

## ANALISIS KINETIKA ARRHENIUS TERHADAP PERUBAHAN SIFAT FISIK, KIMIA, DAN KUALITAS MASAK BERAS DENGAN KOMBINASI KADAR AMILOSA DAN SUHU SELAMA PENYIMPANAN

**Arrhenius kinetics on changes in the physical, chemical, and cooking quality of rice with a combination of amylose content and temperature during storage**

**Febriana Intan Permata Hati <sup>1\*)</sup>, Joko Nugroho Wahyu Karyadi <sup>2)</sup>, Nursigit Bintoro <sup>2)</sup>, dan Iqbal <sup>1)</sup>, Abdul Azis <sup>1)</sup>, Diyah Yumeina <sup>1)</sup>, Olly Sanny Hutabarat <sup>1)</sup>, Mursalim<sup>1)</sup>, Khaeril Anwar Junaedi<sup>3)</sup>**

<sup>1\*)</sup> Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin, Sulawesi Makassar, 90245, Indonesia

<sup>2)</sup> Department of Agricultural and Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Technology, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281, Indonesia

<sup>3)</sup> Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin, Sulawesi Makassar, 90245, Indonesia

<sup>\*)</sup> email korespondensi: febriana.intan@unhas.ac.id

### ABSTRACT

Rice is one of the staple foods consumed by Indonesians. As one of the largest rice producers, problems related to rice storage are often complained about. During storage, rice changes its cooking quality and physical and physicochemical qualities. This study aimed to analyze the kinetic behavior of cooking and the physical and physicochemical qualities of Indonesian rice varieties. Rice with different amylose contents was stored for 4 months, and the collected data from the parameters of water content, whiteness, amylose content, elongation ratio, and extrudability were analyzed using the Arrhenius equation. The combination of amylose content and temperature influences the changes in the physical, chemical, and cooking properties of rice during storage. The highest increase in water content occurred in the Ciherang variety stored at a temperature of 20 °C, namely 0.0183%/week, and the whiteness, amylose content, and elongation ratio values decreased during storage. Storage at 30 °C resulted in a greater reduction in quality, with the change in Ciherang whiteness being 0.0202/week, sintanur amylose content decreasing by 0.0105%/week, and sintanur elongation ratio decreasing by 0.0348/week at this temperature. Meanwhile, the sintanur extrudability parameter experienced an increase of 0,0174g/week at a temperature of 30 °C. Therefore, in general, the decline in rice quality occurs more quickly at higher temperatures.

**Keywords:** Rice, Arrhenius, Storage, Cooking Quality

### ABSTRAK

Beras adalah salah satu makanan pokok yang dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Sebagai salah satu produsen beras terbesar, permasalahan terkait penyimpanan beras sering dikeluhkan. Selama penyimpanan, beras mengalami perubahan pada kualitas memasak serta kualitas fisik dan fisikokimia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku kinetik kualitas memasak serta kualitas fisik dan fisikokimia dari varietas beras Indonesia. Beras dengan kandungan amilosa yang berbeda disimpan selama 4 bulan, dan data yang dikumpulkan dari parameter kadar air, tingkat keputihan, kadar amilosa, rasio pemanjangan, dan ekstrudabilitas dianalisis menggunakan persamaan

Arrhenius. Kombinasi antara kandungan amilosa dan suhu memengaruhi perubahan sifat fisik, kimia, dan memasak dari beras selama penyimpanan. Peningkatan kadar air tertinggi terjadi pada varietas Ciherang yang disimpan pada suhu 20 °C, yaitu sebesar 0,0183%/minggu, dan nilai keputihan, kadar amilosa, serta rasio pemanjangan menurun selama penyimpanan. Penyimpanan pada suhu 30 °C menyebabkan penurunan kualitas yang lebih besar, dengan perubahan tingkat keputihan Ciherang sebesar 0,0202/minggu, kadar amilosa sintanur menurun sebesar 0,0105%/minggu, dan rasio pemanjangan sintanur menurun sebanyak 0,0348/minggu pada suhu ini. Sementara itu, parameter ekstrudabilitas sintanur mengalami peningkatan sebesar 0,0174g/minggu pada suhu 30 °C. Oleh karena itu, secara umum, penurunan kualitas beras terjadi lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi.

**Kata Kunci:** Beras, Arrhenius, Penyimpanan, Kualitas Masak

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu produsen dan konsumen beras terbesar setelah Tiongkok dan India, menempati peringkat ketiga dengan total konsumsi sebesar 37,4 juta ton pada tahun 2019 (Faostat, 2021). 100 gram beras mengandung 130 kkal energi; 28,6g karbohidrat, 2,38g protein; total lemak 0,21g serta beberapa mikronutrien lainnya (USDA, 2019). Karbohidrat ini terdiri atas amilosa dan amilopektin yang memiliki peran penting dalam menentukan kualitas tanak (pematangan) beras (Juliano, 1979). Beras memiliki beberapa kualitas fisik, yaitu kadar air, warna, kerapatan, profil tekstur, dan lainnya. Sementara itu, kualitas kimia seperti kadar amilosa, amilopektin, protein, karbohidrat, dan lain-lain. Selanjutnya untuk kualitas tanak seperti rasio pemanjangan, nilai penyebaran alkali, daya serap air, dan lainnya (Bhattacharya, 2011).

Selama proses penyimpanan, beberapa sifat beras mengalami perubahan dan hal ini dipengaruhi oleh faktor eksternal maupun internal. Suhu penyimpanan merupakan salah satu faktor eksternal yang mengubah kualitas beras (Parnsakhorn & Noomhorm, 2012). Degradasi nutrisi di dalam beras juga diketahui berkontribusi terhadap perubahan kualitas tanak beras seperti daya serap air, rasio pemanjangan, dan nilai penyebaran alkali (Faruq, Prodhan, & Nezhadahmadi, 2015).

Beberapa penelitian telah dilakukan oleh para peneliti terkait perubahan karakteristik fisik dan kimia beras selama penyimpanan pada berbagai suhu (Park, Kim, Park, & Kim, 2012), serta mengenai pengaruh varietas beras, kondisi penyimpanan, dan kadar amilosa terhadap kualitas tanak beras (Teo, Karim, Cheah, Norziah, & Seow, 2000). Penelitian tentang pengaruh penyimpanan dengan perlakuan waktu simpan, suhu, serta varietas beras yang banyak dikonsumsi di Indonesia telah dilakukan oleh Jumadi et al. (Jumali, Kusbiantoro, & Handoko, 2021). Namun, pengaruh penyimpanan terhadap kinetika reaksi perubahan sifat fisik, kimia, dan kualitas tanak pada beras lokal Indonesia belum banyak dilaporkan. Penelitian ini mengkaji kinetika perubahan sifat fisik (kadar air, kecerahan, kemampuan ekstrusi), kimia (kadar amilosa), dan kualitas tanak (ratio pemanjangan) selama proses penyimpanan beras. Dengan mengetahui kinetika reaksi selama proses penyimpanan, laju perubahan setiap parameter sifat fisik, kimia, dan kualitas tanak beras akan diketahui.

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh kadar amilosa dan suhu ruang penyimpanan dengan menggunakan persamaan kinetika arrhenius.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik (Shimadzu tipe AUW 220), oven (Sanyo model MOV-212), desikator, kotak color meter sebagai wadah pembacaan colormeter, whiteness meter (MesuLab model WSB-X) untuk membaca nilai derajat putih beras, texture analyzer (Brookfield model CT3), jangka sorong, termokopel (Lutron tipe TM-946 dan Extech model SDL200), serta termohigrometer.

## Bahan

Bahan yang digunakan adalah beras giling dari petani lokal Yogyakarta dengan berbagai varietas yaitu Sintanur, Ciherang, dan IR 42 yang masing-masing memiliki kadar amilosa sebesar  $18,96 \pm 0,04\%$ ;  $23,32 \pm 0,07\%$  dan  $26,06 \pm 0,06\%$ . Beras dikumpulkan pada masa panen antara Juli hingga Agustus 2022. Kadar air awal beras adalah  $11,10 \pm 0,05\%$  wb untuk sintanur;  $10,61 \pm 0,01\%$  wb untuk ciherang; dan  $11,45 \pm 0,11\%$  wb untuk varietas IR 42.

## Prosedur Penelitian

Beras dianalisis untuk karakteristik awal menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 6128:2015 tentang Beras (BSN, 2015). Rancangan percobaan pada penelitian ini menggunakan 3 faktor, yaitu waktu penyimpanan (4 bulan), suhu ( $10^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$ , dan  $30^{\circ}\text{C}$ ), serta varietas (Sintanur, Ciherang, dan IR 42). Suhu penyimpanan  $10^{\circ}\text{C}$  diperoleh dari ruang lemari pendingin, suhu  $20^{\circ}\text{C}$  dari ruang ber-AC ( $2 \times 3 \text{ m}^2$ ), dan suhu  $30^{\circ}\text{C}$  dari ruang laboratorium. Parameter fisik dan parameter memasak dari beras diukur setiap minggu, meliputi kadar air, tingkat kecerahan, profil tekstur, dan rasio pemanjangan. Sementara itu, parameter kimia, yaitu kadar amilosa, diukur setiap 2 bulan sekali. Pengukuran parameter sampel berupa beras, yakni kadar air dan rasio pemanjangan (sampel butir beras). Sedangkan pengukuran parameter mutu memasak dilakukan pada bentuk beras, yaitu amilosa, rasio pemanjangan (sampel butir beras), dan profil tekstur. Proses memasak beras dimodifikasi oleh Oko, Ubi, & Dambaba (2012) dengan mencampur 60 gram beras dengan 200 mL air panas ( $98 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) dalam gelas piala 250 mL. Gelas piala tersebut

ditutup dengan aluminium foil untuk mengurangi penguapan air, kemudian diletakkan dalam water bath berisi air mendidih. Beras dimasak selama 100 menit, kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruang.

## Parameter Fisik

Pada beras yang disimpan, terdapat perubahan nilai parameter fisik selama periode tertentu. Parameter fisik yang diamati adalah:

### 1. Whiteness

Whiteness diukur menggunakan alat ukur keputihan yang telah dikalibrasi sebelum setiap pembacaan sampel. Pengambilan data dilakukan setiap minggu dengan 5 kali pengulangan.

### 2. Kadar Air

Kadar air bahan dasar basah diukur menggunakan metode standar AOAC (1999) dengan mengambil sekitar 5 gram sampel sebanyak 5 kali pengulangan pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam pengeringan. Kadar air, KA (dalam %wb) dihitung dari massa awal sampel ( $m_i$ ) dan massa akhir sampel ( $m_f$ ) sebagai berikut:

$$WC = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100\% \quad (1)$$

### 2.1. Profil Tekstur

Tekstur bahan diukur menggunakan metode yang dijelaskan oleh Hati, Karyadi, & Bintoro, (2023), modifikasi dari metode back extrusion oleh Reyes dan Jindal (1990). Bahan diuji sebanyak 3 kali dan suhu bahan sama dengan suhu ruang. Dari hasil pengukuran dianalisis parameter ekstrudabilitas. Penentuan parameter dalam uji profil tekstur merupakan metode yang diambil dari penelitian Sodhi, Singh, Arora, & Singh (2003).

## Parameter Kimia

Pengukuran amilosa menggunakan modifikasi metode Li et al. (2021). Untuk mengukur kadar amilosa, dimulai dengan menyiapkan 5 gram ( $\pm 0,1 \text{ mg}$ ) beras lalu dicampur dengan air suling dengan volume campuran 25 mL dalam tabung 50 mL. Selanjutnya tabung digoyang pada 160 rpm di water bath selama 1 jam pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$ . Jika diasumsikan bahan telah

tercampur merata, air suling ditambahkan kembali hingga volume larutan menjadi 50 mL. Sampel dikocok sebanyak 5 kali lalu disentrifugasi pada 7741 x g selama 30 menit. Sebanyak 5 mL supernatan diambil dari tabung untuk dimasukkan ke tabung lain yang berisi 4 mL air deionisasi; larutan iodin 2 g/L; dan 0,5 mL HCl 0,1 mol/L. Selanjutnya air deionisasi ditambahkan kembali hingga volume total menjadi 50 mL. Campuran yang diperoleh diaduk hingga rata kemudian didiamkan selama 15 menit. Setelah itu, absorbansi sampel diukur menggunakan spektroskopi pada panjang gelombang 620 nm. Cairan air deionisasi digunakan sebagai kontrol.

## Parameter Mutu Masak

### 1. Rasio Elongasi

Pengukuran rasio elongasi dilakukan dengan metode Juliano (1979) dengan mengambil 10 butir beras mentah kemudian diukur panjang butir berasnya. Rasio antara panjang butir beras dengan butir beras menunjukkan rasio elongasi bahan tersebut.

### Persamaan Arrhenius

Persamaan Arrhenius dapat dilihat pada persamaan (2):

$$k = A \cdot e^{\left( \frac{-E_a}{RT} \right)} \quad (2)$$

Dimana :

A : faktor frekuensi tumbukan

Ea : energi aktivasi (J/mol)

R : konstanta gas (8,314 J/Kmol.K)

T : temperatur ruang penyimpanan (K)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kinetika Arrhenius dan pemodelan perubahan kadar air (%db)

Selama penyimpanan, perubahan kadar air bahan dianalisis dengan kinetika orde untuk menentukan konstanta perubahan. Berdasarkan analisis, diketahui bahwa kadar air bahan mengikuti orde 1. Nilai konstanta perubahan kadar air (%/minggu) dapat dilihat pada Tabel 1. Pada Tabel 1, diketahui bahwa laju kenaikan tertinggi pada suhu 20° C terdapat pada beras dengan kadar amilosa sedang (ciherang) yaitu sebesar 0,0183%/minggu.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Park et al (2012), penyimpanan pada suhu rendah 20°C (di bawah suhu ruang normal) dengan waktu penyimpanan singkat direkomendasikan karena dapat mempertahankan kualitas bahan. Hal ini disebabkan karena saat disimpan pada suhu 20°C, kualitas bahan, khususnya kadar airnya, berubah lebih sedikit dibandingkan ketika disimpan pada suhu tinggi maupun suhu di bawah suhu ruang lainnya.

Namun, beras yang disimpan pada suhu 10°C mengalami penurunan kadar air. Hal ini dikarenakan kelembapan di dalam ruangan rendah sehingga kadar air pada bahan menguap ke lingkungan dan hal ini tidak diharapkan karena menyebabkan kerugian. Oleh karena itu, pengaturan kelembapan yang tepat diperlukan pada penelitian selanjutnya.

Selain analisis kinetika orde, pemodelan Arrhenius juga dilakukan pada data yang diperoleh selama penyimpanan. Pemodelan Arrhenius dapat digunakan untuk menunjukkan interaksi antara perubahan kadar air dan suhu ruang penyimpanan yang telah ditentukan. Dalam pemodelan Arrhenius, nilai faktor frekuensi tumbukan (A) dan energi aktivasi (Ea) dapat diketahui. Untuk mendapatkan nilai tersebut, dimulai dengan membuat grafik  $\ln k$  vs  $1/T$ , lalu dari grafik yang dibuat persamaan  $y=ax+b$  kemudian diolah untuk memperoleh nilai A dan Ea untuk setiap variasi perlakuan. Setelah menganalisis hasil grafik  $\ln k$  vs  $1/T$ , didapatkan nilai faktor frekuensi tumbukan dan energi aktivasi kadar air yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa nilai Ea terendah dialami oleh beras varietas Ciherang dengan nilai 68843,25 kJ/mol; diikuti oleh beras Sintanur dan IR 42, yaitu masing-masing sebesar 115564,60 kJ/mol dan 285369,74 kJ/mol. Semakin rendah nilai Ea menunjukkan bahwa energi yang dibutuhkan untuk mencapai reaksi degradasi kualitas semakin kecil. Dari nilai Ea dan A, dapat dibuat persamaan kinetika prediksi kadar air (%db). Nilai prediksi kadar air dihitung dan dibandingkan dengan nilai hasil pengamatan selama proses penyimpanan serta dapat ditentukan nilai korelasinya ( $R^2$ ).

## Kinetika Arrhenius dan pemodelan perubahan tingkat kecerahan

Ditemukan bahwa selama penyimpanan, perubahan tingkat kecerahan mengikuti orde 2. Nilai konstanta perubahan kecerahan ( $\text{minggu}^{-1}$ ) dapat dilihat pada Tabel 1. Tanda negatif pada konstanta menunjukkan bahwa perubahan tersebut menurun sehingga selama penyimpanan, nilai kecerahan menurun. Dari tabel ini diketahui bahwa nilai konstanta tertinggi terjadi pada sampel beras yang disimpan pada suhu tinggi, yaitu  $30^{\circ}\text{C}$ . Perubahan konstanta kecerahan tertinggi pada beras di suhu  $30^{\circ}\text{C}$  terjadi pada beras ciherang sebesar  $0,0202/\text{minggu}$ ; diikuti oleh beras IR 42 sebesar  $0,01/\text{minggu}$  dan sintanur sebesar  $0,0099/\text{minggu}$ .

Hal ini juga dialami oleh Park et al (2012). Diketahui bahwa penurunan nilai

kecerahan disebabkan oleh terjadinya oksidasi lemak pada bahan. Suhu ruang penyimpanan yang tinggi dapat mempercepat oksidasi lemak. Hal ini dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh Liu, Li, Chen, & Yong (2017), dari penelitian tersebut diketahui bahwa bahan yang disimpan pada suhu  $35^{\circ}\text{C}$  memiliki nilai asam lemak bebas yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan yang disimpan pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  dan  $15^{\circ}\text{C}$ . Berdasarkan Tabel 2, nilai energi aktivasi terbesar diperoleh pada varietas beras Ciherang, yaitu  $-17684,71\text{ kJ/mol}$  diikuti oleh Sintanur dan IR 42. Nilai energi aktivasi negatif menunjukkan bahwa reaksi kimia terjadi tanpa hambatan. Bahan melepaskan panas sehingga energi dalam sistem berkurang.

**Tabel 1.** Nilai Konstanta Perubahan Parameter Selama Penyimpanan

Varieties	suhu	k				
		Kadar air (%/minggu)	whiteness (minggu $^{-1}$ )	Kadar amilosa (%/minggu)	Rasio elongasi (minggu $^{-1}$ )	extrudability (g/minggu)
Sintanur	30	-0,0024	-0,0099	-0,0105	-0,0348	0,0174
	20	0,0064	-0,0052	-0,0089	-0,0332	0,0108
	10	-0,0604	-0,0058	-0,0072	-0,0333	0,0140
Ciherang	30	0,0071	-0,0202	-0,0088	-0,0064	-0,0084
	20	0,0183	-0,0101	-0,0077	-0,0066	-0,0122
	10	-0,0489	-0,0153	-0,0064	-0,0064	-0,0082
IR 42	30	0,0000	-0,0100	-0,0077	-0,0240	0,0003
	20	0,0100	-0,0088	-0,0073	-0,0221	-0,0028
	10	-0,0627	-0,0046	-0,0063	-0,0264	0,0048

## Kinetika dan pemodelan Arrhenius terhadap perubahan ekstudabilitas

Kinetika perubahan nilai akhir ekstudabilitas beras dapat dilihat pada Tabel 1. Diketahui bahwa kinetika ekstudabilitas mengikuti kinetika orde 1, dengan nilai konstanta tertinggi terjadi pada beras sintanur yang disimpan pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$ , yaitu  $0,0174\text{ g/mm.minggu}$ . Pemodelan Arrhenius dilakukan terhadap ekstudabilitas karena terdapat variasi suhu yang diberikan. Nilai A, Ea, persamaan kinetika ekstudabilitas, dan koefisien korelasi ( $R^2$ ) dapat dilihat pada Tabel 2. Dari tabel tersebut diketahui bahwa nilai energi aktivasi untuk beras sintanur dan

ciherang bernilai negatif, hal ini bisa saja terjadi karena kinetika ekstudabilitas menurun seiring meningkatnya suhu ruang penyimpanan, sedangkan untuk beras IR 42 nilainya positif karena nilai kinetika meningkat seiring dengan naiknya suhu ruang penyimpanan.

Ekstudabilitas meningkat pada varietas sintanur yang disimpan pada semua suhu dan IR 42 pada suhu  $10^{\circ}\text{C}$ . Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sodhi et al (2003) karena, pada beras basmati dan sharbati, ditemukan adanya peningkatan sebesar 102,00% dan 97,75%. Sementara itu, peningkatan ekstudabilitas pada varietas

sintanur adalah sebesar 29,31% pada suhu 30°C; 19,91% pada 20°C, dan 44,09% pada 10°C. Peningkatan yang diamati dalam penelitian Sodhi et al (2003) lebih besar dibandingkan data yang diperoleh selama penelitian ini, hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan varietas dan lama waktu penyimpanan.

### Kinetika Arrhenius dan pemodelan perubahan elongasi

Data tentang perubahan nilai rasio elongasi dianalisis dan diketahui bahwa persamaan orde terdekat adalah persamaan orde ke-2. Data mengenai nilai konstanta dapat dilihat pada Tabel 1. Dari tabel tersebut, diketahui bahwa varietas sintanur memiliki nilai konstanta yang lebih besar pada suhu yang lebih tinggi. Jadi, terdapat pengaruh suhu terhadap perubahan beras Sintanur selama penyimpanan, yaitu sebesar 0,0348/minggu. Nilai konstanta tertinggi diperoleh pada beras sintanur yang

disimpan pada suhu 30 °C. Berdasarkan Golam & Prodhan (2013) diketahui bahwa retakan terjadi pada butir beras yang disimpan pada suhu tinggi. Munculnya retakan internal tersebut dapat memengaruhi pemanjangan butir nasi saat dimasak.

Nilai A dan Ea dapat ditemukan dalam persamaan Arrhenius. Faktor frekuensi tumbukan dan energi aktivasi rasio elongasi dapat dilihat pada Tabel 2. Dari tabel tersebut, diketahui bahwa varietas beras IR 42 memiliki nilai energi aktivitas tertinggi, yaitu 3505,10 kJ/mol, sedangkan yang terendah terjadi pada varietas beras Sintanur sebesar -1551,23 kJ/mol. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan rasio elongasi pada beras sintanur sangat mudah terjadi, sedangkan beras IR 42 memerlukan sejumlah energi tertentu sehingga perubahannya lebih rendah dibandingkan beras sintanur.

**Tabel 2.** Nilai konstanta laju reaksi (k) dan evaluasi persamaan prediksi perubahan sifat fisik, kimia dan pemasakan beras selama penyimpanan

Parameter	Varietas	Ea (kJ/mol)	A	Persamaan Arrhenius	R <sup>2</sup>
Kadar air	Sintanur	115564.60	2.40 x 10 <sup>-23</sup>	$k_{KA(wb)pred} = 2,40 \cdot 10^{-23} e^{115564,60 \frac{1}{T}}$	0.9933
	Ciherang	68843.25	9.79 x 10 <sup>-15</sup>	$k_{KA(wb)pred} = 9,79 \cdot 10^{-15} e^{68843,25 \frac{1}{T}}$	1.0000
	IR 42	285369.74	3.00 x 10 <sup>-54</sup>	$k_{KA(wb)pred} = 3,00 \cdot 10^{-54} e^{285369,74 \frac{1}{T}}$	0.9819
whiteness	Sintanur	-24442.33	4.57	$k_{whiteness pred} = 4,57 \cdot e^{-24442,33 \frac{1}{T}}$	0.8145
	Ciherang	-17684.71	0.44	$k_{whiteness pred} = 0,44 \cdot e^{-17684,71 \frac{1}{T}}$	0.4799
	IR 42	-25004.36	4.57	$k_{whiteness pred} = 4,57 \cdot e^{-25004,36 \frac{1}{T}}$	0.6773
Kadar amilosa	Sintanur	-13476.16	2.22	$k_{amylose pred} = 2,22 \cdot e^{-13476,16 \frac{1}{T}}$	0.9973
	Ciherang	-11379.37	0.81	$k_{amylose pred} = 0,81 \cdot e^{-11379,37 \frac{1}{T}}$	0.9945
	IR 42	-7195.77	0.14	$k_{amylose pred} = 0,14 \cdot e^{-7195,77 \frac{1}{T}}$	0.9379
Rasio Elongasi	Sintanur	-1551.23	6.38 x 10 <sup>-2</sup>	$k_{Elongation pred} = 6,38 \cdot 10^{-2} e^{-1551,23 \frac{1}{T}}$	0.6878
	Ciherang	-24.96	6.53 x 10 <sup>-3</sup>	$k_{Elongation pred} = 6,53 \cdot 10^{-3} e^{-24,96 \frac{1}{T}}$	0.0004
	IR 42	3505.10	5.71 x 10 <sup>-3</sup>	$k_{Elongation pred} = 5,71 \cdot 10^{-3} e^{3505,10 \frac{1}{T}}$	0.3418
extrudability	Sintanur	-7456.16	2.95 x 10 <sup>-1</sup>	$k_{extrudability pred} = 2,95 \cdot 10^{-1} \cdot e^{-7456,16 \frac{1}{T}}$	0.2746
	Ciherang	-1172.02	1.53 x 10 <sup>-2</sup>	$k_{extrudability pred} = 1,53 \cdot 10^{-2} \cdot e^{-1172,02 \frac{1}{T}}$	0.0035
	IR 42	98204.97	4.89 x 10 <sup>-21</sup>	$k_{extrudability pred} = 4,89 \cdot 10^{-21} \cdot e^{98204,97 \frac{1}{T}}$	0.8422

### Kinetika Arrhenius dan pemodelan perubahan kadar amilosa

Kinetika data perubahan kadar amilosa selama penyimpanan dianalisis dan ditemukan bahwa orde yang sesuai dengan perubahan tersebut adalah orde 1. Data kinetika amilosa dapat

dilihat pada Table 1. Dari tabel tersebut diketahui bahwa semua nilai konstanta bersifat negatif, hal ini disebabkan oleh penurunan kadar selama penyimpanan. Nilai konstanta tertinggi diperoleh pada beras sintanur yang

disimpan pada suhu 30 °C, yaitu sebesar 0,0105 %/minggu.

Diketahui bahwa kandungan amilosa pada bahan mengalami penurunan. Hal ini karena amilosa digunakan sebagai sumber energi untuk metabolisme selama penyimpanan (Abeywarda, Navaratne, Wickramasinghe, & Ekanayake, 2017). Enzim amilase tetap aktif selama penyimpanan beras meskipun aktivitasnya menurun seiring waktu. Bagian dalam endosperma memiliki suhu lebih tinggi dan merupakan kondisi yang ideal bagi aktivitas enzim amilase dan enzim hidrolitik lainnya. Oleh karena itu, kadar amilosa akan menurun selama penyimpanan (Patindol, Wang, & Jane, 2005). Proses hidrolisis terjadi pada rantai amilosa. Hidrolisis melibatkan air yang akan memutus ikatan amilosa menjadi gugus hidroksil. Hidrolisis pati dapat dilakukan melalui proses kimiawi atau enzimatis. Proses hidrolisis kimiawi biasanya menggunakan pemanasan pati dalam kehadiran air atau asam klorida encer (Egharevba, 2020).

Dari Table 2 diketahui bahwa nilai Ea bersifat negatif, hal ini dikarenakan nilai k menurun seiring dengan peningkatan suhu ruang penyimpanan. Nilai Ea terbesar terjadi pada varietas santanur dengan nilai sebesar 13.476,16 kJ/mol. Nilai R2 yang diperoleh dari persamaan Arrhenius untuk perubahan kadar amilosa memiliki nilai yang cukup tinggi, yaitu sekitar 0,9. Hal ini menunjukkan bahwa pemodelan Arrhenius cocok untuk menjelaskan perubahan kadar amilosa selama penyimpanan.

## KESIMPULAN

Selama 4 bulan penyimpanan, parameter fisik, kimia, dan memasak mengalami perubahan. Dengan menggunakan pemodelan kinetika dan persamaan Arrhenius, ditemukan bahwa peningkatan kadar air tertinggi terjadi pada varietas Ciherang yang disimpan pada suhu 20°C, yaitu sebesar 0,0183%/minggu. Untuk tingkat kecerahan, varietas Ciherang yang disimpan pada suhu 30°C mengalami penurunan tertinggi sebesar 0,0202/minggu. Penurunan konstan juga terjadi pada kadar amilosa dan rasio pemanjangan pada bahan yang disimpan pada suhu 30°C dan varietas

Santanur. Penurunan konstan kadar amilosa adalah sebesar 0,0105%/minggu dan 0,0348/minggu untuk parameter rasio pemanjangan. Sementara itu, parameter ekstrudabilitas Santanur mengalami peningkatan sebesar 0,0174g/minggu pada suhu 30°C. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penyimpanan beras pada suhu tinggi menyebabkan penurunan kualitas fisik, kimia, dan memasak yang signifikan. Oleh karena itu, penyimpanan pada suhu rendah disarankan untuk menjaga kualitas beras.

## DAFTAR PUSTAKA

Abeywarda, A., Navaratne, S., Wickramasinghe, I., & Ekanayake, D. (2017). Determination of Changes of Amylose and Amylopectin Content of Paddy during Early Storage. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 6(1), 2094–2097. doi:10.21275/art20164500

AOAC. (1999). *Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*.

Bhattacharya, K. R. (2011). *Rice quality : A Guide to Rice Properties and Analysis*. United Kingdom: Woodhead Publishing Limited.

BSN. (2015). SNI 6128:2015 tentang Beras. Indonesia.

Egharevba, O. H. (2020). Chemical Properties of Starch and Its Application in the Food Industry. In *Chemical Properties of Starch*. IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.87777

Faostat. (2021). FAOSTAT Rice production. Retrieved from <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

Faruq, G., Prodhan, Z. H., & Nezhadahmadi, A. (2015). Effects of ageing on selected cooking quality parameters of rice. *International Journal of Food Properties*, 18(4), 922–933. doi:10.1080/10942912.2014.913062

Golam, F., & Prodhan, Z. H. (2013). Kernel elongation in rice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(3), 449–456. doi:10.1002/jsfa.5983

Hati, F. I. P., Karyadi, J. N. W., & Bintoro, N. (2023). Statistical Analysis of Changes in Physical and Chemical Parameters and Cooking Quality of Rice with a Combination of Temperature Treatment and Amylose Content During Storage. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 12(3), 777. doi:10.23960/jtep-1.v12i3.777-794

Juliano, B. O. (1979). *THE CHEMICAL BASIS OF RICE GRAIN QUALITY*. In *CHEMICAL ASPECTS OF RICE GRAIN QUALITY* (pp. 69–90).

Jumali, Kusbiantoro, B., & Handoko, D. D. (2021). *Changes in the quality of some improved rice grain varieties during storage*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 828). IOP Publishing Ltd. doi:10.1088/1755-1315/828/1/012021

Li, Y., Li, Y., Chen, Z., Bu, L., Shi, F., & Huang, J. (2021). High-temperature air fluidization improves cooking and eating quality and storage stability of brown rice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 67(June 2020), 102536. doi:10.1016/j.ifset.2020.102536

Liu, K., Li, Y., Chen, F., & Yong, F. (2017). Lipid oxidation of brown rice stored at different temperatures. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 188–195. doi:10.1111/ijfs.13265

Oko, A. O., Ubi, B. E., & Dambaba, N. (2012). Rice Cooking Quality and Physico-Chemical Characteristics: a Comparative Analysis of Selected Local and Newly Introduced Rice Varieties in Ebonyi State, Nigeria. *Food and Public Health*, 2(1), 43–49. doi:10.5923/j.fph.20120201.09

Park, C. E., Kim, Y. S., Park, K. J., & Kim, B. K. (2012). Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. *Journal of Stored Products Research*, 48, 25–29. doi:10.1016/j.jspr.2011.08.005

Parnsakhorn, S., & Noomhorm, A. (2012). Effects of Storage Temperature on Physical and Chemical Properties of Brown Rice, Parboiled Brown Rice and Parboiled Paddy. *Www.Thaiagj.Org Thai Journal of Agricultural Science*, 2012(4), 221–231. Retrieved from [www.thaiagj.org](http://www.thaiagj.org)

Patindol, J., Wang, Y. J., & Jane, J. L. (2005). Structure-functionality changes in starch following rough rice storage. *Starch/Staerke*, 57(5), 197–207. doi:10.1002/star.200400367

REYES, V. G., & JINDAL, V. K. (1990). A Small Sample Back Extrusion Test for Measuring Texture of Cooked-Rice. *Journal of Food Quality*, 13(2), 109–118. doi:10.1111/j.1745-4557.1990.tb00011.x

Sodhi, N. S., Singh, N., Arora, M., & Singh, J. (2003). Changes in physico-chemical, thermal, cooking and textural properties of rice during aging. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27(5), 387–400. doi:10.1111/j.1745-4549.2003.tb00525.x

Teo, C. H., Karim, A. A., Cheah, P. B., Norziah, M. H., & Seow, C. C. (2000). On the roles of protein and starch in the aging of non-waxy rice flour. *Food Chemistry*, 69, 229–236. Retrieved from [www.elsevier.com/locate/foodchem](http://www.elsevier.com/locate/foodchem)

USDA. (2019, April 1). FoodData Central rice cooked. Retrieved 1 August 2022, from <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168878/nutrients>