



Artikel

Pendugaan Umur Simpan Saus Tomat *Homemade* Menggunakan Model Arrhenius pada Suhu Penyimpanan Berbeda

Estimation of Shelf Life of Homemade Tomato Sauce Using Arrhenius Model at Different Storage Temperatures

Ni Wayan Putu Meikapasa, Kartika Gemma Pravitri, Lalu Danu Prima Arzani

Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Bumigora, Mataram, Indonesia

Informasi Artikel

Genesis Artikel:

Diterima:
14-05-2024
Disetujui:
10-07-2024

Keywords:

Arrhenius model
Homemade
Shelf life
Storage temperature
Tomato sauce

ABSTRACT

Homemade tomato sauce products have the advantage of having a composition that can be ensured to contain minimal harmful chemicals. However, like other processed products, of course, the product will experience a decrease in quality along with the length of storage time. This study aims to determine changes in the quality of tomato sauce produced on a home scale (homemade ketchup) during one month of storage at storage temperatures of 10°C, 25°C, and 35°C. The method used to predict shelf life is the Arrhenius calculation model, which observes changes in pH, a_w , and Total Microbes. The findings showed that the pH of tomato sauce tended to decrease with the length of storage time. The number of microbes increased with the increasing temperature and length of storage. Meanwhile, temperature and length of storage did not affect water activity. However, a_w tends to increase with the temperature and length of storage. The results of estimating the shelf life with the Arrhenius model based on the water activity (a_w) parameter showed that the shelf life of the sauce was 151.75 days with a quality decline rate of 0.001068/day at a storage temperature of 10°C; 96.07 days with a quality decline rate of 0.001685/day at a storage temperature of 25°C and 72.6 days with a quality decline rate of 0.002227/day at a storage temperature of 35°C. The implications of this study indicate that storage at 10°C can extend the shelf life of both tomato sauce products, so producers and consumers need to consider the optimal storage temperature based on the results of this study.

ABSTRAK

Kata Kunci:

Model Arrhenius
Homemade
Saus tomat
Suhu penyimpanan
Umur simpan

Produk saus tomat homemade memiliki keunggulan karena komposisi yang bisa dipastikan minim kandungan zat kimia berbahaya. Namun, sebagaimana produk olahan lainnya tentunya produk tersebut akan mengalami penurunan mutu seiring dengan lamanya waktu simpan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan mutu saus tomat yang diproduksi dengan skala rumahan (homemade ketchup) selama penyimpanan satu bulan pada suhu penyimpanan 10°C, 25°C dan 35°C. Metode yang digunakan dalam memprediksi umur simpan menggunakan model perhitungan Arrhenius dengan mengamati perubahan pH, a_w dan Total Mikroba. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH saus tomat cenderung menurun seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Sedangkan jumlah mikroba mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu dan lama penyimpanan. Sementara itu tidak terdapat pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap aktivitas air. Meskipun demikian a_w cenderung mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu dan lama penyimpanan. Hasil pendugaan umur simpan dengan model Arrhenius berdasarkan parameter Aktivitas air (a_w) menunjukkan umur simpan saus adalah 151,75 hari dengan laju penurunan mutu 0,001068/hari pada suhu penyimpanan 10°C; 96,07 hari dengan laju penurunan mutu 0,001685/hari pada suhu penyimpanan 25°C dan 72,6 hari dengan laju penurunan mutu 0,002227/hari pada suhu penyimpanan 35°C. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penyimpanan pada suhu 10°C dapat memperpanjang umur simpan kedua produk saus tomat, sehingga penting bagi produsen dan konsumen untuk mempertimbangkan suhu penyimpanan yang optimal berdasarkan hasil penelitian ini.



*Penulis Korespondensi:

Email: meika@universitاسbumigora.com

doi: 10.30812/jtmp.v3i1.4058

Hak Cipta ©2024 Penulis, Dipublikasikan oleh Jurnal Teknologi dan Mutu Pangan

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi CC BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Cara Sitasi: Meikapasa, N.W.P., Pravitri, K.G., Arzani, L.D.P. (2024). Pendugaan Umur Simpan Saus Tomat *Homemade* Menggunakan Model Arrhenius pada Suhu Penyimpanan Berbeda. Jurnal Teknologi Dan Mutu Pangan, 3(1), 1-10.

<https://doi.org/10.30812/jtmp.v3i1.4058>

1. PENDAHULUAN

Saus tomat merupakan salah satu produk hasil olahan tomat yang saat ini banyak diproduksi oleh para produsen yang bergerak di bidang pangan. Saus tomat sering kali dipergunakan sebagai bahan penyedap makanan (Thalib, 2019). Seiring dengan meningkatnya kreativitas masyarakat dalam pengolahan makanan penggunaan saus tomat menjadi semakin populer (Tumpuan, 2021). Saus tidak hanya hadir dalam sajian seperti mi bakso atau mi ayam, tetapi juga digunakan sebagai pelengkap nasi goreng, mi goreng, dan berbagai makanan cepat saji (Meikapasa, 2016). Peningkatan kepopuleran dari produk saus tomat ini juga dapat dilihat dari semakin banyaknya produk saus tomat yang beredar di pasaran. Sebagian besar saus tomat yang beredar di pasaran mengandung bahan tambahan pangan (BTP) untuk berbagai tujuan, untuk meningkatkan rasa, warna, tekstur, dan umur simpan (Wardani & Rahayu, 2021). Secara umum saus yang beredar dipasaran sudah terdaftar di Departemen Kesehatan karena kandungannya yang dianggap tidak membahayakan konsumen, akan tetapi tidak sedikit dari produk tersebut yang belum mencantumkan umur simpan atau masa kadaluarsanya sehingga tidak jarang produk saus tomat yang banyak beredar di pasaran tersebut telah mengalami kerusakan namun masih tetap dijual bahkan dikonsumsi, terutama saus tomat yang dibuat secara *homemade* (Thalib, 2019). Saus tomat homemade adalah saus tomat yang dibuat secara manual di rumah dengan menggunakan bahan-bahan segar dan alami. Saus homemade merupakan salah satu pilihan untuk mengurangi ketergantungan terhadap produk saus komersial yang telah melalui proses ultra dalam pengolahannya, yang saat ini sering disinggung terkait risiko penggunaannya (Kresnapati et al., 2023). Meskipun saus tomat homemade semakin populer sebagai alternatif yang lebih alami dan sehat dibandingkan saus tomat komersial, produk ini menghadapi beberapa tantangan yaitu tidak adanya informasi mengenai umur simpan dari produk. Umur simpan suatu produk berhubungan erat dengan kerusakan fisik, kimia dan mikrobiologis yang mungkin terjadi pada produk tersebut selama penyimpanan (Arini, 2017). Suatu produk olahan yang dipasarkan memiliki kelemahan yaitu mudah mengalami kerusakan apabila tidak disimpan dalam kondisi yang tepat. Salah satu faktor utama kerusakan bahan pangan adalah tingginya kandungan air bebas (Delviani et al., 2021). Oleh karena itu, penelitian mengenai umur simpan produk saus tomat homemade menjadi penting untuk memastikan kualitas dan keamanan produk tersebut selama penyimpanan.

Kerusakan produk pangan disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kondisi penyimpanan yang kurang tepat. Oleh karena itu, kondisi penyimpanan produk perlu diamati untuk menjaga produk dari kerusakan. Suhu penyimpanan akan berkaitan erat dengan umur simpan suatu produk, yang berkaitan dengan laju reaksi senyawa kimia sehingga dapat mempengaruhi kualitas produk pangan (Asjulia & Dyan, 2023). Maka dari itu dalam menentukan kecepatan penurunan mutu makanan faktor suhu harus selalu diperhitungkan (Asjulia & Dyan, 2023). Selama proses penyimpanan terjadi perubahan-perubahan kimia dan fisik yang menyebabkan penurunan mutu sampai batas tertentu sehingga menjadikan produk tersebut menjadi tidak layak konsumsi (Arini, 2017). Pada produk saus tomat, kerusakan utama dicirikan dengan perubahan warna, bau dan cita rasa. Selain penyimpangan secara organoleptik tersebut, saus tomat juga dapat mengalami perubahan dalam hal kadar air, pH maupun mikrobiologis (Meikapasa, 2016). Maka dari itu diperlukan analisis yang lebih mendalam seperti perubahan kualitas fisikokimia dan mikrobiologis yang dapat diuji secara kuantitatif untuk memastikan kelayakan produk dan menentukan umur simpan (Hernani et al., 2021). Informasi masa kadaluarsa atau umur simpan merupakan salah satu informasi yang wajib dicantumkan oleh produsen pada kemasan produk pangan (Ninsix et al., 2018). Pencantuman informasi mengenai umur simpan menjadi sangat penting karena berkaitan dengan keamanan produk pangan dan untuk mencegah konsumsi produk yang tidak layak dikonsumsi. Kewajiban produsen untuk mencantumkan informasi umur simpan ini telah diatur oleh pemerintah dalam UU Pangan tahun 1996 serta PP Nomor 69 tahun 1999 tentang Label dan Iklan Pangan, dimana setiap industri pangan wajib mencantumkan tanggal kadaluarsa (umur simpan) pada setiap kemasan produk pangan (Rahmawati et al., 2022).

Pendugaan umur simpan saus tomat dapat dilakukan dengan mengidentifikasi tanda-tanda penurunan mutu atau kerusakan yang mungkin terjadi selama penyimpanan (Herawati et al., 2017). Kerusakan saus banyak dipengaruhi oleh sanitasi ditempat pembuatan, transportasi, pemasaran dan cara penyimpanan (Meikapasa, 2016). Selama proses tersebut peranan mikroorganisme sangat besar dalam percepatan kerusakan saus tomat, sehingga pada kondisi tertentu memungkinkan produk tersebut tidak layak untuk dikonsumsi (Yuana et al., 2021). Untuk memahami lebih lanjut mengenai pendugaan umur simpan produk pangan, berbagai penelitian telah dilakukan guna mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan dan kualitas produk selama penyimpanan. Sukasih et al. (2007) dalam studinya melakukan pendugaan umur simpan untuk 4 jenis produk pasta tomat kental yaitu pasta tomat tanpa bahan tambahan, pasta tomat dengan tambahan pengawet, pasta tomat dengan pengawet dan pewarna, serta pasta tomat yang ditambah pengawet, pewarna dan gula menggunakan metode Accelerated Storage Studies (ASS) atau sering disebut juga dengan Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) menggunakan persamaan Arrhenius. Selain itu pengujian umur simpan juga dilakukan oleh Handayani et al. (2019) untuk produk saus tomat yang diolah dengan konsentrasi bahan pengental yang berbeda, perhitungan pendugaan umur simpan dilakukan dengan metode ASLT menggunakan model persamaan Arrhenius. Studi lain yang dilakukan oleh Bilang et al. (2018) melakukan pendugaan umur simpan untuk produk saus spaghetti ikan tuna menggunakan metode metode akselerasi model persamaan Arrhenius. Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi umur simpan produk pasta tomat dan saus dengan berbagai bahan tambahan menggunakan metode ASLT

dan model persamaan Arrhenius, namun belum ada penelitian yang secara khusus memfokuskan pada pendugaan umur simpan saus tomat homemade tanpa bahan tambahan kimia pada suhu penyimpanan yang berbeda. Sehingga penelitian ini mengisi celah tersebut dengan menggunakan metode ASLT dengan model persamaan Arrhenius untuk memprediksi umur simpan saus tomat homemade yang disimpan dalam kondisi suhu penyimpanan bervariasi. Penelitian ini menghadirkan kebaruan dengan fokus pada pendugaan umur simpan saus tomat homemade tanpa bahan tambahan kimia, menggunakan model Arrhenius pada berbagai suhu penyimpanan. Maka dari itu, tujuan dari penelitian ini yaitu melakukan kajian untuk menentukan umur simpan saus tomat khususnya saus tomat handmade pada suhu penyimpanan yang berbeda dengan metode ASLT menggunakan model persamaan Arrhenius berdasarkan parameter penurunan mutu yang meliputi aktivitas air (a_w), pH, dan total jumlah mikroba. Penelitian ini memberikan kontribusi bagi produsen saus tomat homemade dalam menjaga kualitas dan keamanan produk mereka selama penyimpanan.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Bahan

Bahan utama dalam penelitian ini terdiri dari tomat segar (100%), 0,25% Cengkeh; 0,25% Kayu manis; 1,2% Bawang putih tumbuk yang diperoleh di Pasar Karang Jasi dan bahan pendukung terdiri dari 12% Gula (Rose Brand, Indonesia); 1,2% Garam (Kapal, Indonesia); 0,5% Lada (Ladaku, Indonesia); 0,1% Natrium benzoat (Koepoe-koepoe, Indonesia) dan 2% tepung maizena (Maizenaku, Indonesia).

2.2. Prosedur Pembuatan Saus Tomat

Proses pembuatan Saus tomat dimulai dengan menghaluskan tomat segar menggunakan alat penghalus blender hingga menjadi puree. Selanjutnya puree tomat dan bahan tambahan lainnya dimasak pada suhu 80°C selama 30 menit untuk memperoleh saus tomat dengan konsistensi kental dan memiliki total padatan sesuai SNI dan standar kualitas saus tomat yang tepat dalam mempertahankan kualitas gizi dilihat dari kandungan likopen dan vitamin C (Meikapasa, 2016). Selanjutnya, saus dimasukkan dalam botol kaca steril dan disimpan pada suhu 10°C, 25°C dan 35°C selama ±30 hari. Pengamatan dilakukan setiap 5 hari sekali dilakukan analisis mengenai parameter kritis pada saus tomat yang meliputi: Nilai aktivitas air (a_w), pH dan total jumlah mikroba.

2.3. Metode Pengamatan

1. Pengukuran Aktivitas Air (a_w)

Aktivitas air diukur dengan menggunakan aw meter yang telah dikalibrasi dengan $BaCl_2$.

2. Analisis keasaman (pH)

Nilai pH diukur menggunakan pH-meter yang telah dikalibrasi dengan buffer pH 3,0 dan buffer pH 7,0. Semua sampel diencerkan terlebih dahulu dengan menambahkan aquades sebanyak 50 ml ke dalam 5 gram produk lalu dihomogenkan dan pengukuran pH dapat dilakukan.

3. Analisis Total jumlah mikroba (TPC)

Jumlah mikroba dianalisis dengan menggunakan metode pengenceran cawan tuang. Dengan mengencerkan sampel terlebih dahulu kemudian dituang dalam medium PDA selanjutnya sampel diinkubasi selama 1×24 jam pada suhu 40°C. perhitungan jumlah koloni menggunakan alat *colony counter*.

4. Pendugaan Umur Simpan Model Persamaan Arrhenius

Berdasarkan tiga parameter tersebut, dipilih salah satu yaitu A_w sebagai parameter untuk menentukan umur simpan produk saus tomat dengan menggunakan model persamaan Arrhenius. Data aktivitas air diolah dengan menggunakan regresi linier sederhana untuk mengetahui hubungan antara variabel yang diukur dengan lama penyimpanan menggunakan persamaan (1).

$$y = ax + b \quad (1)$$

Adapun keterangan dalam persamaan (1) yaitu y = variabel yang diukur, x = masa simpan, a = nilai variabel yang diukur pada saat mulai disimpan, b = laju kerusakan (k). Selanjutnya, nilai laju penurunan mutu berdasarkan parameter di atas, digunakan untuk pendugaan umur simpan produk saus tomat dengan menggunakan persamaan Arrhenius yang tertera pada persamaan (2) dan (3). Karena $\ln k_0$ dan Ea/R merupakan bilangan konstanta, maka persamaan tersebut dapat dituliskan pada persamaan (4). Nilai k yang diperoleh dari persamaan regresi diterapkan pada persamaan Arrhenius yang terdapat pada persamaan (5) yaitu :

$$k = k_0.e\left(\frac{-Ea}{RT}\right) \quad (2)$$

$$\ln k = \ln k_0 - \left(\frac{E_a}{R} \right) \times \left(\frac{1}{T} \right) \quad (3)$$

$$\ln k_0 = A + B(1/T) \quad (4)$$

$$k = k_0 \cdot e^{(-E_a/RT)} \quad (5)$$

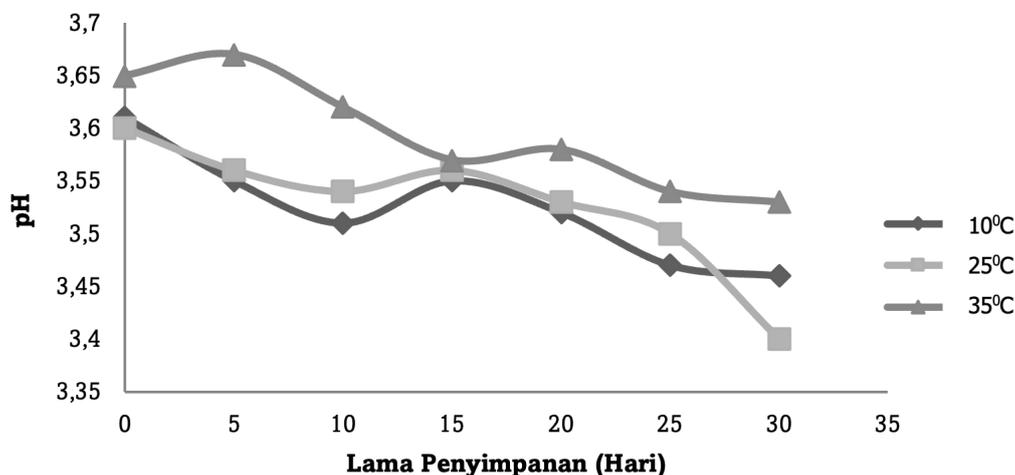
Adapun keterangan dalam persamaan (2), (3), (4), dan (5) yaitu k = konstanta penurunan mutu, k_0 = konstanta pre-eksponensial (tidak tergantung pada suhu), E_a = energi aktivasi, T = suhu mutlak ($C + 273$ atau K), R = konstanta gas, 1,986 kal/mol. Nilai "k" yang akan dimasukkan ke dalam rumus umum penurunan mutu. Berdasarkan parameter yang diamati pada penelitian ini, ditemukan suatu indikasi bahwa aktivitas air senantiasa akan mengalami peningkatan oleh karena itu, tetapan rumus laju reaksi yang digunakan mengacu pada tetapan laju reaksi orde satu yang terdapat pada persamaan (6). ts merupakan nilai untuk umur simpan produk dengan satuan hari.

$$ts = (\ln Q_0 - \ln Q_t) / k \quad (6)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perubahan Mutu Berdasarkan Keasaman (pH)

Nilai pH menunjukkan konsentrasi ion hidrogen yang menggambarkan tingkat keasaman (Hilmy et al., 2019). Temuan penelitian ini menunjukkan rentang pH tertinggi yaitu pada produk saus yang disimpan pada suhu 35°C. Kurva rentang pH terendah yaitu pada suhu penyimpanan 10°C selama penyimpanan 25 hari namun, pada waktu penyimpanan 30 hari rentang pH saus yang disimpan pada suhu 25°C justru mengalami penurunan secara drastis. Secara umum, pH saus tomat yang disimpan selama 30 hari menunjukkan pH yang tergolong asam dengan pH kurang dari 6 dan nilai ini cenderung tidak mengalami penurunan ataupun kenaikan yang nyata selama waktu penyimpanan satu bulan. Adapun kurva pengamatan pH untuk produk saus tomat homemade tertera pada Gambar 1. Kondisi asam pada saus tomat merupakan kondisi yang umum terjadi, hal ini karena sifat alamiah dari buah tomat itu sendiri yang asam akibat adanya kandungan vitamin C selain itu karena adanya penambahan asam cuka di akhir proses pemasakan untuk memperoleh cita rasa saus tomat yang khas (Muttaqin et al., 2021).

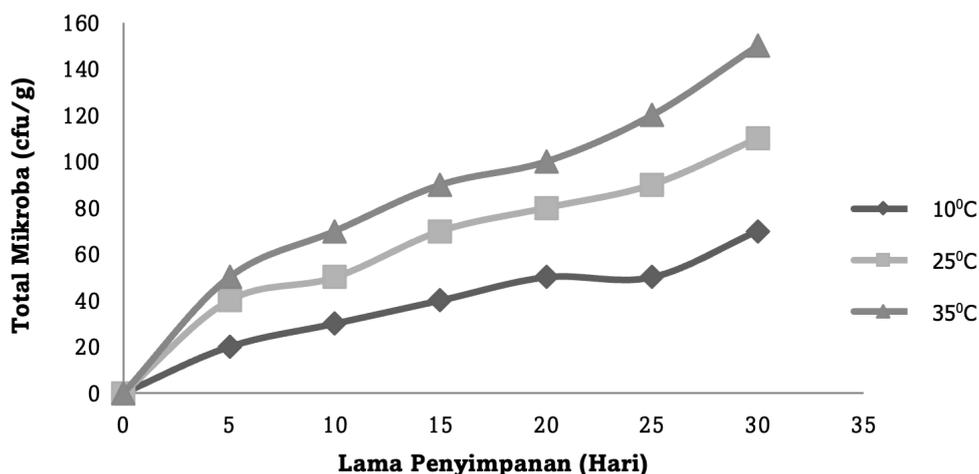


Gambar 1. Kurva pH produk saus tomat pada berbagai suhu dan lama penyimpanan yang berbeda

Pada setiap perlakuan penyimpanan saus tomat terjadi penurunan pH pada masing-masing sampel saus tomat yang disimpan pada suhu berbeda. Penurunan pH selama penyimpanan ini diperkirakan karena adanya penambahan garam yang menyebabkan menjadikan air dan zat gizi seperti gula tertarik keluar (Wijaya et al., 2014). Adanya nutrisi yang terpapar tersebut menjadi nutrisi bagi bakteri asam laktat yang dapat melakukan aktivitas metabolisme dan memecah protein, karbohidrat, lemak dan zat organik lainnya pada produk sehingga menjadi asam organik yang menyebabkan penurunan pH (Mirdalisa et al., 2016). Hasil penelitian ini sejalan dengan studi yang dilakukan oleh (Mardhiyyah & Ningsih, 2021) yang melakukan studi pendugaan umur simpan untuk berbagai macam produk saus dan sambal, secara umum penyimpanan produk saus menyebabkan penurunan pH untuk setiap produk.

3.2. Perubahan Mutu Berdasarkan Total Jumlah Mikroba (TPC)

Uji total mikroba ini dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan bakteri maupun kapang-khamir selama penyimpanan (Mardhiyyah & Ningsih, 2021). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi kecenderungan peningkatan kurva pertumbuhan mikroba pada saus tomat seperti yang terlihat pada Gambar 2, seiring dengan peningkatan suhu dan lama penyimpanan. Pada penyimpanan 0 hari tidak terdeteksi adanya sejumlah mikroba tertentu, hal ini disebabkan karena proses pembuatan saus tomat melalui proses pemasakan pada suhu tinggi yaitu 80°C selama 30 menit. Pada suhu penyimpanan 10°C selama penyimpanan 30 hari terlihat jumlah mikroba yang paling sedikit yaitu sebanyak 70 cfu/g. Sedangkan pada suhu penyimpanan 35°C nampak rentang rata-rata jumlah mikroba terbanyak yakni sebanyak 150 cfu/g.



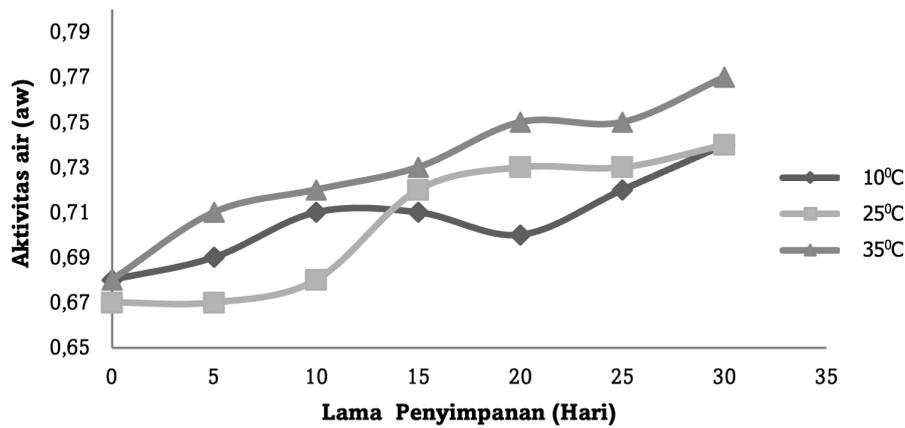
Gambar 2. Total jumlah mikroba produk saus tomat pada berbagai suhu dan lama penyimpanan yang berbeda

Kondisi awal semua sambal memenuhi syarat mutu, namun seiring bertambah waktu penyimpanan terjadi kenaikan jumlah mikroba. Kenaikan jumlah mikroba selama penyimpanan diinisiasi oleh suhu penyimpanan. Mikroorganisme tumbuh dan berkembang dengan baik pada kondisi suhu penyimpanan ruang, sedangkan pada suhu penyimpanan rendah perkembangannya menjadi lambat (Sepadyawan, 2018). Semakin tinggi jumlah mikroorganisme total dengan semakin lamanya waktu penyimpanan berkorelasi dengan menurunnya pH produk, seperti yang telah di jelaskan di atas (Mardhiyyah & Ningsih, 2021). Hasil ini sesuai dengan studi yang dilakukan oleh Mardhiyyah & Ningsih (2021) yang menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyimpanan produk saus maka semakin tinggi jumlah total mikroorganisme pada masing-masing suhu penyimpanan.

Berdasarkan ketentuan standar mutu saus tomat menurut SNI 01-3546-1994 batas maksimum cemaran mikroba pada saus tomat yakni tidak lebih dari 105 koloni/g (Mansauda et al., 2014). Berdasarkan hasil penelitian ini maka penyimpanan saus tomat pada suhu 10°C selama lebih dari 30 hari masih cukup aman karena tidak melebihi batas maksimumnya. Sedangkan penyimpanan pada suhu 25°C selama lebih dari 25 hari menyebabkan cemaran mikroba pada saus melebihi standar mutu dan penyimpanan pada suhu 35°C menyebabkan cemaran mikroba pada saus terlihat telah melebihi standar mutu sejak hari penyimpanan ke 15 dan 20 hari.

3.3. Perubahan Mutu Berdasarkan Aktivitas air (a_w)

Aktivitas air (a_w) merupakan jumlah air bebas yang dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhannya serta reaksi degradasi lainnya. Aktivitas air (a_w) produk tampak mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu dan lama penyimpanan (Utami et al., 2016). Temuan dari penelitian ini menunjukkan terjadi peningkatan aktivitas air selama waktu penyimpanan 0 hari sampai dengan 30 hari untuk seluruh perlakuan penyimpanan saus tomat homemade seperti yang tertera pada Gambar 3.

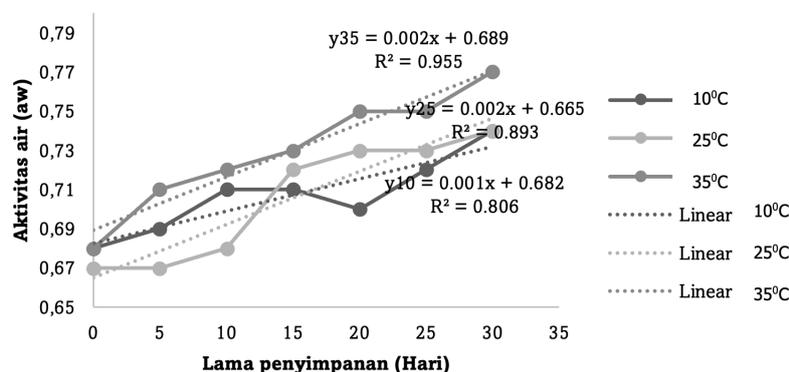


Gambar 3. Kurva aktivitas air (a_w) produk saus tomat pada berbagai suhu dan lama penyimpanan yang berbeda.

Berdasarkan Gambar 3 tersebut, kurva menunjukkan peningkatan a_w produk seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan. Kurva pada suhu penyimpanan 10°C, 25°C dan 35°C menunjukkan hubungan saling berhimpit, namun secara rata-rata penyimpanan pada suhu 35°C menunjukkan rentang a_w yang paling tinggi dibandingkan pada suhu lainnya. Peningkatan Aktivitas air selama proses penyimpanan ini sejalan dengan temuan Surahman et al. (2020) yang mengamati perubahan kualitas produk snack bar yang disimpan pada suhu yang berbeda dengan lama penyimpanan hingga 35 hari. Pada penelitian ini juga ditemukan bahwa terjadi peningkatan aktivitas air hingga penyimpanan hari ke 28. Adanya kecenderungan peningkatan aktivitas air (a_w) seiring dengan meningkatnya suhu dan lama penyimpanan mengindikasikan bahwa suhu dan lamanya waktu dapat meningkatkan kegiatan air yang semula terkandung cukup tinggi pada produk (Wassalwa, 2016). Selama penyimpanan dalam waktu tertentu, air yang terdapat dalam produk diduga semakin meningkat kegiatannya akibat adanya proses pelarutan dan pelunakan matrik pati, protein maupun senyawa tertentu lainnya yang terkandung di dalam produk pangan (Giyatmi & Anggraini, 2017).

3.4. Perhitungan Umur Simpan Saus Tomat Berdasarkan Aktivitas air (a_w)

Hasil penelitian mengenai umur simpan produk saus tomat homemade menunjukkan bahwa terjadi perbedaan pada kurva aktivitas air produk saus tomat homemade yang disimpan pada suhu yang berbeda, terlihat adanya perubahan besarnya aktivitas air pada produk selama penyimpanan pada suhu yang berbeda dan dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan nilai rata-rata yang diperoleh maka dapat dibuat suatu bentuk persamaan regresi yang menunjukkan adanya suatu hubungan antara lama penyimpanan terhadap aktivitas air produk pada masing-masing suhu yang berbeda.



Gambar 4. Grafik regresi aktivitas air (a_w) produk saus tomat pada berbagai suhu dan lama penyimpanan yang berbeda.

Penentuan umur simpan dengan metode persamaan Arrhenius diawali dengan memplotkan hasil perubahan mutu selama 35 hari pada kurva perubahan mutu dan waktu untuk dilakukan pemilihan ordo reaksinya (Rahman et al., 2019). Untuk reaksi orde nol, nilai R^2 diperoleh dari data asli melalui persamaan kurva antara lama penyimpanan (sumbu x) dan hasil pengamatan pada parameter tertentu (sumbu y). Sedangkan untuk reaksi orde satu,

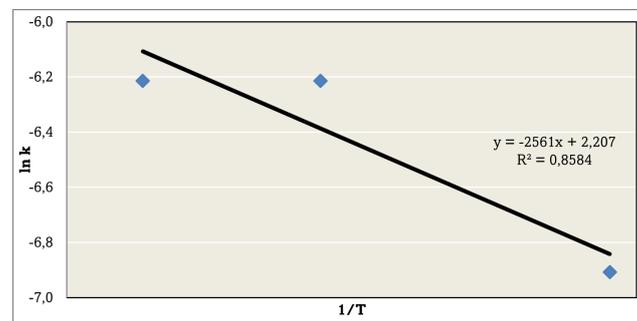
nilai R^2 diperoleh dari data asli yang telah diubah, yaitu dari persamaan kurva antara lama penyimpanan (sumbu x) dan \ln hasil perubahan mutu tiap parameter (sumbu y). Pemilihan orde reaksi ditentukan berdasarkan nilai R^2 terbesar, karena nilai R^2 mendekati 1 menunjukkan data yang linier dan akurat, sedangkan nilai R^2 mendekati nol menunjukkan data yang tidak linier dan kurang akurat (Surahman et al., 2020). Hasil analisis regresi linier dari hubungan antara lama penyimpanan terhadap aktivitas air produk terlihat pada Gambar 4.

Pada Gambar 4 disajikan nilai R^2 tiap parameter dan suhu penyimpanan. Berdasarkan nilai R^2 tertinggi, maka dipilih persamaan orde satu untuk parameter pengujian Aktivitas Air (a_w). Setelah orde reaksi terpilih kemudian dibuat kurva pra-eksponensial k ($\ln k$) dengan invers suhu ($\ln k$ dengan $1/T$) sehingga dihasilkan persamaan linier $y = a + bx$ atau $\ln k = \ln k_0 - (E_a/R)(1/T)$ atau disebut persamaan Arrhenius (Surahman et al., 2020). Berdasarkan persamaan linier tersebut selanjutnya diperoleh nilai $\ln k$ yang selanjutnya akan diplot dengan $1/T$ (oK) ke dalam suatu grafik. Adapun hasil plot untuk mengetahui nilai masing-masing keterangan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Pembagian data untuk Training dan Testing

Suhu	Perhitungan regresi penurunan aktivitas air			
	Suhu ($T + 273$)	$1/T$	b atau k	$\ln k$
10°C	283	0,00353	0,001	-6,90776
25°C	298	0,00336	0,002	-6,21461
35°C	308	0,00325	0,002	-6,21461

Dengan menggunakan nilai konstanta laju reaksi (k) yang terdapat pada Tabel 1 sebagai variabel pada sumbu vertikal, grafik plot Arrhenius menggambarkan hubungan eksponensial antara suhu absolut (T) dan konstanta laju reaksi. Ini memungkinkan penentuan energi aktivasi (E_a) dari kemiringan garis linear yang dihasilkan dari plot ini, yang digunakan untuk mengkarakterisasi kecepatan reaksi pada suhu berbeda. Grafik plot Arrhenius dijabarkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara $\ln k$ dengan $1/T$ berdasarkan parameter aktivitas air (a_w) saus tomat

Melalui rumus Arrhenius, $k = k_0.e^{-E/RT}$, maka diperoleh konstanta laju penurunan mutu produk saus tomat homemade untuk masing-masing suhu penyimpanan (k). Berdasarkan persamaan Arrhenius tersebut akan diperoleh nilai E_a (energi aktivasi) dan konstanta penurunan mutu untuk produk saus tomat homemade (Surahman et al., 2020). Tabel 2 menunjukkan besarnya konstanta laju penurunan mutu untuk parameter aktivitas air berikut beserta umur simpan produk saus tomat pada tiga suhu penyimpanan berbeda.

Tabel 2. Laju penurunan mutu dan umur simpan saus tomat pada suhu penyimpanan berbeda

Suhu Penyimpanan	Laju Penurunan Mutu (k)	Umur Simpan (t_s)
10°C	0,001068/hari	151,75 hari
25°C	0,001685/hari	96,7 hari
35°C	0,002227/hari	72,60 hari

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dan tertera pada Tabel 2, maka ditemukan bahwa umur simpan saus tomat berbeda bergantung pada suhu penyimpanan. Semakin kecil nilai laju penurunan mutu (k) pada

produk maka diperoleh umur simpan yang semakin lama begitu pula sebaliknya. Berdasarkan Tabel 2 juga terlihat umur simpan produk saus tomat yang paling lama yaitu pada produk yang disimpan pada suhu 10°C (151,75 hari) dan umur simpan produk saus tomat yang paling singkat yaitu pada produk yang disimpan pada suhu 35°C (72,60 hari). Temuan dari penelitian ini sejalan dengan hasil yang diperoleh Mardhiyyah & Ningsih (2021) dimana semakin rendah suhu penyimpanan produk saus maka umur simpannya akan semakin panjang.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah bahwa terjadi peningkatan jumlah mikroorganisme dan aktivitas air seiring dengan meningkatnya suhu dan lama penyimpanan. Selain itu terjadi penurunan pH seiring dengan meningkatnya suhu dan lama penyimpanan. Hasil pendugaan umur simpan dengan model Arrhenius berdasarkan parameter Aktivitas air (a_w) mengacu pada rumus penurunan mutu orde satu yang menunjukkan umur simpan saus adalah 151,75 hari dengan laju penurunan mutu 0,001068/hari pada suhu penyimpanan 10°C; 96,07 hari dengan laju penurunan mutu 0,001685/hari pada suhu penyimpanan 25°C dan 72,6 hari dengan laju penurunan mutu 0,002227/hari pada suhu penyimpanan 35°C.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak yang berperan dalam penelitian ini

6. DEKLARASI

Peran Kontributor

Dalam proses penerbitan artikel ini, penulis pertama berperan dalam proses perumusan rencana penelitian hingga analisis data. Penulis kedua dan ketiga berkontribusi sebagai kolaborator dalam analisis data dan membantu penulis pertama dalam tahap review artikel.

Pernyataan pendanaan

Penelitian ini tidak menerima hibah khusus dari lembaga pendanaan di sektor publik, komersial, atau nirlaba.

Pernyataan Kepentingan Bersaing

Para penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki kepentingan keuangan yang bersaing atau hubungan pribadi yang dapat mempengaruhi pekerjaan yang dilaporkan dalam makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arini, L. D. D. (2017). Faktor-Faktor Penyebab Dan Karakteristik Makanan Kadaluarsa Yang Berdampak Buruk Pada Kesehatan Masyarakat. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 2(1), 15–24. <https://doi.org/10.33061/jitipari.v2i1.1531>.
- Asjulia, A. & Dyan, A. (2023). Pengaruh Suhu dan Jenis Kemasan Terhadap Daya Simpan dan Kualitas Buah Tomat. *Journal Agroecotech Indonesia (JAI)*, 2(01). <https://doi.org/10.59638/jai.v2i01.35>.
- Bilang, M., Dirpan, A., & Sakinah, N. (2018). Pengaruh Pemanasan Berulang (Tyndalisasi) Saus Spaghetti Ikan Tuna Terhadap Daya Terima dan Pendugaan Umur Simpan dengan Metode Akselerasi Model Persamaan Arrhenius. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*. <https://doi.org/10.20956/canrea.v1i2.95>.
- Delviani, Y., Lestari, S., Lestari, S. D., & Ridhowati, S. (2021). Kajian Mutu dan Daya Simpan Dendeng Udang Putih (*Penaeus merguensis*) Selama Pengemasan dan Penyimpanan Suhu Ruang. *AGROINTEK*, 15(2). <https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i2.9690>.
- Giyatmi, G. & Anggraini, D. D. (2017). Pengaruh Jenis Nasi Terhadap Nilai Gizi dan Mutu Kimiawi Nasi dalam Kemasan Selama Penyimpanan Sebagai Alternatif Pangan Darurat. *JURNAL KONVERSI*, 6(1). <https://doi.org/10.24853/konversi.6.1.31-42>.
- Handayani, C. B., Tari, A. I. N., & Afriyanti, A. (2019). Umur Simpan Saos Tomat Pada Berbagai Konsentrasi Bahan Pengental. *AGRISAINTEFIKA: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 2(2). <https://doi.org/10.32585/ags.v2i2.261>.
- Herawati, E. R. N., Nurhayati, R., & Angwar, M. (2017). Pendugaan Umur Simpan Keripik Pisang Salut Cokelat "Purbarasa" Kemasan Polipropilen Berdasarkan Angka TBA Dengan Metode ASLT Model Arrhenius. *Reaktor*, 17(3). <https://doi.org/10.14710/reaktor.17.3.118-125>.

- Hernani, N., Hidayat, T., & Risfaheri, N. (2021). Evaluasi Mutu Lada Putih Bubuk Yang Diperdagangkan di Pasar Tradisional dan Modern di Bogor dan Jakarta. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 17(3). <https://doi.org/10.21082/jpasca.v17n3.2020.126-133>.
- Hilmy, H. A., Hintono, A., & Nurwantoro, N. (2019). Pengaruh Substitusi Tomat dengan Pepaya terhadap Sifat Kimia dan Kesukaan Saus. *Jurnal Teknologi Pangan*, 3(1). <https://doi.org/10.14710/jtp.2019.22478>.
- Kresnapati, B. A., Pratiwi, B. Y. H., & Muhsin, L. B. (2023). Perbedaan Kadar Likopen pada Saus Tomat yang Diproduksi Secara Tradisional dan Modern. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*, 10(6). <https://doi.org/10.33024/jikk.v10i6.10023>.
- Mansauda, K. L. R., Fatimawali, & Kojong, N. (2014). Analysis of Coliform contamination in tomato sauce as meatball companion in Manado. *Jurnal Ilmiah Farmasi*, 3(2).
- Mardhiyyah, Y. S. & Ningsih, I. (2021). Masa Simpan Aneka Sambal dari Bahan Nabati Menggunakan Metode Accelerated Shelf Life Testing: Kajian Literatur. *AGROINTEK*, 15(2). <https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i2.9290>.
- Meikapasa, N. W. P. (2016). *Aplikasi Model Arrhenius dalam Pendugaan Kualitas dan Umur Simpan Saus Tomat*. PhD thesis.
- Mirdalisa, C. A., Zakaria, Y., & Nurliana, N. (2016). Efek Suhu dan Masa Simpan Terhadap Aktivitas Antimikroba Susu Fermentasi dengan *Lactobacillus casei*. *Jurnal Agripet*, 16(1). <https://doi.org/10.17969/agripet.v16i1.3639>.
- Muttaqin, R., Rosalinda, N., Suryati, Masrulita, Sylvia, N., & Meriatna, M. (2021). Pemanfaatan Buah Belimbing Wuluh (*Averhoa blimbi*.L) Sebagai Pengawet dalam Pembuatan Saus Sambal. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 1(2). <https://doi.org/10.29103/cejs.v1i2.5054>.
- Ninsix, R., Azima, F., Novelina, & Nazir, N. (2018). Metod Penetapan Titik Keritis, Daya Simpan dan Kemasan Produk Instan Fungsional. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 7(1), 46–52. <https://doi.org/10.32520/jtp.v7i1.112>.
- Rahman, T., Sulaiman, N. F., Turmala, E., Andriansyah, R. C., Luthfiyanti, R., & Triyono, A. (2019). Shelflife prediction of biscuits prepared from modified suweg (*Amorphophallus campanulatus* B) flour using Arrhenius model. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, volume 251. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/251/1/012035>.
- Rahmawati, Z. N., Mulyani, R. I., & Utami, K. D. (2022). Pengaruh Suhu dan Waktu Penyimpanan dengan Masa Simpan Sosis Ikan Gabus (*Channa Striata*) dan Bayam Merah (*Amaranthus SP*). *Formosa Journal of Science and Technology*, 1(6). <https://doi.org/10.55927/fjst.v1i6.1558>.
- Sepadyawan (2018). *Pendugaan Umur Simpan Pasta Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Menggunakan Jenis Kemasan berbeda dengan Metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) Model Arrhenius*. PhD thesis.
- Sukasih, E., Sunarmani, & Budiyanto, A. (2007). Pendugaan Umur Simpan Pasta Tomat Kental Dalam Kemasan Botol Plastik dengan Metode Akselerasi. *Jurnal Pascapanen*, 4(2). <https://doi.org/10.21082/jpasca.v4n2.2007.72-82>.
- Surahman, D. N., Ekafitri, R., Desnilasari, D., Ratnawati, L., Miranda, J., Cahyadi, W., & Indriati, A. (2020). Pendugaan umur simpan snack bar pisang dengan metode arrhenius pada suhu penyimpanan yang berbeda. *Jurnal Biopropal Industri*, 11(2). <https://doi.org/10.36974/jbi.v11i2.5898>.
- Thalib, M. (2019). Pengaruh Penambahan Bahan Tambahan Pangan dalam Pengolahan Sayur-Sayuran menjadi Produk Saus Tomat. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Agrokompleks*.
- Tumpuan, A. (2021). The Innovation Of Pizza Basic Sauce Using Asam Pedas Paste From Riau Islands. *Jurnal Pendidikan Tata Boga dan Teknologi*, 2(1). <https://doi.org/10.24036/jptbt.v2i1.112>.
- Utami, Pavitasari Budi, Setiani, B. E., & Hintono, A. (2016). Pengaruh Penggunaan Agar-Agar Dan Gelatin Pada Permen Jelly Wortel Terhadap Aktivitas Air, Tingkat Kemanisan, Tekstur Dan Sifat Organoleptik. *Diss, Fakultas Peternakan Pertanian Undip*.
- Wardani, R. K. & Rahayu, C. (2021). Analisis Keberadaan Rhodamin B dan Natrium Benzoat dalam Saus Tomat Pentol di Kota Palangka Raya. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 6(3). <https://doi.org/10.33772/jstp.v6i3.18170>.

- Wassalwa, M. (2016). Pengaruh Waktu Infusa dan Suhu Air yang Berbeda Terhadap Aktivitas Antioksidan dan Vitamin C pada Infused Water Kulit Pisang. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi*, 1(1).
- Wijaya, I. M. A. S., Suter, I. K., & Yusa, N. M. (2014). Karakteristik Isotermis Sorpsi Air dan Umur Simpan Ledok Instan. *agriTECH*, 34(1). <https://doi.org/10.22146/agritech.9519>.
- Yuana, S. N. P., Syaharani, W. F., Utami, C. V. B., Safitri, D. R., Arum, Z. N., Prihastari, Z. S., & Sari, A. R. (2021). Pengaruh Mikroorganismes, Bahan Baku, Dan Waktu Inkubasi Pada Karakter Nata: Review. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 14(1). <https://doi.org/10.20961/jthp.v14i1.47654>.