang umur simpan dari produk yang dikemas.

2.3.3 Silver Aluminium Foil Pouch

Aluminium merupakan logam putih keperakan yang termasuk dalam kelompok unsur kimia boron dengan nomor atom 13. Aluminium digunakan secara luas dalam bentuk foil untuk kemasan dengan ketebalan 6-150 mikron (Kerry, 2012). Aluminium foil memerankan peran penting dalam kemasan makanan modern. Sifat mekanik, fisik, dan kimia aluminium foil seperti *barrier effect*, *deadfold*, dan kemampuan dalam kontak makanan memungkinkan untuk diaplikasikan pada berbagai produk dan sektor.

Menurut Widyamurti (2018), aluminium foil merupakan bahan berupa lembaran aluminium yang padat dan tipis dengan ketebalan kurang dari 0,2 mm. aluminium foil bersifat hermetis, tidak tembus cahaya, ringan, tahan panas, kedap air, kedap udara, fleksibel dan dapat didaur ulang tanpa menurunkan kualitas. Karakteristik aluminium foil tersebut membuat aluminium foil merupakan bahan kemasan yang ideal untuk produk makanan yang sensitif terhadap oksigen dan cahaya. Aluminium foil juga menjadi bahan berharga untuk berbagai kemasan makanan yang berbeda, seperti karton aseptik, *pouches* (kantong) baik *flat* maupun *shelf-standing*, pembungkus (*wrappings*), kapsul botol, tabung laminasi, tutup, *trays*, dan *container*. Umumnya, *flexible pouches* memiliki area superfisial yang lebih tinggi daripada *semiflexible trays* dan terutama kaleng, *pouches* dapat dikategorikan sebagai kemasan terbaik untuk sterilisasi terkait perpindahan panas dan kualitas makanan yang dihasilkan (Lamberti dan Escher, 2007).

2.5 Model Kinetika Arrhenius

Para peneliti telah memanfaatkan model kinetika reaksi kimia untuk menjelaskan bagaimana perubahan kualitas produk selama proses pengolahan dan penyimpanan hasil pertanian baik produk pangan maupun non-pangan. Penelitian Lestari *et al.* (2021) menggunakan model Arrhenius untuk menentukan umur simpan pasta cabai berdasarkan kinetika perubahan mutunya. Penelitian Renate *et al.* (2014) menggunakan model kinetika Arrhenius untuk menilai perubahan mutu cabai merah giling dengan menghitung laju perubahan dan besarnya degradasi *capsaicin* cabai merah giling selama penyimpanan. Salah satu tujuan utama dari eksperimen kinetika adalah untuk mengembangkan model matematika yang mampu menjelaskan bagaimana laju reaksi dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti faktor lingkungan, komposisi bahan serta jenis pengemas yang digunakan. Model kinetika mengkaji perubahan sifat kimia suatu zat dalam interval waktu tertentu. Namun penerapannya dalam konteks pengolahan pangan, pendekatan ini harus memperhitungkan beberapa asumsi dan batas kondisi sebagai dasar untuk mengantisipasi berbagai sifat fisikokimia dan fenomena fisik yang terjadi pada produk pangan.

Simulasi sederhana yang dapat digunakan untuk memprediksi laju penurunan mutu produk adalah dengan model Arrhenius. Model Arrhenius merupakan model pendekatan yang memperhitungkan secara kuantitatif bagaimana suhu mempengaruhi penurunan mutu dan menentukan masa simpan produk. Data yang akan dianalisa selanjutnya dilakukan analisis regresi linier sederhana untuk mengetahui hubungan antara variabel yang diukur dengan lama penyimpanan melalui persamaan $y = a + bx$. Dari persamaan tersebut dapat diketahui orde yang diperoleh yaitu orde 0 (persamaan linier) maupun orde 1 (persamaan eksponensial) serta nilai k yang kemudian dapat digunakan untuk mengetahui kurva hubungan antara $1/T$ dengan $\ln k$ serta menentukan nilai energi aktivasi (E_a). Energi aktivasi merupakan besarnya energi minimal yang dibutuhkan untuk menurunkan nilai mutu suatu produk. Semakin rendah energi aktivasi yang diperoleh, maka suatu reaksi akan berlangsung lebih cepat (Afriyanti, 2017). Nilai E_a yang diperoleh digunakan

untuk menentukan laju reaksi (k) perubahan nilai mutu produk dengan persamaan $k = k_0.e^{-Ea/RT}$.

2.5.1 Reaksi Orde Nol

Reaksi dengan orde nol merupakan reaksi dimana laju reaksi tidak bergantung pada konsentrasi reaktan. Tipe kerusakan yang mengikuti kriteria reaksi ordo nol adalah kerusakan enzimatik, pencoklatan enzimatik dan oksidasi (Affandi *et al.*, 2020). Penurunan mutu ordo reaksi nol artinya penurunan mutu yang konstan.

2.5.2 Reaksi Orde Satu

Reaksi orde satu adalah laju reaksi yang tergantung pada konsentrasi reaktan tunggal pangkat satu. Tipe kerusakan pada bahan pangan yang mengikuti reaksi ordo satu adalah ketengikan, pertumbuhan mikroorganisme, produksi off-flavour oleh mikroba (pada daging, ikan dan unggas), kerusakan vitamin, penurunan mutu protein, karbohidrat dan perubahan kadar air (Affandi *et al.*, 2020).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2023 hingga November 2023. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Teknologi dan Lingkungan Agroindustri dan Laboratorium Inovasi Hasil Pertanian dan Kewirausahaan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi baskom, *blender* Philips HR 2115, Kompor Rinnai RI-5225, pH meter, *Beaker Glass* Pyrex[®], Gelas Ukur 25 ml Pyrex[®], *tissue*, *general colorimeter*, saringan, pipet, Oven Labtech[®], Inkubator Memert[®], Neraca Digital SF 400C, *hand refractometer* ATC, *hand sealer* PCS 400A, desikator, spatula, aluminium foil, cawan aluminium, *hot plate*, *magnetic stirrer*, *vacuum sealer*, *handphone*, laptop, dan *Software Microsoft Excel*.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian terdiri atas tomat merah segar (*Lycopersicon esculantum*) yang masih keras dan tidak lebam yang dibeli dari Pasar Tanjung, gum arab, aquades, larutan *buffer* pH 4 dan pH 7, aquades, jar, plastik PP, dan *silver aluminium foil pouch*.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan tiga suhu penyimpanan berbeda yaitu 35°C, 45°C dan 55°C. Perlakuan yang dilakukan terdiri dari variasi kemasan, waktu pengamatan dan simulasi penyimpanan. *Puree* tomat yang telah dikemas kemudian dilakukan simulasi penyimpanan selama delapan hari dengan waktu pengamatan setiap dua hari sekali. Pengamatan dilakukan dengan 3 kali ulangan. Variasi perlakuan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variasi Perlakuan Pada *Puree* Tomat

Kemasan	Perlakuan
Jar	<i>Puree</i> tomat dengan kemasan jar
PP VKM	<i>Puree</i> tomat dengan kemasan polipropilen dengan teknik vakum
SAF	<i>Puree</i> tomat dengan kemasan <i>silver aluminium foil pouch</i>

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian *puree* tomat dengan variasi kemasan dibagi menjadi tiga tahapan. Tahap pertama yaitu mengidentifikasi permasalahan yang terjadi dan melakukan studi literatur yang terkait dengan penelitian. Tahap kedua yaitu Pembuatan *puree* tomat yang selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap total padatan terlarut untuk mengetahui batas kadar TPT *puree* tomat dan pengemasan. Tahap terakhir yaitu evaluasi penyimpanan *puree* tomat dengan model kinetika serta dilanjutkan dengan analisis data. Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1 sedangkan prosedur penelitian keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 2.

3.4.1 Pembuatan *Puree* tomat

Pembuatan *puree* tomat diawali dengan pemilihan buah tomat yang bertujuan untuk memperoleh buah tomat yang segar berwarna merah dan tidak terdapat lebam serta memisahkan bagian-bagian yang tidak digunakan seperti tangkai. Selanjutnya buah tomat dicuci dengan air mengalir agar kotoran yang terdapat pada buah tomat terangkat kemudian ditiriskan. Tomat yang sudah kering selanjutnya dihaluskan menggunakan *blender* selama satu menit dan dilakukan penambahan larutan gum arab 0,25%. Tomat yang telah dihaluskan kemudian disaring untuk memisahkan kulit, daging buah, dan biji tomat untuk menghasilkan *puree* tomat yang bersih. Setelah itu tomat di masak kembali selama 2 jam dengan suhu 90°C. *Puree* tomat yang telah dihasilkan kemudian dilakukan pengamatan awal yakni pH, kadar air, total padatan terlarut, warna (nilai L* dan a*). Pengamatan dilakukan dengan 3 kali pengulangan. Prosedur pengamatan pada setiap parameter dapat dilihat pada Lampiran 3.

3.4.2 Pengemasan dan Penyimpanan *Puree* tomat

Puree yang telah terbentuk dilakukan pengemasan dengan beberapa jenis kemasan yaitu jar, plastik PP dengan teknik pegemasan vakum, dan *silver aluminium foil pouch*. Setiap jenis kemasan berisi 50 gram *puree* tomat. *Puree*

tomat yang telah dikemas kemudian disimpan di dalam inkubator dengan tiga suhu yang berbeda yaitu 35°C, 45°C dan 55°C pada setiap sampel. Penyimpanan dilakukan selama 8 hari dan dilakukan pengamatan setiap 2 hari sekali.

3.4.3 Permodelan Kinetika Perubahan Mutu *Puree* tomat

Permodelan kinetika perubahan mutu *puree* tomat menggunakan pendekatan arrhenius dengan suhu penyimpanan tetap atau dijaga tetap. Tahapan permodelan kinetika adalah sebagai berikut :

- Melakukan plotting data sesuai dengan data uji hasil *puree* tomat pada orde 0 dan orde 1.
- Menentukan orde reaksi yang akan digunakan berdasarkan nilai R^2 terbesar dari persamaan yang dihasilkan.
- Menentukan nilai parameter persamaan Arrhenius : k, $\ln k$, dan $1/T$ (K) dari persamaan-persamaan yang telah dihasilkan
- Membuat grafik plot antara $\ln k$ dengan $1/T$
- Menentukan nilai Energi aktivasi (E_a), nilai eksponensial (k_0) dan kecepatan reaksi (k) pada masing-masing variasi perlakuan dengan bantuan persamaan Arrhenius yaitu $\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{R} \times \frac{1}{T}$ atau $k = k_0 \times e^{-E_a/RT}$.

3.5 Analisis Data

Data yang dihasilkan ditampilkan dalam bentuk grafik dan penjelasan secara deskriptif. Analisa data pada permodelan kinetika perubahan mutu *puree* tomat yaitu menggunakan rumus pendekatan Arrhenius dengan menggunakan *software* Microsoft Excel. Kemudian dilakukan perhitungan dan disajikan dalam bentuk grafik linear dan penjelasan secara deskriptif dengan studi literatur yang tersedia.

BAB 4. PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik *Puree* tomat

Karakteristik produk *puree* tomat yang dihasilkan dalam penelitian ini mempunyai warna merah cerah khas tomat dengan tekstur seperti *puree* pada

umumnya. Parameter pengujian meliputi pH, warna (L^* dan a^*), total padatan terlarut, dan kadar air. Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik mutu *puree* tomat sebelum dan sesudah dilakukan pengemasan dan penyimpanan. Karakteristik awal *puree* tomat dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik Mutu *Puree* tomat Awal Penyimpanan Sampai Hari Ke-8

Parameter Mutu	Kemasan	Nilai Awal			Nilai Akhir		
		35°C	45°C	55°C	35°C	45°C	55°C
pH	Jar	4,48	4,28	4,18	3,79	4,09	4,08
	PP Vakum	4,48	4,28	4,18	3,61	4,08	4,02
	SAF	4,48	4,28	4,18	3,83	4,1	4,12
Warna L^*	Jar	69,3	68,8	72,8	70,8	65,0	67,8
	PP Vakum	69,3	68,8	72,8	71,5	64,0	66,8
	SAF	69,3	68,8	72,8	70,6	65,8	68,3
a^*	Jar	11,9	13,5	15,3	9,7	10,1	11,1
	PP Vakum	11,9	13,5	15,3	9,2	9,8	8,4
	SAF	11,9	13,5	15,3	9,9	10,4	11,3
Total Padatan Terlarut ($^{\circ}$ Brix)	Jar	13	15	15	10,2	16,3	16,5
	PP Vakum	13	15	15	9,8	16,5	16,7
	SAF	13	15	15	11	15,9	16
Kadar air (%)	Jar	88,01	87,56	85,67	90,51	84,30	82,67
	PP Vakum	88,01	87,56	85,67	92,16	83,90	81,85
	SAF	88,01	87,56	85,67	88,83	85,11	82,9

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan dan semakin tinggi suhu penyimpanan yang digunakan, nilai pH, L^* , a^* , kadar air, dan total padatan terlarut mengalami penurunan. Pentingnya nilai pH pada pengolahan dan pengawetan bahan pangan karena perubahan signifikan dalam pH dapat mengubah rasa produk. Pada penyimpanan awal, nilai pH sebesar 4,48; 4,28; 4,18 dan nilai pH akhir sebesar 3,61-4,12. Hal ini sesuai dengan Codex Alimentarius Commission (2022) bahwa nilai pH *puree* tomat harus dibawah 4,6. Penurunan pH diduga terjadi karena adanya kerusakan pada produk akibat aktivitas mikroba. Beberapa jenis mikroorganisme tertentu yang terdapat dalam bahan pangan seperti khamir dan bakteri asam laktat dapat berkembang dengan baik di kisaran pH 3,0-6,0 (Rahmi *et al.*, 2018). Setiarto *et al.* (2018) menambahkan bahwa penurunan pH disebabkan oleh tingginya suhu penyimpanan sehingga meningkatkan keasamaan suatu produk.

Penilaian warna *puree* tomat menggunakan sistem notasi yaitu nilai L^* dan nilai a^* . Nilai L^* menyatakan tingkat kecerahan warna dari 0 (hitam) sampai 100 (putih), sedangkan nilai a^* menyatakan warna kromatik merah-hijau (a^* positif berarti merah, a^* negatif berarti hijau). Berdasarkan hasil penelitian warna *puree* tomat sebelum penyimpanan menunjukkan nilai L^* berkisar 69,3-72,8 dan nilai a^* berkisar 11,9-15,3. Setelah dilakukan penyimpanan, nilai L^* dan a^* *puree* tomat cenderung mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Renate *et al.* (2014) bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan maka nilai L^* dan a^* mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena adanya perubahan atau kerusakan pigmen yang terdapat dalam produk. Kondisi dan suhu penyimpanan dapat menjadi pengaruh terhadap warna akhir produk karena berhubungan dengan dengan paparan cahaya, perpindahan uap air dan gas yang dibawa lingkungan untuk mempercepat terjadinya proses oksidasi. Penurunan tingkat kecerahan warna selama penyimpanan terjadi karena adanya reaksi browning. Ketersediaan oksigen selama proses browning sangat dibutuhkan agar terjadi oksidasi.

Total padatan terlarut selama penyimpanan mengalami penurunan pada suhu 35°C dan peningkatan pada suhu 45°C dan 55°C. Hal ini sesuai dengan Ponglabba *et al.* (2022) bahwa *puree* buah merah mengalami penurunan selama penyimpanan pada suhu 30°C. Puri *et al.* (2018) menyatakan dalam penelitiannya bahwa total padatan terlarut sirup jeruk *baby java* mengalami peningkatan seiring dengan tinggi suhunya selama penyimpanan. Peningkatan total padatan terlarut diduga disebabkan oleh peningkatan kadar gula pereduksi dalam produk. Gula yang terdapat pada produk terdegradasi oleh mikroba menjadi asam-asam organik.

Kadar air *puree* tomat mengalami perubahan yang bervariasi. Nilai mutu awal kadar air *puree* tomat berkisar 85,67%-88,01%. Setelah dilakukan penyimpanan selama 8 hari, kadar air pada *puree* tomat menunjukkan perubahan yang cenderung mengalami penurunan seiring dengan tingginya suhu penyimpanan. Hal ini berbeda dengan penelitian Setiarto *et al.* (2018) bahwa kadar air pada sampel saus merah mengalami peningkatan seiring dengan tingginya suhu penyimpanan. Kondisi penyimpanan pada suhu yang lebih tinggi menyebabkan ruang inkubator semakin kering sehingga kelembaban ruang inkubator kurang terkontrol dan bahan akan

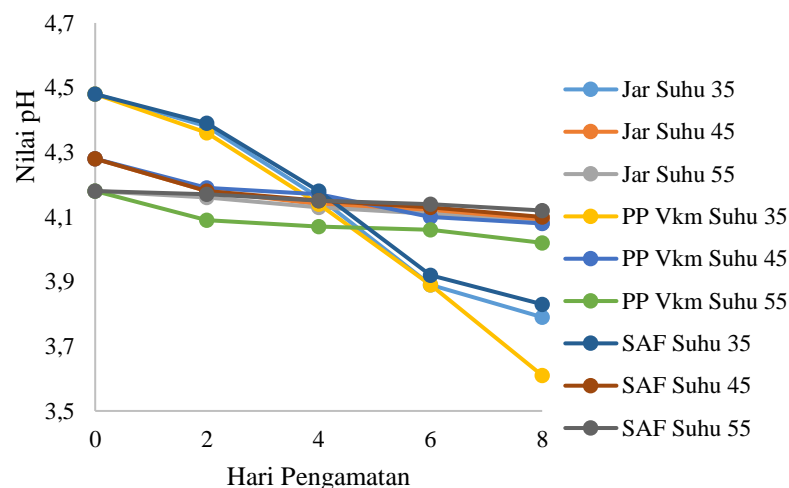
mengalami penurunan kadar air untuk mencapai kesetimbangan kadar air. Selain itu, permeabilitas kemasan juga dapat mempengaruhi perubahan kadar air.

4.2 Model Kinetika Perubahan Mutu *Puree* tomat

4.2.1 Parameter pH

pH merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur tingkat keasamaan atau kebasaan dari suatu zat, larutan, atau benda. Pengujian pH pada *puree* tomat bertujuan untuk mengetahui tingkat keasaman *puree* tomat. Parameter nilai pH pada seluruh perlakuan menggunakan orde 0 untuk mengetahui perubahan nilai pH.

Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan jar selama penyimpanan pada suhu 35°C menunjukkan nilai pH yang semakin menurun menjadi 3,79. Penyimpanan pada suhu 45°C menunjukkan hasil nilai pH semakin menurun menjadi 4,09. Penyimpanan pada suhu 55°C menunjukkan nilai pH semakin menurun menjadi 4,08. Berdasarkan penyimpanan dengan perbedaan suhu tersebut, semakin tinggi suhu menyebabkan nilai pH pada *puree* tomat mengalami penurunan. Untuk mengetahui model kinetika reaksi perubahan nilai pH maka dilakukan pembuatan kurva hubungan nilai $1/T$ dengan $\ln k$. Nilai pH *puree* tomat pada setiap jenis kemasan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Perubahan Nilai pH *Puree* tomat Selama Penyimpanan

Hasil kurva menunjukkan persamaan dari hubungan nilai $1/T$ dan $\ln k$. Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan jar menghasilkan persamaan $y = 10208x - 35,643$ dengan nilai $R^2 = 0,9482$ yang diperoleh dari suhu

penyimpanan yang digunakan yaitu suhu 35°C, 45°C, 55°C. Nilai k yang dihasilkan dari semua suhu digunakan untuk menentukan persamaan garis sehingga dapat diketahui nilai energi aktivasi (E_a) pada suhu T dengan persamaan Arrhenius. Persamaan regresi linier yang telah diperoleh, didapatkan nilai E_a/R sebesar 10208 dengan ketetapan gas ideal yaitu 1,986 kal/mol maka dihasilkan energi aktivasi (E_a) sebesar 20273,1 kkal/mol sedangkan nilai eksponensialnya yaitu $3,01688 \times 10^{15}$. Sesuai dengan persamaan Arrhenius maka diperoleh persamaan $k = 3,01688 \cdot 10^{15} e^{-10208(1/T)}$.

Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan PP vakum selama penyimpanan pada suhu 35°C menunjukkan nilai pH yang semakin menurun menjadi 3,61. Penyimpanan pada suhu 45°C menunjukkan hasil nilai pH semakin menurun menjadi 4,08. Penyimpanan pada suhu 55°C menunjukkan nilai pH semakin menurun menjadi 4,02. Berdasarkan penyimpanan dengan perbedaan suhu tersebut, semakin tinggi suhu menyebabkan nilai pH pada *puree* tomat mengalami penurunan. Untuk mengetahui model kinetika reaksi perubahan nilai pH maka dilakukan pembuatan kurva hubungan nilai 1/T dengan ln k.

Hasil dari kurva hubungan nilai 1/T dengan ln k diperoleh slope k dan intercept dari persamaan $y = 9367,3x - 32,795$ dengan nilai $R^2 = 0,8931$. Persamaan regresi linier yang telah diperoleh, didapatkan nilai E_a/R sebesar 9367,3 dengan ketetapan gas ideal yaitu 1,986 kal/mol maka dihasilkan energi aktivasi (E_a) sebesar 18603,5 kkal/mol sedangkan nilai eksponensialnya yaitu $1,74859 \times 10^{14}$. Sesuai dengan persamaan Arrhenius maka diperoleh persamaan $k = 1,74859 \cdot 10^{14} e^{-9367,3(1/T)}$.

Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan *silver aluminium foil pouch* selama penyimpanan pada suhu 35°C menunjukkan nilai pH yang semakin menurun menjadi 3,83. Penyimpanan pada suhu 45°C menunjukkan hasil nilai pH semakin menurun menjadi 4,10. Penyimpanan pada suhu 55°C menunjukkan nilai pH semakin menurun menjadi 4,12. Berdasarkan penyimpanan dengan perbedaan suhu tersebut, semakin tinggi suhu menyebabkan nilai pH pada *puree* tomat mengalami penurunan. Untuk mengetahui model kinetika reaksi perubahan nilai pH maka dilakukan pembuatan kurva hubungan nilai 1/T dengan ln k.

Hasil dari kurva hubungan nilai $1/T$ dengan $\ln k$ diperoleh slope k dan intersep dari persamaan $y = 12487x - 43,028$ dengan nilai $R^2 = 0,9922$. Persamaan regresi linier yang telah diperoleh, didapatkan nilai E_a/R sebesar 12487 dengan ketetapan gas ideal yaitu 1,986 kal/mol K maka dihasilkan energi aktivasi (E_a) sebesar 24799,2 kkal/mol sedangkan nilai eksponensialnya yaitu $4,86209 \times 10^{18}$. Sesuai dengan persamaan arrhenius maka diperoleh persamaan $k = 4,86209 \cdot 10^{14} e^{-12487(1/T)}$. Nilai R^2 , k_0 , E_a , dan persamaan Arrhenius untuk parameter pH dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai R^2 , k_0 , E_a , dan persamaan Arrhenius untuk parameter pH

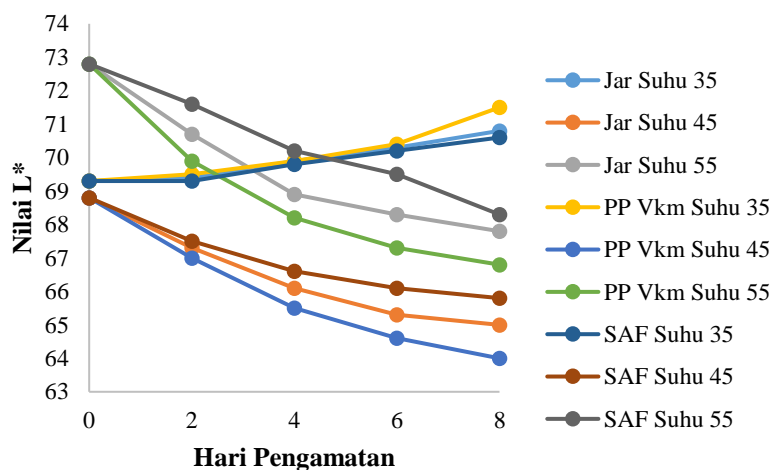
Parameter Pengamatan	Keterangan	Jar	PP Vakum	SAF
pH	R^2	0,9482	0,8931	0,9922
	E_a (Kkal/mol)	9679,23	8365,94	12389,6
	k_0	$3,01688 \times 10^{15}$	$1,74859 \times 10^{14}$	$4,86209 \times 10^{18}$
	Persamaan	$k = 3,01688 \cdot 10^{15} e^{-10208(1/T)}$	$k = 1,74859 \cdot 10^{14} e^{-9367,3(1/T)}$	$k = 4,86209 \cdot 10^{14} e^{-12487(1/T)}$

Berdasarkan penelitian dari ketiga perlakuan pada parameter pH menunjukkan bahwa, penurunan nilai pH terjadi seiring dengan semakin tingginya suhu penyimpanan. Suhu merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap perubahan mutu. Penyimpanan dengan suhu yang semakin tinggi mengakibatkan laju reaksi berbagai senyawa kimia pada produk akan semakin cepat. Perubahan pH pada sampel *puree* tomat menandakan tidak stabilnya sampel selama penyimpanan (Wiyono *et al.*, 2023). Menurut Puri *et al.* (2018) penurunan pH disebabkan oleh kerusakan fermentatif. Reaksi inversi sukrosa menjadi gula reduksi dan aktivitas mikroorganisme menjadi penyebab perubahan nilai pH. Selain tingginya suhu penyimpanan, jenis kemasan dan lingkungan penyimpanan juga merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap perubahan pH pada *puree* tomat. Berdasarkan pada teori aktivasi semakin tinggi suhu (T) maka akan semakin tinggi pula nilai k . Suatu reaksi akan mulai berlangsung apabila diberikan energi minimum yang disebut menjadi energi aktivasi (E_a) (Pongajow *et al.*, 2015). Pada perlakuan *puree* tomat yang dikemas menggunakan kemasan *silver aluminium foil pouch* memiliki energi aktivasi terbesar dibandingkan dengan *puree* tomat yang

dikemas menggunakan polipropilen memiliki energi aktivasi terendah. Rendahnya energi aktivasi yang dimiliki oleh sampel dengan kemasan polipropilen menunjukkan bahwa *puree* tomat mengalami degradasi mutu yang lebih cepat. Semakin rendah energi aktivasi yang diperoleh maka produk akan semakin cepat mengalami perubahan mutu, sebaliknya semakin tinggi energi aktivasi yang diperoleh maka kerusakan mutu akan semakin lambat (Setiarto *et al.*, 2018).

4.2.2 Parameter Kecerahan (L^*)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada warna *puree* tomat di ketiga jenis kemasan sebelum dan sesudah penyimpanan mengalami perubahan warna. Kecerahan (nilai L^*) *puree* tomat sebelum dilakukan penyimpanan menunjukkan nilai yang berkisar 69,3-72,8. Perubahan kecerahan *puree* tomat selama penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Perubahan Nilai L^* *Puree* tomat Selama Penyimpanan

Keseluruhan perlakuan pada parameter kecerahan (L^*) menggunakan orde satu dalam menentukan perubahan kecerahan warna. Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan jar pada penyimpanan suhu 35°C menghasilkan nilai akhir sebesar 70,8. Penyimpanan suhu 45°C pada pengamatan terakhir sebesar 65. Kemudian pengamatan hari ke-8 pada suhu penyimpanan 55°C sebesar 67,8. Hal tersebut sesuai dengan Linatas (2010) bahwa kecerahan warna lada hijau dipengaruhi oleh suhu dan lama penyimpanan. Berdasarkan data yang telah diperoleh kemudian

dibuat kurva hubungan waktu penyimpanan dengan nilai kecerahan (L^*) yang selanjutnya dibuat kurva hubungan $1/T$ dan $\ln k$ untuk memperoleh nilai E_a produk.

Hasil kurva menunjukkan persamaan hubungan nilai $1/T$ dan $\ln k$ parameter kecerahan (L^*) adalah $y = -5821,8x + 13,138$ dengan $R^2 = 0,8884$. Nilai E_a/R diperoleh sebesar 5821,8 dengan ketetapan gas ideal 1,986 kal/mol K sehingga didapatkan energi aktivasi sebesar 11562,09 Kkal/mol dan nilai eksponensial sebesar 507879,7571. Model kinetika reaksi nilai L^* pada *puree* tomat kemasan jar yang diperoleh menggunakan persamaan Arrhenius sebesar $k = 507879,7571x e^{-5821,8(1/T)}$.

Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan PP vakum pada penyimpanan suhu 35°C menghasilkan nilai L^* akhir sebesar 71,5. Penyimpanan suhu 45°C pada pengamatan terakhir sebesar 64. Kemudian pengamatan hari ke-8 pada suhu penyimpanan 55°C sebesar 66,8. Hal tersebut sesuai dengan Linatas (2010) bahwa kecerahan warna lada hijau dipengaruhi oleh suhu dan lama penyimpanan. Berdasarkan data yang telah diperoleh kemudian dibuat kurva hubungan waktu penyimpanan dengan nilai kecerahan (L^*) yang selanjutnya dibuat kurva hubungan $1/T$ dan $\ln k$ untuk memperoleh nilai E_a produk.

Kurva hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ parameter kecerahan pada *puree* tomat kemasan PP vakum menghasilkan persamaan $y = -5170,9x + 11,328$ dengan nilai $R^2 = 0,8658$. Nilai E_a/R didapatkan sebesar 5170,9 dengan ketetapan gas ideal 1,986 kal/mol K sehingga diperoleh nilai energi aktivasi sebesar 10269,41 Kkal/mol dan nilai eksponensial sebesar 83116,62325. Model kinetika reaksi nilai L^* pada *puree* tomat kemasan PP Vakum yang diperoleh menggunakan persamaan Arrhenius sebesar $k = 83116,62325 x e^{-5170,9(1/T)}$.

Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan *silver aluminium foil pouch* pada penyimpanan suhu 35°C menghasilkan nilai L^* akhir sebesar 70,6. Penyimpanan suhu 45°C pada pengamatan terakhir sebesar 65,8. Kemudian pengamatan hari ke-8 pada suhu penyimpanan 55°C sebesar 68,3. Berdasarkan penelitian bahwa suhu dan lama penyimpanan mempengaruhi kecerahan warna pada produk. Berdasarkan data yang telah diperoleh kemudian dibuat kurva hubungan waktu penyimpanan

dengan nilai kecerahan (L^*) yang selanjutnya dibuat kurva hubungan $1/T$ dan $\ln k$ untuk memperoleh nilai E_a produk.

Kurva hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ parameter kecerahan pada *puree* tomat kemasan *silver aluminium foil pouch* menghasilkan persamaan $y = -5832,4x + 13,008$ dengan nilai $R^2 = 0,9722$. Nilai E_a/R didapatkan sebesar 5832,4 dengan ketetapan gas ideal 1,986 kal/mol K sehingga diperoleh nilai energi aktivasi sebesar 11585,15 Kkal/mol dan nilai eksponensial (k_0) sebesar 445966,8942. Model kinetika reaksi nilai L^* pada *puree* tomat kemasan *silver aluminium foil pouch* yang diperoleh menggunakan persamaan Arrhenius sebesar $k = 445966,8942x e^{-5832,4(1/T)}$. Nilai R^2 , k_0 , E_a , dan persamaan Arrhenius untuk parameter L^* dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai R^2 , k_0 , E_a , dan persamaan Arrhenius untuk parameter L^*

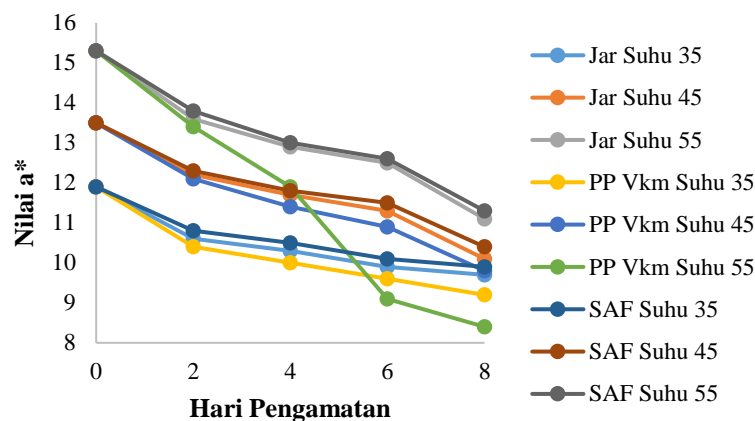
Parameter Pengamatan	Keterangan	Jar	PP Vakum	SAF
L^*	R^2	0,8884	0,8658	0,9634
	E_a (Kkal/mol)	11562,09	10269,41	11583,15
	k_0	507879,7571	83116,62325	445966,8942
	Persamaan	$k = 38368,80352 e^{-5821,8(1/T)}$	$k = 83116,62325 e^{-5170,9(1/T)}$	$k = 132986,1146 e^{-5832,4(1/T)}$

Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan *puree* tomat dengan kemasan jar, *puree* tomat dengan kemasan polipropilen vakum, dan *silver aluminium foil pouch* mengalami perubahan kecerahan. Variabel kemasan yang mampu mempertahankan kecerahan *puree* tomat yaitu kemasan aluminium foil *pouch*. Hal ini tidak sesuai dengan Ijayanti *et al.* (2020) dalam penelitiannya yang menyatakan bahwa kemasan polipropilen merupakan kemasan dengan penurunan yang paling lambat. Penurunan kecerahan *puree* tomat dapat disebabkan karena pencoklatan yang dipengaruhi oleh suhu selama penyimpanan. Menurut Rosmawati *et al.*, (2021), pencoklatan adalah suatu proses pembentukan pigmen berwarna kuning yang kemudian menjadi coklat gelap. Terbentuknya pigmen coklat disebabkan karena bertemunya gula reduksi dan asam amino pada suhu tinggi dan waktu yang lama. Suhu yang tinggi mampu mengeluarkan molekul air dari setiap molekul gula menghasilkan glukosan yang merupakan suatu molekul analog dengan fruktosan. Proses pemecahan dan dehidrasai diikuti dengan polimerisasi yang kemudian

menhasilkan warna coklat. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju penurunan kecerahan warna akan semakin cepat. Selain itu, kecepatan reaksi pencoklatan pada produk juga dipengaruhi oleh jenis kemasan. *Puree* tomat kemasan propilen lebih cepat mengalami pencoklatan karena sifat kemasan yang bening transparan dibandingkan dengan kemasan *silver aluminium foil*. Kemasan *silver aluminium foil* mampu mempertahankan kecerahan warna karena karakteristik dari kemasan tersebut yang tidak sensitif terhadap cahaya dan oksigen. Menurut Widyamurti (2018), aluminium foil bersifat hermetis, tidak tembus cahaya, dan kedap udara sehingga meminimalisir terjadinya paparan cahaya yang berlebih dibandingkan kemasan jar dan plastik polipropilen. Hasil energi aktivasi pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan mutu pada setiap perlakuan kemasan *puree* tomat. *Puree* tomat dengan kemasan aluminium foil *pouch* memiliki nilai E_a tertinggi dan pada perlakuan *puree* tomat dengan kemasan polipropilen mempunyai nilai energi aktivasi terendah. Tinggi rendahnya nilai energi aktivasi menunjukkan cepat atau lambatnya reaksi degradasi mutu terjadi. Semakin tinggi nilai energi aktivasi maka reaksi degradasi mutu pada produk akan semakin lambat. Hasil energi aktivasi dapat dipengaruhi oleh faktor luar seperti suhu lingkungan dan lama penyimpanan yang bisa menyebabkan perubahan kondisi, perubahan laju reaksi atau menghasilkan reaksi yang tidak sempurna (Ijayanti *et al.*, 2020).

4.2.3 Parameter Kemerahan (a^*)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada warna *puree* tomat di ketiga jenis kemasan sebelum dan sesudah penyimpanan mengalami perubahan warna. Nilai a^* merupakan penggambaran warna kromatik merah-hijau (a^* positif berarti merah, a^* negatif berarti hijau (Sinaga, 2019)). Nilai a^* *puree* tomat sebelum dilakukan penyimpanan menunjukkan nilai yang berkisar 11,9-15,3. Tingkat penurunan nilai a^* *puree* tomat selama penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Perubahan Nilai a^* *Puree* tomat Selama Penyimpanan

Keseluruhan perlakuan pada parameter a^* menggunakan orde 1 dalam menentukan perubahan warna merah pada *puree* tomat. Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan jar pada penyimpanan suhu 35°C menghasilkan nilai sebesar 9,7. Penyimpanan suhu 45°C pada pengamatan terakhir sebesar 10,1. Kemudian pengamatan hari ke-8 pada suhu penyimpanan 55°C sebesar 11,1. Hal tersebut sesuai dengan Linatas (2010) bahwa kecerahan warna lada hijau dipengaruhi oleh suhu dan lama penyimpanan. Degradasi warna merah pada *puree* tomat dapat disebabkan karena adanya reaksi browning non enzimatis. Berdasarkan data yang telah diperoleh kemudian dibuat kurva hubungan waktu penyimpanan dengan nilai a^* yang selanjutnya dibuat kurva hubungan $1/T$ dan $\ln k$ untuk memperoleh nilai E_a produk.

Hasil kurva menunjukkan persamaan hubungan nilai $1/T$ dan $\ln k$ parameter a^* adalah $y = 10208x - 35,643$ dengan $R^2 = 0,9482$. Nilai E_a/R diperoleh sebesar 10208 dengan ketetapan gas ideal 1,986 kal/mol K sehingga didapatkan energi aktivasi sebesar 20273,09 Kkal/mol dan nilai eksponensial sebesar $3,01688 \cdot 10^{15}$. Model kinetika reaksi nilai a^* pada *puree* tomat kemasan jar yang diperoleh menggunakan persamaan Arrhenius sebesar $k = 3,01688 \cdot 10^{15} x e^{-10208(1/T)}$.

Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan PP vakum pada penyimpanan suhu 35°C menghasilkan nilai a^* akhir sebesar 9,2. Penyimpanan suhu 45°C pada pengamatan terakhir sebesar 9,8. Kemudian pengamatan hari ke-8 pada suhu penyimpanan 55°C sebesar 8,4. Hal tersebut sesuai dengan Linatas (2010) bahwa

warna lada hijau dipengaruhi oleh suhu dan lama penyimpanan. Berdasarkan data yang telah diperoleh kemudian dibuat kurva hubungan waktu penyimpanan dengan nilai a^* yang selanjutnya dibuat kurva hubungan $1/T$ dan $\ln k$ untuk memperoleh nilai E_a produk.

Kurva hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ parameter kecerahan pada *puree* tomat kemasan PP vakum menghasilkan persamaan $y = 9367,3x - 32,795$ dengan nilai $R^2 = 0,8931$. Nilai E_a/R didapatkan sebesar 9367,3 dengan ketetapan gas ideal 1,986 kal/mol K sehingga diperoleh nilai energi aktivasi sebesar 18603,46 KKal/mol dan nilai eksponensial sebesar $1,74859 \cdot 10^{14}$. Model kinetika reaksi nilai a^* pada *puree* tomat kemasan PP Vakum yang diperoleh menggunakan persamaan Arrhenius sebesar $k = 1,74859 \cdot 10^{14} x e^{-9367,32(1/T)}$.

Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan *silver aluminium foil pouch* pada penyimpanan suhu 35°C menghasilkan nilai a^* akhir sebesar 9,9. Penyimpanan suhu 45°C pada pengamatan terakhir sebesar 10,4. Kemudian pengamatan hari ke-8 pada suhu penyimpanan 55°C sebesar 11,3. Berdasarkan penelitian bahwa suhu dan lama penyimpanan mempengaruhi kecerahan warna pada produk. Berdasarkan data yang telah diperoleh kemudian dibuat kurva hubungan waktu penyimpanan dengan nilai a^* yang selanjutnya dibuat kurva hubungan $1/T$ dan $\ln k$ untuk memperoleh nilai E_a produk.

Kurva hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ parameter kecerahan pada *puree* tomat kemasan *silver aluminium foil pouch* menghasilkan persamaan $y = 12487x - 43,028$ dengan nilai $R^2 = 0,9922$. Nilai E_a/R didapatkan sebesar 12487 dengan ketetapan gas ideal 1,986 kal/mol K sehingga diperoleh nilai energi aktivasi sebesar 24799,18 KKal/mol dan nilai eksponensial (k_0) sebesar $4,86209 \cdot 10^{18}$. Model kinetika reaksi nilai a^* pada *puree* tomat kemasan *silver aluminium foil pouch* yang diperoleh menggunakan persamaan Arrhenius sebesar $k = 4,86209 \cdot 10^{18} x e^{-12487(1/T)}$. Nilai R^2 , k_0 , E_a , dan persamaan Arrhenius untuk parameter a^* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai R^2 , k_0 , E_a , dan Persamaan Arrhenius untuk Parameter a^*

Parameter Pengamatan	Keterangan	Jar	PP Vakum	SAF
a^*	R^2	0,9482	0,8931	0,9922
	E_a (Kkal/mol)	20273,09	18603,46	24799,18
	k_0	$3,01688 \times 10^{15}$	$1,74859 \times 10^{14}$	$4,86209 \times 10^{18}$
	Persamaan	$k = 3,01688 \cdot 10^{15} e^{-10208(1/T)}$	$k = 1,74859 \cdot 10^{14} e^{-9367,321(1/T)}$	$k = 4,86209 \cdot 10^{18} e^{-12487(1/T)}$

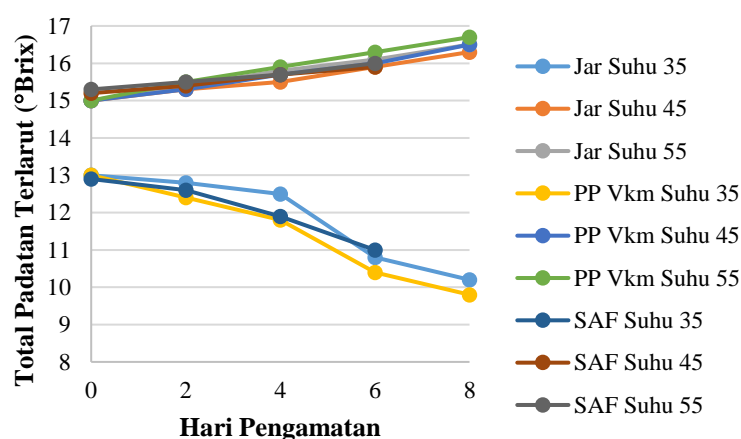
Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan *puree* tomat dengan kemasan jar, *puree* tomat dengan kemasan polipropilen vakum, dan *silver aluminium foil pouch* mengalami perubahan. Perlakuan kemasan yang mampu mempertahankan warna merah *puree* tomat yaitu kemasan *silver aluminium foil pouch*. Hal ini tidak sesuai dengan Ijayanti *et al.* (2020) bahwa kemasan dengan penurunan yang paling lambat adalah kemasan polipropilen. Penurunan kecerahan *puree* tomat disebabkan terjadinya browning non enzimatis yang dipengaruhi oleh suhu selama penyimpanan. Warna merah *puree* tomat termasuk dalam golongan antosianin. Antosianin berasal dari gugusan hidroksil dan metoksil. Peningkatan gugus hidroksil mengakibatkan terjadi penurunan warna merah pada *puree* tomat (Dewayani dan Syamsuri, 2019). Selain itu terbentuknya pigmen coklat disebabkan karena bertemunya gula reduksi dan asam amino pada suhu tinggi dan waktu yang lama. Suhu yang tinggi mampu mengeluarkan molekul air dari setiap molekul gula menghasilkan glukosan yang merupakan suatu molekul analog dengan fruktosan. Proses pemecahan dan dehidrasai diikuti dengan polimerisasi yang kemudian menghasilkan warna coklat. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju penurunan warna akan semakin cepat. Selain itu kecepatan reaksi browning pada produk juga dipengaruhi oleh jenis kemasan. Kemasan *silver aluminium foil pouch* mampu mempertahankan warna merah karena karakteristik dari kemasan tersebut yang tidak sensitif terhadap cahaya dan oksigen. Menurut Widayamurti (2018), aluminium foil bersifat hermetis, tidak tembus cahaya, dan kedap udara sehingga meminimalisir terjadinya paparan cahaya yang berlebih dibandingkan kemasan jar dan plastik polipropilen. Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan polipropilen mempunyai nilai energi aktivasi terendah dan *puree* tomat

dengan kemasan aluminium foil *pouch* memiliki nilai energi aktivasi terbesar yang menunjukkan bahwa *puree* tomat mengalami degradasi warna yang lambat. Tinggi rendahnya nilai energi aktivasi menunjukkan cepat atau lambatnya reaksi degradasi mutu terjadi. Semakin tinggi nilai energi aktivasi maka reaksi degradasi mutu pada produk akan semakin lambat.

4.2.4 Parameter Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut merupakan parameter yang menunjukkan bahan yang terlarut dalam arutan yang dinyatakan dalam °Brix. Pengaruh kemasan selama penyimpanan data diketahui dari persamaan regresi dengan penentuan orde reaksi. Orde yang digunakan untuk mengetahui perubahan TPT yaitu orde 0.

Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan jar selama penyimpanan pada suhu 35°C menunjukkan nilai TPT yang semakin menurun menjadi 10,2 °Brix. Penyimpanan pada suhu 45°C menunjukkan hasil nilai TPT mengalami peningkatan menjadi 16,3 °Brix. Penyimpanan pada suhu 55°C menunjukkan nilai pH yang meningkat menjadi 16,5 °Brix. Nilai TPT *puree* tomat pada setiap jenis kemasan dapat dilihat pada Gambar 4.4. Untuk mengetahui model kinetika reaksi perubahan nilai TPT maka dilakukan pembuatan kurva hubungan nilai 1/T dengan ln k.



Gambar 4.4 Perubahan Nilai TPT *Puree* tomat Selama Penyimpanan

Hasil kurva menunjukkan persamaan dari hubungan nilai 1/T dan ln k. Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan jar menghasilkan persamaan $y = 3688,2x - 13,102$ dengan nilai $R^2 = 0,6214$ yang diperoleh dari suhu penyimpanan yang

digunakan yaitu suhu 35°C, 45°C, 55°C. Nilai k yang dihasilkan dari semua suhu digunakan untuk menentukan persamaan garis sehingga dapat diketahui nilai energi aktivasi (E_a) pada suhu T dengan persamaan Arrhenius. Persamaan regresi linier yang telah diperoleh, didapatkan nilai E_a/R sebesar 3688,2 dengan ketetapan gas ideal yaitu 1,986 kal/mol maka dihasilkan energi aktivasi (E_a) sebesar 7324,765 Kkal/mol sedangkan nilai eksponensialnya yaitu 489921,278. Sesuai dengan persamaan Arrhenius maka diperoleh persamaan $k = 489921,278 \times e^{-3688,2(1/T)}$.

Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan PP vakum selama penyimpanan pada suhu 35°C menunjukkan nilai TPT mengalami penurunan menjadi 9,8 °Brix. Penyimpanan pada suhu 45°C menunjukkan hasil nilai TPT semakin menurun menjadi 16,5 °Brix. Penyimpanan pada suhu 55°C menunjukkan nilai TPT semakin menurun menjadi 16,7 °Brix. Untuk mengetahui model kinetika reaksi perubahan nilai TPT maka dilakukan pembuatan kurva hubungan nilai 1/T dengan $\ln k$.

Hasil dari kurva hubungan nilai 1/T dengan $\ln k$ diperoleh slope k dan intercept dari persamaan $y = 3550,2x - 12,543$ dengan nilai $R^2 = 0,6342$. Persamaan regresi linier yang telah diperoleh, didapatkan nilai E_a/R sebesar 3550,2 dengan ketetapan gas ideal yaitu 1,986 kal/mol maka dihasilkan energi aktivasi (E_a) sebesar 7050,697 Kkal/mol sedangkan nilai eksponensialnya (k_0) yaitu 280127,462. Sesuai dengan persamaan Arrhenius maka diperoleh persamaan $k = 280127,462 \times e^{-3550,2(1/T)}$.

Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan *silver aluminium foil pouch* selama penyimpanan pada suhu 35°C menunjukkan nilai TPT menunjukkan tren penurunan menjadi 11°Brix. Penyimpanan pada suhu 45°C menunjukkan hasil nilai pH semakin menurun menjadi 15,9 °Brix. Penyimpanan pada suhu 55°C menunjukkan nilai pH semakin menurun menjadi 16 °Brix. Untuk mengetahui model kinetika reaksi perubahan nilai TPT maka dilakukan pembuatan kurva hubungan nilai 1/T dengan $\ln k$.

Hasil dari kurva hubungan nilai 1/T dengan $\ln k$ diperoleh slope k dan intercept dari persamaan $y = 3749,6x - 13,689$ dengan nilai $R^2 = 0,723$. Persamaan regresi linier yang telah diperoleh, didapatkan nilai E_a/R sebesar 3749,6 dengan ketetapan gas ideal yaitu 1,986 kal/mol K maka dihasilkan energi aktivasi (E_a) sebesar

2701,961 Kkal/mol sedangkan nilai eksponensialnya (k_0) yaitu 881164,8462. Sesuai dengan persamaan Arrhenius maka diperoleh persamaan $k = 881164,8462 \times e^{-3749,6(1/T)}$. Nilai R^2 , k_0 , Ea, dan persamaan Arrhenius untuk parameter TPT dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Nilai R^2 , k_0 , Ea, dan persamaan Arrhenius untuk parameter TPT

Parameter Pengamatan	Keterangan	Jar	PP Vakum	SAF
TPT	R^2	0,6214	0,6342	0,723
	Ea (Kkal/mol)	7324,765	7050,697	7446,706
	k_0	489921,278	280127,462	881164,8462
	Persamaan	$k = 489921,278 e^{-3688,2(1/T)}$	$k = 280127,462 e^{-3550,2(1/T)}$	$k = 881164,8462 e^{-3749,6(1/T)}$

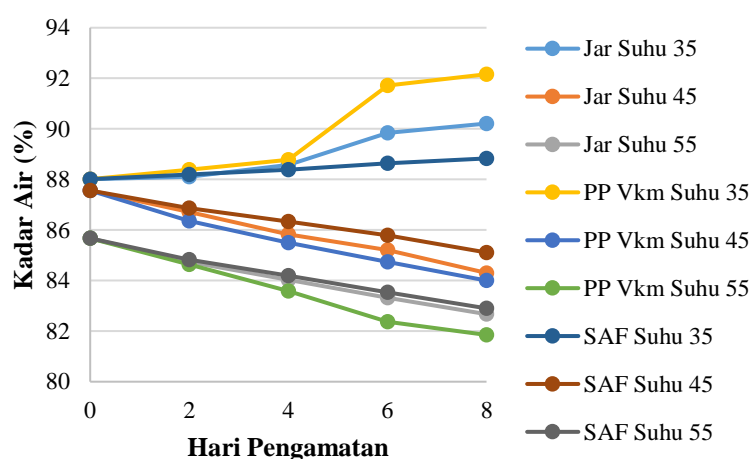
Berdasarkan penelitian dari ketiga perlakuan pada parameter TPT menunjukkan bahwa, penurunan nilai pH terjadi seiring dengan semakin tingginya suhu penyimpanan. Suhu merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap perubahan mutu. Penyimpanan dengan suhu yang semakin tinggi mengakibatkan laju reaksi berbagai senyawa kimia pada produk akan semakin cepat. Menurut Nursari *et al.* (2016), penurunan TPT pada suhu 35°C dipengaruhi oleh kadar air dan keasaman. Peningkatan kadar air dalam sampel dapat meningkatkan aktivitas air sehingga terjadi pertumbuhan mikroba yang menyebabkan terjadinya penurunan nilai TPT. Sementara pada penyimpanan dengan suhu 45°C dan 55°C, nilai total padatan terlarut pada semua sampel jenis kemasan mengalami kenaikan. Peningkatan total padatan terlarut dikarenakan terikatnya air bebas oleh bahan penstabil (gum arab) sehingga konsentrasi bahan yang larut meningkat. Semakin banyak partikel yang terikat maka total padatan terlarut juga semakin meningkat (Farikha *et al.*, 2013). Kemasan polipropilen memiliki sifat permeabilitas terhadap uap air yang lebih tinggi dibandingkan dengan kemasan jar dan silver aluminium foil *pouch*. Tingginya permeabilitas polipropilen akan menyebabkan semakin banyak uap air dari lingkungan yang melewati bahan kemasan. Pada perlakuan *puree* tomat yang dikemas menggunakan kemasan *silver aluminium foil pouch* memiliki energi aktivasi terbesar dibandingkan dengan *puree* tomat yang dikemas menggunakan polipropilen memiliki energi aktivasi terendah.

Rendahnya energi aktivasi yang dimiliki oleh sampel dengan kemasan polipropilen menunjukkan bahwa *puree* tomat mengalami degradasi mutu yang lebih cepat. Semakin rendah energi aktivasi yang diperoleh maka produk akan semakin cepat mengalami perubahan mutu, sebaliknya semakin tinggi energi aktivasi yang diperoleh maka kerusakan mutu akan semakin lambat (Setiarto *et al.*, 2018).

4.2.5 Parameter Kadar Air

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung di dalam bahan/produk yang dinyatakan dalam persen. Kadar air yang terkandung dalam *puree* tomat dapat mempengaruhi kualitasnya. Dalam mengetahui penurunan kadar air menggunakan orde 1.

Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan jar pada penyimpanan suhu 35°C menghasilkan nilai sebesar 90,21%. Penyimpanan suhu 45°C pada pengamatan terakhir sebesar 84,3%. Kemudian pengamatan hari ke-8 pada suhu penyimpanan 55°C sebesar 82,67%. Perubahan nilai kadar air selama penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 4.5. Berdasarkan data yang telah diperoleh kemudian dibuat kurva hubungan waktu penyimpanan dengan nilai kadar air yang selanjutnya dibuat kurva hubungan $1/T$ dan $\ln k$ untuk memperoleh nilai E_a produk.



Gambar 4.5 Perubahan Nilai Kadar Air *Puree* Tomat Selama Penyimpanan

Hasil kurva menunjukkan persamaan hubungan nilai $1/T$ dan $\ln k$ parameter kadar air adalah $y = -1308,1x - 1,4194$ dengan $R^2 = 0,9448$. Nilai E_a/R diperoleh sebesar 1308,1 dengan ketetapan gas ideal 1,986 kal/mol K sehingga didapatkan

energi aktivasi sebesar 2597,887 Kkal/mol dan nilai eksponensial sebesar 4,134638913. Model kinetika reaksi nilai kadar air pada *puree* tomat kemasan jar yang diperoleh menggunakan persamaan Arrhenius sebesar $k = 4,134638913 \times e^{-1308,1(1/T)}$.

Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan PP vakum pada penyimpanan suhu 35°C menghasilkan nilai kadar air akhir sebesar 92,16%. Penyimpanan suhu 45°C pada pengamatan terakhir sebesar 84,00%. Kemudian pengamatan hari ke-8 pada suhu penyimpanan 55°C sebesar 81,85%. Berdasarkan data yang telah diperoleh kemudian dibuat kurva hubungan waktu penyimpanan dengan nilai kadar air yang selanjutnya dibuat kurva hubungan 1/T dan ln k untuk memperoleh nilai Ea produk.

Kurva hubungan antara 1/T dan ln k parameter kecerahan pada *puree* tomat kemasan PP vakum menghasilkan persamaan $y = 509,6x - 6,7527$ dengan nilai $R^2 = 0,1707$. Nilai Ea/R didapatkan sebesar 509,6 dengan ketetapan gas ideal 1,986 kal/mol K sehingga diperoleh nilai energi aktivasi sebesar 1012,066 Kkal/mol dan nilai eksponensial sebesar 856,367837. Model kinetika reaksi nilai kadar air pada *puree* tomat kemasan PP Vakum yang diperoleh menggunakan persamaan Arrhenius sebesar $k = 856,367837x e^{-509,6(1/T)}$.

Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan *silver aluminium foil pouch* pada penyimpanan suhu 35°C menghasilkan nilai kadar air akhir sebesar 88,83%. Penyimpanan suhu 45°C pada pengamatan terakhir sebesar 85,11%. Kemudian pengamatan hari ke-8 pada suhu penyimpanan 55°C sebesar 82,9%. Berdasarkan data yang telah diperoleh kemudian dibuat kurva hubungan waktu penyimpanan dengan nilai kadar air yang selanjutnya dibuat kurva hubungan 1/T dan ln k untuk memperoleh nilai Ea produk.

Kurva hubungan antara 1/T dan ln k parameter kecerahan pada *puree* tomat kemasan *silver aluminium foil pouch* menghasilkan persamaan $y = -6129,1x + 13,319$ dengan nilai $R^2 = 0,9922$. Nilai Ea/R didapatkan sebesar 6192,1 dengan ketetapan gas ideal 1,986 kal/mol K sehingga diperoleh nilai energi aktivasi sebesar 12172,39 Kkal/mol dan nilai eksponensial (k_0) sebesar 608650,8102. Model kinetika reaksi nilai kadar air pada *puree* tomat kemasan *silver aluminium foil pouch* yang diperoleh menggunakan persamaan Arrhenius yaitu $k = 608650,8102 \times$

$e^{-6129,1(1/T)}$. Nilai R^2 , k_0 , E_a , dan persamaan Arrhenius untuk parameter kadar air dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai R^2 , k_0 , E_a , dan Persamaan Arrhenius untuk Parameter Kadar Air

Parameter Pengamatan	Keterangan	Jar	PP Vakum	SAF
Kadar air	R^2	0,9448	0,1707	0,8454
	E_a (Kkal/mol)	2597,887	1012,066	12172,39
	k_0	4,134638913	856,367837	608650,8102
	Persamaan	$k = 4,134638913 e^{-1308,1(1/T)}$	$k = 856,367837 e^{-509,6(1/T)}$	$k = 608650,8102 e^{-6129,1(1/T)}$

Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan *puree* tomat dengan kemasan jar, *puree* tomat dengan kemasan polipropilen vakum, dan *silver aluminium foil pouch* mengalami perubahan. Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan polipropilen mempunyai nilai energi aktivasi terendah dan *puree* tomat dengan kemasan aluminium foil *pouch* memiliki nilai energi aktivasi terbesar yang menunjukkan bahwa *puree* tomat mengalami degradasi kadar air yang lebih lambat. Hal ini kurang sesuai dengan (Linatas, 2010) bahwa lada hijau yang dikemas aluminium foil mengalami kenaikan pada penyimpanan suhu tinggi. Kondisi penyimpanan pada suhu tinggi menyebabkan ruang inkubator kurang terkontrol dan bahan akan mengalami penurunan kadar air untuk kadar air mencapai kesetimbangan. Selain itu permeabilitas kemasan kemasan juga akan berpengaruh pada laju perpindahan uap air. Semakin kecil laju transmisi uap air suatu kemasan menunjukkan sedikit jumlah uap air yang mampu menembus bahan. Perubahan kadar air pada *silver aluminium foil pouch* paling kecil dibanding kemasan lain karena pada kemasan ini nilai transmisi uap air paling kecil daripada kemasan lainnya.

4.2.6 Rekapitulasi Hasil Model Kinetika

Perubahan nilai pada setiap parameter dalam penelitian *puree* tomat dengan variasi kemasan dinyatakan melalui model kinetika dengan pendekatan Arrhenius. Penggunaan pendekatan Arrhenius digunakan untuk mengetahui perubahan mutu *puree* tomat dengan variasi kemasan selama penyimpanan. Tahapan yang dilakukan terlebih dahulu adalah penentuan orde reaksi. Penentuan orde reaksi didasarkan pada hasil nilai determinasi (R^2) yang terbesar. Hasil penentuan orde reaksi dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

Hasil penelitian menunjukkan penentuan orde reaksi parameter pH dan TPT menggunakan reaksi orde nol sedangkan parameter L^* , a^* , dan kadar air menggunakan reaksi orde satu. Menurut Wulandari (2014) jenis kerusakan mutu meliputi adanya degradasi, pencoklatan, dan oksidasi lemak. Reaksi kerusakan mutu biasanya mengikuti orde satu. Jenis kerusakan ini meliputi perubahan warna, pertumbuhan mikroba, peningkatan kadar air, dan kerusakan vitamin, sedangkan kerusakan reaksi yang mengikuti orde nol adalah kerusakan enzimatik. Penentuan orde reaksi menghasilkan sebuah persamaan yang digunakan untuk menghubungkan nilai $\ln k$ dan $1/T$. Hasil dari hubungan $\ln k$ dengan $1/T$ diperoleh persamaan $\ln k = \ln k_0 - (E_a/R)(1/T)$, dimana $\ln k_0$ merupakan intersep, E_a/R adalah slope, E_a adalah energi aktivasi, dan R merupakan konstanta gas ideal (1,986 kal/mol). Persamaan tersebut menghasilkan nilai konstanta k_0 yang merupakan faktor eksponensial dan nilai energi aktivasi sehingga diperoleh persamaan laju reaksi (k) perubahan mutu *puree* tomat yaitu $k = k_0 \cdot e^{-E_a/RT}$. Hasil kinetika perubahan mutu *puree* tomat dengan variasi kemasan dari seluruh perlakuan yang diperoleh menggunakan persamaan Arrhenius dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Nilai k_0 , E_a , Persamaan Arrhenius untuk parameter pH, L^* , a^* , TPT, dan Kadar Air selama penyimpanan pada suhu yang berbeda

Parameter Pengamatan	Keterangan	Jar	PP Vakum	SAF
pH	E_a (Kkal/mol)	20273,1	18603,5	24799,2
	k_0	$3,01688 \times 10^{15}$	$1,74859 \times 10^{14}$	$4,86209 \times 10^{18}$
	Persamaan	$k = 3,01688 \cdot 10^{15} e^{-5332(1/T)}$	$k = 1,74859 \cdot 10^{14} e^{-9508,2(1/T)}$	$k = 4,86209 \cdot 10^{14} e^{-12502(1/T)}$
L^*	E_a (KKal/mol)	11562,09	10269,41	11583,15
	k_0	507879,7571	83116,62325	445966,8942
	Persamaan	$k = 38368,80352 e^{-5821,8(1/T)}$	$k = 83116,62325 e^{-5170,9(1/T)}$	$k = 445966,8942 e^{-5832,4(1/T)}$
a^*	E_a (KKal/mol)	20273,09	18603,46	24799,18
	k_0	$3,01688 \times 10^{15}$	$1,74859 \times 10^{14}$	$4,86209 \times 10^{18}$
	Persamaan	$k = 3,01688 \cdot 10^{15} e^{-10208(1/T)}$	$k = 1,74859 \cdot 10^{14} e^{-9367,321(1/T)}$	$k = 4,86209 \cdot 10^{18} e^{-12487(1/T)}$
TPT	E_a (KKal/mol)	7324,765	7050,697	7446,706
	k_0	489921,278	280127,462	881164,8462
	Persamaan	$k = 489921,278 e^{-3688,2(1/T)}$	$k = 280127,462 e^{-3550,2(1/T)}$	$k = 881164,8462 e^{-3749,6(1/T)}$
Kadar air	E_a (KKal/mol)	2597,887	1012,066	12172,39
	k_0	4,134638913	856,367837	608650,8102
	Persamaan	$k = 4,134638913 e^{-1308,1(1/T)}$	$k = 856,367837 e^{-509,6(1/T)}$	$k = 608650,8102 e^{-6129,1(1/T)}$

Berdasarkan data penelitian tersebut menunjukkan nilai k_0 , E_a , dan persamaan arrhenius pada setiap parameter selama penyimpanan dengan suhu yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *puree* tomat dengan kemasan PP Vakum secara keseluruhan parameter memiliki energi aktivasi terendah daripada *puree* tomat dengan kemasan jar dan *silver aluminium foil pouch*. Perlakuan *puree* tomat dengan kemasan *silver aluminium foil pouch* menghasilkan energi aktivasi terbesar yang menandakan bahwa *puree* tomat mengalami penurunan mutu yang lebih lambat. Besarnya nilai energi aktivasi menunjukkan bahwa kemasan *silver aluminium foil pouch* merupakan kemasan yang stabil terhadap perubahan mutu, karena degradasi mutu *puree* tomat membutuhkan waktu lebih lama. Faktor tingginya suhu menyebabkan molekul bergerak lebih cepat sehingga tumbukan antar molekul akan lebih banyak sehingga energi kinetik molekul bertambah. Laju reaksi yang lebih tinggi mengakibatkan pergerakan molekul lebih cepat dikarenakan terdapat energi berlebih untuk melakukan reaksi.

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian *puree* tomat dengan variasi kemasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Mutu *puree* tomat di berbagai jenis kemasan selama penyimpanan mengalami perubahan yang beragam. Mutu *puree* tomat menurun di setiap kemasan baik jar, PP vakum maupun SAF dengan meningkatnya suhu dan lama penyimpanan yang ditandai dengan menurunnya nilai pH dan a^* di setiap suhu penyimpanan, menurunnya nilai TPT pada suhu penyimpanan 35°C sebesar 21,54%; 24,62%; 15,38% secara berurutan, menurunnya nilai L^* dan kadar air pada suhu penyimpanan 45°C dan 55°C, meningkatnya nilai L^* sebesar 2,16%; 3,17%; 1,88% dan kadar air sebesar 2,50%; 4,72%; 0,93% pada suhu 35°C secara berurutan serta meningkatnya nilai TPT pada suhu penyimpanan 45°C dan 55°C.
2. Model kinetika degradasi mutu *puree* tomat dengan variasi kemasan parameter pH dan TPT menggunakan orde nol sedangkan parameter warna (L^* dan a^*) dan kadar air menggunakan orde satu. Perlakuan kemasan PP vakum pada *puree* tomat memiliki energi aktivasi terkecil pada parameter pH, L^* , a^* , TPT, kadar air secara berturut-turut yaitu 18603,5 Kkal/mol; 10269,41 Kkal/mol; 18603,46 Kkal/mol; 7050,697 Kkal/mol; 1012,066 Kkal/mol sehingga menjadikan kemasan PP vakum mengalami reaksi degradasi yang lebih cepat. Perlakuan kemasan *silver aluminium foil pouch* pada *puree* tomat memiliki energi aktivasi terbesar di parameter pH, L^* , a^* , TPT, kadar air dengan nilai 24799,18 Kkal/mol; 24799,18 Kkal/mol; 7446,706 Kkal/mol; 12172,39 Kkal/mol sehingga reaksi degradasi lebih stabil.

5.2 Saran

Penelitian ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan umur simpan *puree* tomat pada setiap jenis kemasan. Hal ini bertujuan untuk agar diperoleh informasi kadaluwarsa serta suhu ideal atau terbaik dalam penyimpanan *puree* tomat.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, D. R., Sanjaya, A. P., dan Mardiana, S. R. 2020. Umur Simpan Sambal Pari (*Dasyatis* Sp.) Asap yang Dikemas Jar Pada Beberapa Cara Pemasakan dengan Metode Pendugaan Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 13(2), 111–123.
- Afriyanti, A. 2017. Pendugaan Umur Simpan Keripik Tempe Sagu Menggunakan Pengemas Plastik PP dengan Metode Arrhenius. *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 1(1), 72–80.
- Agustia, F. C., Rukmini, H. S., Naufalin, R., dan Ritonga, A. M. 2021. Pendugaan Umur Simpan Tiwul Instan yang Dikemas dalam Aluminium Foil dan Polietilen dengan Metode Akselerasi Berdasarkan Pendekatan Kadar Air Kritis. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 10(1), 27–32.
- Ambarsari, I., Qanytah, dan Sudaryono, T. 2013. Perubahan Kualitas Susu Pasteurisasi Dalam Berbagai Jenis Kemasan. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 32(1), 10–19.
- Anggarini, S., Pamungkas, E. T. D., dan Wignyanto. (2014). Pembuatan Puree Bawang Merah dalam Kajian Kombinasi Faktor Konsentrasi Sodium Metabisulfite Pada Proses Perendaman dan Penambahan Maltodekstrin. *Jurnal Industria*, 3(3), 138–144.
- Anugrahwati, Y., Wirakartakusumah, A., Kusnandar, F., dan Setyadjit. (2005). Perubahan Karakteristik Mutu dan Analisis Kinetika Puree Mangga Selama Penyimpanan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen Untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian*, 130–140.
- Astawan, M., Nurwitri, C. C., dan Rochim, D. A. 2015. Kombinasi Kemasan Vakum dan Penyimpanan Dingin untuk Memperpanjang Umur Simpan Tempe Bacem. *Pangan*, 24(2), 125–134.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 7841:2013 *Puree* Buah. Jakarta
- Bhowmik, D., Kumar, K. P. S., Paswan, S., dan Srivastava, S. 2012. *Tomato a Natural Medicine and Its Health Benefits*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(1), 33–43.
- Codex Alimentarius Commission. 2022. *Standard For Processed Tomato Concentrates-Amendment 2022*. FAO/WHO
- Dewayani, W., dan Syamsuri, R. 2019. Kajian Bahan Pengisi dan Lama Simpan terhadap Kualitas Saus Tomat. *Buletin: Inovasi Teknologi Pangan*, 15, 1–23.

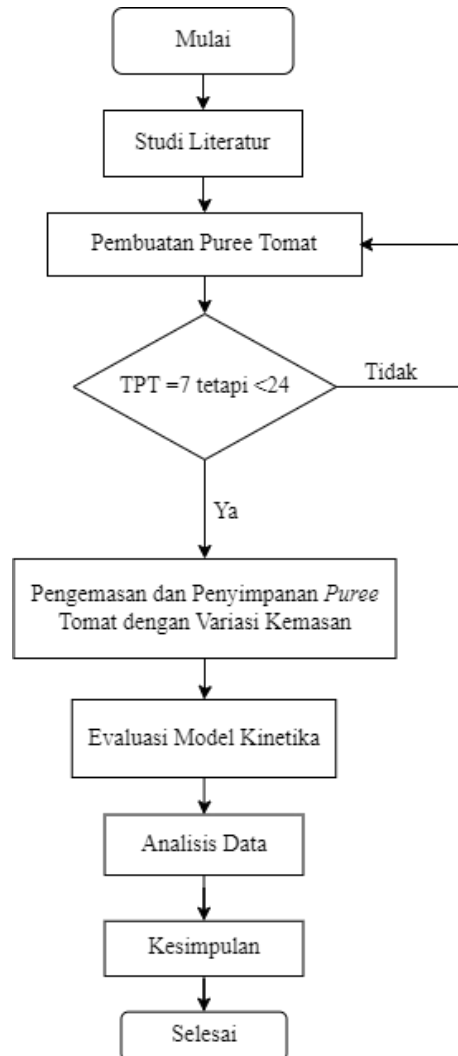
- Emblem, A. 2012. *Plastics Properties for Packaging Materials*. In *Packaging Technology* (pp. 287–309).
- Farikha, I. N., Anam, C., dan Widowati, E. 2013. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Bahan Penstabil Alami Terhadap Karakteristik Fisikokimia Sari Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Selama Penyimpanan. *Jurnal Teknosains Pangan*, 2(1), 30–38.
- Fitria, E. A., Warsiki, E., dan Yuliasih, I. 2017. Model Kinetika Perubahan Warna Label Indikator Dari Klorofil Daun Singkong (*Manihot esculenta* Crantz). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 27(1), 17–23.
- Goncalves, E. M., Abreu, M., Brandão, T. R. S., dan Silva, C. L. M. 2011. *Degradation Kinetics of Colour, Vitamin C and Drip Loss in Frozen Broccoli (Brassica oleracea L. ssp. Italica) During Storage at Isothermal and Non-Isothermal Conditions*. *International Journal of Refrigeration*, 34(8), 2136–2144.
- Grayhurst, P. 2012. Glass packaging. *Packaging Technology*, 109–121.
- Ijayanti, N., Listanti, R., dan Ediati, R. 2020. Pendugaan Umur Simpan Serbuk Wedang Uwuh Menggunakan Metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*) dengan Pendekatan Arrhenius. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 1(1), 46–60.
- Ismalia, N., dan Zuraida, R. 2016. Efek Tomat (*Lycopersion esculentum* Mill) dalam Menurunkan Tekanan Darah Tinggi. *Majority*, 5(4), 107–111.
- Johansyah, A., Prihastanti, E., dan Kusdiyantini, E. 2014. Pengaruh Plastik Pengemas *Low Density Polyethylene* (LDPE), *High Density Polyethylene* (HDPE) dan Polipropilen (PP) Terhadap Penundaan Kematangan Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum*.Mill). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, XXII(1), 46–57.
- Kerry, J. 2012. Aluminium Foil Packaging. In *Packaging Technology* (pp. 163–177).
- Khathir, R., Jannati, R., dan Agustina, R. 2021. Estimasi Umur Simpan Pliek-U Berdasarkan Kadar Air Menggunakan Model Arrhenius dan Metode Q10. *Rona Teknik Pertanian*, 14(2), 1–9.
- Lamberti, M., dan Escher, F. 2007. *Aluminium Foil as a Food Packaging Material in Comparison with Other Materials*. *Food Reviews International*, 23(4), 407–433.
- Lestari, S., Yuniarti, S., Mutmainah, H., dan Hadiatry, M. C. 2021. Pendugaan Umur Simpan Pasta Cabai dengan Penambahan Natrium Benzoat Menggunakan Metode Arrhenius. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 9(3), 111–118.

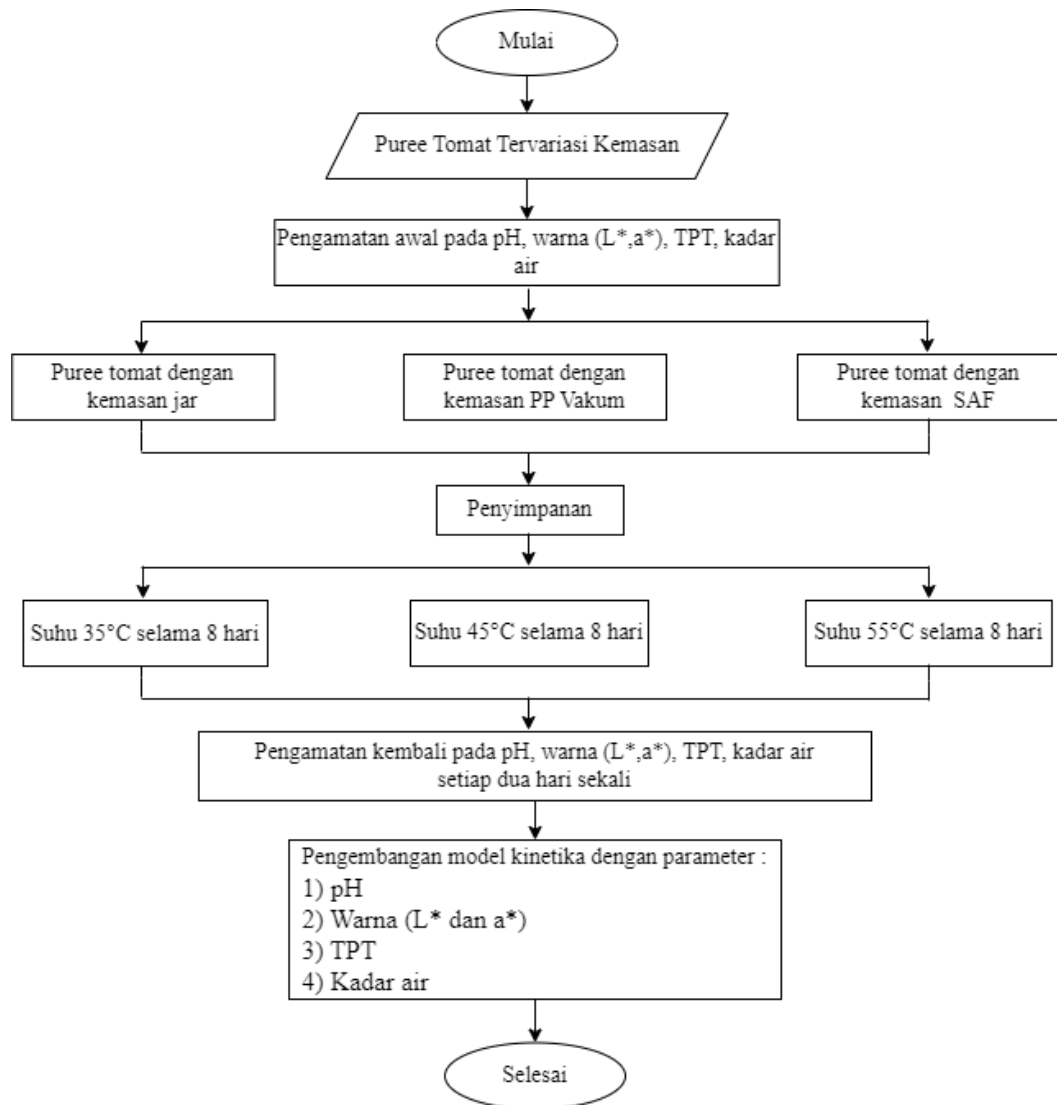
- Linatas, B. 2010. Aplikasi Metode Arrhenius dalam Pendugaan Umur Simpan Lada Hijau Kering (*Dehydrated Green Pepper*). IPB University.
- Mulyawan, I. B., Handayani, B. R., Dipokusumo, B., Werdiningsih, W., dan Siska, A. I. 2019. Pengaruh Teknik Pengemasan dan Jenis Kemasan terhadap Mutu dan Daya Simpan Ikan Pindang Bumbu Kuning. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(3), 464–475.
- Nursafira, J., Munandar, A., dan Surilayani, D. 2021. Pengaruh Bahan Kemasan Berbeda terhadap Mutu Bandeng Presto dengan Pengemasan Vakum pada Suhu Dingin. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 9(2), 59–68.
- Nursari, Karimuna, L., dan Tamrin. 2016. Pengaruh pH dan Suhu Pasteurisasi Terhadap Karakteristik Kimia, Organoleptik dan Daya Simpan Sambal. *Jurnal Sains Dan Teknologi Pangan (JSTP)*, 1(2), 151–158.
- Piergiovanni, L., dan Limbo, S. 2015. *Plastic Packaging Materials*. In *Food Packaging Materials* (pp. 33–49).
- Pongajow, N. J., Djarkasi, G. S. S., dan Mandey, L. C. 2015. Pendugaan Umur Simpan Halua Kenari Menggunakan Metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) Model Arrhenius Pada UKM Kepulauan Sitaro. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 3(2), 36–47.
- Ponglabba, D. V., Sarungallo, Z. L., dan Santoso, B. 2022. Komposisi Kimia dan Stabilitas *Puree* Buah Merah. *Jurnal Agroteknologi*, 16(01), 16–28.
- Puri, R. Y. A., Wijana, S., dan Pranowo, D. 2018. Analisis Kualitas Sirup Jeruk Baby Java Pada Stasiun Proses Dan Pendugaan Umur Simpan Skala Pilot Plant. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 19(2), 125–138.
- Rahmi, A. D., Dien, H. A., dan Kaparang, J. T. (2018). Mutu Mikrobiologi dan Kimia dari Produk Pasta (*intermediet product*) Penyedap Rasa Alami yang Disimpan Pada Suhu Ruang dan Suhu Dingin. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 6(2), 42.
- Renate, D., Pratama, F., Yuliati, K., dan Priyanto, G. 2014. Model Kinetika Degradasi Capsaicin Cabai Merah Giling Pada Berbagai Kondisi Suhu Penyimpanan. *Jurnal Agritech*, 34(03), 330–336.
- Riley, A. 2012. *Basics of Polymer Chemistry for Packaging Materials*. In *Packaging Technology*. Woodhead Publishing Limited.
- Rosmawati, Syam, H., dan Sukainah, A. (2021). Pengaruh Jenis Kemasan dan Lama Penyimpanan Terhadap Kualitas Minuman Khas Sinjai (Ires). *Pendidikan Teknologi Pertanian*, 7(2), 79–92.
- Salingkat, C. A., Noviyanti, A., dan Syamsiar. 2020. Pengaruh Jenis Bahan Pengemas, Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Karakteristik Mutu Buah

- Tomat. *Agroland: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 27(3), 274–286.
- Setiarto, R. H. B., Widhyastuti, N., Agustin, N., Rahmawati, dan Wawo, A. H. 2018. Pendugaan Umur Simpan Saus Buah Merah Pedas (*Pandanus conoideus* Lamk) dengan Metode *Accelerated Shelf Life Test*. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 6(3), 279–286.
- Sinaga, A. S. 2019. Segmentasi Ruang Warna L*a*b. *J. Mantik Penusa*, 3(1), 43–46.
- Suryawaty, dan Frisai, H. 2015. *The Influence of Liquid Organic Fertilizer and Solid Waste (Sludge) on Growth and Production of Tomatoes (Solanum lycopersicum L.)*. *Agrium*, 19(2), 122–129.
- Wahyuni, N. N., Rianingsih, L., dan Romadhon. 2021. Pengaruh Pengemasan Vakum dan Non Vakum terhadap Kualitas Bekasam Instan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) Selama Penyimpanan Suhu Ruang. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan*, 3(1), 26–33.
- Widyamurti, N. 2018. Pemasaran Pariwisata Melalui Kemasan Produk UKM Standing Pouch Berbahan Paper Metal di Era Ekonomi Kreatif. *Prosiding Seminar Nasional Pariwisata Dan Kewirausahaan*.
- Wiyono, A. E., Rani, I. C., Choiron, M., Setiawan, A., dan Massahid, A. D. 2023. Kinetika Perubahan Mutu Sediaan Sabun Padat Transparan Dari Ekstrak Daun Pepaya (*Carica Papaya L.*). *Jurnal Teknik Industri*, 13(1), 35–44.
- Wulandari, A., Waluyo, S., dan Novita, D. D. 2013. Prediksi Umur Simpan Kerupuk Kemplang dalam Kemasan Plastik Polipropilen Beberapa Ketebalan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 2(2), 105–114.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tahapan Penelitian



Lampiran 2. Prosedur Penelitian Keseluruhan

Lampiran 3. Prosedur Parameter Pengamatan

1. pH

Analisis pH pada *puree* tomat diukur dengan menggunakan pH meter. Alat pH meter dikalibrasi menggunakan larutan buffer pH 4 dan pH 7. Sampel yang akan diuji terlebih dahulu dilarutkan dan diambil sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam 10 ml aquades kemudian dihomogenkan. Sampel yang sudah larut dipindahkan kedalam *beaker glass* 50 ml dan dilakukan pengukuran (Rukmasari, 2022).

2. Warna

Intensitas warna merupakan karakteristik cahaya yang dapat diukur panjang gelombangnya yang akan menghasilkan warna jika zat tersebut terabsorpsi sinar matahari yang masuk dan meneruskan sebagian warna yang tidak terabsorpsi. Pengujian warna *puree* tomat dilakukan menggunakan *General Colorimeter*. Sampel *puree* tomat dimasukkan pada plastik transparan untuk dilakukan pengukuran warna dan menentukan nilai *L, *a, dan *b. Dimana *L merupakan parameter kecerahan warna, *a merupakan warna kromatik merah-hijau (*a positif berarti merah, *a negatif berarti hijau), *b merupakan warna kromatik kuning-biru (*b positif berarti kuning, *b negatif berarti biru) (Sinaga, 2019).

3. Total Padatan Terlarut

Analisa total padatan terlarut *puree* tomat dapat diukur menggunakan alat hand refraktometer. Menurut Khathir *et al.* (2021), sampel diambil sebanyak 1-2 tetes pada prisma refraktometer yang sudah dibersihkan. Selanjutnya arahkan refraktometer ke sumber cahaya. Nilai yang terbaca pada refraktometer menunjukkan besarnya total padatan terlarut pada sampel dalam satuan °Brix.

4. Kadar Air

Perhitungan kadar air pada *puree* tomat menggunakan metode gravimetri dengan menggunakan oven. Cawan kosong dipanaskan dalam oven dengan suhu 105°C selama 30 menit kemudian didinginkan ke dalam desikator selama 15 menit dan selanjutnya ditimbang. Kemudian dilakukan penimbangan sampel sebanyak 5 gram menggunakan cawan yang telah diketahui berat awalnya. Cawan yang berisi sampel dipanaskan kembali selama 3 jam dengan suhu 105°C dan selanjutnya

didinginkan di dalam desikator selama 15 menit. Setelah itu dilakukan penimbangan berat sampel. Sampel yang telah ditimbang selanjutnya dipanaskan kembali ke dalam oven selama satu jam kemudian didinginkan di dalam desikator selama 15 menit dan selanjutnya dilakukan penimbangan sampel. Langkah tersebut diulangi hingga sampel mencapai berat konstan. Adapun rumus perhitungan kadar air (%) adalah sebagai berikut;

$$\text{Kadar air} = \frac{w - (w_1 - w_2)}{w} \times 100\%$$

Keterangan :

W = Berat sampel awal

W1 = Berat sampel + cawan setelah pengeringan konstan

W2 = Berat cawan kosong

Lampiran 4. Data Rata-Rata Perubahan Mutu Selama Penyimpanan

1. Parameter pH

Perubahan Mutu Parameter pH Suhu 35°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	4,48	4,38	4,16	3,89	3,79
Kemasan PP Vakum	4,48	4,36	4,14	3,89	3,61
Kemasan SAF	4,48	4,39	4,18	3,92	3,83

Perubahan Mutu Parameter pH Suhu 45°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	4,28	4,18	4,14	4,12	4,09
Kemasan PP Vakum	4,28	4,19	4,17	3,10	4,08
Kemasan SAF	4,28	4,18	4,15	4,13	4,10

Perubahan Mutu Parameter pH Suhu 55°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	4,18	4,16	4,13	4,11	4,08
Kemasan PP Vakum	4,18	4,09	4,07	4,06	4,02
Kemasan SAF	4,18	4,17	4,15	4,14	4,12

2. Parameter L*

Perubahan Mutu Parameter L* Suhu 35°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	69,3	69,4	69,9	70,3	70,8
Kemasan PP Vakum	69,3	69,5	69,9	70,4	71,5
Kemasan SAF	69,3	69,3	69,8	70,5	70,6

Perubahan Mutu Parameter L* Suhu 45°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	68,8	67,3	66,1	65,3	65,0
Kemasan PP Vakum	68,8	67,0	65,5	64,6	64,0
Kemasan SAF	68,8	67,5	66,6	66,1	65,8

Perubahan Mutu Parameter L* Suhu 55°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	4,18	4,16	4,13	4,11	4,08
Kemasan PP Vakum	4,18	4,09	4,07	4,06	4,02
Kemasan SAF	4,18	4,17	4,15	4,14	4,12

3. Parameter a*

Perubahan Mutu Parameter a* Suhu 35°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	69,3	69,4	69,9	70,3	70,8
Kemasan PP Vakum	69,3	69,5	69,9	70,4	71,5
Kemasan SAF	69,3	69,3	69,8	70,5	70,6

Perubahan Mutu Parameter a* Suhu 45°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	68,8	67,3	66,1	65,3	65,0
Kemasan PP Vakum	68,8	67,0	65,5	64,6	64,0
Kemasan SAF	68,8	67,5	66,6	66,1	65,8

Perubahan Mutu Parameter a* Suhu 55°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	4,18	4,16	4,13	4,11	4,08
Kemasan PP Vakum	4,18	4,09	4,07	4,06	4,02
Kemasan SAF	4,18	4,17	4,15	4,14	4,12

4. Parameter TPT

Perubahan Mutu Parameter TPT Suhu 35°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	69,3	69,4	69,9	70,3	70,8
Kemasan PP Vakum	69,3	69,5	69,9	70,4	71,5
Kemasan SAF	69,3	69,3	69,8	70,5	70,6

Perubahan Mutu Parameter TPT Suhu 45°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	68,8	67,3	66,1	65,3	65,0
Kemasan PP Vakum	68,8	67,0	65,5	64,6	64,0
Kemasan SAF	68,8	67,5	66,6	66,1	65,8

Perubahan Mutu Parameter TPT Suhu 55°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	4,18	4,16	4,13	4,11	4,08
Kemasan PP Vakum	4,18	4,09	4,07	4,06	4,02
Kemasan SAF	4,18	4,17	4,15	4,14	4,12

5. Parameter Kadar Air

Perubahan Mutu Parameter Kadar Air Suhu 35°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	69,3	69,4	69,9	70,3	70,8
Kemasan PP Vakum	69,3	69,5	69,9	70,4	71,5
Kemasan SAF	69,3	69,3	69,8	70,5	70,6

Perubahan Mutu Parameter Kadar Air Suhu 45°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	68,8	67,3	66,1	65,3	65,0
Kemasan PP Vakum	68,8	67,0	65,5	64,6	64,0
Kemasan SAF	68,8	67,5	66,6	66,1	65,8

Perubahan Mutu Parameter Kadar Air Suhu 55°C					
Sampel	Waktu Pengujian (Hari)				
	0	2	4	6	8
Kemasan Jar	4,18	4,16	4,13	4,11	4,08
Kemasan PP Vakum	4,18	4,09	4,07	4,06	4,02
Kemasan SAF	4,18	4,17	4,15	4,14	4,12

Lampiran 5. Hasil Penentuan Orde Reaksi Perubahan Mutu Selama Penyimpanan

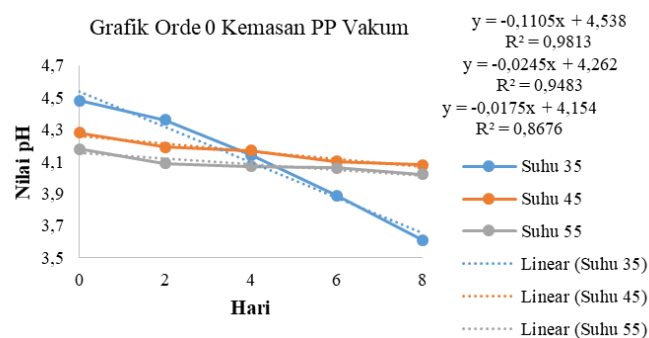
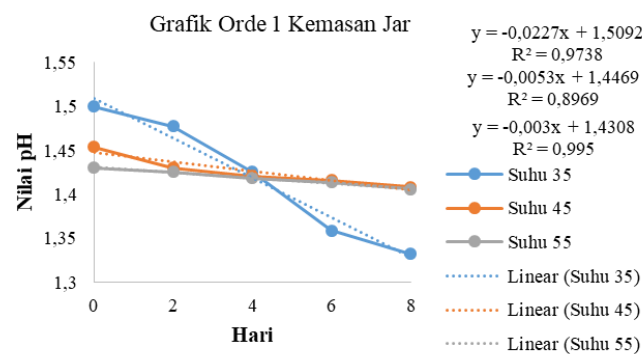
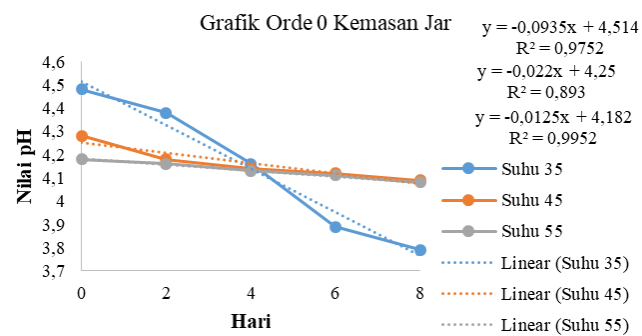
Perlakuan Kemasan	Suhu	Parameter	R ²		Nilai R ² Tertinggi	Orde Terpilih
			Orde 0	Orde 1		
Jar	35°C	pH	0,9752	0,9738	0	
	45°C	pH	0,893	0,8969	1	0
	55°C	pH	0,9952	0,995	0	
	35°C	L*	0,9676	0,9681	1	
	45°C	L*	0,9141	0,9454	1	1
	55°C	L*	0,9423	0,9185	0	
	35°C	a*	0,8647	0,8836	1	
	45°C	a*	0,9575	0,9577	1	1
	55°C	a*	0,9512	0,9564	1	
	35°C	TPT	0,9691	0,9683	0	
	45°C	TPT	0,9846	0,987	1	0
	55°C	TPT	0,9978	0,997	0	
	35°C	Kadar air	0,9136	0,9141	1	
	45°C	Kadar air	0,9806	0,9816	1	1
	55°C	Kadar air	0,9953	0,996	1	
PP Vakum	35°C	pH	0,9813	0,9734	0	
	45°C	pH	0,9483	0,9504	1	1
	55°C	pH	0,8676	0,8708	1	
	35°C	L*	0,9097	0,9121	1	
	45°C	L*	0,9569	0,9607	1	1
	55°C	L*	0,9025	0,9089	1	
	35°C	a*	0,8882	0,9108	1	
	45°C	a*	0,9716	0,9772	1	1
	55°C	a*	0,9777	0,9738	0	
	35°C	TPT	0,9735	0,9668	0	
	45°C	TPT	0,992	0,9939	0	0
	55°C	TPT	0,9977	0,9961	0	
	35°C	Kadar air	0,874	0,8751	1	
	45°C	Kadar air	0,9918	0,9929	1	1
	55°C	Kadar air	0,988	0,9887	1	
SAF	35°C	pH	0,9723	0,971	0	
	45°C	pH	0,881	0,8849	1	0
	55°C	pH	0,9868	0,9866	0	
	35°C	L*	0,9481	0,9483	1	
	45°C	L*	0,9294	0,9232	0	1
	55°C	L*	0,9914	0,9922	1	
	35°C	a*	0,8936	0,9093	1	
	45°C	a*	0,9533	0,9549	1	1
	55°C	a*	0,964	0,968	1	
	35°C	TPT	0,8967	0,8859	0	
	45°C	TPT	0,9944	0,9949	1	0
	55°C	TPT	0,9931	0,993	0	
	35°C	Kadar air	0,9959	0,996	1	
	45°C	Kadar air	0,9976	0,9979	1	1
	55°C	Kadar air	0,9964	0,9969	1	

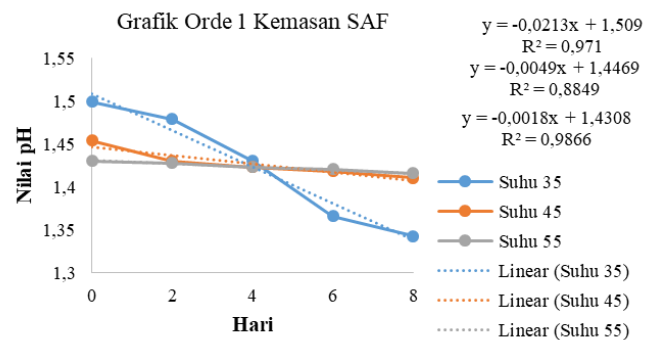
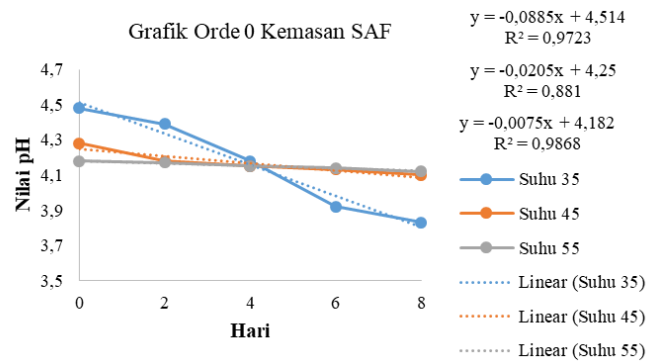
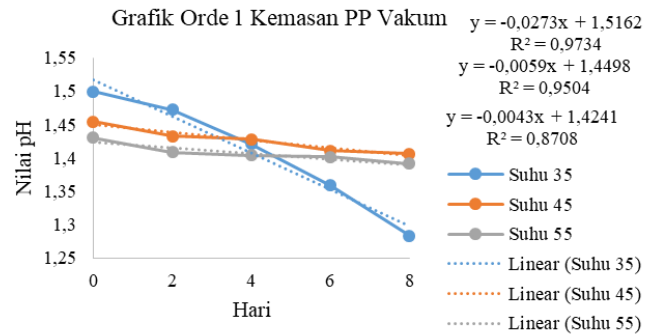
Lampiran 6. Model Kinetika dengan Persamaan Arrhenius

a. Parameter pH

1. Menentukan Orde

Sampel	Suhu	Orde 0	Orde 1
Kemasan Jar	35°C	0,9752	0,9738
	45°C	0,893	0,8969
	55°C	0,9952	0,995
Kemasan PP Vakum	35°C	0,9813	0,9734
	45°C	0,9483	0,9504
	55°C	0,8676	0,8708
Kemasan SAF	35°C	0,9723	0,971
	45°C	0,881	0,8849
	55°C	0,9868	0,9866



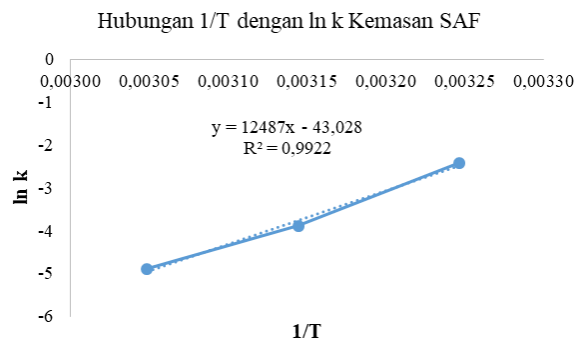
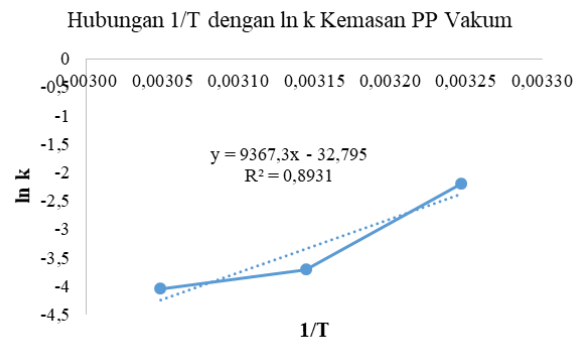
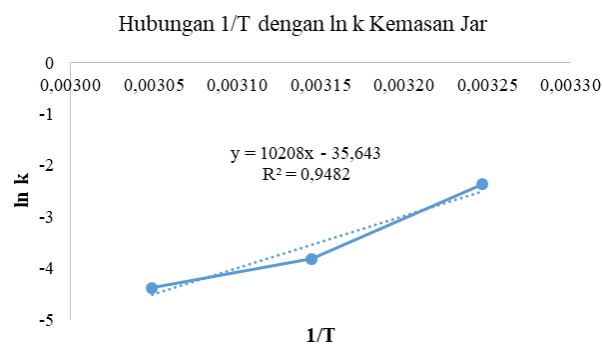


2. Menentukan Orde Terpilih

Sampel	Suhu	Orde 0	Orde 1	Orde Tertinggi	Orde Terpilih
Kemasan Jar	35°C	0,9752	0,9738	0	0
	45°C	0,893	0,8969	1	
	55°C	0,9952	0,995	0	
Kemasan PP Vakum	35°C	0,9813	0,9734	0	1
	45°C	0,9843	0,9504	1	
	55°C	0,86767	0,8708	1	
Kemasan SAF	35°C	0,9723	0,971	0	0
	45°C	0,881	0,8849	1	
	55°C	0,9868	0,9866	0	

3. Menentukan Nilai T, 1/T, dan ln k

Sampel	Suhu	T (K)	1/T (K)	$y = a+bx$	R^2	Slope (k)	ln k
Kemasan Jar	35°C	308	0,00325	$y = -0,0935x + 4,514$	0,9752	0,0935	-2,3698
	45°C	318	0,00314	$y = -0,022x + 4,25$	0,893	0,022	-3,8167
	55°C	328	0,00305	$y = -0,0125x + 4,182$	0,9952	0,0125	-4,382
Kemasan PP Vakum	35°C	308	0,00325	$y = -0,1105x + 4,538$	0,9813	0,1105	-2,2027
	45°C	318	0,00314	$y = -0,0245x + 4,262$	0,9843	0,0245	-3,7091
	55°C	328	0,00305	$y = -0,0175x + 4,154$	0,86767	0,0175	-4,0456
Kemasan SAF	35°C	308	0,00325	$y = -0,0885x + 4,514$	0,9723	0,0885	-2,4248
	45°C	318	0,00314	$y = -0,0205x + 4,25$	0,881	0,0205	-3,8873
	55°C	328	0,00305	$y = -0,0075x + 4,182$	0,9868	0,0075	-4,8929



4. Menentukan Energi Aktivasi dan Faktor Frekuensi

Sampel	$y = a+bx$	R^2	R	Ea/R	Ea	$\ln k_0$	k_0
Kemasan Jar	$y = 10208x - 35,643$	0,9482	1,986	10208	20273,1	35,643	$3,01688 \cdot 10^{15}$
Kemasan PP Vakum	$y = 9367,3x - 32,795$	0,8931	1,986	9367,3	18603,5	32,795	$1,74859 \cdot 10^{14}$
Kemasan SAF	$y = 12487x - 43,028$	0,9922	1,986	12487	24799,2	43,028	$4,86209 \cdot 10^{18}$

Keterangan: R = konstanta gas (1,986 kal/mol); Ea = slope (Ea/R) x R; $k_0 = \exp(\ln k_0)$

Persamaan linier = $10208x - 35,643$

R^2 = 0,9482

Energi Aktivasi (Ea)

Ea/R = 10208

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

Ea (Kkal/mol) = $10208 \times 1,986 = 20273,1$

Nilai intersep

$\ln k_0$ = 35,643

k_0 = $\exp(35,643) = 3,01688 \cdot 10^{15}$

5. Model Kinetika Persamaan Arrhenius

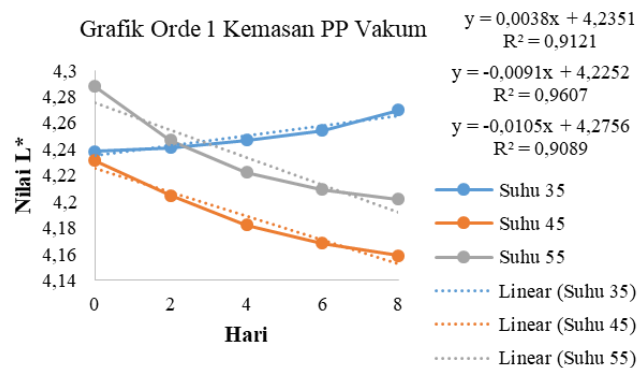
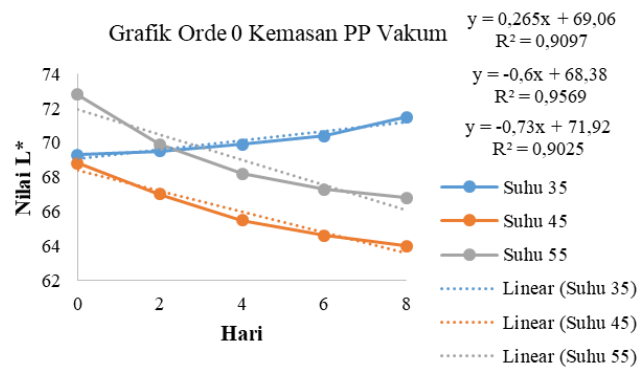
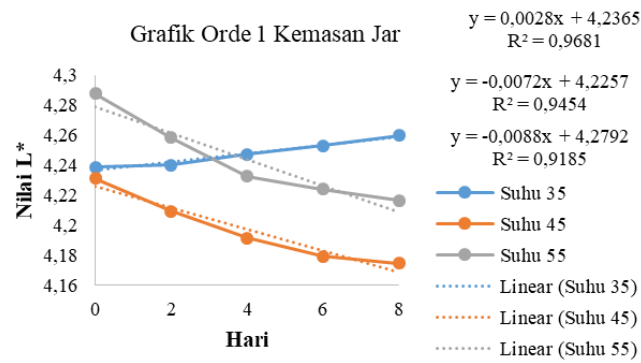
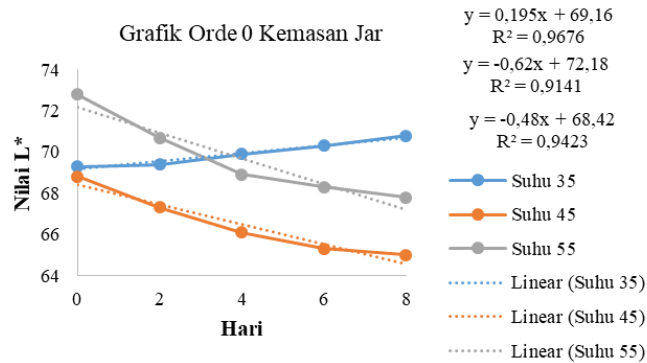
Persamaan : $k = k_0 \times e^{-Ea/RT}$

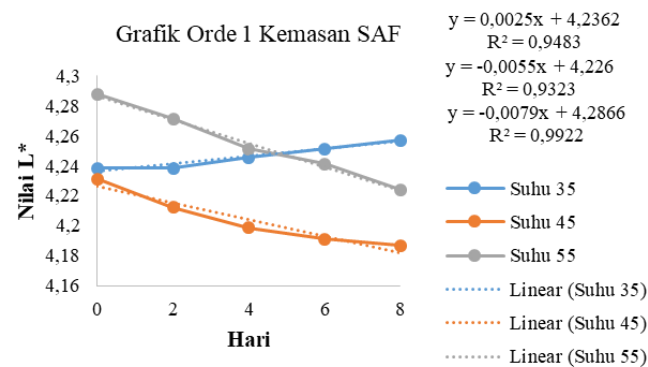
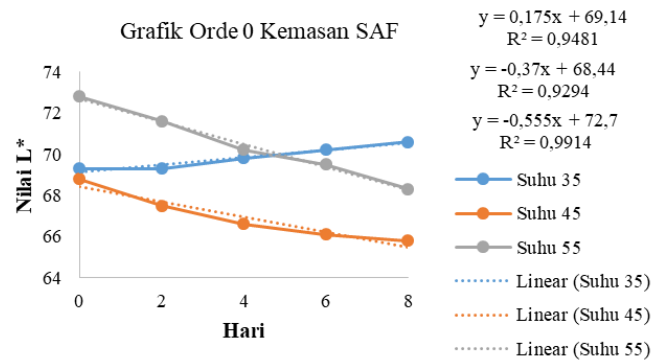
Sampel	Persamaan Arrhenius
Kemasan Jar	$k = 3,01688 \cdot 10^{15} e^{-5332(1/T)}$
Kemasan PP Vakum	$k = 1,74859 \cdot 10^{14} e^{-9508,2(1/T)}$
Kemasan SAF	$k = 4,86209 \cdot 10^{14} e^{-12502(1/T)}$

b. Parameter L*

1. Menentukan Orde

Sampel	Suhu	Orde 0	Orde 1
Kemasan Jar	35°C	0,9676	0,9681
	45°C	0,9141	0,9454
	55°C	0,9423	0,9185
Kemasan PP Vakum	35°C	0,9097	0,9121
	45°C	0,9569	0,9607
	55°C	0,9025	0,9089
Kemasan SAF	35°C	0,9481	0,9483
	45°C	0,9294	0,9232
	55°C	0,9914	0,9922





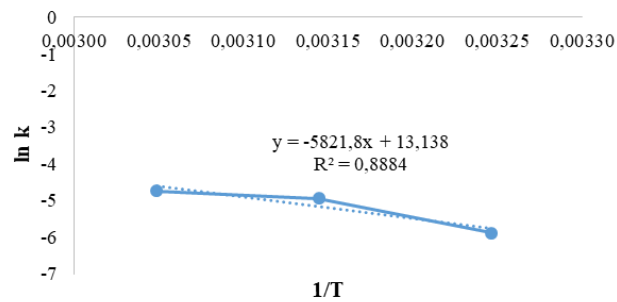
2. Menentukan Orde Terpilih

Sampel	Suhu	Orde 0	Orde 1	Orde Tertinggi	Orde Terpilih
Kemasan Jar	35°C	0,9676	0,9681	1	1
	45°C	0,9141	0,9454	1	
	55°C	0,9423	0,9185	0	
Kemasan PP Vakum	35°C	0,9097	0,9121	1	1
	45°C	0,9569	0,9607	1	
	55°C	0,9025	0,9089	1	
Kemasan SAF	35°C	0,9481	0,9483	1	1
	45°C	0,9294	0,9232	0	
	55°C	0,9914	0,9922	1	

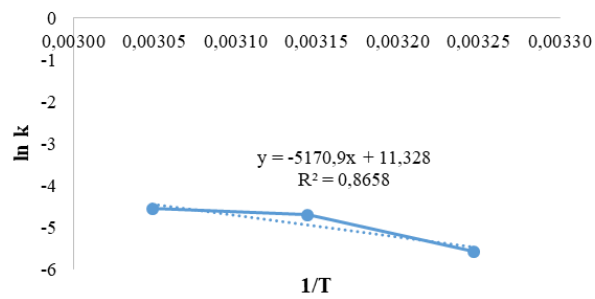
3. Menentukan Nilai T, 1/T, dan ln k

Sampel	Suhu	T (K)	1/T (K)	$y = a+bx$	R^2	Slope (k)	ln k
Kemasan Jar	35°C	308	0,00325	$y = 0,0028x + 4,2365$	0,9681	0,0028	-5,8714
	45°C	318	0,00314	$y = -0,0072x + 4,2257$	0,9454	0,0072	-4,93367
	55°C	328	0,00305	$y = -0,0088x + 4,2792$	0,9185	0,0088	-4,733
Kemasan PP Vakum	35°C	308	0,00325	$y = 0,0038x + 4,2351$	0,9121	0,0038	-5,57275
	45°C	318	0,00314	$y = -0,0091x + 4,2252$	0,9607	0,0091	-4,69948
	55°C	328	0,00305	$y = -0,0105x + 4,2756$	0,9089	0,0105	-4,55638
Kemasan SAF	35°C	308	0,00325	$y = 0,0025x + 4,2362$	0,9483	0,0025	-5,99146
	45°C	318	0,00314	$y = -0,0055x + 4,226$	0,9232	0,0055	-5,20301
	55°C	328	0,00305	$y = -0,0079x + 4,2866$	0,9922	0,0079	-4,84089

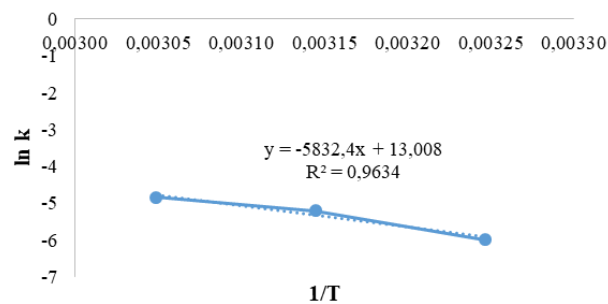
Hubungan 1/T dengan ln k Kemasan Jar



Hubungan 1/T dengan ln k Kemasan PP Vakum



Hubungan 1/T dengan ln k Kemasan SAF



4. Menentukan Energi Aktivasi dan Faktor Frekuensi

Sampel	$y = a+bx$	R^2	R	Ea/R	Ea	$\ln k_0$	k_0
Kemasan Jar	$y = -5821,8x + 13,138$	0,884	1,986	5821,8	11562,09	13,138	507879,7571
Kemasan PP Vakum	$y = -5170,9x + 11,328$	0,8658	1,986	5170,9	10269,41	11,328	83116,62325
Kemasan SAF	$y = -5832,4x + 13,008$	0,9634	1,986	5832,4	11583,15	13,008	445966,8942

Keterangan: R = konstanta gas (1,986 kal/mol); Ea = slope (Ea/R) x R; $k_0 = \exp(\ln k_0)$

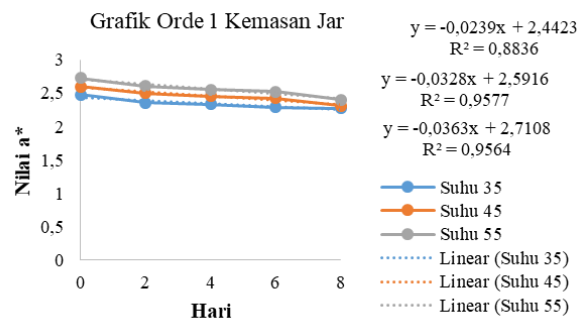
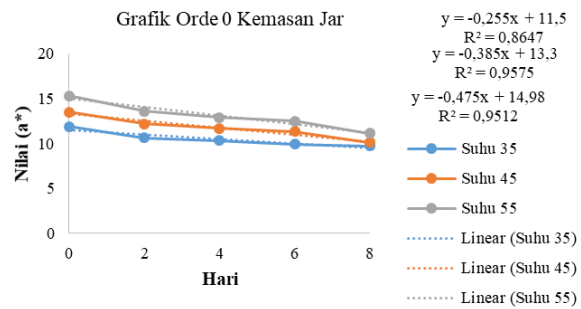
5. Model Kinetika Persamaan Arrhenius

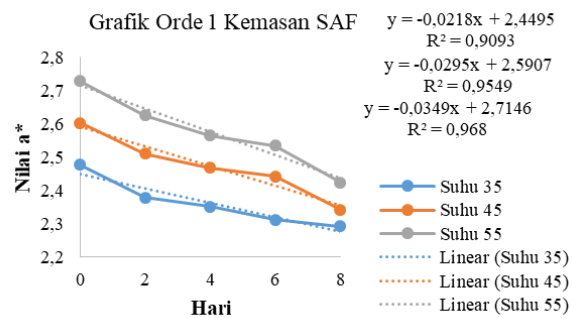
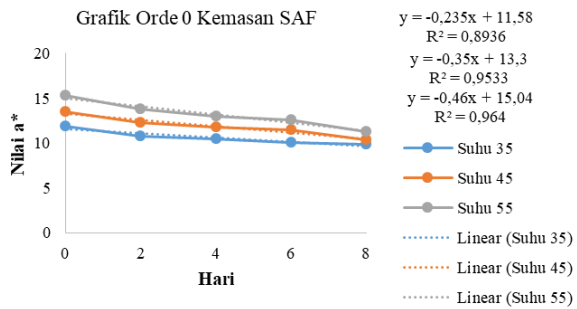
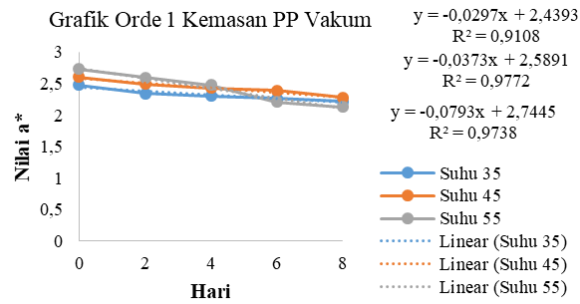
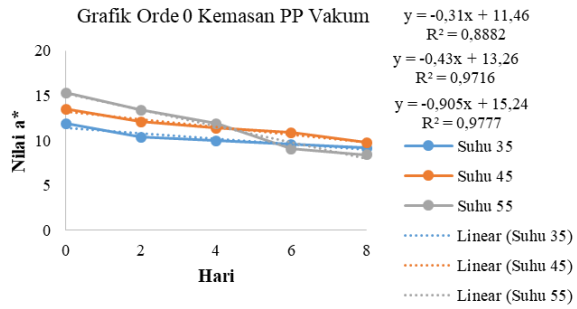
Sampel	Persamaan Arrhenius
Kemasan Jar	$k = 507879,7571 e^{-5821,8(1/T)}$
Kemasan PP Vakum	$k = 83116,62325 e^{-5170,9(1/T)}$
Kemasan SAF	$k = 445966,8942 e^{-5832,4(1/T)}$

c. Parameter a*

1. Menentukan Orde

Sampel	Suhu	Orde 0	Orde 1
Kemasan Jar	35°C	0,8647	0,8836
	45°C	0,9575	0,9577
	55°C	0,9512	0,9564
Kemasan PP Vakum	35°C	0,8882	0,9108
	45°C	0,9716	0,9772
	55°C	0,9777	0,9738
Kemasan SAF	35°C	0,8936	0,9093
	45°C	0,9533	0,9549
	55°C	0,964	0,968





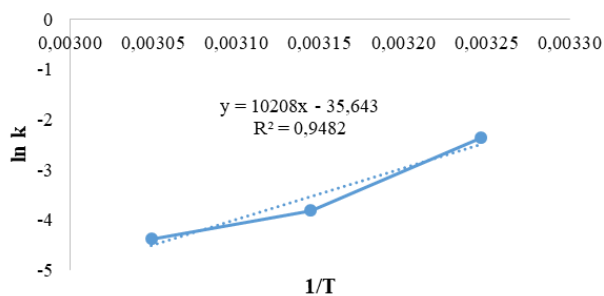
2. Menentukan Orde Terpilih

Sampel	Suhu	Orde 0	Orde 1	Orde Tertinggi	Orde Terpilih
Kemasan Jar	35°C	0,8647	0,8836	1	1
	45°C	0,9575	0,9577	1	
	55°C	0,9512	0,9564	1	
Kemasan PP Vakum	35°C	0,8882	0,9108	1	1
	45°C	0,9716	0,9772	1	
	55°C	0,9777	0,9738	0	
Kemasan SAF	35°C	0,8936	0,9093	1	1
	45°C	0,9533	0,9549	1	
	55°C	0,964	0,968	1	

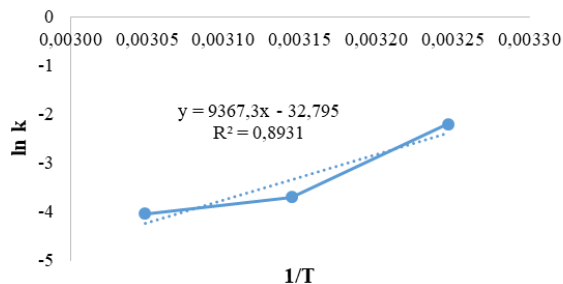
3. Menentukan Nilai T, 1/T, dan ln k

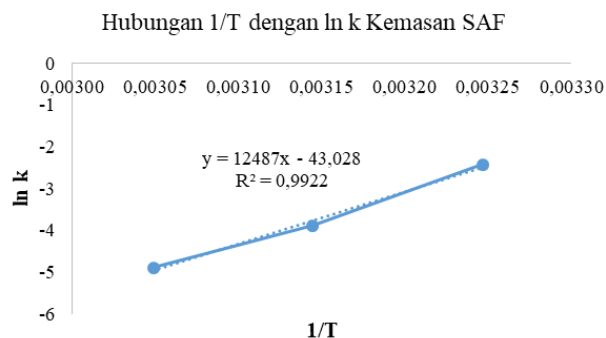
Sampel	Suhu	T (K)	1/T (K)	y = a+bx	R ²	Slope (k)	ln k
Kemasan Jar	35°C	308	0,00325	y = -0,0239x + 2,4423	0,8836	0,0239	-3,73388
	45°C	318	0,00314	y = -0,0328x + 2,5916	0,9577	0,0328	-3,41733
	55°C	328	0,00305	y = -0,0363x + 2,7108	0,9564	0,0363	-3,31594
Kemasan PP Vakum	35°C	308	0,00325	y = -0,0297x + 2,4393	0,9108	0,0297	-3,51661
	45°C	318	0,00314	y = -0,0373x + 2,5891	0,9772	0,0373	-3,28876
	55°C	328	0,00305	y = -0,0793x + 2,7445	0,9738	0,0793	-2,52452
Kemasan SAF	35°C	308	0,00325	y = -0,0218x + 2,4495	0,9093	0,0218	-3,82585
	45°C	318	0,00314	y = -0,0295x + 2,5907	0,9549	0,0295	-3,52337
	55°C	328	0,00305	y = -0,0349x + 2,7146	0,968	0,0349	-3,35527

Hubungan 1/T dengan ln k Kemasan Jar



Hubungan 1/T dengan ln k Kemasan PP Vakum





4. Menentukan Energi Aktivasi dan Faktor Frekuensi

Sampel	$y = a+bx$	R^2	R	Ea/R	Ea	$\ln k_0$	k_0
Kemasan Jar	$y = 10208x - 35,643$	0,9842	1,986	10208	20273,09	35,643	$3,01688 \cdot 10^{15}$
Kemasan PP Vakum	$y = 9367,3x - 32,795$	0,8931	1,986	9367,3	18603,46	32,795	$1,74859 \cdot 10^{14}$
Kemasan SAF	$y = 12487x - 43,028$	0,9922	1,986	12487	24799,18	43,028	$4,86209 \cdot 10^{18}$

Keterangan: R = konstanta gas (1,986 kal/mol); Ea = slope (Ea/R) x R; $k_0 = \exp(\ln k_0)$

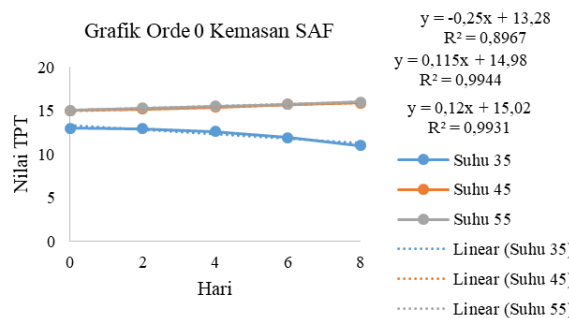
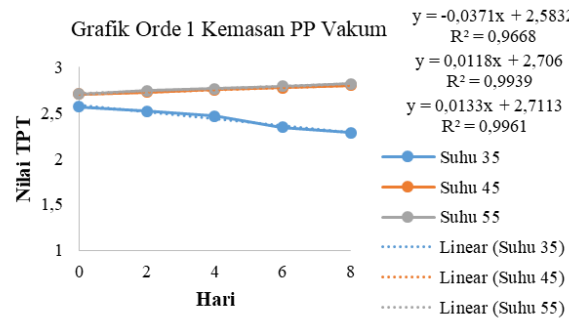
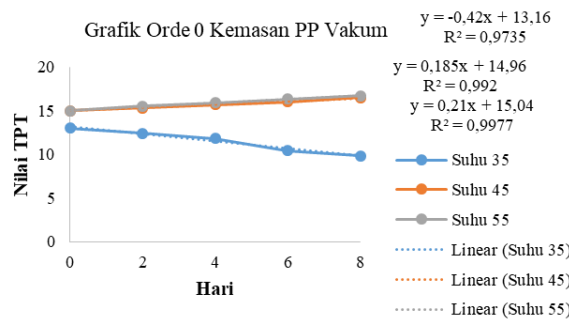
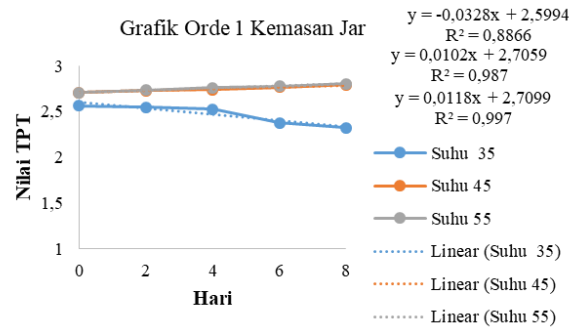
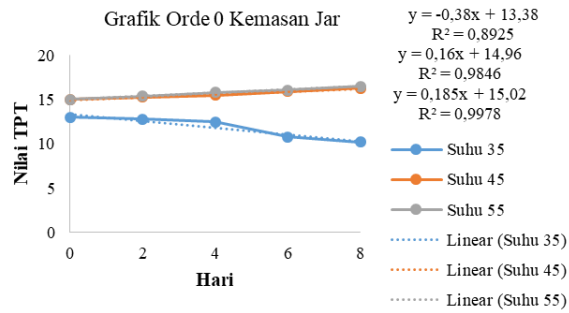
5. Model Kinetika Persamaan Arrhenius

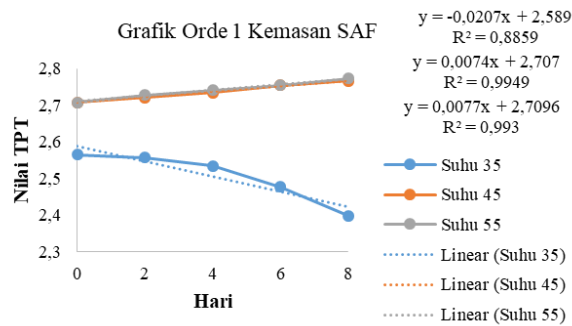
Sampel	Persamaan Arrhenius
Kemasan Jar	$k = 3,01688 \cdot 10^{15} e^{-10208(1/T)}$
Kemasan PP Vakum	$k = 1,74859 \cdot 10^{14} e^{-9367,321(1/T)}$
Kemasan SAF	$k = 4,86209 \cdot 10^{18} e^{-12487(1/T)}$

d. Parameter TPT

1. Menentukan Orde

Sampel	Suhu	Orde 0	Orde 1
Kemasan Jar	35°C	0,9691	0,9683
	45°C	0,9846	0,987
	55°C	0,9978	0,997
Kemasan PP Vakum	35°C	0,9735	0,9668
	45°C	0,992	0,9939
	55°C	0,9977	0,9961
Kemasan SAF	35°C	0,8967	0,8859
	45°C	0,9944	0,9949
	55°C	0,9931	0,993



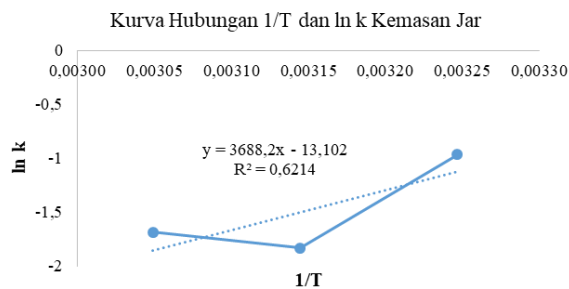


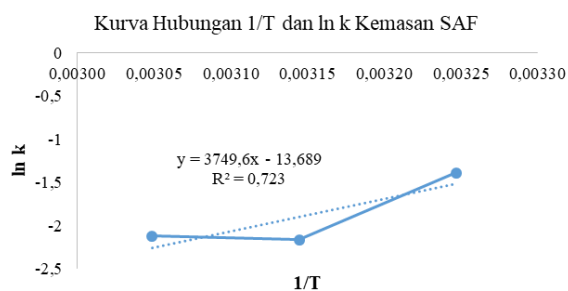
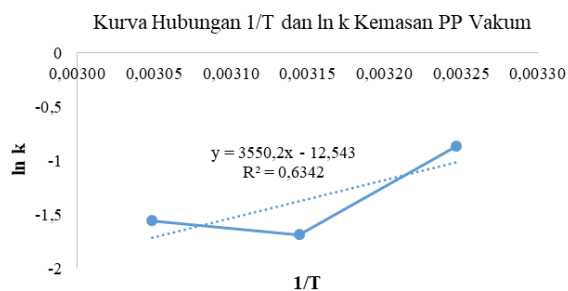
2. Menentukan Orde Terpilih

Sampel	Suhu	Orde 0	Orde 1	Orde Tertinggi	Orde Terpilih
Kemasan Jar	35°C	0,9691	0,9683	0	0
	45°C	0,9846	0,987	1	
	55°C	0,9978	0,997	0	
Kemasan PP Vakum	35°C	0,9735	0,9668	0	0
	45°C	0,992	0,9939	0	
	55°C	0,9977	0,9961	0	
Kemasan SAF	35°C	0,8967	0,8859	0	0
	45°C	0,9944	0,9949	1	
	55°C	0,9931	0,993	0	

3. Menentukan Nilai T, 1/T, dan ln k

Sampel	Suhu	T (K)	1/T (K)	$y = a+bx$	R^2	Slope (k)	ln k
Kemasan Jar	35°C	308	0,00325	$y = -0,38x + 13,22$	0,9691	0,038	-
	45°C	318	0,00314	$y = 0,16x + 14,96$	0,9846	0,16	-1,83258
	55°C	328	0,00305	$y = 0,185x + 15,02$	0,9978	0,185	-1,6874
Kemasan PP Vakum	35°C	308	0,00325	$y = -0,42x + 13,16$	0,9735	0,42	-0,8675
	45°C	318	0,00314	$y = 0,185x + 14,96$	0,992	0,18	-1,6874
	55°C	328	0,00305	$y = 0,21x + 15,04$	0,9977	0,21	-1,56065
Kemasan SAF	35°C	308	0,00325	$y = -0,25x + 13,28$	0,8967	0,25	-1,38629
	45°C	318	0,00314	$y = 0,115x + 14,98$	0,9944	0,115	-2,16282
	55°C	328	0,00305	$y = 0,12x + 15,02$	0,9931	0,12	-2,12026





4. Menentukan Energi Aktivasi dan Faktor Frekuensi

Sampel	$y = a+bx$	R^2	R	Ea/R	Ea	$\ln k_0$	k_0
Kemasan Jar	$y = 3688,2x - 13,102$	0,6214	1,986	3688,2	7234,765	13,102	489921,278
Kemasan PP Vakum	$y = 3550,2x - 12,543$	0,6342	1,986	3550,2	7050,697	12,543	280127,462
Kemasan SAF	$y = 3749,6x - 13,689$	0,723	1,986	3749,6	7446,706	13,689	881164,8462

Keterangan: R = konstanta gas (1,986 kal/mol); Ea = slope (Ea/R) x R; $k_0 = \exp (\ln k_0)$

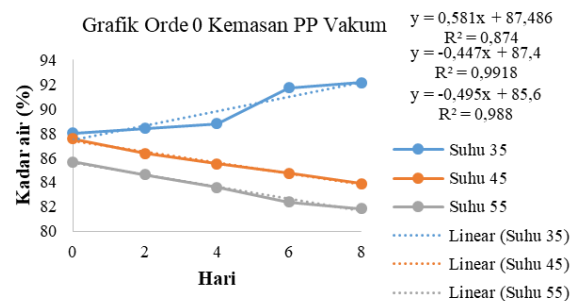
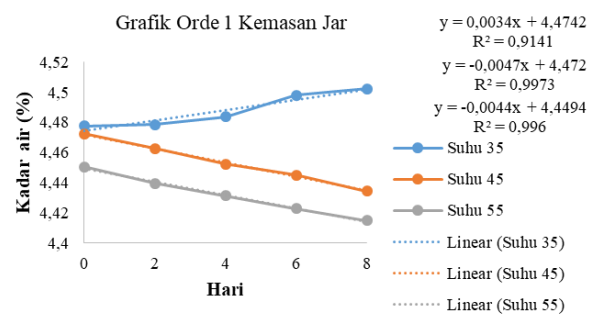
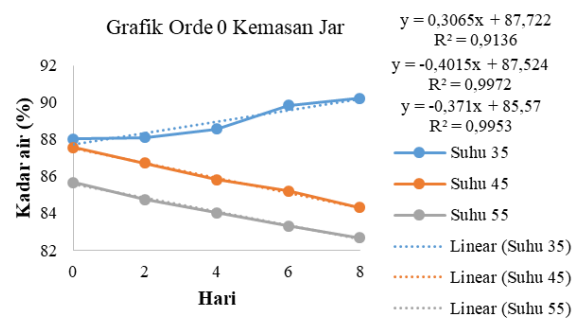
5. Model Kinetika Persamaan Arrhenius

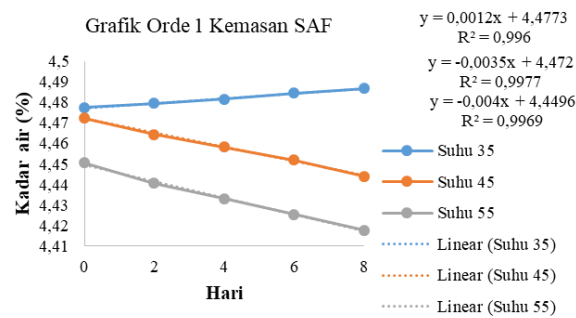
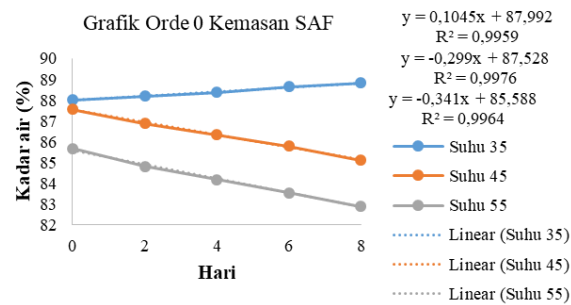
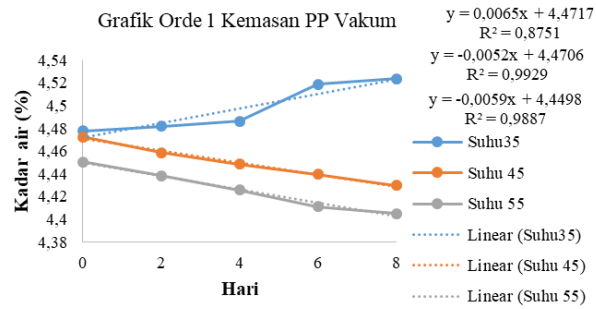
Sampel	Persamaan Arrhenius
Kemasan Jar	$k = 489921,278 e^{-3688,2(1/T)}$
Kemasan PP Vakum	$k = 280127,462 e^{-3550,2(1/T)}$
Kemasan SAF	$k = 881164,8462 e^{-3749,6(1/T)}$

e. Parameter Kadar Air

1. Menentukan Orde

Sampel	Suhu	Orde 0	Orde 1
Kemasan Jar	35°C	0,9136	0,9141
	45°C	0,9806	0,9816
	55°C	0,9953	0,996
Kemasan PP Vakum	35°C	0,874	0,8751
	45°C	0,9918	0,9929
	55°C	0,988	0,9887
Kemasan SAF	35°C	0,9959	0,996
	45°C	0,9976	0,9979
	55°C	0,9964	0,9969



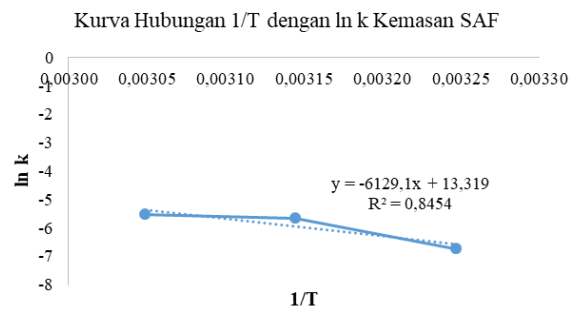
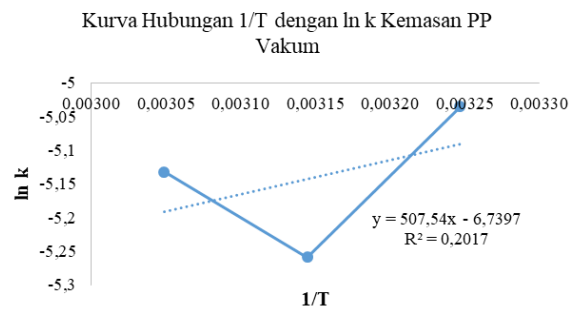
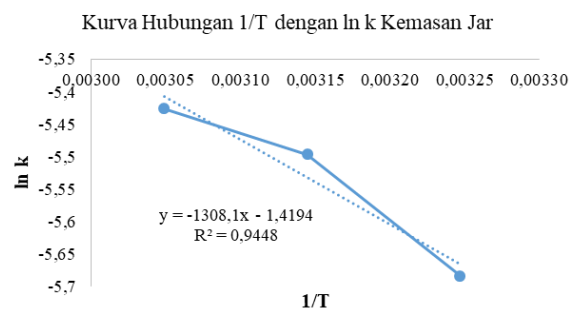


2. Menentukan Orde Terpilih

Sampel	Suhu	Orde 0	Orde 1	Orde Tertinggi	Orde Terpilih
Kemasan Jar	35°C	0,9136	0,9141	1	1
	45°C	0,9806	0,9816	1	
	55°C	0,9953	0,996	1	
Kemasan PP Vakum	35°C	0,874	0,8751	1	1
	45°C	0,9918	0,9929	1	
	55°C	0,988	0,9887	1	
Kemasan SAF	35°C	0,9959	0,996	1	1
	45°C	0,9976	0,9979	1	
	55°C	0,9964	0,9969	1	

3. Menentukan Nilai T, 1/T, dan ln k

Sampel	Suhu	T (K)	1/T (K)	$y = a+bx$	R^2	Slope (k)	ln k
Kemasan Jar	35°C	308	0,00325	$y = 0,0034x + 4,4742$	0,9141	0,0034	-5,68398
	45°C	318	0,00314	$y = -0,0041x + 4,4709$	0,9816	0,0041	-5,49677
	55°C	328	0,00305	$y = -0,0044x + 4,4494$	0,996	0,0044	-5,42615
Kemasan PP Vakum	35°C	308	0,00325	$y = 0,0065x + 4,4717$	0,8751	0,0065	-5,03595
	45°C	318	0,00314	$y = -0,0052x + 4,4706$	0,9929	0,0052	-5,2591
	55°C	328	0,00305	$y = -0,0059x + 4,4498$	0,9887	0,0059	-5,1328
Kemasan SAF	35°C	308	0,00325	$y = 0,0012x + 4,4773$	0,996	0,0012	-6,72543
	45°C	318	0,00314	$y = -0,0035x + 4,472$	0,9979	0,0035	-5,65499
	55°C	328	0,00305	$y = -0,004x + 4,4496$	0,9969	0,004	-5,52146



4. Menentukan Energi Aktivasi dan Faktor Frekuensi

Sampel	$y = a+bx$	R^2	R	Ea/R	Ea	$\ln k_0$	k_0
Kemasan Jar	$y = -1308,1x - 1,4194$	0,9448	1,986	1308,1	2597,887	1,4194	4,134638913
Kemasan PP Vakum	$y = 509,6x - 6,7527$	0,1707	1,986	509,6	1012,066	6,7527	856,367837
Kemasan SAF	$y = -6129,1x + 13,319$	0,8454	1,986	6129,1	12172,39	13,319	608650,8102

Keterangan: R = konstanta gas (1,986 kal/mol); Ea = slope (Ea/R) x R; $k_0 = \exp (\ln k_0)$

5. Model Kinetika Persamaan Arrhenius

Sampel	Persamaan Arrhenius
Kemasan Jar	$k = 4,134638913 e^{-1308,1(1/T)}$
Kemasan PP Vakum	$k = 856,367837 e^{-509,6(1/T)}$
Kemasan SAF	$k = 608650,8102 e^{-6129,1(1/T)}$

Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian



Buah Tomat Segar



Pencucian Tomat



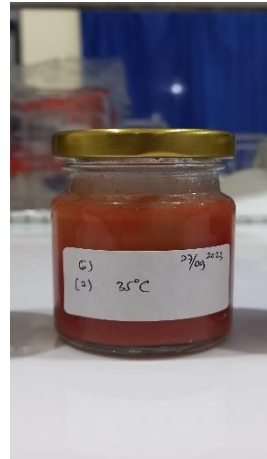
Penghalusan Tomat



Pelarutan Gum Arab



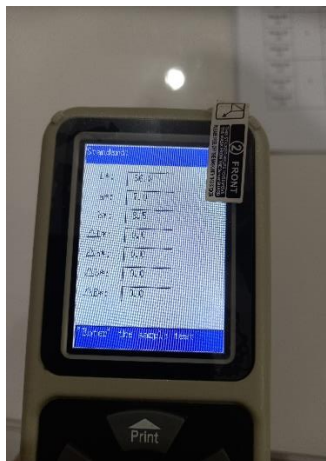
Pemasakan Bubur Tomat



Hasil Akhir *Puree*



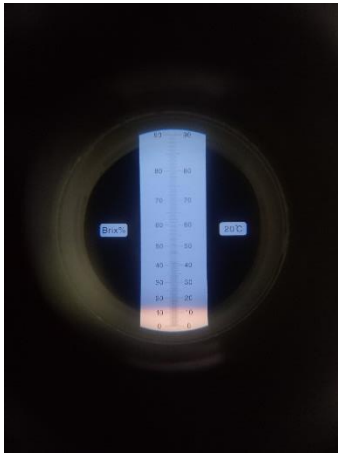
Pengemasan *Puree* Tomat



Uji Warna



Uji Kadar Air



Uji TPT



Uji pH



Penyimpanan di Inkubator