

Analisis Kandungan Gizi Beras dari Beberapa Galur Padi Transgenik Pac Nagdong/Ir36

Dina Fitriyah¹, Mohammad Ubaidillah^{2*}, Fariza Oktaviani²

¹ Program Studi Gizi Klinik Jurusan Kesehatan Politeknik Negeri Jember, dinafitriyah@polije.ac.id

² Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember, moh.ubaidillah.pasca@unej.ac.id

² Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember, farizaoktaviani15@yahoo.com

ABSTRAK

Padi yang umumnya dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia merupakan padi yang tidak memiliki nutrisi penting seperti β -karoten. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan nutrisi β -karoten melalui bahan makanan pokok dapat dilakukan melalui biofortifikasi β -karoten dengan cara rekayasa genetika pada tanaman padi. Padi PAC Nagdong/ IR36 merupakan padi transgenik Golden Rice yang dapat menghasilkan β -karoten. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan gizi beras dari beberapa galur padi PAC Nagdong/ IR36 yang meliputi kandungan karbohidrat, amilosa, amilopektin, protein, lipid dan β -karoten. Uji kandungan amilosa menggunakan metode iodine kolorimetri, sedangkan kandungan amilopektin dan karbohidrat menggunakan metode by difference. Uji protein dilakukan dengan menggunakan metode Bradford, uji lemak menggunakan metode Proctor dan Bowen, sedangkan kandungan β -karoten menggunakan metode kolorimetri. Galur padi PAC Nagdong/ IR36 memiliki kandungan karbohidrat antara 85,06-90,16%, amilosa 12,94%- 20,81%, amilopektin 69,35- 76,17%, protein 7,76-8,52 $\mu\text{g}/\mu\text{l}$, lipid 0,65-0,90%, dan β -karoten 231,61-920,52 $\mu\text{g}/\text{g}$. Kandungan karbohidrat, protein dan β -karoten yang tinggi pada padi PAC Nagdong/ IR36 jika dibandingkan dengan padi kontrol TN1 menunjukkan bahwa padi transgenik tersebut memberikan nilai nutrisi yang lebih baik. Kandungan amilosa pada padi PAC Nagdong/ IR36 yang rendah mengindikasikan bahwa padi tersebut dapat menghasilkan nasi yang pulen sedangkan kandungan β -karoten yang tinggi dapat dijadikan sebagai sumber β -karoten yang bermanfaat dalam mengatasi kekurangan vitamin A dan bermanfaat untuk kesehatan diantaranya dalam mencegah penyakit degeneratif.

Kata Kunci: PAC Nagdong/ IR36, amilosa, β -karoten.

ABSTRACT

Rice that is generally consumed by Indonesian people is that does not have important nutrient such as β -carotene. Therefore, the way to supply β -carotene requirement in staple foods can be done through β -carotene biofortification by genetic engineering of the rice plant. PAC Nagdong/ IR36 is transgenic Golden Rice which can produce β -carotene. The research aimed to determine some nutritional content of PAC Nagdong/ IR36 rice lines that include carbohydrate, amylose, amylopectin, protein, lipid, and β -carotene content. Amylose was measured using the iodine colorimetric method, whereas the contents of amylopectin and carbohydrates were measured using the by difference method. Protein was measured using the Bradford method, lipid was measured using Proctor and Bowen method, while β -carotene content was measured using the colorimetric method. PAC Nagdong/ IR36 rice lines had carbohydrate content between 85,06-90,16%, amylose 12,94%- 20,81%, amylopectin 69,35- 76,17%, protein 7,76-8,52 $\mu\text{g}/\mu\text{l}$, lipid 0,65-0,90%, and β -carotene 231,61-920,52 $\mu\text{g}/\text{g}$. Carbohydrate, protein, and β -carotene in PAC Nagdong/ IR36 were higher than TN1 rice variety (control). This indicated that PAC Nagdong/ IR36 provided better nutrition. Amylose content of Nagdong/ IR36 PAC rice was low, which donated its potential to produce fluffier rice whereas high β -carotene content could be used as a source of β -carotene that is useful in overcoming vitamin A deficiency and beneficial for health including in preventing degenerative diseases.

Keywords: PAC Nagdong/ IR36, amylose, β -carotene.

*Korespondensi Author: Mohammad Ubaidillah, Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember, moh.ubaidillah.pasca@unej.ac.id, +6282132154612.

I. PENDAHULUAN

Padi merupakan komoditas tanaman pangan utama di sebagian besar penduduk dunia

dan menjadi makanan pokok di sebagian besar negara Asia khususnya di Indonesia. Padi sebagai sumber utama karbohidrat berperan

penting dalam penyediaan energi dan nutrisi. Beras mengandung karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan zat gizi lainnya yang dibutuhkan oleh tubuh. Kandungan nutrisi beras per 100 gr adalah sebagai berikut, kandungan karbohidrat berkisar 74,9-79,95 gr, protein sekitar 6-14 gr, total lemak 0,5- 1,08 gr, beras juga mengandung vitamin yaitu tiamin (B1) 0.07-0.58 mg, riboflavin (B2) 0.04-0.26 mg dan niasin (B3) sekitar 1.6-6,7 mg.¹

Karbohidrat pada beras sebagian besar adalah pati. Pati beras terdiri dari dua komponen yaitu amilosa dan amilopektin. Beras dengan kandungan amilosa yang lebih tinggi membuat tekstur nasi menjadi pera, tidak lengket, dapat mengembang, dan menjadi keras setelah dingin. Beras dengan kadar amilopektin yang tinggi menghasilkan tekstur nasi yang lengket, tidak mengembang, dan tetap menggumpal setelah dingin.

Beras merupakan makanan pokok di Indonesia yang dapat ditingkatkan nilai gizinya melalui biofortifikasi dengan cara pemuliaan tanaman baik secara konvensional maupun rekayasa genetik agar memperoleh varietas padi dengan beras yang memiliki kandungan vitamin, mineral atau senyawa yang lebih lengkap yang bermanfaat untuk kesehatan. Biofortifikasi pada padi telah banyak dilakukan, diantaranya meningkatkan kandungan zat besi dan seng pada beras. Beberapa varietas padi memiliki kandungan zat besi 2 μ g/g dan seng 16 μ g/g pada beras poles, akan tetapi melalui biofortifikasi secara rekayasa genetik dapat menghasilkan beras poles dengan kandungan zat besi 15 μ g/g dan seng 45,7 μ g/g.² Biofortifikasi juga dilakukan untuk meningkatkan kandungan antosianin pada beras merah dan beras hitam yang berperan sebagai antioksidan melalui perakitan varietas dengan pemuliaan konvensional.³ Kekurangan vitamin A juga dapat diatasi dengan biofortifikasi β -karoten pada tanaman padi yang dilakukan melalui rekayasa genetik pada tanaman padi.

Tanaman padi PAC Nagdong/IR36 merupakan tanaman padi hasil rekayasa genetik yaitu padi *Golden Rice* yang berasal dari persilangan padi PAC Nagdong dan IR36. Padi

varietas IR36 merupakan kultivar indica yang memiliki potensi hasil yang tinggi, genjah, kandungan amilosa tinggi serta agak tahan terhadap penyakit hawar daun bakteri, blas serta virus kerdil rumput.⁴ Saat ini belum diketahui kandungan gizi yang meliputi kandungan amilosa, amilopektin serta β -karoten dari padi persilangan PAC Nagdong dan IR36. Adanya tanaman padi PAC Nagdong/IR36 ini diharapkan dapat mengembangkan padi punel dan dapat membantu mengatasi kekurangan vitamin A. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan gizi padi tersebut yang meliputi kandungan amilosa, amilopektin, total karbohidrat, protein, lemak serta kandungan β -karoten.

II. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Analisis Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jember. Empat galur padi yang diuji adalah hasil introduksi PAC Nagdong/IR36 (940311-6, 940302-3, 940302-8, dan 940308-1) serta varietas TN1 sebagai pembanding. Analisis kandungan gizi padi yang akan dilakukan meliputi uji kandungan amilosa, amilopektin, total karbohidrat, protein, lemak dan beta-karoten.

Uji Kandungan Amilosa, Amilopektin, dan Total Karbohidrat

Kandungan amilosa diukur dengan menggunakan metode *iodine colorimetric*, sedangkan perhitungan kandungan amilopektin menggunakan metode *by difference*.⁵ Sampel 0,1 gram dilarutkan dalam 1 mL etanol 95% dan 9 mL NaOH 1N ke dalam tabung, kemudian dipanaskan 80°C-100°C selama 10 menit. Setelah itu, ditambahkan dengan aquades hingga 100 mL. Sebanyak 5 mL diambil dari tabung kemudian ditambahkan 2 mL iodine 2%, 1 mL asam asetat 1N, dan aquades hingga 100 mL pada tabung baru. Kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 620 nm. Amilopektin dihitung dengan mengurangi karbohidrat dengan amilosa. Berikut ini adalah rumus perhitungan amilosa dan amilopektin:

$$\% \text{Amilosa} = \frac{(\text{nilai absorbansi} \times \text{faktor pengenceran}) \times 100\%}{\text{Jumlah sampel}}$$

$$\% \text{Amilopektin} = \% \text{Karbohidrat} - \% \text{Amilosa}$$

Kandungan karbohidrat dihitung dengan menggunakan metode *by difference*. Karbohidrat total diperoleh dari hasil pengurangan 100% dengan persentase kandungan protein, lipid, dan kadar air.⁶ Berikut ini rumus perhitungan persentase karbohidrat:

$$\% \text{Karbohidrat} = 100\% - (\% \text{Protein} + \% \text{Lipid} + \% \text{Kadar Air})$$

Uji Kandungan Protein

Kandungan protein diuji menggunakan metode bradford dengan *Bovine Serum Albumin* (BSA) sebagai standart.⁷ Sebanyak 1 gram sampel ditumbuk halus dan ditambahkan buffer pospat pH 7 sebanyak 3 ml. Kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit pada suhu 4°C. Supernatan diambil sebanyak 5µl untuk diuji bradford dengan menambahkan 950 µl bradford dan 45 µl aquades, kemudian divortex dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 595 nm. Kurva standart BSA digunakan untuk menentukan kadar protein dalam sampel.

Uji Kandungan Lipid

Perhitungan kandungan lemak menggunakan metode yang dilakukan oleh Proctor dan Bowen.⁸ Sebanyak 5 gram sampel tepung dilarutkan dalam 20 ml larutan n-hexan, kemudian divortex selama 5 menit dan diinkubasi dengan penggojogan pada suhu 65°C selama 3-4 jam. Larutan tersebut disaring menggunakan kertas saring yang telah ditimbang sebelumnya (a gram), kemudian dievaporasi agar lemak terpisah dengan pelarut n-hexan dan dihitung kembali (b gram). Kandungan lemak dapat dihitung dengan rumus:

$$\% \text{Lipid} = \frac{(b - a) \times 100\%}{\text{Sampel}}$$

Uji Kandungan Vitamin A (Beta Karoten)

Pengukuran beta karoten dilakukan dengan cara ekstraksi menggunakan etanol

dengan prosedur pengukuran kolorimetri. Biji dihaluskan dan dihilangkan lemaknya dengan heksana dan diekstraksi dengan etanol 96%.⁹ Sampel ditumbuk sampai halus dan ditimbang sebanyak 0.6 gram, kemudian dimasukkan dalam tabung yang berukuran 40 ml. Sampel tersebut dilarutkan dalam aseton dan ditambah 5 ml BHT 0,05% dalam aseton, 5 ml etanol 96%, dan 10 ml larutan heksan. Campuran tersebut digojog dengan kecepatan 180 rpm *on ice* atau dengan suhu 4°C selama 15 menit dan ditambah 3 ml ddH₂O, kemudian digojog selama 5 menit *on ice*. Campuran yang sudah homogen tersebut didiamkan di suhu 4°C selama semalam. Lapisan atas yang terbentuk kemudian diambil dan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Padi transgenik PAC Nagdong/IR36 merupakan padi *Golden Rice* yang berasal dari persilangan padi transgenik PAC Nagdong dan padi IR36. Varietas Nagdong merupakan *background* transgenik dari PAC (Psy-2A-Crtl). Padi varietas Nagdong merupakan kultivar padi japonica yang memiliki karakteristik gen ketahanan terhadap virus yang dibawa oleh wereng (*planthopper*), memiliki batang tinggi tetapi hasilnya lebih rendah, memiliki kandungan amilosa yang rendah jika dibandingkan dengan padi japonica lainnya.¹⁰ Sedangkan padi varietas IR36 merupakan kultivar padi indica dengan potensi hasil yang tinggi, tahan terhadap berbagai penyakit, memiliki kandungan amilosa yang tinggi.

Kandungan karbohidrat padi PAC Nagdong/IR36 pada beberapa galur antara 89,06% (galur 940302-8) sampai 90,16% (galur 940311-6), sedangkan varietas TN1 sebagai tanaman kontrol yaitu 85,06% (Gambar 1). Kadar karbohidrat pada beras varietas Ciharang yaitu 87,6%.¹¹ Hal ini menunjukkan bahwa kandungan karbohidrat pada galur-galur PAC Nagdong/IR36 lebih tinggi dibandingkan dengan padi varietas ciharang. Komponen gizi utama di dalam beras adalah kandungan karbohidrat. Sebagian besar komponen karbohidrat adalah pati yaitu sekitar 85-90% dan hanya sebagian

kecil kandungan pentosa, hemiselulosa, dan selulosa. Pati tersusun dari amilosa dan amilopektin. Amilosa memiliki ikatan 1,4-D-glukopiranosida dan strukturnya tidak bercabang, sedangkan amilopektin memiliki ikatan 1,6-D-glukopiranosida, strukturnya bercabang dan sifatnya cenderung lengket.

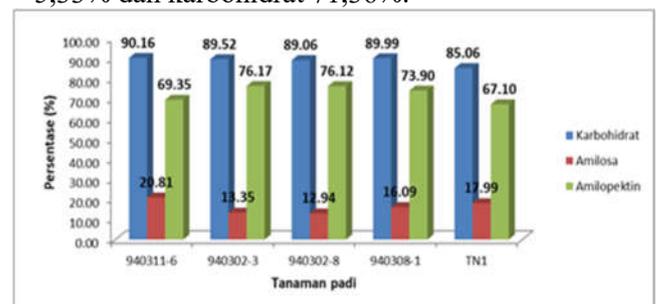
Berdasarkan kadar amilosa beras digolongkan menjadi beras ketan (0-5%), kadar amilosa sangat rendah (5-12%), rendah (12-20%), menengah (21-25%), dan tinggi (25-33%).¹² Komposisi amilosa dan amilopektin pada beras mempengaruhi tekstur nasi. Beras dengan kadar amilosa tinggi memiliki sifat nasi yang pera, sedangkan beras yang memiliki kadar amilosa rendah akan menghasilkan nasi pulen. Penentuan tekstur nasi pera atau pulen yaitu salah satunya berdasarkan kandungan amilosa. Jika kandungan amilosa >25% maka nasi tersebut termasuk kriteria nasi pera, sedangkan nasi bertekstur pulen memiliki kadar amilosa 20-25%, nasi bertekstur sangat pulen kadar amilosanya 15-< 20% dan nasi dengan tekstur lengket (ketan) memiliki kandungan amilosa < 15%.¹³

Padi varietas IR36 memiliki kadar amilosa 25% sehingga memiliki tekstur nasi pera.⁴ Beras dengan kadar amilosa yang tinggi akan menghasilkan nasi yang keras dan kering serta volume pengembangan yang tinggi. Selain itu, beras yang memiliki kadar amilosa yang tinggi memiliki nilai indeks glikemik yang rendah, sehingga disarankan untuk dikonsumsi penderita diabetes tipe 2.¹⁴ Padi varietas Nagdong memiliki kandungan amilosa sekitar ±18% yang diartikan bahwa varietas tersebut memiliki tekstur nasi yang sangat pulen.¹⁵ Pada penelitian ini galur padi PAC Nagdong/IR36 memiliki kandungan amilosa antara 12,93-20,81%. Hal ini mengindikasikan bahwa padi PAC Nagdong/IR36 memiliki kriteria nasi yang beragam yaitu pulen (940311-6) dengan kadar amilosa 20,81%, sangat pulen dengan kadar amilosa 16,09% (galur 940308-1), 12,94% (galur 940302-3) dan 13,35% (galur 940302-8). Yanjie telah menguji padi japonica dari wilayah Xiangshui dan Hangzhou di Cina dengan kandungan amilosa sekitar 13-20%.¹⁶

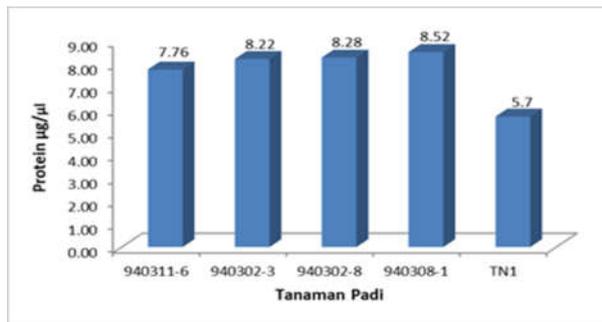
Kandungan amilosa dapat mempengaruhi penyerapan air dan tingkat ekspansi dalam proses tanak. Beras dengan kandungan amilosa yang rendah umumnya memiliki kualitas rasa yang lezat. Beras yang paling diminati di Indonesia, khususnya di Jawa adalah beras yang memiliki kandungan amilosa rendah-sedang yaitu sekitar 18-23%.¹⁷ Masyarakat Jepang, Cambodia, Taiwan, Thailand, Mesir, Australia,

Vietnam selatan dan sebagian Cina lebih menyukai beras dengan amilosa yang rendah, sedangkan masyarakat di Iran, Pakistan, Malaysia, Vietnam, Indonesia dan Filipina lebih menyukai beras dengan kadar amilosa sedang. Preferensi beras dengan kadar amilosa tinggi yaitu di Myanmar, Srilanka, Sebagian provinsi di Indonesia dan beberapa daerah di India.¹⁸

Karakteristik nasi yang dihasilkan selain dipengaruhi oleh kandungan amilosa pada beras juga dipengaruhi oleh kandungan amilopektin. Kelekatan nasi juga dipengaruhi oleh kandungan amilosa dan amilopektin pada beras. Semakin rendah amilosa dan semakin tinggi amilopektin pada beras maka nasi yang dihasilkan semakin lengket. Beras ketan didominasi oleh amilopektin, yaitu sekitar 98%. Beberapa varietas beras ketan dari Korea seperti Nunbora, Baegseolchal, Baegokchal, dan Boseokchal memiliki kandungan amilopektin sekitar 98,35- 98,84%.¹⁹ Berdasarkan penelitian ini, kandungan amilopektin tertinggi pada padi PAC Nagdong/ IR36 yaitu 76,17% pada galur 940302-3 dan terendah 69,35% pada galur 940311-6, sedangkan varietas TN1 memiliki amilopektin 67,10% (Gambar 1). Refdi dan Fajri telah menguji kandungan amilopektin tepung beras ketan putih yaitu sekitar 66,03% amilosa 5,33% dan karbohidrat 71,36%.²⁰

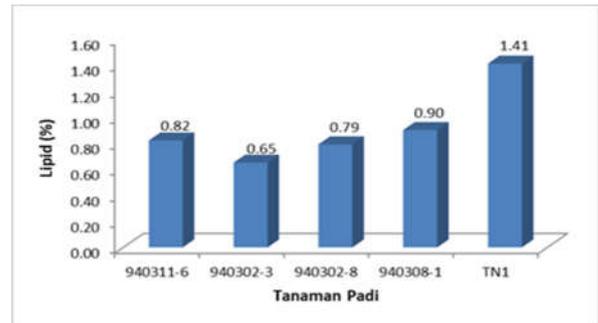


Gambar 1. Kandungan karbohidrat, amilosa dan amilum pada beberapa galur tanaman padi.



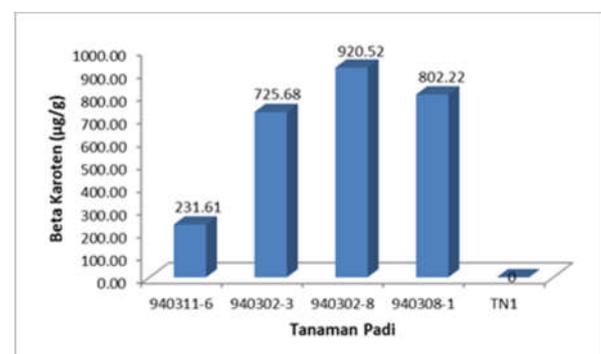
Gambar 2. Kandungan protein pada beberapa galur tanaman padi

Kandungan protein padi PAC Nagdong/IR36 yang tertinggi yaitu pada galur 940308-1 (8,52 µg/µl), sedangkan yang terendah yaitu pada galur 940311-6 (7,76 µg/µl). Kandungan protein pada varietas TN1 (tanaman kontrol) lebih rendah dari pada galur padi transgenik yaitu 5,7 µg/µl. Varietas Nagdong memiliki kandungan protein yang lebih rendah dari pada Cheongcheong yaitu sekitar $\pm 6,4\%$, sedangkan Cheongcheong $\pm 7,8\%$.¹⁵ Hasil penelitian Indrasari menunjukkan bahwa kandungan protein beras varietas Ciherang yaitu sekitar 10,3%.¹¹ Beras menyumbang sekitar 38% terhadap total kecukupan protein di Indonesia. Protein merupakan bahan utama dalam pembentukan sel, perbaikan sel, dan berfungsi dalam metabolisme tubuh. Pada umumnya kandungan protein, amilosa dan lipid dapat menentukan rasa beras. Nasi yang memiliki rasa enak diketahui memiliki kandungan protein kurang dari 7% dan kandungan air 15,5-16,5%. Kandungan protein berkorelasi negatif dengan adhesi beras dan berkorelasi positif dengan kekerasan, kekompakan serta kekenyalan beras. Beras dengan kandungan protein yang tinggi memerlukan lebih banyak air dan waktu yang dibutuhkan lebih lama serta rasanya menjadi keras dan kurang elastis setelah dimasak.²¹ Analisis korelasi antara kandungan amilosa, protein dan lemak mengindikasikan bahwa masing-masing komponen berhubungan dengan rasa beras yang telah dimasak.¹⁵



Gambar 3. Kandungan lipid pada beberapa galur tanaman padi

Kandungan lipid pada beberapa galur padi PAC Nagdong/IR36 antara 0,65% (galur 940302-3) - 0,90% (galur 940311-6), sedangkan kandungan lipid pada varietas TN1 merupakan paling tinggi yaitu 1,41% (Gambar 3). Kandungan lipid berbeda-beda pada setiap varietas. Kandungan lipid pada beras *indigenus* dari lahan pasang surut di Kalimantan Tengah yaitu antara 0,32% (varietas Siam Unus) sampai dengan 0,62% (varietas Rantul).²² Sedangkan kandungan lipid pada padi korea varietas Cheongcheong sampai 3,5%.¹⁵ Kadar asam lemak tidak jenuh pada beras dapat menentukan kualitas nasi. Beras dengan kandungan lipid yang tinggi dianggap tidak sehat, akan tetapi jika kandungan lipidnya sebagian besar terdiri asam lemak tidak jenuh maka resiko terhadap penyakit seperti jantung akan rendah.²³ Beras dengan kandungan lemak yang tinggi lebih cepat mengalami kerusakan dan kemungkinan beras dapat mengalami oksidasi secara cepat yang mengakibatkan bau beras menjadi apek.



Gambar 4. Kandungan beta karoten pada beberapa galur tanaman padi

Beras yang dikonsumsi oleh masyarakat, umumnya tidak mempunyai nutrisi penting seperti karotenoid yang menunjukkan aktivitas pro vitamin A (β -karoten). Berdasarkan hasil penelitian ini, kandungan β -karoten pada padi *Golden Rice* PAC Nagdong/IR36 yaitu antara 231,61 $\mu\text{g/g}$ (galur 940311-6) sampai 920,52 $\mu\text{g/g}$ pada galur 940302-8 (Gambar 4). Tanaman padi transgenik *Golden Rice* PAC yang mengandung gen fitoena sintase dari tanaman cabe-cabean (*capsicum*) dan karoten desaturase dari *Pantoea* yang dihubungkan dengan sekuen 2A sintetik, endosperma padi tersebut mengandung sekitar 1.3 $\mu\text{g/g}$ total karotenoid (0.6 μg β -karoten).²⁴

β -karoten terakumulasi di dalam endosperma padi *Golden Rice*. Kandungan β -karoten yang cukup tinggi dijumpai pada tanaman padi berwarna. Semakin tinggi kandungan β -karoten maka warna padi yang dihasilkan semakin kuning.²⁴ β -karoten merupakan pro vitamin A yang berperan penting pada proses pembentukan vitamin A. β -karoten berperan dalam fungsi penglihatan dan berperan sebagai antioksidan sehingga dapat mencegah penyakit degeneratif seperti penyakit kanker dan jantung. Konsumsi buah dan sayur yang kaya β -karoten dapat mengurangi dan mencegah penyakit jantung, akan tetapi konsumsi suplemen β -karoten oleh perokok dengan dosis tinggi yaitu sekitar 20-30 mg perhari dapat meningkatkan resiko serangan jantung dan kanker paru-paru.²⁵ Asupan vitamin A harian yang telah direkomendasikan oleh *Nordic Council of Ministers* (NCM, 2014) untuk wanita dewasa adalah 0,7 mg, wanita hamil 0,8 mg dan untuk wanita menyusui 1,1 mg, sedangkan laki-laki dewasa adalah 0,9 mg.²⁶

IV. KESIMPULAN

Galur padi transgenik PAC Nagdong/IR36 memiliki kandungan karbohidrat, protein dan β -karoten yang tinggi jika dibandingkan dengan kontrol, hal ini mengindikasikan bahwa padi tersebut dapat memberikan nilai nutrisi yang lebih baik, sedangkan kandungan amilosanya rendah yang mengindikasikan bahwa galur padi tersebut

memiliki sifat nasi yang pulen. Sifat nasi yang pulen ini sangat disukai oleh masyarakat, akan tetapi tidak disarankan untuk penderita diabetes. Padi PAC Nagdong/IR36 memiliki kandungan lemak yang rendah sehingga tidak mudah mengalami oksidasi dan tidak mudah apek. Selain itu padi PAC Nagdong/IR36 mengandung β -karoten (pro vitamin A) yang berperan dalam pembentukan vitamin A dalam tubuh. Kandungan β -karoten pada padi PAC Nagdong/IR36 diharapkan dapat memenuhi kebutuhan vitamin A dan dapat berperan sebagai antioksidan yang dapat mengurangi penyakit degeneratif.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Universitas Jember yang telah mendanai penelitian ini melalui dana DIPA PNPB Universitas Jember 2018.

REFERENSI

1. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service: USDA National Nutrient Database for Standard Reference. USA: 2019 [updated 2019 Jan 4; cited 2019 Dec 31]. Available from: <https://fdc.nal.usda.gov/>.
2. Trijatmiko KR, Dueñas C, Tsakirpaloglou N, Torrizo L, Arines FM, et al. Biofortified indica rice attains iron and zinc nutrition dietary targets in the field. *Scientific Reports*. 2016; 6 (19792): 1-13.
3. Abdullah, B. Peningkatan kadar antosianin beras merah dan beras hitam melalui biofortifikasi. *Jurnal Litbang Pertanian*. 2017; 36 (2): 91-8.
4. Suprihatno B, Daradjat AA, Satoto, Baehaki SE, Suprihanto, Setiono A, Indrasari SD, Wardana IP, Sembiring H. Deskripsi varietas padi. Subang: Balai Besar Penelitian Tanaman Padi; 2010.
5. Shanita SN, Hasnah H, Khoo, CW. Amylose and amylopectin in selected Malaysian foods and its relationship to glycemic index. *Sains Malaysiana*. 2011; 40(8): 865-870.

6. Serna-Saldivar, SO. Cereal grains laboratory reference and procedures manual. United States: CRC Press; 2012.
7. Bradford, MM. 1979. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principles of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 1979; 72 (1): 248-254.
8. Proctor A, Bowen DJ. Ambient-temperature extraction of rice bran oil with hexane and isopropanol. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1996; 73 (6): 811-3.
9. Klimczak I, Malecka M, Pacholek B. Antioxidant activity of ethanolic extracts of amaranth seeds. *Nahrung/Food*. 2002; 46 (3): 184-6.
10. Yang P, Song MH, Ha SH, KiM JK, Park JS, Ahn SN. Marker assisted development and characterization of beta-carotene rice. *Korean Journal of Breeding Science*. 2011; 43 (5): 360-7.
11. Indrasari SD. Mutu Gizi dan Mutu Rasa Beras Varietas Unggul Ciherang. *Warta Litbang Pertanian*. 2011; 33 (2): 8-10.
12. Juliano BO. Structure, chemistry and function of the rice grain and its fractions. *Cereal Foods World*. 1992; 37 (10): 772-9.
13. Badan Standardisasi Nasional. SNI 6128:2015 tentang Beras. Jakarta (Indonesia): BSN; 2015.
14. Septianingrum E, Liyanan, Kusbiantoro B. Review Indeks Glikemik Beras: Faktor-Faktor yang Mempengaruhi dan Keterkaitannya terhadap Kesehatan Tubuh. *Jurnal Kesehatan*. 2016; 1 (1): 1-9
15. Lee GH, Yun BW, Kim KM. Analysis of QTLs associated with the rice quality related gene by double haploid populations. *International Journal of Genomics*. 2014; 2014 (781832): 1-6.
16. Yanjie X, Yining Y, Shuhong O, Xiaoliang D, Hui S, Shukun J, Shichen S, Jinsong B. Factors affecting sensory quality of cooked. *Rice Science*. 2018; 25 (6): 330-9.
17. Mardiah Z, Rakhmi AT, Indrasari SD, Kusbiantoro B. Evaluasi mutu beras untuk menentukan pola preferensi konsumen di Pulau Jawa. 2016; 35 (3): 163-180.
18. Calingacion M, Laborte A, Nelson A, Resurreccion A, Concepcion JC, Daygon VD, et al. Diversity of global rice markets and the science required for consumer targeted rice breeding. *Plos One*. 2014; 9 (1): 1-12.
19. Oh SM, Shin M. Physicochemical properties and molecular structures of Korean waxy rice starches. *Food Sci. Biotechnol*. 2015; 24(3): 791-798.
20. Refdi CW, Fajri PY. Komposisi gizi dan pati tepung beras rendang dari beberapa sentra produksi di Kota Payakumbuh Sumatera Barat. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*. 2017; 21 (1): 40-44.
21. Chen F, Yang C, Liu L, Liu T, Wang Y. Differences, correlation of compositions, taste and texture characteristics of rice from Heilongjiang China. *J Rice Res*. 2017; 5 (1): 1-5
22. Kamsiati E, Dharmawati E, Haryadi Y. Karakteristik fisik dan kimia beras *indigenous* dari lahan pasang surut di Kalimantan Tengah. *Pangan*. 2018; 27 (2): 107-116.
23. Verma DK, Srivastav PP. Proximate composition, mineral content and fatty acids analyses of aromatic and non-aromatic Indian rice. *Rice Science*. 2017; 24 (1): 21-31
24. Ha S, Liang YS, Jung H, Ahn M, Suh S. Application of two bicistronic systems involving 2A and IRES sequences to the biosynthesis of carotenoids in rice endosperm. *Plant Biotechnology Journal*. 2010; 8: 928-938.
25. Fiedor J, Burda K. Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease. *Nutrients*. 2014; 6: 466-488.
26. EFSA NDA Panel. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin A. *EFSA Journal*. 2015; 13 (3): 4028