

Pendugaan umur simpan coklat instan kemasan plastik propilen menggunakan pendekatan model Arrhenius

[Shelf life prediction of instant chocolate in polypropylene (PP) plastic packaging using Arrhenius model approach]

Sri Hidayati^{1*}, Dewi Sartika¹, Suharyono¹ dan Sutoyo²

¹ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, Lampung

² Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, Lampung

³ Magister Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, Lampung

* Email korespondensi : srihidayati.unila@email.com

Diterima : 21 Januari 2020, Disetujui : 1 Januari 2021, DOI: 10.23960/jthp.v26i1.1-11

ABSTRACT

The research aimed to predict instant chocolate's shelf life using the Accelerated Shelf Life Test (ASLT) method with the Arrhenius equation. Instant chocolate was stored at 30°C, 40°C, and 50°C in polypropylene plastic packaging for 42 days and observed changes in water content, free fatty acids, and aroma. The results showed an increase in temperature and storage time increased moisture and FFA content but decreased the aroma score of instant chocolate stored using polypropylene packaging. Shelf life estimation based on free fatty acids and first-order reactions showed that the shelf life of instant chocolate stored at 30°C was 214 days, at 40°C was 140.79 days, and at 50°C condition was 113 days.

Keywords: instant chocolate, ASLT, Arrhenius, shelf life

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk memprediksi umur simpan coklat instan menggunakan metode Accelerated Shelf Life Test (ASLT) dengan persamaan Arrhenius. Coklat instan disimpan pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C dalam kemasan plastik polipropilen selama 42 hari dan diamati perubahan pada kadar air, asam lemak bebas dan aroma. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan suhu dan lama waktu simpan dapat meningkatkan kadar air dan kadar asam lemak bebas serta menurunkan skor terhadap penerimaan aroma pada coklat instan yang disimpan menggunakan kemasan polipropilen. Estimasi umur simpan berdasarkan asam lemak bebas dan reaksi ordo pertama menunjukkan bahwa masa simpan pada kondisi 30°C adalah 214 hari, pada 40°C adalah 140,79 hari dan pada 50°C adalah 113 hari.

Kata kunci: coklat instan, ASLT, Arrhenius, umur simpan

Pendahuluan

Bubuk coklat merupakan bubuk berbentuk tepung dari bungkil coklat. Minuman coklat instan menggunakan bahan baku coklat bubuk dengan penambahan susu, pengemulsi, perisa dan pemanis (Aliakbarian et al., 2017) atau ditambah hidrokoloid untuk mencegah sedimen coklat pada larutan (Eduardo et al., 2014). Kombinasi ini menentukan warna dan rasa produk (Dogan et al., 2016). Minuman penyegar fungsional mengandung polifenol yang mencapai hingga 13% (Maulidiansyah, 2014) sedangkan menurut Kasim et al. (2017), terdapat efek imunostimulasi dengan respons positif pada mencit yang diberi minuman coklat dengan penambahan non dairy creamer. Minuman coklat diduga dapat menurunkan resiko kardiovaskuler (Corti et al., 2009; Wong & Lua, 2012; Khan et al., 2014) dan meningkatkan tekanan darah sitolik (Grass et al., 2005). Gu et al. (2006) menyatakan biji coklat dan teh memiliki prosianidin, epikatekin dan katekin. Bubuk coklat mengandung 12 kalori, serat kasar 4 persen, zat besi 7%, magnesium sebesar 10% (Khaerunnisa & Rejeki, 2018), protein 19,59 g, air 2,58 g, dan kadar abu 6,33 g (Wahyudi et al., 2008), 10-22% lemak (Mulato et al., 2005). Minuman serbuk instan relative praktis dan awet karena rendah kadar airnya (Ijabadeniyi & Pillay, 2017). Persyaratan kadar air bubuk coklat yaitu 3,0 sampai dengan 4,3 %, sedangkan lemak dibagi dalam 3 katagori yaitu kadar lemak rendah 10-12 %, kadar lemak medium 13-17 % dan kadar lemak tinggi 17-22 % (Mulato et al., 2005).

Kelemahan coklat instan adalah memiliki sifat higroskopis atau mudah menyerap air sehingga diperlukan pengemas yang dapat mencegah masuknya uap air atau kemasan dengan permeabilitas uap air yang rendah seperti plastik polipropilen (PP) yang memiliki keunggulan tahan terhadap minyak, basa dan asam. Mustafidah & Widjanarko (2015) melaporkan bahwa masa simpan instan porang mencapai 59,44 bulan pada kemasan PP sedangkan Astuti et al. (2019) melaporkan penyimpanan pada suhu 30°C bertahan pada 130.67 hari (4.3 bulan) pada tepung jamur tiram. Coklat bubuk instan diproduksi kelompok tani Melati Berbakti, Kabupaten Pesawaran dengan menggunakan kemasan dari plastik polipropilen. Untuk meningkatkan jaminan keamanan pangan sesuai UURI No. 36 tahun 2009 tentang kesehatan mengenai kewajiban mencantumkan kadaluarsa suatu produk pangan maka perlu dilakukan analisis pendugaan umur simpan produk. Umur simpan dapat secara sederhana didefinisikan sebagai durasi makanan tetap dapat dikonsumsi. Kriteria yang digunakan untuk menentukan umur simpan dapat berupa perubahan dalam karakteristik fisik, kimia, biologis atau sensorik (Uyen et al., 2014). Ada beberapa cara menentukan masa simpan yaitu dengan menyimpan sampai terjadi kerusakan produk. Cara ini dapat dilakukan untuk produk yang memiliki masa simpan pendek. Untuk produk yang memiliki waktu simpan panjang, hal tersebut kurang praktis dan memerlukan waktu yang cukup panjang (Herawati, 2008). Cara lain yaitu dengan metode *Accelerated Shelf-life Testing* (ASLT) dengan waktu yang relatif singkat. Manzocco et al. (2012) telah mengembangkan uji umur simpan dipercepat menggunakan cahaya dan suhu untuk mempromosikan oksidasi minyak dalam periode waktu yang sesuai. Pendekatan yang dilakukan dalam metode ASLT salah satunya yaitu dengan persamaan Arrhenius, yaitu dengan teori kinetika yang pada umumnya menggunakan ordo nol atau satu untuk produk pangan. Metode ini cocok untuk produk yang mudah rusak karena faktor suhu. Penyebab kerusakan pangan antara lain suhu dan oksidasi minyak dan lemak yang menyebabkan penurunan daya terima terhadap rasa dan nutrisi (Nurhayati et al., 2017; Pongajow et al., 1995). Hubungan antara suhu dengan kerusakan pangan dapat dihitung menurut rumus Arrhenius (Kusnandar, 2006).

Penelitian mengenai pendugaan umur simpan terhadap bubuk coklat dalam kemasan standing pouch yang disimpan pada suhu ruang telah dilakukan oleh Sabarisman et al. (2017) mencapai 406 hari (13,5 bulan) sedangkan pendugaan umur simpan minuman serbuk coklat instant selama ini belum diketahui. Tujuan penelitian untuk menduga umur simpan coklat instan dalam kemasan plastik polipropilen (PP) dengan menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Test*).

Bahan dan metode

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan yaitu serbuk coklat instan yang mengandung coklat 15%, gula pasir 70%, susu bubuk 7%, krimmer bubuk 7% dan 1% perisa. Pengemas plastik polipropilen (PP) 0,8 mm. Bahan pembantu analisis yaitu PCA (*Plate Count Agar*), *Buffered Peptone Water* (BPW), 0,1 N NaOH, phenolphthalein (PP), alkohol 95 %, dan heksana.

Alat yang digunakan adalah timbangan digital, piring, pencampur, sendok dan *sealer* dan alat analisis untuk uji mikrobiologi seperti penghitung koloni dan perangkat uji asam lemak bebas, oven, dan alat uji sensori.

Metode penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif. Perlakuan dilakukan dengan menyimpan sampel yang disimpan pada plastik PP pada suhu 30°C, 40°C dan 50° dan disimpan selama 42 hari. Pada hari ke 0, 7, 14, 21, 28, 35 dan 42, dilakukan uji kadar air, kadar asam lemak bebas dan uji skoring untuk aroma coklat instan dan dibuat model persamaan Arrhenius (Kusnandar, 2004). Prosedur perhitungan umur simpan dilakukan dengan membuat grafik regresi linear dari data hasil pengamatan parameter mutu dengan mencari nilai k.

$$k = k_0 \cdot \exp^{(E_a/RT)} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- k : konstanta laju penurunan mutu
- k₀ : konstanta (faktor frekuensi yang tidak tergantung suhu)
- E_a : energi aktivasi (kal/mol)
- T : suhu mutlak (K = C + 273)
- R : konstanta gas ideal (1,986 kal/mol K) sehingga, akan diperoleh nilai penurunan mutu (k) dari produk umur simpan dalam kemasan tertentu.

$$t = \frac{(A_t - A_0)}{k} \dots\dots\dots(2)$$

$$t = \frac{(\ln A_t - \ln A_0)}{k} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- t = umur simpan (hari)
- A_t = kadar air kritis (%)
- A₀ = kadar air awal (%)
- k = laju penurunan mutu (% per hari)

Pengamatan

Pengamatan coklat instan dikemas dengan plastik PP pada suhu inkubator 30°C,40°C dan 50°C yaitu meliputi kadar air, kadar abu, lemak (AOAC, 2005) dan kadar asam lemak bebas metode Sudarmadji et al. (1984). Menghitung koloni mikroba dengan Total Plate Count (SNI-01-2332.3-2006).

Hasil dan pembahasan

Karakterisasi mutu produk

Karakterisasi produk coklat instant dilakukan untuk mengetahui mutu awal produk dan dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia coklat bubuk SNI 3747-2009 (Tabel 1).

Tabel 1. Karakterisasi mutu produk coklat bubuk instan dibandingkan SNI 3747-2009 untuk coklat bubuk

No	Parameter	Hasil Pengujian coklat instan	SNI 3747-2009
1	Kadar Air (%)	1.6739	Maks 5
2	Kadar Abu (%)	1.7073	
3	Kadar Protein (%)	3.5204	
4	Kadar Lemak (%)	5.4323	Min 10
5	Total Plate Count (TPC)	5 x 10 ²	5 x 10 ³
6	Asam Lemak Bebas (ALB)	6.74	

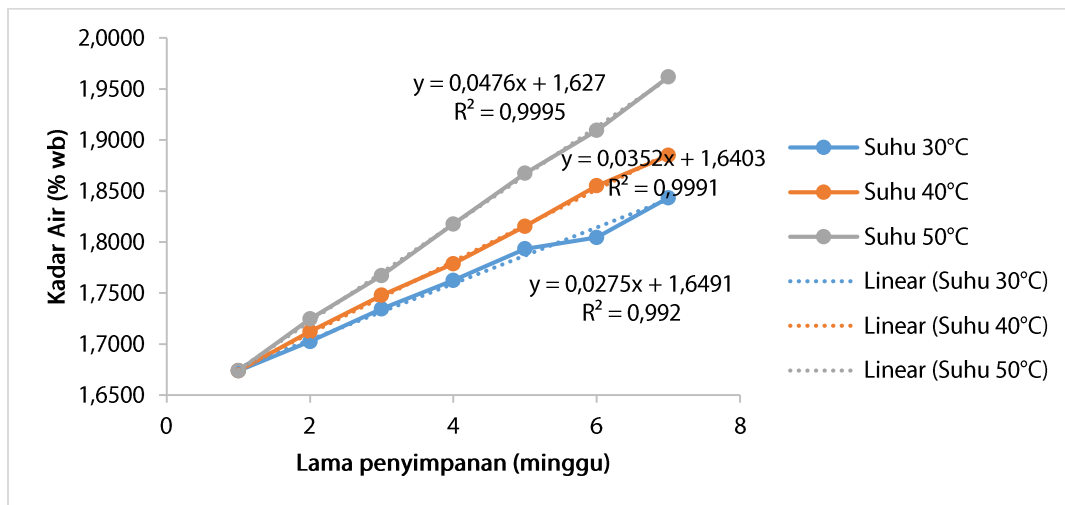
Uji TPC untuk menghitung total mikroba dan dapat digunakan untuk menentukan umur produk dengan metode ASLT (Simbolon et al., 2019). Dari tabel terlihat bahwa nilai TPC berdasar hasil pengujian coklat instan sebesar 5 x 10². Sementara di SNI-3747:2009 sebesar 5 x 10³. Nilai TPC produk coklat instan sudah sesuai dengan di SNI-3747:2009. Faktor kebersihan mempengaruhi total mikroba yang ada di dalam produk.

Penentuan parameter dan titik kritis

Penyimpanan bahan pangan pada kondisi lingkungan tertentu akan mengakibatkan perubahan mutu pada bahan pangan tersebut digunakan untuk penentuan titik kritis (Herawati, 2008). Penentuan titik kritis ditentukan melalui uji organoleptik metode skoring. Coklat instan dinyatakan rusak jika sudah ditolak oleh 75% panelis. Pada tingkat tersebut diuji kadar air dan ALB. Setelah penyimpanan 9 minggu diperoleh kesimpulan panelis sudah menolak produk coklat instan. Data menunjukkan bahwa titik kritis terjadi pada kadar air 5,41% dan asam lemak bebas 7,81.

Kadar air

Hasil analisis kadar air produk coklat instan pada penyimpanan suhu 30°C, 40°C, dan 50°C selama enam minggu seperti tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh penyimpanan terhadap kadar air ordo nol

Kadar air dan mutu sensori dapat digunakan untuk menentukan umur simpan produk (Gitalasa et al., 2018). Mustafidah & Widjanarko (2015) menyatakan bahwa adanya penyerapan uap air dari lingkungan untuk mencapai kondisi kesetimbangan menyebabkan terjadinya peningkatan kadar air. Kadar air coklat instan tertinggi sebesar 1.96% pada suhu 50°C yang disimpan selama 6 minggu. Kadar air coklat instan tersebut masih sesuai dengan SNI-3747:2009 yaitu maksimal 5%. Produk yang berbentuk bubuk bersifat higroskopis sebab adanya permeabilitas bahan kemasan produk terhadap uap air sehingga cenderung mengabsorpsi uap air dari sekitar (Sudibyo et al., 2010). Pada suhu 30°C, permeabilitas gas plastik polietilen sebesar 55 cc/detik.cm² (Ashley, 1985). Dengan meningkatnya kadar air menyebabkan penggumpalan dan merupakan parameter utama pada minuman serbuk (Gambar 2 dan 3) (Mustafidah & Widjanarko, 2015). Nilai rata-rata data kadar air (% wb) coklat instan diubah dalam bentuk ln (Tabel 2).



Gambar 2. Coklat instan yang mengalami penggumpalan

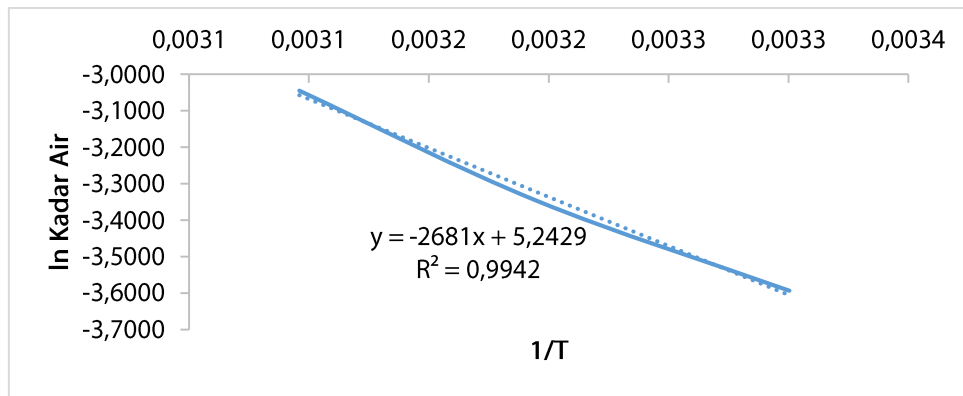


Gambar 3. Coklat instan sebelum menggumpal

Tabel 2. Nilai slope (k), intercept (b), dan korelasi (R²) parameter kadar air coklat instan selama penyimpanan pada suhu berbeda

Suhu (°C)	Ordo 0			Ordo 1		
	Slope (k)	Intercept (b)	Korelasi (R ²)	Slope (k)	Intercept (b)	Korelasi (R ²)
30	0.0275	1.6491	0.9920	0.0157	0.5017	0.9911
40	0.0352	1.6403	0.9991	0.0198	0.4973	0.9986
50	0.0476	1.6270	0.9995	0.0262	0.4911	0.9990

Nilai Korelasi (R²) yang lebih besar pada ordo nol yang berarti reaksi mengikuti ordo nol. Nilai k pada ketiga suhu penyimpanan pada ordo nol tersebut kemudian diterapkan pada persamaan Arrhenius (Gambar 4).

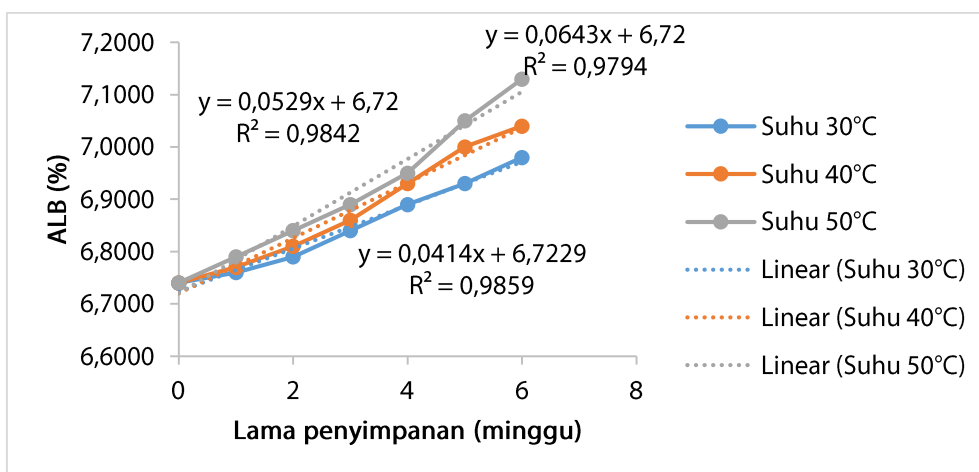


Gambar 4. Grafik hubungan antara nilai 1/T dengan Ln K kadar air coklat instan

Persamaan penurunan mutu $\ln k = 5.2429 (1/T) - 2681X$ dan $R^2 = 0.9942$. Nilai slope dari persamaan garis lurus tersebut merupakan $-E_a/R$, E_a merupakan energi aktivasi, dan R merupakan tetapan gas (1.896), sehingga diperoleh E_a sebesar 5324.47 dan k sebesar $189.22 \times e^{-2681(1/T)}$.

Kadar asam lemak bebas (ALB)

Hasil analisis kadar asam lemak bebas produk coklat instan tersaji pada Gambar 5.



Gambar 5. Regresi linear pada kadar asam lemak bebas ordo nol

Asam lemak bebas digunakan dalam menentukan penurunan kualitas brownies apel yang mengandung lemak. Kerusakan produk coklat instan dipengaruhi oleh tingginya kadar air, ALB dan mikroorganisme. Adanya air di dalam bahan menyebabkan terjadinya hidrolisis asam lemak menjadi ALB baik terjadi secara spontan maupun tidak spontan. Hal tersebut juga terjadi pada CPO (Siahaan, 2008). Adanya mikroba didalam suatu bahan akan menghasilkan enzim lipase yang berfungsi sebagai biokatalisator sehingga dapat mendegradasi lemak menjadi asam lemak bebas (Maimun et al., 2017).

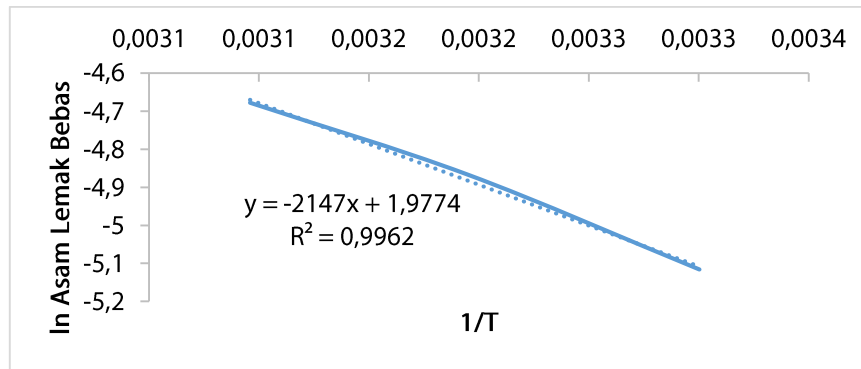
Sabarisman et al. (2017) menyebutkan bahwa lama penyimpanan menyebabkan lemak yang teroksidasi dan terhidrolisis sehingga terbentuk senyawa peroksida dan hidroperoksida. Senyawa tersebut terdegradasi menjadi aldehid, keton dan asam lemak bebas dan menimbulkan aroma tengik dalam waktu lama (Maharani et al., 2012). Peningkatan persentase asam lemak bebas terjadi karena oksidasi produk. Reaksi oksidasi dari coklat instant disebabkan oleh kontak oksigen dengan lemak bahan (Jariyah & Inda, 2015). Peningkatan suhu dan lama penyimpanan dapat mempercepat laju reaksi kimia sehingga mempercepat penurunan mutu produk (Kusnandar, 2006; Singh et al., 2013).

Persamaan garis kadar ALB pada masing-masing suhu penyimpanan pada ordo nol dan satu disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai slope (k), intercept (b), dan korelasi (R²) parameter kadar asam lemak bebas coklat instan selama penyimpanan pada suhu berbeda

Suhu (°C)	Ordo 0			Ordo 1		
	Slope (k)	Intercept (b)	Korelasi (R ²)	Slope (k)	Intercept (b)	Korelasi (R ²)
30	0.0414	6.7229	0.9859	0.006	1.9056	0.9867
40	0.0529	6.72	0.9842	0.0077	1.9053	0.9852
50	0.0643	6.72	0.9794	0.0093	1.9054	0.9816

Nilai korelasi (R²) yang lebih besar pada ordo satu yang berarti reaksi mengikuti ordo satu (Gambar 6).

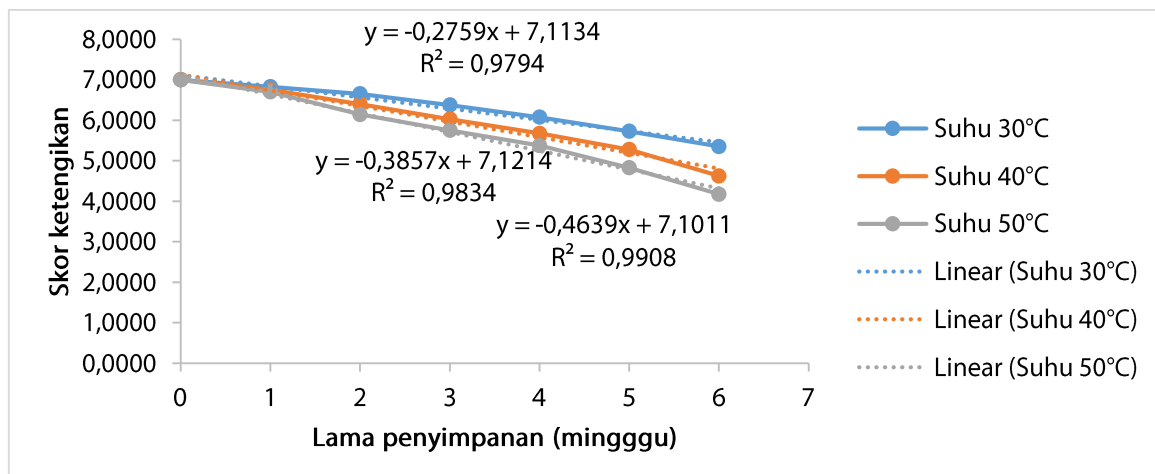


Gambar 6. Grafik hubungan antara nilai 1/T dengan ln k kadar asam lemak bebas

Persamaan penurunan mutu $\ln k = 1.9774 (1/T) - 2147X$ dan $R^2 = 0.9962$ dengan nilai E_a yaitu sebesar 4263.94 dan laju peningkatan kadar asam lemak bebas (k) sebesar $7.22 \times e^{-2147(1/T)}$.

Aroma

Secara deskriptif aroma produk coklat instan selama penyimpanan dengan kondisi non vakum pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C selama enam minggu mengalami perubahan (Gambar 7).



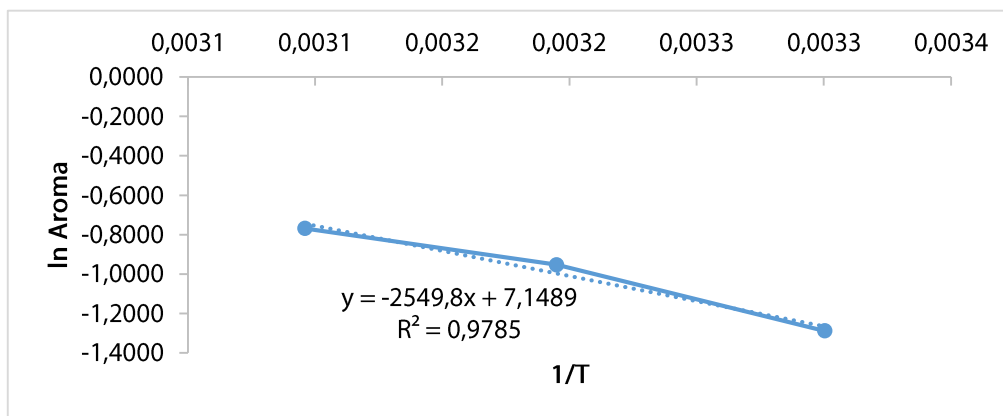
Gambar 7. Gambar regresi linear aroma coklat instan ordo nol

Penyimpanan coklat instan selama 6 minggu mengalami perubahan aroma dari normal atau sama dengan kontrol (skor 7) menjadi normal ketengikan mulai tercium sangat lemah (skor 4.175). Perubahan aroma coklat instan diduga karena adanya peningkatan kadar ALB dan kadar air. Intensitas rasa tengik digunakan oleh Nattress et al. (2004) untuk memperkirakan umur simpan sensoris dari dark chocolate yang mengandung pasta hazelnut. Aroma tengik dihasilkan oleh proses hidrolisis asam lemak dan peristiwa oksidasi yang menghasilkan aldehid, keton dan penyebab aroma tengik (Sabarisman et al., 2017).

Persamaan regresi linear (ordo nol dan satu) aroma coklat instan disajikan pada Tabel 4. Reaksi ordo 1 dihitung dengan melihat nilai Korelasi (R^2) yang lebih besar. Nilai k pada persamaan Arrhenius ditunjukkan oleh Gambar 8.

Tabel 4. Nilai slope (k), Intercept (b), dan korelasi (R^2) parameter aroma coklat instan selama penyimpanan pada suhu berbeda.

Suhu (°C)	Ordo 0			Ordo 1		
	Slope (k)	Intercept (b)	Korelasi (R^2)	Slope (k)	Intercept (b)	Korelasi (R^2)
30	-0.2759	7.1134	0.9794	-0.0446	1.9680	0.9681
40	-0.3857	7.1214	0.9834	-0.0663	1.9758	0.9641
50	-0.4639	7.1011	0.9908	-0.0836	1.9788	0.9728



Gambar 8. Grafik hubungan antara nilai 1/T dengan Ln K aroma coklat instan

Persamaan penurunan mutu $\ln k = 7.1489 (1/T) - 2549.8X$ dan $R^2 = 0.9785$, jika Nilai slope dari persamaan garis lurus tersebut merupakan $-E_a/R$, E_a merupakan energy aktivasi, dan R merupakan tetapan gas (1.896), sehingga $-E_a/R = 2549.8$. maka diperoleh energi aktivasi sebesar $E_a = 5063.9$ dan laju peningkatan kadar asam lemak bebas (k) = $1272,7x$.

Penentuan umur simpan.

Energi aktivasi (E_a) terendah merupakan parameter yang digunakan dalam pendugaan umur simpan (Lilasari & Estiasih, 2008), sebab dengan rendahnya energi maka energi untuk memulai reaksi kerusakan lebih rendah dan akhirnya memperlambat reaksi kerusakan (Tabel 5).

Tabel 5. Nilai energi aktivasi (E_a) untuk masing-masing parameter

Parameter	Energi Aktivasi (E_a) (ka/mol)	Laju Penurunan Mutu (k)
Kadar air	5324.47	$189.22 \times e^{-2681(1/T)}$
Kadar asam lemak bebas	4209.72	$7.22 \times e^{-2119(1/T)}$
Aroma	5063.9	$1272.7 \times e^{-2549.8(1/T)}$

Parameter dengan energi aktivasi terendah pada parameter asam lemak bebas, selanjutnya umur simpan (t) dihitung dengan persamaan kinetika reaksi berdasar ordo reaksinya. Parameter asam lemak bebas mengikuti kinetika reaksi ordo satu sehingga persamaannya $\ln A_0 = \ln A_t + Kt$, dimana A_0 merupakan nilai parameter awal sebelum penyimpanan, $t=0$ sedangkan A_t merupakan nilai parameter

akhir setelah coklat instan ditolak oleh responden, dan t merupakan waktu simpan. Penentuan umur dengan menentukan nilai k terlebih dahulu sehingga diperoleh umur simpan seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Pendugaan umur simpan coklat instan

Suhu	Umur simpan coklat instan (hari)
30°C	214
40°C	140.79
50°C	113

Berdasarkan Tabel 6 maka diperoleh bahwa umur simpan coklat instan yang paling lama terjadi pada coklat instan yang disimpan pada suhu 30°C yaitu 214 hari. Hasil penelitian Faridah et al. (2013) menyatakan bahwa umur simpan bandrek instan yang terbuat dari rempah rempah pada suhu 30°C adalah 341 hari sedangkan untuk kopi instan 352 hari (Sudibyo et al., 2010). Anggraini et al. (2019) melaporkan bahwa penggunaan plastik PP dengan kemasan plastik PP dengan ketebalan 0.08 mm dalam bentuk pouch mampu mengawetkan selai buah *sugar palm fruit* dengan penambahan *melastoma malabathricum* selama 40 hari pada penyimpanan suhu 28°C.

Kesimpulan

Umur simpan coklat instan dalam kemasan plastik polipropilen (PP) menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Test*) adalah 214 hari pada suhu 30°C, 140 hari pada suhu 40°C dan 113 hari pada suhu 50°C.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih kepada laboratorium Analisis Hasil Pertanian dan laboratorium Mikrobiologi jurusan Teknologi Hasil Pertanian.

Daftar pustaka

- Aliakbarian, B., Casaza, A.A., Nani, A. & Perego, P. (2017). Production of chocolate powdered beverage with enhanced instant properties. *Chem Engineer Trans*, 57, 877. <https://doi.org/10.3303/CET1757147>
- Anggraini, A., Sayuti, K. & Yenrina, R. (2019). Accelerated Shelf Life Test (ASLT) method with arrhenius approach for shelf life estimation of sugar palm fruit jam with addition of asian melastome (*Melastoma malabathricum*,L.) on jar packaging and pouch. *J of App Agricultural Sci and Techn*, 3(2), 268-279.
- Ashley, R. (1985). Permeability & Plastics Packaging. In: Comyn J (ed) Polymer Permeability. Elsevier, New York.
- Association of Official Analytical Chemists. (2005). Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist 18th Edition. In *Gaithersburg, USA: AOAC International*.
- Astuti, S., Setyani, S., Suharyono, A.S & Nurezza, M. (2019). Pendugaan umur simpan tepung jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) pada kemasan plastic polietilen dengan metode akselerasi. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 19(2), 95-108. <https://doi.org/10.25181/jppt.v19i2.1405>
- Corti, R., Andreas, J.F, Hollenberg, N.K. & Luscher, T.F (2009). Cocoa and cardiovascular health. *circulation*, 1433-1441. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.827022>
- Dogan, M., Aslan, D., Aktar, T. & Sarac, M. G. (2016). A methodology to evaluate the sensory properties of instant hot chocolate beverage with different fat contents: multi-criteria decision-making techniques approach. *Eur. Food. Res. Technol*, 242, 953-966. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2602-z>
- Eduardo, M.F., Mello, K.G.P.C., Polakiewicz, B. & Lannes, S. C. D. (2014). Evaluation of chocolate milk beverage formulated with modified chitosan. *J. Agr. Sci. Tech*, 16, 1301-1312.

- Faridah, D.N., Yasni, S., Suswantinah, A. & Aryani, G. W. (2013). Pendugaan umur simpan dengan metode Accelerated Shelf-Life Testing pada produk bandrek instan dan sirup buah pala (*Myristica fragrans*). *J. Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 18(3), 144-153.
- Gitalasa, F., Rostini, I. & Pratama, R. I. (2018). Estimation of shelf life using Accelerated Shelf Life Test (ASLT) method Arrhenius model on sheet nile tilapia jerky. *Global Scientific Journals*, 6(7), 62-69.
- Grass, D., Necozone, S., Lippi, C., Croce, G., Valeri, L., Pasqualetti, P., Desideri, G., Blumberg, J. F. & Ferry, C. (2005). Cocoa reduces blood pressure and insulin resistance and improves endothelium-dependent vasodilation in hypertensives. *Hypertension*, 46(2), 398-405. <https://doi.org/10.1161/01.HYP.0000174990.46027.70>
- Gu, L., House, S.E., Wu, X., Ouw, B. & Prior, R. L. (2006). Procyanidin and catechin contents and antioxidant capacity of cocoa and chocolate products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 4057-4061. <https://doi.org/10.1021/jf060360r>
- Herawati, H. (2008). Penentuan umur simpan pada produk pangan. *J. Litbang Pertanian*, 27(4), 124-129.
- Ijabadeniyi, O.A. & Pillay, Y. (2017). Microbial safety of low water activity foods: study of simulated and durban household samples. *J. Food Quality*, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2017/4931521>
- Jariyah, R. & Inda, R. H. (2015). Efek sorbitol terhadap tekstur dan daya simpan produk manggulu. *J.REKAPANGAN*, 9(2), 1-6.
- Kasim, R., Yunus & Kalsum. (2017). Formulasi minuman instan coklat sebagai minuman imunomodulator. *J. Industri Hasil Perkebunan*, 12(1), 21-33. DOI: <http://dx.doi.org/10.33104/jihp.v12i1.2826>
- Khaerunnisa & Rejeki, E.S. (2018). Kualitas kakao bubuk di pasaran kota Makasar. *Majalah Teknologi Agro Industri*, 48-52. <http://doi.org/10.46559/tegi.v10i2.4547>
- Khan, N., Khymenets, O., Sarda, M.U., Tulipani, S., Aloy, M. G., Monagas, M., X.M. Cubillos, X.M., Liorach, R. & Lacueva, C. A. (2014). Cocoa polyphenols and inflammatory markers of cardiovascular disease. *Nutrients*, 6(2), 844-880. <https://doi.org/10.3390/nu6020844>
- Kusnandar, F. (2004). *Aplikasi Program Komputer Sebagai Alat Bantu Penentuan Umur Simpan Produk Pangan Metode Arrhenius. Dalam: Modul VI Pendugaan Waktu Kadaluarsa (Shelf Life) Bahan dan Produk Pangan*. Institut Pertanian Bogor.
- Kusnandar, F. (2006). *Desain Percobaan dalam Penetapan Umur Simpan Produk Pangan dengan Metode ASLT (Model Arrhenius dan Kadar Air Kritis)*. Modul Pelatihan Pendugaan dan Pengendalian Masa Kadaluarsa Bahan dan Produk Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan dan Seafast Center IPB.
- Lilasari, P. & Estiasih, T. (2008). Penentuan Umur Simpan Jahe Instan dengan Metode Accelerated Shelf Test (ASLT) dengan Pendekatan Arrhenius. In *THP-FTP. Universitas Brawijaya Malang*.
- Maharani, D.M., Bintoro, N. & Rahardjo, B. (2012). Kinetika perubahan ketengikan (rancidity) kacang goring selama proses penyimpanan. *Agritech*, 32(1), 15-22. <https://doi.org/10.22146/agritech.9651>
- Maimun, T., Tarrahman, N., Arifiah, F. & Rahayu, P. (2017). Penghambatan peningkatan Asam Lemak Bebas (FFA) pada buah kelapa sawit dengan menggunakan asap cair. *J. Teknologi Dan Industri*, 9(2), 44-49. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v9i2.8469>
- Manzocco, L., Panozzo, A. & Calligaris, S. C. (2012). Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) of oils by light and temperature exploitation. *JAOCs*, 89(4), 577-583. <https://doi.org/10.1007/s11746-011-1958-x>
- Maulidiansyah, A. (2014). *Pengembangan Pasar Minuman Dark Chocolate Instan*. Institut Pertanian Bogor.
- Mulato, S., Widyotomo, S., Misnawi & Suharyanto, E. (2005). Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Coklat. In *Pusat Penelitian kopi dan Coklat Indonesia*.
- Mustafidah, C. & Widjanarko, B. S. (2015). Umur simpan minuman serbuk berserat dari tepung porang. *J.Pangan dan Agroindustri*, 3(2), 650-660.
- Nattress, L.A., Ziegler, G.R., Hollender, R. & Peterson, D. G. (2004). Influence of hazelnut paste on the sensory properties and shelf-life of dark chocolate. *Journal of Sensory Studies*, 19(2). <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2004.tb00141.x>

- Nurhayati, R, Rahayu, E.N.H., Susanto, A. & Khasanah, Y. (2017). Shelf life prediction for canned gudeg using Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) based on Arrhenius method. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 193, 1–5. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/193/1/012025>
- Pongajow, N.J, Djarkasi, G.S.S. & Mandey, L.C. (1995). Pendugaan umur simpan halua kenari menggunakan metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) model arrhenius pada UKM kepulauan Sitaro. *J. Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 3(2), 36–47.
- Sabarisman, I., Anoraga, S.B. & Revulaningtyas I. R. (2017). Analisis umur simpan bubuk coklat dalam kemasan plastik standing pouch menggunakan pendekatan model Arrhenius. *J. Nasional Teknologi Terapan*, 1(1), 43–49. <https://doi.org/10.22146/jntt.34085>
- Siahaan, D. (2008). Karakteristik CPO di Indonesia. *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 30–32. <https://doi.org/10.22146/agritech.32162>
- Simbolon, N.P.E., Legowo, A.M. & Setiani, B. E. (2019). Estimation of age save pasta spice for dekkemas naniura with the Accelerated Shelf Life Test (ASLT) method Arrhenius equation. *J. of Applied Food Tech*, 6(2), 22–27. <https://doi.org/10.17728/jaft.5170>
- Singh.B.P., Jha, A., Sharma, N. & Rasane, P. (2013). Optimization of a Process and Development of a Shelf Life Prediction Model for Instant Multigrain Dalia Mix. *J. Food Processing Eng.*, 36(6), 811–823. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12050>
- SNI-01-2332.3-2006. (2006). *Penentuan Angka Lempeng Total (ALT) pada Produk Perikanan*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-3747:2009. (2009). *Coklat Bubuk*. Badan Standarisasi Nasional.
- Sudarmadji, S., Haryono, B. & Suhardi. (1984). *Prosedur Analisis Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty.
- Sudibyjo, A., Tiurlan, F. & Setyadjit. (2010). Pendugaan masa simpan kopi instan menggunakan studi penyimpanan yang diakselerasi dengan model kinetika Arrhenius. *J. of Agro-Based Industry*, 27(1), 12–24.
- Uyen, P.T.X., Chambers IV, E., Padmanabhan, N. & Sajid, A. (2014). Accelerated vs realtime modeling for shelf life:an example with for tified blended foods. *Science & Technol Development*, 17(K6), 83–91.
- Wahyudi, T., Pujianto, & Panggabean, T. R. (2008). *Panduan Lengkap Coklat*. Penebar Swadaya.
- Wong S.Y. & Lua, P. (2012). Effects of dark chocolate consumption on anxiety, depressive symptoms and health-related quality oflife status among cancer patients. *Health and The Environtment Journal*, 3(1), 27–35.