PENDUGAAN UMUR SIMPAN PRODUK TUTUG ONCOM YANG DIKEMAS DALAM *STANDING POUCH* MENGGUNAKAN METODE *ACCELERATED SHELF-LIFE TESTING (ASLT)*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir

Teknik Program Studi Teknologi Pangan

Oleh:

Angga Erlangga

20.3020.168

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PASUNDAN

BANDUNG

2025

PENDUGAAN UMUR SIMPAN PRODUK TUTUG ONCOM YANG DIKEMAS DALAM *STANDING POUCH* DENGAN METODE *ACCELERATED SHELF-LIFE TESTING (ASLT)*

Lembar Pengesahan

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir

Teknik Program Studi Teknologi Pangan

Oleh :

Angga Erlangga

20.302.0168

Menyetujui :

Pembimbing Utama

(Dr. Istiyati Inayah, S.Si., M.Si)

PENDUGAAN UMUR SIMPAN PRODUK TUTUG ONCOM YANG DIKEMAS DALAM *STANDING POUCH* DENGAN METODE *ACCELERATED SHELF-LIFE TESTING (ASLT)*

Lembar Pengesahan

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir

Teknik Program Studi Teknologi Pangan

Oleh :

Angga Erlangga

20.302.0168

Menyetujui :
Koordinator Tugas Akhir

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

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatu

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis diberikan kesehatan dan kemampuan serta kelancaran sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "***Pendugaan Umur Simpan Produk Tutug Oncom yang Dikemas Dalam Standing Pouch Dengan Metode Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT)***".

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan kurikulum yang wajib dilaksanakan oleh mahasiswa dalam menyelesaikan pendidikan di Prodi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan Bandung. Dalam penyusunan tugas akhir ini tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu, tak lupa penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Dr.Istiyati Inayah, S.SI.,M.SI., selaku pembimbing utama yang membantu dalam memberikan pengarahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Dr. Ir. Nana Sutisna Achyadi, M.P dan Dr.Yellianty, S.Si.,M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, masukan dan sarannya kepada penulis.
3. Jaka Rukmana, S.T.,M.T selaku Ketua Prodi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung.
4. Rizal Maulana Ghaffar.S.T.,M.T, selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknologi Pangan Universitas Pasundan Bandung
5. Kedua orang tua Ibu Nani Nuraeni dan Bapa Yudi Sukarya, serta kaka Agif dan Ervina tercinta yang selama ini tidak henti-hentinya memberikan doa, restu, semangat dan kasih sayang kepada penulis.

6. Nurulazmi Zakiah Samilah yang telah memberikan dukungan dan bantuan yang sangat berarti sepanjang proses penulisan ini. Keberhasilan penulisan ini tidak lepas dari kontribusi serta dorongannya yang tulus.
7. Terima kasih kepada diriku sendiri yang tidak pernah menyerah meski berkali-kali ingin berhenti. Terima kasih sudah berani melangkah, bertahan dalam lelah, dan tetap percaya bahwa setiap usaha akan berbuah hasil. Semua perjalanan ini tidak mudah, namun aku berhasil melewatinya. Untuk itu, aku berhutang pada diriku sendiri: rasa bangga, rasa syukur, dan janji untuk terus melangkah lebih kuat lagi.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu, yang telah membantu penyusun.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata kesempurnaan. Oleh karena itu penulis menerima kritik serta saran yang membangun dari pihak manapun. Penulis juga berharap penyusunan Tugas Akhir ini dapat memberikan banyak manfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi seluruh pihak

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **iii**
DAFTAR TABEL ..... **v**
DAFTAR GAMBAR ..... **vi**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **vii**
ABSTRAK ..... **viii**
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian 5
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.5 Kerangka Pemikiran 5
1.6 Hipotesis Penelitian Tempat dan waktu penelitian 6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Oncom 7
2.1.1 Kedelai Sebagai Bahan Dasar Oncom Merah 9
2.1.2 Kandungan Gizi 11
2.1.3 Khasiat Oncom 12
2.2 Bahan Penunjang 13
2.2.1 Yeast 13
2.2.2 Air 15
2.2.3 Garam 16
2.3 Umur Simpan 17
2.3.1 Defenisi Umur Simpan 17
2.3.2 Faktor Yang berpengaruh Terhadap Umur Simpan Produk 18
2.3.3 Prinsip Dasar Pendugaan Self-life 20
2.3.4 Penentuan Umur Simpan 21

2.4 Metode *Accelerated Shelf Life Test (ASLT)* 22
2.5 Pengemasan 25
2.5.1 Plastik 26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 28
3.1 Bahan dan Alat Penelitian 28
3.1.1 Bahan Penelitian 28
3.1.2 Alat Penelitian 28
3.2 Metode Penelitian 28
3.2.1 Pembuatan Tutug Oncom 28
3.2.2 Analisis Proksimat Tutug Oncom 30
3.2.3 Penentuan Batas Kritis 31
3.2.4 Penelitian Utama 33
3.3. Jadwal Penelitian 41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 42
4.1 Penelitian Pendahuluan 42
4.1.1 Pembuatan Tutug Oncom 42
4.1.2 Analisis Proksimat 42
4.1.3 Penentuan Batas Kritis 43
4.1.4 Pendugaan Umur Simpan 44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 51
5.1 Kesimpulan 51
5.2 Saran 51
DAFTAR PUSTAKA 52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.2 Kandungan gizi per 100 gram oncom dan kedelai 11
Tabel 3.2.3 Rancangan pengujian hedonik.....32
Tabel 3.2.4 Prosedur Pengujian TPC.....33
Tabel 3.3 Jadwal Penelitian. 41
Tabel 4.1.2 Hasil Analisis Proksimat..... 42
Tabel 4.1.3 Penerimaan data panelis Uji Organoleptik 43
Tabel 4.1.4 Titik Kritis Mikroba tutug oncom..... 44
Tabel 4.1.5 Hasil Analsis penentuan umur simpan dengan TPC..... 45
Tabel 4.1.6 Persamaan regresi linier ordo 0 dan ordo 1 47
Tabel 4.1.7 Persamaan regresi linier parameter total mikroba 48
Tabel 4.1.8 Nilai Slope dan Intercept 49
Tabel 4.1.9 Data perhitungan TPC suhu penyimpana tutug oncom 49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Tutug Oncom.....29
Gambar 2. Diagram Korelasi Antara Lama Peyimpanan….....35
Gambar 3. Plot Arrhenius Grafik Hubungan Antara 1n k dengan 1/T.....36
Gambar 4. Diagram Alir Organoleptik.....39
Gambar 5. Diagram Alir Penelitian Analisis Proksimat.....40
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian Utama 40
Gambar 7. Grafik Hubungan antara lama penyimpanan mutu ordo 0 46
Gambar 8. Grafik Hubungan antara lama penyimpanan mutu ordo 1 46
Gambar 9. Grafik Hubungan antara ln k dengan 1/T Tutug Oncom.....48
Gambar 10. Preparasi alat pengujian TPC.....71
Gambar 11. Pembuatan NA.....71
Gambar 12. Pemanasan NA.....71
Gambar 13. Proses pengambilan larutan sampel hasil pengenceran 72
Gambar 14. Hasil pertumbuhan koloni mikroba pada media PCA (Plate Count Agar) sebagai hasil analisis Total Plate Count (TPC)..... .72
Gambar 15. Penyimpanan sampel pada suhu 25℃ ..... .73
Gambar 16. Penyimpanan suhu 35℃..... .73
Gambar 17. Penyimpanan suhu 45℃..... .73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Analisis Proksimat 56
Lampiran 2. Lembar Uji Organoleptik Tutug Oncom 59
Lampiran 3. Penentuan Batas Titik Kritis 60
Lampiran 4. Data Hasil Uji Organoleptik..... 61
Lampiran 5. Perhitungan hasil analisis parameter jumlah mikroba TPC.....62
Lampiran 6. Perhitungan persamaan regresi linier ordo 0 dan ordo 1 64
Lampiran 7. Perhitungan persamaan regresi linier parameter total mikroba 67
Lampiran 8. Perhitungan nilai slope dan intercept.....68
Lampiran 9. Perhitungan umur simpan variasi suhu tutug oncom TPC 70
Lampiran 10. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian..... 71

ABSTRAK

Tutug oncom merupakan salah satu produk pangan tradisional yang memiliki potensi besar sebagai produk siap saji. Namun, umur simpan produk ini terbatas karena kerentanannya terhadap kerusakan mikrobiologis dan oksidatif. Penelitian ini bertujuan untuk menduga umur simpan tutug oncom yang dikemas dalam standing pouch dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) melalui pendekatan Arrhenius berdasarkan parameter *Total Plate Count* (TPC). Penelitian dilakukan *Total Plate Count* (TPC) pada tiga suhu penyimpanan, yaitu 25°C, 35°C, dan 45°C, dengan pengujian dilakukan pada suhu ekstrem 45°C, sementara pengujian organoleptik dilakukan pada hari ke-0, 3, 6, 9, 12, dan 15.

Penelitian dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah menentukan batas titik kritis dengan menganalisis respon panelis secara organoleptik pada atribut rasa, aroma, tekstur, dan warna selama waktu penyimpanan. Tahap kedua adalah pendugaan umur simpan menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) dengan pendekatan Arrhenius parameter TPC.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa umur simpan berdasarkan parameter Total Plate Count (TPC) pada suhu 25°C, 35°C, dan 45°C berturut-turut adalah 25 hari, 20 hari, dan 17 hari. Penelitian ini menyimpulkan bahwa peningkatan suhu mempercepat kerusakan mikrobiologis dan oksidatif pada tutug oncom, sehingga penyimpanan pada suhu rendah sangat disarankan untuk memperpanjang umur simpan produk.

Kata kunci : Tutug Oncom, umur simpan, metode ASLT, pendekatan arrhenius

ABSTRACT

Tutug oncom is a traditional food product with significant potential as a ready-to-eat product. However, its shelf life is limited due to its susceptibility to microbiological and oxidative spoilage. This study aims to estimate the shelf life of tutug oncom packaged in standing pouches using the Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) method through the Arrhenius approach based on the parameters of Total Plate Count (TPC). The study was conducted at three different storage temperatures, namely 25°C, 35°C, and 45°C, with testing carried out at the extreme temperature of 45°C. TPC analyses were performed on days 0, 2, 4, 6, and 10, while organoleptic testing was conducted on days 0, 3, 6, 9, 12, and 15.

The study consisted of two phases. The first phase was to determine the critical limit by analyzing panelist responses to organoleptic attributes such as taste, aroma, texture, and color during the storage period. The second phase was to estimate the shelf life using the Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) method with the Arrhenius approach based on the TPC parameters.

The results showed that the shelf life based on the Total Plate Count (TPC) parameter at 25°C, 35°C, and 45°C was 25 days, 20 days, and 17 days, respectively. Meanwhile. This study concludes that increasing storage temperature accelerates microbiological and oxidative spoilage in tutug oncom, thus recommending low-temperature storage to extend the product's shelf life.

Keyword :Tutug Oncom, shelf life, ASLT method, arrhenius

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Makanan tradisional khas Tasikmalaya dipandang sebagai suatu keahlian dalam menyajikan nasi tutug oncom khas daerah tersebut. Nasi tutug oncom adalah salah satu hidangan khas tradisional Tasikmalaya yang terbuat dari nasi yang dicampur dengan oncom yang telah digoreng atau dibakar. Biasanya hidangan ini disajikan dalam keadaan hangat. Secara etimologi, kata 'tutug' dalam Bahasa Sunda berarti menumbuk. Proses mencampur dan menumbuk nasi dengan oncom inilah yang memberikan nama pada hidangan ini, yaitu tutug oncom. Nasi tutug oncom telah dikenal luas sebagai makanan tradisional khas Tasikmalaya (Surya, R. and Romulo, A, 2023).

Oncom adalah makanan yang memiliki sejarah yang panjang. Menurut Fadly Rahman, seorang sejarawan kuliner, masyarakat telah mengonsumsi makanan fermentasi ini sejak abad ke-17, saat yang sama ketika tempe juga ditemukan. Seperti tempe, masyarakat Indonesia mengolah makanan dengan melakukan fermentasi terhadap sisa-sisa bungkil kacang tanah, ampas tahu, ampas kedelai, dan bahkan ampas kelapa. Meskipun begitu, asal-usul nama "oncom" masih belum diketahui hingga saat ini. Nama "oncom" pertama kali muncul sekitar abad ke-19 hingga awal abad ke-20 dalam banyak laporan dari ahli botani, ahli pangan, dan ahli gizi Belanda pada masa itu. Dalam catatan-catatan tersebut, disebutkan tentang popularitas oncom di kalangan produsen dan konsumen pribumi. Selain itu, dalam laporan yang diterbitkan pada tahun 1924 juga mengungkapkan distribusi oncom di pasar serta bagaimana makanan ini dijual untuk kebutuhan konsumsi sehari-hari masyarakat pada masa itu.

Di pasar tradisional di Indonesia, terutama di Jawa Barat, terdapat dua varian oncom yang umum: oncom merah dan oncom hitam. Kedua jenis ini dinamai

berdasarkan penampilan mereka yang ditentukan oleh warna spora kapang utama yang digunakan dalam proses fermentasi. Oncom merah dibuat dari ampas kedelai sisa pembuatan tahu dengan melibatkan proses fermentasi menggunakan *Neurospora sp*. seperti N. *sitophila*, N. *crassa*, atau N. intermedia. Sementara itu, oncom hitam dibuat dari ampas kacang tanah yang tersisa setelah pembuatan minyak kacang dengan difermentasi menggunakan *Rhizopus oligosporus* dan *Mucor sp*. (Surono, 2016).

Dalam beberapa kasus, oncom merah juga dapat dihasilkan dari ampas kacang tanah yang difermentasi menggunakan *Neurospora sp*. pembentuk spora berwarna merah/oranye, seperti yang terjadi pada oncom Bandung dari Jawa Barat. *Rhizopus oligosporus* juga merupakan mikroorganisme utama dalam fermentasi tempe, makanan kedelai tradisional Indonesia yang populer di kalangan vegetarian di seluruh dunia (Ahnan-Winarno dkk., 2021; Romulo dan Surya, 2021).

Pelengkap hidangan dalam masakan Sunda merupakan hal yang wajib karena dalam budaya Sunda, makan tanpa sambal rasanya kurang nikmat dan kurang sempurna. Sebagai pelengkap makan, orang Sunda mengenal lalab, lalapan, yaitu sayur mayur yang dimakan bersama sambal, sambal. (Dinas Kebudayaan Jawa Barat : 2005, hlm 32).

Berbagai upaya perlu dilakukan untuk meningkatkan umur simpan oncom agar oncom dapat dikonsumsi oleh masyarakat sepanjang waktu. Pada tahun 2018 telah dilaporkan proses pembuatan oncom merah instan dengan perlakuan awal pemanasan basah pada oncom merah sebelum dilakukan instanisasi (Zamakhsyari dkk., 2018).

Standing pouch adalah jenis kemasan plastik *polipropilen* yang sering digunakan untuk produk dalam bentuk padat, kering, maupun cair. Kemasan ini dianggap higienis karena dapat ditutup rapat, sehingga tidak ada celah bagi udara luar untuk masuk yang dapat menyebabkan kontaminasi. Selain itu, kemasan *standing pouch* ini mempunyai kelebihan dari sisi desainnya yang mudah

dikostumisasi (mudah disesuaikan dengan kebutuhan) serta posisinya yang dapat berdiri tegak dan membuat desain tersebut mudah untuk dilihat (Istini, 2019).

Kemasan *standing pouch* efektif memperpanjang umur simpan produk dengan melindungi dari kelembapan, oksigen, dan cahaya, sehingga memperlambat pembusukan. Kemasan ini praktis berkat fitur *resealable* seperti *zip-lock* yang menjaga kesegaran produk setelah dibuka. Lebih ringan dan fleksibel dibandingkan kaleng atau botol, *standing pouch* mengurangi biaya pengiriman dan lebih ramah lingkungan. Desainnya yang menarik dan kemampuan berdiri tegak meningkatkan daya tarik di rak toko, serta menyediakan ruang lebih untuk *branding* dan informasi produk, penting untuk strategi pemasaran yang efektif. Bahan kemasan dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik produk untuk perlindungan maksimal.

Menentukan umur simpan suatu produk pangan sangatlah penting karena informasi ini berkaitan dengan produsen, penjual, distributor, dan konsumen. Pendugaan umur simpan diperlukan untuk mengevaluasi kelayakan, kandungan gizi, dan perubahan citarasa pada produk pangan selama masa penyimpanan. pengguanan kemasan yang berbeda, juga memiliki kemampuan menjaga kualitas produk dan umur simpan yang berbeda pula.

Saat ini, kesadaran masyarakat terhadap pangan, nilai gizi, dan keamanan pangan semakin meningkat. Kualitas bahan makanan yang dikonsumsi menjadi perhatian khusus karena banyak orang yang mengalami keracunan atau gangguan pencernaan akibat konsumsi makanan yang tercemar atau sudah kadaluwarsa. Beberapa faktor yang dapat memengaruhi keamanan pangan meliputi cemaran mikrobiologis, logam berat, dan bahan kimia berbahaya bagi kesehatan. Mikroorganisme pada makanan dapat berasal dari tanah, udara, dan air selama proses pencucian maupun pengolahan. Keamanan pangan penting memastikan bahwa makanan yang dikonsumsi aman dan layak (Deswita dkk., 2013).

Umur simpan adalah periode waktu antara produksi hingga saat akhir di mana produk masih dapat dipasarkan dengan kualitas terbaiknya. Umur simpan juga dapat diartikan sebagai jangka waktu di mana produk mengalami penurunan

kualitas tertentu karena proses degradasi, yang membuat produk tidak layak dikonsumsi atau tidak memenuhi standar kualitas yang dijanjikan (Arpah, 2001).

Umur simpan adalah rentang waktu yang dimiliki produk pangan mulai dari saat diproduksi hingga dikonsumsi sebelum produk pangan mengalami penurunan kualitas atau tidak layak untuk dikonsumsi. Ada dua macam metode yang dapat digunakan dalam pendugaan umur simpan suatu produk pangan yaitu metode konvensional dan metode akselerasi. Metode konvensional dilakukan dengan menyimpan produk pangan sampai mengalami kerusakan sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama. Sedangkan, metode akselerasi biasa disebut dengan metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) dapat digunakan untuk memperpendek waktu penentuan umur simpan suatu produk, yaitu dengan cara mempercepat terjadinya reaksi penurunan mutu produk pada suatu kondisi penyimpanan yang ekstrim. Umur simpan termasuk salah satu hal penting yang harus ada pada setiap produk pangan baik pangan kering, basah dan semi basah (Herawati, H. 2008).

Umur simpan atau *shelf life* adalah periode waktu dari produksi hingga konsumsi suatu produk sebelum produk mengalami penurunan kualitas atau kerusakan sehingga tidak layak dikonsumsi, dan hal ini berkaitan dengan kualitas pangan. Pengujian umur simpan akan menunjukkan seberapa lama produk dapat mempertahankan kualitas yang sama selama masa penyimpanan. Selama periode umur simpan, produk harus tetap memiliki kandungan gizi yang sesuai dengan informasi yang tertera pada kemasan, serta menjaga tampilan, aroma, tekstur, rasa, fungsi, dan keamanan produk. Nilai umur simpan dihitung sejak produk diproduksi atau dikemas.

Berdasarkan uraian di atas, belum ada penelitian yang meneliti terkait penggunaan kemasan *standing pouch* terhadap umur simpan nasi tutug oncom, sehingga peneliti tertarik untuk mengeksplorasi potensi kemasan ini dalam memperpanjang umur simpan produk tradisional tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan dalam penelitian ini adalah berapa lama umur simpan tutug oncom dalam kemasan *standing pouch* menggunakan metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) dapat menjadi pendekatan yang efektif untuk mengukur dan memperkirakan umur simpan produk tersebut.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui umur simpan pada produk tutug oncom dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai pengaruh pendugaan umur simpan tutug oncom dalam kemasan *standing pouch* dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT).

1.4. Manfaat Penelitian

Berdasarkan pemaparan di atas, maka manfaat penelitiannya adalah sebagai berikut:

1. Bagi konsumen
   a. Mengetahui kualiatas suatu produk sebelum mengonsumsinya sehingga memastikan suatu produk aman untuk dikonsumsi.
   b. Sebagai petunjuk bagi konsumen seberapa lama produk tersebut bisa disimpan (sesuai dengan saran penyimpanan) sebelum produk mengalami penurunan kualitas.
2. Bagi perusahaan
   a. Meningkatkan kualitas produk sehingga memiliki daya simpan umur produk lebih lama.
   b. Mengembangkan berbagai produk dari tutug oncom dengan daya simpan umur produk lebih baik.

1.5. Kerangka Pemikiran

Metode ASLT memungkinkan percepatan proses penentuan umur simpan dengan mensimulasikan kondisi penyimpanan ekstrim yang mempercepat reaksi

penurunan mutu produk. Dengan demikian, waktu yang diperlukan untuk mengukur umur simpan dapat dipersingkat secara signifikan. Pendekatan ini tidak hanya memberikan estimasi yang cepat namun juga akurat mengenai berapa lama produk tutug oncom dapat mempertahankan kualitasnya dalam kemasan tertentu sebelum terjadi degradasi yang berarti.

Penelitian menunjukkan ASLT efektif dalam memperkirakan umur simpan berbagai produk pangan seperti abon, jus, dan makanan ringan, dengan akurasi tinggi dalam waktu singkat. ASLT melibatkan penyimpanan produk pada suhu tinggi untuk mempercepat reaksi kimia, sehingga umur simpan dapat diprediksi lebih cepat.

Standing pouch dipilih sebagai solusi pengemasan karena melindungi produk dari udara dan kelembaban, yang dapat mempercepat penurunan mutu. Terbuat dari bahan *multi-layer*, *standing pouch* mengurangi permeabilitas oksigen dan uap air, memperlambat oksidasi dan kontaminasi mikroba.

Dalam penelitian ini, tutug oncom dalam *standing pouch* akan disimpan pada kondisi suhu dan kelembaban tinggi untuk mempercepat degradasi.

1.6. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran diatas maka di susun penelitian sebagai penggunaan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) dapat digunakan untuk memperkirakan umur simpan akan efektif dalam mengukur dan memperkirakan umur simpan produk tutug oncom dalam kemasan *standing pouch*.

1.7. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Penelitian Teknologi Pangan Universitas Pasundan Jalan Dr Setiabudi No. 193 Bandung dengan waktu penelitian mulai dari bulan April sampai selesai.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Oncom

Oncom merupakan salah satu produk olahan fermentasi yang berasal dari daerah Jawa Barat. Melalui proses fermentasi, oncom memiliki aroma dan cita rasa yang khas karena terjadi peruraian struktur kimia bahan-bahan bersifat kompleks menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana dan mudah dicerna dan diserap oleh tubuh (Zamakhsyari dkk., 2018).

Proses fermentasi yang dilakukan oleh kapang *Neurospora sitophila* dan *Rhizopus oligosporus* dapat mencegah efek *flatulensi* (perut kembung). Selama fermentasi oncom, kapang ini menghasilkan enzim *alpha-galaktosidase* yang mampu menguraikan *rafinosa* dan *stakhiosa* dalam kedelai hingga mencapai level yang sangat rendah, sehingga mengurangi pembentukan gas.

Tutug oncom memiliki kualitas yang sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor utama seperti kadar air, ketengikan, dan preferensi organoleptik masyarakat. Kadar air yang ideal dalam oncom sangat penting untuk mencegah mikroorganisme yang bisa menyebabkan pembusukan, sehingga memperpanjang umur simpannya. Ketengikan, yang muncul karena oksidasi lemak, dapat mengurangi rasa dan aroma, sehingga kontrol terhadap kadar lemak dan penyimpanan yang baik sangat diperlukan untuk menjaga kualitasnya. Selain itu, standar pengolahan oncom yang baik, termasuk proses fermentasi yang tepat dan penggunaan bahan baku berkualitas, akan memastikan produk yang aman, konsisten dalam tekstur, rasa, dan aroma. Surya, R. and Romulo, A. (2023).

Secara sensoris, masyarakat umumnya menyukai tutug oncom yang memiliki cita rasa gurih dengan sentuhan pedas yang ringan, dilengkapi dengan aroma fermentasi yang khas namun tidak terlalu dominan, serta tekstur yang lembut namun tetap kenyal. Kombinasi cita rasa dan tekstur yang sesuai menjadikan tutug oncom sebagai pilihan favorit di kalangan masyarakat Sunda dan sekitarnya. (Surono, D. 2016).

Menurut Saosono et. al. (1986) dalam Indarto (2010), kapang yang berperan dalam proses fermentasi oncom merah (kapang oncom merah) adalah *Neurospora sp*. Kapang ini mudah tumbuh pada substrat, mempunyai waktu generasi yang pendek, dan miseliumnya terdiri dari hifa yang bercabang, menjulang ke udara, yang mudah dikenal dari kondisinya yang berwarna jingga.

Jenis oncom yang dikenal di masyarakat ada dua, yaitu oncom merah dan oncom hitam. Hal yang membedakan di antara kedua jenis oncom adalah jenis kapang dan bahan baku yang digunakan (Suryadi, 2016). Oncom merah dibuat dari ampas tahu dan difermentasi oleh kapang *Neurospora sitophila*. Kapang *Neurospora sp* merupakan kapang yang umum ditemukan pada oncom merah karena memiliki pertumbuhan yang cepat untuk membentuk warna kuning (Purnamasari dkk., 2013). Sementara itu, oncom hitam dibuat dari bungkil kacang tanah dan difermentasi oleh kapang *Rhizophus oligosporus*. Spora yang dihasilkan berwarna hitam (Sofyan, 2003).

Dalam beberapa kasus, oncom merah juga dapat dihasilkan dari ampas kacang tanah yang difermentasi menggunakan *Neurospora sp*. pembentuk spora berwarna merah/oranye, seperti yang terjadi pada oncom Bandung dari Jawa Barat. *Rhizopus oligosporus* juga merupakan mikroorganisme utama dalam fermentasi tempe, makanan kedelai tradisional Indonesia yang populer di kalangan vegetarian di seluruh dunia (Ahnan-Winarno dkk., 2021; Romulo dan Surya, 2021).

Oncom dipercaya memiliki aktivitas antioksidan karena mengandung *isoflavon* dan *karotenoid*. *Isoflavon* adalah senyawa fitokimia yang umumnya ditemukan pada tanaman polong-polongan yang dapat berperan sebagai antioksidan dan mengurangi stres oksidatif. *Isoflavon* telah dikaitkan dengan pencegahan beberapa penyakit, termasuk hiperkolesterolemia, aterosklerosis, penyakit kardiovaskular, kanker, osteoporosis, dan meredakan gejala menopause pada wanita (Zaheer dan Akhtar, 2017).

Karotenoid, pigmen merah/jingga yang dihasilkan oleh *Neurospora sp*., merupakan kelompok antioksidan kuat yang memiliki rantai poliena panjang

dengan ikatan rangkap terkonjugasi yang memungkinkan transfer elektron di seluruh molekul. *Karotenoid* yang paling melimpah yang memberikan warna pada *Neurospora sp*. adalah *neurosporaxanthin*, likopen, dan g-karoten (Hornero-Méndez dkk., 2018).

Oncom bisa menjadi salah satu sumber alternatif asupan gizi yang baik bagi tubuh. Proses fermentasi yang digunakan dalam pembuatan oncom ini, dapat mengurai struktur kimia dari bahan-bahan pembuatannya menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga akan lebih mudah dicerna dan dimanfaatkan oleh tubuh (Nuraini dkk., 2015).

Selain harga relatif murah, kandungan gizi dalam oncom juga banyak, seperti karbohidrat, protein, lemak, serat, air, zat besi, kalium, serta natrium. Namun kandungan gizi kedua jenis oncom ini sangat berbeda. Hal ini dilihat dari jenis bahan yang dipakai. Oncom hitam mengandung protein lebih besar, yaitu 8,6%. Sedangkan oncom merah mengandung protein sekitar 4,9% saja (Nuraini dkk., 2015).

Oncom segar yang baru jadi hanya dapat bertahan selama 1 – 2 hari pada suhu ruang, setelah itu oncom akan rusak. Kerusakan tersebut disebabkan oleh enzim proteolitik yang mendegradasi protein seingga terbentuk ammonia, yang menyebabkan oncom tidak layak lagi dikonsumsi (Sarwono, 2007). Kualitas dan daya tahan oncom dipengaruhi oleh kapang, bahan baku, dan metode penyimpanannya. Produk fermentasi ini sangat rentan terhadap kontaminasi dari udara. Oleh karena itu, oncom sebaiknya disimpan di tempat yang tidak lembab dan tidak terpapar langsung oleh udara.

2.1.1. Kedelai Sebagai Bahan Dasar Oncom Merah

Menurut Muchtadi (2010) di Indonesia, kacang kedelai merupakan salah satu komoditi pangan utama setelah padi dan jagung. Telah banyak bukti menujukan peranan kedelai sebagai sumber zat-zat gizi bermutu tinggi seperti protein nabati utama bagi masyarakat.

Buah pada tanaman kedelai termasuk buah polong, sebagaimana buah pada familia *Leguminosae* atau *Fabaceae* (polong-polongan). Banyak sedikit polongnya buah yang dihasilkan sangat bergantung pada tingkat kesuburan tanah serta varietasnya. Tanaman kedelai dapat tumbuh dengan baik pada berbagai jenis tanah, selain itu saluran pembuangan air (*drainase)* harus baik dan lancar, persediaan air tanahnya juga harus cukup tersedia selama pertumbuhan tanaman. Sedangkan ketinggian tempat tumbuh dari permukaan air laut yang diinginkannya mulai dari 0 sampai 250 mdpl (meter dari permukaan laut) (Limando, 2014).

Oncom sendiri merupakan makanan olahan berasal dari kedelai, nilai gizinya hampir sama dengan tahu dan tempe, mengandung protein dan lemak yang baik bagi tubuh. Proses pembuatan oncom hampir sama dengan tempe yaitu dengan proses fermentasi yang dilakukan oleh beberapa jenis kapang. Yang membedakan tempe dan oncom adalah tempe sudah dikonsumsi ketika kapang belum menghasilkan spora sedangkan oncom dikonsumsi setelah kapang menghasilkan spora (Nuraini et al 2015).

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 3922:2022, kualitas kedelai yang digunakan harus memenuhi beberapa kriteria mutu. Pertama, ukuran dan penampilan biji kedelai harus seragam dan bebas dari cacat fisik yang signifikan. Selain itu, kadar air maksimal yang diperbolehkan untuk kedelai adalah 14%. Kedelai juga harus memiliki kandungan protein yang cukup tinggi, biasanya di atas 35%. Kebersihan kedelai juga sangat penting, sehingga harus bebas dari kontaminan seperti batu, kotoran, dan biji tanaman lain. Terakhir, kadar kotoran dalam kedelai tidak boleh melebihi 2%.

Standar Nasional Indonesia (SNI) yang mengatur persyaratan mutu untuk kacang kedelai. Dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN), tujuan dari standar ini adalah memastikan kualitas kacang kedelai yang diproduksi dan diperdagangkan di Indonesia memenuhi standar yang telah ditetapkan. Standar ini menggantikan SNI 01-3922-1995, yang sebelumnya menjadi acuan dalam pengelolaan dan pengolahan kedelai di Indonesia.

2.1.2. Kandungan Gizi

Tabel 2.1.2 Kandungan gizi per 100 gram oncom dan kedelai

Zat Gizi	Kadar zat gizi per 100 gram BDD	
	Oncom	**Kedelai**
◉ **Abu (Ash)**	**1,4** gram	**5,5** gram
◉ **Air (Water)**	**57,0** gram	**12,7** gram
◉ **Besi (Fe), Ferrum, Iron**	**27,0** miligram	**10,0** miligram
◉ **β-Karoten (Carotenes)**	-	**237** mikrogram
◉ **Energi (Energy)**	**187** Kalori	**381** Kalori
◉ **Fosfor (P), Phosphorus**	**115** miligram	**682** miligram
◉ **Kalium (K), Potassium**	-	**713,4** miligram
◉ **Kalsium (Ca), Calcium**	**96** miligram	**222** miligram
◉ **Karbohidrat (CHO)**	**22,6** gram	**24,9** gram
◉ **Karoten total (Re)**	-	**31** mikrogram
◉ **Lemak (Fat)**	**6,0** gram	**16,7** gram
◉ **Natrium (Na), Sodium**	-	**210** miligram
◉ **Niasin, $C_6H_5NO_2$, Niacin**	**1,6** miligram	**1,2** miligram
◉ **Protein**	**13,0** gram	**40,4** gram
◉ **Riboflavin (vitamin B2)**	-	**0,12** miligram
◉ **Seng (Zn), Zinc**	-	**3,9** miligram
◉ **Serat (Fiber)**	-	**3,2** gram
◉ **Tembaga (Cu), Copper**	-	**1,58** miligram
◉ **Tiamina (vitamin B1)**	**0,09** miligram	**0,52** miligram

Keterangan.: BDD = berat yang dapat dimakan

Sumber: Daftar Analisis Bahan Makanan, Direktorat Gizi Depkes RI

Nilai gizi oncom sangat bervariasi. Sangat tergantung dari bahan mentah yang dipergunakan. Tapi pada umumnya oncom hitam mempunyai nilai gizi yang lebih baik dan tinggi daripada oncom merah (Sarwono, 1987). Menurut hasil penelitian Dewi Salmet dan Trawotjo (1971) dalam Sarwono (1987) terhadap oncom yang

terdapat di tiga pasar di Kotamadya Bogor, oncom hitam mempunyai kadar protein sebesar 8.6% dan kandungan lemaknya sebesar 3.6%. Sedangkan kandungan protein pada oncom merah ternyata lebih kecil, yakni 4.6% dan kandungan lemaknya sebesar 2.3%. Tetapi khusus untuk oncom merah murni yang terbuat dari bungkil kacang tanah kandungan protein dan lemaknya tak berbeda jauh dengan oncom hitam. Menurut hasil penelitian lain, ada yang mengatakan bahwa kandungan protein pada oncom berkisar antara 10-13%. Seperti pada tempe, oncom juga kaya akan kandungan vitamin, diantaranya kandungan vitamin B1 0.09 mg/100g, vitamin B12 bisa mencapai 31–35 mcg/100g. Selain itu oncom juga banyak mengandung unsur-unsur mineral, yaitu kalsium sebesar 96 mg/100 g, fosfor 115 mg/100g dan besi 27 mg/100 g (Daftar Analisis Bahan Makanan, Direktorat Gizi Depkes RI, 1996).

2.1.3. Khasiat Oncom

Khasiat oncom memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

a. Mencegah Perut Kembung: Proses fermentasi yang dilakukan oleh kapang *Neurospora sitophila* dan *Rhizopus oligosporus* dapat mencegah efek *flatulensi*. Selama fermentasi oncom, kapang ini menghasilkan enzim *alpha-galaktosidase* yang menguraikan *rafinosa* dan *stakhiosa* ke level yang lebih rendah, sehingga tidak menyebabkan pembentukan gas dalam perut yang dapat menyebabkan kembung.

b. Menekan Produksi Racun Aflatoksin: Sanitasi yang baik selama proses pembuatan oncom sangat penting untuk mencegah pertumbuhan mikroba lain seperti *Aspergillus flavus* yang menghasilkan racun aflatoksin, dikenal sebagai pemicu risiko kanker. Kapang *Aspergillus flavus* biasanya ditemukan pada kacang-kacangan, rempah-rempah, dan bahan sereal berkualitas rendah. Penggunaan kapang *Neurospora sitophila* dan *Rhizopus oligosporus* mampu menekan produksi racun aflatoksin.

c. Sumber Gizi dan Energi bagi Tubuh: Oncom mengandung karbohidrat dan protein dalam jumlah tinggi, menjadikannya sumber gizi dan energi

yang baik untuk tubuh. Kandungan gizinya juga bermanfaat untuk pertumbuhan jaringan tubuh pada janin.

d. Menjaga Sistem Pencernaan: Degradasi yang dilakukan oleh kapang selama proses fermentasi menyebabkan penurunan pesat beberapa oligosakarida sederhana seperti sukrosa, rafinosa, dan stakhiosa akibat aktivitas enzim α-galaktosidase yang dihasilkan kapang. Manfaat ini baik untuk menjaga sistem pencernaan, karena rafinosa dan stakhiosa bertanggung jawab atas gejala flatulensi yang muncul saat seseorang mengonsumsi kedelai atau kacang tanah.

e. Mengurangi Kolesterol: Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa oncom efektif dalam mengurangi kadar kolesterol dalam tubuh. Dalam studi yang menggunakan tikus yang diberi diet bebas kolesterol, oncom terbukti dapat mengurangi kadar kolesterol dan meningkatkan ekskresi steroid tinja. Oncom kaya akan protein, dan serat makanan dalam oncom dapat merangsang produksi rantai pendek asam lemak oleh mikroflora usus, yang berdampak pada pengurangan kolesterol akibat efek kolaboratif pepsin, protein, dan isoflavon aglikon.

2.2. Bahan Penunjang

2.2.1. *Yeast*

Mikroorganisme yang terlibat dalam fermentasi meliputi bakteri, protozoa, jamur atau kapang, dan ragi atau yeast. Contoh proses fermentasi mencakup pembuatan tape, tempe, kecap, oncom, roti, brem, keju, dan yogurt. Salah satu contoh fermentasi bahan makanan adalah oncom, di mana mikroorganisme yang digunakan dalam pembuatannya adalah kapang.

Jenis-jenis kapang yang umumnya digunakan dalam pembuatan oncom:

a) *Neurospora sitophila*:

Neurospora sitophila (Neuron: urat saraf atau berurat loreng-loreng, spora, sitsos: makanan, dan philos: menyukai) adalah salah satu spesies dari genus *Neurospora* yang memiliki spora berbentuk seperti urat saraf berloreng-loreng

(Alexopaulos, 2007). *Neurospora sitophila* dikenal juga sebagai jamur oncom. Selama proses fermentasi, *Neurospora sitophila* berkembang biak dan memberi warna kuning-kemerahan pada makanan, menghasilkan oncom merah. *Neurospora sitophila* menghasilkan enzim-enzim yang dapat menghidrolisis sakarida (Matsuo, 2009), sehingga semakin banyak *Neurospora sitophila* yang tumbuh, kadar karbohidrat dalam substrat akan semakin berkurang. Kapang ini juga mengurangi oligosakarida seperti rafinosa dan stakiosa yang terdapat pada kedelai dan kacang tanah, sehingga menghilangkan efek flatulensi (Matsuo, 2009).

Kapang oncom *Neurospora sitophila* menghasilkan enzim lipase yang aktif selama fermentasi (Siswono, 2010). Enzim lipase ini berperan penting dalam menguraikan lemak dalam substrat menjadi gliserol dan asam lemak bebas, serta membentuk sedikit alkohol dan berbagai ester yang beraroma harum (Svendsen, 2010). Tingginya kadar protein menunjukkan proses pertumbuhan yeast yang baik, karena selama pertumbuhannya, yeast menghasilkan berbagai enzim (Sastraatmadja et al., 2010). Kadar lemak yang cukup diperlukan karena ester (komponen lemak) memberikan rasa yang khas pada produk. Menurunnya kadar karbohidrat menunjukkan pertumbuhan yeast yang baik, karena glukosa yang dihasilkan dari pemecahan karbohidrat menjadi sumber makanan bagi yeast. Yeast menghasilkan enzim-enzim, terutama enzim protease, yang menghidrolisis ikatan peptida asam amino menjadi polipeptida, rantai protein yang lebih pendek. Akibatnya, kadar protein meningkat (Pauling, 2006).

b) *Rhizopus oligosporus*

Rhizopus oligosporus adalah kapang dari filum Zygomycota yang banyak menghasilkan enzim protease. *Rhizopus oligosporus* sering ditemukan di tanah, serta pada buah dan sayuran yang membusuk. Kapang ini sering dimanfaatkan dalam pembuatan oncom hitam dari limbah bungkil kacang tanah karena kemampuannya menghasilkan enzim yang memecah fitat, membuat komponen mikro lebih mudah dicerna dan nutrisinya lebih mudah diserap oleh tubuh.

Rhizopus oligosporus juga dapat memfermentasi berbagai substrat, memproduksi enzim, dan mengolah limbah. Salah satu enzim yang dihasilkan adalah protease.

Pembuatan oncom hitam sering menggunakan *Rhizopus oligosporus* karena kapang ini sangat efektif, menghasilkan miselium putih yang mengikat seluruh permukaan bungkil kacang tanah. Kapang ini memiliki karakteristik unik, yaitu mampu tumbuh cepat pada suhu 30-37°C, dengan suhu optimum 37°C. Selama fermentasi, kapang akan menutupi bungkil kacang tanah secara sempurna dalam waktu 24 jam atau lebih. Pada suhu rendah, pertumbuhan kapang akan terhambat, sedangkan pada suhu terlalu tinggi, kapang akan mati. *Rhizopus oligosporus* memiliki aktivitas yang tinggi dan memproduksi antioksidan kuat (Siswono, 2010).

Kapang *Rhizopus oligosporus* mulai menghasilkan enzim amilase setelah 48 jam fermentasi. Pemecahan karbohidrat dalam bungkil kacang tanah oleh enzim ini menghasilkan selulosa, oligosakarida sederhana, dan sebagian hemiselulosa yang larut, sehingga tekstur substrat menjadi lunak dan lebih mudah dicerna (Astawan, 2009).

2.2.2. Air

Menurut Suparno, S. (2010), Air adalah komponen penting dalam pembuatan oncom merah. Air digunakan untuk membasahi campuran ampas kacang kedelai dan kacang tanah agar ragi dapat tumbuh dan berkembang dengan baik selama proses fermentasi. Kadar air yang tepat sangat penting untuk memastikan tekstur yang ideal dan mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan.

Fungsi Air dalam Pembuatan Oncom Merah:

1. Mengaktifkan Ragi: Air membantu mengaktifkan ragi oncom sehingga dapat memulai proses fermentasi.
2. Mengatur Tekstur: Kadar air yang cukup membantu menghasilkan oncom dengan tekstur yang lembut dan tidak terlalu kering.

3. Mendukung Pertumbuhan Mikroorganisme: Kelembapan yang tepat memastikan lingkungan yang ideal untuk pertumbuhan *Neurospora intermedia* atau *Neurospora sitophila*.

2.2.3. Garam

Garam merupakan padatan berwarna putih yang berbentuk kristal, terdiri dari berbagai senyawa dengan Natrium Klorida sebagai komponen utamanya, yaitu lebih dari 80%. Selain itu, garam juga mengandung senyawa lain seperti Magnesium Klorida, Magnesium Sulfat, dan Kalsium Klorida. Garam memiliki sifat higroskopis, yaitu mudah menyerap air, dengan tingkat kepadatan 0,8-0,9 dan titik lebur pada suhu 80°C (Burhanuddin, 2001).

Menurut Rusiyanto, R (2013), garam dan penggunaannya dapat dikategorikan menjadi dua jenis utama:

Garam Konsumsi, yang memiliki kadar NaCl sebesar 94,7% dalam berat kering, dengan kandungan impuritas seperti Sulfat, Magnesium, dan Kalsium maksimum 2%, serta kotoran lain seperti lumpur dan pasir. Kadar air maksimum pada garam konsumsi adalah 7%. Garam konsumsi dibedakan menjadi tiga jenis:

a. *Food* atau *High Grade*: Garam ini memiliki kualitas tinggi dengan kandungan NaCl sebesar 97%, kadar air di bawah 0,05%, berwarna putih bersih, dan berbentuk butiran kristal yang dihaluskan. Garam jenis ini digunakan untuk garam meja, industri penyedap makanan, industri makanan berkualitas tinggi seperti makanan camilan, sosis, keju, dan industri minyak goreng.

b. *Medium Grade*: Garam ini adalah kelas menengah dengan kadar NaCl sebesar 94,7-97% dan kadar air 3-7%, digunakan untuk garam dapur dan industri menengah seperti kecap, tahu, dan pakan ternak.

c. *Low Grade*: Garam ini memiliki kualitas rendah dengan kadar NaCl sebesar 90-94,7%, kadar air 5-10%, berwarna putih kusam, dan digunakan untuk pengasinan ikan serta pertanian.

2.3. Umur Simpan

2.3.1. Definisi Umur Simpan

Umur simpan produk pangan adalah selang waktu antara saat produksi hingga konsumsi dimana produk berada dalam kondisi yang memuaskan berdasarkan karakteristik penampakan, rasa, aroma, tekstur, dan nilai gizi (Herawati, 2008). Pada awal produksi, produk memiliki kualitas 100%, namun kualitas tersebut akan menurun seiring dengan waktu penyimpanan atau distribusi. Produk pangan akan mengalami penurunan berat, nilai gizi, mutu, nilai ekonomi, daya simpan, dan kepercayaan konsumen.

Umur simpan, atau *shelf life*, diartikan sebagai jangka waktu yang dimiliki suatu produk sejak diproduksi hingga dikonsumsi sebelum mengalami penurunan kualitas atau kerusakan sehingga menjadi tidak layak dikonsumsi. Hal ini berkaitan dengan kualitas pangan. Penurunan kualitas atau kerusakan produk dapat diamati melalui parameter sensorik dan gizi. Biasanya, umur simpan pada label kemasan ditulis dengan istilah "*best before*" (baik digunakan sebelum).

Umur simpan adalah penurunan kualitas bahan pangan akibat lamanya dan kondisi penyimpanannya. Penentuan umur simpan dimulai dari proses produksi hingga produk tersebut tidak lagi dapat diterima oleh konsumen (Gordon, 2010). Menurut Arpah dan Syarief (2000), umur simpan adalah periode antara produksi hingga saat produk masih layak dikonsumsi, dengan penampakan, rasa, aroma, tekstur, dan nilai gizi yang tetap memuaskan.

Nilai umur simpan terhitung sejak produk di produksi atau dikemas. Panjangnya umur simpan dipengaruhi beberapa faktor seperti jenis komposisi bahan baku, proses produksi, jenis kemasan, dan bagaimana produk tersebut disimpan. Pengujian umur simpan akan menggambarkan seberapa lama proses penyimpanan. Hasil perhitungan yang didapat biasanya akan dikurangi beberapa hari lebih cepat untuk menambah garansi keamanan konsumen (Asiah, 2018).

Pendugaan umur simpan wajib dilakukan sesuai dengan Undang-Undang No. 7 tahun 1996 pasal 1 tentang Pangan, yang menyatakan bahwa gizi pangan

mencakup zat atau senyawa dalam pangan seperti karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral serta turunannya, yang berguna bagi pertumbuhan dan kesehatan manusia. Selain itu, menurut Peraturan Pemerintah No. 69 tahun 1999 pasal 28 tentang Label dan Iklan Pangan, produsen diwajibkan mencantumkan tanggal kedaluwarsa pada kemasan produk. Pencantuman tanggal kedaluwarsa memberikan informasi kepada konsumen mengenai batas waktu konsumsi suatu makanan.

2.3.2. Faktor yang Berpengaruh Terhadap Umur Simpan Produk

Berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi umur simpan produk:

1. Produsen Bahan Baku: Produsen bahan baku bertanggung jawab atas konsistensi kualitas produk. Kualitas bahan baku yang tidak terjaga akan mempengaruhi kualitas produk akhir. Oleh karena itu, diperlukan spesifikasi bahan baku yang ketat sebelum masuk ke proses pengolahan lebih lanjut. Bahan baku yang baru masuk ke industri pengolahan makanan berpotensi terkontaminasi mikroba. Pertumbuhan patogen dan mikroorganisme pembusuk dipengaruhi oleh tingkat awal kontaminasi dan proses pengolahan yang dilakukan untuk menghilangkan bakteri dalam makanan.
2. Pemasok Bahan Pendukung: Penyedia bahan pengemas atau penyedia es untuk proses pendinginan juga mempengaruhi konsistensi produk.
3. Industri Pengolahan: Industri pengolahan memiliki tanggung jawab utama dalam menentukan umur simpan suatu produk dengan mempertimbangkan seluruh rangkaian proses.
4. Distributor: Distributor berperan sebagai rantai penghubung antara produsen dengan retailer dan konsumen. Pada tahap ini, bahan harus dikemas dengan baik dan ditempatkan dalam kontainer dengan suhu dan kelembaban yang tepat untuk mencegah perubahan selama distribusi. Alat pengemas dan kendaraan distribusi harus dijaga agar tidak terkontaminasi selama perjalanan hingga ke retailer.
5. Retailer: Retailer bertugas menyampaikan barang hingga ke konsumen. Retailer harus memiliki gudang penyimpanan yang baik dan menguasai

penanganan bahan dengan benar untuk meminimalkan kemungkinan kerusakan atau kontaminasi.

6. Konsumen: Konsumen adalah rantai terakhir dalam rantai distribusi bahan pangan. Konsumen harus memperhatikan aturan penyimpanan dan konsumsi produk agar kualitas produk sesuai dengan yang tertera pada label dan keamanannya terjamin.

Analisis penurunan mutu diperlukan beberapa pengamatan, yaitu harus memiliki parameter yang diukur secara kuantitatif yang mencerminkan keadaan mutu produk yang dianalisis. Parameter tersebut dapat berupa hasil pengukuran kimiawi, uji organoleptic, uji fisik atau mikrobiologi (Syarief, 1993). Jenis parameter atau atribut mutu yang diuji tergantung pada jenis produknya. Produk berlemak biasanya menggunakan parameter ketengikan. Produk yang disimpan dingin atau beku menggunakan parameter pertumbuhan mikroba. Produk berwujud bubuk atau kering yang diukur adalah kadar airnya (Arpah, 2001).

Selain itu, terdapat kerusakan yang tidak disebabkan oleh mikroba: beberapa faktor mempengaruhi penurunan kualitas dan nilai gizi suatu bahan pangan. Meskipun faktor-faktor ini tidak berbahaya bagi konsumen, mereka dapat menurunkan kualitas produk dan memperpendek umur simpannya. Faktor-faktor tersebut adalah:

1. Perubahan Kadar Air: Peningkatan atau penurunan kadar air dapat menyebabkan kehilangan nutrisi, pencoklatan, dan ketengikan. Peningkatan kadar air mempercepat pertumbuhan mikroba dan kerusakan bahan, sedangkan penurunan kadar air menyebabkan penyusutan dan penurunan kualitas sensori bahan.
2. Perubahan Kimia: Selama proses pengolahan dan penyimpanan, perubahan kimia dapat menyebabkan perubahan sensori dan nilai gizi pada bahan pangan.
3. Penetrasi Cahaya: Paparan cahaya dapat menyebabkan ketengikan, kehilangan vitamin, dan penurunan warna bahan pangan.
4. Perubahan Suhu: Perubahan suhu, baik peningkatan maupun penurunan, dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme.

5. Kerusakan Fisik dan Mekanis: Kerusakan akibat aktivitas fisik dan mekanis selama proses pengolahan harus dihindari, terutama pada bahan yang memiliki tingkat kerapuhan tinggi.
6. Faktor Lain: Kerusakan akibat tikus dan serangga, kontaminasi silang dari bahan pangan lain yang memiliki aroma kuat, serta proses tempering (kondisi penyesuaian suhu) juga dapat mempengaruhi kualitas produk. (Nurul Asiah, dkk, 2018: 15)

2.3.3. Prinsip Dasar Pendugaan *Self-life*

Prinsip umum yang dipahami adalah bahwa semua produk pangan akan mengalami penurunan kualitas seiring waktu penyimpanan. Secara sederhana, umur simpan suatu produk pangan dapat diperkirakan dengan menyimpan dan menguji produk tersebut hingga terjadi kerusakan atau penurunan kualitas yang signifikan. Meskipun metode ini memberikan hasil yang cukup akurat, namun membutuhkan waktu yang lama dan dianggap kurang praktis. Oleh karena itu, beberapa pendekatan alternatif telah dikembangkan untuk memperkirakan umur simpan produk pangan.

Beberapa pendekatan untuk menentukan umur simpan produk meliputi:

a. Nilai pustaka (*literature value*): Menggunakan referensi dari penelitian lain mengenai umur simpan produk serupa, cocok jika fasilitas pengujian terbatas.

b. Penentuan nilai dari internet: Memanfaatkan informasi dari internet sebagai panduan umum, meski tanpa perincian tentang formulasi, pengolahan, atau kondisi penyimpanan yang spesifik.

c. *Distribution turn over*: Mengacu pada umur simpan produk sejenis yang ada di pasar, cocok jika produk memiliki kesamaan dalam komposisi dan pengolahan.

d. *Distribution abuse test*: Menganalisis produk selama penyimpanan dan distribusi atau dengan mempercepat penurunan mutu di kondisi ekstrim.

e. *Consumer complaints*: Berdasarkan keluhan konsumen terhadap produk yang sudah dipasarkan.

f. *Accelerated shelf-life testing* (ASLT): Menyimpan produk dalam kondisi yang mempercepat penurunan kualitas untuk memperkirakan umur simpan.

2.3.4. Penentuan Umur Simpan

Menurut Asiah (2018), menyebutkan terdapat dua metode dalam penentuan umur simpan suatu produk yang dapat digunakan diantaranya:

1. *Direct Method*

Metode *direct method* paling banyak diterapkan dengan cara menempatkan produk pada ruang penyimpanan dengan kondisi tertentu selama waktu tertentu (lebih dari waktu perkiraan *shelf life).* Produk kemudian dicek secara berkala untuk melihat perubahan yang terjadi (baik secara *quality* maupun *safety*).

Tahapan-tahapan yang perlu dilakukan meliputi:

1. Mengidentifikasi penyebab kerusakan dan faktor yang membuat produk tidak aman.
2. Menentukan jenis pengujian yang akan dilakukan, seperti evaluasi sensori, pengujian mikroba, pengujian kimia, dan pengujian fisik.
3. Merancang pengujian umur simpan.
4. Melaksanakan pengujian umur simpan sesuai rancangan.
5. Menetapkan umur simpan produk.
6. Memantau umur simpan produk secara terus-menerus.

2. *Indirect Method* (metode prediktif)

Metode ini dilakukan dengan menempatkan produk pada sebuah ruangan yang mungkin bisa mempercepat proses kerusakan bahan pangan. Data perubahan yang didapat digunakan untuk memprediksi waktu umur simpan pada kondisi penyimpanan yang dikehendaki. Contoh dari metode ini adalah dengan menggunakan metode ASLT dengan cara meningkatkan suhu pentimpanan serta

perlakuan spesifik terhadap produk seperti kelembaban, paparan cahaya atau parameter lain yang diketahui dapat mempengaruhi stabilitas produk, sehingga penentuan umur simpan produk dapat dilakukan dengan lebih cepat.

Berikut ini tahapan-tahapan *Indirect Method* :

1) Pengujian dengan *Accelerated Storage Shelf Life* Secara umum penentuan *shelf life* dapat dilakukan dengan menggunakan *Extended Storage studies* (ESS). Pengujian umur simpan dengan metode *Accelerated Storage Shelf Life Testing* atau biasa disebut dengan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*) dilakukan dengan cara menyimpan produk pada kondisi lingkungan yang bisa mempercepat penurunan kualitas produk (suhu, RH). Metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) Model Arrhenius merupakan metode pendugaan umur simpan produk dengan menggunakan suhu akselerasi sehingga dapat mempercepat reaksi yang menyebabkan kerusakan pada produk.. Metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) Model Arrhenius pada umumnya diaplikasikan pada semua jenis produk pangan khususnya pada produk yang mengalami penurunan kualitas akibat efek deteriorasi kimiawi (Arpah 2007).

2) Pengujian dengan Pemodelan Prediktif

   Pendugaan umur simpan produk pangan melalui pemodelan prediktif dilakukan dengan cara mengkorelasikan parameter-parameter kualitas produk yang memiliki pengaruh signifikan terhadap penurunan kualitas produk selama waktu penyimpanan. Persamaan kinetika perubahan kualitas produk seiring waktu dapat digunakan untuk memperkirakan umur simpan produk tersebut. Perlu dicatat bahwa persamaan kinetika perubahan kualitas dapat berbeda untuk setiap produk yang diuji.

2.4. Metode *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT)

Kelebihan metode ASLT meliputi penghematan waktu dan biaya dalam penelitian masa simpan produk, serta kemampuan untuk memperkirakan masa simpan dengan akurasi yang lebih baik dibandingkan metode konvensional.

Menurut penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Rahman dan co-workers (2018), ASLT telah berhasil digunakan untuk menentukan masa simpan berbagai produk makanan, termasuk produk susu dan makanan kering, dengan hasil yang konsisten dan dapat diandalkan.

Metode yang akan digunakan dalam penelitian kali ini untuk menentukan umur simpan produk tutug oncom adalah dengan menggunakan metode ASLT atau *Accelerated Shelf life Testing* dengan pendekatan Arrhenius. Metode *Accelerated Shelf life Testing* (ASLT) model Arrhenius merupakan metode pendugaan umur simpan produk dengan menggunakan suhu akselerasi sehingga dapat mempercepat reaksi yang menyebabkan kerusakan pada produk. Metode *Accelerated Shelf life Testing* (ASLT) model Arrhenius pada umumnya diaplikasikan pada semua jenis produk pangan khususnya pada produk yang mengalami penurunan kualitas akibat efek deteriorasi kimiawi (Arpah, 2007).

Metode pendugaan umur simpan dapat dilakukan dengan metode *Accelerated shelf life tensting* (ASLT) yaitu dengan cara menyimpan produk pangan pada lingkungan yang menyebabkan cepat rusak baik pada suhu atau kelembaban ruang penyimpanan yang lebih tinggi. Metode akselerasi dapat dilakukan dalam waktu yang lebih singkat dengan akurasi yang baik. Metode ASLT model *Arrhenius* banyak digunakan untuk penduggan pada produk pangan yang mudah rusak oleh reaksi kimia, seperti oksidasi lemak, reaksi maillard, denaturasi protein dan sebagainya (Suwita, 2012). Metode *Arrhenius* merupakan pendugaan umur simpan dengan menggunakan metode simulasi. Metode ini sangat baik untuk di terapkan dalam penyimpanan produk pada suhu penyimpanan yang relative stabil dari waktu ke waktu (TekpanUnimus, 2017)

Metode ASLT menerapkan kinetika reaksi dengan bantuan persamaan Arrhenius. Model Arrhenius mempunyai beberapa asumsi, antara lain: (a) perubahan faktor mutu hanya ditentukan oleh satu macam pereaksi, (b) tidak ada faktor lain yang mengakibatkan perubahan mutu, (c) proses perubahan mutu dianggap bukan merupakan akibat dari proses-proses sebelumnya, dan (d) suhu penyimpanan dianggap tetap. (Abdullah bin Arif, 2016).

Karena reaksi kimia umumnya dipengaruhi oleh suhu, model Arrhenius mensimulasikan percepatan kerusakan produk pada kondisi penyimpanan dengan suhu tinggi, melebihi suhu penyimpanan normal. Laju reaksi kimia yang memicu kerusakan produk pangan biasanya mengikuti laju reaksi orde 0 dan orde 1. Tipe kerusakan pangan yang mengikuti model reaksi orde nol mencakup degradasi enzimatis (seperti pada buah dan sayuran segar serta beberapa pangan beku), reaksi pencoklatan non-enzimatis (seperti pada biji-bijian kering dan produk susu kering), dan reaksi oksidasi lemak (seperti peningkatan ketengikan pada snack, makanan kering, dan pangan beku). Sementara itu, tipe kerusakan bahan pangan yang termasuk dalam reaksi orde satu meliputi ketengikan (misalnya pada minyak salad dan sayuran kering), pertumbuhan mikroorganisme (seperti pada ikan dan daging, serta kematian mikroorganisme akibat perlakuan panas), produksi *off flavor* oleh mikroba, kerusakan vitamin dalam makanan kaleng dan makanan kering, serta kehilangan mutu protein dalam makanan kering. (Labuza, 1982).

Masalah yang sering dihadapi pada pendugaan umur simpan produk pangan yaitu faktor suhu yang berubah-ubah selama proses penyimpanan maupun saat penelitian yang berpengaruh terhadap perubahan mutu makanan maupun minuman. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju reaksi berbagai senyawa kimia akan semakin cepat. Oleh karena itu, dalam menemukan kecepatan penurunan mutu makanan maupun minuman selama penyimpanan, faktor suhu harus selalu diperhitungkan (Syarief, 1993).

2.5. Pengemasan

Teknologi pengemasan telah berkembang pesat dari metode sederhana atau tradisional hingga ke teknik modern. Saat ini, pengemasan menjadi faktor penting dalam persaingan bisnis. Hampir semua produk memerlukan kemasan, yang tidak hanya berfungsi melindungi dari kerusakan tetapi juga memberikan nilai estetika, yang sering menjadi alasan konsumen memilih atau membeli produk tertentu.

Menurut Kotler & Keller (2009: 27), pengemasan adalah aktivitas merancang dan memproduksi wadah atau bungkus untuk suatu produk. Pengemasan juga dikenal sebagai pembungkusan, pewadahan, atau pengepakan. Kegiatan ini mencakup desain dan pembuatan wadah atau pembungkus produk. Kemasan bisa berupa wadah utama produk, kemasan sekunder yang dibuang saat produk digunakan, atau kemasan khusus untuk menyimpan, mengidentifikasi, dan mengirim produk. Pelabelan dan informasi yang dicetak pada atau di dalam kemasan juga termasuk dalam pengemasan.

Fungsi utama kemasan adalah untuk mewadahi dan melindungi produk dari kerusakan. Menurut Simamora (2007), kemasan memiliki dua fungsi utama: 1) fungsi protektif dan 2) fungsi promosional. Fungsi protektif bertujuan untuk melindungi produk dari kerusakan akibat berbagai faktor seperti iklim, transportasi, dan distribusi, sehingga konsumen tidak perlu khawatir akan kerusakan produk. Fungsi promosional berkaitan dengan kemasan yang menarik secara visual, yang dapat mempengaruhi keputusan pembelian konsumen. Selain itu, kemasan juga berfungsi untuk: 1) memudahkan distribusi produk, 2) memberikan identitas produk yang membedakannya dari produk lain, dan 3) meningkatkan daya tarik bagi calon pembeli.

Pengemasan merupakan aspek penting dalam industri makanan yang memengaruhi daya tahan produk dan kesan visual konsumen. Salah satu jenis kemasan yang populer adalah standing pouch, yang menawarkan kelebihan dalam hal kemudahan penggunaan, perlindungan terhadap kontaminasi, dan daya tarik estetika. Menurut penelitian terdahulu, penggunaan *standing pouch* telah terbukti efektif dalam mempertahankan kualitas produk makanan seperti makanan ringan

dan bahan makanan siap saji (Hawar, et al., 2019). *Standing pouch* juga memenuhi kebutuhan akan kemasan yang ramah lingkungan karena materialnya yang dapat didaur ulang.

2.5.1. Plastik

Menurut Simamora (2007), plastik merupakan bahan yang sering digunakan dalam industri pengemasan karena sifatnya yang fleksibel, ringan, dan memiliki kemampuan untuk melindungi produk dari kontaminasi eksternal. Penggunaan plastik dalam kemasan makanan seperti tutug oncom sangat penting untuk menjaga kualitas dan keamanan produk selama distribusi dan penyimpanan.

Menurut Arpah (2007), kemasan plastik memiliki kemampuan untuk meminimalisir kontaminasi mikroba dan memperpanjang umur simpan produk makanan. Hal ini sangat relevan untuk produk fermentasi seperti tutug oncom, yang rentan terhadap pertumbuhan mikroorganisme jika tidak dikemas dengan baik.

2.5.1.1. *Standing Pouch Aluminium Foil*

Standing pouch adalah jenis kemasan fleksibel yang dapat berdiri tegak karena memiliki dasar yang lebar. Menurut Simamora (2007), *standing pouch* adalah pilihan kemasan yang semakin populer karena kombinasi kepraktisan, perlindungan produk, dan estetika. Dalam konteks tutug oncom, *standing pouch* dapat melindungi produk dari kerusakan fisik dan kontaminasi sambil tetap menarik perhatian konsumen di rak toko.

Menurut Kotler & Keller (2009) menyatakan bahwa standing pouch memiliki beberapa keunggulan utama, seperti kemudahan dalam penyimpanan, transportasi, dan presentasi produk. Kemasan ini dapat memberikan proteksi optimal terhadap faktor eksternal seperti oksigen, kelembaban, dan cahaya, yang sangat penting untuk produk fermentasi seperti tutug oncom agar tetap segar dan aman dikonsumsi.

Menurut Han, J.H (2013) Kemasan standing pouch aluminium foil umumnya terdiri dari beberapa lapisan material, antara lain:

1. Lapisan Luar: Biasanya terbuat dari polyester (PET) atau nylon (PA) yang memberikan daya tahan terhadap goresan serta tampilan visual yang menarik.
2. Lapisan Tengah: Aluminium foil berfungsi sebagai penghalang (barrier) utama untuk mencegah cahaya, oksigen, dan kelembaban masuk. Ini membantu menjaga produk tetap segar dan tahan lama.
3. Lapisan Dalam: Terbuat dari polyethylene (PE) atau bahan food-grade lainnya yang berfungsi sebagai lapisan aman untuk kontak langsung dengan produk.

Kelebihan kemasan standing pouch aluminium foil menurut Soroka (2008)

- **Perlindungan Optimal**: Aluminium foil memberikan penghalang total terhadap oksigen, cahaya, dan kelembaban, sehingga produk terlindungi dari kerusakan.
- **Ringan dan Fleksibel**: Standing pouch lebih ringan dibandingkan kemasan rigid (seperti kaleng) sehingga memudahkan transportasi dan pengemasan.
- **Desain Fungsional**: Kemasan ini dapat berdiri tegak, memudahkan penyimpanan dan tampilan produk di rak.
- **Ramah Lingkungan**: Dapat didaur ulang tergantung kombinasi material yang digunakan.
- **Cocok untuk Berbagai Produk**: Kemasan ini umum digunakan untuk produk seperti makanan kering, kopi, teh, makanan hewan, kosmetik, dan farmasi.

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bahan dan Alat Penelitian

3.1.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan tutug oncom yaitu oncom merah yang berbahan dasar kedelai, cabai rawit, cabai merah, bawang putih, bawang merah, kencur, garam, gula, penyedap rasa, daun jeruk, daun kemangi dan minyak kelapa.

Bahan yang akan digunakan untuk analisis dalam penelitian ini diantaranya sampel tutug oncom yang akan di uji, aquadest, air steril, alkohol 95%, garam kjedahl, H_2SO_4 pekat, batu didih, indikator *phenolphthalein*, NaOH 0,1 N, $Na_2S_2O_3$ 0,5%, HCl 0,1 N, HCl pekat, H_2SO_4 6 N, NaOH 30%, *Luff Schoorl*, amilum, asam asetat, dan N-heksan.

3.1.2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk analisis penelitian diantaranya cawan petri, labu kjedahl, destilator, alat ekstraksi Soxhlet, labu didih, batu didih, labu ukur 100 mL, labu dasar bundar, buret 50 mL, pipet tetes, pipet ukur, erlenmeyer, gelas kimia, inkubator, autoklav, kondensor, eksikator, *vortex mixer*, oven, labu lemak, kapas atau *glass wool*, tangkrus, batang pengaduk, bunsen, kawat kasa, tabung, rak tabung reaksi dan botol semprot.

3.2. Metode Penelitian

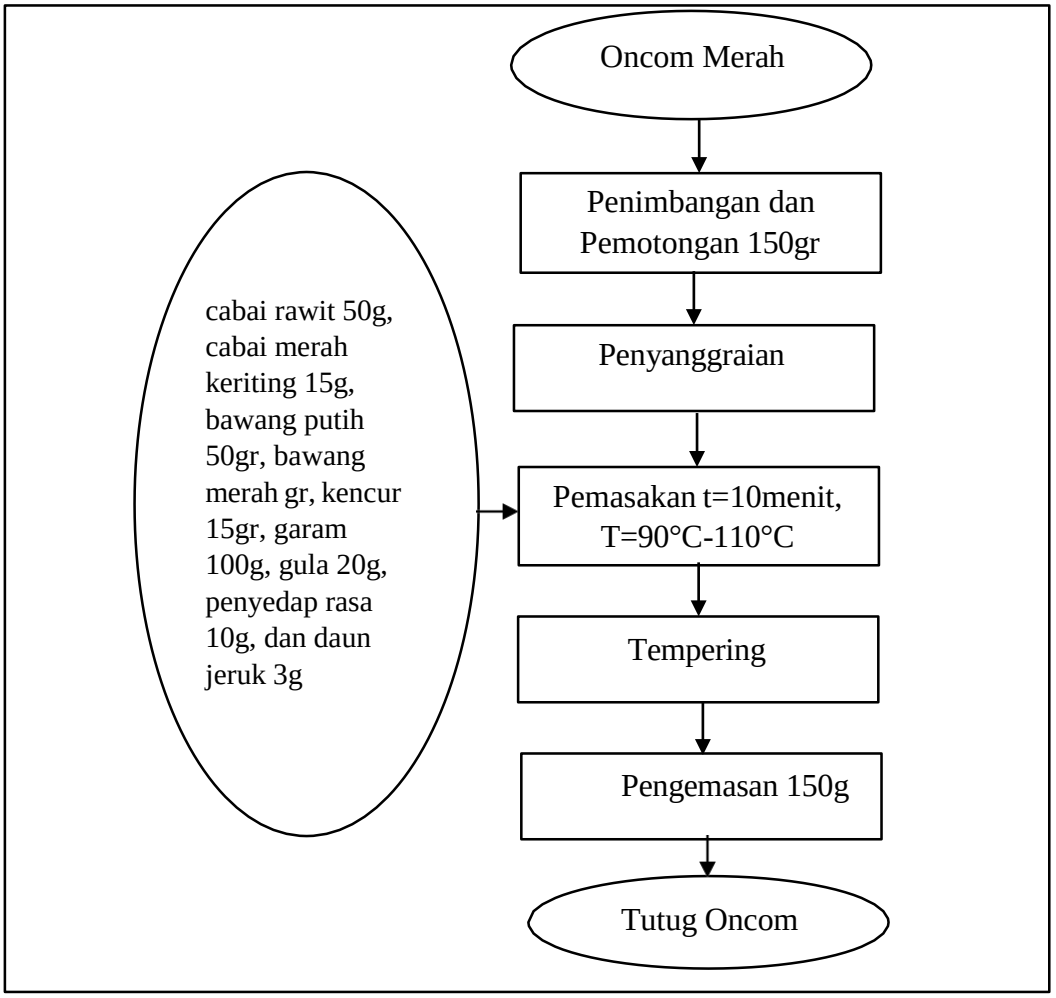
Metode penelitian ini dilakukan dalam dua tahap penelitian yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama.

3.2.1. Pembuatan Tutug Oncom

Proses pembuatan tutug oncom mencakup beberapa langkah yang dimulai dengan persiapan bahan utama, yaitu oncom merah. Oncom merah ini pertama-tama dipotong dan ditimbang sebesar 150 gr setelah dipotong lalu sanggrai oncom merah. Kemudian, bumbu yang terdiri dari bawang merah *(Allium cepa L.*

var. aggregatum), bawang putih *(Allium Sativum)*, cabe merah keriting *(Capsicum frutescens L)*, kencur *(Kaempferia galangal)* garam, gula, penyedap rasa, daun jeruk, dan minyak kelapa dihaluskan menggunakan cobek dan ulekan sampai menjadi pasta halus. Bumbu halus ini kemudian ditumis dalam wajan dengan minyak goreng sampai harum. Setelah itu, oncom yang telah dihaluskan ditambahkan ke dalam wajan dan diaduk bersama bumbu yang sudah ditumis, lalu dimasak hingga matang sempurna.

Setelah dimasak, tutug oncom dikemas dalam standing pouch aluminium foil tanpa proses vakum dan tanpa seal panas. Penutupan kemasan hanya menggunakan zip-lock, sesuai kondisi realistis penggunaan oleh konsumen.



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Tutug Oncom

3.2.2. Analisis Proksimat Tutug Oncom

- Kadar Lemak

Pengujian kadar lemak dilakukan dengan prinsip ekstraksi lemak menggunakan pelarut organik. Ambil sampel tutug oncom yang telah dikeringkan dan timbang dengan akurat. Lemak diekstraksi menggunakan alat Soxhlet dengan pelarut seperti eter atau heksana selama beberapa jam. Setelah ekstraksi selesai, pelarut dihilangkan melalui penguapan, dan sisa lemak ditimbang untuk menentukan persentase lemak dalam sampel.

- Kadar Protein

Pengujian kadar protein dilakukan dengan prinsip pengukuran kandungan nitrogen dalam sampel yang kemudian dikonversi menjadi kandungan protein. Timbang sampel tutug oncom yang telah dikeringkan, kemudian sampel dicerna dengan asam sulfat pekat dan katalis hingga terbentuk larutan jernih. Larutan tersebut didestilasi untuk melepaskan amonia yang ditangkap dalam larutan asam borat. Amonia yang terkandung kemudian dititrasi dengan asam standar untuk menentukan jumlah nitrogen, yang dikonversi menjadi kadar protein menggunakan faktor konversi.

- Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan di laboratorium dengan menimbang sampel terlebih dahulu, kemudian memanaskannya di dalam oven pada suhu 105°C sampai beratnya tidak berubah lagi. Pemanasan ini menghilangkan kandungan air dalam sampel. Setelah itu, sampel didinginkan dan ditimbang ulang. Perbedaan berat antara sebelum dan setelah pemanasan digunakan untuk menghitung berapa banyak air yang terkandung dalam sampel, sehingga dapat diperoleh persentase kadar air yang akurat.

- Kadar Abu

Pengujian kadar abu dilakukan dengan membakar sampel dalam furnace pada suhu tinggi, sekitar 500–600°C, hingga semua bahan organik terurai. Sampel sebelumnya ditimbang dan ditempatkan dalam cawan porselen, lalu setelah pembakaran selesai, sisa abu mineral ditimbang kembali. Selisih berat

sebelum dan sesudah pembakaran memberikan jumlah kadar abu dalam sampel, yang biasanya dinyatakan dalam persentase.

- Kadar Karbohidrat

  Pengujian kadar karbohidrat dilakukan dengan prinsip menghitung kadar karbohidrat secara tidak langsung, yaitu dengan mengurangi jumlah air, abu, lemak, dan protein dari total berat sampel. Tentukan kadar air dan abu dengan cara mengeringkan dan membakar sampel pada suhu tertentu, hitung kadar lemak dan protein dengan prosedur yang telah dijelaskan sebelumnya, lalu gunakan rumus kadar karbohidrat = 100% - (% air + % abu + % lemak + % protein).

3.2.3. Penentuan Batas Kritis

Rancangan analisis yang akan dilakukan pada penelitian pendahuluan adalah untuk mengetahui respon panelis terhadap tutug oncom dengan melihat daya terima panelis berdasarkan uji ketengikan. Sehingga dapat diketahui pada hari ke berapa produk tutug oncom telah di tolak >50% panelis.

Pengujian tutug oncom kepada panelis dilakukan sesuai interval waktu penyimpanan yaitu dilakukan setiap hari kepada panelis sampai sampel ditolak dan tidak diterima lagi oleh >50% penelis. Hasil yang diperoleh dalam pengujian tersebut dapat dijadikan sebagai acuan untuk pendugaan umur simpan tutug oncom dipenelitian utama.

Rancangan perlakuan pada penelitian ini yaitu penentuan umur simpan yang terdiri dari 3 faktor yaitu suhu penyimpanan yang terdiri dari 3 taraf sebagai berikut :

faktor suhu penyimpanan (A), terdiri dari 3 taraf yaitu :

a_1 = 25°C

a_2 = 35°C

a_3 = 45°C

Pengujian hedonik dilakukan dengan melibatkan 30 panelis. Pengujian dilakukan dalam kurun waktu yang ditentukan berdasarkan level suhu.

Penentuan Batas Kritis (At)

Uji organoleptik di suhu ekstrim (45°C) di cek setiap 3 hari sekali selama 15 hari, sampai 50% panelis menolak ditandai dengan nilai skala di bawah ≤ 3.

Tabel rancangan pengujian hedonik dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 3.2.3 Rancangan pengujian hedonik

Hari Ke-	Suhu	Aroma	Rasa
0	45°C		
3	45°C		
6	45°C		
9	45°C		
12	45°C		
15	45°C		

Keterangan :

1 : sangat tidak suka

2 : agak tidak suka

3 : tidak suka

4 : suka

5 : agak suka

6 : sangat suka

- Pengujian Aroma

Pengujian aroma dilakukan untuk menilai kualitas bau dari tutug oncom melalui indera penciuman panelis terlatih. Sampel diletakkan dalam wadah tertutup agar aroma tidak menyebar sebelum pengujian. Panelis kemudian diminta untuk membuka wadah dan mencium aroma sampel. Panelis mencatat kesan pertama dan memberikan penilaian berdasarkan intensitas dan kualitas aroma, seperti keharuman bumbu atau kekhasan fermentasi oncom. Data dari beberapa

panelis dikumpulkan dan dianalisis untuk mendapatkan gambaran umum tentang kualitas aroma tutug oncom.

- Pengujian Rasa

Prosedur pengujian rasa panelis diminta untuk mencicipi sampel dan menilai berbagai aspek rasa, termasuk gurih, pedas, manis, dan asin. Selain itu, panelis juga mengevaluasi keseimbangan rasa dan *aftertaste*. Setiap panelis memberikan skor pada setiap aspek rasa, dan hasil penilaian dikumpulkan untuk dianalisis secara statistik guna menentukan kualitas rasa tutug oncom.

3.2.4. Penelitian Utama

a. pendugaan umur simpan dengan kadar TPC

penentuan umur simpan pada perlakuan sampel tutug oncom di tempatkan pada 3 variasi suhu penyimpanan yang berbeda yaitu suhu 25°C, 35°C, dan 45°C. Pengamatan dilakukan setiap 3 hari selama 15 hari diamati pada interval waktu analisis ke-0, 3, 6, 9, 12, dan 15 hari, dengan parameter kerusakan yang akan diamati adalah ketengikan dengan menggunakan metode uji TPC

Tabel 3.2.4 Prosedur Pengujian dengan parameter TPC

Hari ke-	Suhu		
	25℃	35℃	45℃
0			
7			
14			
21			
28			

Prosedur pengujian TPC

Pendugaan umur simpan tutug oncom menggunakan persamaan *Arrhenius* dilakukan perhitungan melalui beberapa tahapan. Tahapan petama yaitu dari data yang diperoleh dalam analisa penentuan umur simpan setiap interval waktu pengamatan diplotkan pada grafik hubungan antara lama penyimpanan (hari) pada

sumbu x dan rata-rata penurunan nilai mutu/hari (k) pada sumbu y, dan dihitung persamaan regresi liniernya sehingga diperoleh persamaan regresi linier untuk setiap suhu penyimpanan produk dengan menggunakan persamaan Y = a + bx, dimana Y = nilai karakteristik tutug oncom, x = lama penyimpanan (hari), a = nilai karakteristik produk pada awal penyimpanan, b = laju perubahan nilai karekteristik (nilai b sama dengan nilai k). Dari masing-masing persamaan persamaan tersebut diperoleh nilai *slope* (b) yang merupakan konstanta laju reaksi perubahan karakteristik produk atau laju penurunan mutu (k).

Tahap selanjutnya adalah menentukan ordo reaksi dengan membuat grafik. Jika reaksi kerusakan pangan yang disimpan belum diketahui model ordo reaksinya, maka plot nilai dapat dilakukan baik pada ordo nol maupun satu. Pemilihan ordo ditentukan berdasarkan rumus simpan yang akan digunakan dilihat dari nilai R^2 yang mendekati nilai 1 (diambil nilai yang terbesar).

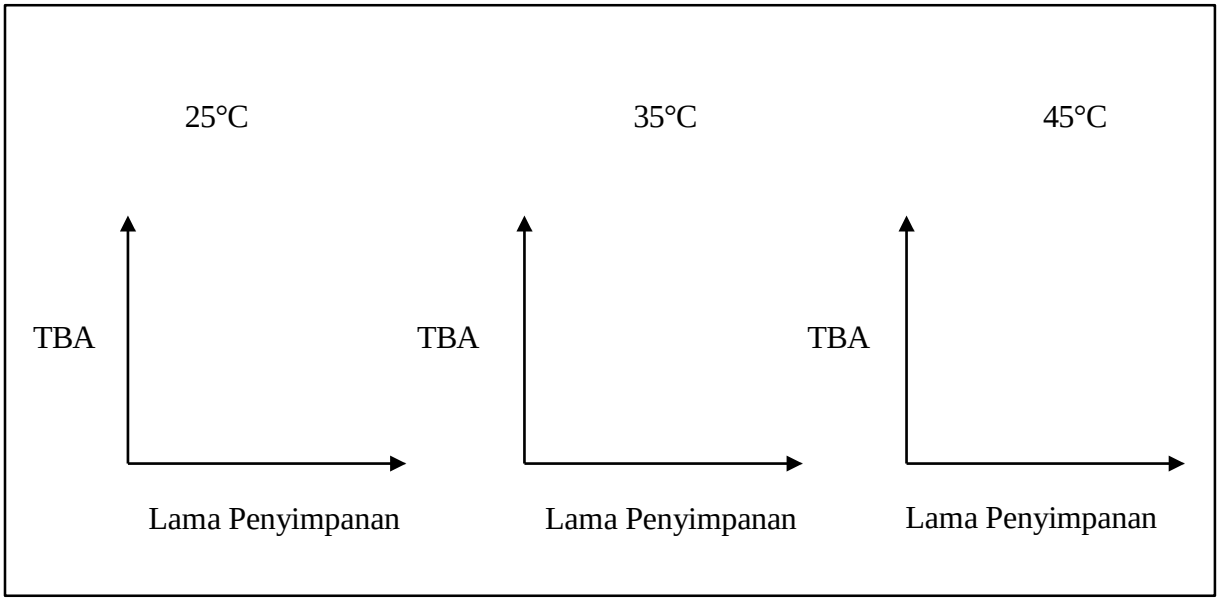
(a) Ordo Nol

Grafik ordo nol, dilakukan dengan plot antara rataan skor pengamatan penurunan mutu (k) dan waktu penyimpanan. Tipe kerusakan yang mengikuti kriteria reaksi nol adalah kerusakan enzimatik, pencoklatan enzimatik dan oksidasi. Penurunan mutu ordo reaksi nol artinya penurunan mutu yang konstan. Kecepatan penurunan mutu tersebut berlangsung tetap pada suhu konstan dan dapat digambarkan dengan persamaan berikut:

$$A_t - A_0 = -kt$$

Keterangan :

A_t = nilai parameter kualitas pada waktu t
A_0 = nilai awal parameter kualitas A
k = laju perubahan mutu
t = waktu penyimpanan



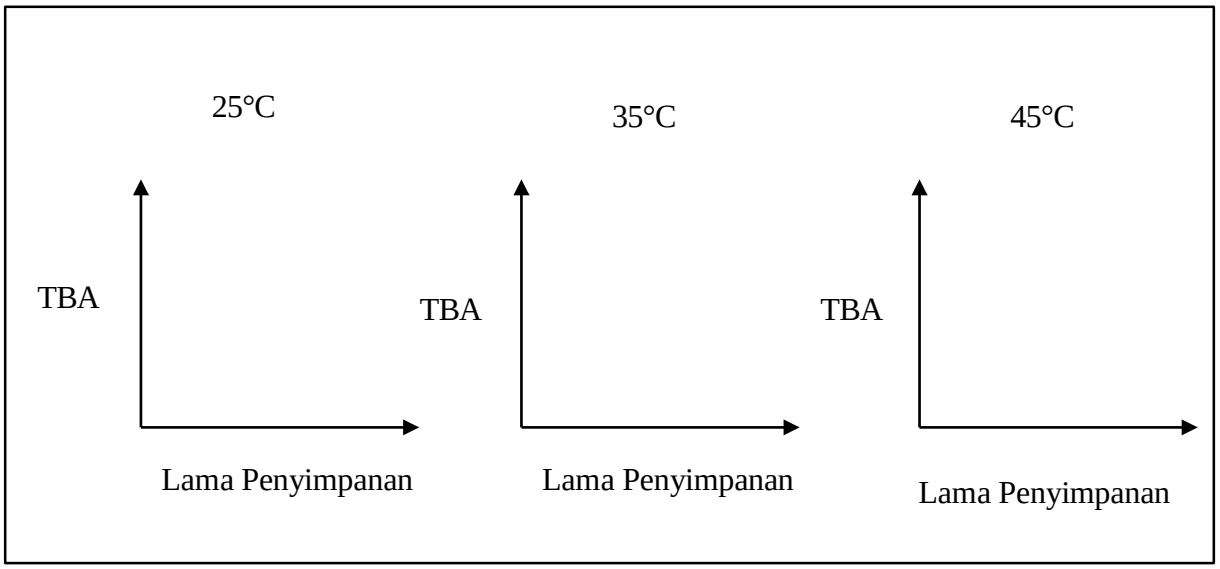
Gambar 2. Diagram Korelasi Antara Lama Peyimpanan

Ordo ditentukan berdasarkan nilai r^2 yang mendekati 1

(b) Ordo Satu

Untuk grafik ordo satu, nilai rataan skor pengamatan penurunan mutu (k) terlebih dahulu diubah dalam bentuk Ion (1n k) lalu plotkan dengan waktu penyimpanan. Tipe kerusakan pada bahan pangan yang mengikuti kinetika reaksi ordo satu adalah ketengikan. Korelasi penurunan parameter kualitas untuk ordo satu digambarkan dengan persamaan:

$$1n\ A_t - 1n\ A_o = -kt$$



Langkah berikutnya adalah menentukan regresi liniernya untuk mengetahui pengaruh suhu penyimpanan dan waktu penyimpanan terhadap respon yang diukur dengan menggunakan persamaan :

$$Y = a + bx$$

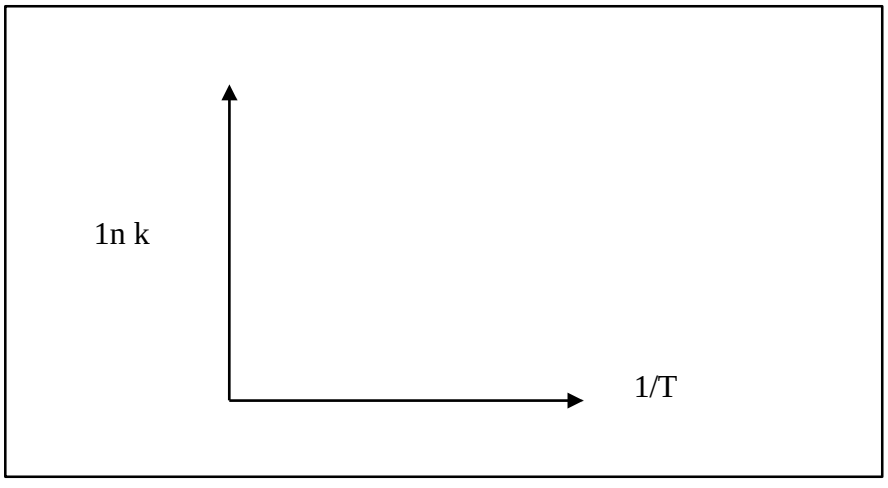
Dimana : Y = nilai analis

a = *intercept* (nilai kualitas produk awal)

b = konstanta penurunan mutu (k)

x = waktu penyimpanan

Selanjutnya membuat korelasi penurunan mutu produk terhadap suhu penyimpanan dengan menggunakan pendekatan *Arrhenius*. Setelah diperoleh persamaan regresi untuk setiap suhu penyimpanan, dibuat plot *Arrhenius* dengan sumbu x menyatakan 1/T dan sumbu y menyatakan 1n k. Nilai k menunjukkan gradien dari regresi linier yang didapat dari kedua suhu penyimpanan, sedangkan T merupakan suhu penyimpanan yang digunakan. Grafik plot *Arrhenius* yang dapat digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 3, Plot *Arrhenius* Grafik Hubungan Antara 1n k dengan 1/T

Berdasarkan hasil regresi yang dipeoleh pada kurva *Arrhenius*, dapat di prediksi umur simpan berdasarkan persamaan :

$$1n\ k = 1n\ k_0 - \frac{Ea}{RT}$$

Keterangan :

k = konstanta penurunan mutu

k_0 = konstanta (tidak bergantung pada suhu)

Ea = energi aktivasi (kal/mol)

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

T = suhu mutlak (k) (c + 273)

Interpretasi Ea (energi aktivasi) dapat memberikan gambaran mengenai besarnya pengaruh temperatur terhadap reaksi. Nilai Ea dan k_0 diperoleh dari slope grafik garis lurus hubungan 1n K dengan (1/T). Energi aktivasi yang besar menunjukkan bahwa nilai 1n k berubah cukup besar dengan hanya perubahan berapa derajat dari temperatur. Untuk menghitung parameter yang paling berpengaruh terhadap penurunan kualitas produk (kunci) yaitu dengan melihat parameter yang memiliki nilai energi aktivasi paling rendah.

Penentuan pendugaan umur simpan (ts) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

- $ts = \frac{A0 - At}{k}$ ~ untuk laju reaksi ordo nol
- $ts = \frac{ln\ (A0 - At}{k}$ ~ untuk laju reaksi ordo satu

Keterangan :

ts = Umur simpan

A_0 = nilai mutu awal

A_t = nilai batas kritis/batas mutu akhir

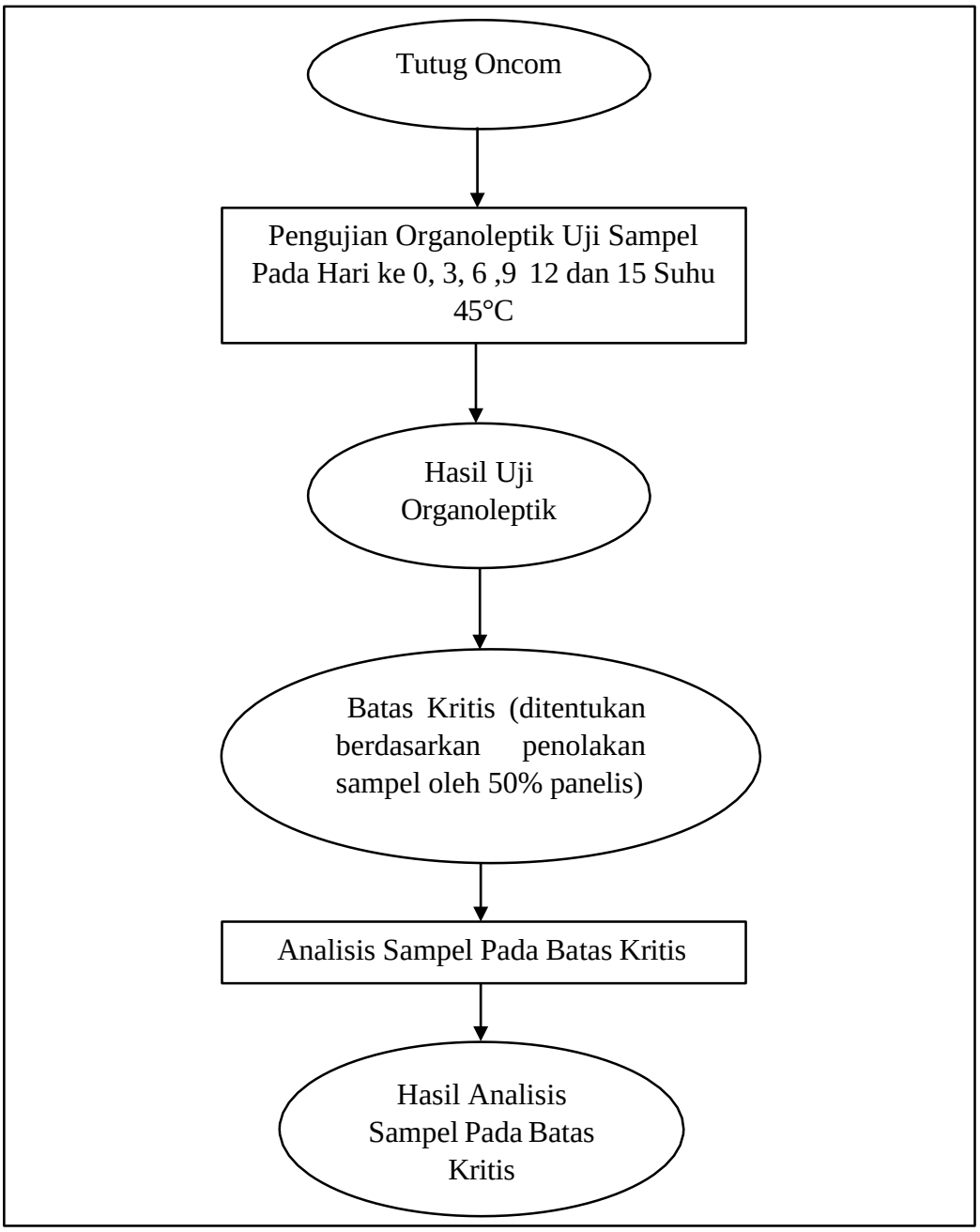
K = konstanta laju penurunan mutu pada suhu T

b. Uji *Total Plate Count* (TPC)

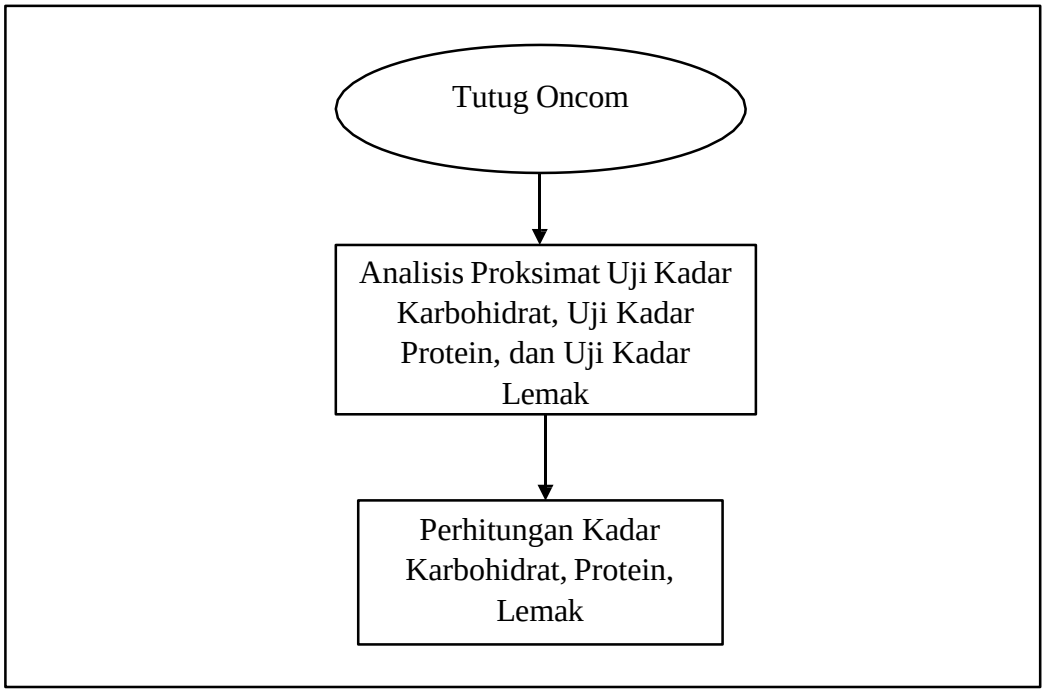
Uji Total Plate Count (TPC) adalah metode yang digunakan untuk menghitung jumlah koloni bakteri pada media yang diuji. Sebelum pengujian dilakukan, sampel terlebih dahulu diencerkan dan media disiapkan. Media yang digunakan dalam uji ini adalah Nutrient Agar (NA), di mana sampel diinokulasi menggunakan metode spread plate dan kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C (Nuria, 2009).

Perhitungan jumlah bakteri dapat dilakukan melalui metode langsung maupun tidak langsung. Perhitungan langsung, seperti menggunakan petrof hauser cell counter, dilakukan dengan menghitung semua mikroba, baik yang hidup maupun yang mati, menggunakan alat bernama haemocytometer. Sementara itu, perhitungan tidak langsung dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti filtrasi, plate count, dan pengukuran berat kering (Romadhon, 2016).

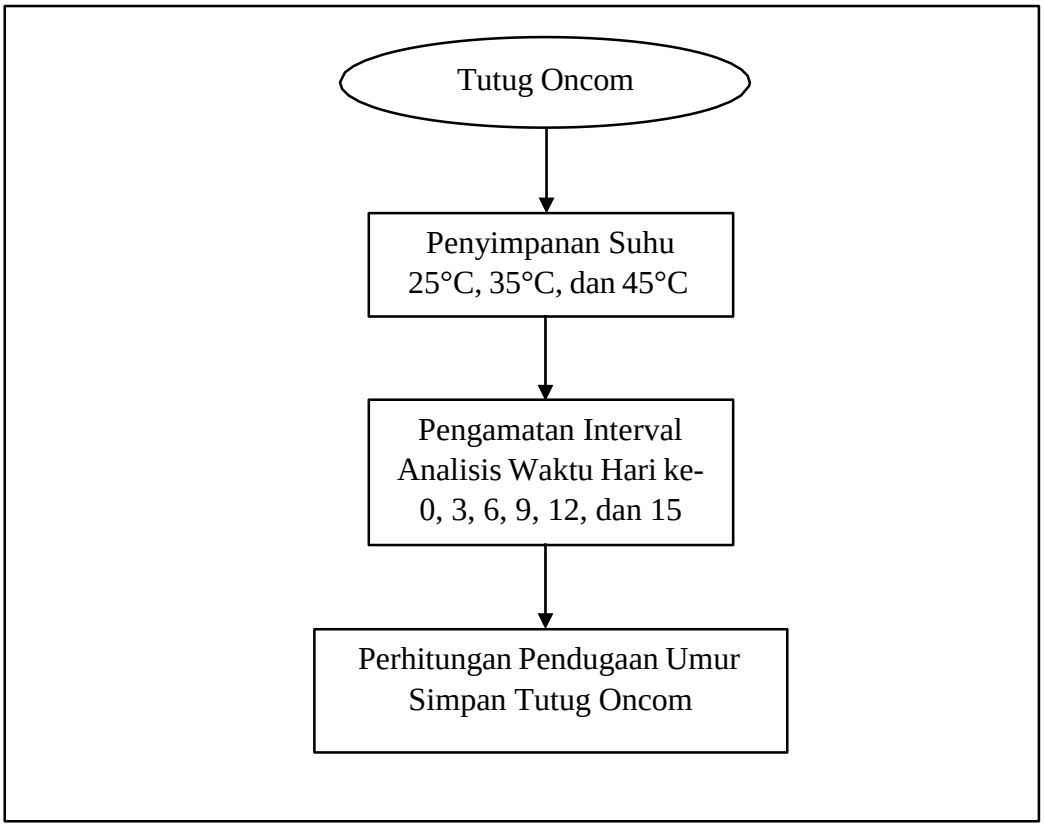
Prinsip metode ini adalah menumbuhkan sel mikroba hidup pada medium sehingga mikroba dapat berkembang biak dan membentuk koloni yang terlihat dengan mata telanjang tanpa memerlukan mikroskop (Dwijoseputro, 2005). Beberapa faktor yang mempengaruhi hasil Total Plate Count meliputi kualitas air, sisa disinfektan, jenis perlakuan, durasi pengujian, serta suhu dan waktu inkubasi (Martoyo et al., 2014).



Gambar 4. Diagram Alir Organoleptik



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian Analisis Proksimat



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian Utama

3.3. Jadwal Penelitian

Tabel 3.3 Jadwal Penelitian

Jenis Kegiatan	**Waktu Pelaksaan**								
	April	**Mei**	**Juni**	**Juli**	**Agustus**	**September**	**Oktober**	**November**	**Desember**
Penyusunan Proposal Usulan Penelitian									
Pengajuan Proposal Usulan Penelitian									
Seminar Usulan Penelitian									
Pelaksanaan Penelitian									
Pengolahan Data									
Sidang Tugas Akhir									

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penelitian Pendahuluan

4.1.1. Pembuatan Tutug Oncom

Pembuatan tutug oncom ini mencakup beberapa langkah yang dimulai dengan persiapan bahan utama, yaitu oncom merah yang terbuat dari kacang tanah. Persiapan dimulai dengan memilih oncom merah berkualitas tinggi sebagai bahan dasar untuk penelitian. Oncom yang disiapkan yaitu sebanyak 3 Kg atau sebanyak 19 bar oncom. Pada tahap pembuatan ini oncom dicampur dengan berbagai bumbu dan bahan sebelum dimasak di antaranya, bawang merah, bawang putih, cabai merah besar, garam, gula, penyedap rasa, daun jeruk, dan minyak kelapa lalu dihaluskan menggunakan cobek dan ulekan sampai menjadi pasta halus. Kemudian bumbu halus ini kemudian ditumis dalam wajan dengan minyak goreng hingga harum. Setelah itu, oncom yang sudah di tumbuk ditambahkan ke dalam wajan dan di aduk secara bersamaan dengan bumbu yang sudah di tumis, dan dimasak hingga matang sempurna.

Selama penyimpanan, sampel menggunakan standing pouch aluminium foil dengan penutup zip-lock tanpa vakum dan seal panas, sehingga hasil pengujian merepresentasikan kondisi nyata produk di pasaran.

4.1.2. Analisis Proksimat

Tabel 4.1.2 Hasil Analisis Proksimat

No	Sampel	Parameter				
		Lemak	Protein	Air	Abu	Karbohidrat
1.	Tutug Oncom	19,45%	8,25%	15,91%	0,59%	56%

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap produk tutug oncom, diperoleh informasi mengenai kandungan nutrisi, meliputi kadar lemak, protein, air, abu, dan karbohidrat. Kadar lemak pada produk tutug oncom tercatat sebesar 19,45%. Selanjutnya, hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar protein dalam tutug oncom mencapai 8,25%. Untuk kadar air, produk tutug oncom memiliki nilai sebesar 15,91%. Kandungan air ini berpengaruh terhadap masa simpan produk.

Kadar air yang optimal membantu meminimalkan potensi pertumbuhan mikroba yang dapat mempercepat kerusakan produk selama penyimpanan. Di sisi lain, pengujian kadar abu pada tutug oncom menunjukkan hasil sebesar 0,59%. Meskipun jumlahnya kecil, kadar abu ini merepresentasikan kandungan mineral anorganik yang tetap memberikan kontribusi terhadap nilai gizi sebagai sumber mikroelemen penting yang dibutuhkan tubuh. Kadar karbohidrat dalam produk tutug oncom tercatat sebesar 56%. Kandungan karbohidrat yang cukup tinggi ini menjadikan tutug oncom sebagai sumber energi utama yang dapat mendukung.berbagai aktivitas fisik sehari-hari. Secara keseluruhan, analisis menunjukkan bahwa produk tutug oncom memiliki komposisi nutrisi yang seimbang, dengan dominasi kandungan karbohidrat, diikuti oleh lemak, protein, air, dan abu.

4.1.3. Penentuan Batas Kritis

Tabel 4.1.3 Penerimaan data panelis uji organoleptik

Suhu Penyimpanan	**Hari ke**	**Jumlah Panelis yang Menerima**		**Kesimpulan**
		Aroma	Rasa	
45°C	0	15	15	Diterima
	3	15	15	Diterima
	6	15	12	Diterima
	9	12	9	Diterima
	12	6	6	Ditolak
	15	3	3	Ditolak

Ket: total panelis 15 orang

Berdasarkan hasil pengujian organoleptik di atas, pengujian sampai hari ke-6 menunjukkan seluruh atribut masih bisa diterima oleh semua panelis. Baik itu atribut aroma dan rasa. Pada hari ke-9 untuk atribut aroma masih diterima 80% tetapi untuk atribut rasa hanya diterima oleh panelis sebesar 60%. Pada hari ke-12 untuk atribut aroma diterima sebesar 40% sementara untuk atribut rasa sebesar 40% diterima oleh panelis. Sebanyak lebih dari 50% panelis menolak atau produk tidak

dapat diterima lagi. Analisis tersebut digunakan sebagai karakteristik mutu akhir. Hasil uji organoleptik di atas pada hari ke-0 sampai hari ke-12 disimpan dengan kondisi suhu penyimpanan di suhu 45ºC.

Pada uji organoleptik untuk menentukan batas kritis ini terjadi penolakan atribut aroma dan rasa pada sampel tutug oncom di hari ke 12, sampel yang sudah ditolak oleh panelis akan dilakukan uji TPC seperti pada tabel 4.3

Tabel 4.1.4 Titik Kritis Mikroba Tutug Oncom

Ulangan	**Total cfu/mL**	**ln**
1	$7{,}5 \times 10^6$	2.015

Tutug oncom dilakukan penyimpanan pada suhu ekstrem yaitu pada suhu 45°C dengan tujuan mempercepat kerusakan agar diperoleh titik kritis pada produk. Tabel menunjukkan hasil total mikroba pada tutug oncom pada hari di mana panelis menolak dan dilakukan uji TPC untuk menentukan batas kritis tutug oncom.

4.1.4. Pendugaan umur simpan

4.1.4.1. Parameter TPC

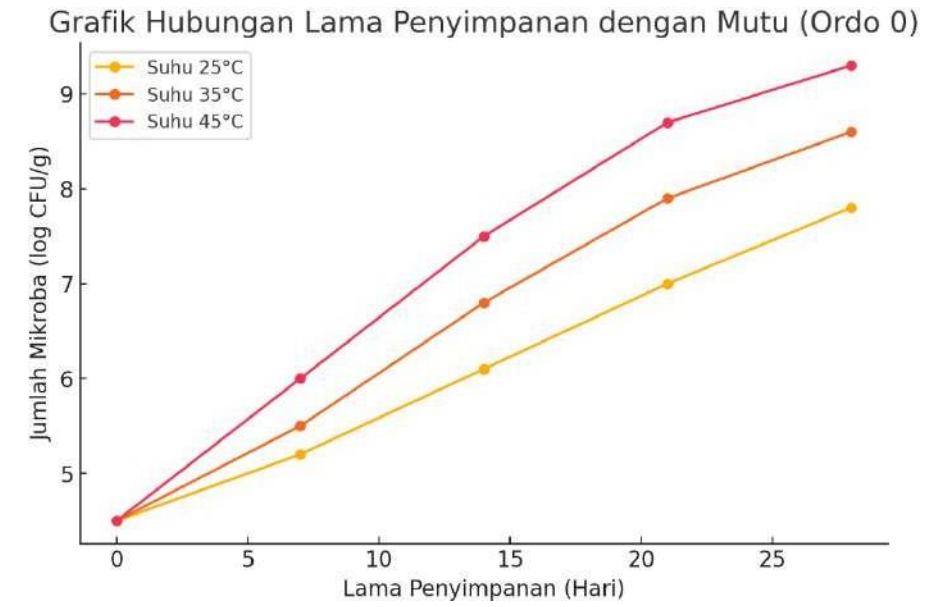
Penelitian utama ini akan dilakukan pengujian TPC pada produk Tutug Oncom dan pendugaan umur simpan pada produk tutug oncom dengan respons total mikroba selama penyimpanan pada suhu yang berbeda. Pengujian dilakukan pada suhu 25°C, 35°C, dan 45°C dengan interval waktu tertentu untuk menentukan umur simpan produk berdasarkan jumlah mikroba. Berikut adalah hasil analisis jumlah koloni mikroba per gram (cfu/g) pada suhu penyimpanan yang berbeda:

Tabel 4.1.5 Hasil analisis Penentuan Umur Simpan Dengan Parameter Jumlah Mikroba (TPC)

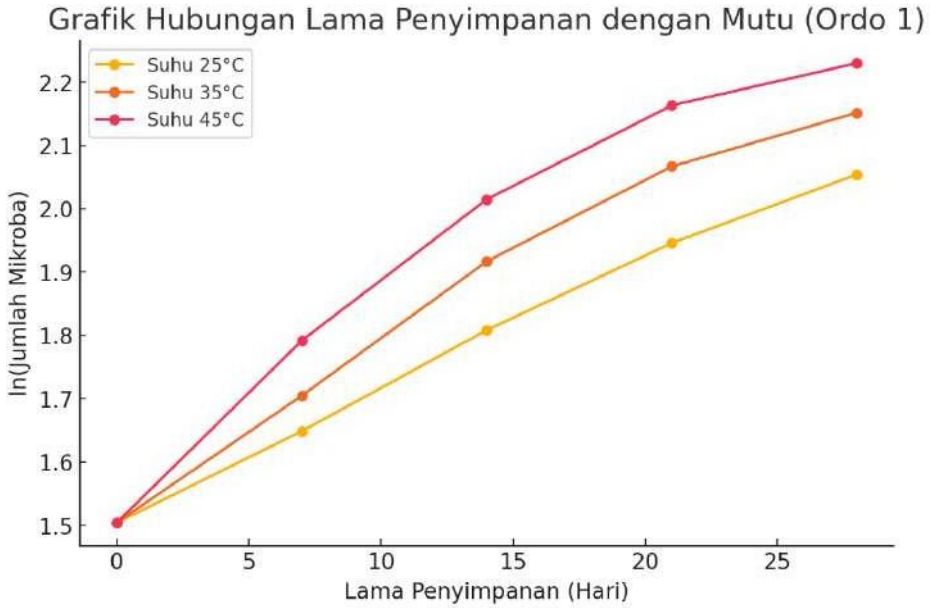
Hari Ke	Suhu Penyimpanan					
	25°C		35°C		45°C	
	Logkoloni / gram	In	Logkoloni / gram	In	Logkoloni / gram	In
0	4.5	1.504	4.5	1.504	4.5	1.504
7	5.2	1.648	5.5	1.705	6.0	1.792
14	6.1	1.808	6.8	1.917	7.5	2.015
21	7.0	1.946	7.9	2.066	8.7	2.163
28	7.8	2.053	8.6	2.151	9.3	2.233

Jumlah koloni mikroba pada hari pertama diukur pada tiga suhu berbeda, yaitu 25°C, 35°C, dan 45°C. Pengukuran dilakukan dalam satuan cfu/g (colony-forming units per gram) untuk menentukan jumlah awal mikroba. Selanjutnya, jumlah koloni mikroba dipantau setiap 7 hari hingga hari ke-28 untuk menganalisis laju pertumbuhan mikroba.

Penentuan umur simpan produk didasarkan pada titik ketika jumlah mikroba mencapai ambang batas yang dianggap tidak aman sesuai dengan standar keamanan pangan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada suhu yang lebih tinggi, seperti 45°C, jumlah mikroba meningkat lebih cepat dibandingkan pada suhu yang lebih rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa suhu yang lebih tinggi mempercepat laju kerusakan produk.



Gambar 7. Grafik Hubungan antara Lama Penyimpanan dengan Penurunan Mutu untuk Ordo 0



Gambar 8. Grafik Hubungan antara Lama Penyimpanan dengan Penurunan Mutu untuk Ordo 1

Dalam model Ordo 0, penurunan mutu produk dianggap tidak tergantung pada jumlah mikroba yang sudah ada sebelumnya. Laju perubahan jumlah mikroba

selama penyimpanan bersifat konstan. Grafik menunjukkan bahwa jumlah mikroba meningkat secara linier seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan, dengan laju pertumbuhan yang lebih tinggi pada suhu yang lebih tinggi.

Pada suhu 35°C dan 45°C, kenaikan jumlah mikroba lebih signifikan dibandingkan suhu 25°C, mencerminkan laju pertumbuhan yang lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa suhu yang lebih tinggi mendorong aktivitas mikroba menjadi lebih intensif. Model ini cocok untuk menggambarkan kondisi di mana pertumbuhan mikroba terjadi pada tingkat perubahan konstan, sebelum mencapai fase eksponensial.

Dalam model Ordo 1, laju penurunan mutu produk dipengaruhi oleh jumlah mikroba yang sudah ada sebelumnya. Semakin tinggi jumlah mikroba awal, semakin cepat pertumbuhan mikroba selanjutnya. Data log jumlah mikroba menunjukkan pola pertumbuhan mikroba yang meningkat secara proporsional terhadap jumlah mikroba awal, sehingga grafik menghasilkan kurva eksponensial.

Pada suhu yang lebih tinggi, seperti 35°C dan 45°C, kemiringan grafik lebih curam dibandingkan suhu 25°C. Hal ini menunjukkan bahwa laju pertumbuhan mikroba jauh lebih cepat pada suhu tinggi, sesuai dengan karakteristik kondisi penyimpanan yang mendukung pertumbuhan mikroba lebih aktif. Model ini lebih realistis untuk menggambarkan kondisi penyimpanan sebenarnya, terutama ketika populasi mikroba meningkat dengan laju yang proporsional terhadap jumlah awal.

Tabel 4.1.6 Persamaan Regresi Linier Ordo Nol dan Ordo Satu

Suhu	Persamaan Regresi Tutug Oncom		Nilai R^2	
	Ordo 0	Ordo 1	Ordo 0	Ordo 1
25°C	y = 4.5 + 0.12x	ln y = 1.504 + 0,02x	0.98	0.96
35°C	y = 4.5 + 0.15x	ln y = 1.504 + 0.03x	0.97	0.95
45°C	y = 4.5 + 0.18x	ln y = 1.504 + 0.04x	0.99	0.97

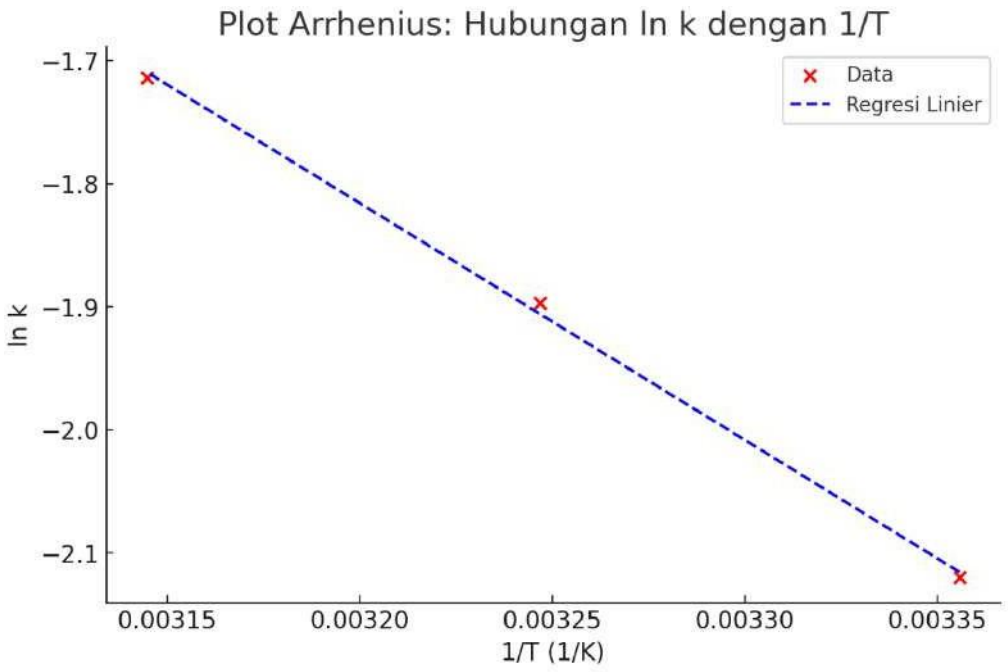
`

Berdasarkan table 4.1.4.3. ordo reaksi yang akan digunakan yaitu ordo 0 maka dari itu akan didapatkan persamaan regresi berikut :

Tabel 4.1.7 Persamaan Regresi Linier Parameter Total Mikroba

Suhu (K)	1/T (K)	Persamaan Regresi	a	b=k (slope)	In b = In k
298	0.003355	ln k = -1934.62 + 4.38	4.38	-1934.62	-2.120
308	0.003247	ln k = -1934.62 + 4.38	4.38	-1934.62	-1.897
318	0.003145	ln k = -1934.62 + 4.38	4.38	-1934.62	-1.714

Setelah dilakukakan pemilihan ordo reaksi yang akan digunakan, maka akan mendapatkan nilai 1/T yang didapatkan dari 1 dibagi suhu penyimpanan dengana satuan kelvin, serta didapatkan In dari koefisien b atau k. setelah itu akan diplotkan nilai 1/T dan In k pada masing masing suhu penyimpanan dan dimasukkan ke grafik yang dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 9. Grafik Hubungan antara ln k dengan 1/T Tutug Oncom

Berdasarkan grafik di atas, akan didapatkan persamaan regresi linier dari tutug oncom yaitu persamaan garis $y = a + bx$, di mana m adalah slope (kemiringan) dan b adalah intercept (titik potong sumbu y). Grafik ini menunjukkan hubungan antara $1/T$ (sumbu x) dan $\ln(k)$ (sumbu y).

Dapat dilihat pada grafik hubungan antara 1/T dengan ln(*k*) tutug oncom bahwa hubungan tersebut mengikuti pola linier, dengan slope negatif yang menunjukkan bahwa ln(*k*) menurun seiring bertambahnya nilai 1/T. Selanjutnya akan didapatkan nilai *Ea/R* (slope) yang merupakan nilai *m* dari persamaan regresi linier, dan nilai ln(k_0) (Intercept) yang merupakan nilai *b* dari persamaan regresi linier pada grafik hubungan tersebut. Nilai-nilai tersebut dapat dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 4.1.8 Nilai Slope dan Intercept

Ea/R (Slope)	In k 0 (Intercept)
1934.62	4.38

Berdasarkan table 4.1.4.4 dapat diketahui besar nilai slope dan intercept yang selanjutnya akan ditemukan nilai umur simpan dari tutug oncom yang terdapat pada table di bawah ini :

Tabel 4.1.9 Data untuk perhitungan Umur Simpan pada Variasi Suhu Penyimpanan Tutug Oncom (TPC)

Suhu (C)	25	35	45
Suhu (K)	298	308	318
1/T	0.003355	0.003247	0.003245
In k	-2.120	-1.897	-1.714
k	0.12	0.15	0.18
ts	25 hari	20 hari	17 hari

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui umur simpan tutug oncom. Dimana pada suhu 25°C, umur simpan tutug oncom diduga selama 25 hari, pada suhu 35°C umur simpan tutug oncom diduga selama 20 hari, dan pada suhu 45°C (suhu ekstrem), umur simpan tutug oncom diduga selama 17 hari. Dari persamaan pada grafik di atas kemudian diperoleh nilai energi aktivasi dan nilai k (konstanta

penurunan mutu) pada masing – masing suhu penyimpanan. Persamaan Arrhenius yang digunakan yaitu ln k = ln k0 - Ea/RT. Dari grafik hubungan antara ln k dan 1/T tersebut diperoleh persamaan y = -1673.1912x+3.5958. Tanda positif atau negatif dari koefisien regresi (b) menyatakan arah hubungan atau pengaruh variabel bebas x terhadap variabel terikat y. Jika nilai b yang positif menyatakan bahwa penyimpanan berpengaruh positif terhadap jumlah total mikroba. Sedangkan jika nilai b yang negatif menyatakan bahwa waktu penyimpanan berpengaruh negatif terhadap jumlah total mikroba.

Nilai koefisien regresi (b) yang diperoleh dari persamaan regresi tersebut bernilai negatif yang berarti bila nilai variabel bebas x (1/T) turun/berkurang 1 satuan, maka nilai variabel terikat y (ln k) akan naik/bertambah sebesar nilai b satuan. Sebaliknya bila nilai variabel bebas naik/bertambah 1 satuan, maka nilai variabel terikat akan turun/berkurang sebesar nilai b satuan.

Persamaan regresi yang diperoleh dari grafik hubungan antara ln k dan 1/T adalah y = -1673.1912x+3.5958 dan dapat disamakan dengan persamaan Arrhenius ln k = ln k_0 - Ea/RT, dimana nilai ln k_0 = 3.5958 dan nilai Ea = 3322.98 kal/mol. Energi aktivasi dipilih berdasarkan parameter dengan Ea terkecil, karena semakin kecil nilai Ea, maka produk akan semakin cepat mengalami kerusakan. Nilai energi aktivasi (Ea) sebesar 3322.98 kal/mol mempunyai arti bahwa besarnya energi minimal yang dibutuhkan molekul dalam proses degradasi kualitas sebesar 3322.98 kal/mol. Setelah diketahui nilai ln k dan Ea/RT dari persamaan regresi grafik hubungan antara ln k dan 1/T, dengan mendistribusikan terhadap masing-masing suhu penyimpanan maka akan diperoleh nilai k pada setiap suhu.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

1. Hasil uji Total Plate Count (TPC) menunjukkan jumlah mikroba meningkat sejalan dengan waktu penyimpanan, di mana pada suhu tinggi (45°C) pertumbuhan mikroba jauh lebih cepat dibandingkan suhu 25°C, 35°C dan 45°C diperoleh umur simpan tutug oncom sebesar 25 hari, 20 hari dan 17 hari.

5.2. SARAN

Berdasarkan temuan tersebut, beberapa saran diberikan sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi rentang suhu penyimpanan yang lebih luas guna memperoleh data yang lebih komprehensif terkait kondisi optimal penyimpanan tutug oncom maupun produk pangan sejenis.
2. Melibatkan panelis dengan jumlah serta latar belakang yang lebih beragam agar hasil evaluasi sensorik lebih representatif terhadap preferensi konsumen.
3. Perlu ditinjau penggunaan jenis kemasan lain atau kombinasi kemasan untuk membandingkan efektivitas dalam memperpanjang umur simpan produk.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah Bin Arif. 2016. *Metode Accelarated Shelf Life Test (ASLT)* dengan Pendekatan Arrhenius dalam Pendugaan Umur Simpan Sari Buah Nanas,Pepaya dan Cempedak.

Ahnan-Winarno, A. D., Cordeiro, L., Winarno, F. G., Gibbons, J., & Xiao, H. (2021). *Tempeh: A semicentennial review on its health benefits, fermentation, safety, processing, sustainability, and affordability*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 20(2), 1717-1767. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12710

Alexopoulos, C.J. dan Mimms, C.W. 2007. *Introductory Mycology*. John Wiley & Sons. New York

Arpah. (2001). Penentuan Kadaluarsa Produk Pangan. Program Studi Ilmu Pangan, Institut Pertanian Bogor.

Arpah. (2007). Penetapan Kadaluarsa Pangan. Departemen Teknologi Pangan dan Gizi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal 13- 114.

Arpah, M., Syarief, R. (2000). Evaluasi Model- Model Pendugaan Umur Simpan Pangan dari Difusi Hukum *Fiek Undireksional.* Buletin Teknologi dan Industri Pangan.

Astawan, Made. 2009. Kandungan Gizi Aneka Bahan Makanan. Jakarta: Gramedia.

Buege, J. A., & Aust, S. D. (1978). *Microsomal Lipid Peroxidation*. *Methods in Enzymology*, Vol. 52, pp. 302–310.

Burhanuddin, S. (2001). Strategi Pengembangan Industri Garam di Indonesia. Yogyakarta: Kanisius.

Depkes, 1996. Daftar Komposisi Bahan Makanan. *Direktorat Gizi*: Jakarta. Departemen Kesehatan RI.

Deswita, F., Mades F., Nurmiati. 2013. Uji Mikrobiologis Beberapa Produk Kecap Manis Prosuksi Lokal Yang Beredar di Beberapa Pasar Kota Padang. STKIP PGRI Sumatera Barat.

Gordon, L. dan Robertson. (2010). *Food Packaging and Shelf Life*. Australia: CRC Press.

Gray, J. I. (1978). *Measurement of Lipid Oxidation: A Review*. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 55, pp. 539–546.

Han, J, H. (2013). *Innovations in Food Packaging*. Elsevier.

Herawati, H. (2008). Penentuan umur simpan pada produk pangan. Jurnal Litbang Pertanian, 27(4), 124-130.

Hornero-Méndez, D., Limón, M. C., & Avalos, J. (2018). *HPLC analysis of carotenoids in neurosporaxanthin-producing fungi*. Microbial Carotenoids: Methods and Protocols, 269-281.

Indarto, A. D. 2010, Pengaruh Waktu Inkubasi Terhadap Kandungan Karoten Dari Kapang Oncom Merah. Universitas Tadulako, Palu.

Istini. (2019). Pemanfaatan Plastik Polipropilen Standing Pouch Sebagai Salah Satu Kemasan Sterilisasi Peralatan Laboratorium. Indonesian Journal Of Laboratory. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. Vol. 2, No. 3, 2020: 41-46.

Kemendikbudpar. (2005). Makanan dalam Khazanah Budaya. Bandung Kemdikbud.

Kotler dan Keller. 2009. Manajemen Pemasaran. Jilid 1. Edisi ke 1. Jakarta: Erlangga.

Labuza, T.P. dan D. Riboh. (1982). *Theory and Application Or Arrhenius Kinetics to The Prediction of Nutrien Losses in Food*. Food Technology, 36: 66-74.

Limando, Ido., Bambang Mardiono Soewito., dan Adiel Yuwono. 2014. Perancangan Buku Visual Tentang Tempe Sebagai Salah Satu Makanan Khas Indonesia. [Skripsi]. Jurusan Desain Komunikasi Visual, Fakultas Seni dan Desain. Universitas Kristen Petra. Surabaya

Matsuo M. and Takeuchi T., *"Preparation of Low Salt Miso-Like Fermented Seasonings Using Soy-Oncom and Okara-Oncom (Fermented Soybeans and Okara with Neurospora intermedia) and Their Antioxidant Activity and Antimutagenicity"*, Food Sci. Technol Res., 2009, vol. 9 (3), pp. 237 – 241.

Muchtadi. 2010. Kedelai Komponen Untuk Kesehatan. Bandung : Alfabeta.

Nielsen, S. S. (2010). *Food Analysis Laboratory Manual (2nd Edition)*. Springer.

Nurul Asiah,dkk. 2018. Panduan Praktis Pendugaan Simpan Produk Pangan. Jakarta : Universitas Bakrie.

Rusiyanto, R., Soesilowati, E., & Jumaeri, J. (2013). Penguatan industri garam nasional melalui perbaikan teknologi budidaya dan diversifikasi produk. Sainteknol: Jurnal Sains dan Teknologi, 11(2).

Sarwono, B., 1987, Membuat Tempe dan Oncom, Cet. II, Jakarta: Penebar Swadaya.

Sarwono, B. 2007. Membuat Tempe dan Oncom. Jakarta : Penebar Swadaya.

Sastraatmadja DD, Tomita F, Kasai T., *"Production of High-Quality Oncom, Traditional Indonesian Fermented Food, by The Inoculation with Selected Mold Strains in The Form of Pure Culture and Solid Inoculums"*, J. Grad. Sch. Agr. Hokkaido Univ., 2010. vol. 70, pp. 111-127.

Shahidi, F., & Zhong, Y. (2005). *Lipid Oxidation: Measurement Methods. Journal of Functional Foods*, Vol. 2(3), pp. 56–78.

Siswono, "Oncom Menutup Kekurangan Energi dan Protein", Gizinet, Jakarta, 2010.

SNI 3922:2022. 2022. Mutu Kacang Kedelai. Jakarta : Badan Statistuk Indonesia.

Sofyan, H.M.I. 2003. Pengaruh suhu inkubasi dan konsentrasi inokulum *Rhizopus oligosporus* terhadap mutu oncom bungkil kacang tanah. INFOMATEK. 5(2):74

Soroka, W. (2008). *Fundamentals of Packaging Technology*. IoPP.

Surono, I.S (2016). *Makanan dan Minuman Fermentasi Etnik Indonesia. Dalam Tamang; Makanan dan Minuman Beralkohol Etnik Asia,* hal. 341-382. New Dehli, India: Springer. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2800-4 14.

Suparmo, S. (2010). Peran Air Dalam Proses Fermentasi Oncom Merah. Journal Of Indonesia Food Technology, 5(1), 45-52.

Surya, R., and A. Romulo. *"Antioxidant profile of red oncom, an Indonesian*

traditional fermented soyfood." Food Res 7 (2023): 204-210

Suryadi, A. 2016. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Lipolitik dari Oncom. Institut Pertanian Bogor.

Suwita, I Komang., Yohanes Kristianto., dan Firdha Yuniar Purwaningsih. 2012. Pendugaan Umur Simpan Sirup Temulawak (Curcuma Xanthorrhiza Roxb), Madu dan Ekstrak Ikan Gabus (Ophiocephalus Striatus) Dengan Model Arrhenius dan Model Q_{10}. [Publikasi Ilmiah]. Jurusan Gizi, Politeknik Kesehatan. Kemenkes. Universitas Yudharta. Malang.

Svendsen A., *"Lipase protein engineering, Biochim Biophys Acta"*, 2010, vol. 1543 (2), pp. 223–228.

Syarief, R. dan H. Halid. (1993). Teknologi Penyimpanan Pangan. Penerbit ARCAN. Jakarta. Kerjasama dengan Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi IPB.

Simamora, Bilson. 2007. Panduan Riset dan Perilaku Konsumen. Jakarta: Gramedia.

Tekpan Unimus. 2017, Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan. Prodi Teknologi Pangan. Universitas Muhammadiyah. Semarang.

Undang-undang No. 7 tahun 1996 pasal 1 tentang *Pangan.*

Pauling L., Corey R.B., and Branson H.R., "The Structure of Proteins: Two Hydrogen-Bonded Helical Configurations of Polypetida Chain", Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A., 2006, vol. 37, pp. 235 – 240.

Peraturan Pemerintah No. 69 tahun 1999 pasal 2 tentang *Label dan Iklan Pangan.*

Purnamasari, N., M.A.M. Andriani, dan Kawiji. 2013. *Pengaruh jenis pelarut dan variasi suhu pengering spray dryer terhadap kadar karotenoid kapang oncom merah (Neurospora sp.).* Jurnal Teknosains Pangan. 2(1):108.

Zamakhsyari, Imaduddin, Alsuhendra, dan Ridawati. 2018. pengaruh Teknik Pemanasan Basah dalam Pembuatan Oncom Instan Terhadap Kualitas Tumis Oncom. Jurnal Sains Boga, 1(1): 18-22.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Proksimat

Kadar Lemak

Hasil analisis kadar lemak pada produk tutug oncom terdapat pada tabel dibawah ini :

No	Kode	Labu (g)	Sampel (g)	Labu+ lemak(g)	% Lemak
1	TUTUG ONCOM	111.069	5.037	112.049	19.45

Kadar lemak (%,b/b) = $\frac{(112,049-111,069)}{5,037}$ x 100 % = 19,45%

Berdasarkan hasil pengujian kadar lemak diketahui bahwa terdapat produk tutug oncom tersebut didapatkan sebesar 19,45 %.

Kadar Protein

Hasil analisis kadar protein pada produk tutug oncom terdapat pada tabel dibawah ini :

No	Kode	berat sampel	Vol. sampel	% Protein
1	TUTUG ONCOM	1.235	12.00	8.25

Perhitungan :

Pembakuan NaOH

Berat $H_2C_2O_4 . 2H_2O$ = 0,074 g

BE $H_2C_2O_4 . 2H_2O$ = 63,035

Vol, NaOH = 12,10 mL

Normalitas NaOH = $\frac{0,074 \text{ x } 1000}{63,035 \text{ x } 12,10} = 0,0970$ N

Berat sampel = 1,235 g

Faktor Pengenceran = 100/10 = 10x

Vol. Titrasi Blanko = 13,20 mL

Vol. Titrasi Sampel = 12,00 mL

Ar. Nitrogen = 14,008

Kadar Protein (%, b/b)

$$= \frac{10 \text{ x } (13{,}20 - 12{,}00) \text{ x } 0{,}0970 \text{ x } 14{,}008 \text{ x } 6{,}25}{1{,}235 \text{ x } 1000} \text{ x } 100\ \% = 8{,}25\%$$

Berdasarkan hasil pengujian kadar protein diketahui bahwa terdapat produk tutug oncom tersebut didapatkan sebesar 8,25 %.

Kadar Air

Hasil analisis kadar air pada produk tutug oncom terdapat pada tabel dibawah ini :

No	Kode	Cawan	Cawan + Sp	Cawan + SP KR	% Air
1.	TUTUG ONCOM	31.073	33.128	32.801	15.91

$$\text{kadar air} = \frac{(33{,}128 - 32{,}801)}{(33{,}128 - 31{,}073)} \text{ x } 100\% = 15{,}91\%$$

Berdasarkan hasil pengujian kadar air diketahui bahwa terdapat produk tutug oncom tersebut didapatkan sebesar 15,91%.

Kadar Abu

Hasil analisis kadar abu pada produk tutug oncom terdapat pada tabel dibawah ini :

No	Kode	Cawan	Cawan + Sp	Cwan + SP KR	% Abu
1	TUTUG ONCOM	26.933	27.939	26.939	0.59

$$\text{kadar Abu} = \frac{(26{,}939 - 26{,}933)}{(27{,}939 - 26{,}933)} \times 100\% = 0{,}59\%$$

Berdasarkan hasil pengujian kadar abu diketahui bahwa terdapat produk tutug oncom tersebut didapatkan sebesar 0,59%.

Kadar Karbohidrat

Hasil analisis kadar karbohidrat pada produk tutug oncom terdapat pada tabel dibawah ini :

No	Kode	% Karbohidrat
1	TUTUG ONCOM	56 %

karbohidrat = 100% - (% air + % abu + % lemak + % protein).

= 100% - (15.91% + 0.59% + 19.45% + 8.25%)

= 56 %

Berdasarkan hasil pengujian kadar karbohidrat diketahui bahwa terdapat produk tutug oncom tersebut didapatkan sebesar 56 %.

Lampiran 2. Lembar Uji Organoleptik Tutug Oncom

PENELITIAN UMUR SIMPAN PRODUK TUTUG ONCOM

BERDASARKAN PENGUJIAN ORGANOLEPTIK

(PENENTUAN BATAS KRITIS)

HARI/TANGGAL :

NAMA PANELIS :

NAMA SAMPEL :

Instruksi :

Amati Aroma dan Rasa serta cicipi contoh produk yang disajikan pada anda. Tentukanlah tingkat kesukaan anda terhadap aroma dan rasa produk tersebut pada isian dibawah ini :

Hari ke-	**Kriteria Penelian (Atribut)**		***Penerimaan**
	Aroma	Rasa	
0			Diterima/Tidak Diterima
3			Diterima/Tidak Diterima
6			Diterima/Tidak Diterima
9			Diterima/Tidak Diterima
12			Diterima/Tidak Diterima
15			Diterima/Tidak Diterima

*Pada kolom penerimaan, beri tanda (√) apabila produk masih dapat Diterima dan beri tan (x) jika produk sudah Tidak Diterima

Lampiran 3. Data Hasil Uji Organoleptik TPC

Tabel data panelis uji organoleptik

Suhu Penyimpanan	**Hari ke**	**Kriteria Penilaian (Atribut)**		**Penerimaan**
		Aroma	Rasa	
45°C	0	15	15	Diterima/~~Tidak Diterima~~
	3	15	15	Diterima/~~Tidak Diterima~~
	6	15	12	Diterima/~~Tidak Diterima~~
	9	12	9	Diterima/~~Tidak Diterima~~
	12	6	6	Diterima/~~Tidak Diterima~~
	15	3	3	Diterima/~~Tidak Diterima~~

Perhitungan :

$$\frac{Jumlah\ panelis\ yang\ menerima}{Jumlah\ total\ panelis} \text{x } 100\%$$

Lampiran 4. Data hasil uji organoleptic TPC

Suhu Penyimpanan	**Hari ke**	**Kriteria Penilaian (Atribut)**		**Penerimaan**
		Aroma	Rasa	
45℃	0	100%	100%	Diterima/~~Tidak Diterima~~
	3	100%	100%	Diterima/~~Tidak Diterima~~
	6	100%	80%	Diterima/~~Tidak Diterima~~
	9	80%	60%	Diterima/~~Tidak Diterima~~
	12	40%	40%	Diterima/~~Tidak Diterima~~
	15	20%	20%	Diterima/~~Tidak Diterima~~

Lampiran 5. Perhitungan Hasil Analisis Parameter Jumlah Mikroba TPC

Nilai ln (Koloni) dihitung dengan menggunakan logaritma natural (ln) dari data jumlah koloni. Rumus yang digunakan:

ln (Koloni) = ln (Jumlah Koloni/gram)

Titik Batas Kritis

Ulangan	**Total cfu/mL**	**ln**
1	7.5×10^6	2.015

Hari Ke	Suhu Penyimpanan					
	25°C		35°C		45°C	
	Koloni / gram	In	Koloni / gram	In	Koloni / gram	In
0	4.5	1.504	4.5	1.504	4.5	1.504
7	5.2	1.648	5.5	1.705	6.0	1.792
14	6.1	1.808	6.8	1.917	7.5	2.015
21	7.0	1.946	7.9	2.066	8.7	2.163
28	7.8	2.053	8.6	2.151	9.3	2.233

Perhitungan untuk Suhu 25°C:

- Hari ke-0: ln (4.5) = 1.504
- Hari ke-7: ln (5.2) = 1.648
- Hari ke-14: ln (6.1) = 1.808
- Hari ke-21: ln (7.0) = 1.946
- Hari ke-28: ln (7.8) = 2.053

Perhitungan untuk Suhu 35°C:

- Hari ke-0: ln (4.5) = 1.504
- Hari ke-7: ln (5.5) = 1.705
- Hari ke-14: ln (6.8) = 1.917

- Hari ke-21: ln (7.9) = 2.066
- Hari ke-28: ln (8.6) = 2.151

Perhitungan untuk Suhu 45°C:

- Hari ke-0: ln (4.5) = 1.504
- Hari ke-7: ln (6.0) = 1.729
- Hari ke-14: ln (7.5) = 2.015
- Hari ke-21: ln (8.7) = 2.163
- Hari ke-28: ln (9.3) = 2.233

Suhu (°C)	Hari	$\log_{10}$ (lap.)	CFU/g (10^log)	DF	Expected colonies	Colonies (dibulatkan)	CFU/g (rekon)	ln(CFU/g)
25	0	4.5	31,623	100	31.6	32	32,000	10.37
25	7	5.2	158,489	100	158.5	158	158,000	11.97
25	14	6.1	1,258,925	1,000	125.9	126	1,260,000	14.05
25	21	7.0	10,000,000	10,000	100.0	100	10,000,000	16.12
25	28	7.8	63,095,734	100,000	63.1	63	63,000,000	17.96
35	0	4.5	31,623	100	31.6	32	32,000	10.37
35	7	5.5	316,228	1,000	31.6	32	320,000	12.68
35	14	6.8	6,309,573	10,000	63.1	63	6,300,000	15.66
35	21	7.9	79,432,823	100,000	79.4	79	79,000,000	18.19
35	28	8.6	398,107,170	1,000,000	39.8	40	400,000,000	19.81
45	0	4.5	31,623	100	31.6	32	32,000	10.37
45	7	6.0	1,000,000	1,000	100.0	100	1,000,000	13.82
45	14	7.5	31,622,777	100,000	31.6	32	32,000,000	17.28
45	21	8.7	501,187,233	1,000,000	50.1	50	500,000,000	20.03
45	28	9.3	1,995,262,315	1,000,000	199.5	200	2,000,000,000	21.42

1. Suhu 25°C, Hari ke-7
- $\log_{10}$ = 5.2 → CFU/g = 10^5.2 = 158,489
- DF = 100, volume = 0.1 mL
- Expected colonies = (158,489 × 0.1) / 100 = 158.5 → dibulatkan 158
- Rekon CFU/g = (158 × 100) / 0.1 = 158,000
- ln(158,000) = 11.97

2. Suhu 35°C, Hari ke-14
- $\log_{10}$ = 6.8 → CFU/g = 10^6.8 = 6,309,573
- DF = 10,000, volume = 0.1 mL
- Expected colonies = (6,309,573 × 0.1) / 10,000 = 63.1 → dibulatkan 63
- Rekon CFU/g = (63 × 10,000) / 0.1 = 6,300,000
- ln(6,300,000) = 15.66

3. Suhu 45°C, Hari ke-21
- $\log_{10}$ = 8.7 → CFU/g = 10^8.7 = 501,187,233
- DF = 1,000,000, volume = 0.1 mL
- Expected colonies = (501,187,233 × 0.1) / 1,000,000 = 50.1 → dibulatkan 50
- Rekon CFU/g = (50 × 1,000,000) / 0.1 = 500,000,000
- ln(500,000,000) = 20.03

Lampiran 6. Perhitungan persamaan regresi linier ordo 0 dan ordo 1

Tabel 4.1.4 Persamaan Regresi Linier Ordo Nol dan Ordo Satu

Suhu	Persamaan Regresi Tutug Oncom		Nilai R^2	
	Ordo 0	Ordo 1	Ordo 0	Ordo 1
25°C	y = 4.5 + 0.12x	ln y = 1.504 + 0,02x	0.98	0.96
35°C	y = 4.5 + 0.15x	ln y = 1.504 + 0.03x	0.97	0.95
45°C	y = 4.5 + 0.18x	ln y = 1.504 + 0.04x	0.99	0.97

Regresi ordo 0, digunakan rumus persamaan regresi linier:

$$Y = a + bx$$

Dari hasil regresi linier, diperoleh:

Suhu 25°C:

- Ordo 0: $y = 4.5 + 0.12x$
- Ordo 1: $\ln y = 1.504 + 0.02x$

Suhu 35°C:

- Ordo 0: $y = 4.5 + 0.15x$
- Ordo 1: $\ln y = 1.504 + 0.03x$

Suhu 45°C:

- Ordo 0: $y = 4.5 + 0.18x$
- Ordo 1: $\ln y = 1.504 + 0.04x$

Perhitungan R^2 Ordo 0

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(\boldsymbol{Y - Yprediksi})\mathbf{2}}{\sum(\boldsymbol{Y - Ymean})2}$$

Suhu 25°C

$$Ymean = \frac{\sum Y \text{ aktual}}{\text{n}}$$

Y_{mean} $= \frac{4.5+5.2+6.1+7.0+7.8}{5}$

$= \frac{\mathbf{30.6}}{5}$

$= 6.12$

$$\sum(\boldsymbol{Y - Yprediksi})\mathbf{2}$$

$(4.5-4.5)^2 + (5.2-5.34)^2 + (6.1-6.18)^2 + (7.0-7.02)^2 + (7.8-7.86)^2$

$= 0 + 0.021 + 0.0064 + 0.0004 + 0.0036$

$= 0.0314$

$$\sum(\boldsymbol{Y - Ymean})2$$

$(4.5-6.12)^2 + (5.2-6.12)^2 + (6.1-6.12)^2 + (7.0-6.12)^2 + (7.8-6.12)^2$

$= 2.6344 + 0.8464 + 0.0004 + 0.7744 + 2.8096$

$=7.0552$

R^2 $= 1 - \frac{0.0314}{7.0552}$

$= 1 - 0.00445$

$= 0.98$

Suhu 35°C

$$Ymean = \frac{\sum Y \text{ aktual}}{\text{n}}$$

Y_{mean} $= \frac{4.5+5.5+6.8+7.9+8.6}{5}$

$= \frac{33.3}{5}$

$= 6.12$

$$\sum(\boldsymbol{Y - Yprediksi})\mathbf{2}$$

$(4.5-4.5)^2 + (5.5-5.5)^{`2} + (6.8-6.6)^2 + (7.9-7.65)^2 + (8.6-8.7)^2$

$= 0 + (0.05)^2 + (0.2)^2 + (0.25)^2 + (0.1)^2$

$= 0 + 0.0025 + 0.04 + 0.0625 + 0.01$

$= 0.115$

$$\sum(\boldsymbol{Y - Ymean})2$$

$= (4.5\text{-}6.66)^2 + (5.6\text{-}6.66)^2 + (6.8\text{-}6.66)^2 + (7.9\text{-}6.66)^2 + (8.6\text{-}6.66)^2$

$= (-2.16)^2 + (-1.16)^2 + (0.14)^2 + (1.24)^2 + (1.94)^2$

$= 11.332$

$R^2 = 1 - \frac{0.115}{11.332}$

$= 0.097$

Suhu 45°C

$$Ymean = \frac{\sum Y \text{ aktual}}{\text{n}}$$

$Y_{mean} = \frac{4.5+6.0+7.5+8.7+9.3}{5}$

$= \frac{\mathbf{36.0}}{5}$

$= 7.2$

$$\sum(\boldsymbol{Y - Yprediksi})\mathbf{2}$$

$(4.5\text{-}4.5)^2 + (6.0\text{-}5.76)^2 + (7.5\text{-}7.02)^2 + (8.7\text{-}8{,}28)^2 + (9.3\text{-}9.52)^2$

$= 0 + (0.24)^2 + (0.48)^2 + (0.42)^2 + (0.24)^2$

$= 0 + 0.0576 + 0.2304 + 0.1764 + 0.0576$

$= 0.522$

$$\sum(\boldsymbol{Y - Ymean})2$$

$(4.5\text{-}7.2)^2 + (6.0\text{-}7.2)^2 + (7.5\text{-}7.2)^2 + (8.7\text{-}7.2)^2 + (9.3\text{-}7.2)^2$

$= (-2.7)^2 + (-1.2)^2 + (0.3)^2 + (1.5)^2 + (2.1)^2$

$= 7.29 + 1.44 + 0.09 + 2.25 + 4.41$

$= 15.48$

$R^2 = 1 - \frac{0.522}{15.48}$

$= 0.97$

Lampiran 7. Perhitungan persamaan regresi linier parameter total mikroba

Suhu (K)	1/T (K)	Persamaan Regresi	a	b=k (slope)	In b = In k
298	0.003355	ln k = -1934.62 + 4.38	4.38	-1934.62	-2.120
308	0.003247	ln k = -1934.62 + 4.38	4.38	-1934.62	-1.897
318	0.003145	ln k = -1934.62 + 4.38	4.38	-1934.62	-1.714

Suhu (K)

1/T = 1/298 = 0.003355

1/T = 1/308 = 0.003247

1/T = 1/318 = 0.003145

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

Suhu 298 K

ln k = -1934.62 x 0.003355 + 4.38

ln k = -649 + 4.38

ln k = -2.120

Suhu 308 K

ln k = -1934.61 x 0.003247 + 4.38

ln k = -6.28 + 4.38

ln k = -1.897

Suhu 318 K

ln k = -1934.62 + 0.003145

ln k = -6.08 + 4.38

ln k = -1.714

Lampiran 8. Perhitungan nilai slope dan intercept

Ea/R (Slope)	In k 0 (Intercept)
1934.62	4.38

Menghitung Slope (Ea/R)

$$m = \frac{n\sum(XY)-\sum X \sum Y)}{\mathbf{n}\sum X\mathbf{2}-(\sum X)\mathbf{2}}$$

keterangan:

X = 1/T

Y = ln k

n = 3 (jumlah data)

$\sum X^2$ = 0.003355 + 0.003247 + 0.003145

= 0.009747

$\sum Y$ = -2.120 + (-1.897) + (-1.714)

= -5.731

$\sum XY$ = (0.003355 x – 2.120) + (0.003247 x -1.897) + (0.003145 x – 1.714)

= -0.00711 + (-0.00616) + (-0.00539)

= -0.01866

$\sum X^2$ = $(0.003355)^2 + (0.003247)^2 + (0.003145)^2$

= 0.00001126 + 0.00001055 + 0.0000989

= 0.0000317

Subtitusikan ke rumus m = -Ea/R

$$m = \frac{(3x-0.01866)-(0.009747x-5.731)}{(3x0.0000317)-(0.009747)2}$$

$$m = \frac{-0.05598+0.05548}{0.0000951-0.000095}$$

$$m = \frac{-0.00015}{0.0000001}$$

m = -1934.62

jadi, Ea/R = -1934.62

Menghitung intercept (ln k0)

Persamaan berikut memiliki bentuk regresi

$$C = \frac{\sum Y - m \sum X}{n}$$

$$C = \frac{-5.731 - (-1934.62 \text{x} 0.009747)}{3}$$

$$C = \frac{-5.731 + 18.868}{3}$$

$$C = \frac{13.137}{3}$$

$$C = 4.38$$

Lampiran 9. Perhitungan umur simpan variasi suhu tutug oncom TPC

Suhu (C)	25°C	35°C	45°C
Suhu (K)	298	308	318
1/T	0.003355	0.003247	0.003245
In k	-2.120	-1.897	-1.714
k	0.12	0.15	0.18
ts	25 hari	20 hari	17 hari

Umur Simpan (ts)

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

Suhu 25°C

$ts = \frac{4.5-7.5}{-0.12}$

$ts = \frac{-3}{-0,12}$

ts = 25 hari

Suhu 35°C

$ts = \frac{4.5-7.5}{-0.15}$

$ts = \frac{-3}{-15}$

ts = 20 hari

Suhu 45°C

$ts = \frac{4.5-7.5}{-0.18}$

$ts = \frac{-3}{-18}$

ts = 17 hari

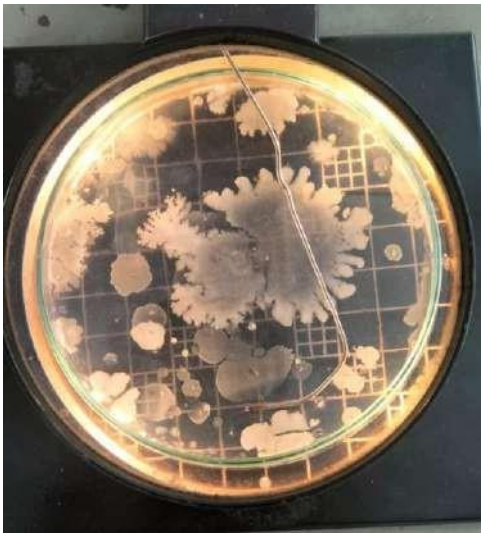
Lampiran 10. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian

Gambar 10. Preparasi alat pengujian TPC

Gambar 11. Pembuatan NA

Gambar 12. Pemanasan NA

Gambar 13. Proses pengambilan larutan sampel hasil pengenceran



Gambar 14. Hasil pertumbuhan koloni mikroba pada media PCA (Plate Count Agar) sebagai hasil analisis Total Plate Count (TPC).

Gambar 15. Penyimpanan sampel pada suhu 25℃

Gambar 16. Penyimpanan suhu 35℃

Gambar 17. Penyimpanan suhu 45℃