

Evaluasi Mutu Fisikokimia Beras Hasil Persilangan antara Empat Padi Varietas Unggul dan Padi Liar (*Oryza glaberrima* dan *O. rufipogon*)

(Physicochemical Quality Evaluation of Rice Derived from Crossbreeding between Four Superior Rice Varieties and Wild Rice (*Oryza glaberrima* dan *O. rufipogon*))

Siti Yuriyah, Oky Dwi Purwanto*, Higa Afza, Ahmad Dadang, Agus Masyuri, Rina Siti Galurina, Dwinita Wikan Utami

(Diterima Agustus 2023/Disetujui Mei 2024)

ABSTRAK

Mutu fisikokimia beras dievaluasi untuk memastikan bahwa beras layak dikonsumsi dan memenuhi standar mutu yang ditetapkan. Penelitian ini bertujuan menganalisis sifat fisikokimia beras galur padi hasil persilangan antara empat padi varietas unggul dan dua padi liar sehingga diperoleh genotipe yang sesuai untuk pengembangan beras bermutu. Penelitian dilaksanakan dari bulan November 2019 sampai Maret 2020 di Laboratorium Mutu, Kebun Percobaan Muara, Balai Besar Penelitian Padi, Bogor. Genotipe padi yang digunakan adalah 22 galur hasil persilangan antara padi varietas unggul (Ciherang, Inpari 13, Inpari 10, dan Situ Bagendit), dan padi liar (*Oryza glaberrima* dan *O. rufipogon*), empat varietas pembandingan tetua persilangan, dan dua varietas pembandingan uji organoleptik (Memberamo dan IR42). Mutu fisik dan kimia diamati dalam hal kadar air gabah, densitas gabah, rendemen beras pecah kulit, rendemen beras giling, rendemen beras kepala, panjang beras, bentuk beras, dan pengapuran beras, kadar amilosa, suhu gelatinisasi, dan organoleptik. Hasilnya menunjukkan bahwa galur 44-F-C21, 58-F-C21, dan 59-F-C21 memberikan mutu beras yang cukup baik dengan rendemen beras kepala di atas 80% dan lebih tinggi dibandingkan tetuanya masing-masing (Situ Bagendit dan Ciherang), serta kadar air di bawah 14%. Galur-galur ini memiliki karakter penciri, yaitu bentuk beras sedang, kadar amilosa 26,38%, dan skor alkali 2–3. Sebagian besar genotipe ini juga memperlihatkan suhu gelatinisasi tinggi, tekstur nasi sedang, dan rasa nasi gurih. Genotipe terpilih dari hasil persilangan antara padi varietas unggul dan padi liar berpotensi untuk dikembangkan karena ada perbaikan genetik dari tetuanya pada beberapa karakter fisikokimia beras.

Kata kunci: galur padi; kadar amilosa; padi liar; sifat fisikokimia; suhu gelatinisasi

ABSTRACT

The physicochemical quality of rice is evaluated to ensure that it is fit for consumption and meets established quality standards. This study aims to analyze the physicochemical properties of rice strains derived from crosses between four high-yielding varieties of rice and two wild rice so that the appropriate genotype is obtained for developing quality rice. The research was conducted from November 2019 to March 2020 at the Quality Laboratory, Muara Experimental Station, Indonesian Center for Rice Research, Bogor. The rice genotypes used were 22 strains resulting from crosses between high-yielding varieties of rice (Ciherang, Inpari 13, Inpari 10, and Situ Bagendit), and wild rice (*Oryza glaberrima* and *O. rufipogon*), four crossbred parental varieties, and two comparison varieties of organoleptic tests (Memberamo and IR42). Physical and chemical qualities were observed regarding grain moisture content, grain density, broken skin rice yield, milled rice yield, head rice yield, rice length, rice shape, rice liming, amylose content, gelatinization temperature, and organoleptic. The results showed that the strains 44-F-C21, 58-F-C21, and 59-F-C21 provided fairly good rice quality with head rice yields above 80% and higher than their respective elders (Situ Bagendit and Ciherang), and water content below 14%. These strains had characteristic characteristics: medium rice form, amylose content of 26.38%, and alkali score of 2–3. Most of these genotypes also exhibited high gelatinization temperatures, medium rice texture, and savory rice flavors. The genotype selected from the results of crosses between superior rice varieties and wild rice has the potential to be developed because there are genetic improvements from its elders on several physicochemical characteristics of rice.

Keywords: amylose content; gelatinization temperature; physicochemical properties; rice lines; wild rice

Pusat Riset Tanaman Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46, Cibinong, Bogor 16911

* Penulis Korespondensi: Email: oky001@brin.go.id

PENDAHULUAN

Beras mengandung karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan zat gizi lainnya yang dibutuhkan oleh tubuh (Fitriyah *et al.* 2020). Karakter mutu beras akan semakin

penting dalam penentuan harga beras di pasaran (Sun *et al.* 2011; Rachmat *et al.* 2016). Preferensi konsumen beras akan mempertimbangkan mutu beras yang dipengaruhi oleh faktor subjektif, lokasi, suku bangsa atau etnis, lingkungan, pendidikan, status sosial ekonomi, jenis pekerjaan, dan tingkat pendapatan. Preferensi konsumen ini meliputi karakter fisikokimia, antara lain: ukuran, bentuk, tekstur, cita rasa, dan warna yang akan menentukan harga beras (Soerjandoko 2010). Konsumen di beberapa daerah memiliki preferensi berbeda berdasarkan karakteristik fisikokimia beras seperti menyukai beras giling dengan persentase beras kepala tinggi, aroma wangi, tekstur nasi pulen atau pera. Karakter fisikokimia ditentukan oleh kadar amilosa, konsistensi gel, dan kadar protein (Lestari *et al.* 2009; Tian *et al.* 2009). Karakter mutu beras ialah mutu gabah, mutu giling, mutu tampilan, mutu tanak beras, dan mutu nutrisi (Bao 2014). Banyaknya varietas padi unggul yang telah dilepas memiliki keragaman sifat dan mutu beras. Beberapa padi varietas unggul juga memiliki keunggulan dalam hal produksi dan sifat toleran terhadap cekaman biotik maupun abiotik. Penggunaan padi liar seperti *Oryza glaberrima* dan *O. rufipogon* sebagai materi genetik dalam pemuliaan tanaman diharapkan dapat mengatasi kendala produksi dan meningkatkan mutu fisikokimia beras melalui perakitan varietas (Abdullah 2006).

Mutu beras yang baik sangat penting untuk memenuhi kebutuhan pangan masyarakat dan meningkatkan daya saing produk beras di pasar global. Rendemen beras putih yang baik adalah 68–73% dari varietas unggul dan dari varietas lokal 67–71% (Irwansyah & Armani 2017). Beras kepala merupakan komponen mutu fisik beras yang secara langsung memengaruhi tingkat penerimaan konsumen. Mutu fisikokimia beras sangat penting dievaluasi untuk memastikan bahwa beras memenuhi standar yang diperlukan untuk dikonsumsi. Evaluasi ini bertujuan menentukan mutu beras yang dihasilkan dari galur-galur padi dan memastikan beras yang dihasilkan memenuhi standar mutu yang ditetapkan. Mutu fisikokimia beras dianalisis dari beberapa parameter fisikokimia, yakni kadar air, warna, bentuk, dan tekstur butir beras, serta kandungan nutrisi dan senyawa bioaktifnya.

Mutu beras dapat beragam bergantung pada sejumlah faktor, seperti genetik, kondisi lingkungan, panen, pascapanen, dan teknologi penggilingan (Kalsum *et al.* 2020; Kumar *et al.* 2016). Faktor lingkungan seperti perubahan iklim, kelangkaan air, dan polusi, serta praktik pertanian yang buruk (Yang & Wang 2019) dan fasilitas penyimpanan yang tidak memadai dapat berdampak pada mutu beras (Septianingrum & Kusbiantoro 2017). Selain itu, faktor yang dapat memengaruhi mutu beras adalah varietas padi yang digunakan. Mutu fisikokimia beras dapat berbeda-beda pada setiap varietas padi yang ditanam. Karakteristik fisikokimia beras terutama

ditentukan oleh genotipe dan hanya sedikit dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Chairunnisak *et al.* 2021; Han *et al.* 2021). Berbagai varietas padi memiliki karakteristik fisikokimia yang berbeda sehingga mutu fisikokimia beras perlu dievaluasi untuk mengetahui mutu beras yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisikokimia beras beberapa genotipe padi hasil persilangan antara padi varietas unggul dan padi liar. Evaluasi mutu fisikokimia beras ini dapat memberikan informasi penting untuk proses seleksi dalam program pemuliaan tanaman sehingga dapat diperoleh genotipe padi yang sesuai untuk pengembangan beras bermutu.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dari bulan November 2019 sampai Maret 2020. Sifat fisikokimia beras diuji di Laboratorium Mutu, Kebun Percobaan Muara, Balai Besar Penelitian Padi (BB Padi), Bogor, Jawa Barat. Bahan percobaan yang digunakan merupakan beras hasil panen yang telah dikeringkan, yaitu 22 galur harapan padi sawah (hasil persilangan antara padi varietas unggul dan padi liar (*O. glaberrima* dan *O. rufipogon*)), 4 varietas pembanding tetua persilangan/padi varietas unggul (Ciherang, Inpari 13, Inpari 10, dan Situ Bagendit), dan 2 varietas pembanding uji organoleptik (Memberamo dan IR42) (Tabel 1).

Karakter yang diamati berupa mutu fisik dan kimia beras, meliputi kadar air gabah, densitas gabah, rendemen beras pecah kulit (BPK), rendemen beras giling (BG), rendemen beras kepala (BK), panjang beras, bentuk beras, pengapuran beras, kadar amilosa beras, suhu gelatinisasi, dan uji rasa nasi (organoleptik). Rendemen BPK ditentukan dengan menimbang gabah kering isi 1.000 g dan kemudian digiling untuk dipecahkan kulitnya menggunakan mesin pemecah kulit (*Testing Husker* merek Taka Yama R.P.M 100-1900). Beras pecah kulit yang sudah bersih kemudian ditimbang dan dihitung menggunakan rumus: Rendemen BPK (%) = (bobot BPK/bobot gabah total) × 100%. Beras pecah kulit yang sudah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam mesin sosoh (*Testing Mill* merek Taka Yama), lalu digiling selama 2–3 menit atau sampai menunjukkan dedak yang dihasilkan berwarna putih sehingga diperoleh beras giling. Bobot beras giling ditimbang dan dihitung menggunakan rumus: Rendemen BG (%) = (bobot BG/bobot gabah total) × 100%. Beras giling yang telah diperoleh selanjutnya ditimbang 100 g dan dimasukkan ke dalam mesin pemisah beras (*Testing Rices Grader*) untuk memisahkan beras kepala, beras patah, dan menir. Beras kepala lalu ditimbang dan dihitung menggunakan rumus: Rendemen BK (%) = (bobot BK/bobot BG) × 100%. Penetapan kelas mutu gabah diklasifikasikan berdasarkan persyaratan umum

Tabel 1 Galur uji dan varietas pembandingan pada pengujian mutu fisik dan kimia beras

Galur	Persilangan
1-F-C21	BC5F3 Inpari10/ <i>O. glaberrima</i>
2a-F-C21	BC5F3 Inpari10/ <i>O. glaberrima</i>
2b-F-C21	BC5F3 Inpari10/ <i>O. glaberrima</i>
7-F-C21	BC5F3 Ciherang/ <i>O. rufipogon</i>
12-F-C21	BC5F3 Inpari13/ <i>O. rufipogon</i>
22-F-C21	BC5F3 Situ Bagendit/ <i>O. rufipogon</i>
25-F-C21	BC5F3 Inpari13/ <i>O. rufipogon</i>
32-F-C21	BC5F3 Situ Bagendit/ <i>O. rufipogon</i>
37-F-C21	BC5F3 Situ Bagendit/ <i>O. rufipogon</i>
44-F-C21	BC5F3 Situ Bagendit/ <i>O. rufipogon</i>
48-F-C21	BC5F3 Situ Bagendit/ <i>O. rufipogon</i>
51-F-C21	BC5F3 Situ Bagendit/ <i>O. rufipogon</i>
54-F-C21	BC5F3 Situ Bagendit/ <i>O. rufipogon</i>
58-F-C21	BC5F3 Situ Bagendit/ <i>O. rufipogon</i>
59-F-C21	BC5F3 Ciherang/ <i>O. rufipogon</i>
69-F-C21	BC5F3 Ciherang/ <i>O. rufipogon</i>
71-F-C21	BC5F3 Inpari13/ <i>O. rufipogon</i>
81-F-C21	BC5F3 Situ Bagendit/ <i>O. rufipogon</i>
86-F-C21	BC5F3 Inpari13/ <i>O. rufipogon</i>
89-F-C21	BC5F3 Situ Bagendit/ <i>O. rufipogon</i>
103a-F-C21	BC5F3 Ciherang/ <i>O. rufipogon</i>
103b-F-C21	BC5F3 Ciherang/ <i>O. rufipogon</i>
Ciherang	Tetua persilangan (reccurent parent)
Inpari 13	Tetua persilangan (reccurent parent)
Inpari 10	Tetua persilangan (reccurent parent)
Situ Bagendit	Tetua persilangan (reccurent parent)
Memberamo	Varietas pembandingan (organoleptik)
IR42	Varietas pembandingan (organoleptik)

beras giling sesuai dengan ketentuan SNI 6128-2020 (BSN 2020).

Kriteria panjang, bentuk, dan pengapuran beras diamati dan ditentukan berdasarkan *Standard Evaluation System for Rice* (IRRI 2013). Jumlah sampel setiap galur yang digunakan adalah 10 butir beras. Panjang beras diukur menggunakan *dial caliper*. Ukuran panjang beras dikelompokkan menjadi empat kriteria: sangat panjang (>7,50 mm), panjang (6,60–7,50 mm), sedang (5,51–6,60 mm), dan pendek (≤5,50 mm). Bentuk beras diperoleh berdasarkan nisbah antara panjang dan lebar beras, yang dikelompokkan menjadi tiga kriteria: ramping (>3,0), sedang (2,1–3,0), dan bulat (1,0–2,0). Klasifikasi pengapuran pada endosperm dibagi menjadi empat kriteria, yaitu tidak ada (0), kecil (<10%), sedang (10–20%), dan besar (>20%).

Kadar amilosa ditetapkan menggunakan metode kolorimetri iodida (Cruz & Khush 2000). Kadar amilosa dibagi menjadi lima kriteria, yaitu *waxy* (0–2%), sangat rendah (3–9%), rendah (10–19%), sedang (20–25%), dan tinggi (>25%) (Kumar & Khush 1986; Shijagurumayum *et al.* 2018). Suhu gelatinisasi diukur dengan cara memasukkan 6 butir beras utuh ke dalam larutan alkali (10 mL KOH 1,7%) selama 23 jam pada suhu ruang 30°C. Penilaian suhu gelatinisasi didasarkan kepada skor atau nilai pengembangan dan keretakan butiran beras sesuai dengan *Standar Evaluation System*

for Rice (IRRI 2013). Sifat sensori pada sampel nasi putih dianalisis dengan uji hedonik. Beras (200 g) dimasak menggunakan kompor gas. Semua sampel disajikan secara bersamaan dalam keadaan nasi masih panas di atas piring-piring kecil. Penilaian dilakukan oleh 20 orang panelis berdasarkan tekstur nasi, aroma, rasa, penampilan, dan warna. Penilaian tekstur nasi dibagi menjadi lima kriteria, yaitu skor 0 = ketan (nilai 0–0,9), skor 1 = sangat pulen (nilai 1–1,5), skor 2 = pulen (nilai 1,6–2,4), skor 3 = sedang (nilai 2,5–3,4), dan skor 4 = pera (nilai 3,5–4,0) (Allidawati & Kustianto 1989).

Mutu fisik dan kimia diuji sebanyak tiga ulangan. Data yang diperoleh diolah secara statistik menggunakan analisis gerombol (*cluster analysis*) yang menghasilkan dendrogram ketidakmiripan antargenotipe padi. Pembentukan klaster diproses dengan metode Ward dan penghitungan jarak antarvariabel menggunakan jarak Euclidean. Analisis gerombol dilakukan dengan perangkat lunak XLSTAT Perpetual 2019.2.2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mutu beras ditentukan oleh kadar air, kemurnian butir, kemurnian varietas, beras patah, biji-bijian yang belum matang, butir berubah warna, dan butir rusak. Padi yang dipanen pada kondisi kadar air yang tepat akan

menghasilkan gabah yang bermutu baik dengan kandungan butir hijau dan butir mengapur yang rendah serta rendemen giling tinggi (Nugraha 2012). Tabel 2 memperlihatkan bahwa terdapat beragam kadar air gabah pada 22 galur uji dengan kisaran nilai 12,5–14,5%, berarti semua gabah sampel yang diuji sudah memenuhi standar mutu SNI 6128:2020, yaitu memiliki kadar air gabah di bawah 14% (BSN 2020). Kadar air terendah terdapat pada galur 7-F-C21 (12,5%), sedangkan kadar air tertinggi terdapat pada galur 48-F-C21 (14,5%).

Kadar air suatu bahan sangat memengaruhi umur simpan bahan tersebut. Beras dengan kandungan air tinggi cenderung mudah menguning dan menimbulkan aroma tidak sedap sehingga tidak dapat disimpan lama (Susiyanti *et al.* 2020). Kadar air gabah yang optimal untuk penggilingan adalah 13–15%. Gabah akan sulit terkelupas pada kadar air yang lebih tinggi, sedangkan butiran gabah menjadi mudah patah pada kadar air yang lebih rendah. Kadar air berpengaruh cukup nyata pada segi mutu beras (Firdaus *et al.* 2022). Padi yang digiling harus mempunyai kadar air yang tepat untuk memperoleh rendemen beras kepala yang tinggi. Gabah dengan kadar air tinggi akan terlalu lunak dalam menahan tekanan *hulling* yang merusak butir pada

proses penghancuran. Sebaliknya, gabah yang terlalu kering/kadar air rendah menjadi lebih rapuh dan mengakibatkan kerusakan yang lebih besar.

Densitas gabah merupakan salah satu parameter yang dapat mengindikasikan tingkat keberhasilan dari gabah panen. Pada penelitian ini, nilai densitas gabah yang diperoleh adalah 484–499 g/L (Tabel 2). Galur 51-F-C21, 81-F-C21, dan 103b-F-C21 menunjukkan nilai densitas gabah yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai densitas gabah yang dihasilkan oleh galur lainnya. Sementara itu, nilai densitas gabah tertinggi terdapat pada varietas pembanding (Memberamo dan IR42), diikuti dengan galur 1-F-C21 (498 g/L). Semakin tinggi volume ukuran bobot gabah, semakin bagus mutu beras yang dihasilkan. Uji densitas digunakan sebagai kriteria mutu karena dapat digunakan untuk menguduga rendemen beras giling yang akan dihasilkan (Jumali & Widyantoro 2017). Densitas gabah dari semua galur yang diuji pada penelitian ini termasuk dalam kisaran nilai densitas gabah di Indonesia pada umumnya, yaitu 454,4–577,0 g/L (Suismono *et al.* 2003). Gabah dengan kisaran densitas tersebut dapat dianggap memiliki mutu yang sesuai dengan standar industri di Indonesia. Hal ini penting untuk memastikan bahwa proses produksi dan penanganan gabah tidak mengurangi mutunya. Selain

Tabel 2 Kadar air gabah, densitas gabah, dan rendemen beras pada galur uji dan varietas pembanding

Galur	Kadar air (%)	Densitas (g/L)	Rendemen beras (%)		
			Beras pecah kulit	Beras giling	Beras kepala
1-F-C21	13,8	498	77	58	61
2a-F-C21	13,3	495	69	57	57
2b-F-C21	13,5	497	74	62	67
7-F-C21	12,5	492	77	64	69
12-F-C21	13,6	489	84	71	74
22-F-C21	13,8	488	73	63	68
25-F-C21	12,8	490	82	72	68
32-F-C21	12,8	496	76	65	69
37-F-C21	13,3	496	78	64	75
44-F-C21	13,5	485	85	70	81
48-F-C21	14,5	487	73	59	75
51-F-C21	13,5	484	80	64	75
54-F-C21	13,9	485	76	63	64
58-F-C21	13,3	485	74	63	93
59-F-C21	12,7	491	77	65	88
59-F-C21	12,6	488	77	63	68
71-F-C21	12,6	489	74	61	75
81-F-C21	13,2	484	72	62	75
86-F-C21	12,5	488	85	68	69
89-F-C21	13,3	489	72	61	66
103a-F-C21	13,8	497	77	60	77
103b-F-C21	12,6	484	76	58	76
Ciherang	13,3	488	82	68	71
Inpari 13	12,4	491	83	71	96
Inpari 10	14,1	488	93	79	77
Situ Bagendit	13,9	498	71	58	52
Memberamo	13,8	499	88	68	82
IR42	14,0	499	84	65	80
Rata-rata	13,32	490,71	78,13	64,40	73,14

itu, kepadatan gabah yang stabil dalam kisaran ini mengindikasikan potensi produksi gabah yang berkelanjutan (Kobarsih & Siswanto 2015).

Sifat fisik beras berkaitan dengan mutu giling sehingga gabah harus digiling untuk menghilangkan sekam dan lapisan luarnya. Mutu giling beras dipengaruhi oleh jenis beras dan kondisi penggilingannya. Hasil pengujian mutu fisik beras menunjukkan bahwa rendemen BPK tertinggi terdapat pada varietas pembanding (Inpari 10). Namun, di antara galur-galur yang diuji, galur 44-F-C21 dan 86-F-C21 menghasilkan rendemen beras pecah kulit lebih tinggi daripada galur lainnya (Tabel 2). Galur 44-F-C21 merupakan galur persilangan BC5F3 Situ Bagendit/O. *rufipogon*, sedangkan galur 86-F-C21 merupakan galur persilangan BC5F3 Inpari13/O. *rufipogon*. Rendemen BPK pada galur 44-F-C21 dan 86-F-C21 masing-masing adalah 19,6% dan 2,2% lebih tinggi dibandingkan tetuanya. Besarnya persentase BPK yang dihasilkan dipengaruhi oleh mutu gabah dan alat penggiling yang digunakan (Zuhrotul *et al.* 2008). Perbedaan latar belakang genetik yang mengacu pada variasi genetik dalam populasi padi juga dapat memengaruhi respons organisme terhadap lingkungan atau teknologi pengolahan yang menunjukkan efek kompleks atau epistasis yang merupakan interaksi antara dua alel yang saling memengaruhi ekspresi gen satu sama lain (Riyanto *et al.* 2023).

Rendemen BG pada galur 12-F-C21 dan 25-F-C21 memperlihatkan nilai yang cukup tinggi (>70%) dibandingkan galur-galur lainnya. Galur-galur ini merupakan hasil persilangan BC5F3 Inpari13/O. *rufipogon*. Rendemen BG dari galur 12-F-C21 dan 25-F-C21 tidak berbeda dengan tetuanya (Inpari 13), tetapi lebih tinggi daripada varietas Situ Bagendit (58%), Memberamo (68%), dan IR42 (65%) (Tabel 2). Inpari 10 sebagai varietas pembanding memiliki nilai rendemen BG tertinggi (79%) dibandingkan varietas lainnya. Rendemen BG dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti umur panen, suhu, dan kelembapan. Kondisi suhu dan kelembapan yang berfluktuasi dapat menyebabkan timbulnya retakan pada setiap inti.

Mutu giling yang baik ditandai oleh persentase beras kepala yang tinggi. Galur 44-F-C21, 58-F-C21, dan 59-F-C21 menghasilkan rendemen BK yang cukup tinggi (>80%). Nilai rendemen BK ini lebih tinggi dibandingkan tetuanya, yaitu Situ Bagendit (52%) dan Ciherang (71%) (Tabel 2). Berdasarkan SNI 6128-2015, galur 44-F-C21, 58-F-C21, dan 59-F-C21 termasuk dalam kelas mutu medium 1, dengan nilai rendemen BK lebih tinggi daripada standar SNI, yaitu minimal 78%. Hanya ada satu galur uji yang tidak memenuhi spesifikasi persyaratan kelas mutu, yaitu galur 2a-F-C21 dengan rendemen BK 57%, sedangkan 18 galur lainnya mengikuti persyaratan kelas mutu medium 2 ($\geq 73\%$) dan medium 3 ($\geq 60\%$). Rendemen BK yang tinggi dari galur-

galur uji diharapkan dapat meningkatkan mutu dan harga jual beras. Faktor yang memengaruhi rendemen BK adalah waktu pemanenan yang tepat dan teknik pengeringan yang digunakan (Budijanto & Sitanggang 2011).

Beras pada galur uji dan varietas pembanding memiliki ukuran beras tergolong panjang (6,61–7,10 mm) dan sedang (6,34–6,58 mm). Sebanyak 11 galur uji menunjukkan ukuran beras tergolong panjang dan 11 galur uji lainnya berukuran sedang. Bentuk butir beras dari semua galur uji dan varietas tetuanya termasuk beras sedang dengan nisbah panjang dan lebar dalam kisaran 2,1–2,6 (Tabel 3). Pada varietas pembanding, ukuran beras varietas Memberamo termasuk dalam kriteria panjang dengan bentuk beras ramping dan pengapuran rendah. Pada varietas IR42, ukuran panjang beras tergolong sedang dengan bentuk beras ramping dan pengapuran sedang. Beras yang berukuran pendek cenderung berbentuk relatif bulat, tekstur lembut, dan tidak mudah patah. Sementara itu, beras yang memiliki ukuran panjang cenderung memiliki bentuk yang lebih ramping dan mudah patah. Ukuran panjang dan bentuk beras juga dapat memengaruhi rendemen BK. Perbedaan antara tipe beras pendek dan panjang dapat menyebabkan perbedaan rendemen hingga 5% (Iswari 2012). Ukuran beras yang pendek dan bentuk sedang tidak mudah patah saat penggilingan sehingga rendemen beras kepala tinggi, sedangkan beras yang panjang dan langsing mudah hancur saat penggilingan yang menyebabkan rendemen beras kepala menjadi rendah (IRRI 2013).

Pengapuran adalah beras yang berwarna seperti kapur dan bertekstur lunak atau rapuh. Pengapuran pada beras akan memengaruhi proses penggilingan, pemasakan, dan penampilan bijinya (Nevame *et al.* 2018). Pengapuran beras dapat ditemukan pada bagian tengah beras, depan/dorsal atau tidak ditemukan sama sekali (IRRI 2013). Dalam syarat mutu beras berdasarkan SNI SNI 6128:2020, beras bermutu medium apabila butir kapur maksimal 2% untuk medium 1; 3% untuk medium 2; dan 5% untuk medium 3 (BSN 2020). Hasil pengujian pengapuran beras menunjukkan bahwa terdapat lima galur uji dengan nilai <10% yang tergolong kecil. Dari kelima galur uji tersebut, hanya satu galur yang memenuhi syarat mutu beras medium 3 dengan butir kapur 5%, yaitu galur 44-F-C21. Galur ini merupakan hasil persilangan BC5F3 Situ Bagendit/O. *rufipogon* dengan butir kapur lebih rendah dibandingkan tetuanya (Tabel 3). Pengapuran beras berkaitan dengan faktor genetik dan kadar amilosa. Genotipe yang memiliki kadar amilosa tinggi cenderung memiliki presentase pengapuran beras yang tinggi (Gann *et al.* 2021).

Mutu beras dan sifat fisikokimianya yang kompleks memengaruhi rasa nasi, seperti kadar amilosa, pati, dan protein, serta suhu gelatinisasi (Susiyanti *et al.* 2020). Suhu gelatinisasi dan tingkat kadar amilosa dalam beras

Tabel 3 Karakteristik panjang, bentuk, dan pengapuran beras pada galur uji dan varietas pembanding

Galur	Panjang beras		Bentuk beras		Pengapuran beras	
	Nilai (mm)	Kriteria [#]	Nilai	Kriteria [#]	Nilai (%)	Kriteria [#]
1-F-C21	6,92	panjang	2,2	sedang	15	sedang
2a-F-C21	6,63	panjang	2,4	sedang	17	sedang
2b-F-C21	6,71	panjang	2,3	sedang	20	sedang
7-F-C21	6,70	panjang	2,3	sedang	17	sedang
12-F-C21	6,61	panjang	2,3	sedang	32	besar
22-F-C21	6,79	panjang	2,4	sedang	20	sedang
25-F-C21	6,78	panjang	2,4	sedang	12	sedang
32-F-C21	7,10	panjang	2,4	sedang	20	sedang
37-F-C21	6,44	sedang	2,3	sedang	20	sedang
44-F-C21	6,49	sedang	2,4	sedang	5	kecil
48-F-C21	6,58	sedang	2,3	sedang	7	kecil
51-F-C21	6,71	panjang	2,2	sedang	19	sedang
54-F-C21	6,55	sedang	2,3	sedang	6	kecil
58-F-C21	6,74	panjang	2,4	sedang	17	sedang
59-F-C21	6,48	sedang	2,3	sedang	6	kecil
69-F-C21	6,69	panjang	2,2	sedang	20	sedang
71-F-C21	6,47	sedang	2,2	sedang	13	sedang
81-F-C21	6,57	sedang	2,5	sedang	19	sedang
86-F-C21	6,55	sedang	2,4	sedang	32	besar
89-F-C21	6,58	sedang	2,6	sedang	17	sedang
103a-F-C21	6,41	sedang	2,2	sedang	9	kecil
103b-F-C21	6,44	sedang	2,0	sedang	18	sedang
Ciherang	6,47	sedang	2,4	sedang	9	kecil
Inpari 13	6,63	panjang	2,3	sedang	14	sedang
Inpari 10	6,49	sedang	2,3	sedang	20	sedang
Situ Bagendit	6,36	sedang	2,2	sedang	9	sedang
Memberamo	6,80	panjang	3,2	ramping	5	kecil
IR42	6,34	sedang	3,1	ramping	20	sedang
Rata-rata	6,61		2,38		15,64	

Keterangan: [#]Kriteria berdasarkan IRRI (2013). Panjang beras = sangat panjang (>7,50 mm), panjang (6,60–7,50 mm), sedang (5,51–6,60 mm), dan pendek (\leq 5,50 mm). Bentuk beras = ramping (>3,0), sedang (2,1–3,0), dan bulat (1,0–2,0). Klasifikasi pengapuran pada endosperm = tidak ada (0), kecil (<10%), sedang (10–20%), dan besar (>20%).

juga menentukan karakteristik nasi (Wang *et al.* 2019). Kadar amilosa pada 22 galur uji menunjukkan angka beragam, yaitu 18,73–31,54%, sedangkan kadar amilosa pada enam varietas pembanding adalah 19,64–30,66% dengan kriteria dari rendah hingga tinggi (Tabel 4).

Kadar amilosa rendah terdapat pada galur 1-F-C21 (18,76%) dan 2a-F-C21 (18,73%) yang merupakan hasil persilangan BC5F3 Inpari10/O. *glaberrima*. Kadar amilosa yang dihasilkan kedua galur tersebut lebih rendah dibandingkan tetuanya. Tektur nasi yang dihasilkan pulen dengan rasa hambar. Kepulenan nasi biasanya dipengaruhi oleh kadar amilosa. Semakin rendah kadar amilosa, tektur nasi akan semakin pulen. Sebaliknya, semakin tinggi kadar amilosa, tektur nasi yang dihasilkan akan semakin pera (Masniawati *et al.* 2018). Beras dengan kadar amilosa >22% biasanya dapat digunakan untuk pembuatan mi beras (Ahmed *et al.* 2016). Kadar amilosa beras berhubungan dengan karakteristik *cooking* dan *eating quality*. Beras dengan kadar amilosa sedang lebih banyak diminati daripada beras dengan kandungan rendah atau tinggi karena memiliki karakteristik pulen setelah dimasak serta tetap

lembut dan lunak setelah dingin (Syafutri *et al.* 2016; Arifa *et al.* 2021).

Suhu gelatinisasi beras merupakan atribut yang mengindikasikan waktu yang dibutuhkan untuk memasak nasi, yang penilaiannya didasarkan pada skor atau nilai pengembangan dan keretakan butiran beras setelah direndam (Firdaus *et al.* 2022). Penilaian suhu gelatinisasi dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu rendah (55–69°C), sedang (70–74°C), dan tinggi (75–79°C) (Lestari *et al.* 2007). Suhu gelatinisasi pada sebagian besar galur uji tergolong tinggi, dan hanya satu galur yang tergolong sedang, yaitu galur 81-F-C21. Pada varietas pembanding, suhu gelatinisasi tergolong kriteria rendah, sedang, dan tinggi (Tabel 4). Suhu gelatinisasi adalah suhu saat pati beras berubah dari kristalin menjadi gelatin. Suhu gelatinisasi berbeda-beda antarvarietas sehingga dapat membantu dalam memilih varietas beras yang sesuai dengan preferensi pelanggan dan kebutuhan industri. Hal ini juga berguna untuk memberikan informasi dalam memilih karakter mutu beras (Afifah & Zakiyah 2020).

Proses pengelompokan data dilakukan melalui analisis gerombol dengan tujuan memisahkan data ke

Tabel 4 Karakteristik mutu kimia beras pada galur-galur hasil persilangan antara padi varietas unggul dan padi liar

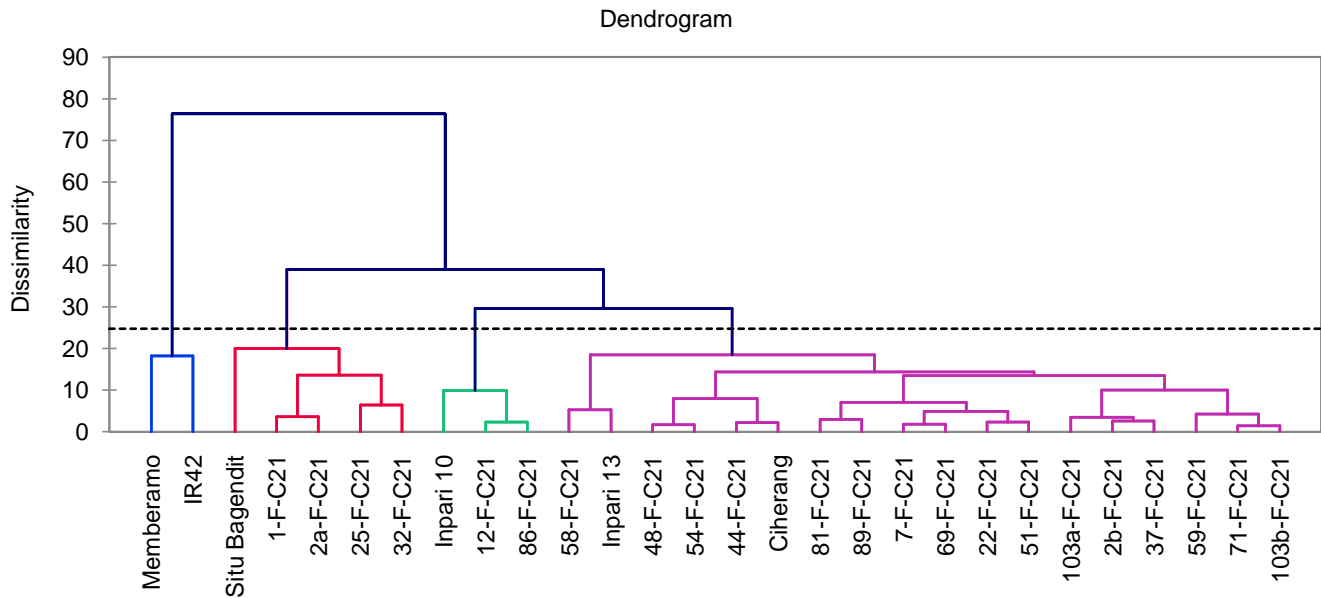
Galur	Amilosa		Gelatinisasi			Organoleptik		
	Kandungan (%)	Kriteria*	Skor alkali [‡]	Suhu (°C)	Kriteria*	Skor tekstur	Tekstur [▲]	Rasa
1-F-C21	18,76	rendah	2	78	tinggi	2,0	pulen	hambar
2a-F-C21	18,73	rendah	2	75	tinggi	2,1	pulen	hambar
2b-F-C21	24,08	sedang	2	77	tinggi	2,8	sedang	gurih
7-F-C21	24,78	sedang	2	77	tinggi	3,0	sedang	hambar
12-F-C21	24,47	sedang	2	77	tinggi	3,2	sedang	hambar
22-F-C21	27,09	tinggi	2	79	tinggi	3,2	sedang	gurih
25-F-C21	22,02	sedang	2	76	tinggi	2,2	pulen	hambar
32-F-C21	24,99	sedang	2	78	tinggi	3,1	sedang	gurih
37-F-C21	23,59	sedang	2	78	tinggi	3,3	sedang	gurih
44-F-C21	25,24	tinggi	2	78	tinggi	3,8	pera	gurih
48-F-C21	26,18	tinggi	2	77	tinggi	3,3	sedang	gurih
51-F-C21	25,45	tinggi	2	78	tinggi	3,2	sedang	gurih
54-F-C21	26,18	tinggi	2	78	tinggi	3,1	sedang	gurih
58-F-C21	31,54	tinggi	2	77	tinggi	3,0	sedang	gurih
59-F-C21	25,20	tinggi	2	77	tinggi	3,2	sedang	hambar
69-F-C21	26,01	tinggi	2	77	tinggi	3,8	pera	hambar
71-F-C21	24,71	sedang	2	77	tinggi	3,2	sedang	hambar
81-F-C21	28,91	tinggi	3	72	sedang	3,8	pera	gurih
86-F-C21	24,01	sedang	2	76	tinggi	3,3	sedang	hambar
89-F-C21	31,29	tinggi	2	78	tinggi	3,3	sedang	gurih
103a-F-C21	24,33	sedang	2	78	tinggi	2,8	sedang	hambar
103b-F-C21	24,12	sedang	2	78	tinggi	3,1	sedang	hambar
Ciherang	25,52	tinggi	2	74	sedang	3,2	sedang	gurih
Inpari 13	30,66	tinggi	2	75	tinggi	2,6	sedang	gurih
Inpari 10	24,50	sedang	2	79	tinggi	2,6	sedang	gurih
Situ Bagendit	23,35	sedang	6	78	tinggi	2,8	sedang	gurih
Memberamo	19,64	rendah	6	65	rendah	2,1	pulen	gurih
IR42	28,98	tinggi	7	60	rendah	4,0	pera	hambar
Rata-rata	25,15		2,53	75,96		3,04		

Keterangan: *Kriteria berdasarkan Shijagurumayum *et al.* (2013). [‡]Kriteria berdasarkan IRR (2013): (1) = utuh/tidak berpengaruh, (2) = mengembang, (3) mengembang, bergaris belum membelah, (4) = mengembang, bergaris, sedikit membelah dan rapat, (5) = terbelah-belah, (6) = hilang tapi masih ada bentuk berasnya, (7) = hilang tak berbentuk. [▲]Kriteria berdasarkan Allidawati & Kustianto (1989): 0 = ketan (nilai 0–0,9), 1 = sangat pulen (nilai 1–1,5), 2 = pulen (nilai 1,6–2,4), 3 = sedang (nilai 2,5–3,4), dan 4 = pera (nilai 3,5–4,0).

dalam beberapa kelompok berdasarkan tingkat kemiripan dan ketidakmiripan. Semakin kecil jarak antara dua genotipe, semakin mirip genotipe tersebut (Firdaus *et al.* 2022). Genotipe yang mengelompok mendekati angka 0 (nol) mengindikasikan tingkat kemiripan genetik yang semakin tinggi atau tingkat ketidakmiripan yang semakin rendah (Akhmadi *et al.* 2017). Analisis gerombol galur-galur yang diuji dan varietas pembanding dilakukan pada semua karakter mutu fisik dan kimia beras. Hasil analisis gerombol menggunakan dendrogram menunjukkan bahwa pengelompokan 22 galur uji dan 6 varietas pembanding terbagi menjadi empat grup dengan tingkat kemiripan sekitar 75% atau ketidakmiripan 25%. Sebagian besar (73%) dari galur yang diuji telah mendekati tetua Inpari 13 dan Ciherang dengan keunggulan masing-masing (Gambar 1).

Setiap kelompok yang terbentuk melalui analisis gerombol memiliki karakter penciri genotipe yang membedakan dengan kelompok lainnya (Tabel 5). Grup I terdiri atas dua varietas pembanding (Memberamo dan

IR42). Anggota pada kelompok ini ditandai oleh karakteristik densitas gabah yang cukup tinggi (499 g/L) dengan tekstur nasi pulen dan pera. Kedua varietas pembanding pada kelompok ini memiliki bentuk beras ramping, skor alkali 6–7, dan suhu gelatinisasi rendah dibandingkan dengan genotipe pada kelompok lainnya. Berdasarkan karakteristik penciri yang diperoleh, varietas Memberamo dan IR42 diduga memiliki karakteristik genetik yang dapat mendorong produksi beras dengan densitas yang lebih tinggi dan tekstur yang lebih halus. Grup II terdiri atas empat galur uji (1-F-C21, 2a-F-C21, 25-F-C21, dan 32-F-C21) dan satu varietas pembanding (Situ Bagendit). Pada kelompok ini, genotipe memiliki densitas gabah yang cukup tinggi (495,4 g/L), tetapi rendemen beras kepala dan kadar amilosa rendah, berturut-turut 61,4% dan 21,57%, dibandingkan kelompok lainnya. Selain itu, karakter penciri genotipe pada kelompok ini ialah bentuk dan pengapuran beras tergolong sedang dengan suhu gelatinisasi yang tinggi. Empat galur uji dan varietas pembanding Situ Bagendit



Gambar 1 Dendrogram analisis gerombol 22 galur uji dan 6 varietas pembanding berdasarkan karakter mutu fisik dan kimia beras.

dalam karakteristik genetik dan fenotipiknya memiliki densitas gabah yang tinggi. Namun, rendahnya kadar amilosa dan beras kepala menunjukkan bahwa genotipe ini diduga menghasilkan beras dengan profil nutrisi yang berbeda, lebih rendah kalori dan lemak. Grup III terdiri atas dua galur uji (12-F-C21 dan 86-F-C21) dan satu varietas pembanding (Inpari 10) yang berbeda dalam karakter skor alkali rendah dengan suhu gelatinisasi tinggi, serta tekstur nasi tergolong sedang. Karakteristik penciri dua galur pada grup III dan varietas pembanding Inpari 10 menunjukkan perbedaan dalam skor alkali dan suhu gelatinisasi, serta tekstur nasi sedang yang diduga mencerminkan adaptasi genetik yang berbeda terhadap lingkungan atau teknologi pengolahan beras. Grup IV merupakan kelompok dengan jumlah anggota terbanyak yang terdiri atas 16 galur uji (58-F-C21, 48-F-C21, 54-F-C21, 44-F-C21, 81-F-C21, 89-F-C21, 7-F-C21, 69-F-C21, 22-F-C21, 51-F-C21, 103a-F-C21, 2b-F-C21, 37-F-C21, 59-F-C21, 71-F-C21, dan 103b-F-C21) dan dua varietas pembanding (Inpari 13 dan Ciherang). Bentuk beras pada semua genotipe pada kelompok ini tergolong sedang dengan rata-rata kadar amilosa 26,38%. Sebagian besar genotipe pada kelompok ini memiliki suhu gelatinisasi tinggi, tekstur nasi sedang, dan rasa nasi gurih. Kadar amilosa dan suhu gelatinisasi yang lebih tinggi pada galur-galur ini menunjukkan bahwa genotipe ini diduga lebih efisien dalam produksi dan pengolahan beras, serta memiliki rasa nasi yang lebih gurih. Implikasi dari penelitian ini ialah dalam hal potensi aplikasi praktis dalam pemilihan varietas untuk tujuan produksi beras yang optimal, baik itu berdasarkan preferensi rasa, profil nilai nutrisi, maupun karakteristik teknologi pengolahan. Selain itu, hasil ini juga dapat

digunakan sebagai dasar untuk studi lebih lanjut tentang mekanisme genetik yang mendasari berbagai perbedaan ini.

KESIMPULAN

Galur 44-F-C21, 58-F-C21, dan 59-F-C21 memiliki mutu fisik dan kimia beras yang cukup baik dengan kadar air di bawah 14% dan rendemen beras kepala tinggi berturut-turut 81, 93, dan 88%. Karakter rendemen beras kepala pada ketiga galur ini menunjukkan perbaikan genetik yang nilainya melampaui tetuanya masing-masing (Situ Bagendit dan Ciherang) dengan karakter penciri berupa bentuk beras sedang, kadar amilosa 26,38%, dan skor alkali 2–3. Sebagian besar galur-galur pada kelompok ini bercirikan suhu gelatinisasi tinggi, tekstur nasi sedang, dan rasa nasi gurih. Berdasarkan evaluasi karakter mutu fisikokimia beras, galur-galur terpilih dari hasil persilangan antara padi varietas unggul dan padi liar berpotensi untuk dikembangkan sehingga diperoleh beras yang bermutu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian, Kementerian Pertanian, dan Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional yang telah mendukung penelitian ini.

Tabel 5 Pengelompokan galur uji dan varietas pembanding berdasarkan hasil analisis gerombol pada karakter mutu fisik dan kimia beras

Grup	Galur	Kadar air (%)	Densitas (g/l)	Rendemen (%)			Panjang beras	Bentuk beras	Pengapuran beras	Amilosa (%)	Skor alkali	Suhu gelatinisasi	Organoleptik		
				BPK	BG	BK							Skor	Tekstur	Rasa
1	Memberamo	13,80	499,00	88,00	68,00	82,00	panjang	ramping	kecil	19,64	6,00	rendah	2,10	pulen	gurih
	IR42	14,00	499,00	84,00	65,00	80,00	sedang	ramping	sedang	28,98	7,00	rendah	4,00	pera	hambar
	Rata-rata	13,90	499,00	85,90	66,50	81,00				24,31	6,50		3,05		
2	Situ Bagendit	13,90	498,00	71,00	58,00	52,00	sedang	sedang	sedang	23,35	6,00	tinggi	2,80	sedang	gurih
	1-F-C21	13,80	498,00	77,00	58,00	61,00	panjang	sedang	sedang	18,76	2,00	tinggi	2,00	pulen	hambar
	2a-F-C21	13,30	495,00	69,00	57,00	57,00	panjang	sedang	sedang	18,73	2,00	tinggi	2,10	pulen	hambar
	25-F-C21	12,80	490,00	82,00	72,00	68,00	panjang	sedang	sedang	22,02	2,00	tinggi	2,20	pulen	hambar
	32-F-C21	12,80	496,00	76,00	65,00	69,00	panjang	sedang	sedang	24,99	2,00	tinggi	3,10	sedang	gurih
	Rata-rata	13,32	495,40	75,04	62,20	61,40				21,57	2,73		2,44		
3	Inpari 10	14,10	488,00	93,00	79,00	77,00	sedang	sedang	sedang	24,50	2,00	tinggi	2,60	sedang	gurih
	12-F-C21	13,60	489,00	84,00	71,00	74,00	panjang	sedang	sedang	24,47	2,00	tinggi	3,20	sedang	hambar
	86-F-C21	12,50	488,00	85,00	68,00	69,00	sedang	sedang	sedang	24,01	2,00	tinggi	3,30	sedang	hambar
	Rata-rata	13,40	488,33	87,30	72,73	73,33				24,33	2,00		3,03		
4	58-F-C21	13,30	485,00	74,00	63,00	93,00	panjang	sedang	sedang	31,54	2,00	tinggi	3,00	sedang	gurih
	Inpari 13	12,40	491,00	83,00	71,00	96,00	sedang	sedang	sedang	30,66	2,00	tinggi	2,60	sedang	gurih
	48-F-C21	14,50	487,00	73,00	59,00	75,00	sedang	sedang	kecil	26,18	2,00	tinggi	3,30	sedang	gurih
	54-F-C21	13,90	485,00	76,00	63,00	64,00	sedang	sedang	kecil	26,18	2,00	tinggi	3,10	sedang	gurih
	44-F-C21	13,50	485,00	85,00	70,00	81,00	sedang	sedang	kecil	25,24	2,00	tinggi	3,80	pera	gurih
	Ciherang	13,30	488,00	82,00	68,00	71,00	sedang	sedang	kecil	25,52	2,00	sedang	3,20	sedang	gurih
	81-F-C21	13,20	484,00	72,00	62,00	75,00	sedang	sedang	sedang	28,91	3,00	sedang	3,80	pera	gurih
	89-F-C21	13,30	489,00	72,00	61,00	66,00	sedang	sedang	sedang	31,29	2,00	tinggi	3,30	sedang	gurih
	7-F-C21	12,50	492,00	77,00	64,00	69,00	panjang	sedang	sedang	24,78	2,00	tinggi	3,00	sedang	hambar
	69-F-C21	12,60	488,00	77,00	63,00	68,00	panjang	sedang	sedang	26,01	2,00	tinggi	3,80	pera	hambar
	22-F-C21	13,80	488,00	73,00	63,00	68,00	panjang	sedang	sedang	27,09	2,00	tinggi	3,20	sedang	gurih
	51-F-C21	13,50	484,00	80,00	64,00	75,00	panjang	sedang	sedang	25,45	2,00	tinggi	3,20	sedang	gurih
	103a-F-C21	13,80	497,00	77,00	60,00	77,00	sedang	sedang	kecil	24,33	2,00	tinggi	2,80	sedang	hambar
	2b-F-C21	13,50	497,00	74,00	62,00	67,00	panjang	sedang	sedang	24,08	2,00	tinggi	2,80	sedang	gurih
	37-F-C21	13,30	496,00	78,00	64,00	75,00	sedang	sedang	sedang	23,59	2,00	tinggi	3,30	sedang	gurih
59-F-C21	12,70	491,00	77,00	65,00	88,00	sedang	sedang	kecil	25,20	2,00	tinggi	3,20	sedang	hambar	
71-F-C21	12,60	489,00	74,00	61,00	75,00	sedang	sedang	sedang	24,71	2,00	tinggi	3,20	sedang	hambar	
103b-F-C21	12,60	484,00	76,00	58,00	76,00	sedang	sedang	sedang	24,12	2,00	tinggi	3,10	sedang	hambar	
	Rata-rata	13,24	488,89	76,59	63,39	75,50				26,38	2,13		3,21		
	Rata-rata	13,32	490,71	78,13	64,40	73,14				25,15	2,53		3,04		

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah B. 2006. Potensi padi liar sebagai sumber genetik dalam pemuliaan padi. *Buletin Iptek Tanaman Pangan*. 1(2): 143–152.
- Afifah N, Zakiyah N. 2020. Review artikel: Indeks glikemik pada berbagai varietas beras. *Farmaka*. 18(2): 42–49.
- Ahmed I, Qazi IM, Li Z, Ullah J. 2016. Rice noodles: materials, processing and quality evaluation. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: B. Life and Environmental Sciences*. 53(3): 215–238.
- Akhmadi G, Purwoko BS, Dewi IS, Wirnas DD. 2017. Pemilihan karakter agronomi untuk seleksi pada galur-galur padi dihaploid hasil kultur antera. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*. 45(1): 1–8. <https://doi.org/10.24831/jai.v45i1.13681>.
- Allidawati, Kustianto B. 1989. Metode uji mutu beras dalam program pemuliaan padi. Di dalam: Ismunadji M, Syam M, Yuswadi, editor. *Padi Buku 2*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. hlm. 363–375.
- Arifa AH, Syamsir E, Budijanto S. 2021. Karakterisasi fisikokimia beras hitam (*Oryza sativa* L.) dari Jawa Barat, Indonesia. *AgriTECH*. 41(1): 15–24. <https://doi.org/10.22146/agritech.53307>.
- Bao J. 2014. Genes and QTLs for rice grain quality improvement. Di dalam: Yan W, Bao J, editor. *Rice: Germplasm, Genetics and Improvement*. InTech. hlm. 239–278. <https://doi.org/10.5772/56621>
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2020. *Standar Nasional Indonesia SNI 6128:2020 Beras*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Budijanto S, Sitanggang AB. 2011. Produktivitas dan proses penggilingan padi terkait dengan pengendalian faktor mutu berasnya. *Pangan*. 20(2): 141–152.
- Chairunnisak, Sugiyanta, Santosa E. 2021. Pengaruh nitrogen terhadap kualitas beras aromatik. *Jurnal Agronida*. 7(1): 1–8. <https://doi.org/10.30997/jag.v7i1.4064>.
- Cruz ND, Khush GS. 2000. Rice grain quality evaluation procedures. Di dalam: Singh RK, Singh US, Khush GS, editor. *Aromatic Rices*. New Delhi: Oxford & IBH Publ. hlm. 15–28.
- Firdaus MJ, Purwoko BS, Dewi IS, Suwarno WB. 2022. Karakterisasi fisikokimia beras galur-galur padi hitam dihaploid. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*. 50(1): 1–9. <https://doi.org/10.24831/jai.v50i1.39850>.
- Fitriyah D, Ubaidillah M, Oktaviani F. 2020. Analisis kandungan gizi beras dari beberapa galur padi transgenik Pac Nagdong/Ir36. *ARTERI: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 1(2): 154–160. <https://doi.org/10.37148/arteri.v1i2.51>.
- Gann PJ, Esguerra M, Counce PA, Srivastava V. 2021. Genotype-dependent and heat-induced grain chalkiness in rice correlates with the expression patterns of starch biosynthesis genes. *Plant-Environment Interactions*. 2(4): 165–176. <https://doi.org/10.1002/pei3.10054>.
- Han C-M, Shin J-H, Kwon J-B, Kim Jong-Soo, Won J-G, Kim Jong-Sang. 2021. Comparison of morphological and physicochemical properties of a floury rice variety upon pre-harvest sprouting. *Foods*. 10(4): 746 <https://doi.org/10.3390/foods10040746>.
- IRRI. 2013. *Standard Evaluation System (SES) for Rice*. Ed ke-5. Los Baños: International Rice Research Institute.
- Irwansyah D, Amani Y. 2017. Penerapan k-nearest neighbors dalam penilaian kelayakan mesin produksi padi. *Industrial Engineering Journal*. 6(2): 61–66.
- Iswari K. 2012. Kesiapan teknologi panen dan pascapanen padi dalam menekan kehilangan hasil dan meningkatkan mutu beras. *Jurnal Litbang Pertanian*. 31(2): 58–67.
- Jumali, Widyantoro. 2017. Karakteristik budidaya padi gogo dan mutu gabah/beras yang dihasilkan di Jawa Barat dan Banten. Dalam: *Prosiding Temu Teknologi Padi 2015*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi, Subang, 6 Agustus 2015.
- Kalsum U, Sabat E, Imadudin P. 2020. Analisa hasil rendemen giling dan kualitas beras pada penggilingan padi kecil keliling. *Agrosaintifika*. 2(2): 125–130.
- Kobarsih M, Siswanto N. 2015. Penanganan susut panen dan pasca panen padi kaitannya dengan anomali iklim di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. *Planta Tropika Journal of Agro Science*. 3(2): 100–106. <https://doi.org/10.18196/pt.2015.046.100-106>.
- Kumar A, Priyadarshinee R, Roy A, Dasgupta D, Mandal T. 2016. Current techniques in rice mill effluent treatment: Emerging opportunities for waste reuse and waste-to-energy conversion. *Chemosphere*. 164: 404–412. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.08.118>.
- Kumar I, Khush GS. 1986. Gene dosage effects of amylose content in rice endosperm. *The Japanese*

- Journal of Genetics*. 61(6): 559–568. <https://doi.org/10.1266/jig.61.559>.
- Lestari AP, Aswidinnoor H, Suwarno. 2007. Uji daya hasil pendahuluan dan mutu beras 21 padi hibrida harapan. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 35(1): 1–7.
- Lestari P, Ham T-H, Lee H-H, Woo M-O, Jiang W, Chu S-H, Kwon S-W, Ma K, Lee J-H, Cho Y-C, Koh H-J. 2009. PCR marker-based evaluation of the eating quality of *Japonica* rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57(7): 2754–2762. <https://doi.org/10.1021/jf803804k>.
- Masniawati A, Marwah Asrul N AI, Johannes E, Asnady M. 2018. Characterization of rice physicochemical properties local rice germplasm from Tana Toraja Regency of South Sulawesi. *Journal of Physics: Conference Series*. 979(1): 012005. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/979/1/012005>.
- Nevame AYM, Emon RM, Malek MA, Hasan MM, Alam MdA, Muharam FM, Aslani F, Rafii MY, Ismail MR. 2018. Relationship between high temperature and formation of chalkiness and their effects on quality of rice. *BioMed Research International*. 2018: 1–18. <https://doi.org/10.1155/2018/1653721>.
- Nugraha S. 2012. Inovasi teknologi pascapanen untuk mengurangi susut hasil dan mempertahankan mutu gabah/beras di tingkat petani. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. 8(1): 48–61.
- Rachmat R, Thahir R, Gummert M. 2016. The empirical relationship between price and quality of rice at market level in West Java. *Indonesian Journal of Agricultural Science*. 7(1): 27–33. <https://doi.org/10.21082/ijas.v7n1.2006.27-33>.
- Riyanto A, Susanti D, Haryanto TAD. 2023. Parameter genetik dan analisis hubungan antar sifat pada populasi F2 padi keturunan persilangan Inpari 31 x Basmati Delta 9. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 23 (1): 94–109. <http://dx.doi.org/10.25181/jppt.v23i1.2433>.
- Septianingrum E, Kusbiantoro B. 2017. Upaya memperpanjang umur simpan (*shelf life*) gabah atau beras melalui pengendalian terhadap faktor-faktor penyimpanan dan metode penyimpanannya. Dalam: *Prosiding Temu Teknologi Padi 2015*. Sukamandi (ID): Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 6 Agustus 2015.
- Shijagurumayum S, Devi GAS, Singh ChB. 2018. Grain quality evaluation of some aromatic rice varieties of Manipur, India. *Research on Crops*. 19(2): 169–181. <https://doi.org/10.5958/2348-7542.2018.00026.8>.
- Soerjandoko RNE. 2010. Teknik pengujian mutu beras skala laboratorium. *Buletin Teknik Pertanian*. 15(2): 44–47.
- Suismono, Setyono A, Indrasari SD, Wibowo P, Las I. 2003. *Evaluasi Mutu Beras Berbagai Varietas Padi di Indonesia*. Sukamandi (ID): Balai Penelitian Tanaman Padi.
- Sun M-M, Abdula SE, Lee H-J, Cho Y-C, Han L-Z, Koh H-J, Cho Y-G. 2011. Molecular aspect of good eating quality formation in japonica rice. *PLoS One*. 6(4): e18385. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018385>.
- Susiyanti, Rusmana, Maryani Y, Sjaifuddin, Krisdianto N, Syabana MA. 2020. The physicochemical properties of several Indonesian rice varieties. *Biotropia*. 27(1): 41–50. <https://doi.org/10.11598/btb.2020.27.1.1030>.
- Syafutri MI, Pratama F, Syaiful F, Faizal A. 2016. Effects of varieties and cooking methods on physical and chemical characteristics of cooked rice. *Rice Science*. 23(5): 282–286. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.08.006>.
- Tian Z, Qian Q, Liu Q, Yan M, Liu X, Yan C, Liu G, Gao Z, Tang S, Zeng D, et al. 2009. Allelic diversities in rice starch biosynthesis lead to a diverse array of rice eating and cooking qualities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106(51): 21760–21765. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912396106>.
- Wang H, Zhu S, Dang X, Liu E, Hu X, Eltahawy MS, Zaid IU, Hong D. 2019. Favorable alleles mining for gelatinization temperature, gel consistency and amylose content in *Oryza sativa* by association mapping. *BMC Genetics*. 20(1): 34. <https://doi.org/10.1186/s12863-019-0735-y>.
- Yang L, Wang Y. 2019. Impact of climate change on rice grain quality. *Rice*. 427–441. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811508-4.00013-7>.
- Zuhrotul HA, Bintoro N, Susanti DY. 2008. Unjuk kerja mesin penggiling padi tipe single pass. Di dalam: *Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian 2008*. Yogyakarta (ID): Fakultas Teknologi Pertanian UGM.