

PENGARUH SUHU DAN LAMA PENYIMPANAN TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKA BERAS KOMERSIAL DENGAN KELAS MUTU BERBEDA

Ratna Dwi Cahyani¹⁾, dan Mutiara Ulfah¹⁾

¹⁾Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

E-mail korespondensi : Ratnacahyani179@gmail.com

ABSTRAK

Beras adalah komoditas pangan utama dan yang menjadi fokus utama dari produsen adalah penyimpanannya dari distributor hingga konsumen. Selama penyimpanan, kualitas beras dapat mengalami penurunan akibat perubahan fisik, biologis, dan kimia yang disebabkan oleh faktor di antaranya suhu, kelembapan, dan lama penyimpanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh suhu dan waktu penyimpanan terhadap karakteristik fisika beras komersial dengan mutu premium, medium, dan submedium. Beras dikondisikan selama penyimpanan pada suhu 10°C, 24°C dan 45°C selama 8 minggu. Pengamatan dilakukan seminggu sekali yang meliputi kadar air, kadar patahan dan menir, nilai *whiteness*, *transparency* dan *milling degree*, serta butir kuning. Data penelitian diolah menggunakan Anova dua faktor dan uji lanjut Duncan untuk hasil yang signifikan. Hasil statistik menunjukkan suhu dan waktu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap kadar air, nilai *whiteness*, *transparency* dan *milling degree* serta butir kuning. Parameter kadar patahan dan menir tidak mengalami perubahan yang signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, suhu dan waktu penyimpanan berpengaruh terhadap kualitas beras. Penyimpanan pada suhu 24°C mampu mempertahankan karakteristik fisika beras lebih baik dibanding suhu 10°C dan 45°C selama periode penyimpanan.

Kata kunci: Beras, kelas mutu, sifat fisika, suhu penyimpanan, waktu penyimpanan

1. PENDAHULUAN

Beras (*Oryza sativa L.*) merupakan salah satu makanan pokok sebagian besar negara di dunia. *Food and Agriculture Organization* (FAO) tahun 2024 mencatat sebanyak 546,6 juta ton diproduksi di seluruh dunia dengan dominasi utama di negara Asia (FAO, 2024). Indonesia sendiri merupakan produsen terkemuka ke-4 dengan jumlah produksi pada tahun 2024 mencapai 30,64 juta ton dengan konsumsi sebanyak 1,52 kg per kapita per minggu (BPS, 2026). Jumlah konsumsi yang tinggi ini dikarenakan beras merupakan sumber karbohidrat (kalori) dan protein. Analisis proksimat menunjukkan per 100 gram beras sosoh dengan kandungan kadar air 14% memiliki 77-89% karbohidrat dan 6,3-7,1% protein (Juliano & Tũaño, 2018). Oleh karena itu, beras ini merupakan komoditas pertanian yang sangat melimpah.

Kelimpahan beras di Indonesia tersebut adalah karena padi dapat tumbuh di berbagai daerah dan mudah menyesuaikan diri dengan kondisi iklim. Mudahnya adaptasi ini, menjadikan beras memiliki banyak varietas. Sepanjang tahun 2024, Indonesia memiliki 531 varietas beras/padi, yaitu terdiri dari 107 varietas hibrida dan 416 varietas nonhibrida (BRIN, 2024). Varietas tersebut yaitu Setra Ramos (IR 64), Ciherang, Rojolele, Sintanur, Pandanwangi, Mentikwangi, dan sebagainya. Berbagai varietas memiliki karakteristik tersendiri dari segi fisika, kimia ataupun kualitas masak. Kebanyakan beras giling (*Milled Rice*) yang telah terdistribusi di masyarakat dalam bentuk kemasan memiliki kandungan berbagai varietas, sehingga karakteristik fisikokimianya bercampur. Karakteristik fisikokimia dalam beras di

antaranya adalah tingkat keputihan (*Whiteness*), kadar air, kadar patahan, derajat sosoh, kadar amilosa, rasio elongasi, dan masih banyak yang lain (Hati dkk., 2023; Park dkk., 2012). Parameter ini dijadikan acuan untuk menentukan kualitas beras yang tercantum dalam SNI-6128 mengenai beras. Regulasi beras di Indonesia diatur oleh dua lembaga, yaitu SNI dan Badan Pangan Nasional (Bapanas). Menurut SNI, kualitas beras kemasan dikategorikan menjadi tiga, yaitu beras premium, medium 1, dan medium 2 (BSN, 2015). Hal serupa diklasifikasikan oleh Bapanas menjadi kategori premium, medium, sub-medium, dan pecah (BAPANAS, 2023).

Ratnawati dkk. (2013) melakukan penelitian perubahan kualitas beras selama penyimpanan menggunakan beras jenis A (SNI Mutu III), jenis B (SNI Mutu IV) dan jenis C (di luar kategori SNI) mengacu pada SNI 6128:2008. Penelitian dilakukan pada kondisi penyimpanan 29-32°C dan kelembapan 65-95% RH selama 2 bulan. Hasil penelitian menunjukkan kualitas beras mengalami penurunan, yaitu kadar air mengalami kenaikan 1,2-1,4%, *penyerapan air* menurun, butir menir meningkat 0,6-0,7%, butir kepala menurun 3,2-6,3%, butir patah meningkat 2,6-3,6%, butir kuning meningkat dan kutu beras meningkat. Park dkk. (2012) melakukan penelitian perubahan karakteristik fisika dalam varietas beras japonica yang dikemas dalam plastik polietilena (PE) 5 kg selama penyimpanan 4 bulan dalam variasi suhu penyimpanan (4°C, 20°C, 30°C, dan 40°C). Kadar air beras dengan suhu penyimpanan (30°C dan 40°C) menurun di bawah 15.5% selama 1 bulan penyimpanan, sedangkan pada suhu 4°C dengan penurunan kadar air yang sama pada waktu simpan 3 bulan, dan suhu 20°C waktu simpan 2 bulan. Indeks keputihan bulir tahan pada suhu rendah, sebaliknya nilai retensi rendah pada suhu tinggi. Hal serupa juga diteliti oleh Hati dkk. (2023) untuk varietas beras lokal yaitu Sintanur, Ciherang dan IR 42 dengan kondisi penyimpanan pada suhu (10°C, 20°C dan 30°C) selama 4 bulan. Kadar air mengalami penurunan pada suhu simpan 10°C dengan persentase sebesar 64,16% (dari 11,45% menjadi 4,10%) untuk varietas IR 42 dan terendah pada suhu simpan 20°C dengan persentase penurunan sebesar 2,18% (dari 10,61% menjadi 10,38%) untuk varietas Ciherang. *Whiteness*/keputihan beras mengalami penurunan pada suhu yang lebih tinggi, dengan penurunan terendah pada IR 42 di suhu 10°C. Kadar amilosa mengalami penurunan. Semakin tinggi suhu penyimpanan, semakin besar penurunan kadar amilosa. Penurunan terendah pada beras IR 42 pada suhu 10°C. Hasil menunjukkan bahwa, suhu penyimpanan dan lama waktu memberikan efek pada karakteristik beras.

Karakteristik mutu beras tidak hanya mempengaruhi tingkat penerimaan konsumen, tetapi juga nilai ekonomi penduduk serta daya saing antarindustri dalam perdagangan beras. Menurut Custodio dkk. (2019), konsumen dan pelaku industri umumnya menilai mutu berdasarkan atribut fisik seperti warna, keseragaman butir, serta persentase beras kepala karena berkaitan dengan penampilan dan kualitas beras yang diterima oleh konsumen. Oleh karena itu, informasi mengenai perubahan mutu selama penyimpanan penting bagi pelaku industri, distributor maupun pengecer untuk menentukan kondisi penyimpanan sehingga penurunan kualitas beras dapat diminimalkan. Penelitian tentang perubahan beras selama penyimpanan telah banyak dilakukan, namun penelitian tersebut banyak berfokus pada varietas beras. Sementara itu, beras yang beredar di pasar mengandung komposisi berbagai varietas dan diperdagangkan berdasarkan kelas mutu, yaitu premium, medium dan submedium. Oleh karena keterbatasan tersebut, pengujian karakteristik fisika sampel beras komersial pada berbagai kelas mutu terhadap suhu dan waktu penyimpanan dilakukan. Penelitian dilakukan dengan hipotesis bahwa suhu dan waktu penyimpanan memengaruhi karakteristik fisika beras komersial pada berbagai kelas mutu. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan kualitas fisika beras premium, medium, dan submedium selama penyimpanan pada berbagai suhu dan waktu serta mengidentifikasi kondisi penyimpanan yang mampu mempertahankan kualitas beras secara optimal.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini di antaranya botol timbang, gelas beaker 100 mL (Iwaki CTE33, Indonesia), labu ukur 100mL (Iwaki CTE33, Indonesia), spatula, loyang hitam putih, pinset, desikator (Normax, Portugal), neraca analitik QUINTIX3102 (Sartorius Lab Instruments GmbH & Co. KG, Germany), oven (Memert), hygrometer (Extech, USA), test sieve (1.4 mm, Retsch, Germany), rice grader (TWL05C(3)-T, Satake Engineering Co., Ltd., Thailand), Milling Meter (MM1D, Satake, Japan).

Bahan yang digunakan pada penelitian ini di antaranya beras premium (merek X), beras medium (merek Y), beras submedium (merek Z), plastik polipropilen (PP).

2.2 Preparasi Sampel, Penyimpanan dan Pengujian

Sampel beras didapatkan dari pasar tradisional di daerah Mojokerto, yaitu semua sampel diproduksi pada bulan Desember 2025. Sampel dilakukan pengkondisian terlebih dahulu untuk parameter kadar patahan sesuai spesifikasi beras premium, medium dan sub-medium sesuai SNI-6128 dan BAPANAS dan kemudian dilakukan pengemasan kembali menggunakan plastik polipropilen (PP) kuantitas 2,5 kg sebanyak 1 pcs per mutu beras dengan kadar patahan 13% (premium), 20% (medium) dan 36% (sub-medium) (Graham-Acquaah dkk., 2020; Park dkk., 2012). Sampel disimpan selama 2 bulan pada suhu penyimpanan 10°C (Rh 51-61%), 24°C (Rh 42-59%) dan 45°C (Rh 15-19%). Pengujian sampel dilakukan setiap satu minggu. Pada setiap interval pengujian, sampel diambil dari kemasan, kemudian kemasan disegel kembali setelah pengambilan dan disimpan kembali pada kondisi penyimpanan yang telah ditetapkan.

2.3 Kadar Air

Penentuan kadar air dilakukan dengan metode gravimetri yang merujuk pada SNI 6128:2020 yang mengacu pada AOAC *official method* 925.10 dengan menimbang 5 gram sampel dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105 °C selama 3 jam atau sampai berat konstan (BSN, 2020; Helrich, 1990). Setelah pengovenan selesai sampel dikeringkan ke dalam desikator (Normax, Portugal) selama 1 jam dan dilakukan penimbangan. Pengukuran kadar air dilakukan secara duplo. Perhitungan kadar air beras sebagai % fraksi massa yaitu:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{B - C}{B - A} \times 100\%$$

Keterangan :

A = berat cawan; B = berat beras dan cawan sebelum oven; C = berat beras dan cawan setelah oven

2.4 Kadar Patahan, Menir dan Butir Kuning

Pengukuran kadar patahan dilakukan dengan mengacu pada SNI 6128:2020 (BSN, 2020) dengan menimbang 100 gram sampel menggunakan neraca analitik QUINTIX3102 (Sartorius Lab Instruments GmbH & Co. KG, Germany) dan dipisahkan menggunakan *rice grader* (TWL05C(3)-T, Satake Engineering Co., Ltd., Thailand). Kadar menir dilakukan pemisahan menggunakan *test sieve* 1,4 mm (Retsch, Germany). Pengamatan butir kuning dilakukan secara visual dengan bantuan nampan pilah berwarna hitam putih dan pinset. Butir yang teridentifikasi dipisahkan dan ditimbang. Pengujian kadar patahan, menir, dan butir kuning dilakukan secara triplo.

2.5 Warna dan Mutu Visual Beras

Warna dan mutu visual pada beras diukur menggunakan *Milling Meter* (MM1D, Satake, Japan) yang telah diverifikasi sebelumnya (Indrasari dkk., 2022). Verifikasi dilakukan sebelum pembacaan sampel. Pengukuran dilakukan dengan memasukkan beras ke dalam sampel pan,

dan pembacaan dilakukan sebanyak tiga kali dan dirata-rata. Setiap perlakuan dianalisis dalam tiga kali ulangan.

2.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis menggunakan metode statistik untuk parameter kadar air, kadar patahan dan menir, warna dan mutu visual *whiteness*, *transparency* dan *milling degree* serta butir kuning untuk mengetahui pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap kualitas beras. Data hasil pengamatan ditabulasi dan dianalisis menggunakan Microsoft Excel. Analisis yang dilakukan menggunakan analisis variasi dua arah (Two-Way ANOVA) untuk mengetahui pengaruh suhu penyimpanan, lama penyimpanan, serta interaksi keduanya terhadap setiap parameter pengamatan. Keputusan diambil berdasarkan nilai signifikansi (*p-value*) dan nilai F pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Jika nilai $p < 0,05$ dan $F_{hitung} > F_{tabel}$, perlakuan tersebut berpengaruh secara signifikan, begitu juga sebaliknya. Apabila diperoleh hasil signifikan, dilakukan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) menggunakan IBM SPSS Statistics pada taraf signifikansi 5% (Bewick dkk., 2004). Data hasil penelitian juga disajikan dalam bentuk tabel dan grafik agar lebih mudah dalam menginterpretasikan perubahan kualitas beras selama penyimpanan. Grafik dibuat menggunakan software OriginPro.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan yang sudah dilakukan dituangkan dalam beberapa tabel dan grafik. Kondisi beras premium, medium dan submedium ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Kondisi beras Premium, Medium dan Submedium sebelum diberi perlakuan

No.	Parameter	Tingkat Mutu Beras		
		Premium	Medium	Submedium
1	Kadar air (%)	12,37	12,84	12,85
2	Kadar Patahan (%)	13,2	20,27	36,54
3	Butir Menir (%)	0,00	1,07	2,10
4	<i>Whiteness</i> (%)	45,8	45,7	44,9
5	<i>Transparency</i> (%)	2,81	2,74	2,67
6	<i>Milling Degree</i>	122	122	117
7	Butir kuning	0,00	0,03	0,02

Tabel 2. Ringkasan hasil analisis ANOVA terhadap parameter mutu beras yang diuji secara statistik

Parameter	Premium			Medium			Submedium		
	W	S	W x S	W	S	W x S	W	S	W x S
Kadar air	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Kadar patahan	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kadar menir	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Whiteness</i>	-	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Transparency</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Milling Degree</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Butir kuning	*	*	*	*	*	*	*	*	*

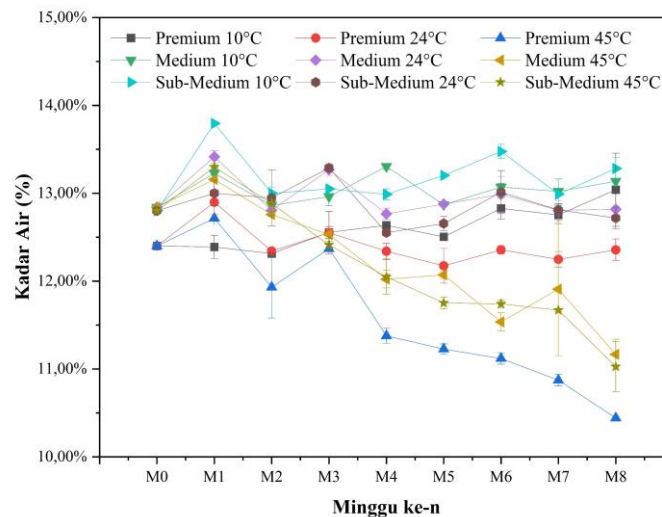
Keterangan:

S = Suhu Penyimpanan; W = Waktu penyimpanan; W x S = Interaksi suhu dan waktu;

* = berpengaruh nyata; - = tidak berpengaruh nyata

3.1 Kadar Air

Kadar air merupakan parameter yang menunjukkan jumlah/rasio air yang terkandung dalam suatu objek atau bahan, seperti tanah, batu, komoditas pertanian, dan berbagai material lainnya (Prasetyo dkk., 2020). Oleh karena itu, kadar air beras dapat didefinisikan sebagai jumlah/rasio air yang terkandung dalam butir beras dan dapat menentukan karakteristik dari beras. Pada penelitian ini, kadar air beras premium, medium dan sub medium diamati selama penyimpanan pada suhu 10°C, 24°C, dan 45°C selama 8 minggu. Perubahan kadar air pada beberapa kondisi penyimpanan ditampilkan pada **Gambar 1**. Kadar air beras menunjukkan pola yang berbeda terhadap suhu penyimpanan. Pada penyimpanan suhu 10°C menunjukkan pola yang meningkat, suhu 24°C menunjukkan pola yang relatif stabil, sedangkan pada suhu 45°C menunjukkan pola yang menurun. Berdasarkan hasil Anova dua arah, suhu penyimpanan, waktu penyimpanan dan interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap kadar air semua kategori beras ($p < 0,05$) sehingga dilakukan uji lanjut Duncan. Hasil uji lanjut Duncan pada **Tabel 3** menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu 45°C minggu ke-8 menghasilkan kadar air terendah pada beras premium, medium dan submedium.



Gambar 1. Perubahan kadar air beras Premium, Medium dan Submedium selama penyimpanan

Kadar air awal beras premium, medium dan sub-medium tercatat sebesar 12,37%, 12,84% dan 12,85% ditampilkan pada **Tabel 1**. Pada perlakuan suhu 10°C semua kategori beras mengalami peningkatan, yaitu peningkatan tertinggi mencapai 13,04%, 13,40% dan 13,48% masing-masing. Dalam kasus penyimpanan pada suhu rendah/dingin, peningkatan kadar air dikarenakan oleh faktor kelembapan pada saat penyimpanan yang tercatat sebesar 51-61% RH. Kelembapan yang tinggi ini memungkinkan terjadinya pertukaran udara antara lingkungan penyimpanan ke dalam material dalam kemasan. Pertukaran ini difasilitasi oleh material kemasan yang digunakan yaitu plastik polipropilen (PP). Penelitian yang dilakukan oleh Hasbullah dkk. (2018), permeabilitas plastik polipropilen terhadap gas CO₂ berbanding lurus dengan suhu sebesar 44,9 dan 185,7 mL·mm²/m²·hari.atm pada suhu 10°C dan 25°C. Semakin tinggi nilai permeabilitas, semakin mudah fluida dapat melewati pori-pori atau celah pada kemasan plastik polipropilen. Hal serupa diteliti oleh Hati dkk. (2023), penyimpanan beras IR-42 pada suhu 10°C mengalami penurunan kadar air sebesar 64,16% dikarenakan kelembapan penyimpanan rendah sebesar 23±3,3% RH. AN dkk. (2018) juga membuktikan bahwa kadar air pada beras yang disimpan meningkat menjadi 17,2% dan 16,9% pada suhu 35 °C dan kelembapan relatif 80%, serta pada suhu 30 °C dan kelembapan relatif 70%, masing-masing setelah 75 hari penyimpanan.

Kondisi kelembapan lingkungan yang tinggi menyebabkan perpindahan uap air dari lingkungan ke dalam kemasan hingga mencapai titik keseimbangan antara kadar air beras dengan lingkungan penyimpanan. Peningkatan kadar air juga disebabkan oleh porositas dari beras. Penelitian yang dilakukan oleh Sandra dkk. (2020) membuktikan properti fisik varietas beras Gajah Arum, yaitu peningkatan kadar air mengakibatkan penurunan porositas beras, begitu juga sebaliknya. Penelitian pada suhu 24°C menunjukkan hampir semua kategori beras mengalami kestabilan nilai kadar air. Di sisi lain, pada suhu 45°C didapat kadar air berbanding terbalik dengan suhu 10°C karena RH yang rendah (15-19%). Nilai kadar air pada minggu ke-8 tercapai sebesar 10.44%, 11.17% dan 11.03% secara berturut-turut pada beras premium, medium dan submedium. Kecenderungan penurunan ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Park dkk. (2012). Hasil serupa didapatkan oleh Jumali dkk. (2021) menunjukkan kecenderungan kadar air dari berbagai varietas selama 6 bulan penyimpanan mengalami penurunan, namun tidak signifikan dengan rata-rata penurunan sebesar 0,73%.

Tabel 3. Kadar air beras Premium, Medium dan Submedium selama penyimpanan pada berbagai suhu berdasarkan hasil uji DMRT 5%.

Minggu	Premium			Medium			Submedium		
	10°C	24 °C	45°C	10°C	24 °C	45°C	10°C	24 °C	45°C
M1	12,39± 0,13 ^{ef}	12,50± 0,14 ^{efg}	12,30± 0,00 ^{ef}	12,75± 0,07 ^{de}	12,95± 0,07 ^{def}	12,70± 0,00 ^{de}	12,90± 0,00 ^{efghi}	13,00± 0,14 ^{ghij}	13,00± 0,01 ^{ghij}
M2	12,41± 0,13 ^{ef}	12,34± 0,00 ^{ef}	11,93± 0,35 ^d	12,86± 0,11 ^{def}	12,80± 0,04 ^{de}	12,76± 0,01 ^{de}	13,00± 0,07 ^{hij}	12,95± 0,32 ^{fghi}	12,88± 0,09 ^{efgh}
M3	12,55± 0,07 ^{fg}	12,55± 0,24 ^{fg}	12,37± 0,01 ^{ef}	12,96± 0,10 ^{def}	12,95± 0,07 ^{def}	12,53± 0,05 ^d	13,05± 0,01 ^{hij}	13,00± 0,00 ^{ghij}	12,41± 0,04 ^d
M4	12,64± 0,00 ^{fg}	12,34± 0,09 ^{ef}	11,38± 0,09 ^c	13,31± 0,03 ^{fg}	12,77± 0,07 ^{de}	12,02± 0,1 ^c	12,99± 0,06 ^{fghi}	12,55± 0,00 ^{de}	12,05± 0,20 ^c
M5	12,50± 0,03 ^{ef}	12,17± 0,20 ^{de}	11,23± 0,06 ^c	13,10± 0,00 ^{efg}	12,88± 0,02 ^{def}	12,07± 0,04 ^c	13,20± 0,01 ^{ijk}	12,66± 0,08 ^{def}	11,75± 0,07 ^b
M6	12,83± 0,12 ^{gh}	12,36± 0,05 ^{ef}	11,12± 0,07 ^{bc}	13,07± 0,04 ^{efg}	12,99± 0,20 ^{def}	11,54± 0,1 ^b	13,48± 0,08 ^k	13,01± 0,25 ^{ghij}	11,74± 0,04 ^b
M7	12,75± 0,10 ^{gh}	12,25± 0,09 ^{def}	10,87± 0,07 ^b	13,30± 0,14 ^{fg}	12,81± 0,11 ^{de}	11,91± 0,76 ^c	13,40± 0,00 ^k	12,81± 0,07 ^{efgh}	11,67± 0,02 ^b
M8	13,04± 0,42 ^h	12,36± 0,12 ^{ef}	10,44± 0,01 ^a	13,40± 0,00 ^g	12,82± 0,01 ^{de}	11,17± 0,17 ^a	13,28± 0,12 ^{jk}	12,72± 0,12 ^{defg}	11,03± 0,29 ^a

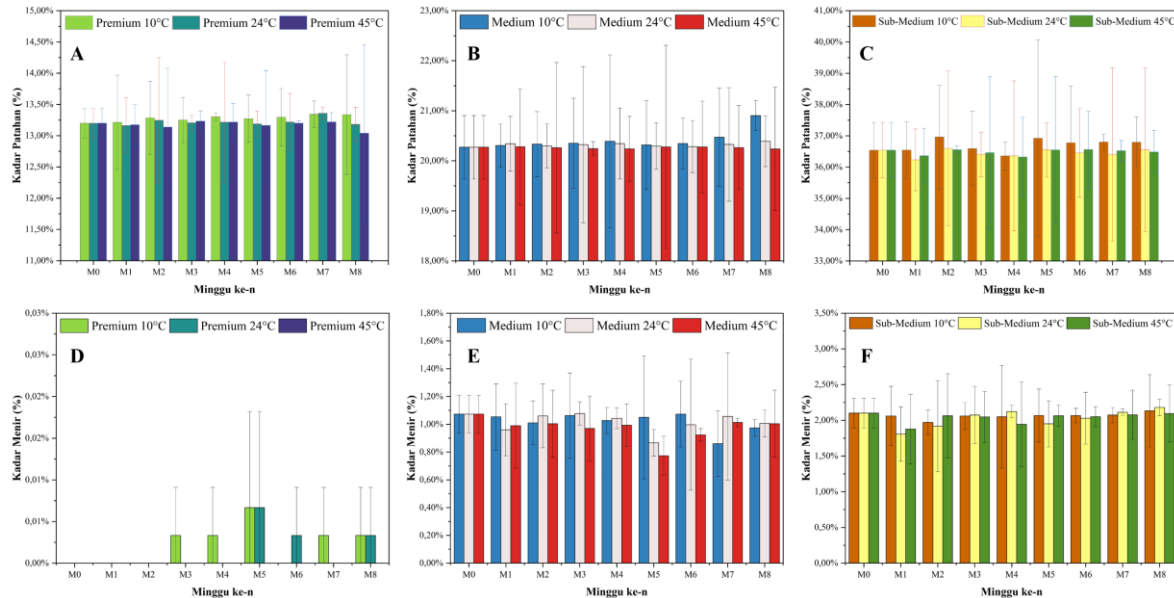
Keterangan: Data disajikan sebagai nilai rata-rata ± standar deviasi. Huruf superskrip yang sama pada masing-masing kategori beras menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5% ($\alpha = 0,05$)

3.2 Kadar Patahan dan Menir

Pada penelitian ini juga diamati perubahan kadar patahan dan menir selama penyimpanan yang ditampilkan pada **Gambar 2**. Berdasarkan hasil Anova, suhu penyimpanan, waktu penyimpanan dan interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap kadar patahan dan menir. Meskipun demikian, terlihat adanya kecenderungan kenaikan ataupun penurunan selama penyimpanan. Peningkatan ataupun penurunan tersebut relatif kecil sehingga tidak cukup besar untuk menghasilkan perbedaan yang signifikan secara statistik.

Kecenderungan peningkatan kadar patahan dan menir pada suhu 10°C diduga berkaitan dengan kadar air. Kadar air yang tinggi menyebabkan beras menjadi lebih rentan mengalami kerusakan mekanis. Kerusakan mekanis dapat disebabkan oleh kontak dengan instrumentasi pengujian, sehingga terjadi perubahan dari butir kepala (*head rice*) menjadi butir patahan (*broken rice*), dan berlanjut menjadi butir menir. Kadar patahan dan menir diamati stabil pada suhu 24°C dan menurun pada suhu 45°C. Penurunan pada suhu 45°C masih berada pada kisaran nilai awal sehingga perubahan tidak cukup besar atau signifikan secara statistik. Penelitian yang

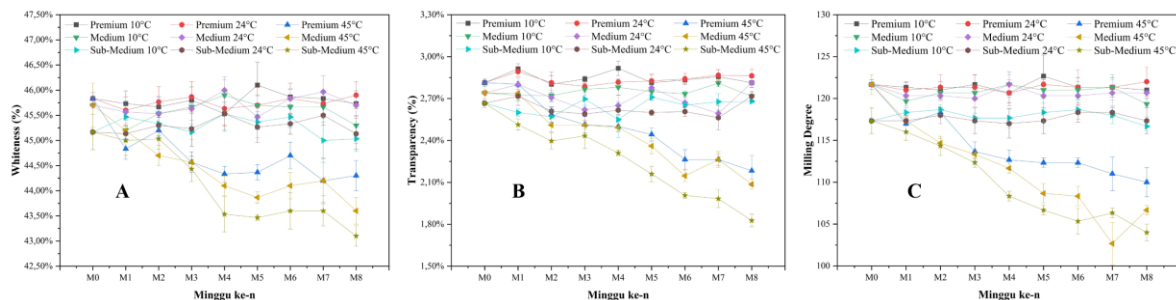
dilakukan oleh Jumali dkk. (2021) pada berbagai varietas beras juga menunjukkan kecenderungan peningkatan kadar patahan selama 6 bulan penyimpanan. Pada penelitian ini, lama penyimpanan hanya berlangsung selama 2 bulan sehingga belum cukup menghasilkan kadar patahan atau menir yang cukup signifikan yang dapat dibuktikan secara statistik. Jumali dkk. (2021) juga menambahkan bahwa kadar patahan dan butir menir sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya proses/teknik pengeringan, kadar air, dan juga proses penggilingan.



Gambar 2. Perubahan (A-C) kadar patahan dan (E-G) kadar menir pada beras Premium, Medium dan Submedium selama penyimpanan

3.3 Warna dan Mutu Visual Beras

Perubahan parameter warna dan mutu visual beras selama penyimpanan melalui nilai *whiteness*, *transparency* dan *milling degree* ditampilkan pada **Gambar 3**. Berdasarkan hasil Anova, suhu penyimpanan, waktu penyimpanan dan interaksi keduanya berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap parameter warna dan mutu visual beras yang meliputi *whiteness*, *transparency* dan *milling degree* sehingga dilakukan uji lanjut Duncan untuk mengetahui perbedaan perlakuan. Hasil uji lanjut Duncan pada **Tabel 4-5** menunjukkan bahwa ketiga parameter mengalami perubahan yang serupa. Penurunan paling besar terdapat pada penyimpanan suhu 45°C baik pada beras premium, medium ataupun submedium. Sebaliknya, penyimpanan pada suhu 10°C dan 24°C perubahan yang terjadi relatif kecil sehingga kualitas warna dan mutu visual beras dapat terjaga selama 8 minggu penyimpanan.



Gambar 3. Perubahan nilai (a) *Whiteness*, (b) *Transparency* dan (c) *Milling Degree* pada beras Premium, Medium dan Submedium selama penyimpanan

Penurunan ketiga parameter mengindikasikan adanya perubahan karakteristik fisik butir beras selama penyimpanan. Semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu penyimpanan, perubahan yang terjadi semakin besar. Kondisi ini menyebabkan kemampuan butir beras saat memantulkan ataupun meneruskan cahaya berkurang sehingga nilai *whiteness*, *transparency* dan *milling degree* juga mengalami penurunan. Park dkk. (2012) dalam penelitiannya juga menghasilkan penurunan nilai *whiteness* pada semua suhu penyimpanan (4°C, 20°C, 30°C dan 40°C) selama 4 bulan penyimpanan pada varietas beras Japonica. Penurunan terbesar terdapat pada beras yang disimpan pada suhu 40°C, sedangkan suhu yang rendah menunjukkan perubahan yang lebih kecil. Penelitian serupa dilakukan oleh Hati dkk. (2023) yang menghasilkan kecenderungan penurunan nilai *whiteness* pada varietas beras Sintanur, Ciherang, dan IR-42 pada suhu 30°C selama 16 minggu penyimpanan berturut-turut 14,17%, 21,80% dan 11,16%. Pada penelitian ini, penurunan nilai yang diamati memiliki kecenderungan yang sama untuk suhu tinggi (45°C). Dari data tersebut, diketahui bahwa waktu dan lama penyimpanan mempengaruhi nilai warna dan mutu visual beras, yaitu *whiteness*, *transparency* dan *milling degree*. Semakin lama dan semakin tinggi suhu penyimpanan, nilai fisiknya juga menurun (Millati dkk., 2021). Menurut Park dkk. (2012), warna beras berubah dari putih krem menjadi lebih kuning selama penyimpanan. Peningkatan tingkat kekuningan ini diakibatkan oleh oksidasi lipid dan reaksi Maillard yang berlangsung lebih cepat pada suhu tinggi. Oleh karena itu, penurunan nilai *whiteness*, *transparency* dan *milling degree* yang diamati pada penelitian ini diduga berkaitan dengan terbentuknya butir kuning selama penyimpanan.

Tabel 4. Nilai *Whiteness* beras Premium, Medium dan Submedium selama penyimpanan pada berbagai suhu berdasarkan hasil uji DMRT 5%

Minggu	Premium			Medium			Submedium		
	10°C	24 °C	45°C	10°C	24 °C	45°C	10°C	24 °C	45°C
M1	45,73± 0,25 ^e	45,60± 0,26 ^{efg}	44,83± 0,21 ^e	45,20± 0,20 ^e	45,57± 0,15 ^{efg}	45,20± 0,10 ^e	45,47± 0,31 ^d	45,13± 0,15 ^d	45,00± 0,30 ^d
M2	45,67± 0,21 ^{efg}	45,77± 0,31 ^{efg}	45,20± 0,30 ^d	45,53± 0,25 ^{efg}	45,53± 0,32 ^{efg}	44,70± 0,20 ^d	45,33± 0,25 ^d	45,30± 0,20 ^d	45,03± 0,21 ^d
M3	45,80± 0,26 ^{efg}	45,87± 0,31 ^{efg}	44,57± 0,21 ^{cd}	45,67± 0,06 ^{efg}	45,63± 0,23 ^{efg}	44,57± 0,12 ^{cd}	45,17± 0,15 ^d	45,23± 0,35 ^d	44,43± 0,25 ^c
M4	45,53± 0,23 ^{fg}	45,63± 0,35 ^g	44,33± 0,15 ^b	45,90± 0,30 ^{fg}	46,00± 0,26 ^g	44,10± 0,20 ^b	45,53± 0,35 ^d	45,53± 0,32 ^d	43,53± 0,35 ^{ab}
M5	46,10± 0,46 ^{efg}	45,70± 0,36 ^{ef}	44,37± 0,15 ^{ab}	45,70± 0,20 ^{efg}	45,47± 0,42 ^{ef}	43,87± 0,12 ^{ab}	45,37± 0,15 ^d	45,27± 0,31 ^d	43,47± 0,06 ^{ab}
M6	45,87± 0,15 ^{efg}	45,83± 0,31 ^{fg}	44,70± 0,26 ^b	45,67± 0,15 ^{efg}	45,83± 0,21 ^{fg}	44,10± 0,26 ^b	45,47± 0,21 ^d	45,33± 0,21 ^d	43,60± 0,36 ^b
M7	45,83± 0,15 ^{efg}	45,73± 0,25 ^{fg}	44,20± 0,44 ^b	45,67± 0,31 ^{efg}	45,97± 0,32 ^{fg}	44,20± 0,46 ^b	45,00± 0,44 ^d	45,50± 0,20 ^d	43,60± 0,30 ^b
M8	45,73± 0,25 ^e	45,90± 0,26 ^{efg}	44,30± 0,30 ^a	45,30± 0,36 ^c	45,70± 0,20 ^{efg}	43,60± 0,26 ^a	45,03± 0,25 ^d	45,13± 0,31 ^d	43,10± 0,20 ^a

Keterangan: Data disajikan sebagai nilai rata-rata ± standar deviasi. Huruf superskrip yang sama pada masing-masing kategori beras menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5% ($\alpha = 0,05$)

Tabel 5. Nilai *Transparency* beras Premium, Medium dan Submedium selama penyimpanan pada berbagai suhu berdasarkan hasil uji DMRT 5%

Minggu	Premium			Medium			Submedium		
	10°C	24 °C	45°C	10°C	24 °C	45°C	10°C	24 °C	45°C
M1	2,91± 0,04 ^f	2,89± 0,04 ^{ef}	2,80± 0,02 ^{de}	2,72± 0,04 ^{ghijk}	2,80± 0,05 ^{ijk}	2,74± 0,05 ^{ghijk}	2,60± 0,03 ^{ghijk}	2,72± 0,07 ^m	2,51± 0,04 ^{fg}
M2	2,80± 0,06 ^{de}	2,81± 0,08 ^{de}	2,59± 0,06 ^c	2,72± 0,04 ^{ghij}	2,71± 0,03 ^{gh}	2,51± 0,05 ^d	2,57± 0,05 ^{ghi}	2,61± 0,03 ^{ghijk}	2,40± 0,06 ^e
M3	2,84± 0,02 ^{def}	2,79± 0,03 ^d	2,51± 0,06 ^{bc}	2,77± 0,04 ^{hijk}	2,62± 0,08 ^e	2,51± 0,03 ^d	2,70± 0,05 ^{klm}	2,59± 0,02 ^{ghij}	2,43± 0,09 ^e
M4	2,92± 0,05 ^f	2,82± 0,03 ^{de}	2,50± 0,04 ^b	2,78± 0,06 ^{hijk}	2,65± 0,07 ^{ef}	2,49± 0,02 ^d	2,55± 0,13 ^{gh}	2,62± 0,03 ^{hijkl}	2,31± 0,02 ^d
M5	2,81± 0,02 ^{de}	2,83± 0,05 ^{def}	2,44± 0,05 ^b	2,75± 0,05 ^{ghijk}	2,78± 0,09 ^{hijk}	2,36± 0,06 ^c	2,71± 0,02 ^{lm}	2,60± 0,02 ^{ghijk}	2,16± 0,06 ^c
M6	2,83± 0,03 ^{def}	2,84± 0,04 ^{def}	2,26± 0,07 ^a	2,73± 0,02 ^{ghijk}	2,67± 0,04 ^{efg}	2,15± 0,04 ^a	2,65± 0,02 ^{ijklm}	2,61± 0,04 ^{ghijk}	2,01± 0,02 ^b
M7	2,86± 0,05 ^{def}	2,87± 0,04 ^{def}	2,26± 0,04 ^a	2,81± 0,03 ^{jk}	2,59± 0,02 ^e	2,26± 0,06 ^b	2,68± 0,06 ^{iklm}	2,56± 0,09 ^{ghi}	1,98± 0,06 ^b
M8	2,81± 0,04 ^{de}	2,86± 0,05 ^{def}	2,18± 0,11 ^a	2,72± 0,03 ^{ghi}	2,81± 0,03 ^k	2,09± 0,04 ^a	2,68± 0,01 ^{iklm}	2,72± 0,04 ^m	1,83± 0,05 ^a

Keterangan: Data disajikan sebagai nilai rata-rata ± standar deviasi. Huruf superskrip yang sama pada masing-masing kategori beras menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5% ($\alpha = 0,05$)

Tabel 6. Nilai *Milling Degree* beras Premium, Medium dan Submedium selama penyimpanan pada berbagai suhu berdasarkan hasil uji DMRT 5%

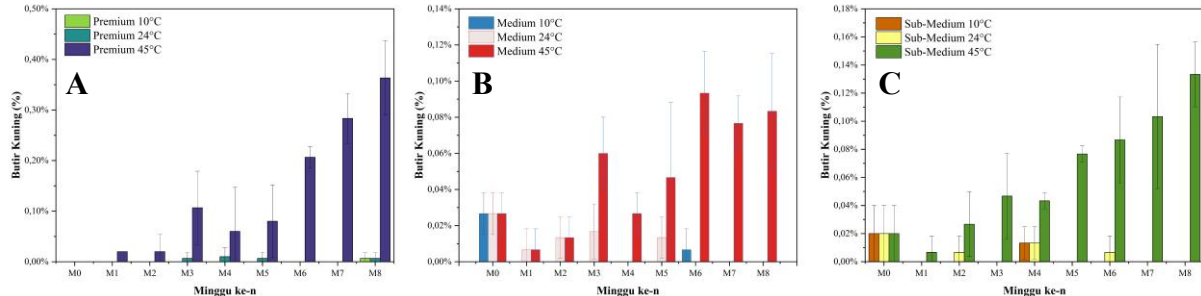
Minggu	Premium			Medium			Submedium		
	10°C	24 °C	45°C	10°C	24 °C	45°C	10°C	24 °C	45°C
M1	121,33± 0,58 ^e	121,00± 1,00 ^e	117,00± 1,00 ^d	119,67± 0,58 ^{fg}	120,33± 0,58 ^{fg}	117,33± 0,58 ^e	118,33± 0,58 ^g	117,33± 0,58 ^{fg}	116,00± 1,00 ^{ef}
M2	121,00± 1,00 ^e	121,33± 1,53 ^e	118,33± 0,58 ^d	120,67± 0,58 ^{fg}	120,33± 0,58 ^{fg}	114,67± 0,58 ^d	118,67± 0,58 ^g	118,00± 1,00 ^{fg}	114,33± 1,15 ^e
M3	121,67± 1,15 ^e	121,33± 1,53 ^e	113,67± 1,15 ^c	120,67± 0,58 ^{fg}	120,00± 1,00 ^{fg}	113,33± 0,58 ^{cd}	117,67± 0,58 ^{fg}	117,33± 1,53 ^{fg}	112,33± 0,58 ^d
M4	120,67± 1,15 ^e	120,67± 1,53 ^e	112,67± 1,15 ^{bc}	121,67± 1,53 ^g	121,67± 1,15 ^g	111,67± 0,58 ^c	117,67± 1,15 ^{fg}	117,00± 1,73 ^{fg}	108,33± 0,58 ^c
M5	122,67± 2,52 ^e	121,67± 0,58 ^e	112,33± 0,58 ^{abc}	121,00± 1,00 ^{fg}	120,33± 2,08 ^{fg}	108,67± 1,15 ^b	118,33± 1,15 ^g	117,33± 1,53 ^{fg}	106,67± 0,58 ^{bc}
M6	121,33± 1,15 ^e	121,33± 2,08 ^e	112,33± 0,58 ^{abc}	121,00± 1,00 ^{fg}	120,33± 1,15 ^{fg}	108,33± 1,15 ^b	118,67± 1,15 ^g	118,33± 1,15 ^g	105,33± 1,53 ^{ab}
M7	121,33± 1,15 ^e	121,33± 1,53 ^e	111,00± 2,00 ^{ab}	121,33± 1,53 ^{fg}	120,67± 1,53 ^{fg}	102,67± 2,52 ^a	118,00± 1,00 ^{fg}	118,33± 0,58 ^g	106,33± 0,58 ^b
M8	121,00± 1,00 ^e	122,00± 1,73 ^e	110,00± 1,73 ^a	119,33± 1,53 ^f	120,67± 1,15 ^{fg}	106,67± 0,58 ^b	116,67± 0,58 ^{fg}	117,33± 1,53 ^{fg}	104,00± 1,00 ^a

Keterangan: Data disajikan sebagai nilai rata-rata ± standar deviasi. Huruf superskrip yang sama pada masing-masing kategori beras menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5% ($\alpha = 0,05$)

3.4 Kadar Butir Kuning

Kadar butir kuning pada penelitian ini menunjukkan perubahan yang signifikan baik pada beras premium, medium dan submedium yang dapat dilihat pada **Gambar 4**. Berdasarkan hasil Anova, suhu penyimpanan, waktu penyimpanan dan interaksi keduanya berpengaruh nyata ($p < 0,05$) sehingga dilakukan uji lanjut Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan seperti pada **Tabel 7**.

Sebelum dilakukan perlakuan penyimpanan, pada beras premium, medium dan sub-medium dilakukan pengamatan butir kuning. Pengamatan menunjukkan bahwa pada beras premium tidak didapatkan butir kuning, sedangkan pada beras medium dan sub-medium didapatkan kadar butir kuning masing-masing 0,03% dan 0,02%. Adanya butir kuning ini dapat disebabkan oleh pengeringan yang tidak sesuai, penyimpanan pada suhu tinggi, aktivitas air pada butir beras, ataupun jamur (Bryant dkk., 2013; Xiao dkk., 2020).



Gambar 4. Perubahan kadar butir kuning pada beras Premium, Medium dan Submedium selama penyimpanan

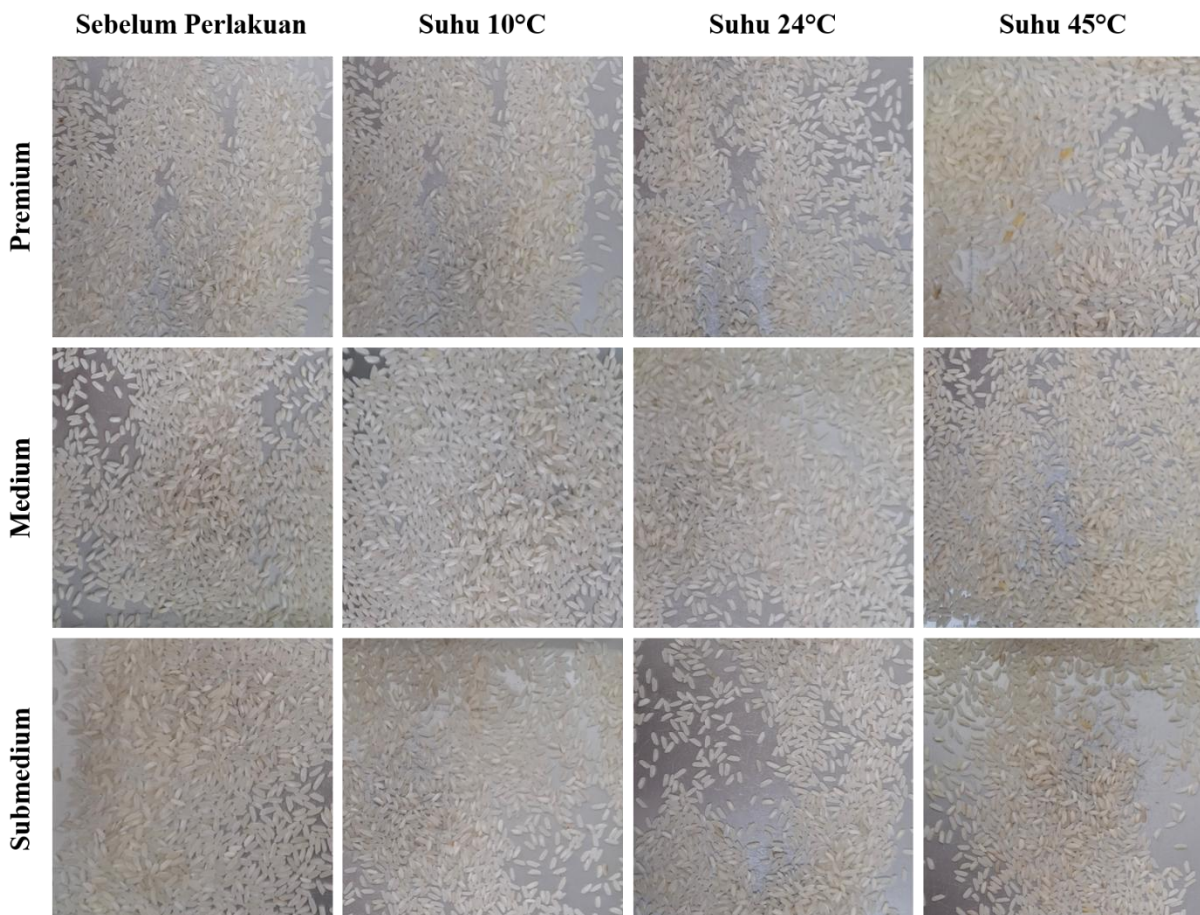
Peningkatan jumlah butir kuning selama penyimpanan dipengaruhi oleh kombinasi suhu dan waktu penyimpanan. Peningkatan butir kuning selama penyimpanan terlihat semakin nyata pada suhu 45°C, yaitu cenderung meningkat seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Penelitian yang dilakukan oleh AN dkk. (2018) mengamati perubahan fisika pada beras Kongyu 13 yang dikemas dalam kantong film polipropilen. Kondisi penyimpanan pada suhu 20°C (30-70% RH), 30°C (70% RH) dan 35°C (80% RH) dengan lama waktu penyimpanan selama 3 bulan. Hasil pengujian membuktikan bahwa semua suhu menunjukkan peningkatan nilai b, dan paling signifikan pada penyimpanan suhu 35°C. Nilai b ini mempresentasikan kekuningan dari butir beras. Semakin tinggi nilai b, maka semakin kuning butir beras. Hasil ini selaras dengan penelitian ini yang didapatkan peningkatan butir kuning pada penyimpanan suhu 45°C untuk semua kategori beras. Penguningan butir beras ini dominan disebabkan karena pada suhu tinggi terjadi migrasi air selama penyimpanan (J. Liu dkk., 2021; Y. Liu dkk., 2022).

Tabel 7. Kadar Butir Kuning beras Premium, Medium dan Submedium selama penyimpanan pada berbagai suhu berdasarkan hasil uji DMRT 5%

Minggu	Premium			Medium			Submedium		
	10°C	24 °C	45°C	10°C	24 °C	45°C	10°C	24 °C	45°C
M1	0,00± 0,00 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,02± 0,00 ^{ab}	0,00± 0,00 ^a	0,01± 0,01 ^a	0,01± 0,01 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,01± 0,01 ^a
M2	0,00± 0,00 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,02± 0,03 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,01± 0,01 ^a	0,01± 0,01 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,01± 0,01 ^a	0,03± 0,02 ^a
M3	0,00± 0,00 ^a	0,01± 0,01 ^a	0,11± 0,07 ^c	0,00± 0,00 ^a	0,02± 0,02 ^a	0,06± 0,02 ^b	0,00± 0,00 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,05± 0,03 ^a
M4	0,00± 0,00 ^a	0,01± 0,02 ^a	0,06± 0,09 ^{ab}	0,00± 0,00 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,03± 0,01 ^a	0,01± 0,01 ^a	0,01± 0,01 ^a	0,04± 0,01 ^a
M5	0,00± 0,00 ^a	0,01± 0,01 ^a	0,08± 0,07 ^{bc}	0,00± 0,00 ^a	0,01± 0,01 ^a	0,05± 0,04 ^b	0,00± 0,00 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,08± 0,01 ^b
M6	0,00± 0,00 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,21± 0,02 ^d	0,01± 0,01 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,09± 0,02 ^c	0,00± 0,00 ^a	0,01± 0,01 ^a	0,09± 0,03 ^b
M7	0,00± 0,00 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,28± 0,05 ^e	0,00± 0,00 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,08± 0,02 ^c	0,00± 0,00 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,10± 0,05 ^b
M8	0,01± 0,01 ^a	0,01± 0,01 ^a	0,36± 0,07 ^f	0,00± 0,00 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,08± 0,03 ^c	0,00± 0,00 ^a	0,00± 0,00 ^a	0,13± 0,02 ^b

Keterangan: Data disajikan sebagai nilai rata-rata $\pm$ standar deviasi. Huruf superskrip yang sama pada masing-masing kategori beras menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5% ($\alpha = 0,05$)

Meskipun seluruh kategori beras yang disimpan pada suhu 45°C mengalami peningkatan kadar kuning, besar peningkatan berbeda antara beras premium, medium dan submedium. Beras premium menunjukkan persentase tertinggi dibandingkan jenis beras lainnya. Hal ini menunjukkan masing-masing sampel memiliki respon yang berbeda terhadap kondisi penyimpanan. Akan tetapi faktor penyebab tidak dapat ditentukan secara pasti karena tidak ada informasi mengenai varietas beras. Perubahan visual kadar butir kuning beras premium, medium dan submedium sebelum penyimpanan dan setelah 8 minggu penyimpanan pada suhu 45°C dapat diamati pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Perubahan visual beras pada minggu ke-8

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengamatan perubahan sifat fisik beras komersial berbagai kelas mutu dengan variasi suhu dan waktu penyimpanan telah dilakukan. Selama penyimpanan, parameter fisik seperti kadar air dan parameter warna dan mutu visual seperti *whiteness*, *transparency* dan *milling degree* menurun seiring dengan kenaikan suhu. Sedangkan kadar butir kuning mengalami peningkatan. Kadar patahan dan kadar menir tidak didapatkan perubahan yang signifikan untuk seluruh kondisi penyimpanan. Kondisi yang disarankan untuk menjaga kualitas beras selama penyimpanan pada suhu 24°C (RH 42-59%) selama periode 2 bulan.

Adapun saran untuk penelitian berikutnya di antaranya perlu dilakukan penelitian mendalam mengenai komposisi varietas dari beras komersial, dilakukan pengujian morfologi untuk mengetahui perubahan permukaan beras selama kondisi penyimpanan, diperlukan penelitian

mengenai kajian sensori atau parameter masak untuk menunjang data penelitian, serta dilakukan interval penelitian yang lebih dari lama (lebih dari 2 bulan).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Terbuka atas dukungan dan kesempatan yang telah diberikan untuk melakukan penelitian hingga selesai. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada laboratorium pengujian yang telah memfasilitasi penelitian hingga selesai serta pihak-pihak yang terlibat atas segala bantuan teknis dan masukan dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- AN, Y., ZHOU, X., & ZHANG, Y. (2018). Changes in Physicochemical, Cooking and Sensory Characteristics of Rice Shifted from Low-temperature Storage. *Grain & Oil Science and Technology*, 1(1), 8–14. <https://doi.org/10.3724/sp.j.1447.gost.2018.18018>
- Bewick, V., Cheek, L., & Ball, J. (2004). Statistics review 9: One-way analysis of variance. *Critical Care*, 8(2), 130. <https://doi.org/10.1186/CC2836>
- BPS. (2026, Februari 18). *Rata-Rata Konsumsi per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan Penting, 2007-2025 - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Indonesia*. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/OTUwIzE=/rata-rata-konsumsi-per-kapita-seminggu-beberapa-macam-bahan-makanan-penting--2007-2023.html>
- BRIN. (2024, Agustus 1). *BRIN - BRIN Kembangkan Bibit Unggul Padi melalui Pemuliaan Tanaman dan Pemanfaatan Ragam Plasma Nuftah Padi*. <https://www.brin.go.id/news/119919/brin-kembangkan-bibit-unggul-padi-melalui-pemuliaan-tanaman-dan-pemanfaatan-ragam-plasma-nuftah-padi>
- Bryant, R. J., Yeater, K. M., & Belefant-Miller, H. (2013). The effect of induced yellowing on the physicochemical properties of specialty rice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(2), 271–275. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5751>
- BSN. (2015). *SNI 6128:2015 - Beras*. www.bsn.go.id
- BSN. (2020). *SNI-6128:2020 - Beras*. www.bsn.go.id
- Custodio, M. C., Cuevas, R. P., Ynion, J., Laborte, A. G., Velasco, M. L., & Demont, M. (2019). Rice quality: How is it defined by consumers, industry, food scientists, and geneticists? Dalam *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 92, hlm. 122–137). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.039>
- FAO. (2024). *Food Outlook – Biannual report on global food markets*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd1158en>
- Graham-Acquaah, S., Mauromoustakos, A., Cuevas, R. P., & Manful, J. T. (2020). Differences in physicochemical properties of commercial rice from urban markets in West Africa. *Journal of Food Science and Technology*, 57(4), 1505–1516. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04186-7>
- Hasbullah, R., Niam, A. G., Pujantoro, L., & Mardjan, S. (2018). Pengaruh Suhu Terhadap Permeabilitas Gas pada Plastik Film untuk Pengemasan Secara Atmosfir Termodifikasi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 7(3), 133. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v7i3.133-141>
- 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. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v12i3.777-794>

- Helrich, Kenneth. (1990). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. The Association.
- Indrasari, S. D., Apriyati, E., Purwaningsih, H., Ardhiyanti, S. D., Kusbiantoro, B., Wening, R. H., & Usyati, N. (2022). Physical, milling quality and physicochemical characteristics of local rice cultivars from South Kalimantan, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1024(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1024/1/012060>
- Juliano, B. O., & Tuanño, A. P. P. (2018). Gross structure and composition of the rice grain. Dalam *Rice: Chemistry and Technology* (hlm. 31–53). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811508-4.00002-2>
- Jumali, Kusbiantoro, B., & Handoko, D. D. (2021). Changes in the quality of some improved rice grain varieties during storage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 828(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/828/1/012021>
- Liu, J., Liu, Y., Wang, A., Dai, Z., Wang, R., Sun, H., Strappe, P., & Zhou, Z. (2021). Characteristics of moisture migration and volatile compounds of rice stored under various storage conditions. *Journal of Cereal Science*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103323>
- Liu, Y., Shad, Z. M., Strappe, P., Xu, L., Zhang, F., Chen, Y., & Li, D. (2022). A review on rice yellowing: Physicochemical properties, affecting factors, and mechanism. *Food Chemistry*, 370, 131265. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.131265>
- Millati, T., Pranoto, Y., Utami, T., & Bintoro, N. (2021). The effect of accelerated aging of rough rice with high-temperature storage on color and quality of milled rice. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 653(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012053>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.08.005>
- Peraturan Badan Pangan Nasional Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023 - Persyaratan Mutu dan Label Beras, Legislation 176 (2023). www.peraturan.go.id
- Prasetyo, T. F., Isdiana, F. A., & Sujadi, H. (2020). Measure Device of Water Content On Food Materials Based On Internet of Things. *International Journal of Information System & Technology Akreditasi*, 3(36), 234–245.
- Ratnawati, R., Djaeni, M., & Hartono, D. (2013). Perubahan Kualitas Beras Selama Penyimpanan (Change of Rice Quality During Storage). *JURNAL PANGAN*, 22(3), 199–208. <https://doi.org/10.33964/JP.V22I3.89>
- Sandra, Putri, R. E., Djoyowasito, G., & Wijaya, S. N. (2020). Effect of Moisture Content on Some Physical and Mechanical Properties of “Genjah Arum” Local Rice (*Oryza sativa* L) Variety in Banyuwangi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 515(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/515/1/012020>
- Xiao, Y., Shang, W., Liu, J., Sun, H., Strappe, P., & Zhou, Z. (2020). Analysis of the physiochemical properties of rice induced by postharvest yellowing during storage. *Food Chemistry*, 306, 125517. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2019.125517>