

**PENDUGAAN UMUR SIMPAN MINUMAN EKSTRAK BERAS HITAM
DALAM KEMASAN METALIZED DENGAN PENDEKATAN
ARRHENIUS**

***ESTIMATING THE SHELF LIFE OF BLACK RICE EXTRACT
BEVERAGES IN METALIZED PACKAGING WITH ARRHENIUS
APPROACH***

Riwayat Artikel: Dikirim; 10 agustus 2024 Diterima; 10 September 2024

Diterbitkan :1 November 2024

Novalinda Rezty Afistia, Nurhidajah, Yunan Kholifatuiddin Sya'di

Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Semarang, Jl. Kedungmundu No.18, Kota
Semarang, Indonesia

Penulis koresponden: nurhidajah@unimus.ac.id

ABSTRACT

Black rice extract instant drink is one of the innovative food products and good for health because of its high anthocyanin content. Instant drink products in powder form have high hygroscopicity properties. The transfer of moisture from the environment can cause deterioration during storage. Deterioration in quality can cause chemical, enzymatic reactions and physical changes in the product. This study aims to determine the water content, A_w , hygroscopicity and estimation of the shelf life of black rice extract drinks with temperature differences and storage duration. This research procedure involves packaging products using metalized packaging and then storing at 3 different temperatures (27°C, 37°C, and 47°C) for 4 weeks. The longer the storage and the higher the storage temperature will cause an increase in moisture content, A_w , and hygroscopicity of black rice extract beverage products. The shelf life of black rice extract drinks stored at 27°C reached 33.73 weeks (236.11 days), longer than storage at 37°C which was 16.64 weeks (116.47 days), and storage at 47°C which only reached 8.54 weeks (58.80 days).

Keywords : Black rice, instant drink, storage, shelf life

Beras hitam merupakan salah satu jenis beras yang mulai populer dan banyak digunakan sebagai bahan pangan

PENDAHULUAN

fungsional di kalangan masyarakat karena memiliki banyak manfaat bagi tubuh seperti kandungan mineral dan antosianinnya. Antosianin ialah senyawa kimia organik yang dapat larut pada larutan polar dan dapat menghasilkan pigmen warna oranye, merah, ungu, biru, hingga hitam yang dapat ditemukan pada tumbuhan seperti: bunga, buah-buahan, biji-bijian, sayuran, dan umbi-umbian (Priska *et al.*, 2018). Kandungan antosianin beras hitam lebih tinggi dibandingkan dengan jenis beras yang lain seperti beras putih, beras merah dan beras cokelat (Ponnapan *et al.*, 2017).

Menurut Angria (2011) minuman instan adalah produk olahan pangan yang praktis, berbentuk serbuk, mudah larut dan memiliki daya simpan lama karena kadar airnya yang rendah. Proses pembuatan minuman instan umumnya menggunakan metode *spray drying*. Pada proses *spray drying* dibutuhkan bahan penyalut untuk mencegah penguapan dan dapat meningkatkan stabilitas kandungan antosianinnya. Untuk menjaga kandungan mutu yang terdapat pada minuman instan perlu dilakukan pengemasan.

Pengemasan adalah tahap akhir dalam pengolahan makanan, namun hal ini merupakan salah satu langkah terpenting karena akan berpengaruh pada umur simpan produk makanan (Sohail *et al.*, 2018). Dalam pengemasan bahan

pangan ada dua jenis kemasan yaitu kemasan yang langsung bersentuhan dengan bahan pangan dan kemasan yang tidak langsung bersentuhan dengan bahan pangan. Pada pengemasan minuman formulasi ekstrak beras hitam menggunakan kemasan *metalized* sebagai kemasan primernya. Menurut Widiati (2019) secara struktur kemasan *metalized* memiliki tiga lapisan yaitu lapisan cetak sebagai pelindung lembab, lapisan pelindung sebagai pelindung udara, cahaya, oksigen/gas dan lapisan berikutnya adalah lapisan dalam (PE) sebagai pembungkus dan lapisan seal, struktur molekul dari kemasan *metalized* dapat menghalangi transmisi sinar, permeasi O₂, gas dan uap air melalui dinding kemasan. Menurut Nurhidajah *et al.*, (2021) kemasan *metalized* tersusun dari *polyethylene terephthalat* (PET) yang termasuk *polyester*, walaupun masih terdapat celah untuk difusi uap air dari luar, kemasan *metalized* mampu mengurangi peningkatan kadar air bebas (nilai A_w) dari produk yang dikemas.

Kemasan *metalized* merupakan pengembangan dari bahan pengemas lain yang karakteristiknya mirip dengan aluminium foil (Aprida, 2017). Kerusakan produk pangan yang dikemas dalam plastik kemasan dapat disebabkan oleh penyerapan uap air oleh produk yang ada di dalamnya dengan menembus

kemasan, sehingga produk pangan meningkat kadar airnya dan teksturnya akan berubah (Kusnandar *et al.*, 2010).

Penyimpanan bahan pangan ke dalam kemasan metalized merupakan salah satu upaya untuk mencegah penurunan mutu, sehingga umur simpan produk pangan menjadi lebih panjang (Nurhidajah *et al.*, 2021). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar air, nilai A_w , higroskopisitas dan pendugaan umur simpan minuman ekstrak beras hitam dalam kemasan *metalized* dengan pendekatan *Arrhenius*.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan meliputi beras hitam, aquadest, etanol 56%, asam sitrat, susu skim, maltodekstrin, gula, kolagen, flavour, pewarna, NaCl jenuh untuk uji higroskopisitas dan aquades.

Ekstraksi Beras Hitam

Proses ekstraksi beras hitam dimulai dengan metode maserasi. Beras hitam diblender sampai tekstur menjadi tepung. Lalu tepung diayak menggunakan ayakan 20mesh. Setelah itu tepung dimaserasi dengan pelarut etanol 56% dan aquades 44% selama 120 menit dengan suhu 50°C menggunakan kecepatan pengaduk 1000 rpm. Selanjutnya disaring dengan menggunakan kertas saring whatman.

Lalu dilanjutkan evaporasi menggunakan *rotary evaporation* dengan suhu 60°C selama 120 menit.

Pembuatan Minuman Instan Ekstrak Beras Hitam

Ekstrak antosianin beras hitam 500 ml dicampurkan dengan bahan penyalut maltodekstrin 150 g dan susu skim 150 g. Semua bahan dihomogenisasi dengan mixer. Selanjutnya bahan dimasukkan ke dalam *spray dryer* dengan pengaturan suhu inlet 150°C±5°C dan suhu outlet 85°C +/- 5°C selama 4 jam. Setelah kering serbuk antosianin dihaluskan dengan menggunakan blender, kemudian ditambahkan bahan tambahan lain (gula, kolagen, flavour dan pewarna).

Pengemasan dan penyimpanan

Minuman instan ekstrak beras hitam sebanyak 15gram dikemas dengan menggunakan kemasan metalized 60 micron ukuran 8 x 12cm. Selanjutnya kemasan yang berisi minuman instan ekstrak beras hitam disimpan pada 3 suhu yang berbeda yaitu 27°C, 37°C, dan 47°C dengan variasi waktu penyimpanan 1, 2, 3, dan 4 minggu.

Analisis Kadar Air

Analisis kadar air minuman instan ekstrak beras hitam diawali dengan mengeringkan krus porselin dalam oven dengan suhu 105°C selama 15 menit, selanjutnya didinginkan dalam desikator selama 15 menit atau sampai tidak panas

lagi. Selanjutnya krus porselin ditimbang dan dicatat beratnya. Kemudian sebanyak 1gram sampel dimasukkan kedalam krus porselin dan ditimbang. Lalu sampel dalam krus dikeringkan dengan oven suhu 105°C selama 6 jam. Setelah dikeringkan, sampel dalam krus dimasukkan ke dalam desikator sampai dingin. Sampel dalam krus ditimbang berat akhirnya dan dihitung kadar airnya dengan rumus:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{kadar air awal} - \text{kadar air akhir}}{\text{kadar air awal}} \times 100\%$$

Dimana:

W = massa sampel + krus yang ditimbang (sebelum dioven)

W₁ = massa krus kosong

W₂ = massa sampel + krus setelah dioven

Kadar air awal = Berat asli sampel (tanpa krus)

Kadar air akhir = (W₂-W₁)

Analisis Nilai Aw

Analisis ini menggunakan alat yang dinamakan water activity meter. Prinsip dari alat ini adalah menghitung tekanan uap air dari bahan dibagi dengan air murni pada suhu yang sama. Sebanyak 1gram sampel minuman instan ditempatkan dalam wadah uji dan ditunggu hingga 5 menit. Secara otomatis alat tersebut akan menghitung nilai aw minuman instan. Proses pengukuran selesai setelah angka keluar yang menyatakan nilai aw minuman instan.

Analisis Higroskopisitas

Sampel minuman instan sebanyak 1gram dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya. Selanjutnya dimasukkan ke dalam desikator tertutup yang berisi larutan NaCl jenuh dan disimpan selama 7 hari. Setelah 7 hari penyimpanan dilakukan penimbangan. Higroskopisitas diukur berdasarkan banyaknya air yang terserap oleh minuman instan, dengan rumus :

$$\text{HG (\%)} = \frac{\frac{\Delta M}{M+M_i}}{1 + \Delta M/M} \times 100$$

Dimana:

HG = higroskopisitas (%)

ΔM = pertambahan massa sampel (g)

M = massa awal produk (g)

M_i = kandungan air produk (% g)

Penentuan Umur Simpan

Penentuan umur simpan minuman instan ekstrak beras hitam menggunakan metode ASLT dengan model *Arrhenius*. Pengamatan dilakukan selama 4 minggu, minuman instan ekstrak beras hitam dikemas menggunakan *metalized* dan disimpan pada tiga tingkatan suhu (27°C, 37°C, 47°C). Data yang diperoleh terdiri dari tiga ulangan, dan kemudian dimasukkan ke dalam rumus untuk mengetahui laju reaksi berdasarkan ordo 0 dan ordo 1:

y = laju reaksi

a = nilai laju perubahan

x = waktu penyimpanan
 b = karakteristik pada saat penyimpanan

Ordo reaksi yang dipilih berdasarkan nilai R² yang lebih tinggi pada masing-masing parameter. Selanjutnya dihitung kualitas penurunan degradasi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$k = k_0 - E/RT$$

Dimana

k = laju reaksi

k₀ = frekuensi faktor reaksi

E = energi aktivasi

R = konstanta gas (1,986 kal/ml K)

T = temperatur (K)

Pendugaan umur simpan minuman instan ekstrak beras hitam ditentukan menggunakan rumus:

$$\text{Ordo 0: } t = \frac{[Q_0 - Q_e]}{k}$$

$$\text{Ordo 1: } t = \frac{[\ln Q_0 - \ln Q_e]}{k}$$

Dimana:

t = umur simpan produk (hari)

Q₀ = nilai atribut

Q_e = titik kritis sampel

k = konstanta rekasi

ANALISIS DATA

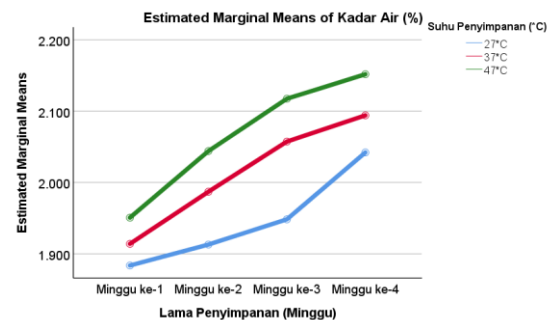
Data penelitian merupakan data primer yang diperoleh secara langsung dari hasil analisis kadar air, AW, dan higroskopisitas. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Microsoft Excel

dan kemudian dianalisis menggunakan uji ANOVA, jika hasilnya berbeda nyata maka dilanjut dengan uji LSD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu paramter untuk mengetahui kualitas dan umur simpan suatu produk pangan. Menurut Sakti *et al.*, (2016) menyatakan kadar air memiliki kaitan erat terhadap umur simpan dimana kadar air yang rendah dapat memperpanjang umur simpan produk pangan. Berikut hasil pengujian kadar air minuman ekstrak beras hitam dengan perbedaan suhu dan lama penyimpanan.



Gambar 1. Grafik Uji Kadar Air

Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa kadar air minuman ekstrak beras hitam mengalami kenaikan seiring bertambahnya waktu penyimpanan dan suhu penyimpanan. Nilai rata-rata kadar air minuman ekstrak beras hitam pada suhu 27°C yaitu 1,95%, suhu 37°C yaitu 2,01% dan pada suhu 47°C yaitu 2,07%. Hasil uji anova (*Analysis of Variance*) menunjukkan bahwa menunjukkan bahwa

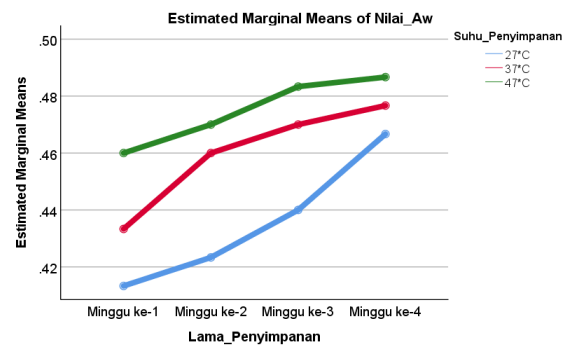
terdapat pengaruh lama penyimpanan (minggu ke-1, minggu ke-2, minggu ke-3, dan minggu ke-4) terhadap kadar air minuman ekstrak beras hitam karena memiliki nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$), pada faktor suhu penyimpanan memiliki nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$) yang artinya terdapat pengaruh suhu penyimpanan (27°C , 37°C , 47°C) terhadap nilai kadar airnya, dan pada faktor interaksi antara perbedaan suhu dan lama penyimpanan memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter kadar air dimana p value adalah 0,005 ($p < 0,05$). Uji LSD menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata antara hasil rata-rata kadar air pada minggu 1,2,3, dan 4. Berdasarkan data kadar air minuman ekstrak beras hitam dengan perbedaan suhu dan lama penyimpanan selama 4 minggu memiliki nilai kadar air yang cukup baik sesuai dengan SNI yaitu maksimal 3%.

Menurut Supriyanto *et al.*, (2017) pada prinsipnya berbagai olahan minuman produk berbentuk serbuk memiliki sifat higroskopisitas tinggi, sehingga mudah mengalami kerusakan akibat penyerapan uap air. Kadar air yang meningkat selama penyimpanan disebabkan oleh kelembaban udara yang ada disekitar bahan cukup tinggi (Arizka *et al.*, 2015). Kelembaban udara (RH) yang tinggi selama penyimpanan menyebabkan laju uap air meningkat, dan akan semakin tinggi

jika suhu penyimpanan dinaikkan (Rahayu dan Widajati, 2007).

Aw (*Water Activity*)

Aktivitas air pada bahan pangan merupakan jumlah air bebas yang terkandung pada bahan pangan tersebut yang mana dapat dimanfaatkan oleh mikroba sebagai tempat pertumbuhannya (Sakti *et al.*, 2016). Berikut hasil pengujian Aw minuman ekstrak beras hitam dengan perbedaan suhu dan lama penyimpanan.



Gambar 2. Grafik Uji Aw (Water Activity)

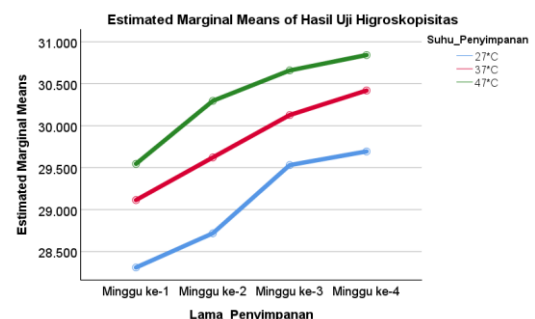
Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai minuman ekstrak beras hitam mengalami kenaikan seiring dengan penambahan suhu dan lama penyimpanan. Nilai rata-rata Aw dari minuman ekstrak beras hitam pada suhu 27°C yaitu 0,44, suhu 37°C yaitu 0,46 dan pada suhu 47°C yaitu 0,48. Hasil uji anova (*Analysis of Variance*) menunjukkan bahwa terdapat pengaruh lama penyimpanan (minggu ke-1, minggu ke-2, minggu ke-3, dan minggu ke-4) terhadap Aw minuman ekstrak beras hitam karena memiliki nilai signifikansi

0,000 ($p < 0,05$), pada faktor suhu penyimpanan memiliki nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$) yang artinya terdapat pengaruh suhu penyimpanan (27°C , 37°C , dan 47°C) terhadap nilai Aw dan pada faktor interaksi antara perbedaan suhu dan lama penyimpanan memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter nilai Aw dimana p value adalah 0,006 ($p < 0,05$). Uji LSD menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata antara hasil rata-rata nilai Aw pada minggu 1,2,3, dan 4.

Perubahan dan penurunan kualitas bahan pangan juga dipengaruhi oleh suhu pada penyimpanan produk. Suhu dan lama penyimpanan akan mempengaruhi nilai Aw minuman ekstrak beras hitam, kenaikan nilai Aw dapat mempersingkat umur simpan. Menurut Anggraeni *et al.*, (2022) peningkatan nilai Aw selama penyimpanan disebabkan adanya degradasi molekul berupa pelepasan air yang terikat yang menyebabkan terjadinya pembentukan air bebas. Peningkatan nilai Aw dapat mengurangi umur simpan produk pangan. Hal ini disebabkan oleh jumlah air bebas yang terdapat pada produk pangan digunakan oleh mikro-organisme seperti bakteri, kapang, dan khamir untuk tumbuh dan meningkatkan terjadinya reaksi kimia maupun enzimatik selama masa penyimpanan (Nofreana *et al.*, 2017)

Higroskopisitas

Higroskopisitas merupakan kecenderungan bahan untuk menyerap udara dan kelembaban di sekitarnya (Yuwono & Susanto, 1998). Uji higroskopisitas bertujuan untuk menguji kemampuan suatu bahan untuk menyerap kelembaban udara setelah dibiarkan selama beberapa waktu. Perubahan yang terjadi menunjukkan adanya perubahan kadar air yang terdapat pada produk tersebut. Produk higroskopis cenderung akan lebih mudah rusak karena peningkatan kadar air pada produk (Nurhidajah *et al.*, 2021). Berikut hasil uji higroskopisitas pada minuman ekstrak beras hitam dengan perbedaan suhu dan lama penyimpanan.



Gambar 3. Grafik Uji Higroskopisitas

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai higroskopisitas minuman ekstrak beras hitam mengalami kenaikan seiring dengan pertambahan suhu dan lama penyimpanan. Rata-rata nilai higroskopisitas dari minuman ekstrak beras hitam pada suhu 27°C yaitu 29,06%, suhu 37°C yaitu 29,82% dan pada suhu 47°C yaitu 30,4%. Hasil uji anova

(*Analysis of Variance*) menunjukkan bahwa bahwa terdapat pengaruh lama penyimpanan (minggu ke-1, minggu ke-2, minggu ke-3, dan minggu ke-4) terhadap higroskopisitas minuman ekstrak beras hitam karena memiliki nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$), pada faktor suhu penyimpanan memiliki nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$) yang artinya terdapat pengaruh suhu penyimpanan (27, 37, dan 47°C) terhadap higroskopisitas, dan pada faktor interaksi antara perbedaan suhu dan lama penyimpanan memberikan pengaruh sangat signifikan terhadap parameter uji higroskopisitas dimana *p value* adalah 0,000 ($p < 0,05$). Uji LSD menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata antara hasil rata-rata nilai *Aw* (*Water Activity*) pada minggu 1,2,3, dan 4. Uji LSD menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata nyata antara hasil rata-rata nilai *Aw* (*Water Activity*) pada minggu 1,2,3, dan 4.

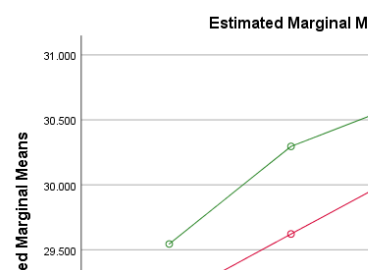
Walaupun tergolong produk higroskopis, peningkatan higroskopisitas minuman ekstrak beras hitam tergolong cukup rendah selama 4 minggu penyimpanan (0,41-0,69%). Hal ini disebabkan karena nilai water vapor transmission rate (WVTR) dan O_2 kemasan *metalized* yang cukup rendah (Putro *et al.*, 2012). Menurut penelitian Puspita *et al.*, (2016) kemasan *metalized* dilapisi oleh pelogaman 0,03 - 0,1 μm , yang cukup stabil terhadap efek cahaya,

gas, dan uap air sehingga dapat meminimalisir peningkatan laju uap air ke dalam produk yang dikemas.

Terdapat korelasi positif yang kuat antara peningkatan kadar air dan nilai A_w dengan higroskopisitas minuman ekstrak beras hitam. Produk yang higroskopis cenderung lebih cepat mengabsorpsi uap air dan kelembaban yang ada di lingkungan. Peningkatan suhu penyimpanan menyebabkan permeabilitas bahan pengemas meningkat, peningkatan tersebut akan mengakibatkan laju uap air dari luar kemasan cenderung lebih tinggi (Kurniawan *et al.*, 2018).

Pendugaan Umur Simpan

Informasi terkait masa simpan produk pangan sangat penting untuk dicatumkan pada kemasan, hal ini berkaitan dengan jaminan keamanan produk pangan hingga sampai pada tangan konsumen, sehingga perusahaan bisa memberikan jaminan atas mutu dan keamanan produk pangan. Berikut hasil analisis pendugaan umur simpan minuman instan ekstrak beras hitam.



Tabel 1. Analisis Pendugaan Umur Simpan Berdasarkan Ordo 0

| Suhu C | Ordo 0 | | |
|----------------------------------|------------|------------|------------|
| | 27 | 37 | 47 |
| Suhu K | 300,15 | 310,15 | 320,15 |
| 1/T | 0,00333 | 0,00322 | 0,00312 |
| ln ko | 16,75500 | 16,75500 | 16,75500 |
| ko | 1,89E+07 | 1,891E+07 | 1,891E+07 |
| -E/RT | -21,4696 | -20,7774 | -20,1284 |
| e ^{-E/RT} | 4,74102E- | 9,4734E-10 | 1,81283E- |
| k | 8,96E-0,3 | 1,79E 02 | 1,79E-02 |
| Nilai kritis air t (umur simpan) | 4 | 4 | 4 |
| t (umur simpan dalam hari) | 2,3611E+02 | 1,1647E+02 | 5,9793E+01 |
| t (umur simpan dalam minggu) | 236,11 | 116,47 | 59,793 |
| | 33,730 | 16,639 | 8,542 |

Umur simpan minuman ekstrak beras hitam yang disimpan pada suhu 27°C mencapai 33,73 minggu atau 236,11 hari, lebih lama dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu 37°C yaitu 16,64 minggu atau 116,47 hari, maupun penyimpanan minuman instan ekstrak beras hitam pada suhu 47°C yang hanya mencapai 8,54 minggu atau 58,80 hari. Semakin tinggi suhu penyimpanan laju kerusakan produk akan semakin besar (Nurhidajah *et al.*, 2021). Hal ini disebabkan oleh kelembaban udara yang meningkat seiring dengan peningkatan suhu penyimpanan (Faridah *et al.*, 2013). Menurut Kusnandar *et al.*, (2016) reaksi kimia pada bahan pangan akan menyebabkan pada produk pangan serbuk lebih cepat. Formulasi bahan, proses pengolahan, jenis dan teknik pengolahan juga menjadi faktor yang mempengaruhi umur simpan dari suatu produk olahan pangan (Labuza, 1982).

KESIMPULAN

Ada pengaruh perbedaan lama dan suhu penyimpanan terhadap kadar air (*Moisture Content*), *Aw* (*Water Activity*), higroskopisitas dan pendugaan umur simpan minuman ekstrak beras hitam dalam kemasan *metalized*. Umur simpan minuman ekstrak beras hitam paling lama disimpan pada suhu 27°C, mencapai 3,73 minggu atau 236,11 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., Nurjanah., Nasution, A. I. S. 2021. Karakteristik Fraksi Aktif Biopigmen Fukosantin Rumput Laut Cokelat Sebagai Antioksidan dan Uv-Protector. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(1), 131-147.
- Alifa, N. N. 2018. Pembuatan Minuman Herbal Jahe (*Zingiber officinale*) dan Sereh (*Cymbopogon Citratus*) Ready To Drink. <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/61794/Pembuatan-Minuman-Herbal-Jahe-Zingiber-Officinale-Dan-Sereh-Cymbopogon-Citratus-Ready-To-Drink>. Diakses pada tanggal 20 Oktober 2024.
- Anggraeni, W., Lukman, H., Pramusintha, B. (2022). Pengaruh Lama Simpan Dan Metoda Pengemasan Terhadap Sifat Fisik Bakso Daging Ayam Pada Penyimpanan Di Suhu Rendah ($\pm 5^{\circ}\text{C}$). *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 25(1), 91-99.
- Angria, M. (2011). Pembuatan minuman instan pegagan (*Centella asiatica*) dengan citarasa *cassia vera*. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas Padang.
- Aprida, P. D. (2017). Pendugaan Umur Simpan Susu Bubuk *Full Cream* Yang Dikemas Dengan *Aluminium*

- Foil (Al7) Atau *Metalized Plastic* (Vm-Pet12). *Jurnal Agroindustri Halal*, 3(2), 097-104.
- Arizka, A. A., Daryatmo, J. 2015. Perubahan Kelembaban dan Kadar Air Teh Selama Penyimpanan pada Suhu dan Kemasan yang Berbeda. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 4(4), 124–129.
- Asiah, N., Cempaka, L., David, W. 2018. Panduan praktis pendugaan umur simpan produk pangan.
- Badan Standarisasi Nasional. 1996. *Minuman Tradisional SNI 01-4320-1996*. Jakarta.
- Budijanto, S., Sitanggang, A. B., Silalahi, B. E., Murdiati, W. 2010. Penentuan umur simpan *seasoning* menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) dengan pendekatan kadar air kritis. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 11(2), 71-77.
- BPOM, R. 2019. Peraturan Badan Pengawasan Obat dan Makanan Nomor 32 Tahun 2019 tentang Persyaratan Keamanan dan Mutu Obat. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, Jakarta.
- Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., & Fellman, J. K. 2012. *Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder*. *Journal of food engineering*, 111(1), 135-148.
- Dumadi, S. R. 2011. *The moisture content increase of dried cocoa beans during storage at room temperature*. *Jurnal Teknologi Energi*, 1(12):45-54.
- Edria, D. 2010. Penentuan Umur Simpan Minuman Fungsional Cinna-Ale Instan dengan Metode Arrhenius. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/59789>. Diakses pada tanggal 20 Oktober 2024.
- Fahroji, F., Hendri, H. 2016. Kinerja Beberapa Tipe *Moisture Meter* dalam Penentuan Kadar Air Padi. *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands*, 5(1), 62-70.
- Faridah, D. N., Yasni, S., Suswantinah, A., Aryani, G. W. 2013. Pendugaan Umur Simpan dengan Metode *Accelerated ShelfLife Testing* pada Produk Bandrek Instan dan Sirup Buah Pala (*Myristica Fragrans*). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 18(3), 144–153.
- Ghaisani, Z. F. (2016). *Pendugaan Umur Simpan Pada Produk Banana Flakes Fortifikasi Zat Besi (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Unpas)*.
- Haris, M. 2019. Pengaruh Additive dari CMC Batang Pisang Nangka dan Pisang Batu Terhadap Filtration Loss dan Compressive Strength Pada Semen Pemboran (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Hasany, M. R., Afrianto, E., & Pratama, R. I. (2017). Pendugaan umur simpan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT) model *arrhenius* pada *fruit nori*. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 8(1), 48-55.
- Haziman, M. L. 2019. Variasi Penginstan dan Varietas Beras Hitam (*Oryza sativa Linnaeus Indica*) terhadap Karakteristik Bubur Beras Hitam Cepat Saji (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Unpas).
- Hector, F. M. 2004. Optimal spray dryer of orange oil. *Proceeding of International Drying Symposium. Brazil*
- Hernawan, E., Meylani, V. 2016. Analisis karakteristik fisikokimia beras putih, beras merah, dan beras hitam (*Oryza sativa L., Oryza nivara dan Oryza sativa L. indica*). *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu-*

- Ilmu Keperawatan, Analisis Kesehatan Dan Farmasi, 15(1), 79-91.
- Histifarina, D. 2004. Pendugaan umur simpan kentang tumbuk instan berdasarkan kurva isotermi sorpsi air dan stabilitasnya selama penyimpanan.
- Indraswati, D. 2017. *Pengemasan Makanan. In Forum Ilmiah Kesehatan: Jakarta.*
- Jamrianti, R. 2021. Pengemasan dan Pelabelan Pangan: Packaging as a Product Communications. AE Publishing.
- Kaleta, A., Górnicki, K. 2013. *Criteria of Determination of Safe Grain Storage Time-A Review. In Advances in Agrophysical Research* (pp. 295-318). InTech Publisher.
- Kurniawan, H., Bintoro, N., Nugroho, J. 2018. Pendugaan umur simpan gula semut dalam kemasan dengan pendekatan *arrhenius (shelf life prediction of palm sugar on packaging using Arrhenius equation)*. Jurnal Ilmiah rekayasa pertanian dan biosistem, 6(1), 93-99.
- Kusnandar, F., Adawiyah, D. R., Fitria, M. 2010. Pendugaan Umur Simpan Produk Biskuit dengan Metode Akselerasi Berdasarkan Pendekatan Kadar Air Kritis [Accelerated Shelf-life Testing of Biscuits Using a Critical Moisture Content Approach]. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, 21(2), 117-117.
- Kusnandar, F., Hermeinasari, A., Adawiyah, D. R. 2016. Pendugaan Umur Simpan Bumbu Serbuk Kuah Bakso dengan Metode Akselerasi. Jurnal Mutu Pangan, 3(1), 10– 17.
- Labuza, T. 1982. Open Shelf-life Dating of Foods. Food Science and Nutrition. Connecticut Press Inc.
- Latifah, N., Nurhidajah., Muhammad, Y. 2019. Stabilitas antosianin dan aktivitas antioksidan tepung beras hitam berdasarkan jenis kemasan dan lama penyimpanan. Jurnal Pangan dan Gizi, 9, 27-40.
- Latifah, N. 2018. Stabilitas Antosianin, Aktivitas Antioksidan, Dan Kadar Air Tepung Beras Hitam Berdasarkan Jenis Kemasan Dan Lama Penyimpanan. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Semarang).
- Mahdavi, S. A., Jafari, S. M., Assadpoor, E., Dehnad, D. 2016. Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. International journal of biological macromolecules, 85, 379-385.
- Maku, M., Mamujaja, C. F., Tooy, D. 2014. Penentuan Umur Simpan Kripik Pisang Keju Gorontalo Dengan Pendekatan Kurva Sorpsi Isoterms.[self-life Determination of Gorontalo Chese Banana Chips Approach to Curve Sorption Isotherm Curve]. Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan, 2(2), 13-20.
- Nofreeana, A., Masi, A., Deviarni, I. M. 2017. Pengaruh pengemasan vakum terhadap perubahan mikrobiologi, aktifitas air dan pH pada ikan pari asap. Jurnal Teknologi Pangan, 8(1), 66-73.
- Nurani, D., Sukmadi, I., Hidayat, N. 2017. Kualitas *Barrier* Kemasan Fleksibel Berbasis *Metalized Film* untuk Produk Pangan. Jurnal IPTEK, 1(2), 55-61.
- Nurhidajah., Yuliana, N. S. U., dan Agus, S. 2018. Karakteristik Fisik Dan Kimia Beras Hitam Dengan Variasi Metode Pengolahan. Prosding Seminar Nasional Universitas Muhammadiyah Semarang, Vol. 1, 569-575.

- Nurhidajah., Bobby, P., Diode, Y.2021.
Pemodelan Persamaan *Arrhenius*
Untuk Memprediksi Umur Simpan
Penyedap Rasa Cangkang
Rajungan. *Agrointek Volume 15 No*
2 Juni 2021: 566-573.
- Pitasari, U. H., Gozali, T., Garnida, Y.
2016. Pendugaan Umur Simpan Sate
Maranggi Dengan Metoda Aslt
(*Accelerated Shelf Life Testing*)
Berdasarkan Pendekatan *Arrhenius*.
Skripsi. Fakultas Teknik Universitas
Pasundan).
- Ponnappan, S., Thangavel, A., Sahu, O.
2017. *Anthocyanin, lutein,*
polyphenol contents and antioxidant
activity of black, red and white
pigmented rice varieties. Food
Science and Nutrition Studies
1(1):43-48. DOI: 10.22158/fsns
.v1n1p43.