

Evaluasi Mutu Fisikokimia dan Viskoamilografi Lima Varietas Padi dengan Pupuk Organik Diperkaya Mikroba

Pustika Adwiyani^{1*}, Sugiyanta², Maya Melati², dan Titi Candra Sunarti³

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Kota Pontianak 78124

²Prodi Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

³Prodi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

*Alamat korespondensi: pustikaadwiyani@faperta.untan.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 21-08-2025 Direvisi: 29-20-2025 Dipublikasi: 31-12-2025	Evaluation of physicochemical quality and viscoamylography of five rice varieties grown with microbe-enriched organic fertilizer
Keywords: Amylose, Milling yield, Porosity, Starch viscosity, Water absorption ratio	Rising consumer awareness of health and food safety has driven an increasing demand for organic rice. One promising approach to organic rice production is the implementation of sustainable cultivation practices, including the use of microbe-enriched organic fertilizers. Most previous studies have primarily focused on plant growth and yield performance, while evaluations related to rice quality, cooking characteristics, and viscoamylographic profiles resulting from the application of microbe-enriched organic fertilizers have not been extensively investigated. This study aimed to assess the physicochemical quality, cooking attributes, and viscoamylographic profiles of five rice varieties—IPB 3S, Inpari 24, Hipa 18, Inpari 32, and Tarabas—grown under different application rates (0, 10, 20, and 30 tons/ha) of microbe-enriched organic fertilizer. The evaluated variables included milling recovery, physical grain quality, moisture content, amylose content, gel consistency, water absorption ratio, and starch viscosity profile. The findings revealed that the application of microbe-enriched organic fertilizer had no significant effect on milling recovery, grain shape, density, or porosity. Variations in quality traits were primarily influenced by the genetic characteristics of each variety. These results suggest that varietal attributes play a predominant role in determining rice quality, regardless of organic fertilization treatment. Overall, none of the tested varieties fully complied with the Indonesian National Standard (SNI 6128:2020) for the evaluated rice quality after the application of microbe-enriched organic fertilizer.
Kata Kunci: Amilosa, Nisbah penyerapan air, Porositas, Rendemen, Viskositas pati	Meningkatnya kesadaran konsumen terhadap aspek kesehatan dan keamanan pangan telah mendorong peningkatan permintaan beras organik. Salah satu pendekatan untuk menghasilkan beras organik yaitu manajemen budidaya salah satunya penggunaan pupuk organik diperkaya mikroba. Sebagian besar evaluasi hanya sampai tahap hasil pertumbuhan namun evaluasi terkait mutu beras, karakter pemasakan, dan profil viskoamilografi dari penggunaan pupuk organik diperkaya mikroba masih belum banyak dikaji. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi mutu fisikokimia, sifat pemasakan, dan profil viskoamilografi pada lima varietas padi, yaitu IPB 3S, Inpari 24, Hipa 18, Inpari 32, dan Tarabas yang dibudidayakan dengan aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba pada dosis 0, 10, 20, dan 30 ton/ha. Variabel yang diamati meliputi rendemen beras, mutu fisik beras, kadar air beras, kadar amilosa, konsistensi

gel, nisbah penyerapan air, dan profil viskositas pati. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap rendemen, bentuk beras, densitas, dan porositas. Variasi karakteristik mutu lebih banyak ditentukan oleh faktor genetik masing-masing varietas. Temuan ini menegaskan bahwa karakter varietas berperan dominan dalam menentukan mutu beras, terlepas dari perlakuan pemupukan organik yang diberikan. Secara keseluruhan, kelima varietas yang diuji belum sepenuhnya memenuhi standar SNI 6128:2020 untuk parameter mutu beras yang diamati setelah perlakuan pupuk organik diperkaya mikroba.

PENDAHULUAN

Beras merupakan komoditas pangan utama yang berperan penting dalam ketahanan pangan global (Mohidem *et al.*, 2022). Tren konsumsi menunjukkan peningkatan permintaan terhadap beras organik, dengan pertumbuhan pasar diperkirakan mencapai 8% pada periode 2019 hingga 2025 (Bergman & Pandhi, 2023). Konsumen memilih beras organik karena dianggap lebih sehat dan ramah lingkungan, meskipun temuan ilmiah mengenai keunggulan nutrisinya masih bervariasi, persepsi konsumen terhadap keamanan produk organik tetap tinggi.

Salah satu pendekatan produksi beras organik adalah dengan meminimalkan penggunaan pupuk kimia untuk menekan dampak ekologis. Alternatif yang banyak dikembangkan ialah penggunaan pupuk organik yang diperkaya mikroba fungsional, seperti *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, dan konsorsium PGPR (Chaudary *et al.*, 2022). Substitusi pupuk kimia dengan pupuk organik diperkaya mikroba terbukti mampu mempertahankan atau meningkatkan hasil dan mutu padi (Jin *et al.*, 2022). Jenis pupuk ini tidak hanya menyediakan unsur hara secara berkelanjutan, tetapi juga memperbaiki kondisi tanah serta mendukung sintesis pati dan protein yang menentukan mutu konsumsi beras.

Mutu beras berperan penting dalam menentukan preferensi konsumen, nilai jual, dan kontribusinya terhadap ketahanan pangan global (Rani *et al.*, 2025). Evaluasi mutu beras dipengaruhi oleh aspek fisik (ukuran, bentuk, berat, dan tingkat kapur beras), aspek kimia (kandungan amilosa, protein, lemak), dan aspek biologis (senyawa bioaktif, aktivitas enzim, dan mikroorganisme pasca panen). Mutu beras juga diklasifikasikan berdasarkan penggilingan, penampilan, kandungan nutrisinya, serta karakteristik memasak (*cooking properties*) (Gong *et al.*, 2023).

Karakteristik memasak (*cooking properties*) menggambarkan bagaimana teknik pemasakan memengaruhi kualitas rasa, pencernaan makanan (tekstur nasi), dan manfaat kesehatan (nilai gizi). Karakteristik ini ditentukan oleh komposisi dan struktur pati, terutama kadar amilosa, rasio amilosa–amilopektin, ukuran granula, dan kristalinitas. Beras beramilosa tinggi menghasilkan nasi pera dan keras, sedangkan kadar amilosa rendah menghasilkan nasi pulen dan lengket (Zhong *et al.*, 2022). Selain itu, struktur molekul dan panjang rantai amilopektin, ukuran, dan kristalinitas granula pati juga memengaruhi sifat gelatinisasi, penyerapan air, dan tekstur akhir nasi (Guo *et al.*, 2021; Zhou *et al.*, 2021).

Adwiyani dkk. (2022) telah mengkaji sebelumnya terkait respon aplikasi pupuk diperkaya mikroba dengan dosis 0, 10, 20, 30 ton/ha pada lima varietas padi yang memiliki karakteristik yang berbeda meliputi jenis padi tipe baru, inbrida beras merah, hibrida, varietas unggul baru, dan japonica pada aspek morfofisiologi dan hasil produksi. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan produktivitas gabah berkisar 12,91% hingga 32,5%. Selain itu, penggunaan pupuk organik yang diperkaya mikroba fungsional seperti *Azospirillum*, *Azotobacter*, dan *Bacillus spp.* meningkatkan penyerapan hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dengan hasil optimum pada 20 ton/ha. Efisiensi penyerapan hara ini berkontribusi pada pembentukan amilosa dan amilopektin yang menentukan tekstur serta kelengketan nasi setelah dimasak.

Kumar *et al.* (2023) mengemukakan bahwa pengaruh lingkungan dan praktik budidaya, termasuk pemupukan (Liu *et al.*, 2023) dapat mengubah profil kimia dan fisik biji yang berpengaruh langsung terhadap mutu beras. Praktik budidaya padi secara organik juga diketahui dapat meningkatkan kualitas nutrisi dan sifat fisik beras, seperti menurunnya indeks glikemik serta

membaliknya konsistensi gel dan viskositas pasta, serta *cooking properties* beras (Mahajan *et al.*, 2020). Temuan ini menyoroti perlunya pemantauan mutu terintegrasi dari ladang hingga konsumsi untuk menjaga kualitas mutu beras yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi mutu fisikokimia, *cooking properties*, dan profil viskoamilografi dari lima varietas padi dengan jenis berbeda yang dibudidayakan menggunakan pupuk organik diperkaya mikroba sebagai pemantauan di tahap konsumsi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Mutu, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bahan penelitian yang digunakan berupa sampel beras dari lima varietas padi yaitu IPB 3S, Inpari 24, Hipa 18, Inpari 32, dan Tarabas (Gambar 1), yang telah disosoh. Padi tersebut dibudidayakan di Lahan Sawah Baru, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor dengan perlakuan pupuk organik diperkaya mikroba pada dosis 0, 10, 20, dan 30 ton/ha. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu rancangan petak terbagi dengan dosis pupuk sebagai petak utama dan varietas sebagai anak petak sehingga diperoleh 20 kombinasi perlakuan dengan tiga ulangan. Selama proses budidaya, tidak digunakan input tambahan pupuk kimia maupun pestisida sintesis, namun prosedur sertifikasi organik belum diterapkan.



Gambar 1. Lima varietas padi yang digunakan dalam percobaan.

Variabel yang diamati dan metode yang digunakan untuk masing-masing variabel meliputi:

1. Rendemen beras giling diperoleh dari perbandingan berat beras giling dari proses penggilingan gabah dengan berat gabah awal.
$$\text{Rendemen Beras Giling} = \frac{\text{Berat Beras Giling}}{\text{Berat Gabah Awal}} \times 100\% \text{ (Bao, 2019).}$$
2. Persentase beras pecah kulit diperoleh dari perbandingan antara berat beras pecah kulit hasil pengupasan dengan berat gabah awal. Beras pecah kulit merupakan butir beras yang telah terlepas dari sekam melalui proses pengupasan, namun masih memiliki lapisan kulit ari (aleurone) sebagian atau seluruhnya.
$$\text{Persentase Beras Pecah Kulit} = \frac{\text{Berat Beras Pecah Kulit}}{\text{Berat Gabah Awal}} \times 100\% \text{ (Bao, 2019).}$$
3. Persentase beras giling (milling recovery) adalah perbandingan antara berat beras giling yang dihasilkan setelah proses penyosohan dengan berat beras pecah kulit, dinyatakan dalam persen (%).
$$\text{Persentase Beras Giling} = \frac{\text{Berat Beras Giling}}{\text{Berat Beras Pecah Kulit}} \times 100\% \text{ (Bao, 2019).}$$
4. Mutu fisik beras ditentukan berdasarkan persentase butir kepala, butir patah, dan butir menir dari total 100 g sampel. Butir kepala didefinisikan sebagai butir dengan ukuran sama atau > 80%, butir patah dengan ukuran antara 20% hingga 80%, dan butir menir dengan ukuran < 20% dari ukuran butir beras utuh (SNI, 2020).
5. *Chalkiness* diperoleh dari persentase perbandingan butir kapur dengan butir beras giling dalam 100 g (SNI, 2020).
6. Penentuan kadar air beras dilakukan dengan metode gravimetri (SNI, 2020).
7. Bentuk beras dihitung dengan rasio panjang beras dan lebar beras menggunakan jangka sorong untuk setiap 10 sampel beras (Nadvornikova *et al.*, 2018).
8. *Bulk density* atau densitas kamba dihitung dengan menuangkan 100 g beras ke dalam gelas ukur kemudian dihitung volumenya dalam satuan ml (Nadvornikova *et al.*, 2018).
9. Porositas merupakan indeks rongga jumlah beras dan dihitung dari nilai kepadatan dan densitas kamba (Nadvornikova *et al.*, 2018).

10. Nisbah penyerapan air nasi (*water uptake ratio*) diperoleh dari perbandingan berat nasi dengan berat beras dengan rumus nisbah penyerapan air = $\frac{\text{berat nasi}}{\text{berat beras}} \times 100\%$ (Nadvornikova *et al.*, 2018).
11. Sifat konsistensi gel beras diperoleh dengan mengukur panjang gel yang terbentuk dalam tabung reaksi yang diletakkan mendatar setelah didiamkan selama 1 jam (Mardiah *et al.*, 2016).
12. Kadar amilosa ditentukan dengan metode pengikatan iodin yang dimodifikasi (ISO, 2015). Sejumlah 100 mg tepung beras dilarutkan dalam 1 mL etanol 95% dan 9 mL NaOH 1 N, kemudian dipanaskan selama 10 menit dan diencerkan hingga 100 mL. Sebanyak 5 mL larutan diambil, ditambah 1 mL asam asetat 0,5 N dan 2 mL larutan I₂-KI, lalu diencerkan kembali hingga 100 mL. Absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 620 nm, dan kadar amilosa dihitung dari kurva standar amilosa kentang.
13. Kecenderungan retrogradasi atau *rapid visco analyzer* (RVA) merupakan alat pendingin dan pemanas yang memberikan informasi terkait viskositas puncak, viskositas tahan, kerusakan, viskositas akhir, kemunduran, suhu lekat, dan waktu puncak (Shafie *et al.*, 2016).

Data untuk variabel rendemen, persentase beras pecah kulit, persentase beras pecah dianalisis menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan bantuan perangkat lunak *RStudio*. Uji lanjut DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dilakukan apabila terdapat perbedaan nyata antar perlakuan. Bentuk beras, densitas kamba, dan porositas dianalisis dengan uji non parametrik (*Kruskal Wallis*), dan untuk variabel lainnya yang belum memenuhi asumsi ANOVA dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mutu beras mencerminkan karakteristik fisik, kimia, dan sensori yang menentukan nilai gizi, daya simpan, serta penerimaan konsumen, dan dipengaruhi oleh faktor genetik, lingkungan, serta manajemen budidaya seperti pemupukan. Penelitian ini menyajikan hasil pengaruh perlakuan pemupukan organik diperkaya mikroba terhadap mutu beras yang dihasilkan.

Mutu Giling (*Milling Yield*)

Mutu giling merupakan kemampuan gabah menghasilkan beras utuh dengan rendemen tinggi, tidak dipengaruhi secara signifikan oleh perlakuan pupuk organik yang diperkaya mikroba, namun menunjukkan variasi nyata antar varietas (Tabel 1). Sementara itu, data pada Tabel 2 menunjukkan nilai beras pecah kulit berskisar 73,07% hingga 76,97% dengan Inpari 32 dan IPB 3S menghasilkan beras pecah kulit yang relatif tinggi dan berbeda nyata dengan Tarabas. Varietas Inpari 24 dan Hipa 18 berada dalam kelompok menengah dan cenderung lebih rendah dibanding Inpari 32 dan IPB 3S. Semakin tinggi persentase beras pecah kulit yang dihasilkan mengindikasikan kualitas gabah yang baik dan sedikitnya kehilangan hasil saat penggilingan (David & Krisdianto, 2017). Selain itu, umumnya kandungan nutrisi dari beras pecah kulit lebih tinggi dibandingkan beras giling (Carcea, 2021).

Semakin tinggi rendemen beras pecah kulit, maka rendemen beras giling yang dihasilkan semakin tinggi pula. Rendemen beras giling adalah salah satu faktor penting dalam mempertimbangkan apakah galur harapan padi dapat dikembangkan menjadi varietas unggul baru. Semakin tinggi rendemen beras giling maka varietas tersebut semakin memiliki nilai ekonomi yang tinggi

Tabel 1. Hasil sidik ragam variabel mutu giling lima varietas padi yang telah diberi perlakuan pupuk organik diperkaya mikroba

Variabel	Fhitung		
	Pupuk	Varietas	Interaksi
Beras pecah kulit	2,52	5,48**	1,27
Beras giling	0,55	19,86**	1,00
Rendemen	1,29	15,07**	0,97

Keterangan: ** = berpengaruh nyata.

Beras giling (*polished rice*) merupakan hasil dari proses penyosohan beras pecah kulit, di mana sebagian atau seluruh lapisan aleuron dihilangkan. Nilai penyusutan penggilingan merupakan selisih antara berat beras pecah kulit dan berat beras giling dibandingkan berat beras pecah kulit. Nilai ini menunjukkan tingkat kehilangan hasil saat proses penyosohan, semakin kecil nilai penyusutan maka proses penggilingan yang dihasilkan semakin efisien. Hasil analisis menunjukkan bahwa varietas Inpari 24 memiliki persentase beras giling tertinggi dibandingkan varietas lainnya (Tabel 2), dengan nilai penyusutan sebesar 4,17% dari beras pecah kulit.

Sementara itu, varietas IPB 3S, Inpari 32, Hipa 18, dan Tarabas mengalami penyusutan lebih dari 10%, yang mengindikasikan bahwa volume bekatul yang

dihasilkan dari varietas-varietas tersebut lebih besar dibandingkan Inpari 24.

Tabel 2. Pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba terhadap mutu giling lima varietas padi

Perlakuan	Beras pecah kulit (%)	Beras giling (%)	Rendemen (%)
Dosis (ton/ha)			
0	74,80a	88,49a	66,2a
10	73,65a	87,65a	64,6a
20	75,81a	87,99a	66,7a
30	74,89a	86,80a	64,9a
Varietas			
IPB 3S	75,33ab	86,55bc	65,2b
Inpari 24	74,23bc	95,89a	71,13a
Hipa 18	74,35bc	83,82c	62,3c
Inpari 32	76,97a	87,62b	67,5b
Tarabas	73,07c	84,83bc	62,0c
Interaksi	tn	tn	tn

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang tidak sama berbeda nyata pada taraf 5% uji DMRT. tn = tidak nyata.

Berdasarkan data dari PSEKP (2018), kisaran rendemen gabah kering giling ke beras umumnya berada antara 60–65%. Inpari 24 dan Inpari 32 menunjukkan rendemen yang melebihi kisaran tersebut, yaitu sebesar 71,13% dan 67,5% (Tabel 2), yang mengindikasikan efisiensi penggilingan yang tinggi dan potensi produktivitas yang lebih baik. Sementara itu, varietas IPB 3S, Hipa 18, dan Tarabas menghasilkan rendemen yang masih berada dalam kisaran standar, yakni 62,0–65,2%. Rendemen tinggi pada Inpari 24 dan Inpari 32 diduga dipengaruhi oleh struktur gabah yang padat dan berkulit tipis, sehingga kehilangan bekatul lebih rendah. Disebutkan bahwa morfologi gabah dan kondisi pascapanen berperan penting dalam efisiensi penggilingan dan rendemen beras (PSEKP, 2018).

Bentuk Beras, Densitas Kamba, Porositas

Perlakuan pupuk organik diperkaya mikroba tidak berpengaruh nyata pada variabel bentuk beras, densitas kamba, dan porositas, sebaliknya varietas menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata untuk ketiga variabel tersebut (Tabel 3 dan 4). Bentuk beras antar varietas yang berbeda nyata terdapat pada varietas Inpari 24 terhadap Inpari 32 dan Tarabas, Hipa 18 terhadap Inpari 32 dan Tarabas, serta IPB 3S terhadap Tarabas (Tabel 4). Bentuk beras menurut klasifikasi IRRI (*International Rice Research Institute*) dikategorikan sebagai berikut: rasio >3,0 tipe ramping (*slender*); 2,1–3,0 tipe sedang (*medium*); 1,1–2,0 tipe gemuk (*bold*); dan <1,1 tipe bulat (*round*) (Pokhrel *et al.*, 2020). Varietas IPB 3S, Inpari 24, dan

Hipa 18 memiliki bentuk ramping, Inpari 32 bentuk sedang, dan Tarabas bentuk gemuk (Tabel 5). Karakteristik bentuk beras lebih dominan dipengaruhi oleh faktor genetik yang melekat pada masing-masing varietas. Namun, pada varietas IPB 3S, terjadi pergeseran kategori bentuk dari semula berbentuk sedang menjadi ramping. Hal ini dapat dipengaruhi oleh lingkungan tumbuh, manajemen budidaya, dan proses penggilingan. Menurut Zhou *et al.* (2018) aplikasi pemupukan dapat memengaruhi rasio panjang/lebar butir beras sehingga dimungkinkan aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba berpengaruh tidak langsung terhadap bentuk beras.

Tabel 3. Hasil sidik ragam uji non parametrik variabel bentuk beras, densitas kamba, dan porositas yang telah diberi perlakuan pupuk organik diperkaya mikroba pada lima varietas padi

Variabel	Perlakuan	Df	p-value	Keterangan
Bentuk beras	Dosis	3	0,83	tn
	Varietas	4	0,00	*
Densitas kamba	Dosis	3	0,82	tn
	Varietas	4	0,00	*
Porositas	Dosis	3	0,63	tn
	Varietas	4	0,00	*

Keterangan: (*) = berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0,05$; tn = tidak nyata.

Densitas kamba beras hasil perlakuan pupuk organik diperkaya mikroba berkisar antara 0,82–0,87

g/ml (Tabel 5). Nilai ini menunjukkan tingkat kerapatan butiran beras, di mana densitas yang lebih tinggi menandakan ruang antar butir lebih kecil dan beras lebih mudah dimampatkan. Densitas kamba juga berperan dalam menentukan kondisi penyimpanan optimal karena dipengaruhi oleh kadar

air dan sifat fisik butiran beras. Menurut Tiwari *et al.* (2017), kelembaban memengaruhi kepadatan beras, sehingga pengukuran densitas kamba penting untuk pengendalian mutu selama distribusi dan penyimpanan.

Tabel 4. Hasil uji lanjut untuk mengetahui pengaruh antar varietas pada variabel bentuk beras, densitas kamba, dan porositas

Varietas	Bentuk beras		Densitas kamba		Porositas	
	<i>p-value</i>	Keterangan	<i>p-value</i>	Keterangan	<i>p-value</i>	Keterangan
IPB 3S - Inpari 24	0,559	tn	0,000	*	0,000	*
IPB 3S - Hipa 18	0,061	tn	0,000	*	0,000	*
Inpari 24 - Hipa 18	1,000	tn	0,825	tn	0,000	*
IPB 3S - Inpari 32	1,000	tn	1,000	tn	1,000	tn
Inpari 24 - Inpari 32	0,010	*	0,000	*	0,027	*
Hipa 18 - Inpari 32	0,000	*	0,055	tn	0,011	*
IPB 3S - Tarabas	0,006	*	1,000	tn	1,000	tn
Inpari 24 - Tarabas	0,000	*	0,000	*	0,012	*
Hipa 18 - Tarabas	0,000	*	0,004	*	0,023	*
Inpari 32 - Tarabas	0,443	ns	1,000	ns	1,000	ns

Keterangan: (*) = berbeda nyata pada taraf $\alpha = 0,05$; tn = tidak nyata.

Porositas beras berkisar antara 36,14–40,80% (Tabel 5), mencerminkan struktur butiran yang stabil namun tetap memungkinkan sirkulasi udara. Nilai porositas ini berpengaruh terhadap kemampuan penyerapan air, efisiensi pemasakan, dan tekstur nasi. Porositas yang lebih tinggi dapat mempercepat gelatinisasi pati sehingga menghasilkan nasi lebih lembut (Sasmitaloka dkk., 2020). Oleh karena itu, pengukuran porositas penting tidak hanya untuk penyimpanan dan pengemasan, tetapi juga dalam menilai kualitas fungsional dan preferensi konsumen.

Tabel 5. Rerata bentuk beras, densitas kamba, dan porositas antar varietas

Varietas	Bentuk beras	Densitas kamba (g/ml)	Porositas (%)
IPB 3S	3,14	0,87	37,67
Inpari 24	3,39	0,82	36,14
Hipa 18	3,53	0,85	40,80
Inpari 32	2,97	0,86	38,81
Tarabas	1,78	0,87	39,26

Kadar Air Beras, Butir Kepala, Butir Patah, Butir Menir, Butir Kapur

Variabel kadar air beras, butir kepala, butir patah, butir menir, dan butir kapur (*chalkiness*)

dianalisis secara deskriptif pada perlakuan pupuk organik diperkaya mikroba terhadap masing-masing varietas. Hasil analisis menunjukkan bahwa mutu fisik beras dari lima varietas belum memenuhi standar mutu beras yang dipersyaratkan SNI 6128:2020 pada variabel kadar air beras, butir kepala, butir patah, butir menir, dan butir kapur secara bersamaan (Tabel 6).

Kadar air beras dari lima varietas yang diberi perlakuan pupuk organik diperkaya mikroba berada dalam kisaran standar menurut SNI 6128:2020 ($\leq 14\%$), yakni 12,3–13,7%. Varietas Tarabas memiliki kadar air di bawah 13%, sedangkan IPB 3S, Hipa 18, dan Inpari 32 berada pada 13–13,7% (Tabel 6). Kadar air yang sesuai penting untuk menjaga mutu fisik, tekstur, dan cita rasa beras, karena fluktuasinya dapat merusak struktur pati dan memengaruhi kekerasan butir (Tamrin *et al.*, 2017; Qin *et al.*, 2021).

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa belum ada varietas dengan butir kepala sesuai mutu kelas premium SNI 6128:2020. Butir kepala kelas medium 1 diperoleh pada varietas Inpari 24 dan Inpari 32 pada perlakuan tanpa pemupukan serta pada dosis pupuk 10 ton/ha. Butir kepala Hipa 18 pada perlakuan 10 dan 30 ton/ha, serta Inpari 24 dan Inpari 32 pada perlakuan 20 ton/ha termasuk kelas medium 2. Sementara itu, butir kepala Tarabas dan IPB 3S tidak

memenuhi SNI 6128 pada semua perlakuan (Tabel 6). Standar mutu beras mensyaratkan minimal 55% persentase butir kepala agar dapat diterima

konsumen, karena butir kepala memengaruhi penampilan visual dan mutu fisikokimia beras (Lapis *et al.*, 2019).

Tabel 6. Pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba terhadap mutu fisik beras lima varietas padi

Dosis	Varietas	Kadar air beras (%)	Butir kepala	Butir patah	Butir menir	Butir kapur
Kelas Premium***		Maks 14%	Min 85%	Maks 14,5%	Maks 0,5%	Maks 0,5%
Kelas Medium 1**		Maks 14%	Min 80%	Maks 18%	Maks 2,0%	Maks 2,0%
Kelas Medium 2*		Maks 14%	Min 75%	Maks 22%	Maks 3,0%	Maks 3,0%
0	IPB 3S	13,3	39,16	52,25	8,59	15,48
	Inpari 24	12,8	82,67	13,04	4,29	2,58
	Hipa 18	13,6	74,93	16,80	8,27	16,78
	Inpari 32	13,6	83,24	9,13	7,64	10,40
	Tarabas	12,3	55,33	33,31	11,36	4,27
10	IPB 3S	13,2	41,21	50,97	7,83	14,00
	Inpari 24	13,0	82,63	14,58	2,79	4,57
	Hipa 18	13,7	76,87	20,17	2,96	16,74
	Inpari 32	13,1	80,86	14,50	4,65	7,66
	Tarabas	12,4	63,49	19,29	17,22	6,98
20	IPB 3S	13,5	50,29	40,27	9,44	4,92
	Inpari 24	13,0	78,61	18,32	3,07	3,43
	Hipa 18	13,4	73,54	10,86	15,60	17,10
	Inpari 32	13,5	75,33	17,74	6,93	13,35
	Tarabas	12,4	50,21	30,71	19,08	5,50
30	IPB 3S	13,3	73,07	16,09	10,83	6,43
	Inpari 24	13,1	74,69	13,09	12,22	3,73
	Hipa 18	13,7	75,97	17,74	6,29	17,07
	Inpari 32	13,3	74,28	19,32	6,40	7,07
	Tarabas	12,5	52,98	30,71	16,31	4,83

Keterangan: Kriteria kelas mutu beras berdasarkan SNI 6128 (2020).

Butir patah merupakan butir beras dengan ukuran 20% hingga 80% bagian dari butir beras utuh, sedangkan ukuran butir menir <20% (SNI, 2020). Butir patah yang memenuhi syarat kelas premium yaitu Inpari 24 dan Inpari 32 tanpa pemupukan, Inpari 32 perlakuan pupuk 10 ton/ha, Hipa 18 perlakuan pupuk 30 ton/ha, dan Inpari 24 perlakuan pupuk 30 ton/ha. Varietas yang tidak memenuhi syarat mutu beras SNI 6128 yaitu Tarabas dan IPB 3S kecuali pada perlakuan 10 ton/ha (Tarabas) dan 30 ton/ha (IPB 3S) (Tabel 6). Rendahnya persentase butir kepala dan tingginya butir kepala pada IPB 3S dan Tarabas kemungkinan dipengaruhi oleh penanganan pascapanen yang kurang optimal.

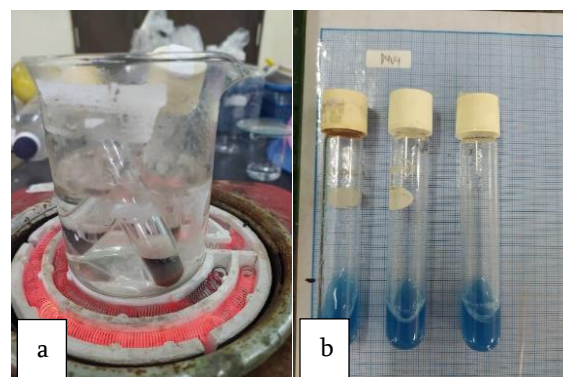
Sebagian besar varietas belum memenuhi standar mutu beras SNI 6128:2020 untuk butir menir dan butir kapur, kecuali varietas Inpari 24 dan Hipa 18 pada perlakuan pupuk 10 ton/ha (butir menir) dan tanpa pemupukan (butir kapur), yang tergolong kelas mutu medium 2 (Tabel 6). Kandungan butir kapur

yang tinggi mengurangi derajat keputihan, kualitas visual, dan daya tarik pasar sehingga menurunkan harga jual beras (Kawamura *et al.*, 2018).

Cooking Properties dan Kadar Amilosa

Karakteristik pemasakan beras menentukan mutu nasi dan dipengaruhi oleh kadar amilosa, konsistensi gel, serta nisbah penyerapan air (Lagat *et al.*, 2016). Konsistensi gel mencerminkan viskositas pati dan kemampuan beras menyerap air saat dimasak (Gambar 2). Konsistensi gel diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu lunak (>60 mm), sedang atau agak lengket (40–60 mm), dan keras (<40 mm) (Zhang *et al.*, 2020). Berdasarkan hasil pengujian, IPB 3S dan Hipa 18 pada kondisi tanpa pemupukan maupun setelah pemberian pupuk organik diperkaya mikroba tetap berada dalam kategori gel keras, serta Inpari 24 konsisten berada dalam kategori sedang. Perubahan konsistensi gel tercatat pada Inpari 32 dengan perlakuan pupuk 10 ton/ha dan Tarabas 30 ton/ha.

Khususnya Tarabas, pemberian pupuk menyebabkan konsistensi gel berubah dari kategori keras menjadi sedang (Tabel 7). Deskripsi tekstur nasi berdasarkan varietas menunjukkan bahwa Inpari 24, IPB 3S, dan Inpari 32 termasuk ke dalam kategori pulen, Tarabas tergolong sangat pulen, dan Hipa 18 agak pulen. Konsistensi gel tidak sepenuhnya sejalan dengan tekstur nasi yang dihasilkan. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya kandungan protein beras (Zhao *et al.*, 2022) dan ketidaktepatan rasio air saat penanaman.



Gambar 2. Pengujian karakteristik pemasakan beras.
(a) Proses pemanasan untuk melihat sifat konsistensi gel beras; (b) Pendiaman gel beras di atas kertas milimeter untuk mempermudah pengukuran.

Tabel 7. Hasil aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba terhadap *cooking properties* dan kadar amilosa lima varietas padi

Dosis	Varietas	Konsistensi gel	Keterangan konsistensi	Nisbah penyerapan air	Kadar amilosa (%)	Kategori amilosa
0	IPB 3S	26,33	Keras	2,26	17,99	Rendah
	Inpari 24	55,00	Sedang	1,73	15,61	Rendah
	Hipa 18	26,33	Keras	2,26	24,36	Sedang
	Inpari 32	28,00	Keras	2,14	19,04	Rendah
	Tarabas	35,00	Keras	2,48	13,02	Rendah
10	IPB 3S	33,33	Keras	2,29	18,34	Rendah
	Inpari 24	53,00	Sedang	1,66	11,62	Rendah
	Hipa 18	26,33	Keras	2,27	22,05	Sedang
	Inpari 32	44,00	Sedang	2,22	22,19	Sedang
	Tarabas	38,00	Keras	2,52	12,32	Rendah
20	IPB 3S	32,00	Keras	2,59	21,35	Sedang
	Inpari 24	43,67	Sedang	1,74	12,32	Rendah
	Hipa 18	27,00	Keras	2,80	22,75	Sedang
	Inpari 32	29,00	Keras	2,26	18,34	Rendah
	Tarabas	36,00	Keras	2,55	13,72	Rendah
30	IPB 3S	30,00	Keras	2,46	19,39	Rendah
	Inpari 24	47,67	Sedang	1,63	11,97	Rendah
	Hipa 18	29,00	Keras	2,63	21,84	Sedang
	Inpari 32	28,67	Keras	2,25	19,11	Rendah
	Tarabas	40,67	Sedang	2,24	13,09	Rendah

Nisbah penyerapan air (NPA) dipengaruhi oleh kadar amilosa, di mana beras beramilosa tinggi memerlukan lebih banyak air dan menghasilkan nasi pera, sedangkan beras beramilosa rendah memiliki NPA tinggi dan menghasilkan nasi lembut (Luna dkk., 2015). Hasil pengamatan menunjukkan Inpari 24 memiliki nilai NPA <2(1,63-1,74) pada seluruh perlakuan pupuk, sejalan dengan kadar amilosa yang tergolong rendah. Sementara itu, IPB 3S, Hipa 18,

Inpari 32, dan Tarabas menunjukkan nilai NPA berkisar antara 2,14 hingga 2,80 (Tabel 7). Berdasarkan kandungan amilosa, varietas Hipa 18 dikategorikan sedang, sedangkan IPB 3S, Inpari 24, Inpari 32, dan Tarabas termasuk kategori rendah pada semua perlakuan pupuk organik diperkaya mikroba kecuali Inpari 32 (10 ton/ha) yang menunjukkan kategori sedang.

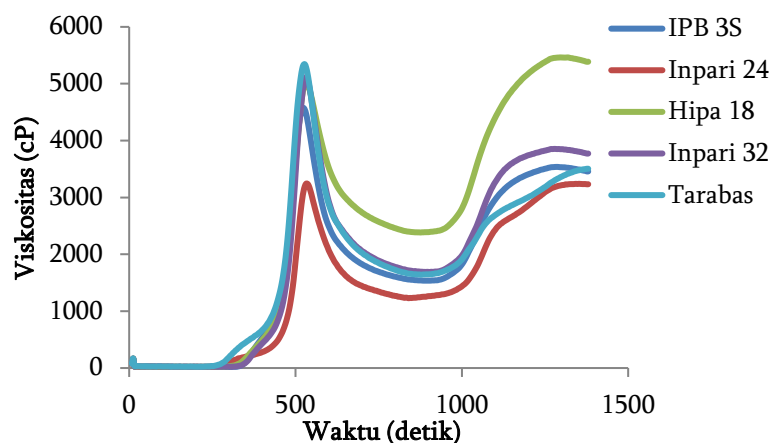
Perbedaan kecenderungan antara nilai NPA dan kadar amilosa pada Hipa 18 dan Inpari 24 mengindikasikan bahwa faktor yang memengaruhi NPA tidak hanya amilosa, namun karakteristik fisik butir, tingkat penggilingan, serta kandungan protein dan lipid. Sejalan dengan temuan Zhang *et al.* (2024) bahwa proses pascapanen dan komponen nonpati dapat memodifikasi hidrasi pati selama pemasakan.

Profil Viskoamilografi

Evaluasi mutu masak beras secara instrumental dapat dilakukan dengan mengukur profil viskositas pati selama proses pemanasan dan pendinginan menggunakan alat rapid visco analyzer (RVA). Alat ini menganalisis perubahan viskositas pasta pati pada suhu dan waktu tertentu, memberikan informasi tentang viskositas puncak, viskositas tahan panas, viskositas akhir, setback, suhu tempel, dan waktu gelatinisasi (Balet *et al.*, 2019). Proses

gelatinisasi dipengaruhi oleh kadar amilosa, protein, amilopektin, dan tipe varietas pati. Dalam penelitian ini (Gambar 3), digunakan lima varietas padi pada perlakuan dosis 20 ton/ha berdasarkan hasil evaluasi sebelumnya. Meskipun secara statistik tidak berbeda nyata, hasil deskriptif serapan hara N, P, dan K pada tanaman menunjukkan dosis 20 ton/ha nilainya lebih tinggi dibanding 10 ton/ha dan hampir sebanding dengan 30 ton/ha (Adwiyani dkk., 2022).

Viskositas puncak dengan hasil >5000 cP dicapai oleh varietas Hipa 18, Inpari 32, dan Tarabas, sedangkan IPB 3S dan Inpari 24 memiliki viskositas puncak <5000 cP, dengan nilai viskositas puncak Inpari 24 yang paling rendah sebesar 3242 cP (Tabel 8). Viskositas puncak menggambarkan kemampuan granula pati mengembang, yang dipengaruhi oleh kadar amilosa dan ukuran granula (Kartikasari dkk., 2016).



Gambar 3. Hasil viskoamilografi lima varietas padi pada pemupukan 20 ton/ha menggunakan *rapid visco analyser*

Viskositas tahan panas yang melebihi 2000 cP terdapat pada Hipa 18, menunjukkan daya tahan gel terhadap pengadukan dan panas. Hipa 18 memiliki kadar amilosa sedang, sehingga granula patinya lebih stabil terhadap pemanasan. Kondisi ini menyebabkan nilai viskositas tahan panas Hipa 18 lebih tinggi daripada varietas lainnya (Tabel 8). Selain itu, secara tidak langsung berpengaruh pada viskositas akhir yang dihasilkan Hipa 18 (5387 cP) dimana nilai tersebut lebih tinggi dibanding varietas lainnya yang berkisar 3232-3772 cP. Nilai *setback* tertinggi juga dicapai oleh Hipa 18 (3003 cP) menggambarkan tingginya kandungan amilosa serta kecenderungan retrogradasi (proses pengikatan kembali molekul pati setelah pendinginan) yang membuat gel lebih padat

dan tekstur pangan mengeras (Liu *et al.*, 2021). Hal ini menunjukkan kemampuan pati Hipa 18 untuk membentuk tekstur kental setelah proses pendinginan, yang berpengaruh terhadap tekstur nasi menjadi agak keras.

Nilai-nilai pada profil viskositas tersebut berkaitan erat dengan mutu tanak nasi, seperti kelembutan, kekenyalan, dan kepulenan. Namun, apabila tekstur nasi yang dihasilkan tidak selalu sejalan dengan bentuk profil viskositas asalnya, hal ini dikarenakan sifat fungsional pati juga dipengaruhi oleh kadar amilosa serta faktor lain, termasuk rasio amilosa-amilopektin, komposisi protein, kandungan lipid, morfologi granula pati, dan proses retrogradasi setelah pemasakan (Chen *et al.*, 2022).

Tabel 8. Pengaruh aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba 20 ton/ha terhadap hasil viskoamilografi lima varietas padi

Sampel pengamatan	Viskositas Puncak (cP)	Viskositas panas (cP)	Penurunan viskositas karena pemanasan (cP)	Viskositas akhir (cP)	Peningkatan viskositas karena pendinginan (<i>setback</i>) (cP)	Waktu puncak (menit)	Suhu pengentalan (°C)
IPB 3S	4576	1537	3039	3458	1921	8,73	78,05
Inpari 24	3242	1228	2014	3232	2004	8,87	85,70
Hipa 18	5008	2384	2624	5387	3003	8,87	77,75
Inpari 32	5120	1689	3431	3772	2083	8,87	78,90
Tarabas	5343	1642	3701	3505	1863	8,80	72,45

SIMPULAN

Aplikasi pupuk organik diperkaya mikroba tidak berpengaruh nyata terhadap karakteristik fisikokimia, sifat pemasakan, maupun profil viskoamilografi lima varietas padi yang diuji. Perbedaan mutu lebih dipengaruhi oleh faktor genetik masing-masing varietas. Kelima varietas belum memenuhi standar beras premium berdasarkan SNI 6128:2020 terhadap variabel mutu fisik beras secara keseluruhan. Selain itu, karakteristik pemasakan tidak hanya ditentukan oleh konsistensi gel, nisbah penyerapan air, dan profil gelatinisasi, tetapi juga oleh faktor lain seperti kadar amilosa–amilopektin, protein, lipid, morfologi granula pati, serta proses retrogradasi yang memerlukan kajian lanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan, Republik Indonesia yang telah membiayai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adwiyani, P, Sugiyanta, M Melati, dan TC Sunarti. 2022. Respon morfologi dan fisiologi lima varietas padi pada pemberian pupuk organik diperkaya mikroba. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*. 50: 26–32. DOI: 10.24831/jai.v50i1.39426.

Balet, S, A Guelpa, G Fox, and M Manley. 2019. Rapid Visco Analyzer (RVA) as a tool for measuring starch-related physiochemical properties in cereals: A Review. *Food Analytical Methods*.

12: 2344–2360. DOI: 10.1007/s12161-019-01581-w.

Bao, J. 2019. Rice Milling Quality. *Rice 4thEd. Chemistry and Technology*. 339–369. DOI: 10.1016/B978-0-12-811508-4.00010-1.

Bergman, C, and M Pandhi. 2023. Organic rice production practices: effects on grain end-use quality, healthfulness, and safety. *Foods*. 12: 73. DOI: 10.3390/foods12010073.

Carcea, M. 2021. Value of wholegrain rice in a healthy human nutrition. *Agriculture*. 11(8): 720. DOI: 10.3390/agriculture11080720.

Chaudary, P, S Singh, A Chaudhary, A Sharma, and G Kumar. 2022. Overview of biofertilizers in crop production and stress management for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 13: 930340. DOI: 10.3389/fpls/2022.930340.

Chen, H, T Wang, F Deng, F Yang, X Zhong, Q Li, and W Ren. 2022. Changes in chemical composition and starch structure in rice noodle cultivar influence rapid visco analysis and texture analysis profiles under shading. *Food Chemistry: X*. 14:100360. DOI:10.1016/j.fochx.2022.100360.

David, JH, dan AY Krisdianto. 2017. Rendemen beras dan mutu fisik beras berbagai varietas di Kalimantan Barat. *Prosiding Seminar Nasional Mewujudkan Kedaulatan Pangan Melalui Penerapan Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi pada Kawasan Pertanian*. Sorong. Hlm. 493–499.

Gong, D, X Zhang, F Hei, Y Chen, R Li, J Yao, M Zhang, W Zheng, and G Yu. 2023. Genetic improvements in rice grain quality: A review of elite genes and their applications in

- molecular breeding. *Agronomy*. 13: 1375. DOI: 10.3390/agronomy13051375.
- Guo, K, L Lin, and Y Fan. 2021. Evaluation of starch polymer structure in rice grain and its affect on cooking quality. *Biomedical and Pharmacology Journal*. 14: 699–707.
- [ISO] International Organization for Standardization. 2015. ISO 6647-1:2015 — Rice — Determination of amylose content — Part 1: Reference method. ISO. Geneva.
- Jin, N, L Jin, S Wang, J Li, F Liu, Z Liu, S Luo, Y Wu, J Lyu, and J Yu. 2022. Reduced chemical fertilizer combined with bio-organic fertilizer affects the soil microbial community and yield and quality of lettuce. *Frontiers in Microbiology*. 13: 863325. DOI: 10.3389/fmicb.2022.863325.
- Kartikasari, SN, P Sari, dan A Subagio. 2016. Karakterisasi sifat kimia, profil amilografi (RVA), dan morfologi granula (SEM) pati singkong termodifikasi secara biologi. *Jurnal Agroteknologi*. 10(1): 12–24.
- Kawamura, KD, H Asai, S Kobayashi, S Souvannasing, P Sinavong, and T Inthawong. 2018. The Relationship between the physical quality of rice and the market price: A case study in Savannakhet, Laos, using a Bayesian approach. *Sustainability*. 10(11): 4151. DOI: 10.3390/su10114151.
- Kumar, G, N Basak, S Priyadarsani, TB Bagchi, A Kumar, SK Pradhan, and P Sanghamitra. 2023. Alteration in the physico-chemical traits and nutritional quality of rice under anticipated rise in atmospheric CO₂ concentration: A review. *Journal of Food Composition and Analysis*. 121(13): 105332. DOI: 10.1016/j.jfca.2023.105332.
- Lagat, RC, MA Musyoki, WF Kioko, NS Mwenda, KG Muriira, and NM Piero. 2016. Physicochemical characterization of selected rice (*Oryza sativa* L.) genotypes based on gel consistency and alkali digestion. *Biochem and Analyt Biochem*. 5(3):1–5. DOI: 10.4172/2161-1009.1000285.
- Lapis, JR, RPO Cuevas, N Sreenivasulu N, and L Molina. 2019. Measuring head rice recovery in rice. *Methods in Molecular Biology*. 1892: 89–98. DOI: 10.1007/978-1-4939-8914-0_5.
- Liu, X, C Chao, J Yu, L Copeland, and S Wang. 2021. Mechanistic studies of starch retrogradation and its effects on starch gel properties. *Food Hydrocolloids*. 120(1): 106914. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106914.
- Liu, Y, G chu, E Striling, H Zhang, S Chen, C Xu, X Zhang, T Ge, and D Wang. 2023. Nitrogen fertilization modulates rice seed endophytic microbiomes and grain quality. *Sci Total Environment*. 857(1): 159181. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159181.
- Luna, P, H Herawati, S Widowati, dan AB Prianto. 2015. Pengaruh kandungan amilosa terhadap karakteristik fisik dan organoleptik nasi instan. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 12(1):1–10. DOI: 10.21082/jpasca.v12n1.2015.1-10.
- Mahajan, RK, K Singh, and P Kaur. 2020. Influence of organic farming on physicochemical properties of rice. *Journal of Cereal Science*. 93: 102972. DOI: 10.1016/j.jcs.2019.102972.
- Mardiah, Z, AT Rakhmi, SD Indrasari, dan Kusbiantoro. 2016. Evaluasi mutu beras untuk menentukan pola preferensi konsumen di Pulau Jawa. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 35(3): 163–180.
- Mohidem, NA, N Hashim, R Shamsudin, and H Che Man. 2022. Rice for food security: revisiting its production, diversity, rice milling, and nutrient content. *Agriculture*. 12: 741. DOI: 10.3390/agriculture12060741.
- Nadvornikova, M, J Banout, D Herak, and V Verner. 2018. Evaluation of physical properties of rice used in traditional Kyrgyz Cuisine. *Food Science and Nutrition*. 6: 1778–1787. DOI: 10.1002/fsn3.746.
- Pokhrel, A, A Dhakal, M Jahangir, S Sharma, and A Poudel. 2020. Evaluation of physicochemical and cooking characteristics of rice (*Oryza sativa* L.) landraces of Lanjung and Tanahun districts, Nepal. *International Journal of Food Science*. 2020: 1–11. DOI: 10.1155/2020/1589150.
- [PSEKP] Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. 2018. Kajian Rendemen Dan Rantai Pasok Komoditas Beras. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Bogor.
- Qin, W, Y Zhang, Y Qian, J Li, M Zhang, and L Li. 2021. Effect of moisture content on the damaged starch and dough quality of rice flour. *Journal of Cereal Science*. 102: 103296. DOI: 10.1016/j.jcs.2021.103296.
- Rani, K, K Swetha, KA Varshini, and G Harika. 2025. Rice grain quality analysis using image processing. *International Journal of Advances*

- in Artificial Intelligence and Machine Learning. 2: 120–127. DOI: 10.58723/ijaauml.v2i2.455.
- Sasmitaloka, KS, S Widowati, dan E Sukasih. 2020. Karakterisasi sifat fisikokimia, sensori, dan fungsional nasi instan dari beras amilosa rendah. Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian. 17(1): 1-14. DOI: 10.21082/jpasca.v17n1.2020.1-14.
- Shafie, B, SC Cheng, H Lee, and PH Yiu. 2016. Characterization and classification of whole-grain rice based on rapid visco analyzer (RVA) pasting profile. International Food Research Journal. 23(5): 2138–2143.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 2020. SNI 6128 – Beras. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Tamrin, T, F Pratama, and B Septian. 2017. The physical quality of milled rice as affected by moisture content and relative humidity during delayed rough rice drying. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology. 5:1261–1263. DOI: 10.24925/turjaf.v5i11.1261-1263.1244.
- Tiwari VK, V Dayma, and HL Sharma. 2017. A note on the studies of physical properties of brown rice. International Journal of Scientific Development and Research. 2(1):1-4.
- Zhang, A, J Yang, J Zhang, G Dong, Y Wang, Y Zhu, et al. 2020. Genetic analysis for cooking and eating quality of super rice and fine mapping of a novel locus qGC10 for gel consistency. Frontiers in Plant Science.11: 342. DOI:10.3389/fpls.2020.0034
- Zhang, Y, J Zhang, Z Wang, L Fan, and Y Chen. 2024. Effect of rice protein on the gelatinization and retrogradation of rice starch with different moisture content. Foods. 13(23): 3734. DOI:10.3390/foods13233734.
- Zhao, Y, X Dai, E Mackon, Y Ma, and P Liu. 2022. Impacts of protein from high-protein rice on gelatinization and retrogradation properties in high and low amylose reconstituted rice flour. Agronomy.12: 1431. DOI:10.3390/agronomy12061431.
- Zhong, Y, J Qu, Z Li, Y Tian, F Zhu, A Blennow, and X Liu. 2022. Rice starch multi-level structure and functional relationships. Carbohydrate Polymers. 275: 118777. DOI: 10.1016/j.carbpol.2021.11872.
- Zhou, C, Y Huang, B Jia, Y Wang, Y Wang, Q Xu, R Li, S Wang, and F Dou. 2018. Effects of cultivar, nitrogen rate, and planting density on rice grain quality. Agronomy 8: 246. DOI: 10.3390/agronomy8110246.
- Zhou, Y, L Liu, L Jiang, Y He, and Z Chen. 2021. Amylose content and its influence on rice eating and cooking quality. Food Chemistry. 356: 129711. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129711.