



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN

ISSN : 2085-2614; e-ISSN 2528 2654

JOURNAL HOMEPAGE : <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/RTP>



Estimasi Umur Simpan *Pliek-U* Berdasarkan Kadar Air Menggunakan Model Arrhenius dan Metode Q_{10}

Rita Khathir^{1*)}, Riska Jannati¹⁾, Raida Agustina¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala,
Jl. Tgk. H. Hasan Krueng Kalee No. 3, Kopelma Darussalam, Banda Aceh, Indonesia

*E-mail: rkhatir@unsyiah.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menduga umur simpan *Pliek-U* menggunakan model Arrhenius dan metode Q_{10} . Sebanyak 6 sampel *Pliek-U* yang sudah diketahui kadar air awalnya diberikan perlakuan suhu ekstrim 50, 60, dan 70°C sampai kondisi *Pliek-U* mengalami penurunan mutu yang ditandai dengan perubahan warna dan bau. Perubahan berat sampel diamati dalam interval 30 menit. Selanjutnya dilakukan perhitungan kadar air *Pliek-U* dan nilainya diplotkan dalam grafik di mana koordinat x nya sebagai waktu dan koordinat y nya sebagai kadar air. Gradien grafik adalah laju reaksi perubahan kadar air *Pliek-U* (k). Model Arrhenius adalah hasil plot nilai $\ln k$ terhadap $1/T$ dalam skala Kelvin. Selanjutnya dihitung nilai Q_{10} dan umur simpan *Pliek-U* dengan asumsi bahwa umur simpan sampel pada suhu ruang (30°C) adalah 32 bulan. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai k *Pliek-U* pada suhu 50°C 0,0621 dan nilai R^2 sebesar 15,52%. Nilai k *Pliek-U* pada suhu 60°C adalah 0,0826 dan nilai R^2 sebesar 67,9%, dan nilai k *Pliek-U* pada suhu 70°C adalah 0,0877 dan nilai R^2 sebesar 54,39%. Persamaan Arrhenius *Pliek-U* berdasarkan perubahan kadar air adalah $k = 27,454 \cdot e^{-1,925(1/T)}$ dengan R^2 sebesar 91,47%. Nilai faktor percepatan reaksi (Q_{10}) *Pliek-U* adalah 1,214. Umur simpan *Pliek-U* dapat ditentukan dengan persamaan $t_{T1}=32 \cdot 1,214^{(\Delta T/10)}$.

Kata Kunci : *Pliek-U*, umur simpan, arrhenius, Q_{10} dan kadar air

Shelf-life estimation of Pliek-U based on moisture changes by using Arrhenius and Q₁₀ approach

Rita Khathir^{1*}, Riska Jannati¹, Raida Agustina¹

¹Department of Agricultural Engineering, Universitas Syiah Kuala, Indonesia
Jl. Tgk. H. Hasan Krueng Kalee No. 3, Kopelma Darussalam, Banda Aceh, Indonesia

*E-mail: rkhatir@unsyiah.ac.id

Abstract

The study aimed to predict the shelf-life of *Pliek-U* by using Arrhenius and Q₁₀ approach. About 6 samples of *Pliek-U*, already known its moisture, were exposed to high temperatures of 50, 60, dan 70°C to reach degradation quality characterized by color and odor changes. The alteration of weight was also observed at interval of 30minutes. Based on these data, the changes of moisture were calculated and the trend was drawn on a xy scatter chart. The gradien of the chart was the reaction rate of quality degradation (k). Then, the Arrhenius model was constructed by plotting ln k and 1/T (K) into a graph. Lastly, the Q₁₀ and shelf-life were calculated by using assumption that the shelf-life at room temperature was about 32 months. Results showed that the k-value and R-square of *Pliek-U* at 50°C was 0.0621 and 15.52%, respectively. The k-value and R-square of *Pliek-U* at 60°C was 0,0826 and 67,9%, whereas the k-value and R-square of *Pliek-U* at 70°C was 0,0877 and 54,39%. The Arrhenius model of *Pliek-U* based on moisture changes was $k = 27,454 \cdot e^{-1.925(1/T)}$ and R-square was 91.47%. The Q₁₀-value of *Pliek-U* was 1,214 and the shelf-life of *Pliek-U* can be adjusted by using the model $t_{T1}=32 \cdot 1,214^{(\Delta T/10)}$.

Keywords : *Pliek-U*, shelf-life, arrhenius, Q₁₀ and moisture

PENDAHULUAN

Pliek-U adalah makanan khas Aceh yang dihasilkan dari proses fermentasi kelapa. Proses fermentasi kelapa tradisional ini telah dipraktekkan sejak lama dengan tujuan untuk menghasilkan minyak goreng. Khathir dan Erika (2013) menyatakan bahwa tradisi pembuatan *Pliek-U* ini sangat efisien karena tidak menghasilkan limbah (*zero waste*). Sampai saat ini, pengolahan *Pliek-U* masih diaplikasikan dengan metode yang belum tersentuh teknologi. Berbagai upaya perlu dilakukan agar tradisi ini dapat dipertahankan terutama dengan pendekatan teknologi pengolahan dan pengemasan modern.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa *Pliek-U* dapat berperan sebagai makanan fungsional karena kandungan bakteri positif didalamnya (Nurliana et al., 2008, 2009; Rinaldi et al., 2016). Bakteri asam laktat yang berhasil diisolasi dari *Pliek-U* dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen (Kiti, 2009). Pengolahan *Pliek-U* dengan menggunakan teknologi pengering terowongan Hohenheim dapat mempersingkat waktu pengeringan dan menghasilkan *Pliek-U* dengan kadar air di bawah 10% (Khathir et al., 2015). Selain itu aplikasi teknologi pengepresan juga meningkatkan kualitas *Pliek-U* (Khathir et al., 2020).

Salah satu informasi yang sangat penting yang harus tertera pada kemasan adalah informasi masa kadaluarsa. Untuk dapat menentukan masa kadaluarsa harus dilakukan uji umur simpan suatu produk. Salah satu metode cepat yang menggunakan

model simulasi adalah model Arrhenius, yang dapat dilanjutkan dengan metode Q_{10} untuk menentukan umur simpan produk (Syarief dan Halid, 1993). Penelitian pendugaan umur simpan menggunakan model Arrhenius telah banyak dilakukan misalnya untuk pendugaan umur simpan jagung manis (Khathir et al., 2015), nasi uduk (Kurniadi et al., 2017), tomat segar (Khathir et al., 2019), bunga kol (Khathir et al., 2019), lengkuas (Khathir et al., 2014), jeruk manis (Khathir et al., 2019), jus jeruk merah (Zanoni et al., 2005), brownis apel (Pulungan et al., 2018), dan lain-lain. Belum ada penelitian sebelumnya tentang pendugaan umur simpan *Pliek-U*, sehingga penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menduga umur simpan *Pliek-U* menggunakan model Arrhenius dan metode Q_{10} .

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat menjadi dasar referensi tentang penentuan umur simpan *Pliek-U* sehingga dapat menetapkan masa kadaluarsa produk ini (*expiration date*). Hasil penelitian diharapkan juga bermanfaat untuk produsen *Pliek-U* dalam menentukan tanggal kadaluarsa pada kemasan, melindungi pedagang dari kesalahan karena menjual barang yang telah rusak atau membantu pedagang dalam menentukan stok produk, serta melindungi konsumen dari membeli produk *Pliek-U* yang tidak layak konsumsi.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pasca Panen, Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September – Oktober 2020.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, timbangan digital, cawan, desikator, sendok, kain lap, dan alat pendukung lainnya. Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Pliek-U*.

Prosedur Penelitian

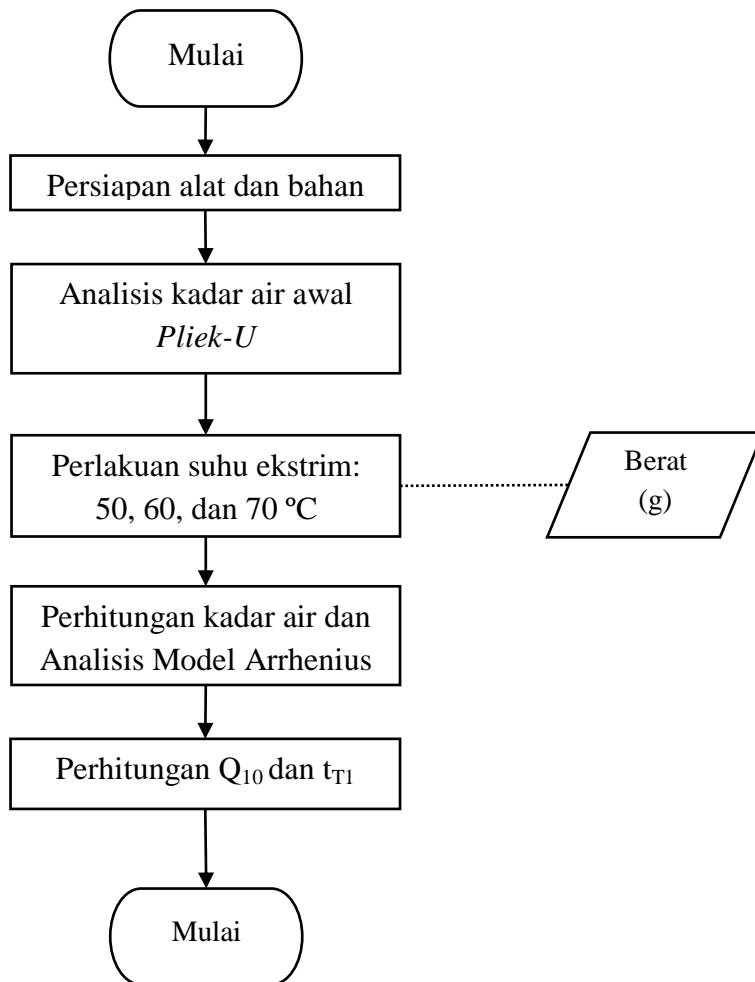
Sampel yang digunakan yaitu *Pliek-U* yang difermentasi dengan ketebalan 30 cm selama 10 hari. Kemudian *Pliek-U* dikeringkan dengan alat pengering dan dipress dengan alat press hidrolis. Terlebih dahulu dilakukan analisis kadar air *Pliek-U* dengan menggunakan metode oven AOAC. *Pliek-U* diberikan perlakuan 3 variasi suhu ekstrim yaitu 50, 60, dan 70°C, dan selama perlakuan tersebut diamati perubahan beratnya dalam interval 30 menit. Perlakuan dihentikan apabila *Pliek-U* sudah mengalami perubahan aroma, warna sehingga tidak layak untuk dikonsumsi lagi. Data perubahan berat digunakan untuk menghitung perubahan kadar air *Pliek-U*. Hasil perhitungan kadar air diplotkan ke grafik di mana koordinat x sebagai waktu dan koordinat y sebagai kadar air. Nilai gradien setiap grafik diambil sebagai nilai laju reaksi perubahan kadar air *Pliek-U* (k). Selanjutnya dengan memplotkan nilai $\ln k$ dan $1/T$ (K) ke atas grafik baru diperoleh persamaan Arrhenius (Pers. 1). Selanjutnya dihitung nilai Q_{10} dan umur simpan dihitung dengan Persamaan 2. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Umur simpan *Pliek-U* dengan kadar air di bawah 10% adalah 32 bulan (Khathir et al., 2020).

$$k = k_0 \cdot e^{-E/RT} \dots\dots\dots(1)$$

$$Q_{10}^{\Delta T/10} = \frac{k_{T+10}}{k_T} = \frac{t_{T1}}{t_{T2}} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- k = Konstanta penurunan mutu
- k_0 = Konstanta (tidak tergantung pada suhu)
- E = Energi aktivasi (kal/mol)
- T = Suhu mutlak (K)
- R = Konstanta gas (1,986 kal/mol K)
- ΔT = Selisih suhu penyimpanan ($^{\circ}C$)
- T = Suhu penyimpanan ($^{\circ}C$)
- t_{T1} = Masa kadaluarsa jika disimpan pada suhu estimasi (bulan)
- t_{T2} = Masa kadaluarsa n pada suhu basis yaitu 32 bulan untuk *Pliek-U* kadar air di bawah 10%



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

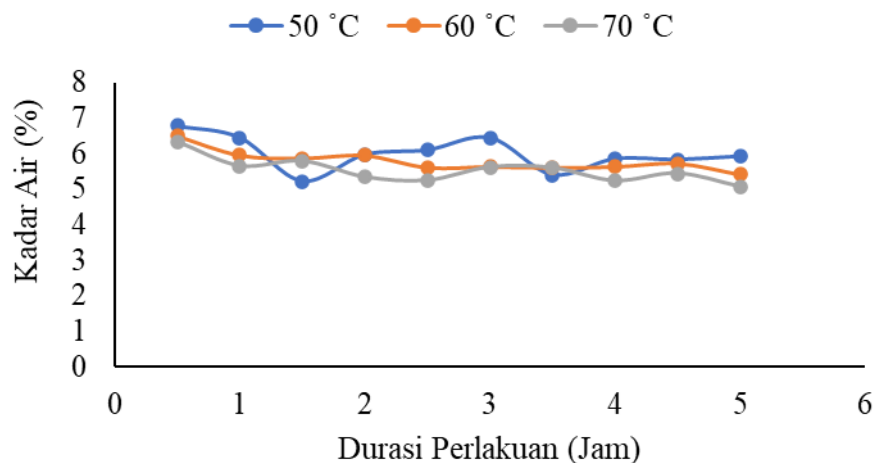
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Kadar Air *Pliiek-U* Selama Perlakuan Suhu Ekstrim

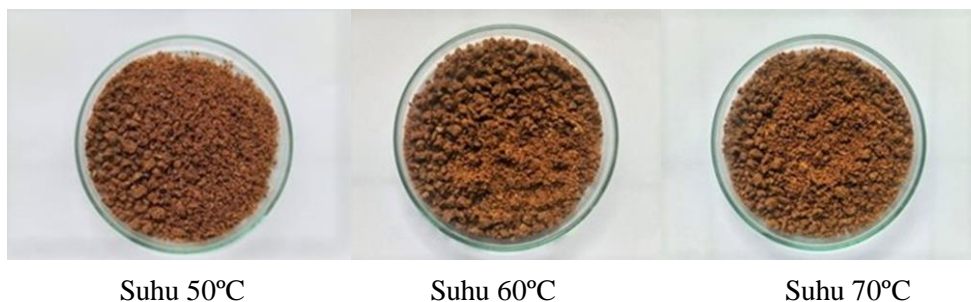
Hasil analisa perubahan kadar air *Pliiek-U* yang diberikan perlakuan variasi suhu ekstrim 50, 60 dan 70°C dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai kadar air awal *Pliiek-U* adalah 6,97%. Kadar air ini sangat baik untuk penyimpanan produk karena sudah di bawah 10%, merujuk aturan SNI untuk berbagai produk kering. Khathir et al. (2015) menyatakan bahwa kadar air yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya infeksi jamur dan kapang serta menunjang akan terjadinya proses oksidasi dan hidrolisis pada minyak. Selama perlakuan suhu ekstrim terlihat bahwa terjadi fluktuasi kadar air yang dapat disebabkan oleh kondisi kelembaban dalam ruang oven. Peningkatan kadar air menunjukkan adanya penyerapan air oleh *Pliiek-U* sedangkan penurunan kadar air adalah efek pemberian suhu tinggi yang menguapkan sebagian air yang dikandung oleh *Pliiek-U*.

Pliiek-U diuji pada suhu 50°C memiliki nilai kadar air maksimum sebesar 6,78% dan nilai minimum sebesar 5,22%, sedangkan pada pengujian suhu 60°C, *Pliiek-U* memiliki nilai kadar air maksimum sebesar 6,50% dan nilai minimum sebesar 5,41%, dan pada pengujian suhu 70°C, *Pliiek-U* memiliki nilai kadar air maksimum sebesar 6,33% dan nilai minimum sebesar 5,07%.

Pliiek-U yang diberikan perlakuan suhu ekstrim mengalami perubahan secara fisik dan kimia. Perubahan yang terjadi secara fisik dapat dilihat pada Gambar 3 yang meliputi perubahan warna dan tekstur.



Gambar 2. Perubahan kadar air *Pliiek-U* pada perlakuan 3 suhu ekstrim



Gambar 3. *Pliiek-U* setelah perlakuan suhu ekstrim

Perlakuan suhu ekstrim diberikan selama 5 jam, terlihat bahwa terjadi perubahan tekstur berupa pemecahan butiran atau gumpalan karena penurunan kadar air ataupun kandungan minyak yang masih tersisa pada *Pliiek-U*. Perlakuan suhu 60°C juga menunjukkan adanya perubahan warna memudar yang juga efek dari perubahan kandungan air dan minyak, dan setelah perlakuan suhu 70°C terjadi perubahan warna menjadi agak gelap yang merupakan efek terpanggang pada suhu tinggi.

Tabel 1. Persamaan perubahan kadar air *Pliiek-U* dan laju reaksinya (k)

Suhu (°C)	Persamaan	R ²	k
50	$y = -0,0621x + 6,339$	15,52%	0,0621
60	$y = -0,0826x + 6,243$	67,90%	0,0826
70	$y = -0,0877x + 6,011$	54,39%	0,0877

Pola perubahan kadar air *Pliiek-U* pada masing-masing suhu ekstrim dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan model perubahan kadar air *Pliiek-U* pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa secara umum terjadi penurunan kadar air yang dapat dilihat dari negatifnya nilai gradien. Tabel 1 juga menjelaskan bahwa semakin tinggi suhu maka laju perubahan kadar airnya juga semakin besar yang ditunjukkan dengan peningkatan nilai k. Adapun faktor determinasi terbesar diperoleh pada suhu 60°C yaitu sebesar 67,90%.

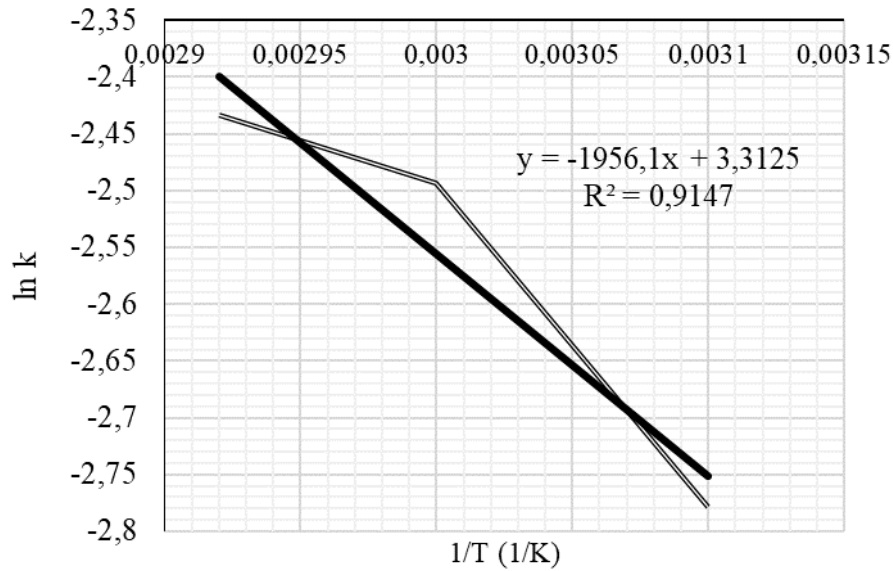
Rendahnya nilai faktor determinasi ini dapat disebabkan oleh rendahnya kadar air *Pliiek-U* dan fluktuasi nilai kadar air yang terjadi. Sebagai pembandingnya dapat dilihat bahwa nilai k perubahan kadar air jagung manis segar antara 0,7—1,9% (Khathir et al., 2015) dan nilai k perubahan kadar air lengkuas 0,1—2,3% (Khathir et al., 2014). Faktor penyebabnya adalah karena pengujian-pengujian tersebut dilakukan pada produk segar yang kadar airnya masih tinggi. Sedangkan nilai k asam thiobarbiturat (TBA) pada produk yang lebih kering seperti nasi uduk antara 0,011—0,016 mg/kg (Kurniadi et al., 2017) dan pada brownis apel nilai k Aw 0,009—0,011, dan nilai k asam lemak bebas 0,04—0,07% (Pulungan et al., 2018) memang bernilai rendah.

Analisis Model Arrhenius *Pliiek-U* Berdasarkan Kadar Air

Untuk mendapatkan model Arrhenius *Pliiek-U* maka dilakukan plot nilai $\ln k$ dan $1/T$ (K) ke atas sumbu koordinat kartesius. Nilai $\ln k$ dan $1/T$ tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai $\ln k$ dan $1/T$

k	$\ln k$	T (°C)	T (K)	$1/T$ (1/K)
0,0621	-2,7790	50	323	0,00310
0,0826	-2,4937	60	333	0,00300
0,0877	-2,4338	70	343	0,00292



Gambar 4. Model Arrhenius *Pliek-U* Berdasarkan Kadar Air

Berdasarkan nilai $\ln k$ dan $1/T$ yang diperoleh, model Arrhenius dapat dilihat pada Gambar 4, di mana dapat ditulis sebagai Persamaan 3. Model Arrhenius yang diperoleh sangat layak digunakan karena memiliki nilai R^2 sebesar 91,47%. Keuntungan model Arrhenius adalah dapat memproyeksikan nilai k perubahan mutu *Pliek-U* pada berbagai suhu penyimpanan. Persamaan 1 dapat dituliskan dalam bentuk logaritma natural (\ln) seperti Persamaan 4, dengan memasukkan identitas Gambar 4, maka diperoleh Persamaan 5, di mana sumbu y sebagai $\ln k$, $\ln k_0$ sebesar 3,3125 dan nilai $-E/R$ sebesar 1.956,1. Akhirnya diperoleh model Arrhenius untuk pendugaan umur simpan *Pliek-U* seperti pada Persamaan 6.

$$y = 3,3125 - 1956,1x \dots\dots\dots (3)$$

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E}{RT} \dots\dots\dots (4)$$

$$\ln k = 3,3125 - 1956,1 \frac{1}{T} \dots\dots\dots (5)$$

$$k = 27,454e^{-1956,1(\frac{1}{T})} \dots\dots\dots (6)$$

Analisis Nilai Q_{10} dan Estimasi Umur Simpan *Pliek-U*

Setelah model Arrhenius diperoleh maka nilai selanjutnya dapat dihitung nilai k pada berbagai suhu dan nilai Q_{10} . Nilai k terlihat meningkat seiring meningkatnya suhu penyimpanan dari 0,027 (suhu 5°C) ke 0,048 (suhu 30°C). Nilai Q_{10} *Pliek-U* rata-rata diperoleh sebesar 1,214 (Persamaan 2). Nilai Q_{10} yang diperoleh bervariasi tergantung jenis produk yang diuji. Misalnya nilai Q_{10} jagung manis adalah 1,49 (Khathir et al., 2015) dan nilai Q_{10} lengkuas adalah 3,23 (Khathir et al., 2014). Selain dipengaruhi oleh jenis produk, nilai Q_{10} juga dipengaruhi oleh kadar air produk.

Penyimpanan pada suhu rendah akan memperpanjang umur simpan *Pliek-U*, misalnya pada penyimpanan pada suhu 10°C, umur simpan *Pliek-U* adalah 47 bulan atau 3 tahun 11 bulan. Persamaan 2 untuk estimasi umur simpan *Pliek-U* dapat ditulis sebagai Persamaan 7. Pendugaan umur simpan *Pliek-U* dari suhu 5-30°C dapat dilihat pada Tabel 3.

$$t_{T_1} = 32 \times 1,24^{\left(\frac{\Delta T}{10}\right)} \dots\dots\dots(7)$$

Tabel 3. Estimasi umur simpan *Pliek-U*

Suhu (°C)	K	t _{T1} (bulan)
5	0,027	52
10	0,031	47
15	0,034	43
20	0,038	39
25	0,043	35
30	0,048	32

Note: T₂ adalah 30°C dengan umur simpan selama 32 bulan

KESIMPULAN

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa persamaan Arrhenius *Pliek-U* berdasarkan perubahan kadar air adalah $k = 27,454 \cdot e^{-1.925(1/T)}$ dengan R² sebesar 91,47%. Nilai faktor percepatan reaksi (Q₁₀) *Pliek-U* adalah 1,214. Umur simpan *Pliek-U* dapat ditentukan dengan persamaan $t_{T_1}=32 \cdot 1,214^{(\Delta T/10)}$. Persamaan Arrhenius ini dapat digunakan untuk memprediksikan umur simpan *Pliek-U*. Namun demikian, persamaan ini hanya dapat digunakan untuk *Pliek-U* yang mempunyai kadar air di bawah 10%. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan parameter lain seperti pH dan kadar lemak sehingga diperoleh perbandingan faktor kualitas mana yang lebih tepat digunakan dalam estimasi umur simpan *Pliek-U*

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Universitas Syiah Kuala atas Hibah Penelitian Unggulan Universitas Syiah Kuala 2021 nomor kontrak 321/UN11.2.1/PT.01.03/PNBP/2021, yang menjadi penyandang dana pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Khathir, R., Agustina, R., Nurba, D., Syafriandi, & Putra, D. (2019). Shelf-life estimation of cauliflower based on total soluble solids by using the Arrhenius and Q10 approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 365(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012006>.

Khathir, R., Agustina, R., & Ratna. (2015). Karakteristik alat pengering tipe Hohenheim pada pengeringan *Pliek-U*. *Seminar Nasional Hasil Riset Dan Standardisasi Industri V*, 309–313.

Khathir, R., Hartuti, S., & Yunita. (2020). *Adaptasi teknologi pengeringan dan pengepresan pada industri pengolahan pliek-u di kabupaten Aceh Besar*. Laporan Kegiatan, LPPM Unsyiah, Banda Aceh.

Khathir, Rita, & Erika, C. (2013). Kajian Terhadap Metode Pengolahan Minyak Kelapa di Aceh. *Seminar Nasional Hasil Riset Dan Standardisasi Industri III*, 22–27. Banda Aceh: Balai Riset dan Standardisasi Industri Banda Aceh.

Khathir, Rita, Ratna, & Putri, R. N. (2014). Penentuan Umur Simpan Lengkuas dengan Model Arrhenius Berdasarkan Kadar Air dan Kadar Sari Larut dalam Air. *Rona Teknik Pertanian*, 7(April), 9–17.

Khathir, Rita, Ratna, R., & Puri, M. A. (2015). Pendugaan umur simpan jagung manis berdasarkan kandungan total padatan terlarut dengan model Arrhenius (Shelf Life Estimation of Sweet Corn Based on Its Total Soluble Solid by Using Arrhenius

- Model). *Jurnal Agritech*, 35(2), 200–204. <https://doi.org/10.22146/agritech.13831>
- Khathir, Rita, Sarmedi, S., Putra, B. S., & Agustina, R. (2019). Pendugaan Umur Simpan Tomat (*Lycopersium esculentum* Mill) Berdasarkan Kandungan Total Padatan Terlarut dengan Model Arrhenius dan Q 10. *Rona Teknik Pertanian*, 12(1), 32–38.
- Khathir, Rita, Yuliana, R., Agustina, R., & Putra, B. S. (2019). The Shelf-life Prediction of Sweet Orange Based on Its Total Soluble Solid by Using Arrhenius and Q 10 Approach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 506(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/506/1/012058>
- Kiti, A. A. (2009). *Potensi Bakteri Asam Laktat Yang Diisolasi Dari Pliet U Dalam Menghambat Pertumbuhan Beberapa Mikroorganisme Patogen*.
- Kurniadi, M., Salam, N., Kusumaningrum, A., Nursiwi, A., Angwar, M., Susanto, A., Frediansyah, A. (2017). Shelf-life prediction of canned “nasi uduk” using accelerated shelf-life test (ASLT) -Arrhenius model. *AIP Conference Proceedings*, 1788, 1–7. AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/1.4968349>
- Nurliana, Sudarwanto, M., Sudirman, L. I., & Sanjaya, A. W. (2008). Pengujian Awal Aktivitas Antibakteri Dari Minyak Pliet U Dan Pliet U: Makanan Tradisional Aceh. *Jurnal Kedokteran Hewan*, 2(2), 151–158.
- Nurliana, Sudarwanto, M., Sudirman, L. I., & Sanjaya, A. W. (2009). Prospek makanan tradisional Aceh sebagai makanan kesehatan: deteksi awal aktifitas antimikrob minyak pliet u dan ekstrak kasar dari pliet u. *Forum Pascasarjana*, 32(January), 1–10.
- Pulungan, M. H., Sukmana, A. D., & Dewi, I. A. (2018). Shelf life prediction of apple brownies using accelerated method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 131(1), 1–5. IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/131/1/012019>.
- Rinaldi, R., Wassalwa, M., Hayatillah, R., Amirunnas, A., A’la, N., & Iswadi, I. (2016). Mikroorganisme fermentor pada proses pembuatan Pliet U. *BioWallacea Jurnal Ilmiah Ilmu Biologi*, 2(1), 13–19.
- Syarief, R., & Halid, H. (1993). *Teknologi Penyimpanan Pangan* (I). Jakarta: ARCAN.
- Zanoni, B., Pagliarini, E., Galli, A., & Laureati, M. (2005). Shelf-life prediction of fresh blood orange juice. *Journal of Food Engineering*, 70(4), 512–517. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.019>.