

## Karakterisasi Morfologi dan Molekuler Galur Padi Introduksi Golden Rice $F_8$ terhadap Penyakit Blas dan Hawar Daun Bakteri

### *Morphological and Molecular Characterization of Introduced Golden Rice $F_8$ Lines to Blast and Bacterial Leaf Blight Diseases*

Viki Bayu Wibisono<sup>1</sup>, Dwi Mai Abdul Imam Buqori<sup>2</sup>, Danny Agus Dyanshah<sup>3</sup>,  
Sri Hartatik<sup>3</sup>, dan Mohammad Ubaidillah<sup>3\*</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember  
Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari  
Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember  
Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari  
Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121, Indonesia

Diterima 6 Juni 2022/Disetujui 13 Desember 2022

#### ABSTRACT

Golden rice contains  $\beta$ -carotene or provitamin A in the seed endosperm. Various attempts have been made to improve the resistance of Golden rice against leaf blast and bacterial blight diseases. Breeding and selection have been done and obtained several stable  $F_8$  breeding lines. This study aimed to elucidate the agromorphological characteristics and genotype of Golden rice  $F_8$  lines of PAC Nagdong/IR36/IR64. The experiment were using  $F_8$  lines of Golden rice PAC Nagdong/IR36/IR64 with the code of 302/IR-2-2(6)/1, 302/IR-2-2(7)/2, 302/IR-2-2(8)/1, along with IR36 and IR64 varieties as the controls. Genotype analysis was performed to confirm the introgression of genes *Pik-s*, *Pi54*, *Pi-ta*, *Xa4*, and *Xa7*. This study showed that the Golden rice lines had relatively similar height as semidwarf, tiller numbers per plant > 24.6 with productive tillers of more than 85%, panicle lengths between 20.09-20.85 cm, and grain yield of 42.94 g per plant. All Golden rice lines have the targeted resistance genes to blast and bacterial leaf blight.

Keywords:  $\beta$ -carotene, introduction, marker, progeny

#### ABSTRAK

Golden rice merupakan padi yang di dalam endosperma bijinya memiliki kandungan  $\beta$ -karoten atau provitamin A. Beberapa upaya telah dilakukan untuk meningkatkan ketahanannya terhadap penyakit blas dan hawar daun bakteri (HDB). Hasil pemuliaan Golden rice telah mendapatkan turunan ke 8 ( $F_8$ ) yang bersifat stabil. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi agromorfologi dan genotipe galur padi introduksi Golden rice  $F_8$  PAC Nagdong/IR36/IR64. Penelitian dilakukan di Laboratorium Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember. Benih yang digunakan yaitu tiga galur padi intorduksi Golden rice  $F_8$  PAC Nagdong/IR36/IR64 dengan kode 302/IR-2-2(6)/1, 302/IR-2-2(7)/2, 302/IR-2-2(8)/1 serta varietas IR36 dan IR64 sebagai tanaman kontrol. Analisis genotipe meliputi gen *Pik-s*, *Pi54*, *Pi-ta*, *Xa4* dan *Xa7*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakter agromorfologi pada seluruh galur Golden rice untuk karakter tinggi tanaman, jumlah anakan dan jumlah anakan produktif tidak berbeda nyata. Tinggi tanaman Golden rice termasuk dalam kategori semidwarf, jumlah anakan >24.6 dengan anakan produktif mencapai lebih dari 85%, panjang malai antara 20.09-20.85 cm, dan bobot per rumpun mencapai 42.94 g serta seluruh galur Golden rice memiliki gen pengkode sifat tahan terhadap penyakit blas dan HDB.

Kata kunci:  $\beta$ -karoten, galur, HDB, introduksi, marka

\* Penulis untuk korespondensi. e-mail: [moh.ubaidillah.pasca@unej.ac.id](mailto:moh.ubaidillah.pasca@unej.ac.id)

## PENDAHULUAN

Padi (*Oriza sativa* L.) merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang banyak dijadikan sebagai bahan makanan pokok oleh negara-negara di dunia khususnya di Asia dan Indonesia. Arifin *et al.* (2021) menyebutkan bahwa rata-rata konsumsi beras di Indonesia pada 2019 mencapai 131.23 kg per kapita dalam satu tahun. Tingginya permintaan beras di Indonesia ini harus didukung dengan adanya peningkatan produktivitas dan peningkatan mutu beras.

Untuk mendukung peningkatan produktivitas, tanaman padi perlu mempunyai sifat tahan terhadap berbagai cekaman, salah satunya sifat ketahanan terhadap hawar daun bakteri (HDB) dan blas. Blas merupakan salah satu penyakit yang dapat mengganggu produktivitas tanaman padi apabila keberadaannya tidak dikendalikan. Penurunan produktivitas tanaman diperparah dengan lingkungan yang terlalu lembab dan tingkat kerentanan kultivar padi terinfeksi cukup tinggi. Kondisi kelembaban yang tinggi menyebabkan jamur penyebab blas meningkat. Kerugian yang diakibatkan dari blas mencapai 10% hingga 30% kehilangan hasil produksi padi (Kurrata *et al.*, 2021). Yadav *et al.* (2019), menjelaskan bahwa sampai saat ini terdapat lebih dari 100 gen ketahanan padi terhadap blas. Sebanyak 27 gen telah dikloning secara molekuler dan diidentifikasi dan dikarakterisasi yaitu *Pib*, *Pb1*, *Pita*, *Pi9*, *Pi2*, *Pizt*, *Pid2*, *Pi33*, *Pii*, *Pi36*, *Pi37*, *Pikm*, *Pit*, *Pi5*, *Pid3*, *Pid3-A4*, *Pikh*, *Pish*, *Pik*, *Pikp*, *Pia*, *PiCO39*, *Pi25*, *Pi1*, *pi21*, *Pi50* and *Pi65(t)*.

*Golden rice* merupakan salah satu hasil penerapan teknologi DNA rekombinan untuk meningkatkan kandungan provitamin A atau  $\beta$ -karoten pada endosperma padi. Lee *et al.* (2015) menjelaskan bahwa *Golden rice* diperoleh dari tetua Nagdong, kultivar padi japonica. Nagdong memiliki gen ketahanan terhadap virus belang dan tinggi serta berproduksi rendah dibandingkan dengan kultivar japonica berproduksi tinggi. Tanaman transgenik PAC disilangkan dengan IR36, kultivar indica semi-kerdil berdaya hasil tinggi.

Mina *et al.* (2018) memperkenalkan ketahanan terhadap penyakit HDB dan blas ke tanaman transgenik PAC Nagdong. Galur *Golden rice* berasal dari padi PAC Nagdong yang tidak memiliki gen ketahanan penyakit kemudian disilangkan dengan varietas IR36 yang mempunyai ketahanan terhadap penyakit hawar daun bakteri (HDB) dan blas (*Pita*, *Pik-s*, *Pib* dan *Xa7*). Turunan F5 PAC Nagdong/IR36 disilangkan dengan varietas IR64 yang memiliki gen ketahanan penyakit HDB dan blas (*Pi-ta*, *Piz-t*, *Pik-s*, *Pib*, *Pi54* dan *Xa4*). Hasil introduksi ini kemudian dikembangkan sampai F<sub>8</sub> dan dilakukan karakterisasi agromorfologi.

Karakterisasi padi dengan sifat unggul tertentu dapat menggunakan uji karakterisasi agromorfologi (Kurniasih *et al.*, 2019). Karakterisasi agromorfologi tanaman padi dilakukan untuk mengetahui kondisi tanaman yang tampak seperti jumlah anakan per rumpun, panjang akar, panjang malai, bentuk daun, dan karakter fisik lainnya, sedangkan karakterisasi genotipe dilakukan untuk menganalisis gen-gen tanaman padi yang ada di dalamnya (Supriyanti *et al.*, 2015; Rembang *et al.*, 2018).

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan maka perlu dilakukan karakterisasi agromorfologi dan genotipe ketahanan terhadap galur padi F<sub>8</sub> PAC Nagdong/IR36/IR64 yang sudah diseleksi. Penelitian dilakukan untuk mendapatkan informasi yang akurat tentang sifat fisik padi F<sub>8</sub> PAC Nagdong/IR36/IR64 sebelum dilakukan komersialisasi dan budidaya jangka panjang. Tujuan lain yaitu untuk mengetahui keberadaan gen ketahanan terhadap penyakit blas dan hawar daun bakteri (HDB) pada tanaman F<sub>8</sub> PAC Nagdong/IR36/IR64.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Greenhouse Fakultas Pertanian Universitas Jember dan Laboratorium Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember pada bulan Desember 2020 sampai dengan November 2021. Genotipe padi yang digunakan dalam penelitian meliputi tiga galur padi introduksi PAC Nagdong/IR36/IR64 F<sub>8</sub> kode 302/IR-2-2(6)/1, 302/IR-2-2(7)/2, 302/IR-2-2(8)/1, serta varietas IR36 dan varietas IR64 sebagai kontrol. Galur padi yang digunakan berasal persilangan padi Golden rice PAC Nagdong yang tidak memiliki gen ketahanan penyakit dengan varietas IR36 yang mempunyai ketahanan terhadap penyakit hawar daun bakteri (HDB) dan blas. Turunan F5 PAC Nagdong/IR36 kemudian disilangkan dengan varietas IR64 yang memiliki gen ketahanan penyakit HDB dan blas (*Pi-ta*, *Piz-t*, *Pik-s*, *Pib*, *Pi54* dan *Xa4*) (Mina *et al.*, 2018).

Percobaan disusun menggunakan rancangan acak lengkap. Faktor utama yang digunakan dalam penelitian merupakan tiga genotipe padi *Golden rice*, serta padi varietas IR36 dan IR64. Lima genotipe padi ditanam dengan 10 ulangan, sehingga diperoleh jumlah 50 satuan percobaan. Karakter agromorfologi yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, panjang malai dan potensi hasil pada fase vegetatif akhir sesuai dengan panduan IRRI (2013). Analisis deskriptif kualitatif dilakukan untuk menganalisis keberadaan gen-gen pengkode sifat ketahanan terhadap penyakit blas dan HDB.

Prosedur penelitian diawali dengan melakukan perkecambahan benih di dalam *potray* dengan menggunakan media tanah hingga  $\frac{3}{4}$  dari tinggi *potray*. Bibit tanaman padi dipindah tanam setelah berumur 21 hari dengan jumlah satu tanaman tiap pot tanam. Ukuran pot yang digunakan yaitu diameter 30 cm dengan tinggi 22.5 cm dan tanah sebagai media tanam. Pemeliharaan dilakukan meliputi pemberian nutrisi, pengairan atau penyiraman dan pembersihan gulma. Pemanenan dilakukan ketika padi berumur 3-4 bulan, atau ketika tanaman berwarna kuning kecoklatan yang menandakan bahwa padi sudah siap dipanen.

Karakterisasi gen ketahanan dengan menggunakan marka gen *Pik-s*, *Pi54*, *Pi-ta*, *Xa4* dan *Xa7* diawali dengan melakukan isolasi DNA yang diambil dari daun padi muda berumur lebih kurang 3 minggu menggunakan metode Buffer CTAB (Cethyl Trimethyl Ammonium Bromide) (Handayani *et al.*, 2016; Kurrata *et al.*, 2021). Konsep marka yang digunakan yaitu MAS (*marker assisted selection*) berbasis SSR (*simple sequence repeat*). Template DNA yang didapatkan kemudian dianalisis menggunakan metode PCR

(*polymerase chain reaction*) dengan primer spesifik gen *Pik-s*, *Pi54*, *Pi-ta*, *Xa4* dan *Xa7* (Tabel 1) serta campuran bahan per sampel yaitu 5  $\mu$ L Taq DNA Polymerase, 1  $\mu$ L primer F, 1  $\mu$ L primer R, 1  $\mu$ L DNA template dan 2  $\mu$ L *nuclease free water*. Program yang diatur dalam mesin PCR yaitu pra-denaturasi selama 2 menit dengan suhu 95 °C, sebanyak 30 siklus mencakup denaturasi selama 30 detik dengan suhu 95 °C, proses *annealing* selama 30 detik dengan suhu 53 °C (gen *Pi*), 55 °C (*Xa4*), dan 57.2 °C (*Xa7*), *extension* selama 1 menit dengan suhu 72 °C dan *final extension* selama 5 menit dengan suhu 72 °C. Analisis DNA dilakukan dengan metode elektroforesis menggunakan media agarose 1% serta menggunakan EtBr sebanyak 5  $\mu$ L sebagai pewarna pita DNA.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Agromorfologi Tanaman

Hasil analisis sidik ragam terhadap seluruh variabel pengamatan agromorfologi menunjukkan nilai F-hitung yang tidak nyata (Tabel 2). Hasil analisis agromorfologi pada galur  $F_8$  menunjukkan tidak ada perbedaan karakter dibandingkan dengan IR64 dan IR36 sebagai kontrol. Hasil penelitian pada parameter tinggi tanaman menunjukkan bahwa rata-rata tinggi tanaman galur introduksi *Golden rice* lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kontrol (Gambar 1). Rata-rata tinggi tanaman kontrol berkisar antara 83.70-84.00 cm (Gambar 2) atau termasuk dalam kategori tanaman *semidwarf*, sedangkan galur intorduksi *Golden rice*  $F_8$  302/IR-2-2(8)/1,  $F_8$  302/IR-2-2(7)/2 dan  $F_8$  302/IR-2-2(6)/1 memiliki tinggi dengan rentang antara 97.30-102.30 cm yang juga termasuk dalam kategori tanaman *semidwarf* (IRRI, 2013). Perbedaan tinggi tanaman dan karakter komponen hasil tanaman padi dikendalikan oleh banyak gen yang sangat dipengaruhi oleh lingkungan (Ikeda *et al.*, 2013).

Jumlah anakan pada tanaman kontrol mencapai 32.30 anakan per rumpun tidak berbeda nyata dengan galur

$F_8$  *Golden rice* yang berjumlah 28.80 anakan per rumpun (Gambar 3). Jumlah anakan akan terus bertambah hingga mencapai jumlah anakan maksimum (Suyani dan Wahyono, 2016). Jumlah anakan pada masing-masing tanaman dalam penelitian ini lebih dari 25 anakan per tanaman yang artinya seluruh tanaman memiliki potensi jumlah anakan kategori *very high* (IRRI, 2013).

Jumlah anakan produktif tanaman kontrol tidak berbeda nyata dengan jumlah anakan produktif pada galur  $F_8$  *Golden rice* (Gambar 4).

Panjang malai tanaman semua genotipe menunjukkan nilai di atas 15 cm. Rata-rata panjang malai tanaman kontrol yaitu antara 18.87 cm sampai dengan 19.43 cm, sedangkan panjang malai galur *Golden rice* antara 20.09 cm sampai dengan 20.85 cm. Panjang malai galur *Golden rice* secara kuantitatif memiliki rata-rata panjang malai yang tidak berbeda nyata dengan kedua tanaman kontrol (Gambar 5).

Bobot gabah per pot varietas IR64 dan seluruh *Golden rice*  $F_8$  tidak berbeda nyata (Gambar 6). Perbedaan berat gabah antar tanaman hanya sebesar 0.82 g atau 0.39% dengan kadar air berkisar antara 12-15%. Bobot gabah per rumpun varietas IR36 sebesar 40.19 g per rumpun, varietas IR64 sebesar 41.52 g per rumpun,  $F_8$  302/IR-2-2(8)/1 sebesar 42.94 g per rumpun,  $F_8$  302/IR-2-2(7)/2 sebesar 42.68 g per rumpun, dan  $F_8$  302/IR-2-2(6)/1 sebesar 42.08 g per rumpun. Widyastuti *et al.* (2015) menjelaskan tingginya jumlah anakan produktif menjadi komponen penting yang berpengaruh terhadap gabah yang dihasilkan oleh tanaman padi.

### Analisis Genotipe Tanaman

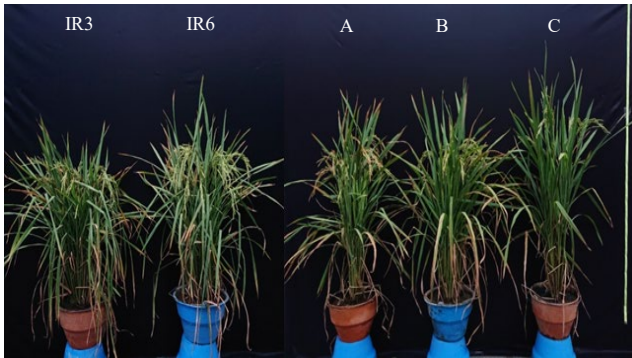
Analisis genotipe dilakukan dengan tujuan untuk mendeteksi gen ketahanan blas dan HDB galur padi introduksi  $F_8$  PAC Nagdong/IR36/IR64 (Mina *et al.*, 2018). Hasil analisis genotipe ketahanan pada galur padi intorduksi  $F_8$  PAC Nagdong/IR36/IR64 dengan menggunakan 2 sampel dari setiap galur menunjukkan bahwa gen pengkode sifat resisten terhadap penyakit blas (*Pik-s*, *Pi54*, dan *Pi-ta*)

Tabel 1. Daftar marka gen ketahanan penyakit hawar daun bakteri (HDB) dan blas

| Ketahanan penyakit                                  | Gen          | Marka            | Target ukuran pita DNA | Primer   | Referensi                       |
|---|--------------|------------------|------------------------|--|---------------------------------|
|   | <i>Pik-s</i> | RM1233           | 200 bp                 | Forward: 5' TTCGTTTTCTTGGTTAGTG 3'<br>Reverse: 5' ATGGCTCCTGAAGAAGG 3'           | Fjellstrom <i>et al.</i> , 2004 |
| Blas ( <i>Leaf Blast</i> )                          | <i>Pi54</i>  | Pikh-MAS         | 100 bp                 | Forward: 5' CAATCTCCAAAGTTTTTCAGG 3'<br>Reverse: 5' GCTTCAATCACTGCTAGACC 3'      | Ramkumar <i>et al.</i> , 2011   |
|   | <i>Pi-ta</i> | <i>Pi-ta</i> 440 | 450 bp                 | Forward: 5' CAACAATTTAATCATAACACG 3'<br>Reverse: 5' ATGACACCCTGCGATGCAA 3'       | Jia, 2009                       |
| Hawar Daun Bakteri ( <i>Bacterial Leaf Blight</i> ) | <i>Xa4</i>   | RM224            | 250 bp                 | Forward: 5' ATCGATCGATCTTCACGAGG 3'<br>Reverse: 5' TGCTATAAAAGGCATTTCGGG 3'      | He <i>et al.</i> , 2006         |
|   | <i>Xa7</i>   | RM20582          | 250 bp                 | Forward: 5' AGAGCGTCGTCCTTCACCATCC 3'<br>Reverse: 5' GGCCAATACGACGATACATTACAG 3' | Tasliyah <i>et al.</i> , 2013   |

Tabel 2. Analisis ragam terhadap karakteristik agromorfologi padi

| No. | Karakteristik agromorfologi | F-Hitung | F-tabel 0.05 | F-tabel 0.01 |
|-----|-----------------------------|----------|--------------|--------------|
| 1   | Tinggi tanaman              | 0.0046tn | 2.58         | 3.77         |
| 2   | Jumlah anakan               | 0.0444tn | 2.58         | 3.77         |
| 3   | Jumlah anakan produktif     | 0.0761tn | 2.58         | 3.77         |
| 4   | Panjang malai               | 0.1239tn | 2.58         | 3.77         |
| 5   | Bobot gabah per pot         | 0.2177tn | 2.58         | 3.77         |



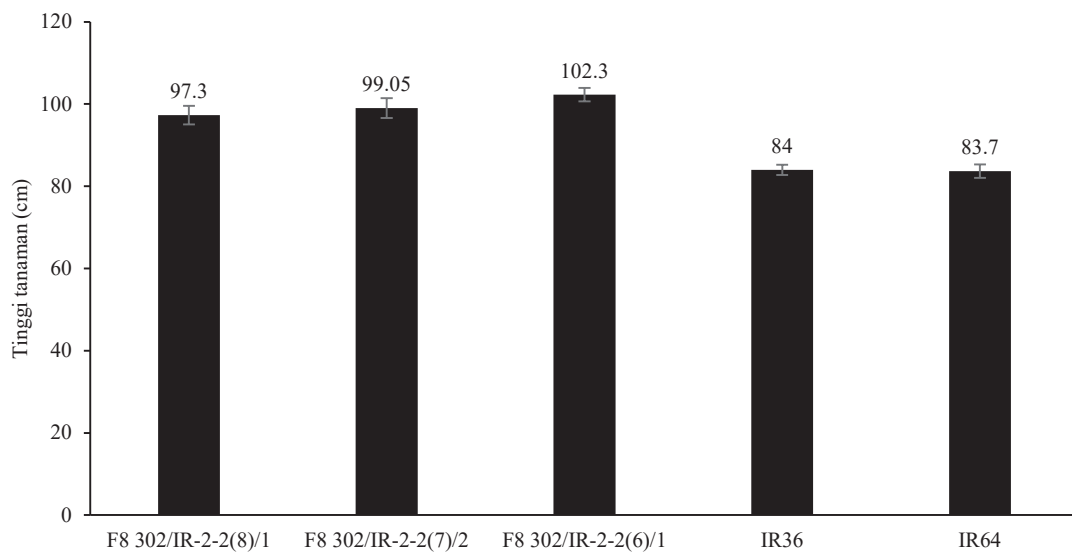
Gambar 1. Tinggi tanaman tiga galur padi tahan blas dan HDB dibandingkan dengan tanaman kontrol (A = F<sub>8</sub> 302/IR-2-2(8)/1, B = F<sub>8</sub> 302/IR-2-2(7)/2, C = F<sub>8</sub> 302/IR-2 2(6)/1, IR3 = Varietas IR36, IR6 = Varietas IR64)

dan hawar daun bakteri (*Xa4* dan *Xa7*) telah dimiliki oleh masing-masing galur. Hasil analisis genotipe padi introduksi F<sub>8</sub> PAC Nagdong/IR36/IR64 menunjukkan bahwa hasil padi introduksi mempunyai gen ketahanan dari tetua baik dari IR36 atau IR64 (Gambar 7 dan Gambar 8). Kondisi ini sejalan dengan penelitian Mina *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa dari 11 galur padi introduksi F<sub>5</sub> PAC/ Nagdong/IR36/IR64 sebanyak 7 galur memiliki gen *Pik-s*, 7

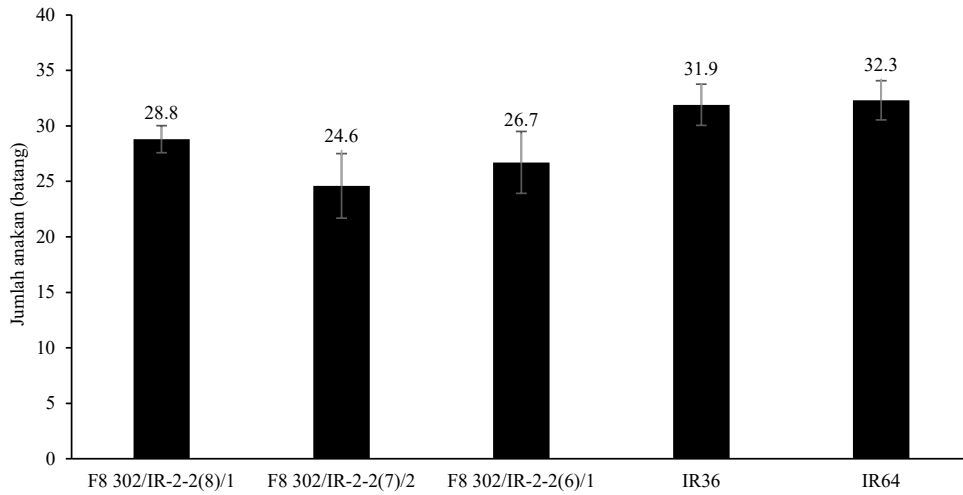
galur memiliki gen *Pi54*, 6 galur memiliki gen *Pi-ta*, 9 galur memiliki gen *Xa4* dan 7 galur memiliki gen *Xa7*.

Gen *Pik-s*, *Pi54*, dan *Pi-ta* ini merupakan gen spesifik yang mampu mengatasi serangan blas sesuai dengan daerah masing-masing, seperti halnya gen *Pi-ta* yang menjadi gen spesifik pengendali penyakit blas (Ariya-anandech *et al.*, 2018). Faktor pendukung lainnya untuk mengatasi penyebaran penyakit blas adalah dengan menggunakan benih dan bibit yang sehat, menentukan waktu tanam yang tepat yaitu menghindari fase pembungaan dengan kondisi kelembaban tinggi, pemilihan jarak tanam serta pengaturan sanitasi lingkungan, dan melakukan pemupukan berimbang (Sudir *et al.*, 2014).

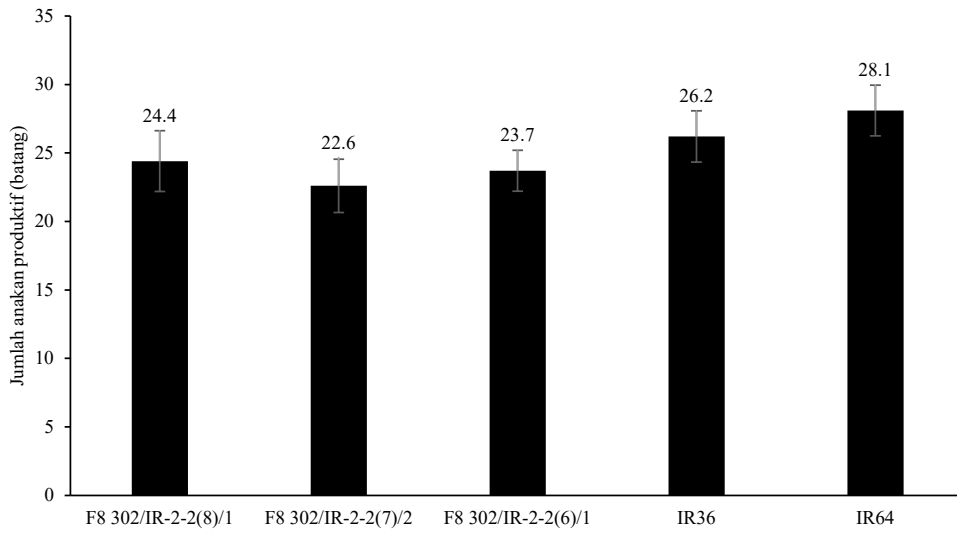
Akumulasi dari gen *Pik-s*, *Pi54*, *Pi-ta*, *Xa4*, dan *Xa7* yang terdapat pada Golden rice dapat memungkinkan tingkat resistensi yang lebih tinggi pada galur dibandingkan dengan 1 atau 2 sifat ketahanan saja. Hasil pemuliaan ini menunjukkan bahwa introduksi melalui persilangan yang dilakukan mampu menggabungkan seluruh gen pada individu atau galur yang terseleksi. Gen *Xa4* dan *Xa7* ini dapat menjadi solusi dari tingginya angka serangan penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi di Indonesia. Tasliah *et al.* (2016) menjelaskan bahwa gen *Xa7* dapat meredakan serangan penyakit hawar daun bakteri di berbagai wilayah, khususnya di Jawa dan Bali. Selain itu, pemberian dosis



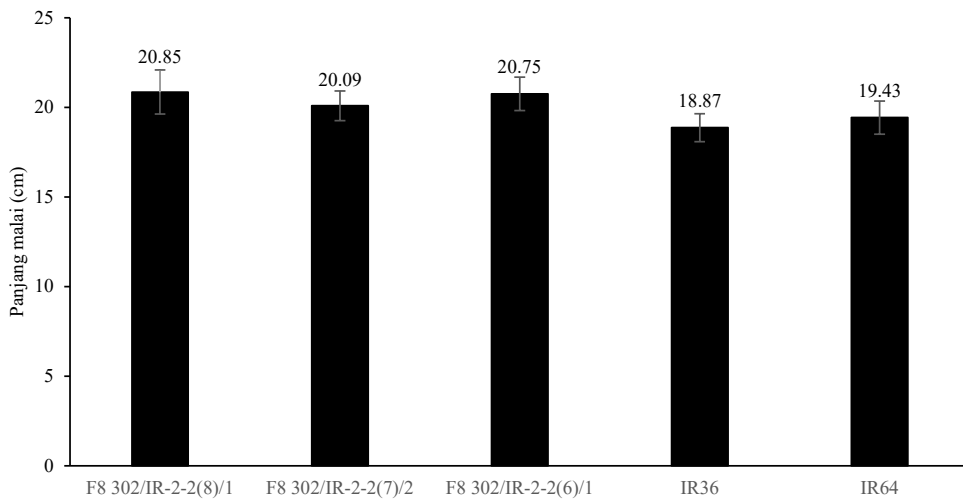
Gambar 2. Tinggi tanaman tiga galur padi Golden rice dibandingkan dengan tanaman kontrol (*error bar* = standar deviasi)



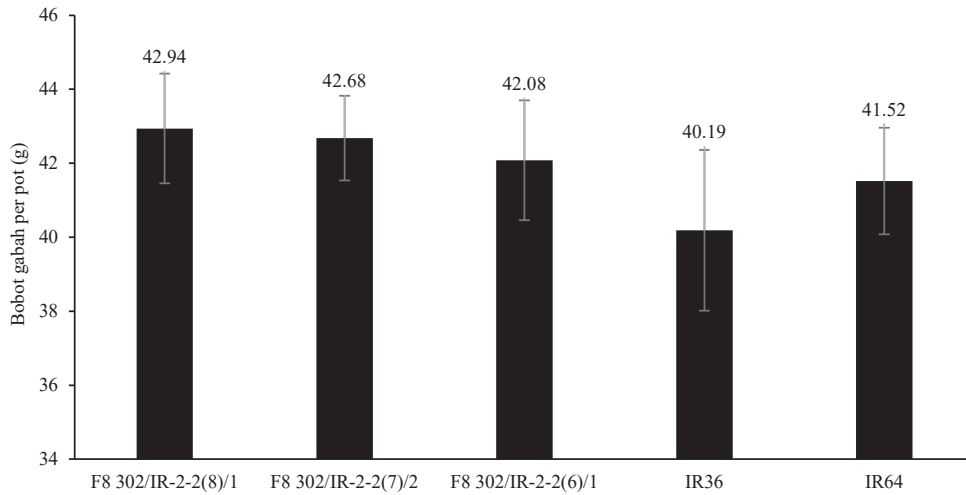
Gambar 3. Jumlah anakan tiga galur padi *Golden rice* dibandingkan dengan tanaman kontrol (*error bar* = standar deviasi)



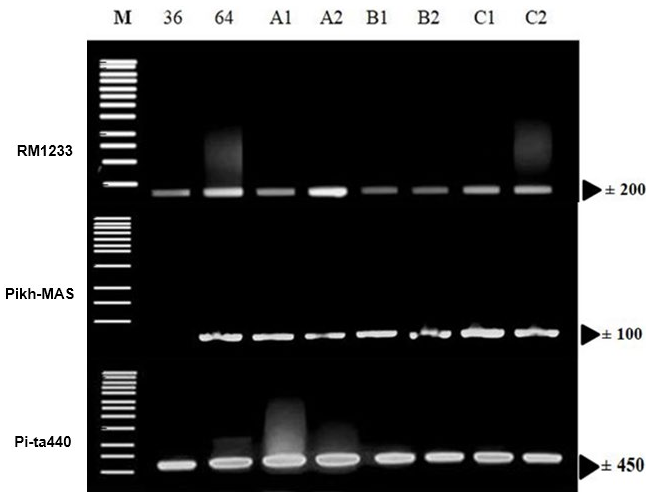
Gambar 4. Jumlah anakan produktif tiga galur padi *Golden rice* dibandingkan dengan tanaman kontrol (*error bar* = standar deviasi)



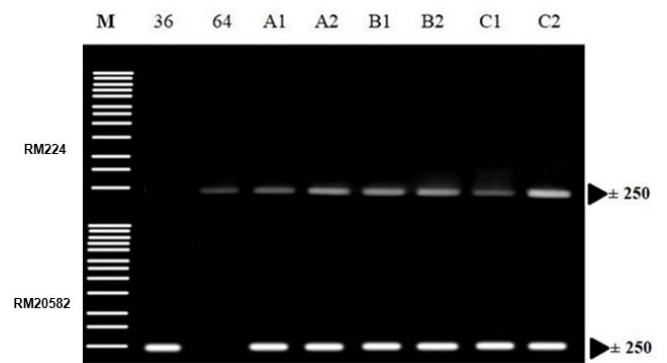
Gambar 5. Panjang malai tiga galur padi *Golden rice* dibandingkan dengan tanaman kontrol (*error bar* = standar deviasi)



Gambar 6. Bobot gabah per tanaman tiga galur padi *Golden rice* dibandingkan dengan tanaman kontrol (*error bar* = standar deviasi)



Gambar 7. Hasil elektroforesis PCR gen pengkode ketahanan terhadap penyakit blas menggunakan primer RM1233, Pikh-MAS, dan Pi-ta440. (M = Marker, 36 = IR36, 64 = IR64, A1 = 302/IR-2-2(6)/1-1, A2 = 302/IR-2-2(6)/1-2, B1 = 302/IR-2-2(7)/2-1, B2 = 302/IR-2-2(7)/2-2, C1 = 302/IR-2-2(8)/1-1, C2 = 302/IR-2-2(6)/1-2)



Gambar 8. Hasil elektroforesis PCR gen pengkode ketahanan terhadap penyakit hawar daun bakteri menggunakan primer RM224 dan RM20582 (M = Marker, 36 = IR36, 64 = IR64, A1 = 302/IR-2-2(6)/1-1, A2 = 302/IR-2-2(6)/1-2, B1 = 302/IR-2-2(7)/2-1, B2 = 302/IR-2-2(7)/2-2, C1 = 302/IR-2-2(8)/1-1, C2 = 302/IR-2-2(6)/1-2)

pupuk N yang tepat juga dapat menunjang ketahanan tanaman padi sehingga lebih toleran terhadap penyakit hawar daun bakteri, sebab pemberian dosis pupuk N yang terlalu tinggi dapat menjadi salah satu faktor penyebab meningkatnya frekuensi serangan penyakit blas dan hawar daun bakteri (Sudir *et al.*, 2014).

**KESIMPULAN**

Karakter agromorfologi tiga tanaman *Golden rice* F<sub>8</sub> galur padi introduksi PAC Nagdong/IR36/IR64 yaitu tinggi tanaman kategori *semidwarf*, jumlah anakan kategori sangat banyak, presentase jumlah anakan produktif tinggi mencapai diatas 85%, dan bobot per rumpun mencapai

42.94 g per rumpun. Masing-masing tanaman *Golden rice* F<sub>8</sub> galur padi introduksi PAC Nagdong/IR36/IR64 memiliki gen pengkode sifat resisten terhadap serangan penyakit blas (*Pik-s*, *Pi54*, dan *Pi-ta*) dan penyakit hawar daun bakteri (*Xa4* dan *Xa7*).

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih kepada Laboratorium Agroteknologi Universitas Jember atas dukungan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Arifin, A. Z., N. Hanani, D. Kustiono, S. Syafrial, R. Asmara. 2021. Forecasting the basic conditions of indonesia's rice economy 2019-2045. *Agric. Soc. Econ. J.* 21: 111-120. Doi:10.21776/ub.agrise.2021.021.2.4.

- Ariya-anandech, K., C. Chaipanya, W. Teerasan, S. Kate-Ngam, C. Jantasuriyarat. 2018. Detection and allele identification of rice blast resistance gene, *Pik*, in Thai rice germplasm. *Agric. Nat. Resour.* 52:525-535. Doi:10.1016/j.anres.2018.11.009.
- Fjellstrom, R., C.A. Conaway-Bormans, A.M. McClung, M.A. Marchetti, A.R. Shank, W.D. Park. 2004. Development of DNA markers suitable for marker assisted selection of three Pi genes conferring resistance to multiple *Pyricularia grisea* pathotypes. *Crop Sci.* 44:1790-1798. Doi:10.2135/cropsci2004.1790.
- Handayani, F., R.A. Wulandari, R.H. Murti. 2016. Genomic DNA extraction method from mature leaf of lai (*Durio kutejensis* Becc.). *Agrivita* 38:73-79. Doi: 10.17503/agrivita.v38i1.659.
- He, Q., D. Li, Y. Zhu, M. Tan, D. Zhang, X. Liun. 2006. Fine mapping of Xa2, a bacterial blight resistance gene in rice. *Mol. Breed.* 17:1-6.
- Jia, Y., G. Liu, S. Costanzo, S. Lee, Y. Dai. 2009. Current progress on genetic interactions of rice with rice blast and sheath blight fungi. *Front. Agric. China* 3:231-239. Doi:10.1007/s11703-009-0062-6.
- Ikeda, M., K. Miura, K. Aya, H. Kitano, M. Matsuoka. 2013. Genes offering the potential for designing yield-related traits in rice. *Curr. Opin. Plant Biol.* 16:213-220.
- IRRI. 2013. Standard evaluation system for rice (5th ed.). Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute.
- Kurniasih, N.S., R. Susandarini, F.A. Susanto, T.R. Nuringtyas, G. Jenkins, Y.A. Purwestri. 2019. Characterization of Indonesian pigmented rice (*Oryza sativa* L.) based on morphology and single nucleotide polymorphisms. *Biodiversitas.* 20:1208-1214. Doi:10.13057/biodiv/d200437.
- Kurrata, G., T. Kuswinanti, A. Nasruddin. 2021. Keparahan penyakit blas *Pyricularia oryzae* dan analisis gen virulensi menggunakan metode sequence characterized amplified region. *J. Fitopatol. Indonesia* 17:19-27. Doi:10.14692/jfi.17.1.19-27.
- Lee, H.S., G. Yi, K.M. Kim. 2015. Stability of PAC (Psy-2A-CrtI) gene and agronomic traits in the F<sub>2</sub>: 3 of IR36/PAC transgenic plants. *J. Integr. Agric.* 14:1163-1170. Doi:10.1016/S2095-3119(14)60865-0
- Mina, K. M., B. Sugiharto, K. Kyung-Min, M. Ubaidillah. 2018. Introgression blast resistance gene (pita, Pik-s, Pib, Piz-t, and Pi54), and blight resistance gene (Xa4 and Xa7) into transgenic plant 940302-2 golden rice through marker-assisted selection. *Biosci. Res.* 15: 2272-2285.
- Ramkumar, G., K. Srinivasarao, K.M. Mohan, I. Sudarshan, A.K.P. Sivaranjani, K. Gopalakrishna, M.S. Madhav. 2011. Development and validation of functional marker targeting an InDel in the major rice blast disease resistance gene Pi54 (Pik h). *Mol. Breed.* 27:129-135. Doi:10.1007/s11032-010-9538-6.
- Rembang, J.H.W., A.W. Rauf, J.O.M. Sondakh. 2018. Karakter morfologi padi sawah lokal di lahan petani Sulawesi Utara. *Bul. Plasma Nutfah.* 24:1-8.
- Sudir, N., Santoso, Nuryanto. 2014. Penyakit blas *Pyricularia grisea* pada tanaman padi dan strategi pengendaliannya. *Iptek Tan. Pangan* 9:85-96.
- Suprihatno, B., A.A. Daradjat, Satoto, Baehaki, Widiarta. 2009. Deskripsi varietas padi.
- Supriyanti, A., Supriyanta, Kristantini. 2015. Karakterisasi dua puluh padi (*Oryza sativa* L.) lokal di daerah istimewa Yogyakarta. *Vegetalika* 71:121-126.
- Suyani, I.S., D. Wahyono. 2017. Korelasi pertumbuhan & hasil tanaman padi (*Oryza sativa* L.) dengan teknik penanaman dan dosis pupuk organik. *Agrotechbiz: J. Ilmiah Pertanian* 4(1).
- Tasliyah, T., M. Ma'sumah, K.R. Trijatmiko, J. Prasetyono. 2016. Analisis molekuler dan keragaan agronomis galur-galur padi BC1F1 persilangan code x qTSN4 dan code x qDTH8. *J. AgroBiogen* 11:17. Doi:10.21082/jbio.v11n1.2015.p17-24.
- Widyastuti, Y., Satoto, Rumanti. 2015. Pemanfaatan analisis regresi dan ammi untuk evaluasi stabilitas hasil genotipe padi dan pengaruh interaksi genetik dan lingkungan. *Inform. Pertan.* 22:21-27. Doi:10.21082/ip.v22n1.2013.
- Yadav, M.K., S. Aravindan, U. Ngangkham, S. Raghu, S.R. Prabhukarthikeyan, U. Keerthana, P.C. Rath. 2019. Blast resistance in Indian rice landraces: Genetic dissection by gene specific markers. *Plos one* 14(1), e0211061. Doi: 10.1371/journal.pone.0211061.