



Analisis Kandungan Nutrisi Pada Beras Galur Mutan M5 Padi (*Oryza sativa* L.) Lokal Sigupai Aceh Barat Daya

*Analysis of Nutritions Content in M5 Mutant Rice Line (*Oryza sativa* L.) Local Sigupai Aceh Barat Daya*

Safrizal^{1*}, Hardiansyah Tambunan², Mey Ryan Sandi¹, Dela Arinda¹, Nurmalinda Siregar³

¹Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Satya Terra Bhinneka, Indonesia

²Program Studi Manajemen Hutan Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Satya Terra Bhinneka, Indonesia

³Program Studi Agroteknologi PSDKU Gayo Lues Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Indonesia

*Corresponding author : safrizal@satyaterrabhinneka.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan akan pangan yang aman dan sehat menjadi prioritas utama masyarakat, termasuk beras sebagai sumber karbohidrat utama. Varietas lokal padi Sigupai ABDYA memiliki keunggulan seperti aroma khas dan rasa enak, namun memiliki kelemahan seperti hasil panen rendah dan umur tanaman panjang. Upaya perbaikan varietas ini dilakukan melalui mutasi dengan iradiasi sinar gamma untuk meningkatkan potensi hasil dan kualitas tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan protein, lemak, dan pati pada beras mutan M5 hasil iradiasi varietas Sigupai. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial yang terdiri dari 5 perlakuan, masing-masing perlakuan dengan 3 ulangan, sehingga secara keseluruhan terdapat 15 unit satuan percobaan. Adapun yang menjadi faktor dalam penelitian ini adalah M1=Varietas Mustajab, M2= UM-14: M3= UM-69: M4= UM-8: M5= UM-89. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat variasi kandungan nutrisi (protein, lemak, dan pati) pada galur mutan generasi kelima (M5) padi lokal Sigupai Aceh Barat Daya (ABDYA). Berdasarkan hasil uji ANOVA, pengaruh perlakuan galur memiliki pengaruh yang signifikan hanya terhadap kadar protein saja. Temuan ini memberikan informasi penting mengenai potensi galur mutan M5 untuk pengembangan varietas unggul padi dengan kandungan nutrisi yang lebih optimal, khususnya pada kadar protein, guna mendukung pemenuhan kebutuhan pangan bergizi.

Kata Kunci: Galur Mutan M5, Mutasi, Nutrisi, Padi Lokal Sigupai

ABSTRACT

The need for safe and healthy food is a top priority for the community, including rice as the main source of carbohydrates. The local variety of Sigupai ABDYA rice has advantages such as distinctive aroma and good taste, but has weaknesses such as low yield and long plant life. Efforts to improve this variety were made through mutation with gamma irradiation to increase yield potential and plant quality. This study aims to analyze the protein, fat, and starch content of M5 mutant rice from irradiation of the Sigupai variety. This study used a non-factorial Completely Randomized Design (CRD) consisting of 5 treatments, each treatment with 3 replications, so that overall there were 15 experimental units. The factors in this study were M1 = Mustajab Variety, M2 = UM-14: M3 = UM-69: M4 = UM-8: M5 = UM-89. The data obtained were then analyzed using ANOVA. The results showed variations in nutrient content (protein, fat, and starch) in the fifth-generation mutant strains (M5) of Sigupai local rice of Southwest Aceh (ABDYA). Based on the ANOVA results, the effect of strain treatment has a significant effect only on protein content. This finding provides important information regarding the potential of the M5 mutant strain for the development of superior rice varieties with more optimal nutritional content, especially in protein content, to support the fulfillment of nutritious food needs.

Keywords: M5 Mutant Strain, Mutation, Nutrition, Sigupai Local Rice

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara dengan jumlah penduduk yang besar menghadapi tantangan dalam memenuhi kebutuhan pangan penduduk. Kebijakan ketahanan pangan menjadi fokus utama dalam pembangunan pertanian. Terkait ketahanan pangan, pemerintah sudah memiliki UU No.18 Tahun 2012 tentang Pangan. Di dalam UU tersebut, negara berkewajiban mewujudkan ketersediaan, keterjangkauan, dan pemenuhan konsumsi pangan yang cukup, aman, bermutu, dan bergizi seimbang.

Kebutuhan akan pangan yang aman dan sehat menjadi prioritas utama dalam pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat. Beras, sebagai salah satu sumber karbohidrat utama, harus memenuhi standar kualitas kimia untuk memastikan ketersediaan pangan yang aman untuk dikonsumsi oleh populasi. Upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan penggunaan varietas yang bermutu. Varietas lokal merupakan plasma nutfah yang potensial sebagai sumber gen pengendali sifat tanaman. Padi Varietas Sigupai ABDYA merupakan varietas unggul lokal aceh yang berasal dari barat selatan aceh berupa aroma nasi yang khas, teksturnya yang lembut dan rasa yang enak. Akan tetapi varietas ini memiliki beberapa kelemahan diantaranya, umur tanaman yang panjang berkisar hingga 6 bulan, produksi yang rendah, dan tampilan tanaman yang tinggi sehingga tanaman mudah rebah (Balitbang Pertanian, 2017) (Badan Litbang, 2017).

Keanekaragaman genetik padi lokal yang tinggi dapat digunakan untuk menghasilkan varietas unggul baru, karena tahan terhadap cekaman biotik dan abiotik dan menghargai bentuk nasi dan rasa nasi yang enak. konsumen dicintai di semua bidang Pertanian Namun, padi daerah memiliki ciri khusus yaitu potensi hasil rendah, mudah rontok, dan kurang tanggap terhadap pemupukan (Sitaresmi et al., 2013)

Mutasi perlakuan iradiasi sinar gamma termasuk salah satu upaya yang dilakukan dalam merakit varietas padi lokal menjadi varietas baru yang memiliki beberapa sifat yang lebih baik dari tetuanya (Efendi et al., 2017). Generasi pertama mutan hasil radiasi sinar gamma dosis 250 gray pada padi lokal Sigupai ABDYA memberikan hasil yang baik dengan menunjukkan tinggi tanaman 122 cm, umur tanaman 97 HST dan potensi hasil mencapai 7,8 ton⁻¹ (Efendi et al., 2019). Hasil radiasi gamma pada padi varietas yang berasal dari Bangladesh, BRRI Dhan 29 dipaparkan sinar gamma pada dosis 5 dan 10 kGy menunjukkan bahwa radiasi gamma pada kedua dosis tersebut mengubah kandungan amilosa, rasio amilosa/amilopektin, daya pembengkakan, dan indeks kelarutan pada beras (Khatun et al., 2021)

Beras mampu menyumbang sumber energi penting bagi manusia mencapai 76% (Lantarsih et al., 2011). Kandungan nutrisi utama yang terkandung pada beras yaitu terdiri dari protein, pati, asam amino, lipid dan lain lain (David et al., 2022). Kandungan yang umum di jumpai hampir 90% pada beras yaitu kandungan Protein dan kandungan pati (Xinkang et al., 2023).

Oleh karena itu dengan adanya kebutuhan akan varietas unggul yang tidak hanya memiliki potensi hasil tinggi tetapi juga memenuhi standar nutrisi, menarik untuk meneliti lebih lanjut kandungan protein, lemak, dan pati pada beras mutan M5 varietas Sigupai dari Aceh Barat Daya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan mendalam mengenai kualitas gizi dari varietas padi mutan ini, sekaligus mendukung upaya perakitan varietas unggul lokal yang mampu berkontribusi dalam pemenuhan kebutuhan pangan yang aman, sehat, dan bergizi bagi masyarakat.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2023 sampai dengan Desember 2023.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam pengujian kadar protein beras ini meliputi blender, saringan, labu Kjeldahl, alat destruksi, alat destilasi, labu ukur, erlenmeyer, pipet tetes, buret, dan grain moisture meter merk G-won GMK-303RS, gelas piala 250 ml, pengaduk, kertas saring Whatman No. 42, erlenmeyer, alat pendingin balik, penangas air, dan timbangan analitik. Bahan-bahan yang dibutuhkan antara lain sampel beras masing masing galur sebanyak 50 gram, H₂SO₄ pekat, tablet Kjeldahl, aquades, larutan NaOH, larutan asam borat sebanyak 5 ml, indikator MR-MB (Metil Red-Metilen Biru), dan larutan HCl, aquades, eter, alkohol 10%, HCl 25% dengan berat jenis (BJ) 1,125, larutan NaOH 45%, dan larutan glukosa atau larutan gula reduksi.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial yang terdiri dari 5 perlakuan, masing-masing perlakuan dengan 3 ulangan, sehingga secara keseluruhan terdapat 15 unit satuan percobaan Adapun yang menjadi faktor dalam penelitian ini adalah M1=Varietas Mustajab, M2=UM-14: M3= UM-69: M4= UM-8: M5= UM-89.

Parameter Penelitian

Uji Kualitas Beras

Sifat kimia beras

Pengujian sifat kimia beras dilakukan dengan menggunakan sampel berupa tepung beras. Beras yang telah dikupas sekamnya pada masing-masing perlakuan ditimbang sebanyak 50 gram. Kemudian sampel beras tersebut diblender dengan menggunakan blender bumbu kering sebanyak dua tahapan hingga halus. Tahap pertama, beras dimasukkan ke dalam blender yang benar-benar kering kemudian diblender hingga halus, lalu diambil dan disaring untuk memisahkan antara beras yang sudah halus dengan yang belum. Tahap kedua, beras yang belum halus diblender kembali hingga menjadi halus. Parameter pengujian sifat fisik beras yang diamati adalah sebagai berikut:

a. Kadar Protein (%)

Pengukuran kadar protein beras dilakukan dengan menggunakan metode Kjeldahl. Metode ini terdiri dari 3 tahap yaitu destruksi, distilasi, dan titrasi.

1) Tahap Destruksi

Sampel tepung beras ditimbang sebanyak 0,5 gram, kemudian dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl. Lalu ditambahkan 10 ml H₂SO₄ pekat dan 1/3 tablet Kjeldahl. Kemudian labu Kjeldahl tersebut dimasukkan ke dalam alat destruksi selama 1 jam hingga larutan berwarna hijau jernih.

2) Tahap Destilasi

Larutan yang sudah berwarna hijau jernih kemudian ditambahkan 100 ml aquades. Lalu larutan tersebut diambil sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam labu ukur. Selanjutnya, dibuat larutan NaOH sebanyak 10 ml. Kemudian dibuat juga larutan asam borat sebanyak 5 ml dalam erlenmeyer dan ditambahkan 3 tetes indikator MR-MB. Setelah itu, alat destilasi dipanaskan hingga mendidih. Setelah mendidih, larutan sampel dimasukkan ke dalam alat destilasi, kemudian ditambahkan aquades dan larutan NaOH. Dipanaskan hingga mendidih. Setelah mendidih, erlenmeyer yang berisi larutan asam borat diletakkan di bawah penampung. Proses destilasi dilakukan hingga mendapatkan larutan berwarna hijau.

3) Tahap Titrasi

Tahap titrasi dilakukan dengan menggunakan larutan HCl. Larutan hasil destilasi yang berwarna hijau ditetesi larutan HCl sampai berubah warna menjadi merah muda. Volume titrasi larutan HCl yang berkurang kemudian dicatat. Data perhitungna faktor konversinya di dapatkan berdasarakan hasil analisis dilaboratorium.

Kadar protein dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Nitrogen (\%)} = \frac{\text{ml HCl} \times \text{N HCl} \times 14,007 \times \text{fp} \times 100}{\text{berat sampel (mg)}}$$

$$\text{Kadar Protein (\%)} = \text{N (\%)} \times \text{faktor konversi protein}$$

Keterangan :

faktor pengencer (fp) : 11

faktor konversi protein : 5,95

b. Kadar Pati (%)

Analisa kadar pati dapat dilakukan dengan cara:

- 1.) Timbang 2-5 g sampel berupa bahan padat yang telah dihaluskan atau bahan cair dalam gelas piala 250 ml, tambahkan 50 ml aquades dan diaduk selama 1 jam. Suspensi disaring dengan kertas saring whatman 42 dan dicuci dengan aquades sampai volume filtrat 250 ml. Filtrat mengandung karbohidrat yang terlarut dan dibuang.
- 2.) Bahan yang mengandung lemak, maka pati yang terdapat sebagai residu pada kertas saring dicuci 5 kali dengan 10 ml ether, biarkan ether menguap dari residu, kemudian cuci lagi dengan 150 ml alkohol 10% untuk membebaskan lebih lanjut karbohidrat yang terlarut.
- 3.) Residu dipindahkan secara kualitatif dari kertas saring ke dalam erlenmeyer dengan pencucian 200 ml aquades dan tambahkan 20 ml HCl 25% (BJ 1,125), tutup dengan pendingin balik dan panaskan di atas penangas air mendidih selama 2,5 jam.
- 4.) Setelah dingin netralkan dengan larutan NaOH 45% dan encerkan sampai volume 500 ml, kemudian saring dengan kertas saring whatman 42, tentukan kadar gula yang dinyatakan sebagai glukosa dari filtrat yang diperoleh. Penentuan glukosa seperti pada penentuan gula reduksi. berat glukosa dikalikan 0,9 merupakan berat pati.

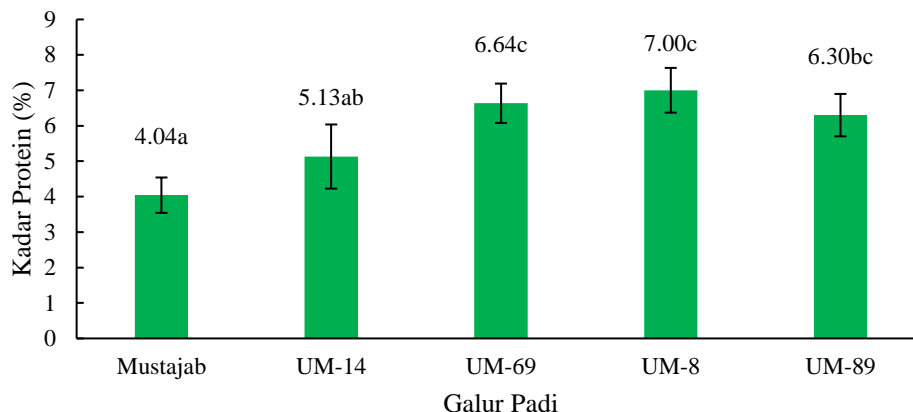
Analisis Data

Analisis data menggunakan ANOVA pada setiap parameter yang diukur dan apabila hasil uji F menunjukkan pengaruh yang nyata, maka akan dilakukan uji lanjut dengan uji Duncan Multi Range Test (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Protein

Nilai kadar protein galur mutan generasi kelima lokal sigupai ABDYA berkisar antara 4,04 – 7,00%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Kadar protein tertinggi terdapat pada galur UM-8, sedangkan kadar protein terendah ditunjukkan pada varietas mustajab. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam data (Tabel 1) menunjukkan pada lima perlakuan menunjukkan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar protein beras ($F = 10,476$; $p = 0,001$). Nilai signifikansi sebesar **0,001** ($<0,05$) menandakan bahwa perbedaan kadar protein antar galur mutan ini bukanlah hasil kebetulan, tetapi dipengaruhi oleh variasi genetik yang muncul dari perlakuan mutasi. Variasi ini muncul dari mutasi yang diinduksi yang mengubah ekspresi gen dan jalur sintesis protein, yang mengarah ke kandungan protein yang beragam di seluruh galur mutan yang berbeda. Populasi mutan pada tanaman padi menunjukkan variabilitas genetik yang signifikan, yang penting untuk mengisolasi garis protein tinggi. Heritabilitas tinggi dan kemajuan genetik dikaitkan dengan sifat-sifat seperti hasil biji-bijian dan kandungan protein pada tanaman padi (Bhargavi et al., 2023).



Gambar 1. Grafik kadar protein

Tabel 1. Hasil ANOVA Kadar Protein

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17,800	4	4,450	10,476	,001 **
Within Groups	4,248	10	,425		
Total	22,048	14			

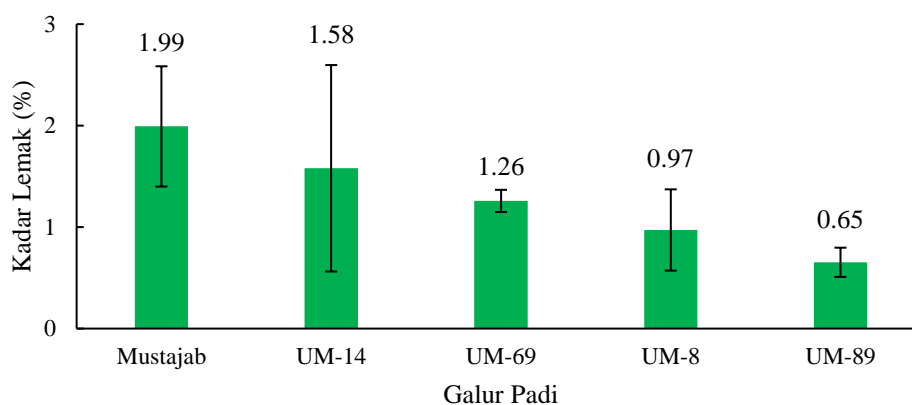
Berdasarkan hasil uji lanjut DMRT, menunjukkan perbedaan nyata di antara beberapa galur. Kadar protein pada galur UM- 8 tidak berbeda nyata dengan galur UM-69 dan galur UM-89. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga galur ini kemungkinan memiliki kesamaan dalam adaptasi genetik terhadap faktor lingkungan. Namun, pada galur UM-8 menunjukkan perbedaan nyata dengan galur pembanding yaitu varietas mustajab dan galur UM-14. Hal ini dikarenakan genetik yang meningkatkan kemampuan beradaptasi mereka terhadap kondisi lingkungan, sebagaimana dibuktikan oleh kadar proteinnya yang serupa. Penggunaan teknologi mutasi pada tanaman merupakan program pemuliaan tanaman yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan dan produktivitas di berbagai kondisi lingkungan. (Perwira et al., 2022)

Faktor lingkungan memainkan peran penting dalam adaptasi genetik pada galur hibrida mutan lokal dengan membentuk tekanan selektif yang mendorong adaptasi lokal. Adaptasi lokal sering memberikan respons terhadap kondisi lingkungan yang bervariasi secara spasial, yang dapat menyebabkan tampilan genetik dan hasil yang berbeda pada setiap lingkungan. Faktor lingkungan secara signifikan mempengaruhi adaptasi genetik pada strain padi yang terpapar radiasi sinar gamma, terutama mengenai kandungan protein. Adaptasi ini muncul dari tekanan selektif yang bervariasi di berbagai lingkungan, yang mengarah ke ekspresi dan hasil genetik yang beragam. Studi menunjukkan bahwa cahaya, suhu, dan kelembaban mempengaruhi sifat kualitas padi, termasuk kandungan protein. Misalnya, stabilitas suhu berkorelasi kuat dengan kualitas memasak dan tingkat protein selama tahap pengisian biji-bijian (Li et al., 2018). Heterogenitas lingkungan dapat menciptakan tekanan seleksi yang bervariasi secara spasial, mempromosikan adaptasi lokal dalam populasi. Misalnya, penelitian mengenai tanaman pinus lodgepole menunjukkan bahwa perbedaan variasi lingkungan dengan kekuatan adaptasi lokal (Booker, 2024). Sementara faktor lingkungan sangat penting dalam membentuk adaptasi genetik, penting untuk mempertimbangkan bahwa tidak semua mutasi mengarah pada adaptasi yang menguntungkan. Beberapa mungkin netral atau bahkan merusak dalam lingkungan yang berubah, memperumit hubungan antara kondisi lingkungan dan hasil genetik (Monroe et al., 2022)

Kadar Lemak

Nilai kadar lemak galur mutan generasi kelima lokal sigupai ABDYA berkisar antara 0,65 – 1,99%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Kadar lemak tertinggi terdapat pada varietas mustajab, sedangkan kadar lemak terendah ditunjukkan pada galur UM-89. Hasil uji ANOVA data kadar lemak beras ditampilkan pada Tabel 2. Berdasarkan uji ANOVA, faktor perlakuan galur mutan M5 tidak berpengaruh nyata terhadap kadar lemak.

Kadar lemak pada padi cenderung lebih dipengaruhi oleh faktor lingkungan atau bersifat lebih stabil secara genetik dibandingkan kadar protein. Dengan demikian, variasi yang dihasilkan dari mutasi mungkin tidak cukup besar untuk memengaruhi kadar lemak secara signifikan. Hal ini dapat menjadi indikator bahwa sifat kadar lemak pada galur mutan ini tidak banyak terpengaruh oleh perlakuan mutasi yang diberikan. Kondisi lingkungan secara signifikan mempengaruhi komposisi asam lemak dalam beras, dengan variasi suhu, jenis tanah, dan ketersediaan air mempengaruhi kandungan lipid (Sahu et al., 2019). Sebaliknya, sementara faktor lingkungan mendominasi variabilitas kandungan lemak, mutasi genetik masih dapat berperan dalam profil asam lemak spesifik, seperti yang terlihat dengan gen *OsFAD3* yang mempengaruhi kadar asam linolenat (Zhang et al., 2022). Ini menunjukkan bahwa interaksi kompleks antara genetika dan lingkungan dalam menentukan kadar lemak dalam beras.



Gambar 2. Grafik kadar lemak

Tabel 2. Hasil ANOVA Kadar Lemak

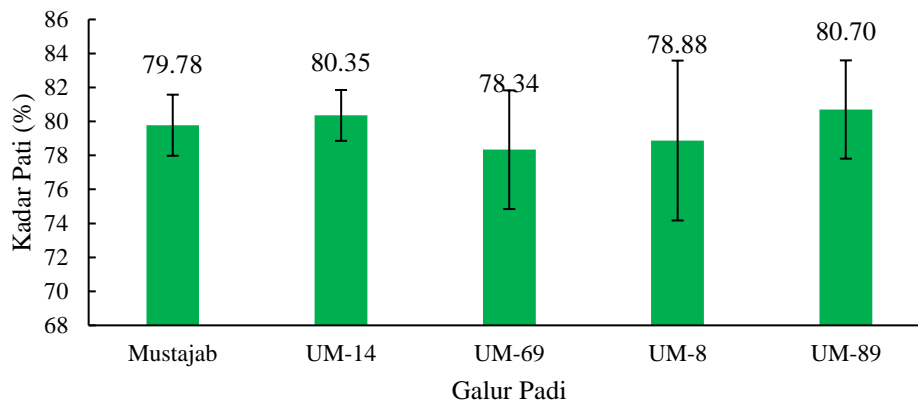
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,257	4	,814	2,576	,102 tn
Within Groups	3,160	10	,316		
Total	6,417	14			

Kadar Pati

Nilai kadar pati galur mutan generasi kelima lokal sigupai ABDYA berkisar antara 78,34 – 80,70%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Kadar pati tertinggi ditunjukkan pada galur UM-89, sedangkan kadar pati terendah ditunjukkan pada galur UM69. Hasil uji ANOVA data kadar pati beras ditampilkan pada Tabel 3. Berdasarkan uji ANOVA, faktor perlakuan galur hasil mutan generasi lima (M5), tidak berpengaruh nyata terhadap kadar pati. Hal tersebut menunjukkan perbedaan genetik antar galur tidak cukup signifikan untuk menyebabkan perubahan pada kandungan pati dalam beras. Ketidakstabilan kandungan pati pada beras galur M5 kemungkinan disebabkan oleh ketidakstabilan gen pengendali kandungan pati beras (Bachtari et al., 2020).

Tabel 3. Hasil ANOVA Kadar Pati

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11,784	4	2,946	,306	,868 tn
Within Groups	96,312	10	9,631		
Total	108,096	14			



Gambar 3. Grafik kadar pati

Meskipun galur mutan merupakan hasil dari perubahan genetik, tetapi kadar pati tidak mengalami perubahan yang signifikan. Perbedaan kadar pati pada setiap jenis galur dapat dipengaruhi oleh kondisi pertumbuhan. Semua penelitian sepakat bahwa kandungan pati sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. (Rhazi et al., 2021) menyatakan bergantung pada penelitiannya, faktor yang bertanggung jawab atas variasi kandungan pati tampaknya adalah suhu musim tanam, pola curah hujan, kelembapan tanah, irigasi, area tumbuh, perubahan iklim yang berkelanjutan, atau stres episodik.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan adanya variasi kandungan nutrisi (protein, lemak, dan pati) pada galur mutan generasi kelima (M5) padi lokal Sigupai Aceh Barat Daya (ABDYA). Berdasarkan hasil uji ANOVA, pengaruh perlakuan galur memiliki pengaruh yang signifikan hanya terhadap kadar protein saja. Hasil tersebut memberikan informasi penting terkait potensi galur mutan M5 untuk pengembangan varietas unggul padi dengan kandungan nutrisi yang lebih optimal, khususnya pada kadar protein, guna mendukung pemenuhan kebutuhan pangan bergizi. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada pemuliaan lebih lanjut dari galur mutan M5 dengan melibatkan teknik persilangan silang untuk meningkatkan kualitas dan stabilitas kandungan protein serta komponen nutrisi lainnya. Selain itu, melakukan pengujian multi-lokasi di berbagai kondisi agroklimat dapat membantu mengevaluasi kapasitas galur ini dalam menghasilkan padi berkualitas tinggi di berbagai lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachtari, R. P., Listyawati, S., & Sutarno. (2020). Starch, amylose and amylopectin levels of M5 and M6 generations of black rice irradiated by gamma Co 60 ray . *Journal of Physics: Conference Series*, 1436, 012116. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1436/1/012116>
- Balitbang Pertanian. (2017). *Inovasi Teknologi Meraih Swasembada dan Daya Saing Produk Pertanian*.
- Bhargavi, B., Suneetha, Y., Kumar, J. A., & Srinivas, T. (2023). Genetic divergence studies for yield and quality traits in high protein landraces of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Science Today*, 10(2), 195–204. <https://doi.org/10.14719/pst.2091>
- Booker, T. R. (2024). The structure of the environment influences the patterns and genetics of local adaptation. *Evolution Letters*, 8(6), 787–798. <https://doi.org/10.1093/evlett/qrae033>
- David, G. do N., Pereira, A., R. R. Brito, G., K. M. Kolesnikovas, C., & Pereira Serafini, P. (2022). Prevalência e Tipos de Plásticos em Albatrozes e Petréis (Aves: Procellariiformes): Recorte Espacial da Costa Sudeste e Sul do Brasil, de 2015 a 2019. *Biodiversidade Brasileira - BioBrasil*, 12(1), 15–24. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v12i1.1855>
- Efendi, Baktiar, Zulyasna, Alamsyah, W., Syamsuddin, Zakaria, S., Supriatna, N., & Sobrizal. (2017). The Effect of Gamma Ray Irradiation on Seed Viability and Plant Growth of Aceh's Local Rice. *Oryza*

- Sativa* L.). *Advances in Natural and Applied Sciences*, 11(3), 91–96. <http://www.aensiweb.com><http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Efendi, Basyah, B., Hayati, M., Husni, M., Muiyasyir, Supriatna, N., & Dwimahyani, I. (2019). Improvement of Plant Height, Harvest Date, and Yield of Sigupai Aceh Local Rice by Mutation of Gamma Rays Irradiation. *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology*, 7(4), 2321–9009. <http://iraj.in>
- khatun, M. A., Razzak, M., Hossain, M. A., Rahman, M. A., Khan, R. A., & Huque, R. (2021). Gamma radiation application to rice: Reduced glycemic index in relation to modified carbohydrate observed in FTIR spectra. *Current Research in Food Science*, 4, 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2020.12.002>
- Lantarsih, R., Widodo, S., Darwanto, D. H., Lestari, S. B., & Paramita, S. (2011). National Food Security System: Contribution of Energy Availability and Consumption, and Optimizing Rice Distribution. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 9(1), 33–51.
- Li, X., Wu, L., Geng, X., Xia, X., Wang, X., Xu, Z., & Xu, Q. (2018). Deciphering the Environmental Impacts on Rice Quality for Different Rice Cultivated Areas. *Rice*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s12284-018-0198-1>
- Monroe, J. G., Srikant, T., Carbonell-Bejerano, P., Becker, C., Lensink, M., Exposito-Alonso, M., Klein, M., Hildebrandt, J., Neumann, M., Kliebenstein, D., Weng, M. L., Imbert, E., Ågren, J., Rutter, M. T., Fenster, C. B., & Weigel, D. (2022). Mutation bias reflects natural selection in *Arabidopsis thaliana*. *Nature*, 602(7895), 101–105. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04269-6>
- Perwira, H., Bakhtiar, & Efendi. (2022). Pengujian Pertumbuhan dan Hasil Galur Mutan Generasi M3 Padi (*Oryza sativa* L.) Lokal Aceh Sigupai ABDYA Pada Lahan Aerobik. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(1).
- Rhazi, L., Méléard, B., Daaloul, O., Grignon, G., Branlard, G., & Aussenac, T. (2021). Genetic and environmental variation in starch content, starch granule distribution and starch polymer molecular characteristics of french bread wheat. *Foods*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/foods10020205>
- Sahu, P. K., Mondal, S., Sharma, D., Sao, R., Kumar, V., & Das, B. K. (2019). Genetic insights into fatty acid components of traditional Indian rice (*Oryza sativa* L.) landraces from Chhattisgarh. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 79(4), 651–657. <https://doi.org/10.31742/IJGPB.79.4.2>
- Sitairesmi, T., Wening, R. H., Rakhmi, A. T., Yunani, N., & Untung Susanto Balai Besar Penelitian Tanaman Padi Jl Raya, dan. (2013). *Pemanfaatan Plasma Nutfah Padi Varietas Lokal dalam Perakitan Varietas Unggul*.
- Xinkang, L., Chunmin, G., Lin, W., Liting, J., Xiangjin, F. U., Qinlu, L., Huang, Z., & Liu, C. (2023). ScienceDirect Rice Storage Proteins: Focus on Composition, Distribution, Genetic Improvement and Effects on Rice Quality. *Rice Science*, 30(3), 207–221. <https://doi.org/10.1016/208>
- Zhang, L., Xia, Y., Dong, Y., Xie, T., Sun, W., & Yu, S. (2022). Natural Variation of Fatty Acid Desaturase Gene Affects Linolenic Acid Content and Starch Pasting Viscosity in Rice Grains. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(19). <https://doi.org/10.3390/ijms231912055>